
Proceedings workshop

**Robotiseren en mechaniseren
op de bouwplaats**

Frans van Gassel – Ger Maas

Serie Workshop Proceedings nr. 6

ONDERZOEKSCHOOL BOUW

Technische Universiteit  Eindhoven

 **UCB** Universitair Centrum voor Bouwproductie

oktober 1997

COLOFON

Reeks Workshop Proceedings.

Deel 6: Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van robotiseren en mechaniseren op de bouwplaats.

Samenstelling en redactie:
Ir F.J.M. van Gassel en Prof ir G.J. Maas.

ONDERZOEKSCHOOL BOUW

Technische Universiteit  Eindhoven

 **UCB**

Technische Universiteit Eindhoven
Universitair Centrum voor Bouwproductie (UCB)
Faculteit Bouwkunde
Vakgroep Uitvoeringstechniek

CIP GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Workshop

Robotiseren en mechaniseren op de bouwplaats.
Proceedings van de workshop gehouden op 29 en 30 mei 1997 te Sint -Michielsgestel.
Redactie: Frans van Gassel en Ger Maas, Eindhoven - Delft. Onderzoekschool Bouw.
(Reeks Workshop Proceedings, deel 6).
ISBN 90-75729-07-3
Trefw.: Mechanisatie, robots, bouwplaats.

Deze publicatie is een uitgave van de Onderzoekschool Bouw.
Postbus 5048, 2600 GA Delft.
Telefoon: 015-278 33 32, fax 015-278 43 33.

Deze publicatie is te bestellen bij de Onderzoekschool Bouw.
Kosten Fl. 27,50 (inclusief verzendkosten).

VOORWOORD

Voor u liggen de proceedings van de workshop "Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van robotiseren en mechaniseren op de bouwplaats" die door het Universitair Centrum voor Bouwproductie (UCB) in opdracht van de Onderzoekschool Bouw werd georganiseerd.

Deze workshop staat in nauwe relatie met de workshop "Arbeid in de bouw" van april 1996 en met de workshop "Lean production" van september 1997. Deze drie workshops tezamen schetsen een beeld van de vraagstukken, die leven aan de kant van de productiemiddelen en productie-organisatie in de bouw. Tevens schetsen de proceedings van deze workshops verwachte oplossingsrichtingen.

In deze proceedings worden conclusies getrokken over de hoofdlijnen van onderzoek voor dit onderwerp. De resultaten zijn gebaseerd op een actieve inbreng van deelnemers aan de workshop. Na afloop is een aantal deelnemers bereid gevonden een inkleuring van deze resultaten te geven in de vorm van artikelen.

Het houden van deze workshop werd mogelijk gemaakt door een subsidie van het Ministerie van Economische Zaken.

De Onderzoekschool Bouw is een samenwerkingsverband van een viertal faculteiten, te weten de faculteiten der Civiele Techniek en Bouwkunde van de TU Delft, de faculteit Bouwkunde van de TU Eindhoven en de faculteit Technische Bedrijfskunde van de TU Twente.

De onderzoekschool houdt zich bezig met onderzoek op het gebied van de B&U sector en van kunstwerken in de GWW sector. Op die gebieden wil zij onderzoek en technologie ontwikkeling stimuleren dat uitgaat van belangrijke maatschappelijke vraagstellingen. Ook is haar streven erop gericht het onderzoek, dat in deelnemende vakgroepen wordt verricht, beter op elkaar af te stemmen.

Verwevenheid tussen onderwijs en onderzoek is een wezenlijk kenmerk van een onderzoekschool. Deze instelling verzorgt daarom tevens de opleiding tot zelfstandig onderzoeker door middel van een tweede fase opleidingsprogramma en een onderzoekopdracht die tot promotie leidt.

Prof ir G.J. Maas,
Hoogleraar Uitvoeringstechniek,
Technische Universiteit Eindhoven.



INHOUD

1. Inleiding	3
1.1 Robotiseren en mechaniseren	
1.2 Onderzoekschool Bouw	
1.3 Doel van de workshop	
2. Workshop	5
2.1 Opzet van de workshop	
2.2 Deelnemers	
2.3 Workshop methode	
2.4 Uitkomsten sessies	
3. Formuleren kennisvragen	7
3.1 Bouwplaats van de toekomst	
3.2 Onderzoekgebieden en kennisvragen	
4. Beschouwingen resultaten	11
4.1 Inleiding	
4.2 Beschouwingen	
5. Relaties	37
5.1 Thema's Onderzoekschool Bouw	
5.2 Workshop 'Arbeid in de bouw'	
5.3 Bouwwijs	
5.4 CIB TG27	
5.5 CIB W99	

Literatuur

Bijlagen

Bijlage A	Deelnemers workshop
Bijlage B	Vragen sessies
Bijlage C	Resultaten sessies
Bijlage D	Taskgroup TG27
Bijlage E	Working Commission W99

1 INLEIDING

1.1 ROBOTISEREN EN MECHANISEREN

Door te robotiseren en te mechaniseren worden taken van arbeidskrachten door werk- en denktuigen overgenomen. Hiermede kan worden bereikt dat:

- de werkplek, die mensen niet kunnen bereiken door werktuigen kunnen worden bereikt;
- taken die mensen niet kunnen uitvoeren door werktuigen en denktuigen kunnen worden uitgevoerd;
- de arbeidsomstandigheden kunnen worden verbeterd;
- taken, waarvoor geen arbeidskracht beschikbaar is, kunnen worden uitgevoerd;
- de productiviteit kan worden verhoogd;
- de kosten kunnen worden verminderd en
- de productietijd kan worden verlaagd.

Op 29 en 30 mei 1997 is onder auspiciën van de Onderzoekschool Bouw de workshop "Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van robotiseren en mechaniseren op de bouwplaats" gehouden.

Het onderwerp van de workshop ligt in de programmalijs *Voortbrenging* van de Onderzoekschool Bouw met het thema *Productie en Robotiseren*.

Het doel van de workshop is afgebakend tot het mechaniseren en robotiseren op de bouwplaats. Tijdens de workshop is die afbakening niet strikt toegepast. Bij het formuleren van de kennisvragen geldt deze afbakening wel.

1.2 ONDERZOEKSCHOOL BOUW

De Onderzoekschool Bouw wil de wetenschappelijke kennis op het gebied van de bouw verdiepen, verbreden, uitdragen en toepasbaar maken. Daarbij gaat het vooral om een integrale benadering vanuit de verschillende disciplines.

De onderzoekschool verricht onderzoek en ontwikkelt technologie voor planning, ontwerp, productie, realisatie en beheer van bouwwerken in de meeste brede zin.

De onderzoekschool levert een bijdrage aan de opleiding van deskundigen in de bouw en de overdracht van kennis door middel van het verzorgen van een gestructureerd onderwijsprogramma in de tweede fase van de opleiding aan de deelnemende faculteiten.

1.2 DOEL VAN DE WORKSHOP

De workshop "Onderzoek en ontwikkeling op het gebied van robotiseren en mechaniseren op de bouwplaats" heeft tot doel gehad onderzoekprogramma's te ontwikkelen die het robotiseren en mechaniseren van de productie op de bouwplaats bevorderen.

De deelnemers aan de workshop waren deskundigen uit instellingen die deelnemen aan de Onderzoekschool Bouw en uit het bedrijfsleven, onderzoekinstellingen, maatschappelijke belangengroepen en overheid.

Tijdens de workshop werden alle deelnemers in de gelegenheid gesteld om als individuen in kleine groepen op gelijkwaardige wijze een inbreng te leveren, zowel in de analyse van de problematiek als de synthese van de programmering.

2 WORKSHOP

2.1 OPZET VAN DE WORKSHOP

De workshop besloeg vijf sessies verspreid over anderhalve dag. Voor de behaalde uitkomsten zijn twee elementen bepalend geweest. Deze elementen zijn 'de deelnemers' en 'de methode' volgens welke de workshop is verlopen. Naast deze inhoudelijke aspecten van de workshop organisatie zijn de omgeving, de sfeer en de persoonlijke commitment van de deelnemers mede bepalend voor de kwaliteit van de behaalde resultaten.

In de navolgende twee paragrafen wordt nog in het kort toelichting gegeven op 'de deelnemers' en 'de workshop methode'. Daarna volgt in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk een korte toelichting op de uitkomsten van de workshop.

2.2 DEELNEMERS

Enerzijds zijn er binnen de instellingen die deelnemen aan de Onderzoekschool Bouw deskundigen werkzaam aan onderzoek en ontwikkeling op het gebied van mechanisatie en robotisatie in de bouw. Anderzijds zijn er onderzoeksinstituten, aannemers en fabrikanten van bouwproducten die in het werkveld problemen tegenkomen en om oplossingen vragen. Uiteindelijk zijn 20 personen bereid gevonden om deel te nemen aan de workshop. De lijst met namen is in Bijlage A weergegeven.

2.3 WORKSHOP METHODE

In vier sessies hebben de deelnemers in vier kleine groepen gewerkt aan vragen. De deelnemers waren in de gelegenheid om als individuen op volstrekt gelijkwaardige wijze een inbreng te leveren in de analyse van het probleemgebied en in het stellen van de kennisvragen. De antwoorden en de voorstellen zijn steeds plenair gepresenteerd. In bijlage B zijn de vragen voor de vier sessies weergegeven.

Deze methode van probleemherkenning en hypotheseformulering is naar de Japanse antropoloog Jiro Kawakita genoemd. De K-J-methode begint met het zoveel mogelijk verzamelen van informatie over het probleemgebied. Deze informatie wordt vervolgens op kaartjes geschreven. De volgende stap is de kaartjes groeperen en wel zo dat de kaartjes van één groep dezelfde informatie-inhoud bevatten. Voor iedere groep wordt nu een dekkaart geschreven met daarop de informatie-inhoud. Dit resultaat wordt aan de andere groepen gepresenteerd.

In de vijfde sessie zijn de dekkaarten onderzocht op verbanden en afhankelijkheden. Deze gevonden verbanden worden verdiept en geconcretiseerd. Zo ontstaan nieuwe inzichten in het probleem en hypothesen.

2.4 UITKOMSTEN SESSIES

Het resultaat van sessie A is een geclusterd overzicht van voorbeelden van robotisatie en mechanisatie projecten. Zie bijlage C resultaat sessie A.

Bij sessie B heeft de groep twee voorbeelden gekozen en aangegeven wat de sterke en zwakke punten zijn van dat voorbeeld, en wat de kansen en bedreigingen in de markt zijn. Voor het resultaat sessie B zie bijlage C.

In de plenaire discussie na sessie B werden de volgende conclusies getrokken:

1. Door de werkzaamheden op de werkplek te mechaniseren en robotiseren, wordt het aanzien van die werkplek verbeterd.
2. Gemechaniseerde en gerobotiseerde bouwprocessen geven voor de architect nieuwe mogelijkheden om een mooi gebouw te ontwerpen.
3. Wanneer het primaire proces wordt gemechaniseerd of gerobotiseerd dan wordt ook het secundaire (besturingsproces) bij het ontwerp van de gemechaniseerde en gerobotiseerde productiesystemen betrokken.
4. Het ontwerpen van gemechaniseerde en gerobotiseerde productieprocessen begint bij het productontwerp. Of zoals een van de deelnemers opmerkte: "Robotisatie begint bij de architect".

In sessie C werd een inventarisatie gemaakt van de problematiek van het mechaniseren en robotiseren. Het resultaat zie bijlage C.

In de vierde sessie werden de deelnemers gevraagd kennisvragen te formuleren. In de laatste sessie zijn deze plenair gepresenteerd en is een eerste aanzet gegeven verbanden te leggen. Resultaat van deze sessie zie ook bijlage C.

3 FORMULEREN KENNISVRAGEN

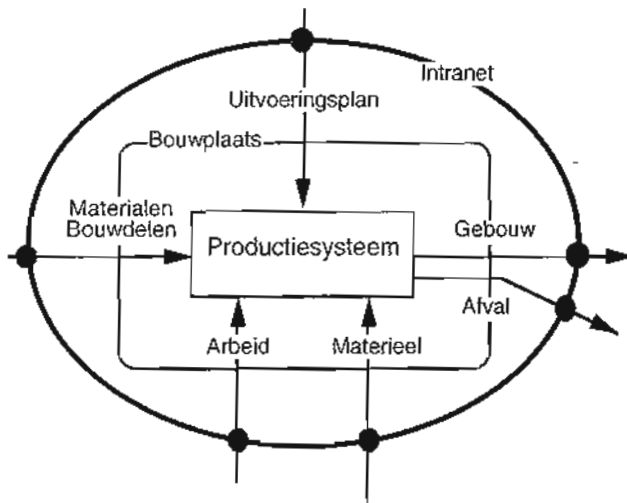
3.1 BOUWPLAATS VAN DE TOEKOMST

De resultaten van de workshop moeten leiden tot kennisvragen. Om de goede kennisvragen te kunnen stellen is het nodig deze te baseren op de toekomstige marktbehoefte. Het heeft weinig zin kennisvragen te ontwikkelen voor de huidige marktbehoefte omdat deze vragen relatief veel onderzoekinspanning vragen [Haffmans].

De toekomstige marktbehoefte worden geformuleerd aan de hand van een bouwplaats van de toekomst. Met de toekomst wordt hier bedoeld de jaren rond 2015. Voordat deze bouwplaats van de toekomst wordt beschreven zullen we eerst een model van een productiesysteem op de bouwplaats presenteren. Het model is in figuur 3.1 weergegeven.

Het productiesysteem is weergegeven door een rechthoek met in- en uitgangen. Ingangen zijn: materialen/bouwdelen, uitvoeringsplan, arbeid en materieel. Uitgangen zijn: het gebouw en afval. De aannemer past in het productiesysteem gemechaniseerde of gerobotiseerde productiewijzen toe.

Er vindt informatie-overdracht plaats tussen de werkvoorbereider en de projectleider op de bouwplaats en tussen de in- en uitgangen van het productiesysteem. Deze laatste overdracht is in de figuur weergegeven door de ellips, voorstellende de elektronische snelweg voor de bouwbranche: Intranet.



Figuur 3.1 Model van het productiesysteem.

De bouwplaats van de toekomst is een bouwplaats waar gebouwd wordt volgens de methode assemblagebouw. Deze methode zou de volgende kenmerken kunnen hebben [Maas, Visser]:

Materialen/bouwdelen

- Bouwdelen zijn verdiepingshoog en wandoverspannend.
- Bouwdelen zijn zoveel mogelijk compleet.
- Bouwdelen worden door gedwongen positionering geplaatst.
- Installatiedelen worden geassembleerd volgens het principe "Plug-and-Play".

Materieel

- Gespecialiseerd assemblagegereedschap.
- Hijswerktuigen voor alle bouwdelen.
- Transportwerktuigen voor alle bouwdelen.

Arbeid

- Eenvoudige maar specialistische werkzaamheden.

Uitvoeringsplan

- De gegevens van het uitvoeringsplan worden elektronisch met de bouwplaats uitgewisseld.
- Bouwpartners communiceren via een elektronisch netwerk.

Gebouw

- Minimaal gebruik grondstoffen en energie.
- Minimale aantasting milieu.

Afval

- Minimaal bouw- en sloopafval.

Volgens Van Dale betekent assembleren : 'elders gemaakte onderdelen in elkaar zetten'. In sommige literatuur gebruikt men hiervoor het werkwoord 'monteren'.

3.2 ONDERZOEKGEBIEDEN EN KENNISVRAGEN

De onderzoekers onderscheiden op basis van de resultaten van de sessies twee onderzoekgebieden:

- het ontwikkelen van technologieën en
- het ontwikkelen van organisatiestructuren

Ook kwamen ze tot de conclusie dat bij het uitvoeren van onderzoek doelstellingen geformuleerd dienen te worden.

