

# Samenvatting symposium IFD Bouwen In Japan, Amerika en Europa

**Citation for published version (APA):**

Roders, M. J., & Gassel, van, F. J. M. (Ed.) (2004). *Samenvatting symposium IFD Bouwen In Japan, Amerika en Europa*. Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Published: 01/01/2004

**Document Version:**

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

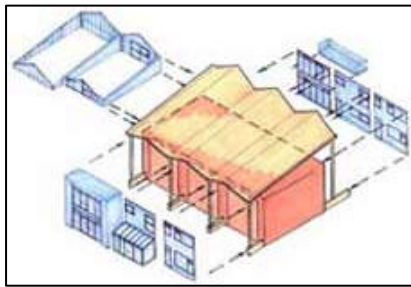
[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Samenvatting symposium:

# IFD BOUWEN

In Japan, Amerika en Europa



Onderdeel van  
ISARC2003,

TU Eindhoven  
23 september 2003

Deze reader is  
samengesteld door:  
M.J. Roders

Onder redactie van:  
Ir. F.J.M. van Gassel

Oktober 2003



## **1. INTRODUCTIE**

IFD Bouwen staat voor Industrieel, Flexibel en Demontabel bouwen. Deze wijze van bouwen is een geïntegreerde benadering van ontwerpen en bouwen, waarbij tijdens het ontwerpen al zeer goed nagedacht wordt over hoe het ontworpen onderdeel daadwerkelijk gemaakt moet worden. Daarbij houdt men rekening met mogelijkheden voor veranderingen aan gebouwen, door ze zoveel mogelijk samen te stellen uit industrieel vervaardigde en te demonteren bouwcomponenten. Flexibele gebouwen of woningen kunnen relatief eenvoudig aangepast worden wanneer eisen veranderen. Zodoende sluiten ze beter aan op de wensen van gebruikers en bewoners, waardoor de levensduur van het gebouw als geheel verlengd wordt; IFD bouwen is dus ook bouwen met duurzaamheid. (SEV 2002)

Het programma IFD Bouwen is opgezet om het toepassen van IFD maatregelen in de bouwpraktijk te bevorderen. Het is een gezamenlijk initiatief van de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en Economische Zaken (EZ). De Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV) coördineert het programma.

Niet alleen in Nederland onderzoekt en experimenteert men met de IFD bouwwijze. Ook in Japan, Amerika en andere landen in Europa heeft deze methode de aandacht gekregen. Het symposium, dat onderdeel is van het 20e internationale ISARC-congres, heeft inzicht gegeven in de IFD projecten die in andere landen lopen, of reeds zijn uitgevoerd. Er zijn zeven sprekers aan het woord gekomen, die hebben gezorgd voor een zeer interessante en gevarieerde dag, die middels dit verslag samengevat zal worden.

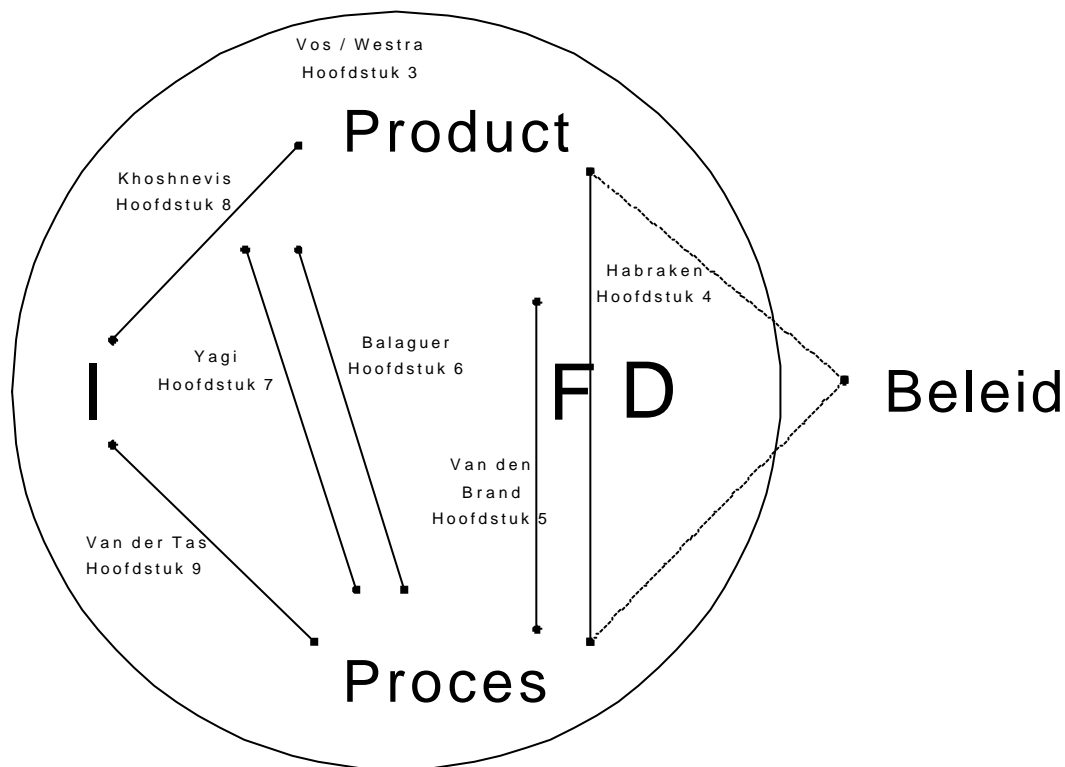
## 2. KADER

Het thema “IFD-bouwen” is door de sprekers op uiteenlopende wijze ingevuld. In het onderstaande schema is aangegeven op welk gebied de zwaartepunten lagen.

