

TR diss
2861

Informatietechnologie in de prefab-betonindustrie

Onderzoek naar de basis voor een IT-beleid
van de prefab-betonbranche

*Information Technology
in the Precast Concrete Industry*

a managerial approach

L. Toepoel

671517
3191461

TR diss 2861

Informatietechnologie in de prefab-betonindustrie

**Onderzoek naar de basis voor een IT-beleid
van de prefab-betonbranche**

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Technische Universiteit Delft,
op gezag van de Rector Magnificus Prof. ir. K.F. Wakker
in het openbaar te verdedigen ten overstaan van een commissie,
door het College van Dekanen aangewezen,
op woensdag 11 december 1996 te 10.30 uur
door

Lucas TOEPOEL

HBO-ingenieur weg- en waterbouwkunde
geboren te Rotterdam



Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotoren:

Prof. ir. A.J. Hogeslag
Prof. ir. Ch.J. Vos

Leden van de promotiecommissie:

Rector Magnificus, voorzitter
Prof. ir. A.J. Hogeslag, TU Delft, promotor
Prof. ir. Ch.J. Vos, TU Delft, promotor
Prof. ir. H.W. Bennenk, TU Eindhoven
Prof. ir. G.J. Maas, TU Eindhoven
Prof. ir. F. Seyffert, TU Delft
Prof. dr. ir. P. van der Veer, TU Delft
Prof. ir. H. Wagter, TU Eindhoven

Uitgever:

Stichting BetonPrisma
Postbus 3532
5203 DM 's-Hertogenbosch
Telefoon 073 - 640 12 31
Telefax 073 - 640 12 99

CIP gegevens Koninklijke bibliotheek, Den Haag

Toepoel, Lucas

Informatietechnologie in de prefab-betonindustrie:

Onderzoek naar de basis voor een IT-beleid van de prefab-betonbranche / Lucas Toepoel. -

's-Hertogenbosch: Stichting BetonPrisma. - III.

Proefschrift Technische Universiteit Delft. - Met ref. - Met Nederlandse samenvatting.

ISBN 90-71806-32-4

Trefwoorden: informatietechnologie / prefab beton

Copyright © 1996 door L. Toepoel

All rights reserved.

No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission from the publisher:

Stichting BetonPrisma, Postbus 3532, 5203 DM 's-Hertogenbosch, The Netherlands.

Printed in the Netherlands.

'Alles waarmee de moderne technische
instrumenten van berichtgeving
de mens elk uur prikkelen,
overvallen, voortjagen -
dat is de mens thans veelmeer nabij
dan de eigen akker rond de hoeve,
dan de hemel boven het land,
dan het tijdsverloop van dag en nacht,
dan gewoonte en zede in het dorp -
meer nabij
dan de overlevering
van de wereld waar men geboren is'

Heidegger, 1959

(uit: *De maat van de techniek*,
Hans Achterhuis 1992)

Voorwoord

In vrijwel alle bouwobjecten worden betonconstructies toegepast. Permanente technologische ontwikkelingen op het gebied van materiaal, productie en uitvoering leiden continu tot nieuwe producten en toepassingsmogelijkheden. De prefab-betonindustrie heeft in deze ontwikkelingen een belangrijk en groeiend aandeel.

De toepassing van automatisering en informatietechnologie zal in alle bedrijfstakken ingrijpende veranderingen tot gevolg hebben. Ook in de bouw beginnen zich de toepassingsmogelijkheden en de daarmee gepaard gaande veranderingen af te tekenen.

Met dit proefschrift wil ik een bijdrage leveren aan een door de prefab-branche te voeren beleid dat gericht is op een effectief gebruik van de beschikbaar komende middelen voor de elektronische overdracht en verwerking van informatie bij de realisatie van opdrachten door prefab-betonbedrijven.

Het promotie-onderzoek is uitgevoerd bij de sectie Betonconstructies van de faculteit der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft. De branche-organisaties voor prefab-betonbedrijven, BELTON en BEVLON, hebben waardevolle medewerking verleend en een financiële bijdrage aan het onderzoek geleverd.

Voor het onderzoek moest veel informatie uit de bouwpraktijk worden verwerkt. Daarbij heb ik dankbaar gebruik kunnen maken van de brede praktijkervaring van de beide promotoren prof. Arie Hogeslag en prof. Charles J. Vos. De directies van de prefab-betonbedrijven binnen BELTON en BEVLON dank ik voor hun bereidheid mij uitgebreide bedrijfsinformatie te verstrekken.

Delft, november 1996

Luuk Toepoel

Inhoud

Voorwoord	1
Gebruikte termen en afkortingen	4
1. Inleiding	7
1.1 Onderzoeksgebied	7
1.2 Probleemstelling en doelstellingen	9
1.3 Afbakening van het onderzoek	11
1.4 Indeling van onderzoek en rapportage	12
2. Profiel van de prefab-betonbranche	15
2.1 Algemeen	15
2.2 De producten	15
2.3 De bedrijven	18
2.4 De bedrijfsprocessen	22
2.5 Standaardisatie	26
2.6 Samenvatting	28
3. Automatisering bij de prefab-betonbedrijven	31
3.1 Inventarisatie	31
3.2 Kenmerken van de automatisering	35
3.3 Toekomstige ontwikkelingen	39
3.4 Samenvatting en conclusies	43
4. Proces- en informatie-analyses	45
4.1 Algemeen	45
4.2 Processen en informatiestromen binnen een bouwproject	47
4.3 Processen en informatiestromen binnen een prefab-betonbedrijf	51
4.4 Overdracht van informatie aan prefab-betonbedrijven	53
4.5 Knelpunten in de informatievoorziening	57
4.6 Gebruik van normbladen en documenten	57
4.7 Samenvatting en conclusies	62
5. Modellen voor product-, proces- en informatie-typen	65
5.1 Product- en procestypen in de gebouwensector	65
5.2 De organische structuur	68
5.3 Model voor systeem-onafhankelijke standaardisatie	72
5.4 Modellen voor informatie-uitwisseling	75
5.5 Afsprakenstelsels	76
5.6 Samenvatting en conclusies	79
6. Opslag en overdracht van digitale informatie	83
6.1 CAD-systemen	83
6.2 Structureren van gegevens	85

6.3	Elektronische overdracht van informatie	88
6.4	Problemen bij het structureren van informatie	93
6.5	Samenvatting en conclusies	96
7.	IT-ontwikkelingen in de bouw	99
7.1	Onderzoek	99
7.2	Praktijkgerichte ontwikkelingen in Nederland	101
7.3	Stand van de ontwikkeling	104
7.4	De toepassing van IT-ontwikkelingen	108
7.5	Samenvatting en conclusies	112
8.	Het Projectmodel	115
8.1	Algemeen	115
8.2	Omvang en inhoud van het Projectmodel	116
8.3	Ontwikkeling van het Projectmodel	120
8.4	Organisatie en bestuur	122
8.5	Ontwikkeling van een integraal informatie-uitwisselingsstelsel	124
8.6	Samenvatting en conclusies	128
9.	Casus: Het sparingbepalingsproces	131
9.1	Algemeen	131
9.2	De problemen	131
9.3	De mogelijke toepassing van IT-middelen	133
9.4	Het ontwikkelingsproces	136
9.5	Conclusies	137
10.	IT-beleid van de prefab-betonbranche	139
10.1	Redenen voor IT-beleid	139
10.2	Kenmerken van de branche	141
10.3	Inhoud van het IT-beleid	143
10.4	Uitvoering van het IT-beleid	146
10.5	Effecten van de toepassing van IT	153
10.6	Samenvatting en conclusies	154
11.	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	157
11.1	Samenvatting	157
11.2	Conclusies	163
11.3	Aanbevelingen	164
	Literatuur	165
	Summary, Conclusions and Recommendations	170
	Curriculum Vitae	178
Bijlage A	Formulieren Enquête 1	181
Bijlage B	Formulieren Enquête 2	187
Bijlage C	Procesanalyses	191

Gebruikte termen en afkortingen

Vakgebied

prefab-betonbedrijf	bedrijf dat constructieve betonelementen vervaardigt;
prefab-betonbranche	domein van prefab-betonbedrijven;
STUPRE	studiekring tot ontwikkeling van het geprefabriceerde beton;
BELTON	vereniging van fabrikanten van bouwelementen voor betonconstructies;
BEVLON	vereniging van fabrikanten van elementen voor vrijdragende systeemvloeren;

Informatica algemeen

applicatie	computerprogramma voor ondersteuning van een specifiek proces in een vakgebied;
BIM	Bouw Informatie Model
CAD	<i>Computer Aided Design</i> computer ondersteund ontwerpen en tekenen van technische producten;
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> computer ondersteunde productie;
CAD/CAM	combinatie van CAD en CAM; productieprocessen worden aangestuurd vanuit een CAD-systeem;
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i> integratie van productieprocessen die door geautomatiseerde systemen worden aangestuurd;
CE	<i>Concurrent Engineering</i> parallel uitvoeren van ontwerp- en productievoorbereidingsprocessen door een multidisciplinair projectteam;
database	elektronisch bestand met gegevens;
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i> uitwisselingsformaat voor AutoCAD-systemen;
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> internationale standaard voor de elektronische uitwisseling van handelsberichten;
EDIFACT	<i>Electronic data Interchange For Administration, Commerce and Transport</i> taalcode voor EDI;

ESPRIT	<i>European Strategic Program for Research & Development in Information Technology</i> Europees onderzoeks programma voor de ontwikkeling van informatie-technologie;
ETIM	Elektrotechnisch Informatie Model
IDEF-0	Methode voor de weergave van procesanalyses
IDEF-1X	Methode voor de weergave van gegevensanalyses
IGES	<i>Initial Graphics Exchange Specifications</i> USA-standaard voor de uitwisseling van grafische gegevens;
IOP-Bouw	Innovatiegericht Onderzoekprogramma Bouw
ISAC	<i>Information Systems work and Analyses of Changes</i> systemen voor weergave van procesanalyses, informatieverzamelingen, gegevens en bestanden;
ISO	<i>International Standards Organisation</i> Organisatie voor de ontwikkeling van internationale standaarden;
IT	<i>Information Technology</i> informatietechnologie; methodieken en systemen om langs elektronische weg gegevens tussen geautomatiseerde systemen uit te wisselen;
NIAM	Nijssens Informatie Analyse Methode
PDI	<i>Product Data Interchange</i> modellen voor de elektronische uitwisseling van productgegevens;
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Model Data</i> pakket ISO-normen voor het vastleggen, uitwisselen en weergeven van digitale gegevens van technische producten;
STEP-AP	<i>STEP Application Protocol</i> condities voor de communicatie tussen applicaties binnen een bepaald domein;
SUF	STABU Uitwisselings Formaat
WUF	Wapenings Uitwisselings Formaat

Informatica in dit rapport

AS	Afsprakenstelsel stelsel afspraken waarin het gebruik van IT-systemen, standaarden en hulpmiddelen zijn vastgelegd;
BM	Bedrijfsmodel model voor het gebruik van elektronische middelen voor de overdracht van gegevens tussen geautomatiseerde systemen binnen een bedrijf;

HM	Hiërarchiemodel model voor de afstemming van regelgeving, standaardisatie en informatie-structuren binnen de bestaande hiërarchische structuur van de bouw;
IIUM	Integraal Informatie Uitwisselings Model;
IUM	Informatie Uitwisselings Model conceptueel model voor de elektronische uitwisseling van projectinformatie;
IIUS	Integraal Informatie Uitwisselings Systeem;
IUS	Informatie Uitwisselings Systeem fysiek systeem voor de elektronische uitwisseling van projectinformatie;
PM	Projectmodel model voor het gebruik van elektronische middelen voor de overdracht van gegevens tussen geautomatiseerde systemen van partners in een bouwproject;
SOA	Standaard Omgeving voor Applicaties model voor gebruik van gestandaardiseerde in- en uitvoer van applicaties;

Organisaties bouwinformatica

ARTB	Adviesraad Technologiebeleid Bouwnijverheid;
CADCRETE	Platform van TU Delft, TU Eindhoven en TNO voor de ontwikkelingen op het gebied van automatisering en IT in het vakgebied betonconstructies;
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving;
HPC. EDIBOUW	Stichting EDI ten behoeve van de bouw;
FORUM	Vereniging Forum Systeemhuizen Bouw;
GB	Vereniging Geïntegreerd Bouwen;
IGBI	InitiatiefGroep BouwInformatica;
NGI	Nederlands Genootschap voor Informatica;
UNETO	Unie van Elektrotechnische Ondernemingen;
VABI	Vereniging voor Automatisering in Bouw- en Installatietechniek.

1. Inleiding

1.1 Onderzoeksgebied

Algemene situatie

Onder druk van korter wordende bouw tijden, hogere kwaliteitseisen en een tekort aan vakspecialisten, worden de laatste decennia de productiewerkzaamheden op de bouwplaats verminderd door zoveel mogelijk deelprocessen bij bedrijven te laten plaatsvinden. Op deze wijze heeft gedeeltelijke industrialisatie van het bouwproces plaats.

In de betonbouw betreft dit -naast de toelevering van hulpmaterieel als steigers en bekistingen- de projectgerichte productie en levering van betonmortel, wapeningsconstructies en geprefabriceerde delen van de betonnen draagconstructie.

De toenemende omvang van de productie buiten de bouwplaats in sterk gespecialiseerde bedrijven, stelt hoge eisen aan de projectorganisatie. De tijdige toelevering van correcte, voor de productie noodzakelijke informatie blijkt daarbij vaak een knelpunt te zijn.

Het onderzoek richt zich op de groep Nederlandse bedrijven die constructieve betonelementen produceren, in dit proefschrift aangeduid met 'prefab-betonbranche'.

Binnen de BFBN, de overkoepelende branche-organisatie voor bedrijven die betonnen producten vervaardigen, bestaan drie sub-organisaties van bedrijven, die op basis van projectgerichte opdrachten, constructieve elementen maken:

BELTON; alle typen elementen behalve vloeren en heipalen.

BEVLON; vloerelementen.

PREPAL; heipalen.

Daar bij heipalen geen sprake is van een projectgericht ontwerpproces en ook het heien van de palen niet tot de levering behoort, zijn de productie en levering van geprefabriceerde heipalen niet in het onderzoek betrokken.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de branche-organisaties BELTON en BEVLON.

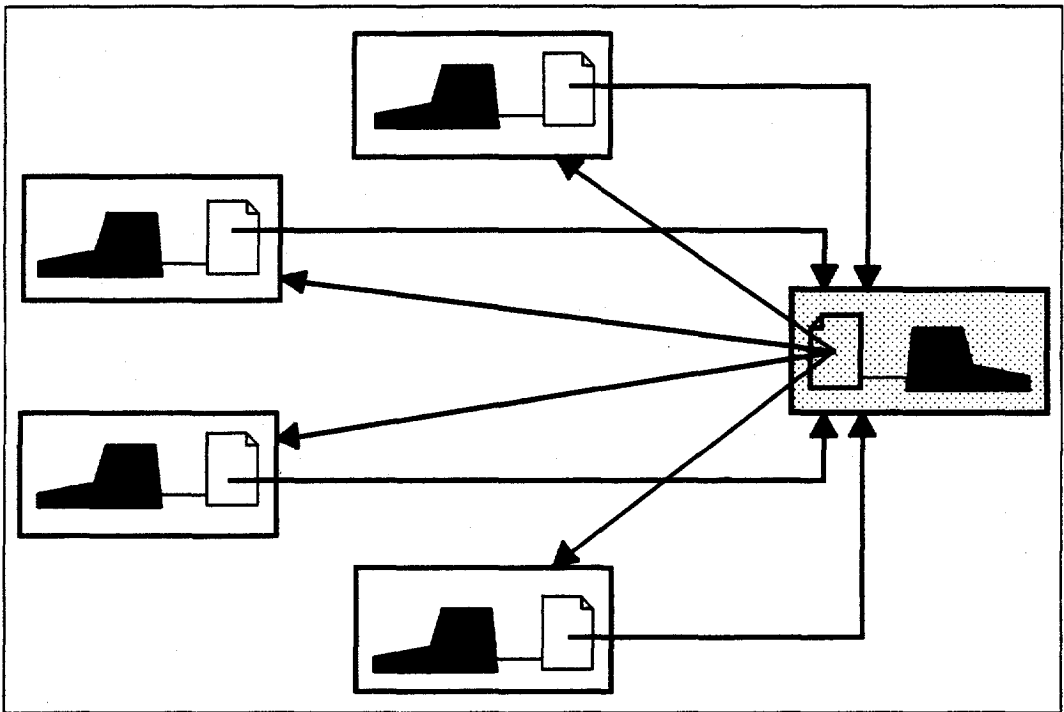
De totale omzet van de circa dertig bedrijven binnen deze branchegroepen bedraagt ongeveer 1200 miljoen gulden. Bij veel bedrijven is het productieproces vergaand gemechaniseerd, terwijl bij veel bedrijfsprocessen gebruik wordt gemaakt van geautomatiseerde systemen.

De productie van constructieve elementen vindt altijd projectgericht plaats, grotendeels voor projecten in de gebouwensector: utilitaire gebouwen en woningbouw.

Toepassing informatietechnologie

Ondanks het toenemend gebruik van geautomatiseerde systemen bij de verschillende bouwprocessen, vindt de overdracht van gegevens tussen de gebruikers van deze systemen als regel nog op traditionele wijze plaats door gebruik van papieren documenten (figuur 1.1).