3.2.1 Ontwikkelen van technologieën

Binnen het kader 'ontwikkelen van technologieën' zijn een zevental onderzoeklijnen aan te geven. Het zijn de relaties tussen aan de ene kant de in- en uitgangen en aan de andere kant het productiesysteem. In tabel 3.1 zijn deze lijnen geformuleerd. Per lijn zijn nu kennisvragen geformuleerd op basis van de resultaten van de workshop.

3.2.2 Ontwikkelen van organisatiestructuren

Bij het onderzoekgebied ontwikkelen van organisatiestructuren zijn twee onderzoeklijnen aangegeven:

- organisatie van het bouwproces;
- organisatie van het ontwikkelen van technologieën.

In tabel 3.2. zijn bij deze lijnen ook weer kennisvragen geformuleerd.

3.2.3 Operationele doelstellingen

De operationele doelstellingen kunnen worden geformuleerd aan de hand van de productie van een gebouw op de bouwplaats van de toekomst. Deze doelstellingen zijn niet marginaal ten opzichte van de doelstellingen die bij de huidige productiemethoden gelden, maar dienen markant verschillend te zijn. De doelstellingen worden toetsbaar geformuleerd.

Bijvoorbeeld:

- Maximaal aantal uren arbeid op de bouwplaats per kubieke meter gebouw.
- Maximaal aantal uren ziekteverzuim.
- Geen ongevallen.
- Maximaal aantal bouwplaatsmedewerkers arbeidsongeschikt laten verklaren.
- Geen klimaatverlet.
- Toepassen duurzame grondstoffen.
- Minimaal energieverbruik productie en gebruik gebouwen.
- Geen vervuiling milieu.
- Geen afval bij productie en hergebruik gebouwen.

Tabel 3.1 Onderzoekgebieden technologie ontwikkeling.

Onderzoekgebieden	Kennisvragen
Onderzoek de relaties tussen bouwdelen en productiesystemen ¹	<p>Ontwikkel standaardknopen waardoor bouwdelen eenvoudig te assembleren zijn.</p> <p>Ontwikkel bouwdelen die bij assembleren nauwelijks maatvoeringsactiviteiten vragen.</p>
Onderzoek de relaties tussen gebouwen/bouwwerken en productiesystemen	<p>Ontwikkel gebouwen die op de bouwplaats eenvoudig te assembleren zijn.</p> <p>Ontwikkel gemechaniseerde of gerobotiseerde productiesystemen die de architectonische kwaliteit verhogen.</p>
Onderzoek de relaties tussen afval en de productiesystemen	<p>Ontwikkel afvoersystemen om diverse soorten bouwafval die op de werkplek ontstaan op de bouwplaats te transporteren.</p> <p>Ontwikkel productiesystemen om gebouwen te demonteren.</p> <p>Ontwikkel verwerkingsmethodes van secundaire materialen.</p>
Onderzoek de informatiestrom naar de productiesystemen.	Ontwikkel informatie technologieën om productinformatie te vertalen in procesinformatie (uitvoeringsplan).
Onderzoek de informatiestromen tussen de in- en uitgangen van de productiesystemen.	<p>Ontwikkel informatie technologieën voor uitwisseling van product- en procesgegevens tussen de bouwpartners en de bouwplaats.</p> <p>Ontwikkel informatie technologieën geschikt voor op de bouwplaats.</p>
Onderzoek de relaties tussen arbeid en productiesystemen.	<p>Ontwikkel het beroep van assemblagevakman op de bouwplaats.</p> <p>Breng de risico's van arbeid in beeld bij gemechaniseerde of robotiseerde productiesystemen.</p>
Onderzoek de relaties tussen materieel en productiesystemen	<p>Ontwikkel standaard materieel voor het assembleren van bouwdelen op bouwplaatsen.</p> <p>Ontwikkel machines om projectgerichte bewerkingen aan bekistingen op basis van tekeningen uit te voeren.</p> <p>Welke geavanceerde machines zijn beschikbaar en wat kunnen presteren ze en wat zijn de ervaringen.</p>

1. Met productiesystemen wordt hier bedoeld gemechaniseerde en gerobotiseerde productieprocessen op de bouwplaats.

Tabel 3.2 Onderzoekgebieden organisatie ontwikkeling.

Onderzoekgebieden	Onderzoeksvragen
Onderzoek de relaties tussen de organisatie van het bouwproces en de productiesystemen.	<p>Ontwikkel duurzame samenwerkingsverbanden van participanten.</p> <p>Ontwikkel bouwscenario's waarbij geen sub-optimalisatie ontstaat.</p> <p>Ontwikkel instrumenten om productinformatie te transformeren in procesinformatie.</p> <p>Ontwikkel instrumenten om de productiviteit op de werkplek te registreren.</p> <p>Ontwikkel de industriële productiewijze 'groepentechnologie' voor op de bouwplaats.</p>
Onderzoek de relatie tussen de organisatie van technologische ontwikkelingen en de productiesystemen.	<p>Ontwikkel innovatie-strategieën om nieuwe productiemethoden geaccepteerd te krijgen.</p> <p>Vertaal innovaties uit de industrie naar de bouwplaats.</p> <p>Ontwikkel marktgericht bouwdelen.</p>

4 BESCHOUWINGEN RESULTATEN

4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk zijn beschouwingen opgenomen die zijn geschreven door enkele deelnemers van de workshop. De beschouwingen kleuren min of meer de resultaten van de workshop in. De beschouwingen zijn per onderzoekgebied ingedeeld.

Bouwdelen en productiesystemen

Geïntegreerd bouwen met bouwdeel dak door Bas Verboom van Redland Dakproducten.

Gebouwen en productiesystemen

Wat kunnen robots voor de architectuur betekenen.

Afval en productiesystemen

De afvalbak bij de werkplek door Frans van Gassel van de TUE.

Informatiestromen

De rol van informatie- en communicatietechnologie voor bouwrobotica door Ronald Krom van TNO Bouw.

Toepassen van IT-technieken en robotisering vanuit het gezichtspunt van de toeleverende industrie door Anton Kool.

Arbeid en productiesystemen

Metten en beoordelen van arbeidsomstandigheden door Gu van Rhijn van NIA-TNO.

Materieel en productiesystemen

Chips in materieel en bouwproducten en automatisch boren en dichten van gaten in bekistingen door Gerard Hendriks van Wilma Materieel.

Bouwproces en productiesystemen

Bouwproces en productiesystemen in kalkzandsteen door Johan Riezebos van CVK Kalkzandsteen.

Organisatie technologische ontwikkeling

De ervaring met de ontwikkeling van de rioolrobot door Jaap Werner van Volker Stevin Speurwerk & Ontwikkeling.

The development of human-machine systems for the construction process door Annelise de Jong van Onderzoekschool Bouw en Frans van Gassel van de TUE.

4.2 BESCHOUWINGEN

De beschouwingen zijn op volgende bladzijden weergegeven.

Geïntegreerd bouwen met bouwdeel dak

Ir Bas Verboom, Redland Dakproducten.

Innovatie versus improvisatie

Het traditionele bouwproces en structuur van de bedrijfstak bouw leidt tot projectmatige productie van eenmalige producten. Om hierbij een acceptabele prijs/kwaliteit verhouding te realiseren is per project een hoge mate van improvisatie noodzakelijk.

De structuur van de bedrijfstak bouw met een sterke segmentatie en scheiding tussen ontwerp, inkoop en uitvoering en een sterke versnippering van het bouwproces in diverse disciplines en specialisten resulteren in innovaties die niet boven het productniveau uitstijgen.

Bouwproducten zijn middels moderne productiemiddelen in grote hoeveelheden te produceren. Zowel qua performance als qua productie zijn innovaties op productniveau goed mogelijk.

Waar vroeger de productie van dakpannen een arbeidsintensief proces was dat leidde tot een keuze uit slechts drie kleuren, die volgens huidige maatstaven onvoldoende kleurecht bleken te zijn, zijn de huidige dakpannen in diverse kleuren, kleurecht, lichter, sterker en in DuBo variant leverbaar, terwijl de productie inmiddels nagenoeg volledig gemechaniseerd en gerobotiseerd is.

De relatief lange levensduur en hoge kostprijs leiden tot het minimaliseren van risico's en de geringe onderlinge samenwerking binnen de bedrijfstak en binnen het bouwproces geldt een onvoldoende draagvlak voor belangrijke innovaties.

Innovaties op bouwdeelniveau zijn slechts mogelijk door toename van schaalgrootte. Ofwel door samenwerking van verschillende disciplines binnen het bouwdeel of door integratie van de verschillende specialisten tot één aanbieder. Naast schaalgrootte toename is massaproductie een voorwaarde voor ingrijpende innovatie. Hetgeen betekent dat de productie van de bouwdelen niet langer projectmatig kan zijn en dat het bouwproces niet langer improvisatie is, maar een van tevoren bepaalde assemblage en montage.

Innovatie van het bouwdeel dak.

Het combineren van massaproductie met de gewenste flexibiliteit en ontwerp vrijheid van het gebouw is één van de belangrijkste knelpunten voor de innovatie op bouwdeel niveau. Hiertoe zijn een aantal richtingen denkbaar:

1. een gemechaniseerde productie van een relatief beperkt aantal segmenten, met beperkingen voor het ontwerp qua afmeting, indeling en uitvoering;
2. een gemechaniseerde productie van een relatief beperkt aantal segmenten in combinatie met passtukken waarmee vrijheid qua afmeting verkregen wordt;
3. een flexibel gerobotiseerde productie zonder beperkingen voor het ontwerp;
4. een flexibel gemechaniseerde of gerobotiseerde productie waarmee binnen een beperkend kader ontwerp vrijheid mogelijk is.

Het bouwdeel dak is meer dan een combinatie van alle bouwproducten, waaruit een dak opgebouwd is. Deze producten tezamen vormen pas een bouwdeel als het dak als één geïntegreerd product door één partij geleverd wordt. Realisatie van de juiste schaalgrootte biedt de mogelijkheid tot productintegratie. dan worden de producten niet langer begrensd door hun enge productgrenzen, maar kunnen binnen de bouwdeelgrenzen vrij geïntegreerd worden of als component geassembleerd worden.

Uitgangspunten voor het totale dak als bouwdeel is zoveel mogelijk bewerkingen binnen de fabrieksomgeving realiseren en het geheel zo eenvoudig mogelijk en in zo kort mogelijke tijd op de bouwplaats assembleren.

Zoals reeds aangehaald is massaproductie in combinatie met gewenste flexibiliteit en ontwerp vrijheid een belangrijk knelpunt bij innovatie, of beter gezegd een belangrijk innovatiepunt op zichzelf.

De dakopbouw met zelfdragende daksegmenten is zeer divers. De vrije overspanning zowel van

bouwmuur tot bouwmuur als van nok tot dakvoet, alsmede de isolatiewaarde, dakhelling, windgebied en de indeling met dakramen, dakkapellen, zonneboilers en de diverse doorvoeren is constant verschillend. Ook de dakbedekking biedt momenteel een groot scala aan mogelijkheden: beton- en kleidakpannen in diverse kleuren, vormen en afmetingen, leien in vele variaties, shingles en inmiddels diverse alternatieve producten. De overlap tussen veel van deze producten varieert bovendien nog per dakhellingsbereik. Dit betekent dat het eindproduct, het bouwdeel dak, geen massaproduct is. Toch moet dit middels massaproductie tot stand gebracht worden. Een flexibele, geautomatiseerde of robotiseerde productie biedt dan uitkomst. Afhankelijk van de productdiversiteit en hoeveelheid componenten zullen grenzen aan de flexibiliteit gesteld moeten worden.

Product en productie moeten hier optimaal op elkaar afgestemd en in relatie tot elkaar ontwikkeld worden. Uitgaande van een daksegment met goede bouwfysische eigenschappen; een dichte doosconstructie opgebouwd uit houten ribben met aan beide zijden een mechanische bevestigde houten beplating, gevuld met minerale wol en een dampremmende laag aan de binnenkant van de warme zijde, moet het product met zijn vele componenten en de productie op elkaar afgestemd worden. De bouwfysische kwaliteit van het bouwdeel dak wordt bepaald door de kwaliteit van de componenten en door de kwaliteit van aansluiting van deze componenten onderling en de aansluiting van het geheel op het casco. Deze aansluitingen zijn in de regel bouwfysisch de zwakke punten, met name de realisatie van een goede dampdichte aansluiting blijkt in de praktijk vaak onvoldoende gelukt te zijn. Middels een goede productintegratie en -detaillering en een optimale werkomgeving zijn echter zeer betrouwbare aansluitingen te realiseren.

Mechaniseren en robotiseren

Nu het kader duidelijk bepaald is waarbinnen flexibiliteit gewenst is en de belangrijkste eisen bekend zijn, is het mogelijk een beeld te schetsen van de ideale en de optimale productie en de kansen daarbij voor mechanisatie en robotisatie.

Uit het oogpunt van bouwsnelheid, arbeidsomstandigheden op de bouw, beschikbaarheid van personeel op de bouw, maatnauwkeurigheid, (verpakkings)afval en logistiek is het ideaal om zo groot en compleet mogelijke bouwdelen als geheel aan te leveren en te assembleren.

Transport, handling, verschil in levensduur van de verschillende componenten en technische realiseerbaarheid zijn hierbij nog barrières die geslecht moeten worden. Het ideale bouwdeel dak is dus een complete kap inclusief dakpannen die in één keer op het casco geplaatst wordt. De aangehaalde barrières leiden momenteel echter nog tot daksegmenten met maximale afmetingen van 3 bij 7 meter met dakpannen die op de bouwplaats zelf gelegd en verankerd worden.

De productie van deze segmenten zal volledig computer ondersteund moeten gaan geschieden. Een CAD-ontwerp inclusief de dakpannen en doorvoeren als basis. De kostprijs rolt eruit en een offerte kan gemaakt worden. Middels CAD-sturing wordt het paneel geproduceerd. Productie houdt in het zoeken/pakken van de juiste componenten, het positioneren van de componenten, het bevestigen van deze componenten en eventueel nabewerken van het geheel. De componenten worden deels toegeleverd als halfproducten (dakramen) en deels op maat gemaakt uit halffabrikaten (ribhout en beplating). Deze activiteiten kunnen gemechaniseerd en/of worden.

Het plaatsen van dakpannen binnen de fabriek is een activiteit die zich bij uitstek leent voor mechanisatie of robotisering. Stel een gemiddeld dakvlak op van 65 à 70 vierkante meter met 10 betonpannen per vierkante meter dan heb je voor 1500 woningen reeds een miljoen pannen nodig, ofwel massaproductie. Het leggen van pannen op de bouwplaats laat zich moeilijker mechaniseren of robotiseren. Echter gezien de huidige situatie ligt daar de grootste behoefte. De dakpannenindustrie is er klaar voor. RBB biedt momenteel de mogelijkheid tot het lossen van dakpannen direct op het dak. Hiertoe is een zogenaamde "dakgiraffe" ontwikkeld die de dakpannen direct vanaf de vrachtwagen op het dak plaatst. Aansluitend hierop, of in combinatie hiermee is mechanisatie of robotisering een logische ontwikkeling. Hierbij kunnen de CAD-CAM-gegevens van het ontwerp gebruikt worden voor de juiste maatvoering en coördinaat-

bepaling, zodat toch een compleet dak gerealiseerd wordt in verschillende arbeidsgangen op verschillende lokaties.

De bouwplaats lijkt niet de ideale omgeving voor mechanisering en robotisering. Weersomstandigheden (regen, wind), ongunstige werkposities (hellend dak), krappe ruimtes met beperkte materiaalvoorraden, inefficiënte kapitaalbenutting (transport van bouwplaats naar bouwplaats) en beperkingen qua gewicht en afmeting (handling op de bouw en transport naar de bouw) zijn beperkende factoren. Alleen dan wanneer transport, handling, aansluit-detaillering en technische realisatie een flexibele prefabricage onmogelijk maken is mechanisatie en robotisering op de bouwplaats realistisch.