Wat opvalt, is dat de thema’s flexibel en demontabel (letters F en D) zeer dicht bij elkaar staan. De sprekers op dit symposium hebben vooral gekozen voor een industriële, flexibele, of integrale onderzoeksbenadering, waarbij demonteerbaarheid automatisch is meegenomen. Er zijn hiervoor geen speciale theorieën ontwikkeld.

Verder kan er binnen de onderzoeken onderscheid gemaakt kan worden tussen enerzijds productontwikkeling, met in de meeste gevallen als resultaat een gebouw en anderzijds procesontwikkeling, waarbij de totstandkoming van het gebouw centraal staat.

Tenslotte wordt er door Habraken een uitstap gemaakt naar de omgeving van het bouwen, waarbij hij de huidige relaties tussen alle bij de bouw betrokken instanties bekijkt. Hij bepleit vervolgens welk beleid er op dit niveau nodig is om IFD bouwen tot een succesvolle bouwwijze te maken.



Afb. 1 Grafische weergave onderwerpsgebieden

### 3. HET PROGRAMMA IFD-BOUWEN

Hans Vos van de Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting heeft in zijn presentatie een toelichting gegeven op het Nederlandse programma IFD-bouwen.

#### 3.1 Verleden

De principes van het Industriële, Flexibele en Demontabele bouwen zijn niet nieuw. Al geruime tijd zijn ontwerpers en toeleveranciers actief geweest in het bedenken van industriële concepten, die probleemloos zouden passen binnen de IFD-gedachte. Destijds heeft deze manier van produceren geleid tot een grote uniformiteit in eindproducten, die de identiteit van het individu niet uitdragen.

Ontwikkelingen die een industriële vertaling van individuele wensen mogelijk maken, stoppen vandaag de dag echter vrijwel altijd na de realisatie van het gebouw. Dit komt omdat er veel op projectbasis wordt gewerkt; er vooral op prijs wordt geconcurrerd en omdat de bouwsector erg gefragmenteerd is. Deze feiten zorgen ervoor dat een investering in ontwikkeling niet genoeg rendement oplevert.

De situatie is echter aan het veranderen. Ten eerste is er een verschuiving waar te nemen van een aanbodgestuurde naar een vraaggestuurde markt. Consumenten zijn mondiger en verlangen een onderkomen dat bij hun wensen past. Ten tweede ontstaat er een gebrek aan gekwalificeerd personeel op de bouwplaats. Dit maakt een andere aanpak van bouwen noodzakelijk.

#### 3.2 Het IFD demonstratieprogramma

Het programma is in 1999 gestart en zal lopen tot 2005. Gedurende deze periode is men op zoek naar bouwprojecten waarvan het ontwerp op een of andere manier aansluit bij het IFD-principe. Dergelijke projecten worden benoemd tot 'demonstratieproject' en ontvangen een subsidie.

De reden waarom de SEV heeft gekozen voor een promotieprogramma op basis van demonstratieprojecten is de tastbaarheid van het voorbeeld. Onder het motto 'zien is geloven' is men van mening dat er een grote overtuigingskracht uitgaat van de projecten. Sinds het begin van het programma zijn er drie acquisitierondes geweest. Deze hebben geleid tot 71 demonstratieprojecten.

#### 3.3 Ervaringen

In ongeveer de helft van de projecten wordt er door opdrachtgevers gefocust op flexibiliteit. Een derde heeft betrekking op industrieel bouwen en een vijfde op demontabel bouwen. In een vijfde van de projecten wordt voor alle drie de aspecten een integrale oplossing gezocht.

Op het gebied van ontwerp- en bouwproces is (tot nu toe) het volgende gebleken:

- samenwerking en co-makership is noodzakelijk;
- communicatie is nooit genoeg; Hierbij gaat het om voorlichting naar de consument, maar ook om onderlinge contacten tussen de bouwende partijen.
- gelijk ambitieniveau; Alle partners binnen het bouwproces dienen met een gelijke instelling een project te willen realiseren.

Voor producten en technieken geldt:

- een gebouw dient opgedeeld te worden in een drager (casco) en een inbouw, welke onafhankelijk van elkaar zijn;
- een overmaat van ruimte is nodig voor voldoende zinnvolle veranderingsmogelijkheden;
- de partijen moeten een integrale denkwijze aannemen, waarbij ze op elkaars gebied meedenken;
- men moet realistisch blijven en niet teveel in één project willen stoppen.