Binnen enkele branches in de bouwsector worden standaarden en geautomatiseerde systemen voor de elektronische uitwisseling van specifieke gegevens ontwikkeld. Incidenteel en meestal op weinig effectieve wijze, worden CAD-tekeningen langs elektronische weg overgedragen. Binnen enkele branches worden ook andere soorten gedigitaliseerde informatie uitgewisseld.



figuur 1.1 *Uitwisseling informatie op documenten*
Interchange of information at documents

Aansluitend op deze ontwikkelingen binnen groepen gelijksoortige bedrijven, wordt in onderzoeksprojecten en vanuit branche-organisaties gezocht naar algemeen toepasbare modellen en technieken voor de uitwisseling van projectinformatie tussen bedrijven uit verschillende disciplines. Dit stuit echter op een groot aantal problemen. Aan de IT-ontwikkelingen en het overleg over toekomstige ontwikkelingen wordt vanuit de discipline betonconstructies of de prefab-betonbranche niet deelgenomen.

In *Strategie Bouwinformatica* [ARTB 1994, blz. 1] wordt gesteld, dat voor de communicatie tussen computers van verschillende bedrijven goede afspraken tussen bedrijven noodzakelijk zijn:

'In de toekomst zullen de inspanningen op het gebied van de IT in de bouw zich vooral richten op de communicatie tussen (de computers van) bouwpartners...Daarvoor zijn goede centrale afspraken nodig over de ordening, vormgeving en codering van elektronisch opgeslagen informatie'

In *Bouwvisie 2010* [ARTB 1993, blz. 31] wordt de verwachting uitgesproken dat in 2010 de communicatie tussen bouwpartners volledig geautomatiseerd zal zijn.

Voor de prefab-betonbedrijven is een effectieve uitwisseling van informatie binnen bouwprojecten van groot belang. De procestijden van bouwprojecten zijn de laatste decennia korter geworden. Mechanisering en automatisering in de prefab-betonbedrijven stellen hogere eisen aan de voorbereiding van de productie. Hierdoor wordt de tijdige toelevering van correcte informatie door de bouwpartners steeds belangrijker. In de praktijk geeft dit vaak problemen, waardoor vertraging en kostenverhoging in de productie ontstaan en de kans op fouten wordt vergroot. Prefab-betonbedrijven hebben daarom een strategisch belang bij de ontwikkeling en effectieve toepassing van informatietechnologie (IT).

Bij de prefab-betonbedrijven bestaat de automatisering overwegend uit onafhankelijk van elkaar werkende systemen (eilandautomatisering). Door de toename in aantal en omvang van de geautomatiseerde systemen wordt ook binnen de bedrijven gezocht naar methoden om gegevens tussen de verschillende systemen te kunnen uitwisselen.

Binnen de branche-organisaties BELTON en BEVLON zijn en worden geen gezamenlijke activiteiten ontwikkeld op het gebied van automatisering of informatietechnologie.

1.2 Probleemstelling en doelstellingen

Bij de informatie-overdracht binnen een prefab-betonbedrijf en tussen de bedrijven binnen een project, gaat het om dezelfde projectinformatie en toepassing van dezelfde standaarden. Het gebruik van externe informatie-uitwisselingssystemen zal gevolgen hebben voor de structuur van bedrijfsapplicaties en -bestanden. Interne en externe IT-ontwikkelingen kunnen daarom niet los van elkaar worden gezien. Dit betekent, dat de afspraken en standaarden die voor de uitwisseling van projectgegevens ontwikkeld moeten worden, van strategisch belang zijn en praktische consequenties zullen hebben voor de prefab-betonbedrijven.

Probleemstelling

De probleemstelling kan als volgt worden samengevat:

'De IT-ontwikkelingen in de bouw zijn van strategisch belang voor de prefab-betonbedrijven. Door het ontbreken van een collectief IT-beleid kunnen deze bedrijven als groep geen invloed uitoefenen op de IT-ontwikkelingen die nu vorm beginnen te krijgen en die zich in de komende jaren sterk zullen uitbreiden.'

Deze probleemstelling is vertaald in drie onderzoeksvragen:

1. Welke relaties bestaan er tussen de IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbedrijven en IT-ontwikkelingen in de bouw?
2. Wat is het strategisch belang voor de prefab-betonbranche om een eigen IT-beleid te voeren?
3. Welke inspanningen moeten door de prefab-betonbranche worden geleverd om het IT-beleid te effectueren?

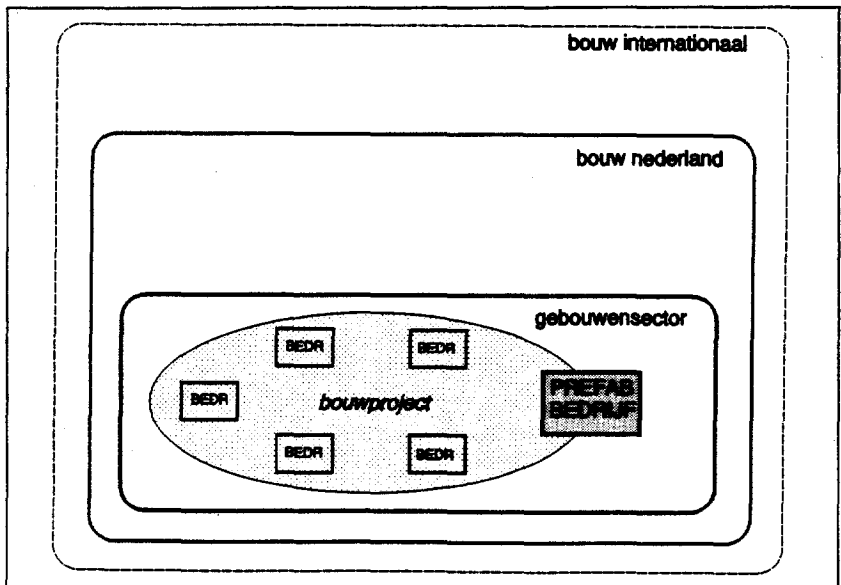
Interne doelstelling

In het proefschrift moeten de kenmerken van de bestaande en toekomstige IT-ontwikkelingen in de bouw en in de prefab-betonbedrijven worden omschreven. De relatie tussen beide ontwikkelingen moet worden aangegeven. Daarnaast moet worden omschreven waarom de prefab-betonbranche een eigen IT-beleid moet voeren en wat de consequenties zijn wanneer dit niet wordt gedaan. Ten slotte moet worden aangegeven op welke wijze dit IT-beleid moet worden ingevuld.

Externe doelstelling

Het onderzoek richt zich op het gezamenlijk management van de prefab-betonbedrijven. De resultaten van het onderzoek moeten het mogelijk maken, binnen en vanuit de prefab-betonbranche een eigen IT-beleid te ontwikkelen en uit te voeren. Het beleidsgebied moet daarom zo volledig mogelijk in beeld worden gebracht.

De externe doelstelling leidt tot een relatief breed georiënteerd onderzoek, waarvan de resultaten praktijkgericht moeten worden weergegeven.



figuur 1.2 Onderzoeksgebied
Area of research

1.3 Afbakening van het onderzoek

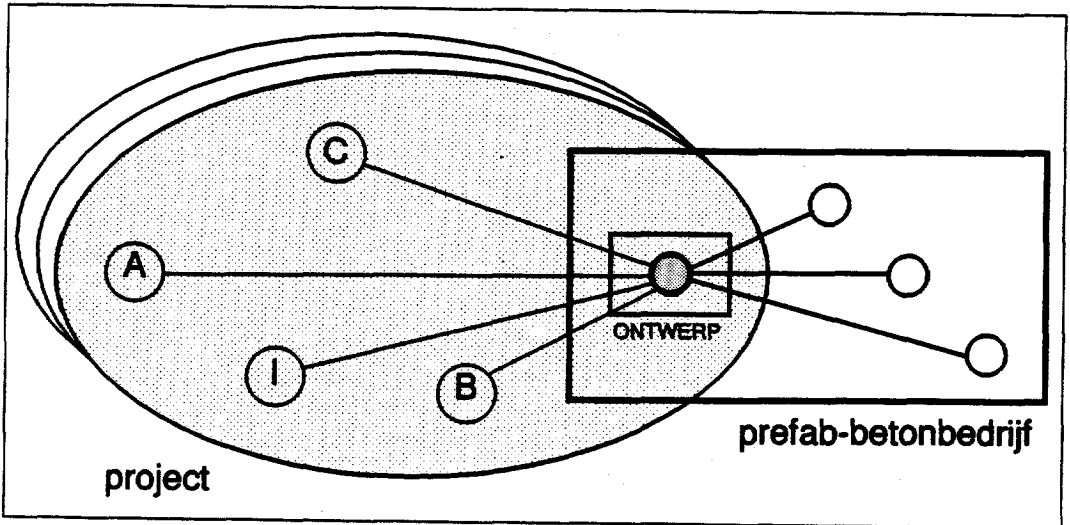
Het onderzoek is gericht op de toepassing van IT door prefab-betonbedrijven bij de uitvoering van projectgerichte opdrachten in de bouwsector. Hierin is ook de woningbouw begrepen.

IT-ontwikkelingen in andere bouwsectoren zijn bij dit onderzoek betrokken, voorzover deze van belang zijn ter verduidelijking van het totale beeld, of voor het beleid in de prefab-betonbranche. Om dezelfde redenen zijn enkele IT-ontwikkelingen in andere landen of in internationaal verband, in het onderzoek opgenomen (figuur 1.2).

Toepassing van IT in projecten betekent de uitwisseling van product- en projectinformatie met projectpartners en de verdere verwerking van de ontvangen informatie binnen het prefab-betonbedrijf.

Binnen de prefab-betonbedrijven is het gebruik van geautomatiseerde systemen in de reeks technische processen, van ontwerp tot assemblage, beschouwd. Het accent ligt daarbij op het ontwerpproces, omdat van daaruit zowel de uitwisseling van informatie met bouwpartners, als de toelevering van informatie voor de bedrijfsprocessen, plaatsvindt (figuur 1.3).

Het gebruik van geautomatiseerde algemene administratieve, organisatorische en logistieke systemen voor niet-technische processen is buiten beschouwing gelaten.



figuur 1.3 Overdracht productinformatie
Interchange of product data

1.4 Indeling van onderzoek en rapportage

Activiteiten

Het onderzoek omvatte onder andere de volgende activiteiten:

- Begin 1992 werd een enquête gehouden onder de bedrijven binnen de branche-organisaties BELTON en BEVLON, voor het verkrijgen van informatie over omzet, producten en de toepassing van geautomatiseerde systemen.
- Begin 1995 werd onder dezelfde bedrijven een tweede enquête gehouden, gericht op het gebruik van CAD-systemen.
- Aan vijfendertig prefab-betonbedrijven in Nederland werd een bezoek gebracht. Daarnaast werden prefab-betonbedrijven in België, Duitsland, Denemarken, Finland en de Verenigde Staten bezocht.
- Aan de studiec commissie van STUPRE die de overdracht van gegevens voor prefab elementen bestudeerde, werd deelgenomen als lid en rapporteur.
- Van 1993 t/m 1995 werd als lid deelgenomen aan NNI-commissie STEP-draughting (STEP-2DBS).
- In 1993 en 1994 werd deelgenomen aan de klankbordgroep voor het project 'CAD-afsprakenstelsels' van FORUM-systeemhuizen.
- In 1993 en 1994 werd deelgenomen aan de werkgroep Product Engineering van het NGI (Nederlands Genootschap van Informatica).
- In 1995 en 1996 werd het afstudeerproject begeleid van S. Nachtergaele, student van de faculteit TWI van de TU Delft. Dit project werd uitgevoerd bij een prefab-betonbedrijf en was gericht op de uitwisseling van specifieke CAD-gegevens tussen prefab-betonbedrijven en projectpartners.

Indeling van het proefschrift

In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste kenmerken van de bedrijven weergegeven: de omzet, de producten en de verschillende soorten processen die van ontwerp tot assemblage van een betonelement worden uitgevoerd. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de positie van het prefab-betonbedrijf in het bouwteam en aan kenmerken van de prefab-betonindustrie in het buitenland.

In hoofdstuk 3 wordt het gebruik van geautomatiseerde systemen binnen de prefab-betonbedrijven toegelicht. Daarbij komen de algemene kenmerken van de automatisering en de onderlinge verschillen tussen de bedrijven aan de orde. Uit ontwikkelingen en onderzoek in binnen- en buitenland worden conclusies getrokken met betrekking tot de toekomstige ontwikkelingen in de automatisering bij prefab-betonbedrijven.

In hoofdstuk 4 wordt de uitwisseling van informatie geanalyseerd die be-

trekking heeft op ontwerp, productie en levering van prefab elementen. Hiertoe behoort ook het gebruik van voorschriften en documenten. Aan de informatie-overdracht op tekeningen wordt speciale aandacht besteed.

In hoofdstuk 5 wordt de structuur van producttypen en procestypen binnen een bouwproject geanalyseerd. De indeling in branches en disciplines is onderdeel van deze structuur. Daarna wordt de structuur van regelgeving en standaardisatie geanalyseerd. Dit leidt tot het onderscheiden van drie typen informatiemodellen. Tot slot worden de verschillende soorten afsprakenstelsels besproken.

In hoofdstuk 6 wordt het structureren, opslaan en uitwisselen van gedigitaliseerde informatie behandeld. Daarbij komt het structureren en overdragen van informatie bij CAD-systemen aan de orde en de toepassing van productmodellen. Internationale standaarden voor de elektronische uitwisseling van informatie worden toegelicht. Speciale aandacht krijgen de problemen die bij het structureren van informatie optreden en die remmend werken op de ontwikkelingen in de praktijk.

In hoofdstuk 7 wordt de stand van IT-onderzoek en IT-ontwikkelingen in de bouw in beeld gebracht. Enkele voorbeelden van internationaal onderzoek en van recente, branchegerichte ontwikkelingen binnen de bouwsector worden toegelicht. De delen van de bouwpraktijk waar nog geen IT-ontwikkelingen plaats hadden, worden geïnventariseerd. Het gebruik van informatie-uitwisselingssystemen in de praktijk wordt toegelicht.

Voor bouwprojecten binnen de bouwsector worden in hoofdstuk 8 enkele aspecten van de toekomstige ontwikkeling van informatie-uitwisselingssystemen besproken. De aansluiting op de bestaande ontwikkelingen is daarbij uitgangspunt. Voor het organisatorisch en bestuurlijk kader worden voorstellen gedaan. Daarna wordt het ontwikkelingstraject van een algemeen informatie-uitwisselingssysteem toegelicht.

De resultaten van de vorige paragrafen worden in hoofdstuk 9 getoetst aan een casus. Deze casus is gericht op de informatie-uitwisseling in het sparingbepalingsproces. Nagegaan wordt welke verbeteringen van dit proces mogelijk zijn door toepassing van IT-middelen. De vereiste standaardisaties, systeemontwikkelingen en afspraken worden toegelicht.

Ten slotte wordt in hoofdstuk 10 omschreven op welke wijze het IT-beleid van de prefab-betonbranche moet worden vormgegeven. De doelstellingen van het beleid worden geformuleerd. Inhoud en uitvoering van het IT-beleid door bedrijven en branche-organisaties worden toegelicht. Het hoofdstuk wordt besloten met een bespreking van de mogelijke positieve effecten van het IT-beleid.

2. Profiel van de prefab-betonbranche

Dit onderzoek is gericht op Nederlandse bedrijven die constructieve prefab betonelementen produceren en leveren voor bouwprojecten. Voor het beoordelen van de toepassingsmogelijkheden en het belang van IT moeten de specifieke kenmerken van deze bedrijven bekend zijn.

In dit hoofdstuk wordt een algemeen beeld geschetst van deze bedrijven en van hun plaats in het bouwproces. Er wordt een overzicht gegeven van het productenpakket en van de verschillende processen die het prefab-betonbedrijf in het kader van een projectgerichte opdracht uitvoert. Daarnaast wordt aandacht besteed aan tendensen in vraag en aanbod en aan nieuwe ontwikkelingen. De positie van de prefab-betonindustrie in Nederland wordt vergeleken met de situatie in andere landen.

2.1 Algemeen

De toepassing van geprefabriceerde betonelementen heeft zich na de Tweede Wereldoorlog snel ontwikkeld. Een tekort aan bouwcapaciteit trachtte men in de jaren vijftig en zestig te compenseren door repetitie en eenvoudige ontwerpen. Dit vormde de basis voor ontwikkeling en gebruik van geprefabriceerde producten. Later verschoof het accent naar een betere beheersing van het bouwproces, met kortere bouw tijden en beperking van productie op de bouwplaats. Door nieuwe typen elementen, toepassing van technologische ontwikkelingen en nieuwe efficiënte productiemethoden in de prefab-betonbranche, werd de kwaliteit van de producten verhoogd en ontstonden nieuwe toepassingsmogelijkheden.

In het kader van dit onderzoek werd in 1992 onder de leden van de branche-organisaties BELTON en BEVLON een enquête gehouden om een aantal bedrijfskenmerken, waaronder het gebruik van geautomatiseerde systemen, in beeld te brengen. De informatie die hiermee over de bedrijven en hun omzet, producten en bedrijfsprocessen werd verkregen, is in de paragrafen 2.2 t/m 2.5 verwerkt. De resultaten van de enquête die betrekking hebben op automatisering worden in hoofdstuk 3 uitgewerkt en besproken.