Voor het complete dak lijkt het huidige optimum slechts tijdelijk en zal het ideaal in veel gevallen realiseerbaar worden. Hiertoe moeten nog een aantal product- en productietechnische innovaties gerealiseerd worden. Mechanisatie en robotisatie zullen, bij voldoende schaalgrootte, zeker een belangrijke plaats innemen.

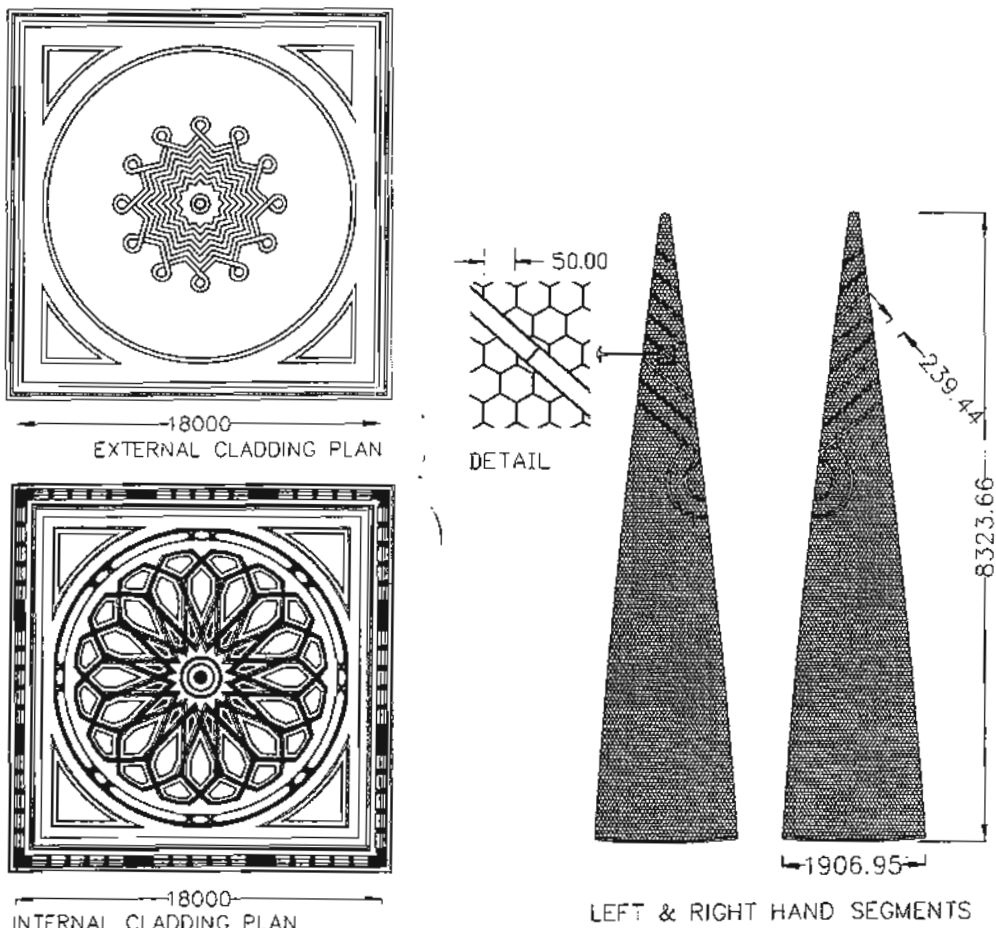
Architectuur en robots

ir Frans van Gassel, Technische Universiteit Eindhoven.

Gerobotiseerde en gemechaniseerde productieprocessen kunnen gebouwen een verhoogde architectonische kwaliteit geven. Dit wil zeggen dat vakmensen dan niet in staat zijn die gewenste kwaliteit werk te leveren maar werktuigen wel. Twee voorbeelden.

Koepels van een moskee

Het geometrische ontwerp van de bekledingen van deze koepel was dusdanig complex dat tekenmachines en productiemachines nodig waren om de segmenten van de koepel te kunnen produceren en assembleren. De lijnknopen tussen de gebogen segmenten moesten er voor zorgen dat bij het assembleren het geometrisch ontwerp naadloos overvloede. [Taher]



Figuur 1 Patronen en segmenten van de koepelbekledingen [Taher].

Prefab betonnen gevelementen

De zichtzijde van betonnen gevelementen hadden een dusdanige vorm dat de houten gietvorm alleen met behulp van een computergestuurde freesmachine gemaakt kon worden. Er was hier sprake van dubbel gebogen oppervlakken. Ook het zeer glad schuren kon alleen door een robot plaatsvinden. [Nurminen]

Referenties

- Taher, A.H. Khalid en andere, 1993, Robotics and automation in the construction of the sliding domes of King Fahd's Extension of the prophet's Holy Mosque in Madinah, Kingdom of Saudi Arabia in Automation and Robotics in Construction X, Houston.
- Nurminen, A, 1994, Robotized mould milling and precast concrete polishing, Automation and Robotics in Construction XI, Brighton.

De afvalbak bij de werkplek

ir Frans van Gassel, Technische Universiteit Eindhoven.

Bij het timmeren, metselen, installeren en andere werksoorten ontstaat afval. Om het milieu te sparen en om de afvoerkosten te beperken, dient het afval gescheiden van de bouwplaats te worden afgevoerd. Het probleem is dat het moeite kost het afval gescheiden in de daarvoor bestemde containers te krijgen. De oplossing is simpel: zoals bij vele andere werkplekken (huishouden, kantoor en winkel) dient de werkplek in de bouw ook een afvalbak te krijgen. De afgekapte steen wordt niet meer op de grond gegooid, maar in de daarvoor bestemde afvalbak bij de werkplek gedeponeerd.

Tijdens het uitvoeren van werkzaamheden op de bouwplaats ontstaat er allerlei afval. Bij de meeste bewerkingen op de werkplek ontstaan afvalresten:

- groenafval door snoeien, zagen en graven;
- steenachtige materialen door kappen, knippen en zagen;
- hout door zagen, boren en schaven;
- staal door knippen en zagen;
- kunststof door zagen;
- kunststof en papier door uitpakken bouwproducten;
- isolatiematerialen door snijden en zagen;
- verpakkingen van vloeistoffen en poedervormige materialen;
- bouwproducten die over zijn en op de werkvloer blijven liggen;
- verbindingsmiddelen: popnagels, spijkers, schroeven en kit;
- verwerkingsmiddelen: schuurpapier, verfwasten, poetsdoeken en specie.

In de praktijk worden deze resten vaak zonder meer op de werkvloer gedeponeerd en op een later tijdstip als restafval bijeen geveegd en afgevoerd. Als het afval eenmaal op de werkvloer ligt, loont het nauwelijks de moeite om het alsnog te scheiden. Soms is het afval al zodanig verontreinigd dat hergebruik niet zinvol is.

Noodzaak om aan te pakken

Het beleid van de overheid is erop gericht het afval zoveel mogelijk te hergebruiken. Dit betekent dat zoveel mogelijk scheiden bij de bron noodzakelijk wordt. In de praktijk zal dit betekenen dat gescheiden afvoeren van afval goedkoper wordt dan niet scheiden afvoeren. Niet alleen financiële redenen zullen het scheiden van afval stimuleren, maar de overheid kan ook het scheiden van een aantal deelstromen opleggen. Bijvoorbeeld bij gevaarlijk en brandbaar afval is dit al het geval. Ook afval dat kan worden hergebruikt mag niet worden gestort of verbrand.

Redenen genoeg om het scheiden van afval op de bouwplaats en in het bijzonder op de werkplek aan te pakken.

Eenvoudige aanpak

Zoals hiervoor al is aangegeven, is de oplossing simpel. Buiten de bouw kennen we al lang de afvalbak bij de werkplek. Bij het bureau, aan het aanrecht, achter de toonbank, in de kantine, in de auto. Op al deze werkplekken is men er aan gewend het afval te deponeren in de daarvoor bestemde afvalbakken.

In de bouw dient de keuze van de afvalbak afgestemd te worden op de werksoort. Zaagresten hout vragen een andere afvalbak dan knipresten van koperen installatiedraad. Karton dient in kartonnen verpakkingen worden afgevoerd en kunststoffolie ook in kunststof materiaal.

De afvalbak moet bij de werkplek geplaatst kunnen worden en geschikt zijn voor transport naar de afvalcontainers op de bouwplaats. Meestal moet het afvoeren plaatsvinden met transportmiddelen en gelost worden in de grote afvalcontainers. De afvalbakken op de werkplekken dienen hiervoor geschikt te zijn.

Soorten afvalbakken

Hoe zien die afvalbakken voor de bouw er uit. De volgende soorten afvalbakken zijn te gebruiken:

- bakkruiwagens voor steenachtige materialen;
- rolcontainers, geschikt voor restafval zoals veegvuil en drankpakken;
- minicontainer voor gevaarlijk afval;
- open stalen vaten voor langwerpige materialen zoals pijpen;
- blikken emmers met handvat voor resten koperdraad en blik;
- kunststof kratten voor houtzaagresten en nog te gebruiken bouwproducten of bouwmaterialen;
- papieren zakken of kartonnen dozen voor afvoer van karton en papier;
- de kunststof zak voor de afvoer van kunststoffolie en -blokken;
- stalen korven voor groenafval.

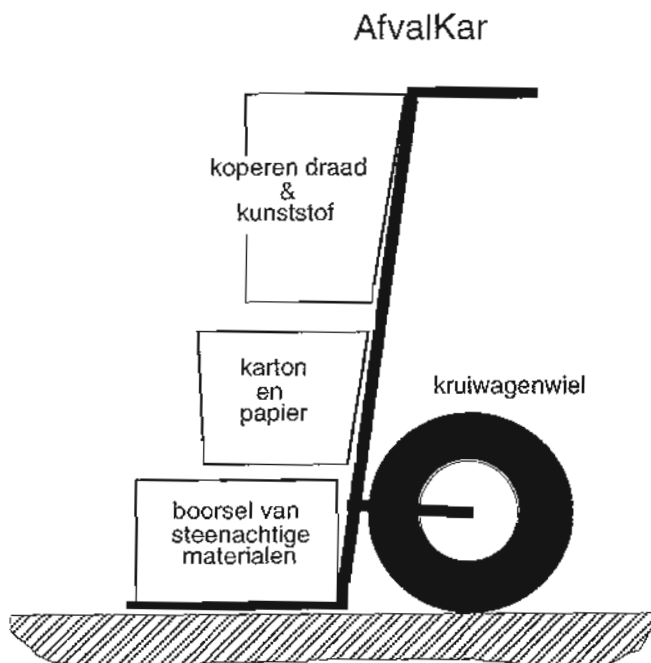
AfvalKar

De afvalbakken die voor een specifieke werksoort nodig zijn, kunnen verschillend zijn. Het huidige aanbod van afvalbakken is niet voldoende afgestemd op het werk op de bouwplaats. Een elektricien heeft de volgende afvalbakken nodig: één voor het afvoeren van boorresten van steenachtige materialen, één voor karton van verpakkingen van draad en montage dozen, één voor zaagresten kunststof sleufbuis en één voor de knipresten van koperdraad. Teveel bakken om mee te sjouwen! Het zou handig zijn om een karretje te ontwerpen om deze vier bakken tegelijkertijd te transporteren. Voor de verschillende werksoorten zou een speciale afvalkar kunnen worden ontworpen. Overigens bestaat er al een principe-ontwerp van zo'n kar.

Uitdaging voor productontwikkelaars

Voor het afvoeren van afval van de werkplek naar de afvalcontainer bestaan reeds oplossingen voor specifieke werksoorten, die direct toegepast kunnen worden. Voor productontwikkelaars zou het een uitdaging kunnen zijn om voor de bouw een alles omvattend afvoersysteem (bakken en transportmiddelen) te ontwikkelen.

Om de werkplek schoon te houden en op de werkplek zoveel mogelijk afval te scheiden zou men het principe kunnen hanteren dat de vakman zijn werkplek schoon achterlaat. Een afvalbak bij de werkplek is dan noodzakelijk.



Figuur 1 Principe -ontwerp van een afvalkar. Voor de elektricien zijn aan het karretje de benodigde afvalbakken gehaakt.

De rol van informatie- en communicatietechnologie voor bouwrobotica

Ir Ronald Krom, TNO Bouw.

Robots worden al decennia lang toegepast voor verschillende industriële processen. De toepassing van robots in bouwprocessen is tot nu toe nog niet van de grond gekomen. Er zijn vele verschillende problemen te identificeren die toepassing van beschikbare robot technologie in bouwprocessen belemmeren. Één van de probleemgebieden is de programmering en de besturing van robots. In dit artikel wordt nader op dit onderwerp ingegaan.

De huidige generatie robots is ontworpen om handelingen te verrichten in een vaste opstelling in een fabriek, waar objecten op een lopende band langs de robot komen. De te verrichten handelingen worden ook vele tienduizenden keren herhaald. De producten die bewerkt worden zijn maatvast en worden op een geordende manier aan de robots aangeboden. In de bouw zijn de omstandigheden anders.

1. Producten worden niet in een fabriek gemaakt maar op een bouwplaats in elkaar gezet. Het product blijft op zijn plaats en de robot beweegt er doorheen.
2. De mate van herhaling van bouwhandelingen is orden kleiner dan bij industriële fabricage.
3. Elk bouwproject wordt door een andere groep van bedrijven ontworpen en gebouwd.

De bovengenoemde omstandigheden in de bouw zorgen ervoor dat aan de besturing en programmering (instructie) van robots heel andere eisen worden gesteld. De drie belangrijkste probleemgebieden worden nu nader besproken.

1. Doordat de robot langs het product werkt i.p.v. dat het product langs de robot komt, is een robot programma niet meer een zichzelf herhalende lus, maar is het programma een volledige lijst van uit te voeren handelingen.
Instructiesystemen voor bouwrobots moeten faciliteiten bieden om op een efficiënte wijze met de locatievariatie om te gaan.
2. Door de relatief beperkte herhaling van robot handelingen mag de programmering niet veel menselijke inspanning kosten omdat anders het voordeel van het gebruik van een robot snel teniet wordt gedaan, speciale toepassingen met zeer mensonvriendelijk werk daargelaten.
3. Een effectieve en efficiënte communicatie tussen projectpartners is een vereiste voor een goed verloop van het bouwproces. Dit geldt ook voor bouwrobots. Op dit moment vindt die communicatie van gebouwo ontwerp informatie naar het uitvoeringsproces grotendeels plaats via technische tekeningen en tekstdocumenten (op papier en soms op diskette). Een robot kan helaas geen tekeningen en teksten begrijpen. Er is behoefte aan een efficiënte en effectieve manier om ontwerpgegevens van de architect, constructeur en aannemer aan de robot over te dragen.

Voor bouwrobots is er behoefte aan taak-instructie. Met taak-instructie moet het mogelijk worden om met een minimum aan inspanning een taak aan een robot op te dragen. Een taak-instructiesysteem moet een procesplan kunnen genereren voor de opgedragen taak aan de hand van ontwerpgegevens die uit andere computers worden opgehaald.