### **3.4 Toekomst**

Er is momenteel al veel kennis verworven op het gebied van IFD bouwen. Het is nu belangrijk dat de ervaringen zoveel mogelijk worden geïmplementeerd en geaccepteerd. Dit valt niet mee in de van huis uit conservatieve bouwsector. Er is echter nog veel winst te behalen in bijvoorbeeld de reductie van faalkosten en coördinatie op de bouwplaats waardoor improvisatie voorkomen wordt. Verder dient men doordrongen te worden van het feit dat een iets hogere startinvestering in flexibiliteit zich later in de exploitatiefase kan terugbetalen.

Het indienen van projecten voor de vierde en laatste demonstratieronde is in augustus 2003 begonnen en de sluitingsdatum is 9 januari 2004. Dit maal zal de SEV vooral letten op een structurele ontwikkeling in de bouwindustrie. Er zal voorbij gegaan worden aan 'premiejagers', die puur voor de subsidie een alleenstaand project opzetten. Verder hoopt men op goede voorbeelden van de vorming van coalities en zal er veel aandacht zijn voor plannen die betrekking hebben op de bestaande voorraad en onderdak voor studenten.

## **4 OPEN BOUWEN ALS VOORWAARDE VOOR INDUSTRIEEL BOUWEN**

Prof. Ir. John N. Habraken (emeritus hoogleraar TU/e en MIT (VS)) heeft in zijn lezing slechts een zeer beknopte toelichting kunnen geven over het zeer brede onderzoekswerk dat hij in de afgelopen veertig jaar heeft verricht. Zijn naam is onlosmakelijk verbonden met het Open Bouwen, dat door middel van flexibiliteit en ontkoppeling mogelijkheden biedt voor industrieel bouwen.

### **4.1 Open Bouwen**

Het Open bouwen omvat een tweeledige strategie. Enerzijds houdt het zich bezig op sociaal gebied. Er wordt onderzocht hoe een bouwsysteem de flexibiliteit kan bieden om aanpasbaar te blijven aan de voortdurend veranderende gebruikerswensen. Anderzijds, in technisch opzicht, zoekt het Open Bouwen oplossingen om subsystemen zonder passingsproblemen in gebouwen te installeren en te vervangen.

De kern van het Open Bouwen concept is de creatie van verschillende beslissingsniveaus. Deze moeten onafhankelijk van elkaar zijn, zodat een beslissing van een lager niveau geen invloed heeft op het hogere niveau. Op deze manier kunnen veranderingen op een laag niveau gemakkelijk doorgevoerd worden.

Volgens Habraken's definitie van het begrip 'niveau' is een element van een lager niveau als:

- a. een verandering op het onderliggende niveau geen verandering veroorzaakt op het hogere niveau;
- b. een verandering op het hogere niveau een verandering veroorzaakt op het lagere niveau.

De volgende niveaus worden (van hoog naar laag) onderscheiden:

- Stedelijke infrastructuur;
- Straten en woonblokken;
- Drager
- Inbouw
- Inrichting (meubilair)

Om consumentgericht te bouwen is de toepassing van een rigoureuze scheiding tussen drager en inbouw het belangrijkste hulpmiddel.

De drager is de grondgebonden constructie met een publieke functie. Het bepaalt namelijk de vorm van het gebouw, dat de openbare ruimte beïnvloedt. In een woongebouw met meerdere appartementen vervult de drager verschillende gemeenschappelijke functies zoals ingangen, trappenhuisen, hoofd toe- en afvoerkanalen enz.

Door al deze redenen is de drager onderwerp van openbare en politieke besluitvorming en dient deze te voldoen aan vele bouwvoorschriften.

De inbouw wordt beschouwd als een product dat geheel door de consument bepaald kan worden. Deze bestaat uit binnenwanden, de keuken- badkamer- en toiletinrichting, en alle installaties die benodigd zijn voor door bewoners gekozen toestellen en plattegronden.

In de meeste gevallen zullen mensen hun huis op inbouwniveau wijzigen, zodat de inbouw, in tegenstelling tot de drager, een consumentgericht productie- en marketingproces nodig heeft.

#### **4.2 Herindeling van het ontwerpproces**

Omdat de drager en inbouw twee verschillende 'producten' zijn, dienen ze ook apart ontworpen te worden. In de ontwikkeling van kantoren en winkelcentra is dit reeds de normale gang van zaken, maar voor woningbouw wordt een dergelijk ontwerpproces echter (nog) niet toegepast. De gerealiseerde projecten in het kader van het Open Bouwen zijn kleinschalig en worden meestal in een hokje van 'experimenteel bouwen' geplaatst. Enkele voorbeelden zijn het NEXT21 project in Osaka, Japan en het Molenvliet project in Papendrecht.

Uit de voorbeelden kan opgemaakt worden, dat het Open Bouwen twee aspecten combineert:

- een strikt gescheiden drager en inbouw en hun potenties voor systematisering en industriële productie;
- de herindeling van het ontwerpproces; de voorwaarde voor een verandering in de techniek.