2.2 De producten

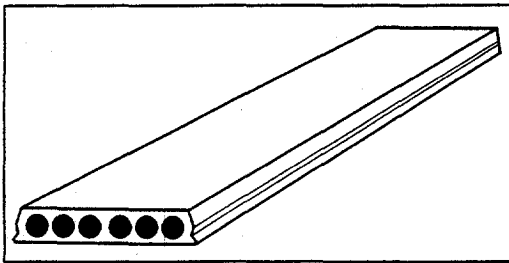
Het grootste gedeelte van de levering van betonelementen heeft in de gebouwensector plaats, waaronder ook de woningbouw wordt gerekend. Over de verdeling van de toeleveringsgebieden en het aandeel van de verschillende elementtypen zijn bij de bedrijven en de branche-organisaties geen gegevens beschikbaar.

De vloerelementen vormen meer dan vijftig procent van de totale productie van constructieve betonelementen. Een aantal grotere bedrijven heeft zich in dit type producten gespecialiseerd.

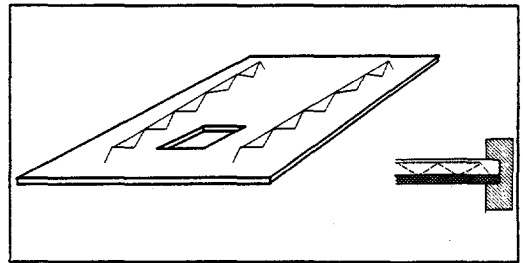
De bouwensector

De kanaalplaat (figuur 2.1) heeft zich in het laatste decennium ontwikkeld tot één van de meest toegepaste betonelementen. De productie is ingesteld op een breedte van 1,20 m met mallen voor verschillende plaatdikten. De maximum overspanning is 16,00 m. De bekistingsplaatvloer is in de jaren zestig ontwikkeld en maakt een constructiemethode mogelijk waarin de voordelen van prefab beton en in het werk gestort beton worden gecombineerd (figuur 2.2). Andere vloertypen zijn ribbenvloeren en combinatievloeren. Deze laatste worden in de woningbouw toegepast en bestaan uit voorgespannen liggertjes en vulblokken.

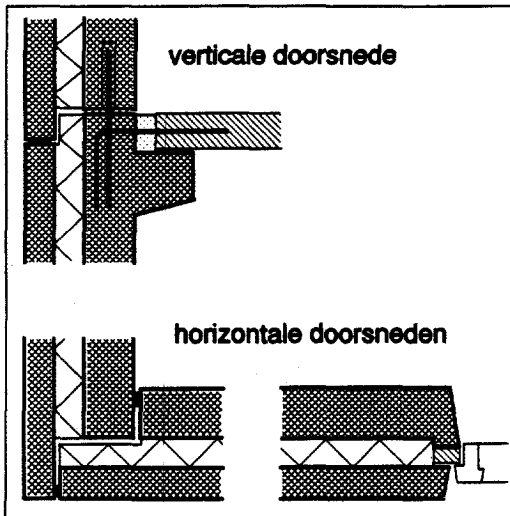
Naast de vloerelementen nemen de gevel- en wandelementen een belangrijke plaats in. Gevelelementen zijn meestal uit verschillende materiaallagen opgebouwd en hebben door de voegconstructies en de raamopeningen een complexe detaillering (figuur 2.3).



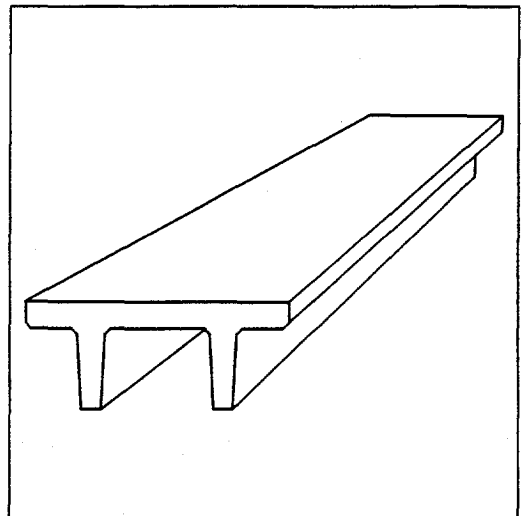
figuur 2.1 Kanaalplaat
Hollow core slab



figuur 2.2 Bekistingsplaatvloer
Composite floor-plate



figuur 2.3 Details sandwichconstructie gevelelement (uit [Belton 1994])
Details of sandwich construction of facade element



figuur 2.4 TT-ligger
TT-Beam

In *Gevels in prefab sierbeton* [BELTON 1993] staan overzichten van elementtypen en details.

Andere toepassingen in gebouwen zijn onder meer: balkonplaten, trappen, lateien, kolommen en balken. De TT-ligger (figuur 2.4) is een typische prefab oplossing voor overspanningen tot maximaal 30 m. Voor lage bedrijfsgebouwen worden liggers en spanten in gestandaardiseerde series gemaakt.

Bovengenoemde betonelementen vormen samen met in het werk gestort beton en het metselwerk, de dragende constructie. In het laatste decennium heeft een aantal bedrijven twee- en driedimensionale constructiesystemen ontwikkeld voor geprefabriceerde draagconstructies voor gebouwen. Daarbij worden voor kolommen, balken, vloeren en eventueel wanden standaardelementtypen toegepast. Een beperkt aantal variaties in de plaatsing van kolommen en wanden is daarbij mogelijk. Het aantal verdiepingen is beperkt.

Deze systemen onderscheiden zich door speciale oplossingen voor de knooppunten van horizontale en verticale elementen. In [Geelen & v.d. Merkenhof 1991] en [Bennenk & van Boom 1992] worden twee systemen voor geprefabriceerde draagconstructies voor gebouwen beschreven.

de GWW-sector

Voor civieltechnische constructies worden meestal zwaardere betonelementen toegepast. Voor het maken van viaducten zijn door enkele bedrijven series liggers ontwikkeld met een gestandaardiseerde dwarsdoorsnede, tot een lengte van meer dan 50 m. Andere producten in deze sector zijn: duikers, keerwanden, elementen voor geluidswallen en dwarsliggers onder spoorrails.

Betonelementen die in de agrarische sector worden toegepast, kenmerken zich meestal door kleinere afmetingen en bewerkelijke details. Voorbeelden zijn: elementen voor stalvloeren, silo's en kleine bedrijfsgebouwen.

redenen voor toepassing van prefab betonelementen

Door de fabrieksmatige productie onder geconditioneerde omstandigheden, hebben geprefabriceerde betonelementen een hogere en meer constante technische kwaliteit dan gelijksoortige constructies die met ter plaatse gestort beton worden gemaakt. Deze kwaliteit betreft onder andere maatvastheid, oppervlaktestructuur en homogeniteit van het materiaal.

Aan eisen met betrekking tot milieu en arbeidsomstandigheden kan in een prefab-betonbedrijf op eenvoudiger wijze worden voldaan dan op de bouwplaats. Dit geldt met name voor de eisen die in de ARBO-wet zijn vastgelegd. Daarnaast zijn de kosten voor gelijksoortige arbeid in de fabriek lager dan op de bouwplaats.

Binnen een bouwproject wordt de keuze voor prefab betonelementen meestal bepaald door één of meer van de volgende redenen:

- *Verkorting van de uitvoeringstijd.*
Dit kan bij woning- en kantorenbouw in meerdere lagen een belangrijk argument zijn.
- *Minder hulpconstructies.*
Dit geldt voor de meeste toepassingen, maar kan met name bij de bouw van viaducten een doorslaggevende factor zijn.
- *Ruimtegebrek op de bouwplaats.*
Dit komt bij steeds meer projecten voor.
- *Directe kostenbesparing.*
Kanaalplaatvloeren bieden met hun grote overspanningen en montage zonder hulpconstructies, in veel situaties mogelijkheden die met andere systemen of met in het werk gestort beton niet op een economische wijze realiseerbaar zijn.
- *Eenvoudiger productiemethoden.*
Voorspanstystemen in een fabriek zijn eenvoudiger en vergen minder arbeidskosten dan op de bouwplaats.
- *Kwaliteit van het product.*
Bij gevelelementen worden aan oppervlaktestructuur, kleur en detaillering zulke hoge eisen gesteld, dat in het werk gestort beton kwalitatief en economisch gezien geen goed alternatief vormt. Ook holle vloeren zijn moeilijk in het werk te storten.
- *Tekort aan vakspecialisten op de bouwplaats.*
De werving van vakspecialisten voor uitvoerende werkzaamheden op de bouwplaats, vormt voor bouwbedrijven een permanent en toenevend probleem.

In *Planning and design handbook on precast building structures* [FIP 1994] wordt een overzicht gegeven van elementtypen, constructiesystemen en uitgangspunten bij het ontwerpen.

Bij de toepassing van prefab-betonelementen moet het prefab-betonbedrijf tijdig over gedetailleerde informatie kunnen beschikken. Deze informatie moet eerder beschikbaar zijn dan bij in het werk gestorte beton [Walraven & Straman 1995, blz. 1-10]. Hiermee moet bij de projectplanning rekening worden gehouden. Dit wordt als een nadeel van de toepassing van prefab-betonelementen gezien.

2.3 De bedrijven

De ondernemingen die betonelementen vervaardigen, zijn vrijwel allemaal ontstaan uit kleine familiebedrijven. Ze waren aanvankelijk regionaal gericht en voerden een zo breed mogelijk productenpakket. Voor de kleinere bedrijven geldt dit vaak nog steeds. Door mechanisatie, hogere kwaliteitseisen en een groeiende markt trad na de Tweede Wereldoorlog schaalvergroting en specialisatie op.

In de laatste decennia zijn veel bedrijven overgenomen door andere prefab-betonbedrijven, bouwbedrijven en holdings. Daardoor maakt tegenwoordig de helft van de bedrijven deel uit van een holding en heeft ongeveer veertig procent van de bedrijven meer dan één vestiging waar productie plaatsvindt. Slechts enkele bedrijven zijn gespecialiseerd in één enkel product of producttype.

Bij een aantal bedrijven worden, naast de projectgerichte constructieve betonelementen, ook standaard betonproducten in serie gemaakt, bijvoorbeeld voor wegverhardingen. Hier is geen sprake van projectgerichte productie. Ook een combinatie met de handel in bouwmaterialen of het uitvoeren van bouwwerkzaamheden komt bij enkele bedrijven voor.

Omzet van de bedrijven

De omzet van de prefab-betonbedrijven varieert van een paar miljoen gulden tot meer dan 200 miljoen gulden. Op grond hiervan kan gesproken worden van verschillende typen bedrijven. Bij de bespreking van het gebruik van geautomatiseerde systemen in hoofdstuk 3, komt dit aspect nader aan de orde.

In Nederland zijn ca. veertig bedrijven die, met een jaaromzet van meer dan 5 miljoen gulden, constructieve betonelementen vervaardigen. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de totale omzet van de bedrijven die constructieve betonelementen vervaardigen. Op basis van informatie uit de eerste enquête en uit enkele individuele ramingen blijkt, dat de totale omzet van de bedrijven binnen de branche-organisaties BELTON en BEVLON in 1992 tussen 1100 en 1300 miljoen gulden ligt.

In *Bouwvisie 2010* [ARTB 1993, blz. 24, 30] wordt de verwachting uitgesproken dat het aandeel van geprefabriceerde componenten in bouwwerken de komende jaren sterk zal toenemen.

Van de bouw van betonnen draagconstructies en van prefab betonelementen zijn geen gegevens over volume of omzet beschikbaar waaruit het aandeel van de prefab betonelementen in de totale draagconstructie valt af te leiden. Interpretatie van gegevens over een korte termijn is moeilijk omdat de economische situatie, het overheidsbeleid en maatschappelijke ontwikkelingen invloed hebben op de omvang van het bouwvolume en het aandeel van de verschillende soorten projecttypen.

CBS-gegevens voor gebouwen en vloer-, wand- en gevelementen over een periode van zeven jaar, geven een indicatie van het groeiend aandeel van prefab betonelementen in gebouwen [CBS 1996] en daarmee in de draagconstructies. Hieruit blijkt dat de toelevering tussen 1988 en 1995 jaarlijks gemiddeld 6,3% is gegroeid en dat de toename van het aandeel van prefab betonelementen gemiddeld 4,5% per jaar toeneemt. Dit is in tabel 2.1 weergegeven.

Tabel 2.1 Groei van aandeel omzet prefab betonelementen in omzet gebouwen
Growth of part of precast concrete elements in construction sum of buildings

	gebouwen bouw gestart	vloer-, wand- en gevelelementen	aandeel elem. (%)
omzet in 1988 (mln gld)	23371	603	2,58
omzet in 1995 (mln gld)	26300	927	3,52
groei over 7 jaar (%)	12,5	53,7	36,6
groei gem. per jaar (%)	1,7	6,3	4,5

Uitbesteding werkzaamheden

Veel bedrijven besteden bij de voorbereiding van de productie bepaalde werkzaamheden uit:

- De meeste bedrijven besteden het maken van houten of stalen mallen uit aan gespecialiseerde bedrijven. Enkele bedrijven hebben een aparte afdeling waar houten mallen worden vervaardigd. Het verrichten van kleine aanpassingen van de mallen gebeurt binnen de bedrijven.
- Ongeveer 40% van de bedrijven heeft een afdeling voor het maken van wapeningsconstructies. In de andere bedrijven wordt de bewerkte wapening toegeleverd door wapeningscentrales. Het voorspanstaal wordt altijd binnen het prefab-betonbedrijf bewerkt.
- Een aantal kleinere bedrijven laat het ontwerp en de detaillering van de betonelementen door een ingenieursbureau uitvoeren.
- Enkele kleine bedrijven beschikken niet over een eigen betoncentrale.
- Naast de structurele uitbesteding van delen van de productie, maken veel bedrijven bij een tijdelijk tekort aan eigen capaciteit gebruik van de bovengenoemde toelieferingen door derden.

Structurele uitbesteding van werkzaamheden komt meer voor bij kleinere bedrijven dan bij grotere (paragraaf 3.2, figuur 3.2).

Positie in het bouwteam

In veel projecten treedt het prefab-betonbedrijf op als onderaannemer. Vaak moet in prijsconcurrentie een aanbieding aan de hoofdaannemer worden gedaan. Dit gebeurt dan meestal op basis van het algemene ontwerp van het bouwproject, zonder de beschikking over detailtekeningen.

Bij grotere projecten met een belangrijk aandeel aan prefab betonelementen, of met toepassing van betonelementen met een complexe detaillering, komt het voor dat het prefab-betonbedrijf al in de ontwerpfase bij het projectoverleg wordt betrokken. Hierdoor kan het ontwerp van de elementen beter worden afgestemd op de productieprocessen.

Soms neemt de hoofdaannemer het initiatief om, na overleg met de ontwerpers, de ontworpen constructie van in het werk gestorte beton,

(gedeeltelijk) te vervangen door prefab betonelementen. Indien daar bij het ontwerp en de planning van het project geen rekening mee is gehouden, komt de prefab-fabrikant vaak onder grote tijdsdruk te staan.

Levering in het buitenland

Afwijkende voorschriften en procedures, alsmede een andere bouwcultuur, bemoeilijken de levering van prefab betonelementen voor buitenlandse projecten. De levering aan West-Europese landen is daardoor beperkt, maar neemt toe. Uit bedrijfspresentaties binnen STUPRE en persoonlijke contacten met bedrijven blijkt, dat bij een aantal bedrijven de productie van elementen bestemd voor de export al een substantieel deel van de totale productie vormt. Enkele prefab-betonbedrijven hebben sinds kort een buitenlandse vestiging. Hierover zijn geen cijfers bekend.

Positie prefab-betonindustrie internationaal

De toepassing van prefab betonelementen is internationaal gezien het sterkst ontwikkeld in Noordwest-Europa. Vooral in de Scandinavische landen met hun lange winters is prefabricage een belangrijk onderdeel van het bouwproces. Bij de prefab bedrijven in Noordwest-Europa bestaan geen belangrijke onderlinge verschillen wat de producten en de productiemethoden betreft.

In de Oost-Europese landen worden in gebouwen op grote schaal veel prefab betonelementen toegepast. Er bestaat weinig informatie over de uitvoerende bedrijven en de geleverde producten. Uit verslagen van werkbezoeken blijkt dat de kwaliteit van de producten op een lager niveau ligt dan in West-Europa.

Internationaal varieert het aandeel van de prefab-betonindustrie in relatie tot het aantal inwoners en het totale volume van de betonbouw sterk. In Finland en Nederland is het aandeel van de prefab-betonindustrie het grootst.

In tabel 2.2 is voor enkele landen het aandeel prefabricage uitgedrukt in het percentage cement en het totale cementgebruik per inwoner in kilogrammen [Tupamaki 1992]. Hieruit kan de voor prefab betonelementen gebruikte hoeveelheid cement per inwoner worden berekend (derde rij van de tabel).

Tabel 2.2 Cementgebruik voor geprefabriceerd beton (1992)
Use of cement for precast concrete (1992)

	Finl.	Ned.	Belg.	Fra.	UK	Jap.	USA
% cementgebruik voor prefab	42	41	20	18	25	15	12
kg cementgebruik per inwoner	160	150	115	80	70	110	35
kg cementgebruik prefab per inwoner	67	62	23	14	18	17	4

Het is niet duidelijk welke producten bij de door Tupamaki gepresenteerde cijfers onder prefab zijn gerekend. De getallen moeten daarom alleen als een aanduiding voor de verhoudingen tussen de landen worden beschouwd.