Informatie- en communicatietechnologie speelt een centrale rol bij de realisatie van het taak-instructiesysteem. Een potentieel kansrijke strategie is om aan te haken bij de ontwikkelingen die plaats vinden op het gebied van Product Data Technology (PDT). Al hoewel PDT zich voornamelijk richt op de integratie van computer toepassingen in het ontwerp en de engineering van producten en gebouwen, maakt PDT, ontwerp informatie uiteraard ook toegankelijk voor een taak-instructie systeem. Een procesplan voor een bouwrobot kan voor een groot deel automatisch worden gegenereerd wanneer een generieke beschrijving van het robotproces kan worden gecombineerd met ontwerp. Als voorbeeld kan worden gedacht aan een metselrobot. Het taak-instructiesysteem voor zo'n robot haalt uit een productmodel welke gemetselde wanden er in een gebouw zitten, en kan een procesplanning genereren onafhankelijk van de afmetingen van de wand en de afmetingen van openingen. Voorwaarde voor deze aanpak is dat

er afspraken gemaakt zijn over de manier waarop ontwerp-informatie in een productmodel is opgeslagen. Ook moet de robot-procesbeschrijving zodanig geparameteriseerd zijn voor verschillende variaties in het ontwerp dat correcte robot programma's worden gegenereerd. Zo'n geparameteriseerde procesbeschrijving wordt een proces type model genoemd.

Juist door de integratie van bouwrobots met ontwerp en planning goed te regelen kan het toepassingsgebied van bouwrobots vergroot worden en de drempel voor toepassing verlaagd worden. Het is dus van belang om vanaf het begin van robot ontwikkelingen te onderkennen dat dit een belangrijk aspect van robotisering is.

TNO Bouw werkt in samenwerking met de TU Delft al sinds enkele jaren aan de ontwikkeling van principes waarmee taakinstructie systemen voor bouwrobots kunnen worden gerealiseerd.

Toepassen van IT-technieken en robotisering vanuit het gezichtspunt van de toeleverende industrie

Ing. A.F. Kool.

Probleemstelling

Naar aanleiding van de workshop op 29 en 30 mei 1997 in de Ruwenberg heb ik het probleem vanuit de positie van de toeleverancier bekeken. In deze benadering krijgt de toeleverancier een centrale plaats toegewezen van waaruit de lijnen doorgetrokken worden naar de ontwerper en de bouwer.

De trend in de industrie en dus ook in de bouw is verregaande specialisatie en mondialisering. Veel belangrijke innovaties zullen dan ook bij de toeleverancier vandaan komen. Mechanisering en robotisering is een belangrijke innovatie die in combinatie met productinnovatie plaats moet vinden.

De technology push vanuit de IT-hoek

De opkomst van massieve geïntegreerde automatisering, in de vorm van ERP software van Baan en SAP, in combinatie met een parametrische CAD/CAM omgeving zoals bijvoorbeeld Pro/ENGINEER, betekenen voor de bouw een enorme technology push in de richting van prefabricage. Ontwikkeling die daarnaast voor een extra versnelling zorgen zijn: de opkomst van het internet, het doorbreken van Windows NT en de definitieve doorbraak en acceptatie van de goedkope en krachtige PC.

De positie van de toeleverancier

Voor de toeleverancier is een belangrijke plaats weggelegd. Om een optimale afstemming te krijgen stel ik voor om bij het ontwikkelen van een product voor toepassing op de bouwplaats de volgende drie aspecten in samenhang te ontwikkelen: het product zelf; de montage robot; tools voor gebruik tijdens de ontwerp- en werkvoorbereidingfase.

Innovatie is geen lineair proces

Robotisering van de bouw betekent een grote verandering. Veel van het werk wat nu op de bouw plaats vindt zal niet door robots worden overgenomen maar verdwijnen naar de fabriek van de toeleverancier. Ter illustratie een marktonderzoek uit de vijftiger jaren. Uit een enquête onder huisvrouwen bleek dat er grote behoefte was aan een strijkautomaat en aan een automaat om bedden op te schudden. Achteraf bleek dat deze apparaten door de introductie van het strijkvrije overhemd en het dekbed niet nodig waren.

Innoveren is voor een groot deel het toepassen van elders ontwikkelde technieken. Vaak ontstaan daarbij onverwachte problemen. Ik stel daarom voor om bij het geschikt maken van elders toegepaste technieken over herontwerpen te spreken. Er zijn een aantal oorzaken aan te wijzen waardoor herontwerpen onverwacht moeilijk is. Rond een techniek die in een bepaalde branche wordt toegepast ontwikkelt zich in de loop der jaren een dagelijkse praktijk, ook wel common practice genoemd. Men weet vaak niet meer waarom men iets op een bepaalde manier doet, maar als men zich maar aan de regels van de common practice houdt gaat het goed. Op het moment dat een techniek in een andere branche wordt toegepast, is het van belang het waarom te weten, herontwerpen is dus, het achter halen van het waarom van de dingen en het voor de nieuwe omstandigheden ontwikkelen een nieuwe common practice.

Hoe kunnen robots worden ingevoerd?

Door de invoering van robots, zal de bouw ingrijpend veranderen. Het innovatieproces zelf wat tot de vernieuwing leidt is belangrijk. Om iets te bereiken moeten voldoende mensen samenwerken en ze moeten dat lang genoeg vol houden. Innovaties hebben een zekere diepgang nodig om eventueel levensvatbaar te zijn. Na verloop van tijd blijkt of men op de goede weg zit, zonodig wordt bijgestuurd, waarna weer een tijdlang in één richting gewerkt wordt. Vanuit de industrie kunnen we nog het volgende leren. Men bezigt daar de vuistregel: 1e vereenvoudig het product; 2e vereenvoudig de productie; 3e bekijk of het nog wel nodig is om te robotiseren.

Wat zijn de effecten?

Het karakter van het werk op de bouwplaats zal steeds meer verschuiven van elementaire productie activiteiten naar montage en logistieke werkzaamheden. Veel werk wordt verplaatst van de bouwplaats naar de fabriek.

Een drijvende kracht hierachter is mondialisering en specialisatie. Een mooi voorbeeld hiervan is het wereldwijd opererend bedrijf Redland. Dit bedrijf ontwikkelt zich van lokale pannen fabrikant tot een mondiale daken leverancier. Het door Redland Nederland ontwikkelde dak concept probeert men nu binnen het Redland concern wereldwijd toe te passen.

Een voorbeeld uit de auto-industrie is het bedrijf Inalfa Roof Systems. Dit bedrijf maakt alleen open daken voor auto's, maar dan wel over de hele wereld en voor alle automerken.

Producten die in de bouw in aanmerking komen voor een dergelijke benadering zijn onder andere: keukens; badkamers; plafonds; units waarin de inbouw installaties zijn geïntegreerd.

De ingrediënten die de boven geschetste ontwikkelingen in de bouw ondersteunen zijn:

1. Het internet dat mondiaal opereren bevordert en het contact tussen de bouwplaats, ontwerper en werkvoorbereider verbetert.
2. Het toepassen van ERP software (Baan of SAP) waardoor het logistieke en administratieve traject volledig geïntegreerd en ondersteund wordt.
3. Het toepassen van parametrische CAD pakketten zoals Pro/ENGINEER waardoor de integratie tussen CAD data en logistieke en administratieve data tot stand gebracht wordt.
4. Tool ontwikkeling waardoor een verre gaande rationalisatie en robotisering van het bouwproces mogelijk is. Onder tool ontwikkeling versta ik het volgende:
 - Er moet een ontwikkelomgeving komen waarmee toeleveranciers tijdens het innovatieproces zelf tools maken die ter beschikking worden gesteld aan de ontwerper en werkvoorbereider. Als voorbeeld denk ik aan hulpprogramma's waarmee de ontwerper legplannen voor breedplaatvloeren in zijn CAD tekening op kan nemen.
 - De ontwerper gebruikt de tools van de toeleverancier waarmee hij in staat is om binnen de beperkingen van het product zijn creativiteit optimaal aan te wenden om een perfect ontwerp af te leveren.
 - De werkvoorbereider gebruikt de tools van de toeleverancier, om vanuit het CAD model op efficiënte wijze de werkvoorbereiding te verzorgen. Als het product met behulp van een robot gemonteerd wordt, kan de werkvoorbereider met behulp van de hem ter beschikking gestelde tools robot besturingsprogramma's maken.

Het creëren van een infrastructuur voor robots

Het toepassen van robots op de bouwplaats is een probleem omdat er geen adequate infrastructuur is. Met de opkomst van het internet vallen afstanden gedeeltelijk weg. In een bepaalde regio kan daardoor als het ware een virtuele fabriek worden gesticht. Het centrum van deze virtuele fabriek wordt gevormd door, een combinatie van een regionaal distributie centrum en een materieeldienst. De virtuele fabriek ontstaat door bouwplaatsen via internet met dit centrum te verbinden. Tools die ter ondersteuning aan de ontwerpers en de werkvoorbereiders ter beschikking worden gesteld leiden er toe dat, in een vroeg stadium rekening kan worden gehouden met de mogelijkheden van de virtuele fabriek. De virtuele fabriek verschaft de infrastructuur die nodig om met Robots te werken.

Waar leidt dit alles toe

Een overgang naar het toepassen van robots is geen lineaire ontwikkeling van verleden, naar heden, naar toekomst, met de mogelijkheid van extrapolatie.

P.M.J. van Swieten benaderde het probleem vanuit het gezichtspunt van de robot. Waar is een robot goed in? Probeer daarbij een bouwmethode te vinden.

Ter illustratie het volgende voorbeeld. Robots zijn in staat een kromme lijn in de ruimte te volgen. De beperking van de rechte metseldraad is vervallen, dus werk eens met dubbel gekromde gemetselde muren. Computers kunnen goed met ingewikkelde patronen overweg, waardoor robots ook goed zijn om ingewikkelde tegelpatronen te maken.

We moeten er op rekenen dat door het beschikbaar komen van gerobotiseerde methoden totaal onverwachte nieuwe methoden van bouwen en vormgeven ontstaan, waarbij de directe of indirecte inbreng van de toeleverancier alleen maar zal toenemen.

Meten en beoordelen van arbeidsomstandigheden

Ir Gu van Rhijn, NIA TNO.

Arbeid-Organisatie-Technologie

De eisen die klanten aan eindproducten stellen zijn in de loop der tijd veranderd en uitgebreid. Voorheen lag het accent op de lage prijs van een product, nu worden hieraan eisen als kwaliteit, levertijd en onderscheidend vermogen van het product toegevoegd. Een dergelijke uitbreiding heeft consequenties voor de productie: behalve efficiency worden ook kwaliteit, flexibiliteit en innovatievermogen belangrijke prestatie-indicatoren van het productieproces. Bij optimalisatie van de productie werd voorheen vooral gedacht aan technologische vernieuwingen of organisatorische veranderingen. Nu is er een tendens om behalve de technologische en organisatorische factoren ook de "human factors" (de factor mens) bij productie-optimalisatie te betrekken. Deze factoren zijn niet onafhankelijk [Dul, 1996].

Bij de introductie van nieuwe technologie bijvoorbeeld dient rekening te worden gehouden met de operator/medewerker die apparatuur moet bedienen en het proces moet besturen. Een nieuwe organisatiestructuur is pas succesvol als medewerkers over voldoende taakhoud en regelmogelijkheden beschikken.

Succesvolle ondernemingen worden gekenmerkt door een optimale balans tussen arbeid, organisatie en technologie. Met succesvol wordt bedoeld: ondernemingen die goedkoper, flexibeler, sneller en veiliger kunnen produceren en met gemotiveerd en gezond personeel. Technologische ontwikkelingen als mechanisering en robotisering kunnen alleen dan succesvol zijn wanneer deze zijn afgestemd op de organisatie van het werk en de toekomstige gebruikers/betrokkenen.

Arbeidsomstandigheden

Zoals hiervoor reeds is aangegeven hangt de factor arbeid samen met de organisatie en de gebruikte technologieën. In de bouw worden de omstandigheden waarin arbeid wordt verricht (arbeidsomstandigheden) derhalve beïnvloed door:

- (werk)organisatie (planning, communicatie, logistiek)
- technologie (IT, robotisering, mechanisering, automatisering)
- werkomgeving (klimaat)
- werkplek (inzet hulpmiddelen)
- werkzaamheden (taken, handelingen)

Arbeidsomstandigheden is in feite een paraplu term voor verschillende deelaspecten: fysieke belasting (tillen, duwen, trekken, repeterend werk, ongunstige houdingen), energetische belasting, mentale belasting (werkstress, welzijn), veiligheid, blootstelling aan schadelijke stoffen etc.

Arbeidsomstandigheden en mechanisering/robotisering

Door mechanisering en met name robotisering in de bouw kunnen arbeidsomstandigheden drastisch gewijzigd worden. Er treedt een verschuiving op van fysiek zware arbeid (tillen, duwen, trekken) naar mentaal belastend en statisch werk (operator, programmeurs). Het "vakmanschap" verplaatst zich vanaf de bouwplaats naar werkvoorbereiding, planning en besturing. Dit heeft tot gevolg dat taakhoud en verantwoordelijkheden bij de verschillende beroepen kunnen wijzigen. Het werk dat bij robotisering op de bouwplaats overblijft kan bijvoorbeeld ongeschoold en monotoon worden. Mechanisering en robotisering hebben consequenties voor arbeidsomstandigheden en met name voor de fysieke en mentale belasting. Het is van belang om in de ontwerpfase een inschatting te kunnen maken van deze consequenties.

Metten en beoordelen arbeidsomstandigheden

Arbeidsomstandigheden worden vaak gemeten en beoordeeld op deelaspecten. Er bestaan verschillende meetinstrumenten voor het meten van fysieke, energetische en mentale belasting en voor het meten van schadelijke stoffen. Zo bestaan er diverse methoden voor het meten en beoordelen van fysieke belasting bij tillen, duwen, dragen, ongunstige werkhouding (bukken) en voor repeterend werk en voor het beoordelen van mentale belasting.

Er bestaat echter nog geen methode of tool welke de afzonderlijke methoden integreert en waarmee één inschatting of beoordeling (bijvoorbeeld in de vorm van een cijfer) gemaakt kan worden van de arbeidsomstandigheden als geheel.

Naast de afzonderlijke meetinstrumenten is er behoefte aan één meetinstrument die de afzonderlijke meetresultaten integreert en waarmee de arbeidsomstandigheden in een oude en nieuwe situatie met één waarde kan worden beoordeeld. Daarnaast dient dit meetinstrument bij technologische ontwikkelingen (robotisering, mechanisering) een mogelijke verschuiving binnen arbeidsomstandigheden bijvoorbeeld van fysieke belasting naar mentale belasting te laten zien.

Literatuur

Dul J, S. D'hondt, P. Vink. Making companies more successful by balancing technological, organizational and human factors. PROCEEDINGS/ International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management-V, 547-550, 1996.

Chips in materieel en bouwproducten en automatisch boren en dichten van gaten in bekistingen

Gerard Hendriks, Wilma Materieeldienst Nederweert.

Onlangs heeft de Onderzoekschool Bouw een workshop georganiseerd over het onderwerp mechanisatie en robotisatie in de bouw. De Onderzoekschool Bouw coördineert het promotie-onderzoek bij de technische universiteiten. Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken dienen de promotiestudies beter aan te sluiten bij de vraag uit de markt. Vandaar de betrokkenheid van mensen uit het bedrijfsleven, welke belast zijn met het ontwikkelen van technieken en materieel.

Door mij zijn mogelijke onderzoekgebieden aangedragen welke hoofdzakelijk betrekking hebben op het bouw materieel. Hierbij een beschrijving van twee voorstellen.

Chips in materieel en bouwproducten

Het inbouwen van een chip ter grootte van een speldeknop, in een bouwmachine, is niet nieuw. Vanaf een bepaalde afstand kan men, zoals bij producten met streepjescode, de informatie opgeslagen in de chip, aflezen. Toepassingen hierbij zijn:

- Het herkennen van het stuk materieel of machine. Dit kan ook van belang zijn bij diefstal.
- Het administratief verwerken van het materieel bij het verlaten van de werf van de materieeldienst of bij de terugkomst van een bouwwerk.

Toch moeten er meer mogelijkheden in de bouw zijn om het gebruik van een chip optimaal te benutten. Hierbij denk ik niet alleen aan plaatsbepaling maar ook aan de positiebepaling.