De focus van het Open Bouwen is de laatste jaren meer komen te liggen op de herindeling van het ontwerpproces. Hiervoor is het noodzakelijk om de 'traditionele ketting' te doorbreken. Dit is niet eenvoudig, want niet alleen het ontwerp en de denkwijze op gebouwniveau moeten aangepast worden, maar ook de houding van allerlei aanverwante instanties.

Zo zouden er bijvoorbeeld hypotheekmogelijkheden moeten komen voor alleen de inbouw; woningbouwcorporaties dienen zich toe te gaan leggen op het aanbieden en onderhouden van dragers en overheden moeten aanpassingen doen aan hun regelgeving in verband met eigendomsverhoudingen en verantwoordelijkheden.

Het besef voor de herindeling van het ontwerpproces dient nog veel verder te groeien, om uiteindelijk te komen tot woningen die beter op de gebruiker toegespitst zijn en bovendien efficiënt geproduceerd zijn. Maar Habraken is ervan overtuigd, dat een succesvolle techniek uiteindelijk zorgt voor acceptatie ervan. Bovendien zal de omgeving van deze techniek zich ook gaan aanpassen. Hij geeft hierbij het voorbeeld van mobiele telefonie en auto industrie. Bij uitbreiding en ontwikkeling van de persoonlijke elementen (gsm en auto) is ook de infrastructuur (mobiel netwerk en wegen) in de loop van de tijd aangepast.

Er zal nog veel energie nodig zijn voordat het Open Bouwen als algemeen gegeven beschouwd gaat worden, maar Habraken houdt zich vast aan het Engelse gezegde: "Once the car was known, the roads got built".

## 5 IFD BOUWEN IN EUROPA

Net als bij Habraken, werd ook in de presentatie van Geert Jan van den Brand duidelijk, dat succesvol IFD bouwen meer is dan alleen een industriële productiemethode, of een industrieel vervaardigd product.

IFD bouwen moet opgevat worden als complete bouwmethode, die resulteert in een op de gebruiker aanpasbaar gebouw, samengesteld uit industrieel vervaardigde producten.

### 5.1 Haalbaarheid IFD in Nederland

In 1997 heeft Damen Consultants in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken het marktonderzoek uitgevoerd dat uitwees, dat IFD bouwen in Nederland 'levensvatbaar' was.

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek was, dat IFD principes een verbinding legden tussen:

- Consument; Deze vraagt meer, en krijgt meer: Flexibel bouwen
- Industrie; Een efficiënter productieproces: Industrieel bouwen
- Maatschappij; Behoeft aan duurzame ontwikkeling: Demontabel bouwen

Het IFD programma, dat uit dit haalbaarheidsonderzoek volgde is in hoofdstuk 3 beschreven. Damen Bouwcentrum heeft middels het IFD programma de mogelijkheid aangegrepen om de ideeën in praktijk te brengen. Samen met adviesbureau ABT is een demonstratieproject opgezet, het Delftech Office.

De ervaringen met het eindproduct van het proefproject waren voor alle deelnemende partijen positief en er zijn veel innovaties doorgevoerd.

Het bouwproces verliep minder voorspoedig. Vanwege de vele innovaties duurde de bouwtijd de helft langer dan gepland. Bovendien was de aannemer niet in staat om voldoende mee te denken met het ontwerpteam en men heeft halverwege het project een andere moeten zoeken.

### 5.2 IFD bouwen op Europees niveau

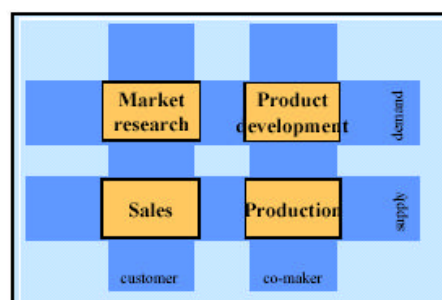
Met de ervaringen die men opgedaan heeft in het Delftech Office, heeft Damen Bouwcentrum een Europees IFD project geïnitieerd. Het zogenaamde 'IFD Buildings' project moet uiteindelijk resulteren in:

- Een IFD organisatiemodel, gebaseerd op co-makerships;
- Een IFD proces protocol voor de ontwikkeling, productie en aflevering van IFD-gebouwen;
- Een standaard systeem voor IFD-gebouwen, zowel voor woningen als voor utiliteitsbouw.

Een belangrijke stap binnen dit Europese proces, is dat men begonnen is met de oprichting van een internationaal consortium, zodat er gewerkt kan worden op basis van co-makership.