Finland neemt op het gebied van prefab betonelementen internationaal gezien een bijzondere plaats in. Twee concerns beheersen als eigenaar van een groot aantal prefab bedrijven de nationale markt voor prefab betonelementen. Partek, een van deze concerns, is eigenaar van prefab-betonbedrijven in tien landen binnen en buiten Europa. Het concern heeft een eigen researchgroep voor prefabricage (zie ook paragraaf 3.3).

De prefab-betonindustrie in Finland heeft in samenwerking met de overheid prefab betonelementtypen voor gebouwen gestandaardiseerd en heeft geautomatiseerde systemen ontwikkeld (zie paragraaf 7.1).

2.4. De bedrijfsprocessen

Bij het verwerken van een opdracht wordt in een prefab-betonbedrijf een reeks technische processen doorlopen, te weten:

- ontwerp;
- voorbereiding productie;
- productie;
- nabehandeling;
- transport en opslag;
- transport naar bouwplaats;
- levering of montage.

Hieronder volgen de belangrijkste kenmerken van deze processen. In hoofdstuk 4 worden deze processen verder geanalyseerd, om inzicht te geven in de manier waarop informatieoverdracht plaatsvindt.

Ontwerp

Het ontwerp wordt in twee stappen uitgevoerd. In de eerste ontwerpfase wordt het elementtype gekozen. In het algemeen is deze keuze al vastgelegd in het ontwerp van de architect of constructeur. Voor liggers, spanten en vloeren moet een profieltype worden gekozen.

Het basisontwerp van het element wordt daarna aangepast aan het specifieke ontwerp door het bepalen van de hoofdmaten, oplegdetails, grote openingen enz. Daarbij wordt rekening gehouden met transportmogelijkheden en voorzieningen op de bouwplaats.

Voor plaatvormige elementen als vloeren, wanden en gevels wordt een totaalontwerp gemaakt waarin de plaatsing van de elementen wordt vastgelegd, passend in het bouwkundig en constructief ontwerp. De benodigde sterkteberekeningen en de daarvan afgeleide wapening of voorspanning, zijn gebaseerd op de betonvoorschriften. Deze gegevens worden op een ontwerptekening vastgelegd en als voorstel aan de ontwerpers aangeboden.

Na overleg met ontwerpers en aannemer wordt in de tweede ontwerpfase

het detailontwerp gemaakt. In dit detailontwerp worden in te storten ankers, schroefhulzen en voorzieningen voor elektra vastgelegd. Dit geldt ook voor voegconstructies, kleine sparingen, hijsvoorzieningen enz.

Het definitieve ontwerp van de serie betonelementen wordt op een overzichtstekening of legplan en op productietekeningen vastgelegd. Het prefab-betonbedrijf zendt deze tekeningen ter goedkeuring naar de ontwerpers en controlerende instanties.

Alle constructieve aspecten van de toepassing van geprefabriceerd beton in gebouwen komen aan de orde in het collegedictaat *Gebouwen in geprefabriceerd beton* [Walraven & Straman 1995, hoofdstukken III-V].

De wijze waarop het ontwerp en de plaatsing van de betonelementen op tekening worden vastgelegd, is afhankelijk van het elementtype en van het bedrijf. Elk bedrijf heeft zijn eigen systeem voor het maken van ontwerp-, overzichts- en productietekeningen. Dit wordt in paragraaf 4.6 nader besproken.

Bij de levering van twee- of drie-dimensionale constructies voor gebouwen wordt ook het totaalontwerp van de constructie door het prefab-betonbedrijf gemaakt.

Vorbereiding productie

Met de keuze van het elementtype ligt de productiemethode vast. Op basis van het gemaakte ontwerp van de elementen vindt de voorbereiding van de productie plaats. Deze bestaat uit:

- specificatie van materialen;
- maken van de definitieve begroting;
- maken van de productieplanning;
- maken of aanpassen van mallen;
- maken van wapeningselementen;
- eventuele aanschaf van materialen of componenten.

Alleen enkele grotere bedrijven maken naast een productieplanning ook een projectplanning.

De in te storten voorzieningen zijn meestal standaardonderdelen (contactdozen, ankers, schroefhulzen, leidingen, hijsvoorzieningen), waardoor de projectgerichte inkoop zeer beperkt is.

Het ontwerp van de betonelementen en het maken van de begroting vindt vaak in stappen plaats. Voor het maken van de offerte worden globale gegevens bepaald, die bij een opdracht verder worden uitgewerkt.

Productie

Bij het productieproces worden de componenten mal, in te storten onderdelen en wapening tot een eenheid geassembleerd. De oppervlakken waar de betonspecie tegenaan komt, worden met een speciale olie behandeld. Bij voorgespannen betonelementen (vloeren, liggers) zijn het voorspanstelsysteem en de stalen bekisting meestal geïntegreerd tot een unit met een vaste opstelling.

De betoncentrale vormt een aparte eenheid in het productieproces. Er wordt afwisselend gewerkt met verschillende soorten toeslagmaterialen, hulpstoffen en cementsoorten. Door de opeenvolgende en parallel lopende korte projectcycli en door de vaak complexe en kleinschalige mallen, worden hoge eisen gesteld aan de procesbeheersing van de betonspecieproductie. De gestorte betonspecie wordt door trillen verdicht, waarna het gestorte bovenvlak wordt afgewerkt. Hiervoor worden verschillende technieken gebruikt.

Er bestaat een grote differentiatie in productiemethoden, maar globaal kunnen ze in drie groepen worden verdeeld:

1. Het maken van speciale houten of stalen mallen voor de elementen van één project. In principe wordt dan op dezelfde wijze gewerkt als op de bouwplaats. Dit komt voor bij elementen met een bijzondere vorm, bijvoorbeeld met gebogen of niet-rechthoekige vormen of met scheve hoeken. Een variant op dit systeem is het maken van stalen mallen die voor een reeks opdrachten gebruikt worden, zoals voor betonelementen (liggers, spanten) met een gestandaardiseerde dwarsdoorsnede.
2. Het produceren van betonelementen in lange straten. Deze methode is vooral ontwikkeld voor de productie van voorgespannen elementen (liggers, kanaalplaten).
Bij de productie van kanaalplaten staan meerdere banen voor de verschillende plaatdikten in een standaardbreedte van 1200 mm en tot een lengte van 150 m naast elkaar opgesteld. Na het aanbrengen en spannen van de voorspanstrengen wordt met een extruder- of glijsysteem de lange mal in één procesgang gevuld met betonspecie. Aangezien de betonspecie zeer droog is en het storten langzaam verloopt, kunnen de holle kanalen in de plaat zonder hulpmateriaal worden gevormd. Kort na het storten worden kleine sparingen aangebracht. Na een minimale verharding wordt de lange plaat in de vereiste lengtes gezaagd. Een plaat kan na het storten door zagen smaller worden gemaakt.
3. Het carrouselstelsel. Bij dit systeem worden grote, op lorries geplaatste, stalen pallets door de productieruimte verplaatst. Op vaste stations worden achtereenvolgens handelingen uitgevoerd zoals:
 - plaatsen zijanten mal;
 - plaatsen van voorzieningen voor sparingen;
 - aanbrengen van leidingen en andere voorzieningen;
 - plaatsen van de wapening;
 - storten van de betonspecie, soms in lagen met verschillende samenstellingen.

Na het storten wordt de eenheid tijdens de verhardingsperiode in een speciale ruimte geplaatst. Als het beton hard genoeg is, wordt de mal verwijderd en het element nabewerkt.

Deze productiemethode wordt voornamelijk toegepast bij gevelelementen en andere plaatvormige elementen, maar is in principe geschikt voor alle soorten betonelementen.

Bij het productieproces hoort ook de kwaliteitscontrole, die onder andere betrekking heeft op de maatvoering met de optredende maatafwijkingen, de materiaalsterkten en op beschadigingen aan het jonge beton.

Nabehandeling

Na verwijdering van het element uit de mal, of het lossen van de mal, volgt nog een aantal nabehandelingenprocessen. Afhankelijk van het type element, type productieproces en de vereiste oppervlaktestructuur of afwerking, kunnen dit zijn:

- versnellen van het verhardingsproces;
- stralen van het oppervlak;
- uitwassen van het oppervlak;
- bespuiten met verf;
- aanbrengen van een coating;
- afvoegen van in het element opgenomen tegels, stenen e.d.;
- bevestigen van isolatiemateriaal;
- plaatsen van kozijnen;
- plaatsen van glas;
- herstellen van kleine beschadigingen aan elementen.

De maldelen moeten na gebruik worden schoongemaakt. Beschadigde delen worden hersteld, waarna de losse maldelen worden opgeslagen voor hergebruik.

Intern transport en opslag

Het interne transport van mallen, wapeningsconstructies en elementen vindt vaak plaats met behulp van loopkranen. Voor de betonspecie wordt meestal een apart transportsysteem gebruikt.

Als het element geheel is afgewerkt, heeft transport naar het opslaggedeelte plaats. Bij de meeste bedrijven sluit het opslagterrein aan op de productiehal. De betonelementen moeten voor verdere verharding een aantal dagen in opslag blijven, voordat ze naar de bouwplaats kunnen worden afgevoerd.

Vervoer naar de bouwplaats

Na voldoende verharding zijn de elementen op afroep beschikbaar. Het transport naar de bouwplaats wordt meestal door externe transportbedrijven uitgevoerd.

Levering en montage

Indien slechts een gedeelte van de betonconstructie geprefabriceerd wordt, verzorgt de hoofdaannemer meestal de montage van de elementen. De elementen worden dan in veel gevallen direct vanaf de auto in het werk geplaatst. Bij levering van een compleet geprefabriceerd systeem wordt de montage door het prefab-betonbedrijf uitgevoerd.

Voor de montage van de elementen is meestal speciaal hulpmaterieel nodig, dat door het prefab-betonbedrijf wordt meegeleverd. Na deze 'droge montage' moet bij veel typen elementen (onder andere bij vloerelementen), nog beton worden gestort voor het maken van aansluitingen, verbindingen en deklagen. Dit wordt de 'natte montage' genoemd.

Nieuwe ontwikkelingen

Geïnitieerd door de ontwikkeling van nieuwe typen productiemachines, worden verbeteringen en vernieuwingen in het productieproces van prefab-betonbedrijven doorgevoerd. Regelmatig worden bij grotere prefab-betonbedrijven nieuwe integrale productiesystemen ontwikkeld en in gebruik genomen. In *Concrete Precasting Plant and Technology, (Beton und Fertigteilbau Technik)* worden deze ontwikkelingen regelmatig gesignaleerd [Schwarz 1992a], [Schwarz 1992b] en [Schwarz 1995].

Ook door steeds verdergaande automatisering en met name door de toepassing van robotica zullen productiemethoden worden vernieuwd. In paragraaf 3.3 komen deze vernieuwingen aan de orde. Sommige grotere prefab-betonbedrijven gaan ertoe over om de levering en montage van elementen zelf uit te voeren. Deze tendens stemt overeen met de verwachtingen die in *Bouwvisie 2010* [ARTB 1993, blz. 30] worden uitgesproken.

2.5 Standaardisatie

Volledig gestandaardiseerde constructieve prefab betonelementen komen niet voor, met uitzondering van dwarsliggers voor spoorwegen.

Oorzaak van variaties

De variatie in betonelementen ontstaat als volgt:

- Een aantal bedrijven heeft voor liggers en vloerelementen die in gebouwen en civieltechnische projecten worden toegepast, standaardseries ontwikkeld. Dit betekent dat voor een vaste reeks dwarsdoorsneden per doorsnede de combinatie van toelaatbare belasting en maximale overspanning wordt vastgelegd.
- Op basis van de grootte en soort van de optredende belasting en de werkelijke overspanning, worden vervorming, veiligheid en de benodigde wapening of voorspanning berekend. Hierdoor treden variaties in vorm, hoeveelheid en plaats van wapening of voorspanning op.
- De oppervlakken worden op verschillende manieren afgewerkt.
- Er worden verschillende soorten materialen of combinaties van materiaalsoorten gebruikt.
- Er bestaan variaties in het architectonisch, bouwkundig en installatietechnisch ontwerp.
- In te storten voorzieningen en sparingen worden altijd volgens opgave aangebracht. Voor de plaats van deze voorzieningen en sparingen voor

installaties of voor andere bouwkundige functies bestaan geen normen of richtlijnen.

- Voor veel details (opleggingen, voegen, bevestigingen, randen van grote openingen, kleine sparingen) zijn door de branche-organisatie BELTON voorkeursoplossingen ontwikkeld [BELTON 1992], maar hiervan wordt op voorstel van de hoofdontwerpers vaak afgeweken.

Cumulatief is de totale variatie zo groot, dat ook bij grotere projecten in de gebouwensector de gemiddelde seriegrootte (de onderling verwisselbare elementen) vrijwel altijd kleiner is dan drie.

Binnen projectgerichte series elementen is de laatste decennia een toenemende variatie waarneembaar. Van Acker noemt voor gevelelementen een seriegrootte kleiner dan twee [van Acker 1992]. Janhnunen wijst in verband met de kleiner wordende series op de toename van de ontwerp-kosten per m³ prefab beton. Uit zijn cijfers blijkt dat het aantal manuren voor het ontwerpen van 1 m³ prefab beton tussen 1973 en 1988 meer dan verdubbeld is [Janhnunen 1993].

Beperking van variaties

De mogelijke variatie in vorm en afmetingen wordt in belangrijke mate bepaald door het productieproces.

Het langebanksysteem voor kanaalplaten laat bijvoorbeeld weinig variatie toe. Met het carrouselstelsel daarentegen kunnen veel producttypen en -varianties worden gemaakt [Schwarz 1992b], [Schwarz 1995]. Bij dit systeem zijn de enige restricties dat de elementen op een vlakke bodemplaat kunnen worden gemaakt en dat de afmetingen in dat vlak niet groter zijn dan die van de plaat.

Binnen de branche bestaan er geen afspraken over typering en naamgeving van betonelementen.

Door de branche-organisatie BELTON zijn twee handboeken uitgegeven voor het ontwerpen en detailleren van prefab betonelementen [BELTON 1992] en [BELTON 1993]. Hierin worden onder andere voor veelvoorkomende constructieve details en verbindingen voorkeursoplossingen gegeven. Er staan toleranties in vermeld, waarvoor de meeste bedrijven in hun aanbiedingen standaardwaarden gebruiken.

Voor het maken van betontekeningen bestaat één algemeen normblad, te weten NEN 3870. Voor het maken van de verschillende soorten tekeningen voor prefab betonelementen bestaan geen speciale normen. De wijze waarop de informatie op tekeningen wordt weergegeven, verschilt daarvoor per bedrijf. In paragraaf 4.6 wordt het gebruik van NEN 3870 en de weergave van informatie op tekeningen behandeld.

2.6 Samenvatting

Constructieve prefab betonelementen worden in alle bouwsectoren toegepast. Een groot gedeelte van de productie is gericht op de gebouwensector. Binnen het brede assortiment betonelementen nemen vloer- en gevelelementen een belangrijke plaats in.

Bij de grotere bedrijven zijn de verschillende productieprocessen verregaand gemechaniseerd. De productiemethoden kunnen globaal als volgt worden ingedeeld:

- Gebruik van speciale mallen voor een elementtype toegepast in een of meer projecten.
- Systeem met parallele productiestraten tot 150 m lengte; vooral toegepast voor kanaalplaten.
- Het carrouselstelsel, met stalen pallets op lorries; veel toegepast voor gevel- en wandelementen.

Er bestaan grote verschillen tussen de jaaromzet van de bedrijven: deze varieert van enkele miljoenen tot meer dan 200 miljoen gulden. De kleinere bedrijven hebben een relatief breed productenpakket.

In de bouwsector neemt de omzet van prefab betonelementen gemiddeld 6.3% per jaar toe en het aandeel van prefab betonelementen in de bouwsom met 4.5%.

Een prefab-betonbedrijf verzorgt het ontwerp, de productie en de levering van een serie betonelementen. Bij de levering van spanten en gebouwdelen verzorgt het prefab-betonbedrijf ook het ontwerp en de montage van deze constructies. Sommige, meestal kleinere bedrijven, besteden structureel activiteiten uit, waaronder ook het ontwerpen en detailleren van elementen. Meestal heeft het prefab-betonbedrijf in een project de positie van onderaannemer.

Voor de keuze van geprefariceerde betonelementen in plaats van in het werk gestorte beton bestaan meerdere verschillende argumenten. Deze hebben onder andere betrekking op een betere kwaliteit, lagere kosten of de voordelen van productie buiten de bouwplaats.

Volledig gestandaardiseerde betonelementen komen niet voor; alle elementen worden in het kader van projectgerichte opdrachten vervaardigd. De mogelijkheden van variatie van een elementtype worden bepaald door het geformaliseerde productieproces.

Voor het maken van tekeningen voor prefab betonelementen bestaan geen speciale normen.

Internationaal gezien heeft de West-Europese prefab-betonindustrie een sterke positie; Finland en Nederland zijn daarbij koplopers.

De volgende trends zijn de laatste decennia zichtbaar:

- De variatie binnen series gelijksoortige betonelementen neemt toe; dit

betekent kleiner wordende series en verhoging van voorbereidingskosten.