Enkele voorbeelden:

In de woningbouw moeten de tunnelkisten elke dag weer op de juiste plaats in de X- en Y-richting en in de hoogte geplaatst worden met de bekende optische instrumenten. Kan men niet de positie van de tunnelkist bepalen door met een meetinstrument de plaats van de chip in te lezen en daarmee de positie van de tunnelkist? Men kan dan optisch zien of de tunnel op de juiste plaats staat.

Een ander voorbeeld.

Veel gebouwen worden in prefab beton opgetrokken. In de betonfabriek wordt elk prefab element voorzien van een merk. Wil men weten welk merk op welke plaats moet komen dan zal men daarbij een tekening moeten gebruiken. Door nu een de chip, met de gewenste informatie in het element in te bouwen, kan men bij aankomst op de bouwplaats gelijk aflezen op welke plaats het element in het gebouw moet komen. Daarna kan men met behulp van de chip, het element in de juiste positie stellen. Dit alles zonder tekening en zonder een ingewikkelde maatvoering. Gaat men nog een stap verder dan kan de "stelmachine" de informatie inlezen en het element op de juiste plaats positioneren. Het spreekt vanzelf dat men de chip ook nog kan benutten voor administratieve zaken, gewichtsaanduiding, verzekeringsgegevens, diefstalbeveiliging etc.

Automatisch boren en dichten van gaten in bekistingen.

Momenteel worden alle bevestigingspunten van kopschotten en sparingen via een bekistingsprogramma met behulp van de computer bepaald.

Daarna worden alle boringen handmatig op de bekisting afgetekend en geboord. Bij terugkomst van de bekisting van het werk worden alle gaten handmatig weer dichtgelast.

Is het niet mogelijk om de gaten automatisch te laten boren, en later deze ook weer automatisch te laten dichten? Bij het dichten zal de lasmachine zelf de gaten moeten opzoeken.

Bouwproces en productiesystemen in kalkzandsteen

Ir Johan Riezebos EUR ING, CVK Kalkzandsteen.

Een overzicht van de logistieke relatie tussen bouwplaats en toeleverancier en de gevolgen van mechanisatie van bewerkingsprocessen van kalkzandsteen(elementen) op de bouwplaats en in de fabriek.

Inleiding

Voor het krijgen van een idee over de toekomstige mogelijkheden voor verdere mechanisatie van het bouwproces in kalkzandsteen is het goed om eerst een kort overzicht te geven van de stand van zaken anno 1997.

Daarna zal ik ingaan op de vraag hoe er verder gemechaniseerd zou kunnen worden. Voor- en nadelen worden behandeld.

De gevolgen van verdere mechanisatie van het (kalkzandsteen)bouwproces voor zowel de bouwplaats als de (kalkzandsteen)fabriek worden globaal in kaart gebracht.

Huidige situatie

Vanuit het traditionele metselwerk met kleinformat stenen (waal-, amstel- en maasformat) is er een ontwikkeling geweest op twee gebieden.

1. De formaten van de producten werden groter.

Van handmatig te verwerken blokken via mechanisch te verwerken blokken tot mechanisch te verwerken op maat gemaakte elementen.

2. De methode van verwerken werd anders.

Van het traditionele metselwerk werd overgestapt op lijmwerk. Zowel blokken als elementen worden verlijmd. Voor het lijmen van kalkzandsteen is speciaal ontwikkeld lijm gereedschap beschikbaar. Daarnaast zijn er hulpmiddelen (door)ontwikkeld in de vorm van elementenstelmachines, diverse klemmen en speciale ankers en schoren.

De belangrijkste redenen (in willekeurige volgorde) om over te gaan op lijmwerk met grote elementen zijn:

- sterkere constructie
- snellere verharding
- kalkzandsteen kan de vereiste nauwe toleranties bieden
- besparing op arbeid
- door vlakke wanden zijn dunne afwerkklagen mogelijk
- kostenbesparing door snelle bouwmethode
- arbeidsvriendelijk bouwen (niet meer tillen)
- geen afval op de bouwplaats door levering van op maat gezaagde elementen
- flexibele bouwmethode

Hoe is nu de gang van zaken?

De tekeningen van een project worden toegestuurd aan de kalkzandsteen-leverancier. Deze maakt wanduitslagen. Dat wil zeggen dat de maten van de in te vullen wanden worden vastgelegd. Na goedkeuring wordt het elementenplan getekend en worden de paselementen gezaagd. De paselementen worden per wand(deel) op pallets aangeleverd op de bouwplaats. De standaardelementen worden als bulkvracht geleverd. Als service levert CVK Kalkzandsteen de mogelijkheid van instructies en controlebezoeken op de bouwplaats. Hierbij worden onder meer opperschema's besproken, wordt de juiste lijmmethodiek gedemonstreerd en krijgt het werken met het hulpmaterieel de nodige aandacht.

De aannemer krijgt inzicht in de kwaliteit van het uiteindelijke lijmwerk door de controleformulieren.

Belangrijke aandachtspunten voor het hierboven beschreven proces zijn onder meer het verzorgen van een goede, vlakke ondergrond (door middel van het stellen van een kim) en het aanhouden van de op tekening aangegeven dilataties.

Doorgaande mechanisatie

Uiteraard staat een ontwikkeling, zoals hierboven beschreven is, niet op zichzelf. Gedreven door marktvrage, regelgeving en normeringen zal er doorgaand ontwikkeld moeten worden. Een logische vervolgstap lijkt te zijn naar nog grotere elementen of zelfs het aanbieden van complete wanden. Deze laatste kunnen dan nog zowel op de bouwplaats als in de fabriek worden samengesteld.

De vraag is natuurlijk hoe ver een toeleverancier hierin moet gaan. Deze vraag zal door iedereen weer anders worden beantwoord. Een grote aannemer heeft er wellicht baat bij als hij bij één leverancier simpelweg zijn wanden kan bestellen, terwijl een lijmbedrijf een dergelijke ontwikkeling als een bedreiging voor zijn werkgelegenheid zou kunnen zien.

Voordelen van het fabrieksklaar maken van complete wanden of wanddelen zijn evident.

- Vanuit de ervaring met het maatvoeren van elementenprojecten kan de kalkzandsteenindustrie eenvoudig ook grotere elementen of wanden gaan verwerken.
- Weersafhankelijkheid bij productie; op de bouwplaats nog "slechts" montage.
- Snellere bouwmethode.
- Nog arbeidsvriendelijker verwerking.

Toch zijn er ook wel een aantal vragen te stellen.

- Wat moet er gebeuren met de bouwknoepen?
 - vlakke ondergrond?
 - stelmogelijkheden?
 - toleranties?
 - kozijnen? (meeleveren?)
 - leidingen? (prefab aanbrengen of later infrezen?)
- Welk materieel is beschikbaar? (lijscapaciteit)
- Welk materieel is nodig? (wand(deel)gewicht)
- Wat zijn de gevolgen voor de flexibiliteit?
 - bij breuk wordt nu een ander element gepakt of een nieuw paselement wordt ter plekke gezaagd; hoe moet dat met wanddelen?
- Wat is de consequentie voor levertijden?
- Wat is de consequentie voor voorraad/opslagcapaciteit bij de fabriek?

Gevolgen voor bouwplaats en fabriek

Zoals reeds in het bovenstaande naar voren is gekomen, zal de voortschrijdende mechanisatie van het kalkzandsteen-bouwproces de nodige consequenties hebben.

Het meest in het oog springend is wel, dat een verdere stap naar grotere elementen zal betekenen, dat op de bouwplaats een verschuiving plaats gaat vinden van het lijmwerk - dus het samenstellen/opbouwen van de wand - naar het monteren van complete wanddelen.

Deze overgang lijkt op het eerste gezicht groter dan de overstap van metselen naar lijmen.

Het zal dan ook waarschijnlijk betekenen, dat de werknemers op de bouwplaats die moeten gaan monteren een andere opleiding nodig hebben dan de huidige metselaars en lijmers.

Als gedacht wordt aan het stellen van grotere elementen, doet zich ook de vraag voor hoe de bouwknoop er uit moet komen te zien. Met name op het gebied van toleranties, waar nu alles wordt opgevangen door middel van een kimconstructie, zal er een duidelijk afsprakenstelsel moeten liggen.

Voor de aannemer zal het werken met deze elementen waarschijnlijk betekenen, dat in een vroegtijdig stadium al veel vast moet liggen. Niet alleen met betrekking tot maatvoering en materialen, maar zeker ook met betrekking tot het inzetten van materieel.

Ook voor de toeleverancier zijn er de nodige gevolgen van deze vorm van verdergaande mechanisatie. In eerste instantie zal de vraag moeten worden gesteld voor welke markt (of met welke marktpartijen) deze nieuwe ontwikkeling wordt gedaan.

De consequenties zullen merkbaar zijn op een aantal terreinen.

Logistieke problemen doemen op met betrekking tot het op voorraad houden van standaard

wanddelen of (nog) niet afgeroepen maatwerk delen. Ook de levertijden en de daarmee samenhangende benodigde productiecapaciteit spelen hierbij een rol.

Technische zaken zullen ook opgelost moeten worden. Naast de al eerder aan de orde gestelde vraag naar toleranties, zijn er nog een paar zaken te noemen.

Hoe zit het bijvoorbeeld met (transport)wapening van de wanddelen?

Welke hijsvoorzieningen moeten worden getroffen?

Moeten er stelmogelijkheden worden voorzien? Kan dat worden afgestemd met bijvoorbeeld leveranciers van vloeren?

Kortom er zijn nog de nodige zaken, waarop eerst een antwoord moet worden gegeven, voordat gekomen kan worden tot een succesvolle verdere doorontwikkeling van de huidige kalkzandsteenelementen bouwmethode.

Besluit

Zoals aangegeven in dit verhaal staat de ontwikkeling van verdere mechanisatie ook bij de kalkzandsteenindustrie (CVK Kalkzandsteen) niet stil. Toch zijn er nog een aantal gebieden waarop onderzoek noodzakelijk is.

De beschrijving van de ontwikkeling van “steentjes metselen” tot het verlijmen met het elementen bouwsysteem geeft aan, dat veranderingen wel degelijk mogelijk zijn.

Daarnaast moeten we ons realiseren, dat ook de bestaande bouwmethoden een deel van de markt zullen blijven behouden. Ook nu worden nog gebouwen gemetseld of met handmatig te verlijmen kalkzandsteenblokken opgebouwd. Vaak is de (al dan niet vermeende) grotere flexibiliteit de belangrijkste reden.

Toch lijkt de stap die nu gezet moet gaan worden ingrijpender te zijn op het hele bouwproces dan de stappen tot nu toe. Onderzoek, zoals voorgesteld in dit rapport zal dan ook zeker een noodzakelijke onderbouwing kunnen geven voor de richting die ingeslagen gaat worden naar verdere mechanisatie van het bouwproces.

Rioolrobot

Ir J. Werner, Volker Stevin Speurwerk & Ontwikkeling.

Aanleiding

Door Volker Stevin werd in de jaren 1990 en 1991 eigen beheer een rioolrobot ontwikkeld. Er werd door de overheid een markt beloofd voor rioolrenovatie van ten minste vijf miljard gulden. Immers een aanmerkelijk deel van de riolering werd kort na de tweede wereldoorlog aangelegd. Aangezien de levensduur van rioleringen op circa 30 a 35 jaar werd geschat, mocht verwacht worden dat grote delen zouden moeten worden vernieuwd.

Werking

Het her aansluiten van inlaten na reiniging van leidingen zonder bovengrondse overlast vormt nogal eens een probleem. Niet zozeer het opboren ter plaatse, maar wel het voorkomen van lekkage erna. Om dit probleem op te lossen werd een robot ontwikkeld. De Rio-robot is een zeer veelzijdig en voor vele activiteiten inzetbaar. Allereerst freest hij obstakels in het hoofdriool weg en reinigt hij inlaten. Ook plaatst hij een Detection-packer voor het afsluiten van de inlaten voor relining, waarbij een zender een signaal uitzendt. De inlaat wordt vervolgens exact opgespoord en opgeboord. Nadat de Detection-packer is verwijderd monteert de Rio-robot de kunststof connector van binnenuit. Al deze activiteiten worden met diverse units uitgevoerd, die aan een standaard hoofdmodule worden gekoppeld.

Aansluiten

De Rio-robot bestaat uit vier modules, die uitwisselbaar zijn. Daardoor is het mogelijk onafhankelijk van elkaar te werken en wordt het risico van stilstand verkleind. Ook is het mogelijk verschillende activiteiten op verschillende lokaties uit te voeren. Het systeem is geschikt om diverse leidingsystemen open te boren en in te zetten in leidingen met een diameter vanaf 200 mm en eivormige riolen van 250/375 mm. De inlaten kunnen met behulp van de Rio-robot worden aangesloten, of ze nu onder 45 of 90 graden op het hoofdriool staan. Voor beide hoeken zijn namelijk connectoren leverbaar met diverse diameters.

Voordelen

De multifunctionele Rio-robot realiseert zonder graafwerk een milieuvriendelijke en blijvend waterdichte verbinding. Daarmee wordt lekkage voorkomen, zodat het milieu beschermd wordt tegen schadelijke invloeden. Heeft de leiding nog een kwalitatief goede buiswand, dan kan de leiding weer een goede afstroomtoestand krijgen door enkel de aanwezige obstakels te verwijderen.

Ervaring

Er werd verondersteld dat renovatie, vooral bij kleinere diameters, met behulp van een robot moest plaatsvinden. Het nauwkeurig opboren van de huisaansluitingen duurde te lang. Een streng zou daardoor te lang buiten gebruik worden gesteld. Dit was voor de gebruikers van het riool niet acceptabel.

Elke gemeente moest de status van de riolering in kaart brengen. Dit werk werd vertraagd uitgevoerd. De riolering werd slechts mondjesmaat vernieuwd, alleen als er gaten in het wegdek vallen wordt er iets gedaan. Wethouders kunnen niet scoren en maken geen monument als ze de riolering aanpakken. Vaak wordt de riolering ook gewoon opgegraven en de verkeersoverlast op de koop toegenomen. Al met al heeft de robot in de praktijk gewerkt en ook de concurrentie heeft nauwelijks een nieuwe markt gevonden in de riool renovatie.

The development of human-machine systems for the construction process

A.M. de Jong¹ and F.J.M. van Gassel².

¹Delft University of Technology, Department of Civil Engineering, Section Building Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands, e-mail: a.m.dejong@bouw.tudelft.nl, facsimile +31 15 2784333

²Eindhoven University of Technology, Faculty of Architecture, Building and Planning, Department of Construction Management and Engineering, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands, e-mail: f.j.m.v.gassel@bwk.tue.nl

1 Human-machine systems

1.1 Introduction

Work in the construction industry may in many situations still be characterized by the three D's; Dirty, Difficult and Dangerous. Compared to other industries, the construction industry makes little progress in mechanisation and robotisation. However, mechanisation and robotisation can eliminate many activities which are either dirty, difficult or dangerous.

Fortunately, nowadays more attention is paid to these activities in the construction industry, partly due to more strict regulations concerning the consequences of occupational safety and health. This paper deals with human-machine systems which reduce the physical strain (Difficult) by (partly) taking over the workers' job. These systems vary from for example a simple hand-drill to complex computer-driven positioning tools.

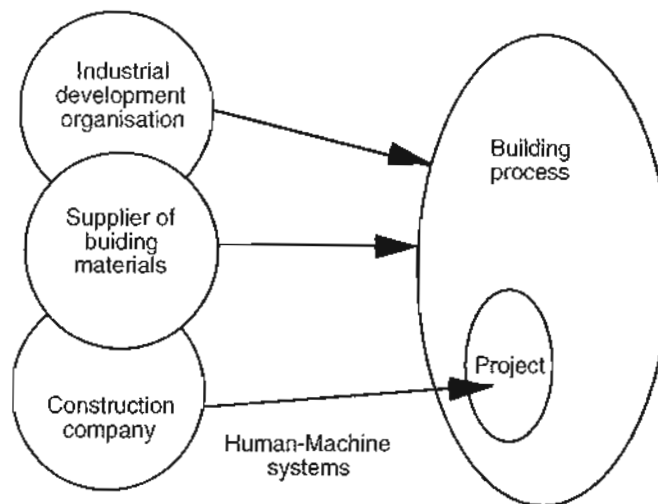


Figure 1 Developing organisations.