De werkwijze van het consortium is gebaseerd op vier clusters van activiteiten:

- marktonderzoek (Market research)
- productontwikkeling (Product development)
- productie (Production)
- verkoop (Sales)



Afb. 2: Organisatiemodel IFD Buildings

Binnen deze onderzoeksgebieden wordt onafhankelijk onderzoek gedaan, maar vindt voortdurend terugkoppeling plaats. Dit wordt 'samenwerkend ontwerpen' (Collaborative Engineering) genoemd. Zo wordt er bijvoorbeeld vanuit de productiekant aangegeven aan de ontwerpers, wat de gevolgen van hun ontwerpbeslissingen zijn voor het productieproces. Op basis hiervan kunnen dan weer beslissingen genomen worden die van invloed zijn op het eindproduct. Door middel van marktonderzoek kan nagegaan worden of een dergelijk product wel wenselijk is.



### **5.3 Implementatie van het IFD concept**

Het uiteindelijke resultaat van *IFD Buildings* zal gepresenteerd worden aan de hand van drie workshops:

Deel 1 zal verduidelijken wat het nut is van IFD bouwen en lange termijn consortia;

Deel 2 zal praktische hulpmiddelen bieden voor marketing, ontwerp, productie en verkoop;

Deel 3 zal bestaan uit een 'routekaart' naar IFD bouwen, die erop gericht is om de traditionele bouwpartijen te betrekken in consortia.

Tenslotte is de verwachting van Van den Brand, dat de werkwijze op basis van comakership en collaborative engineering (CE) zal zorgen voor een grote doorbraak binnen het bouwproces en voor alle hieraan gerelateerde organisaties en bedrijven. Bovendien zal het een doorbraak zijn voor eindgebruikers van gebouwen, die kwalitatief meer waar voor hun geld krijgen en bovendien een gebouw hebben dat op hun individuele wensen aansluit.

## **6 EU FUTUREHOME PROJECTRESULTATEN**

Tot nu toe zijn er een aantal uiteenzettingen geweest over de toepassing van IFD technieken op alle drie de gebieden gezamenlijk, waarbij de bouwwijze onder andere specifiek ingezet wordt om maatschappelijke doelen te dienen. Nu zullen er samenvattingen volgen van projecten die meer op het industriële vlak liggen. De ontwikkelingen op dit gebied zijn met name gericht op een verbeterde productiewijze of een verbeterd product.

Om te beginnen zal de presentatie van Carlos Balaguer besproken worden. Hij heeft de resultaten van het Europese project FutureHome toegelicht.

Dit project was erop gericht om een nieuw modulair bouwsysteem te ontwikkelen, met een aantal belangrijke kwaliteiten:

- integratie van de werkwijze met het bouwsysteem in alle fases van het bouwproces;
- standaardisatie van de onderdelen, assemblagetechnieken, verbindingen etc.;
- industrialisatie van de productie van de bouwdelen.

Om de bovenstaande resultaten te bereiken heeft men zich als hoofddoel gesteld om een 'geïntegreerde constructie automatisering' (Integrated Construction Automation, ICA) te ontwikkelen. Hiervoor dienen gebouwen modulair ontworpen te worden, waarbij ook rekening gehouden wordt met de planning. Verder zal er in grote mate gewerkt moeten worden met gerobotiseerde assemblage op de bouwplaats.

### **6.1 Gerealiseerde onderdelen**

Het onderzoek is begonnen met studies naar de structuur van het gebouw die het beste bij de uitgangspunten paste. Dit was een gebouw samengesteld uit 3D modules.

Om een architectonisch ontwerp naar 3D modules om te zetten, heeft men verschillende softwarepakketten ontwikkeld op basis van bestaande programma's als AutoCAD. Het eerste programma is in staat om een traditioneel ontwerp te 'modulariseren'. De tweede ontwerp-methode werkt op basis van een 2D en 3D catalogus, waaruit de ontwerper het gebouw kan samenstellen.

Daarnaast is een planningsprogramma ontwikkeld. De software is ingericht op drie onderdelen:

- planning en logistiek binnen de fabriek;
- planning van het transport;
- planning van de assemblage op de bouwplaats.

Het laatste onderdeel bevat specificaties over het gebouw zelf (driedimensionale vormen) en over de assemblagevolgorde (tijdsaspect) van de onderdelen. In dit geval wordt gesproken van een 4D CAD toepassing.

Vervolgens heeft men programmatuur ontwikkeld voor een gerobotiseerde assemblage, waarbij een kraan geprogrammeerd is om modules vanaf de vrachtauto of opslagplaats op de juiste plaats in het gebouw te zetten.

Om de modules met de gerobotiseerde kraan te kunnen plaatsen, was het nodig om speciale aansluitingen te ontwikkelen voor de modules. Theoretisch was het wel mogelijk om de module op de millimeter nauwkeurig te plaatsen, maar dit vergt zeer veel programmering en kost op de bouwplaats veel tijd. Men heeft daarom speciale koppelingen ontwikkeld, die een ruimere plaatsingstolerantie mogelijk maken (zie afbeelding 3). De module komt uiteindelijk door middel van gedwongen positionering op zijn plaats.



Afb. 3: koppeling

Het FutureHome project is erin geslaagd om een integrale benadering te ontwikkelen voor volledige industrialisatie van het bouwproces. Alle fases van het proces zijn geïntegreerd in dezelfde programmatuur en de communicatie verloopt volgens vaste patronen en protocollen.