- De differentiatie in materiaalsoorten, afwerkingen, detaillering en in te storten voorzieningen wordt groter.
- Het productieproces wordt steeds verdergaand en op steeds grotere schaal gemechaniseerd.
- De levering van betonelementen wordt uitgebreid met assemblage op de bouwplaats.
- De levering aan projecten in andere West-Europese landen neemt toe.

3. Automatisering bij de prefab-betonbedrijven

De bedrijfsautomatisering vormt de basis voor het gebruik van IT-systemen. In dit hoofdstuk worden de omvang en het niveau van het gebruik van geautomatiseerde systemen bij prefab-betonbedrijven weergegeven. De gegevens en conclusies zijn gebaseerd op de resultaten van twee enquêtes die onder de prefab-betonbedrijven zijn gehouden. De enquêtes geven ook informatie over de oorzaak van de grote verschillen in automatiseringsgraad bij de bedrijven. Op basis van internationaal onderzoek en van nieuwe technologieën wordt een prognose gegeven van de ontwikkelingen op middellange termijn.

3.1 Inventarisatie

Onder de prefab-betonbedrijven die lid zijn van de branche-organisaties BELTON en BEVLON werden twee enquêtes gehouden. Het doel van deze enquêtes was om soort, niveau en gebruik van de geautomatiseerde systemen bij prefab-betonbedrijven te inventariseren.

De eerste enquête

Begin 1992 werd een enquête gehouden om een aantal bedrijfskenmerken, waaronder de stand van de automatisering in beeld te brengen.

De enquête was gericht op de projectgerichte productie. Naast algemene informatie over bedrijfsgrootte, producten, omzet en productiesystemen, die in hoofdstuk 2 werd besproken, werden gegevens over de soort en omvang van de automatisering verzameld.

De gegevens over de automatisering waren gerelateerd aan drie procesgroepen:

1. De groep technische processen:
ontwerpen, berekenen, detailleren, maken tekeningen, maken specificaties, voorbereiden productie, productie, intern transport, opslag, transport naar de bouwplaats en montage.
2. De groep ondersteunende processen:
begroten, nacalculatie, projectplanning, productieplanning, inkoop en kwaliteitsbewaking.
3. De groep commerciële processen:
marketing en verkoop.

De vragen van de enquête waren gericht op:

- a. beschikbare systemen, aantal gebruikers, aantal gebruiksuren;
- b. aantal schermen, hergebruik van digitale gegevens;
- c. typering apparatuur, verwerving programmatuur;
- d. opleiding, functies.

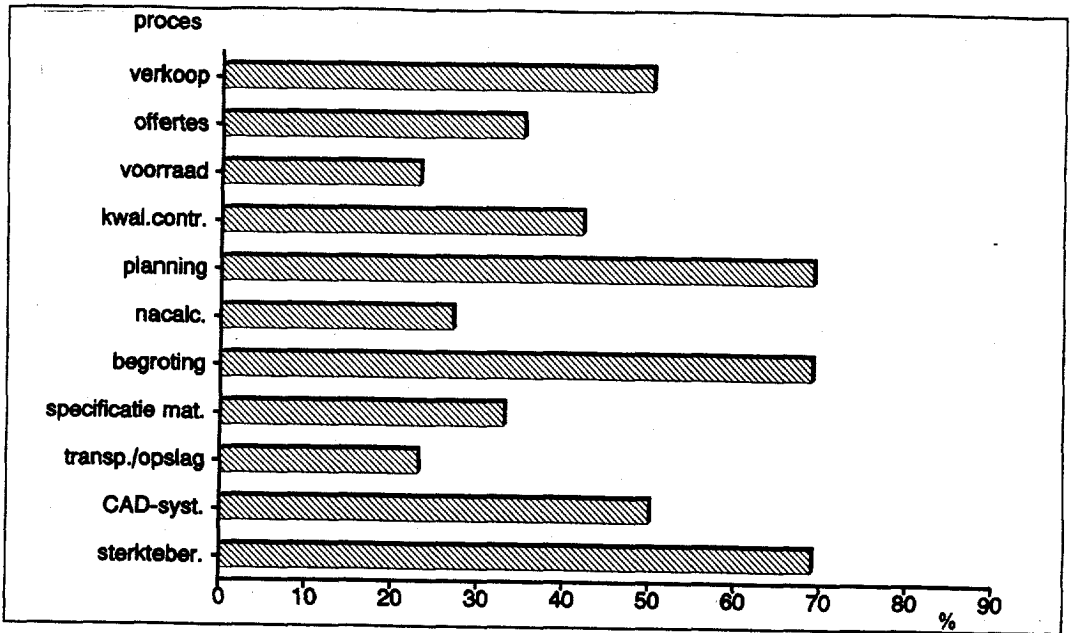
De gebruikte enquêteformulieren zijn in bijlage A opgenomen.

De automatisering van niet-technische processen werd, zoals in hoofdstuk 1 werd gesteld, buiten beschouwing gelaten. Van de in totaal 28 bedrijven werkten 26 aan de enquête mee. Bij alle geënquêteerde bedrijven vonden interviews plaats, werden de enquêtevragen toegelicht en de enquêteformulieren in onderling overleg ingevuld.

De belangrijkste conclusies uit deze enquête zijn:

- De processen met de hoogste automatiseringsgraad (ongeveer 70%) zijn:
 - maken van sterkteberekening,
 - maken van begroting,
 - maken van planning.
- Voor de sterkteberekening worden eenvoudige programma's gebruikt, toegespitst op een bepaald type element, in veel gevallen met een toetsing aan de voorschriften.
- Begrotingsprogramma's worden vaak in stappen gebruikt. Eerst voor een globale begroting voor het maken van een offerte; daarna voor een meer gedetailleerde begroting bij de opdracht en soms wordt hetzelfde systeem ook gebruikt voor de nacalculatie.
- Ongeveer een kwart van de bedrijven beschikt over een speciaal programma voor de nacalculatie.
- De geautomatiseerde planning betreft in hoofdzaak de productieplanning (zie opmerking over projectplanning in paragraaf 2.4).
- 50% procent van de bedrijven werkt met een eigen CAD-systeem. Een aantal bedrijven gebruikt structureel of incidenteel CAD-systemen van externe ingenieursbureaus. 25% procent van de bedrijven had plannen om binnen enkele jaren een CAD-systeem aan te schaffen.
- Voor de verwerking van de verkoopcijfers van de verschillende producten maakt 50% van de bedrijven gebruik van een speciaal programma.
- In 40% van de bedrijven worden gegevens over de uitstaande offertes met een speciaal programma bijgehouden.
- Programma's voor de bewaking van de kwaliteit betreffen vooral de verwerking van sterktecijfers van het beton. In enkele bedrijven verwerkt men ook de gemeten maatafwijkingen.
- Voor het interne transport beschikt ongeveer 20% van de bedrijven over een speciaal programma. Sturing van het interne transport wordt soms gecombineerd met de plaatsbepaling van de opslag en in een enkel geval met de sortering op de overeengekomen volgorde van afvoer van de elementen.
- Voor het transport naar de bouwplaats beschikken een aantal bedrijven over een programma waarmee de vrachtbrieven worden gemaakt (niet in figuur 3.1 opgenomen).
- Voor de montage van elementen wordt nog geen gebruik gemaakt van geautomatiseerde systemen.

Het gebruik van de verschillende systemen is weergegeven in het staafdiagram in figuur 3.1.



figuur 3.1 Automatiseringsgraad per procestype
Degree of automation per process type

De tweede enquête

Tijdens het onderzoek bleek, dat CAD-systemen in de huidige IT-ontwikkelingen een centrale plaats innemen. Daarom werd begin 1995 een tweede, schriftelijke enquête gehouden, gericht op het gebruik van CAD-systemen bij de bedrijven.

De vragen waren gericht op:

- gebruik van een eigen of een extern CAD-systeem;
- gegevens over apparatuur en applicaties;
- kwantitatieve en kwalitatieve gegevens over het gebruik van het CAD-systeem;
- gebruik van lagen voor informatiescheiding;
- koppeling aan bestanden.

De gebruikte enquêteformulieren zijn in bijlage B opgenomen.

De enquêteformulieren werden naar 30 bedrijven verzonden; 24 bedrijven retourneerden de ingevulde formulieren.

De resultaten van deze tweede enquête kunnen als volgt worden samengevat:

- 75% van de bedrijven beschikt over een eigen CAD-systeem.
- 17% maakt gebruik van een extern CAD-systeem bij een ingenieursbureau.
- 8% van de bedrijven gebruikt geen CAD-systeem.

- In bedrijven met een eigen CAD-systeem wordt gemiddeld ongeveer 20% van het tekenwerk met de hand gedaan.
- Het aantal schermen per systeem varieert van 2 tot 55, met een gemiddelde van 10; ontwerpers die een CAD-systeem gebruiken, zitten gemiddeld 21 uur per week achter een scherm.
- De meest gebruikte CAD-systemen zijn: AutoCAD 56%, Visionael 22%; de overige 22% betreft vier verschillende systemen.
- 50% van de CAD-systemen is gekoppeld aan geautomatiseerde processen bij de voorbereiding en uitvoering van de productie.
- Bij 67% van de CAD-systemen wordt voor het gestructureerd vastleggen van de tekeningen gebruik gemaakt van het lagensysteem; het aantal gebruikte lagen per tekening bedraagt: minimaal 1-25 en maximaal 10-250.
- Bij 40% van de CAD-systemen is het gebruik van de lagen gestandaardiseerd;

De uitbreiding van het aantal CAD-systemen in de periode tussen de twee enquêtes, komt overeen met de verwachtingen die door de geënquêteerden in de eerste enquête werden uitgesproken.

Bij de beoordeling van de omvang van het gebruik van CAD-systemen moet worden bedacht, dat de niet-gebruikers uitsluitend kleine bedrijven zijn. Geen enkel bedrijf met een omzet <10 mln gulden heeft een eigen CAD-systeem. Deze bedrijven (groep A in de tabellen en figuren in paragraaf 3.2) hebben gezamenlijk een marktaandeel van minder dan 5%. Het gebruik van CAD-systemen als tekensysteem ligt daardoor dicht bij de 100%. Daarentegen wordt in weinig bedrijven 100% van het tekenwerk met een CAD-systeem uitgevoerd.

Ontwerp vloerelementen

In paragraaf 9.2 wordt een onderzoek naar het sparingbepalingsproces voor vloerelementen besproken. Uit dit onderzoek bleek, dat een aantal bedrijven voor het ontwerpen van vloerelementen standaard details voor ondersteunende wanden, opleggingen en wapening had ontwikkeld en in de CAD-bibliotheek opgeslagen.

Automatisering in de industrie

Uit een in 1991 gehouden enquête onder een groot aantal werktuigbouwkundige bedrijven [Kaas 1992 blz. 74], blijkt dat in 58% van deze bedrijven met een CAD-systeem wordt gewerkt en in 26% plannen bestaan voor aanschaf van een CAD-systeem. Deze percentages komen overeen met de percentages van de enquêtes die in 1992 en 1995 onder de prefab-betonbedrijven werden gehouden.

Over de automatiseringsgraad in de bouw zijn weinig gegevens beschikbaar. Uit [Heliview, 1995] blijkt, dat het aantal vestigingen met meer dan twintig medewerkers dat over een geautomatiseerd systeem beschikt, in de bouw 55% is en in de industrie 78%. Van de bedrijven in de bouw, exclusief ingenieurs- en architectenbureaus, bezit ca 20% een CAD-systeem; van de ingenieurs- en architectenbureaus (welke zijn te vergelijken

met de ontwerpafdelingen van prefab-betonbedrijven) bezit ca 80% een CAD-systeem.

3.2 Kenmerken van de automatisering

Enkele algemene kenmerken van de automatisering in prefab-betonbedrijven zijn:

- De kleinere programma's zijn meestal in de bedrijven ontwikkeld op basis van algemene standaard programmatuur als Spreadsheet en dBase.
- De bedrijven gebruiken weinig vakgerichte standaardprogramma's. Door de relatief kleine markt is het aanbod daarvan door systeemhuizen zeer gering.
- De eerste generatie van automatisering betreft hoofdzakelijk separate processen (eilandautomatisering).
- Bij vernieuwing van apparatuur of programmatuur wordt meestal naar mogelijkheden gezocht om systemen te koppelen of te integreren. Het aanbod of de ontwikkeling van programmapakketten met verschillende modules, bijvoorbeeld voor begroting en productieplanning, en het gebruik van PC-netwerken bevorderen deze ontwikkeling.
- Koppeling en integratie komen vooral voor bij systemen voor begroten, plannen en tekenen. Systemen voor het maken van een sterkteberekening en tekenen zijn vrijwel nooit gekoppeld.
- Incidenteel, maar wel in toenemende mate, worden door architecten- of ingenieursbureaus de basistekeningen in digitale vorm (op diskette) aangeboden. De overdracht van grafische gegevens is technisch soms mogelijk, maar door het ontbreken van algemeen geldende standaarden voor tekenwerk is het nuttig gebruik van deze informatie minimaal. Dit gegeven wordt in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt.
- In enkele grote bedrijven worden door medewerkers regelmatig interne of externe cursussen gevolgd met betrekking tot de automatisering. Deze cursussen zijn dan gericht op het gebruik van nieuwe systemen (bijvoorbeeld CAD-systemen).
- Geen van de bedrijven heeft een vastgelegd automatiseringsplan. Vernieuwing en uitbreiding van geautomatiseerde systemen worden vooral bepaald door de financiële middelen en het aanbod door systeemhuizen.
- De mogelijkheden van CAD-systemen voor een efficiënt hergebruik van gegevens, worden door een groot aantal bedrijven niet, of niet volledig, benut. De mogelijkheden daartoe worden in de paragrafen 6.1 en 6.2 besproken.
- In enkele bedrijven is het CAD-systeem gekoppeld aan de productie met aansturing van een meetsysteem voor het vastleggen van de afmetingen van elementen en de plaats van sparingen en in te storten voorzieningen.

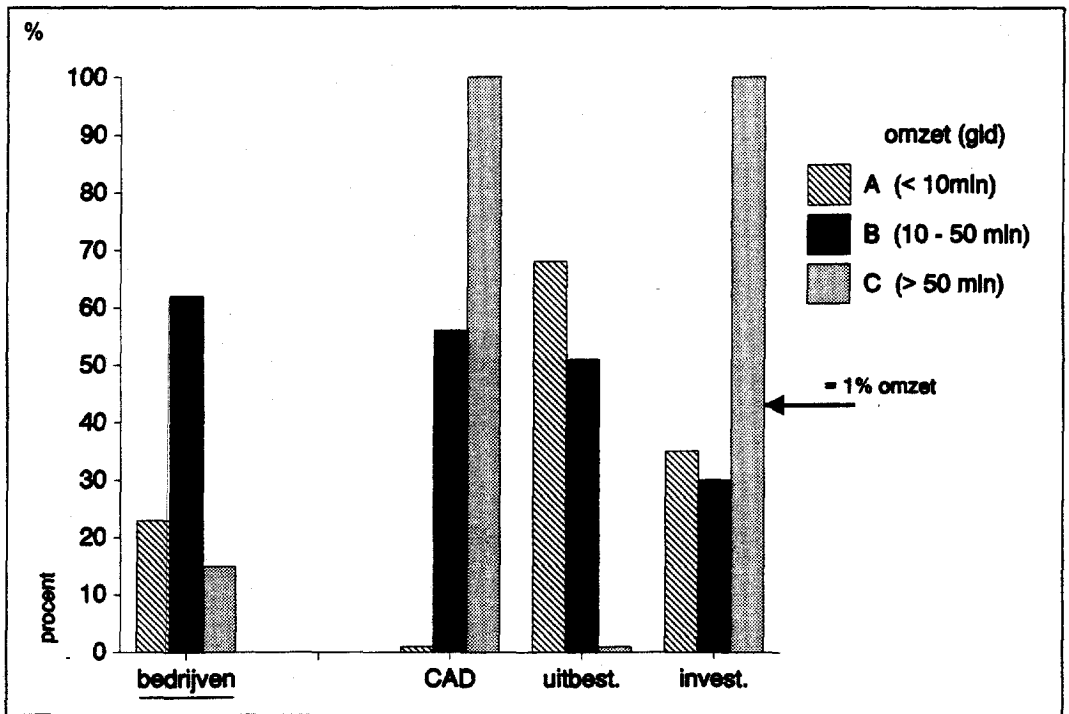
Invloed van de bedrijfsgrootte

Uit de resultaten van de enquêtes blijkt, dat met betrekking tot de toepassing van geautomatiseerde systemen, tussen de prefab-betonbedrijven grote onderlinge verschillen bestaan. Veel van deze verschillen houden verband met de grootte van de bedrijven. Om dit te kunnen beoordelen zijn de bedrijven naar grootte onderverdeeld in drie clusters (zie tabel 3.1). Onder omzet wordt verstaan de waarde van productie en levering van constructieve elementen. Zoals onder paragraaf 2.3 werd besproken, produceren en leveren enkele prefab-betonbedrijven ook andere producten.

Het staafdiagram in figuur 3.2 laat voor enkele algemene aspecten de invloed van de bedrijfsgrootte zien.