Figure 1 gives an overview of three types of developing organisations; an industrial development organisation, a supplier of building materials and the construction company. They all supply the building process with human-machine systems. The development process of a system is the way in which the system has been developed.

The systems may be developed by three different organisations. The results of the development processes of these three organisations show important differences, which will be discussed in this paper.

1.2 The construction process

The construction process is the transformation of building materials to a building by humans and machinery. This transformation is based on specifications of the building, technical drawings, normalisation etc. (see figure 2). The construction process must also be designed before actual production starts, in order to determine the production methods. The design consists of many parts which each focus on a specific aspect of the construction process, such as transport and methods of assembling [Leijten, 1996] [Vastert, 1994].

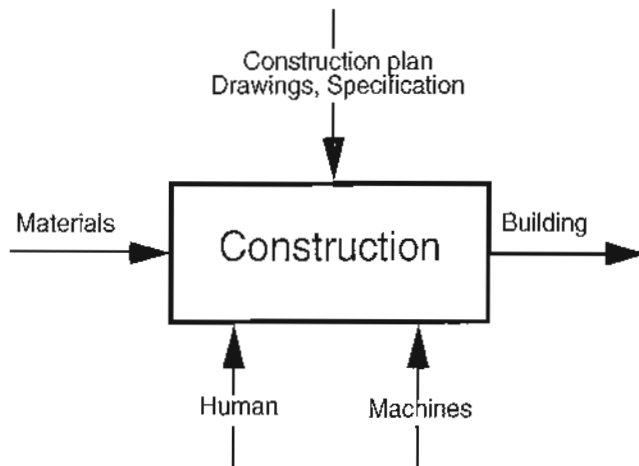


Figure 2 Production model.

The design of the construction process also provides information on the tasks of humans and machines. Therefore, the designer has to look for situations in which tasks are well allocated to humans and machines. These situations are determined by the following goals:

- avoid hazardous work
- improve quality
- shorten production time
- improve the productivity and
- spare the environment

Mechanising the production process is the process of allocating tasks from humans to machines. Robotisation on the other hand means full allocation of tasks from humans to machines (Figure 3) [Van Gassel, 1995].

This allocation must be well chosen to achieve the above mentioned goals. Optimal situations can be achieved by using human-machine systems on construction sites.

1.3 A human-machine system

A human-machine system consists of two parts, which can both be interpreted as a 'black box' in which processes happen. In figure 4, based on Eekels and Poelman [1995], these two black boxes are displayed. The product can only be used if the processes that take place at the product side are adapted to the human side and if the environment is taken into consideration.

Humans have receptors which pick up signals and pass them through to the brain. The brain is a complex processor which translates these signals to actions carried out by several effectors, such as limbs, voice and face muscles. These actions can have both a physical as an informational outcome, to give instructions to the machine part. The machine part has sensors to notice incoming signals, a processor for translation and actuators to carry out the mechanical action and/or give information to the human part.

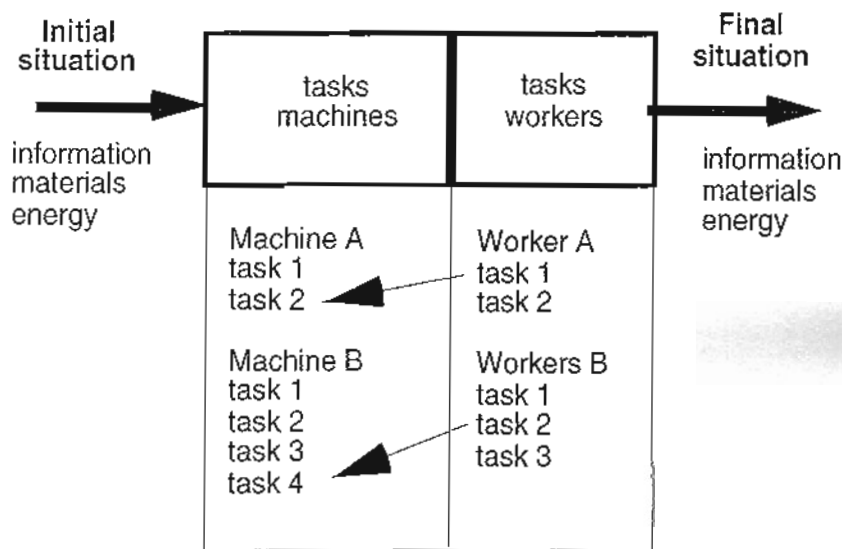


Figure 3 Allocation of tasks.

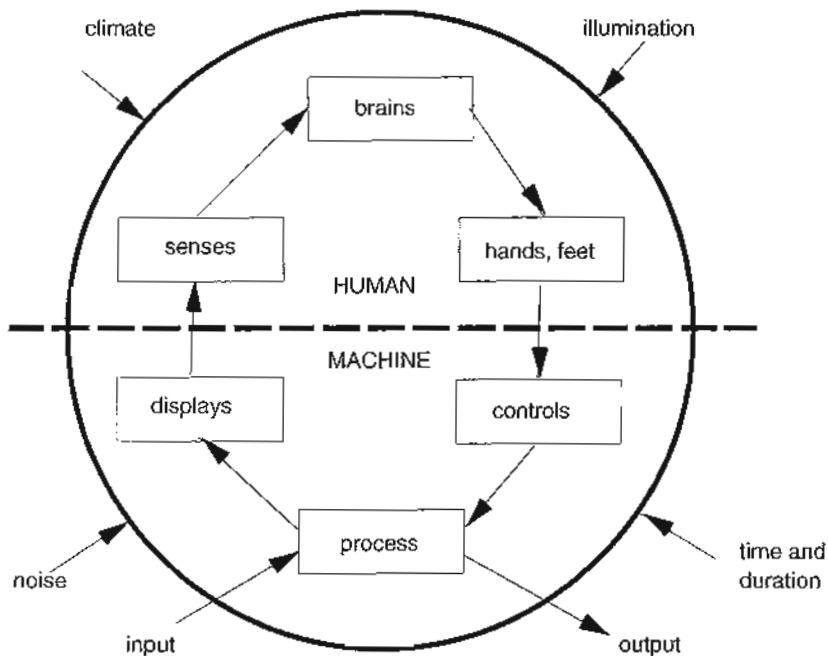


Figure 4 Man-machine model.

These interactions must be made clear during the process of analysis to develop a well functioning system. On the contrary, if the human-machine interaction is overlooked, the chances on a product that is accepted are small. The interaction can only be defined by involving the target group, i.e. workers who shall be using the system. Other participating parties are also interesting for the developer, since they all have a say in the benefits of a system.

2 Development processes

2.1 The development process of the construction industry

The development process in the construction industry is initiated by a practical problem and therefore has the nature of a problem solving process. Apparently, the construction process has a job for which no existing method or machine is available, which means that either the job has to be eliminated in some way or a method has to be developed to carry out the activity.

In the latter case, the situation is translated in goals and demands which have to be achieved in order to solve the problem. These goals and demands are set in the context of an actual situation; the environment of the construction site, the physical strain of the workers and the available time and budget. Therefore, existing technologies are combined in the problem solving process to resume the construction process as quick and cheap as possible.

After using the system in the specific situation, the benefits for use in other situations is hard to find. It will then be thrown away or forgotten, except in the rare case that a similar situation occurs and the development can be used again. The emphasis of the construction company is put on the construction process and the specific situation that has to be dealt with, but not on the system or the development process.

2.2 The development process of the supplying industry

The supplying industry supplies building materials to the construction company. The problem that initiates the development process in this industry is more general in terms of more productive or job efficient work. The goals of the supplying industry are essentially different from the construction company; a maximum share of sales of the building material. Therefore, the supplying industry must offer a total solution for specific situations. By offering this solution the supplying industry provides in addition production methods to process the supplied materials.

The supplying industry must convince the construction company to accept and use their developed systems. This can only be done by getting used to the production methods of the target group with the specifications of the system in view. The emphasis of the supplying industry is both on the construction process and the market on which the system is to be used, but the main drive is the promotion of sales of their materials. This implies that the aim is not to improve working conditions in general but to improve processing the materials of the supplying industry, which leaves us with a gap of optimizing working situations.

2.3 The development process of the industrial organisation

The industrial organisation has two general goals in mind when starting the process. First, the physical strain of workers must be measured and evaluated to determine the activities which must be reduced or eliminated. By measuring the frequency and duration of each activity carried out by workers, a detailed overview of jobs can be determined. The outcome of the measurements can then be compared with norms to determine the difficult jobs. Secondly, a technically and economically sound product to perform certain specified jobs has to be designed, developed and produced. A specified list of product demands can be set up based on the outcome of the first phase. Meanwhile, the interaction between human and machine can be designed (see paragraph 1.3).

The first goal puts the emphasis on working conditions by analysing the activities in the construction process. This implies a continuous contact with the target group to determine their needs with regard to the system and the changes in the construction process. The second process is even more complicated because of the many interest of involved parties [De Jong, 1997]. Not only are many parties involved at the production (supplier building materials, construction company, branch organisation) but at the purchase another three groups can be defined.

The purchase of a product (implementation) is decided by those responsible for (1) paying, (2) deciding and (3) using. The next chapter will focus on the differences as described above by modelling the described processes.

3 Differences between industries

3.1 Comparison of industries

Table 1 shows the differences in starting points of the three types of organisations. These differences give us an idea of the causes of the varieties in the outcome of the development processes.

Table 1 Differences in starting points of the organisations.

STARTING POINTS	CONSTRUCTION COMPANY	SUPPLYING INDUSTRY	INDUSTRIAL ORGANISATION
problem initiation	by project	by market	by market
goals	control time and costs	improve sales of supplies	reduction physical strain of worker
expectation of result	solving problem of project execution	as strategy plan of company	as strategy plan of company
selecting solution	by project manager or site manager	by construction company	by construction company
accepting solution	ordered by project manager	convincing management of construction company	providing well-performing solutions for all employees of construction company
further development	construction company/ machine production company	machine production company (i.e. industrial organisation)	industrial organisation

The starting points of the supplying industry and the industrial organisation agree for a large part, but the construction company shows large differences. In the next paragraph we will give an explanation for these differences by modelling the development processes of the three organisations.

3.2 Development model

To shed some light on the nature of development processes we propose to use a model of the integrated product development by Andreasen and Hein [1987] in figure 5. This model separates three main development flows namely market, product and production visualized by the three horizontal arrows. Though the figure implicates a linear process, it is in fact highly iterative and cyclic which is emphasized by the authors. The development starts with the recognition of a need by the construction company or the workers, which is the basis for the measurement of the physical strain. The three development flows have five similar phases, namely (1) investigation of need, (2) product principle, (3) product design, (4) product preparation and finally (5) the execution. The phases are depicted as the columns in the figure.

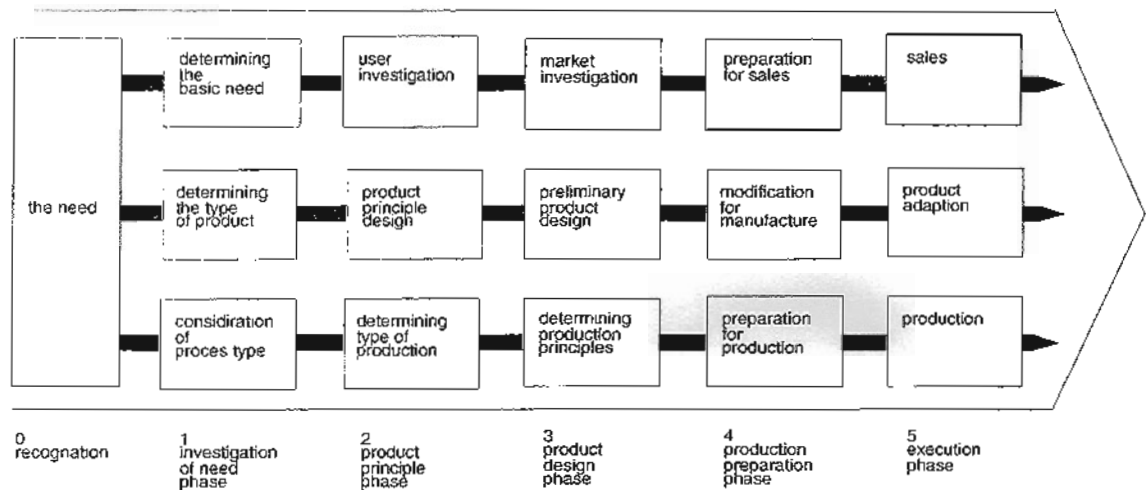


Figure 5 Model of the integrated product development.

If we translate this model to the situation where human-machine systems on construction sites are developed, we can determine the outcome of each phase.

1.
The first phase contains the measurements and evaluation of the physical strain of the worker. With the product specifications a scheme of a human-machine technology can be made. The outcome of this phase is the determination of a basic need of the target group, combined with the knowledge of possibilities to solve the need.

2.
The second phase has a problem-solving character and defines product principles of human-machine interaction and technical construction. This gives an idea of the production process of the product and the competition possibilities with other similar products.

3.
The third phase concludes a market-research with results of areas and their size. The detailed product design gives information of its technical and economical functioning.

4 and 5.

The fourth phase is preparation of sales and production, followed by the fifth phase as an evaluation of the theories of the fourth phase. These last two phases are strictly not product development but are an integrated part of the development process.

The model of the integrated product development gives a theoretical background of the process of development and can be used to explain the differences between development processes of industrial development organisations and those of the supplying industry and construction companies.

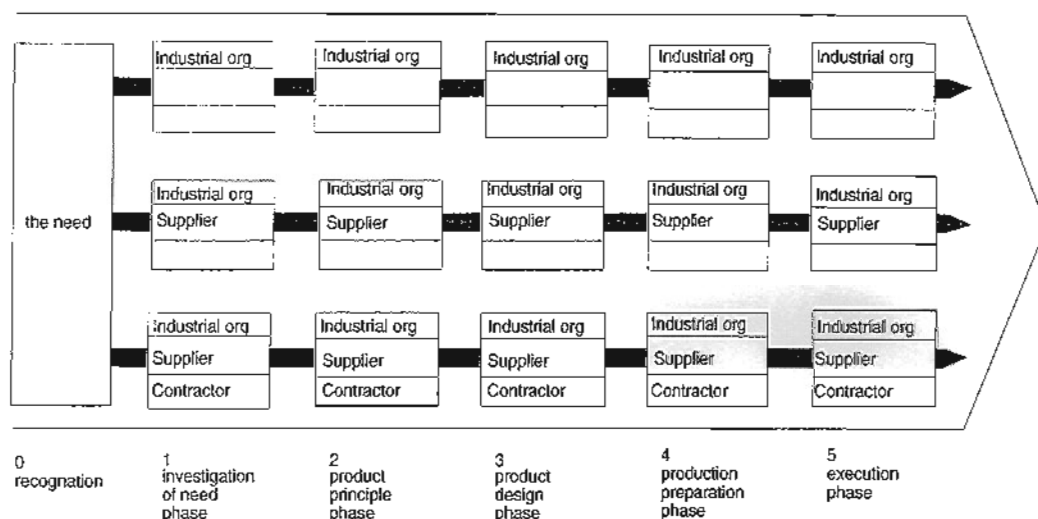


Figure 6 Developments processes of the three types of organisations.