## 7 GEROBOTISEERD BOUWEN IN DE 21STE EEUW IN JAPAN- IF7II

De presentatie die aansluit bij het industriële bouwproces van Balaguer (hoofdstuk 6) is het onderzoek dat in Japan verricht wordt naar automatisering door middel van intelligente producten, gecoördineerd door een 'master controller'. De resultaten werden gepresenteerd door de heer Junichi Yagi.

Het onderzoek van Yagi is erop gericht om de productstroom binnen de bouw te combineren met de informatiestroom, door ALLE bouwmaterialen te voorzien van een microchip die voor ieder afzonderlijk product uniek is. De chip bevat informatie over de fabricage, samenstelling en positionering in het bouwwerk.

Er zijn een aantal redenen om de producten intelligent te maken:

- Momenteel worden bouwproducten en ontwerpgegevens afzonderlijk aan de bouwplaatsmedewerkers geleverd. Een goede verwerking van producten hangt af van de interpretatie van de arbeiders. Wanneer een product reeds de exacte informatie bevat, hoeven er slechts standaardprocedures doorlopen te worden en bestaat er geen kans op vergissingen.
- Van een intelligent product is bekend waar en wanneer het geplaatst is. Deze informatie wordt in een gebouw-gerelateerde database opgeslagen. In een later stadium kan exact nagegaan worden welke elementen wanneer geplaatst zijn. Dit is belangrijk voor de demontagevolgorde.
- Het gehele bouwproces wordt transparanter en beter beheersbaar, omdat op ieder moment van het bouwproces gezien kan worden waar het product zich bevindt.
- Gedemonteerde producten hebben nog steeds hun eigen identiteit en kunnen in een database opgespoord worden. Wanneer ze opnieuw nodig zijn, kost het weinig zoek-energie om ze te verkrijgen.
- Door standaardisatie kunnen producten van over de hele wereld besteld worden (bijvoorbeeld via internet) en zonder interpretatie- of passingsproblemen verwerkt worden.

Ervan uitgaande, dat alle bouwdelen zijn voorzien van een unieke chip die de informatie over het product letterlijk verbindt met het product, moet er een 'alwetend' controlemechanisme ontwikkeld worden. Dit systeem wordt 'Glue Logic' genoemd.

### **7.1 Praktische toepassing**

Het gebruik van de intelligente producten in de praktijk is onderzocht binnen het IF7II project, dat deel uitmaakt van het IMS programma (Intelligent Manufacturing System).

Om de theorie van intelligente materialen in praktijk te brengen, zijn een aantal producten ontwikkeld:

- '*Parts management*' (Omgaan met bouwdelen). Hiervoor heeft men een microchip ontwikkeld (0,4 x 0,4 mm), die het Product URL (gegevens over de afkomst) van het bouwdeel bevat. De chip stuurt informatie naar de Glue Logic, die de gegevens interpreteert en een lijst van actiepunten genereert om het product op het juiste moment op de juiste plaats te krijgen.
- '*PDA reader*' Dit is een kleine computer van handformaat. Deze computer staat in contact met de Glue Logic en wordt gebruikt op de bouwplaats om bijvoorbeeld door te geven welke elementen reeds gearriveerd zijn. Bouwplaatsmedewerkers ontvangen via deze PDA informatie over plaatsing en toepassing van de producten.
- '*Assignment and Inspection*' (Taak en Inspectie). Via de Glue Logic krijgt de fabriek te horen welke bouwdelen nodig zijn, waardoor ze producten just-in-time kunnen leveren en er geen opslag op de bouwplaats nodig is. Wanneer de bouwdelen zijn geassembleerd kan een bouwplaatsmedewerker toetsen of het product voldoet aan de eisen, middels een checklist voor het desbetreffende product die hij op zijn PDA reader heeft ontvangen. Hierdoor hoeven er geen inspecteurs van de fabriek naar de bouwplaats te komen.
- '*Scheduling Management*' Alle data over levering en eventuele vertragingen worden door de chips naar de Glue Logic gestuurd, die automatisch planningsschema's aanpast. In dit geval zullen sommige producten eerder of later 'opgeroepen' worden.
- '*Automated Handling of Components*' (Automatische componenten verwerking). Ieder bouwelement bevat een chip, welke uitgelezen kan worden door robots op de bouwplaats. De informatie die de robot leest, stuurt hij naar de Glue Logic, waarna hij opdrachten ontvangt over waar en hoe hij het product in het gebouw moet plaatsen.

De verwachting van Yagi is dat in de nabije toekomst het hele bouwproces beschouwd gaat worden als een virtueel robotproces, dat gestuurd wordt door een allesomvattend controlemechanisme.

## **8 OP WEG NAAR TOTALE AUTOMATISERING OP DE BOUWPLAATS**

Professor Berok Khoshnevis liet zien dat automatisering kan leiden tot een geheel nieuwe bouwwijze. Hij onderzoekt de mogelijkheden van een nieuwe benadering waarbij gebruik gemaakt wordt van een gelaagd fabricageproces, dat Contour Crafting genoemd wordt.