Tabel 3.1 Indeling geënquêteerde prefab-betonbedrijven naar omzet
Division of inquired precast-concrete companies according to turnover

groep	aantal bedrijven	omzet in gld
A	6	< 10 mln
B	16	10 - 50 mln
C	4	> 50 mln



figuur 3.2 Invloed bedrijfsgrootte
Influence of company size

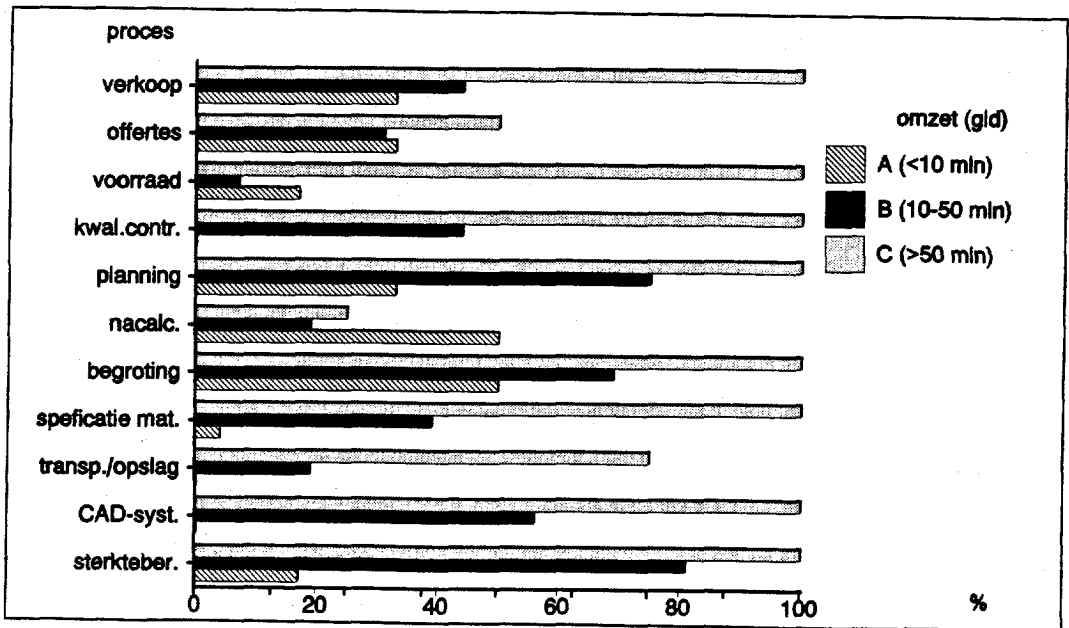
Toelichting op het staafdiagram in figuur 3.2:

- bedrijven** percentage bedrijven naar grootte;
CAD percentage bedrijven dat eigen CAD-systeem gebruikt;
uitbest. percentage bedrijven dat één of meer delen van de productie uitbesteedt, zoals het ontwerp van elementen, maken van mallen of productie van wapeningsconstructies;
invest. gemiddelde investering in automatisering in 1991 en 1992 als percentage van de omzet. Hieronder worden alle kosten voor de verwerving van automatiseringsmiddelen verstaan (zie enquêteformulieren, bijlage A).

Op basis van de indeling van de bedrijven in tabel 3.1 geeft figuur 3.3 de automatiseringsgraad per processtype voor de drie groepen bedrijven. Tabel 3.2 laat bovendien het gemiddelde per bedrijfstype en per applicatiegroep zien.

De automatiseringsgraad (gemiddelde voor 11 typen applicaties) is voor groep A 22%, voor groep B 44% en voor groep C 82%. Voor de groep technische processen zijn de verschillen in automatiseringsgraad groter dan voor de groepen ondersteunende en commerciële processen. De toename met 50% van het aantal CAD-systemen tussen de twee enquêtes, vond geheel in de middengroep (B) plaats.

Daaruit kan geconcludeerd worden, dat in de bestaande situatie een ondergrens voor de aanschaf van CAD-systemen is bereikt. Daarnaast kan dit een indicatie zijn, dat de verschillen tussen de automatiseringsgraad in grotere en kleinere bedrijven groter worden.



figuur 3.3 Automatiseringsgraad naar bedrijfsgrootte
Degree of automation depend on turnover

Tabel 3.2 Automatiseringsgraad prefab-betonbedrijven in procenten (1992)
Degree of automation of precast concrete companies per cent (1992)

groep	A	B	C	totaal
proces				
sterkteberekening	17	81	100	69
CAD-systeem	0	56	100	50
transport/opslag	0	19	75	23
specificatie materiaal	4	39	100	33
gemiddeld technisch	5	49	94	46
begroting				
begroting	50	69	100	69
nacalculatie	50	19	25	27
planning	33	75	100	69
kwaliteitscontrole	0	44	100	42
voorraad	17	7	100	23
gemiddeld ondersteunend	30	43	85	46
offertes				
offertes	33	31	50	35
verkoop	33	44	100	50
gemiddeld commercieel	33	38	75	42
gemiddeld totaal	22	44	82	45

Voor de verschillen in automatisering bij kleinere en grotere bedrijven kunnen meerdere elkaar versterkende oorzaken worden aangewezen. Bij de kleinere bedrijven gelden, in vergelijking met de grotere bedrijven, de volgende nadelige factoren:

- Veel kleinere bedrijven hebben een relatief breed productenpakket (zie opmerkingen onder 2.3). Verschillende ongelijksoortige productieprocessen binnen een bedrijf vergen extra ontwikkelingskosten of gescheiden systemen voor de verschillende productiestromen.
- De verhouding tussen kosten en baten van geautomatiseerde systemen is bij kleine bedrijven ongunstiger, door het geringere aantal gebruikers. Uit tabel 3.3 blijkt, dat het aantal gebruikers per systeem in groep C negen maal zo hoog ligt als in groep A.
- Formalisering en mechanisering van productieprocessen vereenvoudigen de automatisering van deze processen. Bij de kleinere bedrijven is het niveau van formalisering en mechanisering relatief laag.
- De kleinere bedrijven beschikken over minder financiële middelen voor investeringen in automatisering.
- De kleinere bedrijven beschikken over minder kennis van automatisering en IT-systemen.

- Uit de hoofdstukken 4 en 6 blijkt, dat ontwerpgegevens het belangrijkste en omvangrijkste deel van de over te dragen informatie vormen. Daardoor zal bij bedrijven die niet over een eigen CAD-systeem beschikken, de integratie van bedrijfssystemen en de participatie in externe informatie-uitwisselingssystemen worden geblokkeerd.

Tabel 3.3 Gemiddeld aantal gebruikers per systeemtype
Average number of users per system type

procesgroep	A	B	C	totaal
technisch	1,5	9,1	24,8	11,6
ondersteunend	2,8	5,2	20,3	7,6
commercieel	1,5	2,3	8,5	3,4
gemiddeld	2,0	5,6	17,8	7,5

3.3 Toekomstige ontwikkelingen

De ontwikkelingen in de informatica vinden nog steeds in een hoog tempo plaats. Voor de invoering van deze systemen is per toepassingsgebied een eigen ontwikkelingstraject nodig, dat relatief veel tijd vergt. Bovendien verlopen innovaties in de bouw trager dan in andere technische sectoren [Pries 1995, blz. 74].

Daardoor is een groot en groeiend potentieel ontstaan aan nieuwe toepassingsmogelijkheden van informatica-systemen. De vraag wat de toekomstige ontwikkelingen zullen zijn, is daardoor niet speculatief. Van belang is, wanneer en onder welke condities nieuwe systemen en technieken kunnen worden toegepast.

Bij nieuwe toepassingen van automatiseringssystemen kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- effectiever gebruik van bestaande systemen;
- voortgaande ontwikkeling van bestaande systemen;
- invoering van nieuwe systemen.

CAD-systemen

Uit de gehouden enquêtes blijkt, dat de mogelijkheden van CAD-systemen slechts in beperkte mate worden gebruikt. De effectiviteit van een CAD-systeem wordt bepaald door het gebruik van intelligentie die aan het basissysteem is toegevoegd. Dit wordt in paragraaf 6.1 besproken.

Bij CAD-systemen in prefab-betonbedrijven kan daarbij gedacht worden aan het op gestructureerde wijze opslaan van symbolen, standaard-details, wapeninggegevens en de weergave van in te storten onderdelen. De vormbeperking van elementtypen leidt tot minder complexe informa-

tie. Dit werkt in het algemeen positief op de toegevoegde waarde van CAD-systemen [Chandansingh 1995, blz. 137].

De koppeling van een CAD-systeem aan een database maakt de integratie van grafische en niet-grafische gegevens mogelijk, waardoor de functionaliteit van het CAD-systeem in belangrijke mate kan worden vergroot [Kaas 1995].

Expertsystemen

Vaktechnische kennis en ervaring, die niet of moeilijk in algoritmen kunnen worden vastgelegd, vallen buiten het bereik van applicaties.

In de laatste decennia worden geautomatiseerde systemen ontwikkeld, waarin specifieke kennis en ervaring van technisch specialisten op een geformaliseerde wijze worden vastgelegd. Dit worden expertsystemen genoemd. De ontwikkeling van een effectief expertsysteem is alleen mogelijk door samenwerking tussen gespecialiseerde informatici en ervaren technische specialisten.

Papantounopolos heeft de mogelijkheden van het gebruik van expertsystemen in de bouw onderzocht. In de automobielinindustrie worden expertsystemen toegepast voor ondersteuning van het object-georiënteerd ontwerproces. Toepassing in de bouw is pas mogelijk als processen worden generationaliseerd en producten worden gestandaardiseerd [Papantounopolos et al. 1995].

Expertsystemen kunnen onder andere worden toegepast voor de ondersteuning van het interactief gebruik van applicaties. Warszawski noemt als toepassingsmogelijkheden in de bouw: sterkteberekeningen, uitvoeringsplanning en transport [Warszawski 1990, blz. 425].

In een prefab-betonbedrijf is het mogelijk een expertsysteem toe te passen in combinatie met een CAD-systeem voor:

- de keuze van een elementtype;
- het positioneren van sparingen;
- het maken van een legplan;
- het detailleren van elementen.

Daarnaast kan aan ondersteuning van processen in de voorbereiding en realisering van de productie worden gedacht, zoals het optimaliseren van het gebruik van mallen en de opslag van elementen.

Door de hoge ontwikkelingskosten van een expertsysteem, is een economische toepassing in een prefab-betonbedrijf alleen mogelijk bij een omvangrijke omzet van één producttype.

Uit het onderzoek naar het plaatsbepalingsproces van sparingen blijkt, dat het positioneren van de sparingen niet in algoritmen kan worden vastgelegd. Omdat dit een afgebakend en definieerbaar proces is, zou het gebruik van een expertsysteem mogelijk zijn (paragrafen 9.2 en 9.3).

Uit het bovenstaande volgt de conclusie, dat de condities voor de toepassing van expertsystemen in prefab-betonbedrijven relatief gunstig zijn. Binnen de bouw worden nog geen expertsystemen toegepast.

Databases

Voor opslag, hergebruik en uitwisseling van gedigitaliseerde informatie binnen bedrijven en projecten, moet gebruik worden gemaakt van bestanden die op speciale wijze zijn gestructureerd. Daardoor vormen databases de basis van alle IT-ontwikkelingen. In de hoofdstukken 6 en 8 wordt dit verder uitgewerkt.

Mechanisering en robotisering

In de prefab-betonbedrijven in Europa vindt een permanent proces van uitbreiding en vernieuwing van productieprocessen plaats door grootschalige mechanisering (paragraaf 2.4).

In Tampere, Finland, is een modelfabriek gebouwd voor de productie van gevelelementen. Daarin wordt in een aantal pilot-projecten ervaring opgedaan met CAD/CAM, mechanisering en robotisering. Deze pilot-projecten omvatten onder andere:

- Een unit die, gestuurd door een CAD-systeem, wapeningsnetten met een uniek ontwerp opbouwt. In één procesgang worden de staven vanaf de rol gestrekt, geknipt, volgens het elementontwerp geplaatst en gelast; korte extra staven worden eventueel bijgelegd. De maximale afmetingen van een net zijn 4,2 x 9,3 m.
- Een cel voor het volautomatisch zandstralen, wassen en verven van elementen.
- Een systeem dat houten of kunststof mallen met een complexe vorm fraist en wordt gestuurd door een CAD-systeem. In andere vakgebieden wordt met deze techniek ook geëxperimenteerd [Broek & Handgraaf 1992].
- Een 3D-systeem voor het polijsten van elementen.
- Een optisch meetsysteem, dat met laserstralen de plaats van mallen en sparingen op een pallet aangeeft; het systeem is opgehangen aan de dakconstructie en verplaatst zich automatisch van het ene element naar het andere.

Een robot is een, door een computer gestuurd werktuig, dat binnen een bepaald kader een aantal specifieke handelingen autonoom kan verrichten. Afhankelijk van het aantal en de soort handelingen die autonoom kunnen worden uitgevoerd, worden verschillende niveaus van robotisering onderscheiden [Tucker & Guo 1993].

Belangrijke randvoorwaarden voor de inzet van een robot zijn:

1. Het productontwerp moet op het gerobotiseerde uitvoeringsproces zijn afgestemd [van Acker 1992] en [van Gassel 1994].
2. Afhankelijk van de soort autonome handelingen, moet in een geconditioneerde omgeving worden gewerkt.
3. Bij variabele ontwerpgegevens is een effectieve sturing van de robot alleen mogelijk door koppeling aan een bestand.

Zowel de ontwikkeling van werktuig als programmatuur vergen hoge ontwikkelingskosten [Warszawski & Rosenfeld 1994].

Voor de economische haalbaarheid van robotisering zijn de productiviteit (snelheid van werken, inzetbaarheid) en de mogelijke kwaliteitsverbetering belangrijke factoren.

Op basis van praktijkproeven zijn van een proto-type robot kosten-analyses gemaakt [Warszawski & Rosenfeld 1994]. Deze robot kan, voor het afwerken van een bouwkundige ruimte, vier verschillende taken uitvoeren.

Warszawski berekent voor variabele uitgangspunten de kosten van de robot. Voor de uitvoering van de vier taken worden daarna de kosten voor de traditionele en de gerobotiseerde werkmethode berekend en vergeleken. De besparing op arbeidskosten bedraagt 60 tot 90%. Op de totale kosten zijn besparingen van 10 tot 50% mogelijk. De hoogte van het percentage is vooral afhankelijk van de bezettingsgraad van de robot en van de loonkosten van een gespecialiseerde werknemer die het proces op traditionele wijze uitvoert.

De berekende besparingen zijn mogelijk als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. goede afstemming van het ontwerp op het gebruik van de robot;
2. nauwkeurige positionering van de te gebruiken materialen;
3. goede planning en organisatie van de werkzaamheden.

R. Tucker omschrijft een methodiek voor het beoordelen van de mogelijkheden van robotisering [Tucker & Guo 1993]. Hij onderscheidt vijf niveaus van handmatige tot volledig gerobotiseerde uitvoering in de bouw. Op basis van globale criteria heeft hij een lijst opgesteld met 42 basis-handelingen die voor robotisering in aanmerking kunnen komen.

Voor de beoordeling van de effectiviteit van robotisering gebruikt hij vijf criteria: veiligheid, productiviteit, vaardigheid, zwaar werk en kwaliteit. Elk criterium heeft een differentiatie- en een wegingsfactor. Hiermee wordt de ACI-waarde (Automation Concern Index) bepaald.

Toegepast op een aantal basishandelingen geeft dit een hoge waardering voor onder andere: plaatsen van wapeningsstaven, lassen van wapeningsstaven, polijsten van beton en aanbrengen van pleisterlagen.

Internationaal worden veel onderzoeksprojecten uitgevoerd. In een verslag over een studiereis naar Japan noemt van Kempen drie voorbeelden van robotisering voor het aanbrengen van wand- en vloerafwerkingen en een robot-toepassing voor het maken van wapeningskorven [van Kempen 1991].

Gerobotiseerde processen zijn voor de volgende werkzaamheden al in de bouw operationeel:

- afwerken, schoonmaken en bewerken van oppervlakken (vloeren, wanden, plafonds, elementen).
- knippen, buigen, lassen en plaatsen van wapeningsstaven.
- het aanbrengen van voorspanning in betonelementen.

Warszawski behandelt in *Industrialization and robotics in Building, a*

managerial approach de mogelijkheden van rationalisering, automatisering, mechanisering en robotisering in het bouwproces, gezien vanuit het management. Hij besteedt daarbij veel aandacht aan het ontwerp en de productie van prefab betonelementen [Warszawski 1990].

3.4 Samenvatting en conclusies

In 1992 werd een enquête gehouden onder de bedrijven binnen de branche-organisaties BELTON en BEVLON. In deze enquête werd het gebruik van geautomatiseerde systemen geïventariseerd. De automatiseringsgraad van deze bedrijven was gemiddeld 45%, berekend over 11 typen applicaties. Geautomatiseerde systemen worden het meest toegepast voor sterkteberekening, begroting en planning.

In 1995 werd een tweede enquête gehouden, gericht op het gebruik van CAD-systemen. In 75% van de bedrijven werd met een eigen CAD-systeem gewerkt; 50% van deze CAD-systemen was gekoppeld aan andere typen applicaties.

Niveau en omvang van de automatisering blijkt sterk afhankelijk te zijn van de bedrijfsgrootte. Bij bedrijven met een omzet <10 mln gulden is de automatiseringsgraad gemiddeld 22% en heeft geen enkel bedrijf een eigen CAD-systeem. Bij bedrijven met een omzet >50 mln gulden is de automatiseringsgraad gemiddeld 82% en hebben alle bedrijven een eigen CAD-systeem.