3.3 Conclusion

The types of the development processes of the three organisations differ. Figure 6 shows the development processes of the three types of organisations discussed in this paper. We have strongly generalized the situations since it is not possible to show detailed information of such a large group of organisations. Therefore, the figure should be seen as a caricature which emphasizes extreme characteristic features and has no specialized function.

The construction company only carries out part of the process which explains the reduced impact of the result of the process. The supplying industry and industrial development organisation have more general goals in mind and intend to develop human-machine systems that serve a larger market and therefore have more opportunities to be used in many different situations. The supplying industry though, has a more narrow focus than the industrial developer, since it focuses on processing specific materials. The industrial organisation aims to improve working conditions and to reduce physical strain. Therefore, it has to focus on the needs of the entire market from the start of the development process.

Accordingly, if the all phases of the model are passed through by all industries, the results of the development processes have more in common. On the other hand, the goal of the construction company might be to develop a solution for a single situation. The consequences of choosing specific starting points have to be made clear at the beginning of the process, to avoid disappointing results of the development process.

References

- M.M. Andreasen and Hein, L., 1987. Integrated product development. IFS, Bedford.
- J. Eekels and W.A. Poelman, 1995. Industriële productontwikkeling; deel 2 Methodologie. Uitgeverij Lemma, Utrecht, (NL).
- F.J.M. van Gassel, 1995. Mechanisatie op de bouwplaats. Collegediktaat Eindhoven University of Technology, (NL).
- A.M. de Jong, 1997. The process of implementing ergonomic innovations at building sites. In: Proceedings of the 13th Triennial Congress of the Int. Ergonomics Association, June 29-July 4, Tampere, Finland, Vol. 6, pp. 84-87.
- E. Leijten, 1996. Plaatsbepaling, verslag van de eerste fase van het onderzoek: "Bewaken van samenhang tussen aspecten van het bouwkundig uitvoeringsplan". Internal report, Eindhoven University of Technology (NL)
- E. Vastert, 1994. Uitvoeringstechniek 2; Ontwerpen van de uitvoering. Collegediktaat, Eindhoven University of Technology (NL)



5 RELATIES

5.1 THEMA'S ONDERZOEKSCHOOL BOUW

De Onderzoekschool Bouw kent een aantal aandachtsgebieden en onderverdeling naar thema's. Deze thema's worden in relatie gebracht met de onderzoekgebieden. Deze relaties zijn in tabel 5.1 weergegeven.

Tabel 5.1 Relaties aandachtsgebieden en thema's.

Aandachtsgebieden	Onderzoekgebieden:	1	2	3	4	5	6	7	8
	1. Materiaal/bouwdelen 2. Gebouwen 3. Afval 4. Informatiestromen 5. Arbeid 6. Materieel 7. Organisatie bouwproces 8. Organisatie technologische ontwikkeling								
	Thema's:								
Voortbrenging	Management				■				■
	Informatietechnologie				■				
	Productie en robotisering	■	■	■	■	■	■	■	■
Ontwerpen en construeren	Belastingen en veiligheid								
	Modelleren van constructiegedrag								
	Optimalisatie van materiaal toepassingen	■							
	Duurzaamheid en milieu			■					
	Bouwconstructief ontwerpen en productontwikkeling	■	■						
	Bouwfysica en installatietechniek	■							
Grondslagen en Materialen	Numerieke mechanica en materiaalmodellering								
	Fysisch-chemische grondslagen van bouwmaterialen	■							
	Vermoeing en breukmechanica								

5.2 WORKSHOP ‘ARBEID EN GEZONDHEID IN DE BOUW’

In april 1996 is er ook een workshop “Arbeid en gezondheid in de bouw” georganiseerd. De onderzoekagenda van deze workshop kent volgens de proceedings de volgende onderzoeklijnen [Schaefer]:

- Onderzoek naar de relaties tussen bouwproductiesystemen en onze landelijke klimaatcondities.
- Onderzoek naar de relaties tussen bouwproductiesystemen en de fysieke capaciteiten van bouwplaatspersoneel.
- Onderzoek naar de relaties tussen de chemische samenstelling van bouwmaterialen en de gezondheid van bouwplaatspersoneel.
- Onderzoek naar essentie van de veiligheidscultuur bij bouwbedrijven.
- Onderzoek naar risico management bij bouwbedrijven.

Deze onderzoeklijnen sluiten in grote lijnen aan bij het onderzoekgebied “Relaties tussen arbeid en productiesystemen”.

5.3 BOUWWIJS

In een gezamenlijke studie van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) en de Bond voor Materialenkennis (BvM) is een toekomstbeeld van de woning- en utiliteitsbouw in 2015 geschetst.

Een aandachtspunt van deze studie is montage op de bouwplaats. Men komt tot de conclusie dat op de toekomstige bouwplaats niet alleen wordt gemonteerd, maar ook wordt gedemonteerd en ‘gehermonteerd’. Hierbij speelt de verbinding tussen de bouwdelen een belangrijke rol. Twee visies zijn in de studie ontwikkeld die aangeven hoe deze verbindingsproblematiek kan worden opgelost. [Venemans]

Deze ontwikkelingen sluiten aan bij het onderzoekgebied ‘Relaties tussen bouwdelen en productiesystemen’.

5.4 CIB TG27

Onder auspiciën van het CIB is in het voorjaar van 1997 een Taskgroup TG27 opgericht met de naam “Human-Machine technologies for Construction Sites. De doelstellingen en de aandachtsgebieden van deze Taskgroup is in bijlage D verder beschreven.

Voor de periode 1997 - 1998 heeft de TG27 drie studies gestart:

1. Het maken van een “International Status Report” met betrekking tot het aandachtsgebied van de TG.
2. Het maken van een “Best Practice Report”, met de stand van zaken met betrekking tot “Tool Handling Systems”.
3. Het verrichten van een “Bench Marking Study on Technologies for Transportation Materials”.

5.5 CIB W99

De CIB werkgroep ‘Safety and Health on Construction Sites” W99 is bezig met een studie naar toekomstige ontwikkelingen op het gebied van veiligheid in de bouw. In 1999 worden op een internationaal congres op Hawaï de resultaten gepresenteerd. Zie voor verder informatie over deze werkgroep bijlage E.

LITERATUUR

Maas, Vissers, Collegedictaat Uitvoeringstechniek 2, Technische Universiteit Eindhoven.

Schaefer, Maas, 1996, Arbeid en gezondheid in de bouw, Onderzoekschool Bouw, Delft.

Hafmans, Ontwikkelen moet meer vanuit marktbehoeften, Bedrijfskundig vakblad, december 1993.

Venemans, A, 1997, Bouwwijs, materialen en methoden voor toekomstige gebouwen. SST59, Delwel.



BIJLAGEN



Bijlage A

Deelnemers Workshop

Mevr. M. Schreuder
UCB
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Ir R.P. Krom
TNO-Bouw

Prof ir G.J. Maas
UCB
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Drs H. F. van der Molen
Arbouw

Prof ir J. Witteveen
Onderzoekschool Bouw

Mevr. ir J.W. van Rhijn
NIA TNO

Mevr. ir A.M. de Jong
Onderzoekschool Bouw

F. van der Heijden
Beamix Mortel Producten BV

Dr ir W.F. Schaefer
UCB
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Ir J. Riezebos
CVK Kalkzandsteen

Ir M.M.J. Vissers
UCB
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Ir B. Verboom
Redland Dakproducten
Productontwikkeling

Ir F.J.M van Gassel
UCB
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Ir P.M.J. van Swieten
Technische Universiteit Delft
Faculteit Bouwkunde
Architectenburo Van Swieten

Ir R. van Zutphen
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde, Calibre

Ing. A.F. Kool

Ir R.M.S van der Marck
Hollandsche Beton- en Waterbouw BV

G.P.M. Hendriks
Wilma Materieeldienst

G.M. Hertgers
Strukton Groep NV

P. Verspuij
Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde

Ir J. Wemer
Volker Stevin Speurwerk en
Ontwikkeling



Bijlage B

OPDRACHT SESSIE A

- Inventariseer afzonderlijk een aantal bestaande voorbeelden van mechanisatie en robotisatie die u kent.
- Schrijf die voorbeelden op gele velletjes.
- Cluster als groep de voorbeelden en maak er kopjes bij op de paarse velletjes.
- Plak het resultaat op de kartonnen vellen.

OPDRACHT SESSIE B

- Kies een voorbeeld of een kopje uit het resultaat van sessie A.
- Inventariseer per voorbeeld:
 - sterke punten
 - zwakke punten
 - bedreigingen in de markt
 - kansen in de markt

Schrijf de resultaten op een gele velletjes.

Bij voldoende tijd kunnen meerdere voorbeelden worden genomen.

- Plak het resultaat op de kartonnen vellen.
- Kies iemand uit de groep die het resultaat plenair zal presenteren
- Bereid de presentatie voor:
 - resultaat inventarisatie voorbeelden
 - resultaat:
 - zwakke en sterke punten
 - kansen en bedreigingen in de markt

OPDRACHT SESSIE C

- Inventariseer afzonderlijk problemen rond het mechaniseren en robotiseren van bouwproductieprocessen
- Schrijf die problemen op gele velletjes.
- Cluster als groep de problemen en maak er kopjes bij op de paarse velletjes.
- Plak het resultaat op de kartonnen vellen.
- Kies iemand uit de groep die het resultaat plenair zal presenteren
- Bereid de presentatie voor:
 - resultaat verzameling problemen

OPDRACHT SESSIE D

- Bestudeer de geïnventariseerde problemen van alle groepen uit de vorige sessie.
- Bedenk afzonderlijk een aantal onderzoeksvragen om die problemen op te lossen.
- Schrijf die onderzoeksvragen op gele velletjes.
- Cluster als groep de onderzoeksvragen en maak er kopjes bij op de paarse velletjes.
- Plak het resultaat op de kartonnen vellen.
- Kies iemand uit de groep die het resultaat plenair zal presenteren
- Bereid de presentatie voor:
 - resultaat verzameling onderzoeksvragen

Bijlage C

Resultaat Sessie A

Groep 1 Voorbeelden

Gereedschap	Machines (geen energetische inspanning nodig)	Intelligente robots	Beheersing	Prefab
tbv zagen	blokken plaatsen	loopboor	automatisch calanderen	prefab metselwerk machine
verfspuit	speciepomp	Tunnel Boor Machine	total station	
tbv boren	vliedermachine	muis t.b.v trekken draden		
stuc spuitmachine	Machine om pakketten dakpannen op dak te plaatsen	Smart		
nietmachines spijkermachines schroefmachines lijmapparaten	lopende tunnelkist	lasrobot		
	kraan in systeem			

Groep 2 Voorbeelden

Transport	Besturing	Positioneren	Monteren Bewerken	Bewerking	Nieuwe methode materiaal
mobiele kraan	Smart	manipulatoren (tilhulpen)	elektrische schroevendraaier	spuitrobots	spuiten van brandweren- de lagen
liften	automatiseren van heistellingen	kraan blokken steller	poptang	lasrobot	gietvloeren
betonpomp	automatiseren van kraan	bestratingsmachi- nes	elektrisch handgereed- schap	metselrobot	
verblazen van cement en stuc- mortel	positioneringsappara- tuur shovels	gevel elementen plaatser	vlechthulpmid- del	verfrobot	
glaszethulpmid- delen	Last positioneren aan kraan	lasrobot	lijmspuit bakstenen	loopboor	
opkar				afbouwrobot tunnel	
zelfrijdende kar				ondergrondwer- ken	

Groep 3 Voorbeelden

Versnellen proces	Verbeteren kwaliteit product	Verlichten proces (arbo)	
kalkzandsteen lijmbak	systemen om geprefabriceerde droge mortelproducten te leveren	kalkzandstenen-lem	shovel
Capsy (plaat positioneer systeem)	voegen met pintmaster	speciepomp met pistool	vlechttang t.b.v. betonstaal
Snoerloos gereedschap	verdichter van metselvoegen	hydraulische heipalenkraker	manipulators
bekistingssystemen	machines voor het metselen van prefab gevels	pannenlift	elektrisch lier
hefplatform	vliedermachines betonvloeren	glasrekken/kar	luchtkussens
knipmachines zaagmachines snijmachines buigmachines	overdekte verwarmde steigers	verfinspectierobot	voetlift oplichten van gipsplaten
betonpomp met verdeelsysteem	trilnaald	opkar	gevelridder glaszetters
maatvoeren met lasers	automatisch op hoogte afwerken van vloeren/grond	metseltafel	bestratingsrobot
Vernijkers en steenpallets		rioolrenovatie-robot	gietvloeren
automatisch tekenen betonwanden voor elke dagproductie		mechanisch aanbrengen stucwerk	
afstandsbediening kranen/liften		loopkar voor glasplaten	
hulpmiddel plaatsen meerdere kanaalplaatvloeren		panelenwagen	

Groep 4 Voorbeelden

Product gebonden transport	Product ongebonden transport	Afstandsbediening	Zelfstandig werkende machines	Werkplaats machines	Maatvoering	?
betonpomp met manipulator	bouwkraan	tunnelboormachine	Kimmen stel machine	buigbank betonstaal	laserwaterpas	snelsteiger
apparatuur voor het transport van droge mortel op de bouwplaats	bouwlift	TBM manipulator	metselrobot	baksteenvormmachine	Capsy	schroefstempel
Silo's voor het transport van droge mortel naar de bouwplaats	kruiwagen	Kraanbesturing 10 tonmeter	tegelrobot	palletiseerrijsrichting voor stenen en blokken		schaarlift bekistingsdelen
hijsvoorziening voor het verticaal transport van dakpannen	autolaadkraan	trilmachine	boorrobot	machine voor het maken van HSB elementen		zandstraalmachine
trilnaald	kooiaap	grondboormachine	rioleringsinspectierobot	machine voor het metselen van prefab wanden		avegaar
Steimachine voor kalkzandsteen elementen	verreiker		plaatverwerkingsmachines	velling frees		lijmmortel mixer
sputmachine voor stucwerk	hefsteiger		vlindermachine	programmeerbare houtbewerkingsmachines		lijmbak lijmschep
vacuumgrepen voor glas	Hijsloods		rioleringsreparatie	nietmachine lijmpistool luchthamer		
	graafmachines					

Resultaat sessie B

Groep 1 Tunnelboor

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Vol continue productie	Grote investeringen per project	Grote lengtes	Markt mechanisme
Kortere bouwtijd	Kosten intensief	Strategisch voordeel bouwbedrijf	Gebrek aan standaardisatie
Geen open sleuf	Kennis intensief	Specifiek toepassingsgebied	
	Kans op falen		
	Storingsgevoelig		

Groep 1 Vlindermachine

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Geen inspanning	Aanloop en afloop langdurig	Sneller bouwen	Kleinschaligheid
Productiviteit hoger	Investering noodzakelijk	Klantgericht bouwen	Gietvloer
Betere arbeidsomstandigheden	Hoeken en randen onbereikbaar	Open bouwen	Perfect gladde vloer
Hogere constante kwaliteit		Strenge arbeidsregels	
		Arbeidstekort opvangen	
		Civiele bouw viaducten, bruggen	
		Industrie bouw	

Groep 2 *Lijmspuit t.b.v. baksteen*

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Reductie fysieke belasting	Duur	Milieu: afvalscheiding?	Afleveren gecertificeerd product
Materiaal kwaliteit omhoog	Oppervlak steen: hoge eis	Traditionele consument	Vormvrijheid/structuur
Voegen niet nodig	Vormvastheid steen hoge eis		

Groep 2 *Smart systeem (robotisering op grote schaal)*

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Just in time (JIT)	Koster groter dan traditionele bouw	Huidige infrastructuur in Nederland	Arbeidskrapte
Zonder arbeid	Beperkt in geometrie Complexiteit	Trend: geen eenvormigheid	Gecertificeerd product
Arbeid op hoger niveau (status)	Hoge eisen materiaal en vorm	Mentaliteit in Nederland	
	Kritische logistiek		