De werkwijze is vergelijkbaar met die van een inktjet printer. De printer brengt binnen een strook van enkele millimeters inkt aan op specifieke plaatsen op het papier (die bijvoorbeeld letters vormen). Daarna schuift het blad enkele millimeters door, waarna in een nieuwe baan inkt aangebracht wordt.

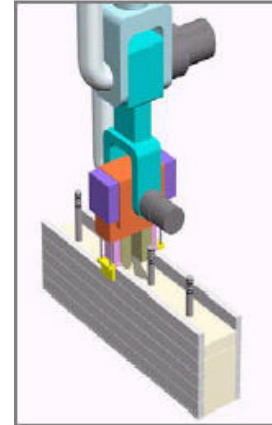
Binnen de zogenaamde '*Construction by Contour Crafting*' wordt een gebouw laagsgewijs van beneden naar boven opgebouwd. Dit houdt in dat bijvoorbeeld eerst de draagmuren voor ongeveer de onderste 10 cm voor de gehele (contour van de) woning worden aangebracht. Vervolgens wordt er weer een laag van 10 cm bovenop gelegd. Het is dus niet zo, dat eerst een binnenspouwblad wordt gemaakt, vervolgens de isolatie wordt aangebracht en daarna het

buitenblad. Of dat eerst alleen de draagmuren helemaal tot bovenaan worden opgebouwd, om vervolgens de gevels vanaf de grond toe op te bouwen.

Het is de bedoeling dat deze bouwmethode geheel gerobotiseerd uitgevoerd kan worden. Hiervoor zijn verschillende applicaties ontwikkeld:

- Voor de wanden wordt een gietmethode gebruikt. Een spuitmond bestaat uit drie delen, waarbij de twee buitenste uitmondungen de 'schil' van de wand maken. De binnenste mond brengt de wandvulling aan.

De werkwijze is als volgt: Eerst brengen de twee buitenste monden een binnen- en buitenblad aan over laag 1 van de woning. Wanneer deze laag compleet is, begint men weer bij het startpunt met laag 2 van het binnen- en buitenblad. De onderste laag is reeds verhard en dient als permanente bekisting voor de wandvulling. Opnieuw gaat de spuitmond alle plaatsen langs waar een wand moet komen; voor het binnen- en buitenblad met laag 2 en voor de vulling met laag 1. Dit proces herhaalt zich, totdat de wand naar boven toe is opgebouwd. In de laatste rondgang zal alleen de vulling aangebracht worden, omdat deze één laag achter lag bij de schilconstructie.



Afb. 4: productie wand

- Voor extra stabiliteit is ook een laagsgewijze wapening ontwikkeld, die elke rondgang met de vulling en de buitenbladen meegroeit.

- De robot kan ook geprogrammeerd worden om tegels te leggen. Hiervoor moet de spuitmond voor de wand vervangen worden voor 'tegelzettersgereedschap'.

- Andere gereedschappen voor de robot kunnen bijvoorbeeld loodgieterswerktuigen zijn, waarmee leidingen geplaatst kunnen worden in sparingen die gecreëerd zijn tijdens het fabricageproces van de wanden.

- Dit geldt ook voor bedrading voor elektriciteit en communicatie.

- Zelfs is het mogelijk om de robotarm te voorzien van een spuitkop om de binnenzijde van de woning te verven, of spuitwerk aan te brengen. In plaats van een spuitkop kan ook een printkop aangebracht worden, waardoor het mogelijk om behangpatronen op de muur te printen.

De robot zelf kan bestaan uit één grote gerobotiseerde portaalkraan, die over het hele gebouw komt te staan. Voor het gebruik van dergelijk materieel is echter zeer veel preparatie van de bouwplaats nodig. Handiger is het om te werken met meerdere kleine robots.

### 8.1 Voordelen

De voordelen van deze bouwwijze liggen vooral in de mogelijkheid tot het creëren van complexe dubbelgekromde vlakken, omdat de spuitmonden voor de wanden ook in een hoek kunnen werken.

Verder gebruiken de robots elektrische energie, waardoor ze geen uitstoot van schadelijke stoffen hebben.

Contour Crafting past alleen het materiaal toe dat benodigd is, waardoor er weinig tot geen afval op de bouwplaats geproduceerd wordt.

Berekeningen hebben aangetoond dat Contour Crafting vele malen sneller kan zijn dan traditionele bouw; een tweelaagse woning met een vloeroppervlak van in totaal 200 m<sup>2</sup> zou in twee dagen gerealiseerd moeten kunnen worden.

Er dient echter nog veel onderzoek gedaan te worden naar dit onderwerp. Voor actuele ontwikkelingen en voor meer informatie over Contour Crafting wordt verwezen naar de website van de auteur: [www-rcf.usc.edu/~khoshnev](http://www-rcf.usc.edu/~khoshnev)

## 9 DE FACTOREN VAN EEN SUCCESVOL INDUSTRIEEL BOUWPROCES

Na enkele uiteenzettingen over onderzoeken naar verbetering en vernieuwing op product-niveau, is er door Jeroen van der Tas gesproken over procesinnovatie in de vorm van de W&R bouwstroom. Hierbij is het eindproduct zoveel mogelijk gelijk gebleven aan de huidige situatie.