De automatisering bij de prefab-betonbedrijven heeft de volgende kenmerken:

- Geautomatiseerde systemen vormen overwegend zelfstandige eenheden (eilandautomatisering).
- Koppeling van applicaties vindt vaak plaats bij vernieuwing van programmatuur of apparatuur.
- Voor prefab-betonbedrijven zijn weinig standaard applicaties beschikbaar.
- In enkele bedrijven wordt op beperkte schaal CAD/CAM toegepast.
- De mogelijkheden van CAD-systemen worden niet optimaal benut.
- Systematische uitwisseling van gedigitaliseerde informatie met projectpartners vindt niet plaats.

Een aantal structurele factoren zijn voor de kleinere bedrijven ongunstiger dan voor de grotere bedrijven. Voor de kleinere bedrijven geldt:

- Een breder productenpakket.
- Een ongunstiger verhouding tussen kosten en baten van geautomatiseerde systemen.
- Een lager niveau van mechanisering van productieprocessen.
- Minder financiële middelen.
- Minder kennis van automatisering en IT-systemen.
- Meer uitbesteding van het ontwerpen en tekenen van de elementen.

In prefab-betonbedrijven lenen meerdere processen zich voor toepassing van expertsystemen. Door de hoge ontwikkelingskosten is dit alleen mogelijk bij een omvangrijke omzet van één producttype.

Op het gebied van robotisering in de bouw wordt internationaal veel onderzoek gedaan en worden pilot-projecten ontwikkeld. Door seriematige productie van een beperkt aantal producttypen in een geconditioneerde omgeving, zijn de condities voor robotisering in prefab-betonbedrijven, in vergelijking met andere bouwprocessen, relatief gunstig.

Bij de productie van prefab elementen wordt, internationaal gezien, in enkele bedrijven voor beperkte taken *robotica* toegepast.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- Bij bedrijven met een omzet van > 50 miljoen gulden is sprake van een relatief hoge graad van automatisering.
Bij de bedrijven met een omzet van < 10 miljoen gulden is omvang en niveau van de automatisering relatief laag. Deze bedrijven bezitten geen eigen CAD-systeem.
- In de prefab-betonindustrie zijn de condities voor nieuwe toepassingen van automatisering en IT, zoals het gebruik van expertsystemen en *robotica*, relatief gunstig.

4. Proces- en informatie-analyses

IT-systemen moeten de elektronische communicatie tussen processen mogelijk maken. Voor de ontwikkeling van IT-systemen is daarom inzicht nodig in de desbetreffende processen, informatiestromen en documenten.

In dit hoofdstuk worden de structuur van processen en informatiestromen, voorzover deze direct betrekking hebben op ontwerp, productie en levering van prefab betonelementen, geanalyseerd en vastgelegd. Van de productinformatie die een prefab-betonbedrijf van de projectpartners ontvangt en die in vorm moet worden afgestemd op de eigen bedrijfsprocessen, wordt een algemene analyse gemaakt.

Het gebruik van voorschriften bij prefab-betonbedrijven wordt toegelicht. De resultaten van een onderzoek naar de weergave van informatie op prefab-betontekeningen worden besproken.

4.1 Algemeen

In hoofdstuk 2 werd een globaal beeld gegeven van de verschillende processen binnen een prefab-betonbedrijf. Voor de uitvoering van deze processen is productinformatie nodig, die afkomstig is van ontwerp- en uitvoeringsprocessen bij de verschillende projectpartners. Door proces- en informatie-analyses worden de relevante processen en de hierbij behorende informatiestromen in beeld gebracht.

STUPRE (studiekring voor geprefabriceerd beton) heeft in 1994 het rapport *Overdracht van informatie bij toepassing prefab elementen* gepubliceerd. Gegevens en analyses uit dit rapport zijn in dit hoofdstuk verwerkt [STUPRE 1994, hoofdstukken 3 en 4].

Gemaakte analyses

Achtereenvolgens komen in dit hoofdstuk de volgende analyses aan de orde:

1. Analyse van processen binnen een bouwproject in de bouwsector;
2. Procesdiagrammen met processen en informatiestromen binnen een bouwproject;
3. Benoeming van de in- en uitvoer van processen;
4. Analyse van projectgerichte processen binnen een prefab-betonbedrijf;
5. Procesdiagram voor projectgerichte processen en informatiestromen binnen een prefab-betonbedrijf;
6. Transformatie van ontvangen informatie in prefab-betonbedrijven;
7. Analyse van informatie op tekeningen voor prefab elementen.

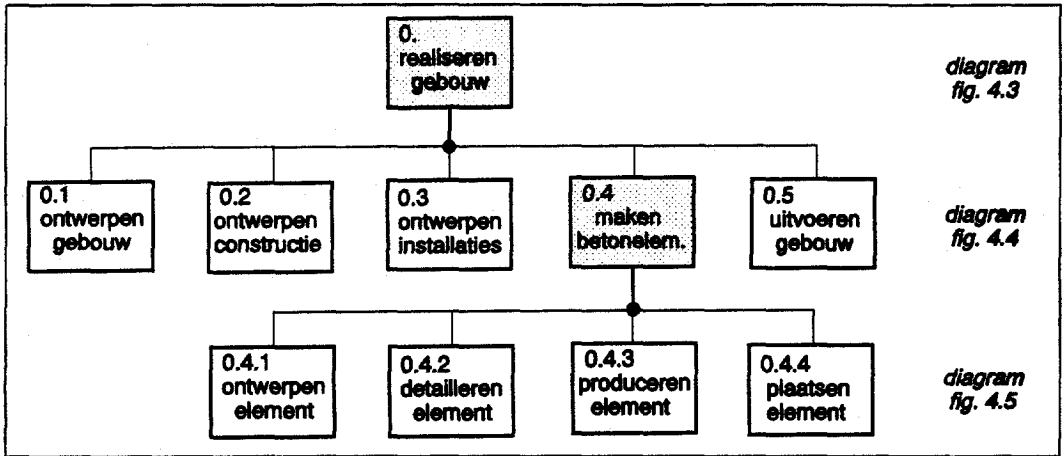
Weergave van de analyses

Voor de weergave van de resultaten van de analyses zijn onder meer de volgende modellen en methodieken toegepast:

processtructuur

Bij het bepalen van de processtructuur wordt uitgegaan van een boom-

structuur. Het proces op het hoogste niveau heet 'realiseren gebouw'. Op elk lager niveau wordt een proces opgedeeld in twee tot zeven deelprocessen (figuur 4.1). De namen van de processen zijn uniek. Voor een goed inzicht in een proces moeten de deelprocessen op het eerstvolgend lager niveau benoemd zijn.



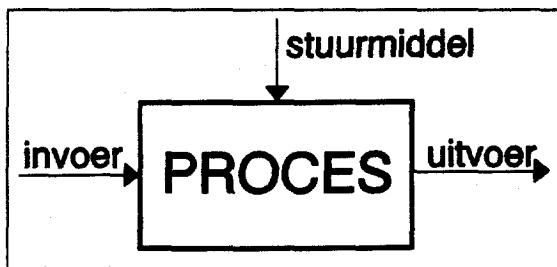
figuur 4.1 Methode van decompositie van processen
 Method of decomposition of processes

procesdiagrammen

De procesdiagrammen zijn gebaseerd op de IDEF-0 methode, aangevuld met elementen van de ISAC-methode. In de diagrammen worden invoer, uitvoer en sturing van de processen weergegeven (figuur 4.2). Bij de in- en uitvoer van processen wordt onderscheid gemaakt tussen informatie en materie. De uitvoer van een proces is uniek. De uitvoerstromen zijn met a, b enz. aangegeven (zie figuur 4.4 en tabel 4.1).

Bij de informatie die in een proces wordt verwerkt, wordt onderscheid gemaakt tussen:

- informatie op documenten uit andere processen (invoer of stuurmiddel);
- besteksbepalingen (B) (stuurmiddel);
- regelgeving (R) (stuurmiddel).



figuur 4.2 Weergave proces in IDEF-0
 Reflection of process in IDEF-0

In de procesdiagrammen worden de processen weergegeven, zoals deze in de proces-structuur zijn benoemd. In de analyses is uitgegaan van de huidige toestand (as-is), waarbij de informatie wordt overgedragen door middel van documenten. De diagrammen geven alleen de informatiestromen weer die direct verband houden met de productie en levering van prefab betonelementen. Ter wille van de duidelijkheid zijn informatiestromen die betrekking hebben op controle-activiteiten of iteraties niet weergegeven. Van de belangrijkste informatiedragers en regelgeving worden in tabellen overzichten gegeven.

De informatiestromen geven de functionele relaties tussen de processen weer. Het werkelijke verloop van de informatiestromen wijkt hier meestal van af (zie paragraaf 4.4).

overdracht van informatie

Voor het overdragen van informatie met gebruik van tekeningen is het procesdiagram 'transformeer informatie' gemaakt.

Van de door een prefab-betonbedrijf ontvangen en getransformeerde informatie wordt in paragraaf 4.4 een overzicht gegeven en worden de daarbij optredende problemen toegelicht.

analyse van informatie op prefab-betontekeningen

In paragraaf 4.6 wordt op basis van een onderzoek van projecttekeningen de weergave van informatie op tekeningen van prefab-betonbedrijven geanalyseerd.

4.2 Processen en informatiestromen binnen een bouwproject

Deze analyses zijn gemaakt vanuit het gezichtspunt van de ontwerpers van het gebouw. Het doel van de analyses is om basisinformatie te verkrijgen voor de ontwikkeling van een Projectmodel, voor zover het de uitwisseling van gegevens van prefab betonelementen betreft (paragraaf 5.4). De processtructuren en procesdiagrammen zijn gedeeltelijk opgenomen in bijlage C.

De processen van de projectpartners zijn gedecomposeerd tot het tweede niveau, de processen van het prefab-betonbedrijf tot het derde niveau. Op dit niveau zijn de benoemde processen nog in elk bedrijf herkenbaar, al is de organisatorische structuur in veel bedrijven anders dan in de processchema's.

Processtructuur

- P-0. realiseren gebouw**
 - .1 ontwerpen gebouw en afbouwconstructies
 - .2 ontwerpen draagconstructie
 - .3 ontwerpen installaties
 - .4 maken betonelement
 - .5 uitvoeren gebouw

P-0.1. ontwerpen gebouw en afbouwconstructies

- .1 oriëntatie
- .2 bouwkundig ontwerp
- .3 maken bestek en bestektekening
- .4 maken werktekening
- .5 begeleiden uitvoering
- .6 nazorg

P-0.2. ontwerpen draagconstructie

- .1 maken voorlopig ontwerp
- .2 maken definitief ontwerp
- .3 maken bestek en bestektekening
- .4 maken werktekening
- .5 begeleiden uitvoering

P-0.3. ontwerpen installaties

- .1 maken voorlopig ontwerp
- .2 maken definitief ontwerp
- .3 maken bestek en bestektekening
- .4 maken werktekening
- .5 begeleiden uitvoering

P-0.4. maken betonelement

- .1 ontwerpen element
- .2 detailleren element
- .3 produceren element
- .4 leveren/plaatsen element (0.5.3)

P-0.4.1. ontwerpen betonelement

- .1 bepalen vorm en afmetingen
- .2 maken ontwerptekening
- .3 bepalen methode assemblage
- .4 bepalen methode productie
- .5 maken berekening element
- .6 maken overzichtstekening

P-0.4.2. detailleren betonelement

- .1 bepalen in te storten voorzieningen
- .2 ontwerpen details element
- .3 bepalen wapening/voorspanning
- .4 maken productietekening

P-0.4.3. produceren betonelement

- .1 planning productie
- .2 voorbereiding productie
- .3 fabricage element
- .4 nabehandeling element
- .5 opslag element

P-0.4.4. leveren/plaatsen betonelement

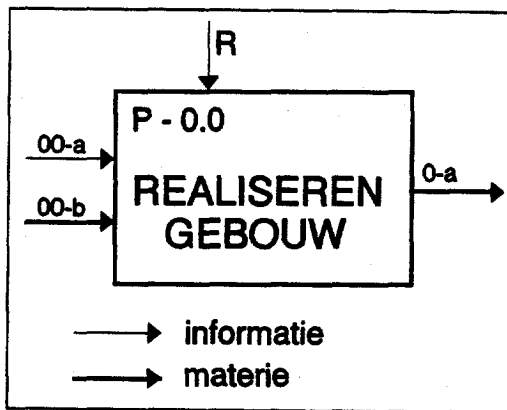
- .1 transport naar bouwplaats
- .2 opslaan op bouwplaats
- .3 voorbereiding montage
- .4 droge montage
- .5 natte montage

P-0.5. uitvoeren gebouw

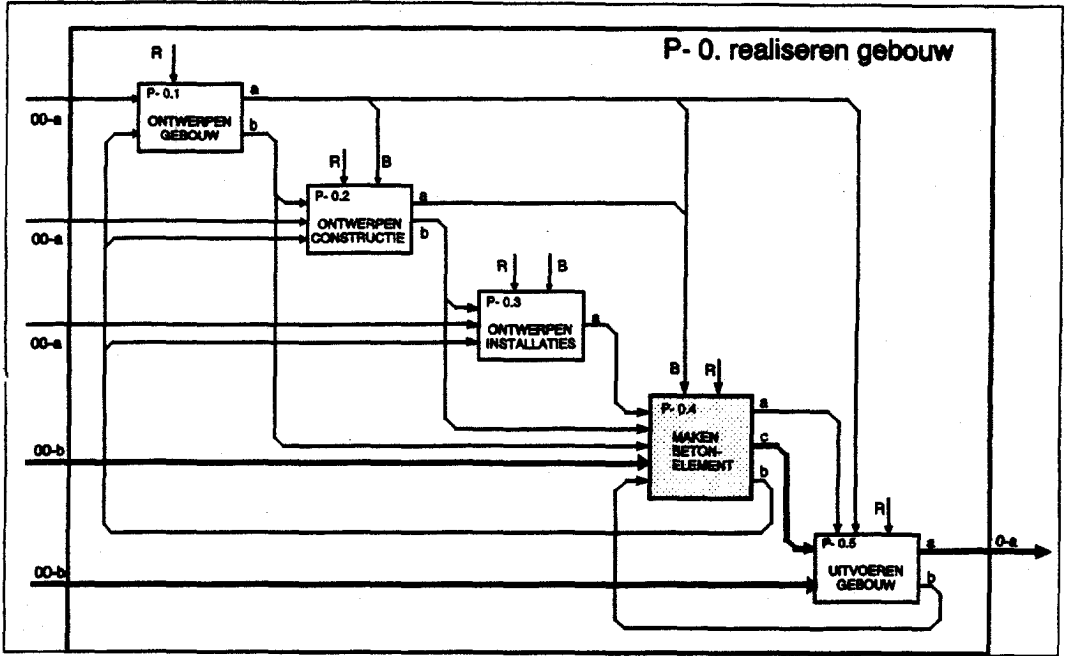
- .1 voorbereiden uitvoering
- .2 maken fundering
- .3 maken draagconstructie
- .4 uitvoeren afbouw
- .5 plaatsen installaties
- .6 opleveren gebouw

Procesdiagrammen

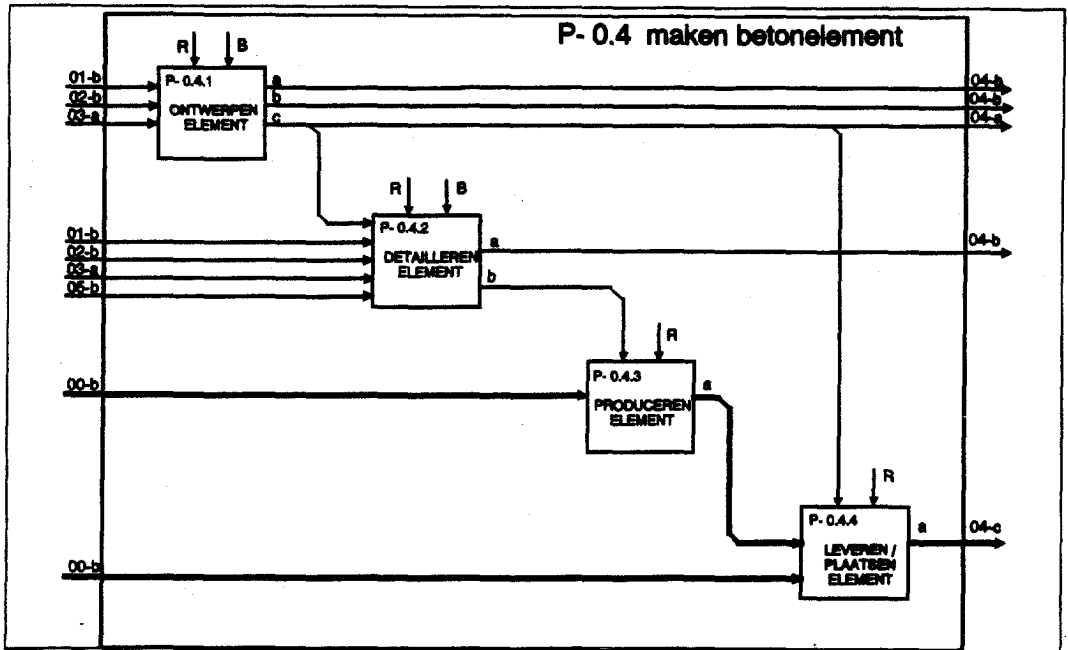
De procesdiagrammen 'realiseren gebouw' en 'maken betonelement' zijn weergegeven in de figuren 4.3, 4.4 en 4.5. De procesdiagrammen voor het eerstvolgend lagere niveau staan in bijlage C.



figuur 4.3 Basisdiagram 'realiseren gebouw'
Basic diagram 'realisation of building'



figuur 4.4 Procesdiagram 'realiseren gebouw'
Process diagram 'realization of building'



figuur 4.5 Procesdiagram 'maken betonelement'
Process diagram 'fabrication concrete element'

Sturing en uitvoer van processen

In tabel 4.1 staan de informatiedragers vermeld als uitvoer voor de processen in procesdiagram 'realiseren gebouw'. In tabel 4.2 staan de normbladen vermeld, die als stuurmiddel dienen van de processen in procesdiagram 'realiseren gebouw'.