Groep 3 *Lijmen van metselsteen*

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Wellicht duurder	Sterkere constructie en minder ankers	Extra mogelijkheden in architectuur en esthetica	Traditioneel metselwerk
Lastiger maatvoeren	Productieproces eenvoudiger (minder bewerkingen)	Aanvullende constructie mogelijkheden	Onvoldoende acceptatie
Nog niet uit ontwikkeld	Niet hoeven voegen		

Groep 3 *Drillfix (betonstaalvlechter)*

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Niet voor alle vlechtwerk geschikt	Productiviteits verhoging	Lagere kostprijs	Afnemende aantal losse bindingen in het werk
Storingsgevoelig	Vermindering fysieke belasting van de vlechter	Vermindering ziekte verzuim	Toenemend gepuntlaste (prefab) netten.
Vlecht draad nietjes zijn duur	Binding wordt beter	Grote vloervlakken met hoge repetitie in het vlechtwerk	
Lastige handeling	Minder bindingen		
Aanschafprijs schrikt af			

Groep 4 Boorrobot

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Fysiek belasting lager	Dure gaten	Vereenvoudigde en goedkopere methode ontstaat voor het leggen van rails	Rails vastzet constructie te divers
Nauwkeurige maatvoering	Niet in wapening boren	Capsy is door ontwikkeld	
Geluidsbelasting omlaag	Maatgegevens moeten verwerkt worden		

Groep 4 Kalkzandsteen steller

Sterke punten	Zwakke punten	Kansen op de markt	Bedreigingen op de markt
Fysieke belasting omlaag	Extra kraan nodig om de steller verticaal te verplaatsen	Huidige project grootte ideaal	Flexibel bekistingssysteem
Productiviteit omhoog	Gewicht kraan beperkt door beperkte vloerbelasting	CAD gestuurde zaag machine	Bij muren in bedrijfshallen de laatste blokken niet te plaatsen
Horizontale beweging onafhankelijk van de verticale beweging te maken	Opstellingsruimte nodig	Stellen van kalkzandsteen blokken moeilijk te robotiseren	
	Laatste steen in een binnenwand niet te plaatsen		

Resultaat sessie C

Groep 1

Technische problemen	Economische problemen	Culturele Structuur bouwbranche	
Complexe productieprocessen op de bouwplaats	Wie betaalt de ontwikkelingen	Industrie levert producten en bouwdelen	
Maatkwaliteit	Wat is de productiviteitsverhoging bij mechaniseren en robotiseren	Inkoopbeleid aannemer Korte termijn winst	
Geen strategische R&D van de aannemer		Acceptatie nieuwe producten	
Globaal maatvoeren van de architect		Gefragmenteerd bouwproces.	
Vele soorten knopen			
Gebrek aan design for construction			

Bij het mechaniseren en robotiseren van een taak blijft dit niet beperkt tot de basistaak maar heeft dit ook uitwerking naar de beheersingsprocessen. Maak het productieproces op de bouwplaats minder complex door meer in de fabriek te produceren. Mechaniseren en robotiseren is daar eenvoudiger.

Groep 2

Kwaliteit van de arbeid	Omgeving	Cultuur	Relatie met product	Innovatie-proces	Organisatie van het bouwproces
Vakmanschap verloren	Weersinvloeden Storingen (Geen controle op de omgeving)	Schisma tussen 'helpers' en 'planners'	Productontwikkeling en procesontwikkeling gescheiden	Te vroeg naar oplossingen zoeken	Huidige structuur hoofdaannemers en onderaannemers
Weerstand in verband met werkgelegenheid	Verplaats equipment in plaats van het product		Toelevering iedere keer anders	Overslaan functionele specificatie	Info tekening is informatie over product en geen procesinformatie
Nieuwe problemen (andere fysieke belasting, minder taakinhoud, resttaak)	Doorgangen			Grenzen vastleggen (randvoorwaarden/criteria)	Infrastructuur en mensen verdwijnen na afloop
Geen info over grond	Verschillend verdiepingen			Alles wat je koopt checken op functie specificatie	Raakvlakken met andere disciplines (bij kleine innovaties)
				Communicatie (zelfde kader kweken)	Geen procesinformatie veel bronnen
				Doel vastleggen. neven doelen/risico's.	kwaliteit omlaag in hoofdenm
				Betrekken van alle partijen	Informatie overdracht
					Elk werk is anders

Groep 3

Maatschappelijke consequenties	Consumenten consequenties	Periferie van mechanisatie en robotisatie
Sociaal economisch stelsel	Acceptatie nieuw niet-traditioneel product	Inpassing in omgeving
Doorberekening van sociale premiekosten naar beroepsgroep moet plaatsvinden voordat de kosten van mechanisatie in het product worden doorberekend	Mechanisatie leidt vaak tot standaard product. Consument/ontwerper prefereert lage graad van standaardisatie.	Productietechnische infrastructuur
Minder fysieke belasting	Producten niet ontworpen voor mechanisatie en robotisatie. Ander ontwerpisen	Rationalisatie van de werkvoorbereiding
Meer stress	Investeringen	Equipmentbeheer op de bouwplaats. Onderhoud en gebruik
Nieuwe bouwplaats beroepen, huidige beroepen verdwijnen	Mechaniseren en robotiseren vereisen een minimale 'schaalgrootte' (productievolume)	Veiligheid in verband met bewegende delen
HOGere eisen aan bediening en onderhoud	Gebrek aan flexibiliteit	Planning werkvoorbereiding noodzaak bij mechaniseren en robotiseren
Verdwijnen vakmanschap		Meer robotiseren door prefabricage Dus bij woningbouw ruwbouw los van de rest.
Opleiding en motivatie van de nieuwe bouwvakker		
Bouwopleiding zijn traditioneel. Omscholing problematisch		
Beroepsvorming		

Groep 4

Economie	Kennis	Bouwproces Organisatie	Omgeving	Psychologie
Economisch niet interessant	Gebrek aan kennis over robots in de bouw	Afschuiven op onderaannemers	Robuustheid robots te fragiel	Weerstand personeel op de bouwplaats
Te kleine markt	Gebrek aan kennis bij robotici	Geen koppeling ontwerp-uitvoering	Mobilisatie op werkplaats is slecht	Slechte ervaringen bij robotiseren
Geen geld voor noodzakelijke research	Te complexe taak	Werkvoorbereiding te chaotisch	Te veel verschillen in omgeving	Weerstand tegen automatiseren
Korte termijn denken voor een werk	Te veel experiment	Grote verscheidenheid aan werk	Robot kwetsbaar in bouwproces	Maatschappelijke weerstand (robot)
	Geen intelligentie bij de robots	Schaal bedrijven te klein		Angst voor uitvallen
		Opdeling van het bouwproces		

Resultaat Sessie D

Groep 1

Technologie toepassen	Organisatie	Technische wensen
Afstandsbesturing Chips	Hoe krijg je alle neuzen in één richting	Automatisch gaten boren en dichten in bekisting
Wat leren van ander vakgebieden	Waar ligt de acceptatie	Op welke manier kunnen voorzieningen in bekistingen worden bevestigd
	Organisatie alle partijen verschuiving naar werkplaats	Klein vuil afvoer
	Welke cultuuromslag is nodig als je automatisch bouwt	In een gang werken en meten
	Vertalen product in procesinfo (hoe richt je uitvoering zo in dat automatisering mogelijk is)	
	Innovatiemethode: proces product randvoorwaarden/criteria	
	Meten kosten en baten	

Groep 2

Welke robots zijn er en wat kunnen ze?	Welke mechanisme leiden tot een beperkte keuze voor een bepaalde mate van fabricage	Operationele doelen stellen: Formuleer targets 30% sneller 30% minder energie 50% minder afval geen vuile handen op bouwdeelniveau en op gebouwniveau
Wat zijn de sterke punten van een robot		
Robot toepassen in ontwerp fase		

Groep 3

Korte termijn	Lange termijn Organisatorisch	Lange termijn Technisch
Arbo problemen oplossen van stof, lawaai, tillen etc	Wat zijn de nieuwe arbo risico's na mechaniseren en robotiseren	Standaardiseren en vereenvoudigen van knopen
Ontwikkelen kleinschalig gereedschap	Welke scenario's zijn in de bouw mogelijk	Ontwikkelen van geschikte programmatuur
Demontage materieel ontwikkelen	Hoe een huis bouwen met een vast team met specifiek materieel	Bouwen zonder maatvoering op de bouwplaats
	Succesvolle technologieën buiten de bouw voor de bouw herontwikkelen	Integraal maatsysteem ontwikkelen
		Wat zijn de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van machines op de bouwplaats: ergonomisch, robuustheid, veiligheid, toepasbaarheid

Groep 4

Robotiseren in de fabriek Assembleren op de bouwplaats
Welke processen laten zich verplaatsen van bouwplaats naar fabriek
Waarom zijn oudere robotiseringsprojecten mislukt
Welke vragen moet een toeleverancier stellen om eigen mechanisatie te bevorderen? (Aannemer heeft een knopenboek)
Hoe laat de ontwerper zich motiveren om meer aan Design for Production te doen.
Hoe kun je robotiseren zonder dat dit ten koste gaat aan flexibiliteit
Wat moeten we doen om Construction for Design mogelijk te maken (In de uitvoerende en toeleverende branche)

Samenvattend alle groepen

- Technische wensen
- Technische mogelijkheden
- Organisatie bouw
- Organisatie innovatie.

Bijlage D

CIB TG27 version 25 september 1997

Title	Human-Machine Technologies for Construction Sites
Coordinator	Prof ir Ger Maas Eindhoven University of Technology Faculty of Building and Architecture Department Construction Engineering and Management Netherlands
Secretary	Ir Frans van Gassel Eindhoven University of Technology Faculty of Building and Architecture Department Construction Engineering and Management Postbus 513 NL 5600 MB Eindhoven, Netherlands Telephone: +31 (0)40 247 40 77 Fax: +31 (0)40 243 42 48 E-mail: F.J.M.v.Gassel@bwk.tue.nl
Objectives & Scope	<p>In the scope of this Task group the emphasis is on the application of technolised processes on construction sites and includes both the input factors: materials, humans, machines and information and the output factors: buildings and waste.</p> <div data-bbox="582 1294 1225 1668" data-label="Diagram"> <p style="text-align: right; font-size: small;">[Poortman, 1996]</p> </div> <p>Within the indicated scope, the task group's objectives are to stimulate and facilitate international information exchange and collaboration between experts who are working in the area of industrial technologies for construction sites, the application of which is aimed at:</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoiding hazardous work, - improving the quality of work, - shortening production time, - improving productivity and/or - sparing the environment. <p>TG27 strives for establishing an official relationship with IAARC.</p>

Work Programme	<p>The defined projects for the period 1997 - 1999 are:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Project 1 To make an International Status Report, which will include: i) the different applied technologies per country or culture and ii) the institutes with their research programmes in the respective area. Coordinators are: Prof. ir Ger Maas, ir Frans van Gassel, Eindhoven University of Technology, The Netherlands. - Project 2 To make an International Best Practice Report, with an analyses of how far Tool Handling Systems have been developed. Coordinator: Mr. Denis Chamberlain, City University, London UK. - Project 3 To do a Bench Marking Study on Technologies for Transportation of Construction Materials Coordinator: Mr. Robert Wing, Imperial College of Science, London, UK.
Meetings	<p>After ISARC15 (30 March and 1 April 1998) in Munich. In this week also the BAUMA 98 is held.</p>
Publications	<p>Preparing Proceedings workshop april 1997 in Eindhoven Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> - structure and results workshop - work programme - related papers - members Task Group with their research institutes
Home Page	<p>http://www.tue.nl/tg/</p>
Relations	<ul style="list-style-type: none"> - W99 Safety and Health on Construction Sites - International Association for Automation and Robotics in Construction IAARC - International Symposium for Automation and Robotics ISARC - W24 Open Industrialization in Building - TG16 Best Practice for Sustainable Construction
Titled Members	<p>Prof ir Ger Maas, coordinator, Eindhoven University of Technology, Netherlands ir Frans van Gassel, chair, Eindhoven University of Technology, Netherlands</p>
Members	<p>Ir Annelise M. de Jong, Netherlands School for Advanced Studies in Construction, Netherlands Denis Chamberlain, City University, London, United Kingdom Hanu Koski, Msc Tech, VTT Building Technology, Tampere, Finland Univ - Prof Dr-Ing Rainer Schach, Technische Universität Dresden, Germany Dr Robert Wing, Imperial College of Science, London, United Kingdom Prof Dr-Ing/Univ Tokio Thomas Bock, Karlsruhe University, Germany Prof Dr-Ing. Wolfgang Poppy, Otto-von-Guricke-Universität, Magdeburg, Germany Univ-Prof Dr-Ing Manfred Helmus, Bergische Universität, Wuppertal, Germany Prof Dr.Gerhard Schmitt, ETH Zürich, Switzerland Prof Dr-Ing habil Günther Kunze, Technische Universität Dresden, Germany Joergen Nielsen, Danish Building Research Institute, Denmark Dr Ronnie Navon, Technion, Israel Carl Haas, PE, PhD, University of Texas at Austin, United States of America Ir Ronald Krom, TNO Bouw, Delft, Netherlands ir F.J.M. Scheublin, HBG, Netherlands Dr A.D.F. Price, Loughborough University, United Kingdom Prof Dr B. Norton, University of Ulster at Jordanstown, Northern Ireland Mr L. Mao, Architecture & Building Research Institute, Taipei, China Mr J.R. Crawford, CSIRO, Highett, Australia Dr Y. Rosenfeld, Israel Institute of Technologie, Israel</p>
CIB PC Liaison	<p>Ir J.J. de Bruijn, SBR - Foundation for Building Research, The Netherlands</p>
External Liaison CIB with IAARC	<p>Mr. Hanno Koski, Msc Tech, VTT, Finland</p>

Bijlage E

W099

Title	Safety and Health on Construction Sites
Coordinator(s)	Dr. Rick Coble, University of Florida, USA
Objectives & Scope	The Commission is committed to the advancement of safety and health of construction workers. The tools necessary to accomplish this end include designing, preplanning, training, management commitment and the development of a safety culture. A country's involvement with construction safety is influenced by factors like: varying labour forces, shifting economies, insurance rates, legal ramifications and technological development.
Work Programme	The Commission has the following project: -- Study on Future Trends in Construction Safety The intention of W99 is to publish an Annual W99 report based on the papers on Safety and Health on Construction Sites that are presented and discussed during its Commission Meetings and International Conferences.
Meetings	-- 1995 11-12 May - Amsterdam, Netherlands. Commission Meeting -- 1996 14-16 February - Melbourne, Australia: Joint Meetings of the following Task Groups and Commissions. TG08, TG16, W72, W82 and W99 -- 1996 4-7 September - Lisbon, Portugal. 1st International Conference on Implementation of Safety on Construction Sites -- 1996 24 October - Beijing, China. Commission Meeting -- 1997 21-23 March - Gainesville, Florida, USA. Commission Meeting -- 1997 7-11 October - Cape Town, South Africa. Conference and Commission Meeting -- 1998 9-11 June - Gävle, Sweden. Commission Meeting -- 1998 15 June - Lisbon, Portugal. Commission Meeting -- 1999 24-27 March - Hawaii. 2nd International Conference on Safety and Health on Construction Sites
Publications	-- CIB Publication 187. "Construction Safety & Health On-Site - International State Of The Art Reports". 1996 ISBN 1-886431-04-3 -- "Implementation of Safety and Health on Construction Sites". Proceedings of the first International W99 Conference in Lisbon, Portugal, 1996. (Published by A.A. Balkema) ISBN 90-5410-847-9
	<u>Titled Members</u>
	<u>Members</u>