De W&R bouwstroom is een reactie op het traditionele bouwproces, dat voor ieder project opnieuw opgestart en ontwikkeld wordt en waarbij continu met verschillende bouwpartijen wordt samengewerkt. Bovendien is de bouwwijze door de ontwerper bepaald, waarna de aannemer zich deze methode eigen moet maken. Deze werkwijze kan veel efficiënter en daarom heeft HBG Woningbouw (nu BAM Woningbouw) begin jaren '90 een vernieuwd bouwproces ontwikkeld. Dit was een nieuwe organisatie van het bouwproces waarin kennis, ervaring en afspraken zo min mogelijk verloren zouden gaan.

### 9.1 W&R bouwstroom

Het vernieuwde bouwproces is gebaseerd op de volgende succesfactoren:

- Ontwerp en bouw volgens een referentiewoning
- Productie volgens bouwstromen
- Co-makerships

De gegevens over de referentiewoning zijn bij alle betrokken partijen bekend en iedereen weet precies hoe ermee omgegaan moet worden. Het ontwerp van de architect wordt gebaseerd op deze woning. Veranderingen zijn mogelijk in afmetingen, gevelindelingen, dakvorm, gevelafwerking etc. Vooropgesteld is echter, dat deze afwijkingen opgenomen kunnen worden binnen het standaard proces. Alle wijzigingen worden snel door de partijen herkend en geïdentificeerd en omdat het standaardproces haast een automatisme is, kan men zich volledig concentreren op de aangepaste aspecten.

Verder zijn er vier bouwstromen gecreëerd, welke de beschikbare productiecapaciteit vormen. Een bouwproject wordt ingedeeld in één van de vier stromen (er wordt dus door BAM Woningbouw met afzonderlijke clusters aan vier verschillende projecten tegelijk gewerkt).

Een bouwstroom omvat:

- Een projectteam met een permanente samenstelling;
- Een productieteam onderverdeeld in een tunnelgiet-team, dakbedekkings-team, een wand/dak-team en een afwerkingsteam. Al deze teams behoren tot de W&R organisatie.
- Een aantal co-makers, die meer specialistische taken uitvoeren, welke niet door de productieteams gedaan kunnen worden.

Naast deze vaste teams wordt er gewerkt met een gestandaardiseerd bouwproces, dat is onderverdeeld in 42 subprocessen. Voor al deze subprocessen zijn de taken en verantwoordelijkheden van de productieteams en co-makers omschreven. Dit maakt het mogelijk om vergaande afspraken te maken.

De reden om te kiezen voor een bouwproces met co-makers, is dat er procesoverschrijdende afspraken gemaakt kunnen worden. Ieder jaar wordt er met de co-makers een nieuw contract afgesloten op basis van de referentiewoning. De co-makers hebben zelf ook de gelegenheid om hun eigen procesinnovaties door te voeren in het bouwproces. Hiervoor kan de referentiewoning (en dus activiteiten van andere deelnemers) aangepast worden.

### 9.2 Verbeteringen ten opzichte van bestaande bouw

Vanwege een continue procesverbetering gedurende de afgelopen tien jaar worden de faalkosten per project gereduceerd. Momenteel worden woningen overgedragen met een gemiddeld aantal gebreken van maximaal 4 per woning. In sommige gevallen is dit zelfs lager dan 1 per woning.

## **10 CONCLUSIE**

Uit het overzicht van de verschillende voordrachten op het ISARC IFD Symposium kan gesteld worden dat er volop ontwikkelingen zijn op allerlei gebieden binnen IFD.

Een van de meest opvallende zaken is, dat men vooral in Nederland bezig is met innovaties binnen het bouwproces, waarbij materiaaltoepassing en het uiteindelijke gebouw helemaal niet zoveel hoeven te verschillen van hetgeen we momenteel bouwen. Er wordt veel onderzoek gedaan naar de manier waarop verschillende bouwpartijen met elkaar kunnen samenwerken. Het proces zal met beperkte middelen efficiënter worden en het eindproduct wordt meer op de gebruiker toegespitst.

In de buitenlandse projecten wordt vooral onderzoek gedaan naar verandering van technieken om een efficiënter bouwproces en een hoogwaardiger eindresultaat te verkrijgen. De bouwpartijen zullen zich hieraan moeten aanpassen.

## **BRONNEN**

Maas, G. en Gassel, F. van, Bouwstenen 74, The Future Site – Proceedings, Bundel met papers van het ISARC2003 congres, gehouden van 21 tot en met 25 september 2003 aan de Technische Universiteit Eindhoven.

(SEV 2002) “Wat is IFD Bouwen?”, [www.sev.nl/ifd](http://www.sev.nl/ifd) en publicatie: Demonstratieprojecten IFD-bouwen; inzendingen 2002, SEV, Rotterdam 2002