Tabel 4.1 Toelevering van informatie aan prefab-betonbedrijven
Delevering of information to precast concrete plants

informatiedragers	uitvoer processen	
bestek	P-0.1-a	P-0.2-a
bestektekeningen	P-0.1-a	P-0.2-a
bouwkundige ontwerptekeningen	P-0.1-b	
bouwkundige detailtekeningen	P-0.1-b	
ontwerptekeningen betonconstructie	P-0.2-b	
gewichtsberekening betonconstructie	P-0.2-b	
sterkteberekening betonconstructie	P-0.2-b	
werktekeningen betonconstructie	P-0.2-b	
detailtekeningen met voorzieningen voor verschillende soorten installaties	P-0.3-a	
detailtekeningen van bouwbedrijf	P-0.5-b	
tekeningen met informatie over opslag en montage van elementen op de bouwplaats	P-0.5-b	

4.3 Processen en informatiestromen binnen een prefab-betonbedrijf

Deze analyses zijn gemaakt vanuit het gezichtspunt van de bedrijfsleider van het prefab-betonbedrijf. Zij dienen als aanvulling op de analyses in paragraaf 4.2. De processtructuren zijn gedeeltelijk opgenomen in bijlage C. Doel van de analyse is om basisinformatie te verkrijgen voor de ontwikkeling van een Bedrijfsmodel (paragraaf 5.3).

De processen zijn gedeeltelijk gedecomposeerd tot het vierde niveau.

Processtructuur

B-0. fabricage element

- .1 verkoop
- .2 uitvoeren order
- .3 nazorg

B-1. verkoop

- .1 onderzoek markt
- .2 maken offerte

B-2. uitvoeren order

- .1 voorbereiden productie
- .2 produceren element
- .3 plaatsen element

B-3. nazorg

- .1 maken nacalculatie
- .2 reviseren tekeningen

B-2.1. voorbereiden productie

- .1 ontwerpen element
- .2 maken begroting
- .3 maken planning
- .4 specificeren materiaal/componenten
- .5 betrekken materiaal/componenten

B-2.2. produceren element

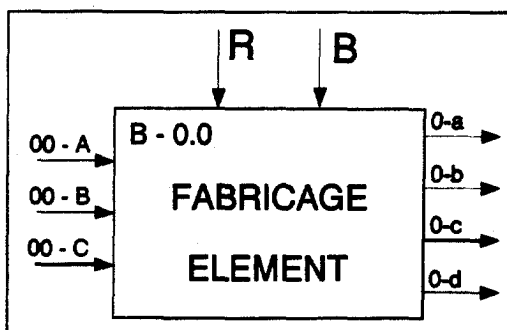
- .1 gereed maken mal
- .2 storten betonspecie
- .3 ontkisten
- .4 nabehandeling
- .5 opslag fabriek

B-2.3. plaatsen element

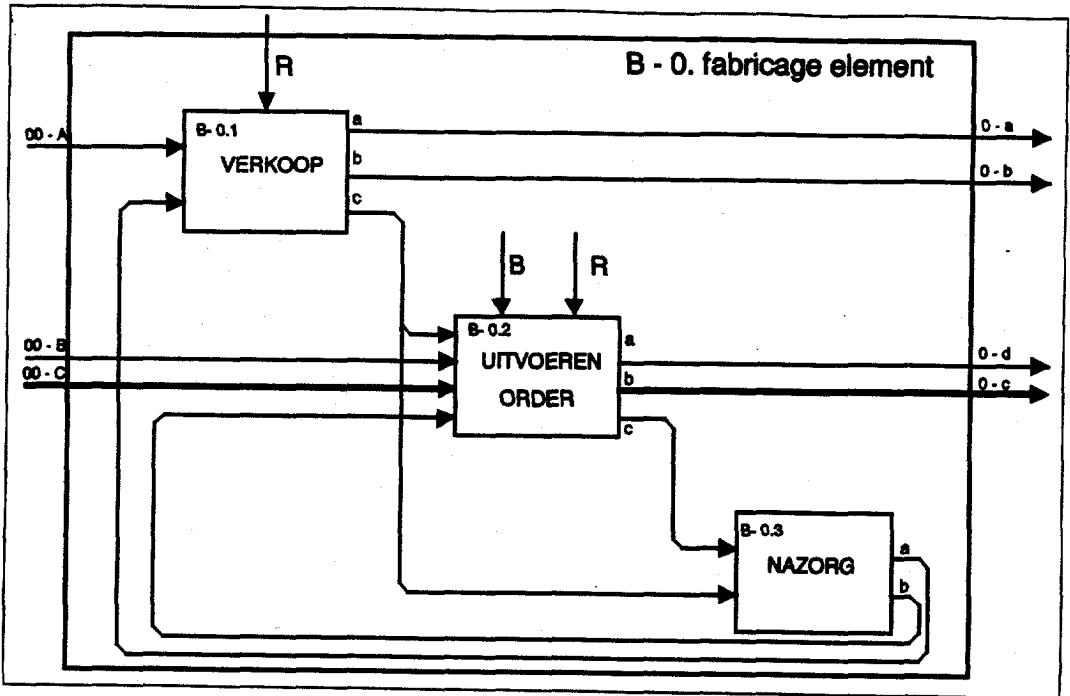
- .1 transport naar bouwplaats
- .2 plaatsen hulpconstructie
- .3 opslag bouwplaats
- .4 montage element
- .5 maken verbindingen
- .6 verwijderen hulpconstructie

Procesdiagrammen

De procesdiagrammen B-0.0 en B-0. (fabricage element) zijn in figuur 4.6 en figuur 4.7 weergegeven.



figuur 4.6 Basisdiagram 'fabricage element'
Basic diagram 'fabrication of element'



figuur 4.7 Procesdiagram 'fabricage element'
Process diagram 'fabrication of element'

4.4 Overdracht van informatie aan prefab-betonbedrijven

Verloop van informatiestromen

De functionele overdracht van informatie tussen processen in een project is weergegeven in figuur 4.4.

Om praktische, organisatorische en zakelijke redenen verloopt de informatie-overdracht in de praktijk in de meeste gevallen op een andere wijze:

- Het tijdig toeleveren van informatie over details, sparingen en in te storten voorzieningen geeft in veel projecten problemen. Om deze problemen te verminderen, wordt de informatie in gedeelten, op voorlopige versies van tekeningen, toegeleverd.
- Indien het prefab-betonbedrijf opdracht krijgt van de hoofdaannemer, loopt veel van de informatie naar en van de ontwerpers via de hoofdaannemer.
- De architect heeft in het project een coördinerende taak. Gegevens over de verschillende soorten installaties worden op bouwkundige tekeningen verwerkt en soms op deze wijze aan het prefab-betonbedrijf overgedragen. Ook de hoofdconstructeur kan een coördinerende taak hebben.
- Het ontwerp van elementen met een complexe detaillering (bijvoorbeeld gevelelementen) en het positioneren van grotere sparingen,

of clusters van kleine sparingsen, komt door een iteratief proces tot stand. Ontwerpvoorstellen worden dan meerdere malen tussen bouwkundigen, ontwerpers van installaties en prefab-betonbedrijven uitgewisseld (paragraaf 9.2).

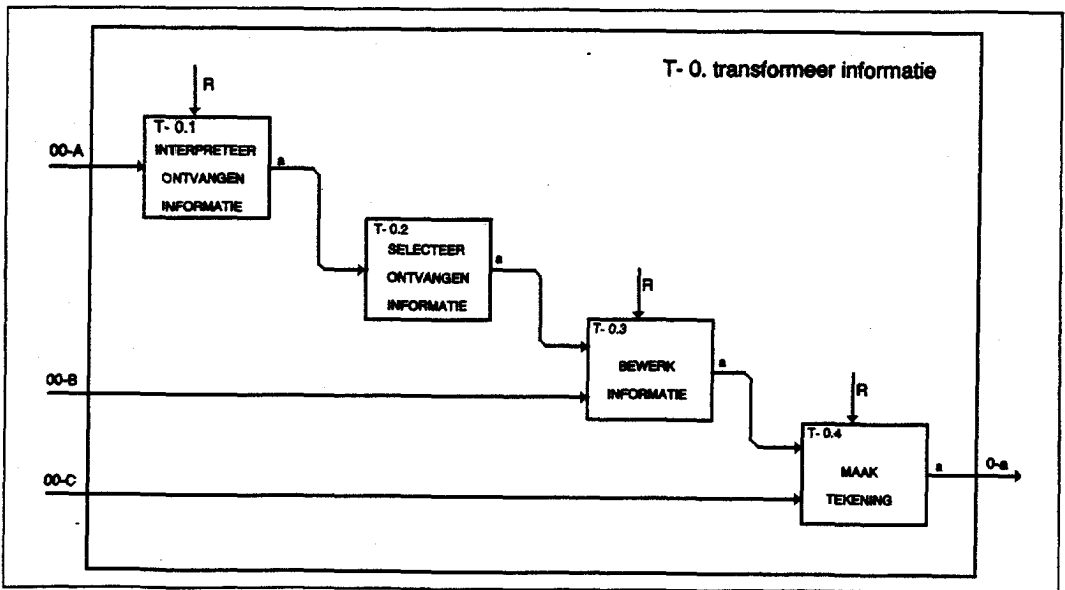
Transformeren van informatie

Voor de overdracht van de informatie naar het prefab-betonbedrijf staan de gebruikte informatiedragers vermeld in tabel 4.1.

Deze informatie moet worden getransformeerd in een vorm die gericht is op de processen binnen het prefab-betonbedrijf. Deze transformatie is weergegeven in procesdiagram T-0 (figuur 4.8) en bestaat uit de deelprocessen:

1. interpretatie van de informatie die op de ontvangen tekeningen en andere documenten voor komt;
2. selectie van de gegevens die voor verwerking in het eigen proces nodig zijn;
3. uitvoeren van het ontwerpproces met gebruik van de geselecteerde en andere gegevens;
4. weergeven van het ontwerpresultaat op tekening.

De deelprocessen 1. en 2. moeten door ervaren ontwerpers worden uitgevoerd. De deelprocessen 3 en 4 zijn gedeeltelijk geïntegreerd tot het op interactieve wijze maken van een tekening, al of niet met gebruik van een CAD-systeem. Deze wijze van overdracht geldt voor alle soorten niet gestandaardiseerde informatie.



figuur 4.8 Procesdiagram 'transformeer informatie'
process diagram 'transformation of information'

Voor het ontwerpen en produceren van prefab betonelementen wordt door het prefab-betonbedrijf informatie ontvangen van de verschillende projectpartners (figuur 4.4). Deze informatie moet in het prefab-betonbedrijf worden omgezet in een vorm die nodig is voor de eigen processen. Om een indruk te geven van dit omzettingsproces worden hierna de globale indeling van de ontvangen informatie gegeven en de globale indeling van de informatie zoals deze in het prefab-betonbedrijf wordt verwerkt.

Toegeleverde informatie

Door de projectpartners wordt de productinformatie via tekeningen en bestekbepalingen aan het prefab-betonbedrijf verstrekt. Dit is in het procesdiagram in figuur 4.4 weergegeven. Deze informatie omvat onder andere:

bouwkundig:

- vorm, kleur, nabehandeling en oppervlaktestructuur van de betonelementen;
- voorzieningen en eisen met betrekking tot geluids- en warmte-isolatie, brand en milieu;
- in te storten voorzieningen en sparingen;
- vloerbelastingen;
- profilering en voegconstructies van de betonelementen;
- aansluiting van de elementen op bouwkundige constructies;
- afwerking van de betonelementen;
- vormtoleranties;
- plaatsingstoleranties;

constructief:

- afmetingen van betonelementen;
- sparingen, verbindingen en aansluitingen;
- eisen met betrekking tot sterkte, stijfheid en duurzaamheid;
- belastingen, stabiliteitseisen;
- krachten in elementen en verbindingen;
- berekende en eventueel getekende wapening en voorspanning;
- de toepassing van oplegmateriaal;
- kwaliteitseisen voor materialen en processen;
- voorzieningen voor transport, hijsen en plaatsen van de betonelementen;
- toleranties.

installatietechnisch:

- sparingen voor installaties;
- in te storten onderdelen voor installaties.

technologisch:

- soort cement, soort toeslagmaterialen, staalkwaliteit, drukvastheid van verharde beton;
- soorten isolatiematerialen;
- soorten in te storten voorzieningen;

- wijze van controle en beproeving;
- kwalitatieve eisen voor materialen en in te storten voorzieningen.

Gebruik van informatie in het prefab-betonbedrijf

De wijze waarop de informatie verder wordt verwerkt is afhankelijk van het type element, het productieproces en de bedrijfsorganisatie.

In de globale volgorde van verwerking, kan de informatie als volgt worden ingedeeld [STUPRE 1994, blz. 22]:

1. *vorm*
betreft: elementtype, elementsoort, vorm oplegging/beëindiging.
2. *geometrie*
betreft: lengte, breedte, dikte, andere hoofdmaten.
3. *eisen*
betreft: veiligheid, vervorming, brand, warmte-isolatie, milieu, geluid; kwaliteitseisen materialen en oppervlakken; toleranties voor afmetingen en vorm, in te storten onderdelen, plaatsing van elementen.
4. *belastingen*
betreft: plaats, richting; soort belasting.
5. *materialen*
betreft: cementsoort, betonsoort, betonkwaliteit, toeslagmateriaal, kleurstof, hulpstoffen, afwerkmetaal; soort en kwaliteit betonstaal/voorspanstaal; oplegmateriaal, isolatiemateriaal.
6. *randvoorwaarden uitvoering*
betreft: maximaal gewicht en afmetingen, voorzieningen opslag.
7. *grote sparingen*
betreft: afmetingen, plaats; omranding/pui.
8. *wapening/voorspanning*
betreft: voorspansystemen, beëindiging voorspandradsen; hoofdwapening, uitstekende wapening, bijlegwapening.
9. *details*
betreft: vellingkanten, profiel voeg, profiel opening, hoekdetails.
10. *verbindingen*
betreft: soort, plaats.
11. *in te storten onderdelen*
betreft: soort, plaats.
12. *kleine sparingen*
betreft: grootte, materiaal, plaats.
13. *voorzieningen uitvoering*
betreft: soort, plaats.
14. *afwerking*
betreft: nabehandeling; aanbrengen van afwerklaag, isolatiemateriaal, coating, verf.

4.5 Knelpunten in de informatievoorziening

Bij de toelevering en verwerking van informatie doen zich vaak problemen voor. Deze problemen hebben de volgende oorzaken:

- De voorbereiding van de productie van prefab betonelementen vindt in een projectfase plaats waarin het bouwkundig ontwerp en de ontwerpen voor de verschillende installaties vaak nog niet voldoende zijn uitgewerkt. Het verstrekken van juiste en definitieve informatie over sparingen en in te storten voorzieningen is daardoor nog niet mogelijk.
- De opgegeven voorzieningen in de elementen zijn niet of onvoldoende op elkaar afgestemd.
- De mogelijkheden voor de grootte en de plaatsing van sparingen en in te storten onderdelen verschillen per elementtype. Hiervoor kunnen geen formele regels voor externe ontwerpers worden gegeven.
- De toegezonden informatie is niet geselecteerd voor het doel. Meestal worden algemene overzichtstekeningen gestuurd, waarin de informatie voor de elementen is opgenomen. Deze overdaad aan informatie kan wel nuttig zijn voor de ontvanger om zich een beeld te vormen van het gebouwdeel waarin de elementen worden toegepast.

Door de Vereniging Grootbedrijf Bouwnijverheid is het rapport *Informatie-ordening in de bouw* uitgebracht [VGBouw 1996]. Hierin wordt onder andere geconstateerd:

- Bij de levering van prefab elementen ontstaan regelmatig tijdsproblemen. Dit komt in veel gevallen doordat de installateur te laat opdracht krijgt en nog niet gereed is met het maken van de werktekeningen (blz. 52).
- Met betrekking tot de kwaliteit van de informatie wordt opgemerkt, dat door de aannemer vaak bewust te veel informatie wordt verstrekt. Hiermee wil men voorkomen dat, bij latere problemen over de overeenkomst, door de onderaannemer gesteld kan worden dat de ontvangen informatie onvolledig was (blz. 56).
- De kwaliteit van het tekenwerk laat vaak te wensen over, onder andere door verschillende wijzen van maatvoering (blz. 21).

In het kader van dit promotie-onderzoek werd in samenwerking met de branche-organisatie BEVLON een onderzoek uitgevoerd naar het sparingbepalingsproces voor vloerelementen. In paragraaf 9.2 worden de resultaten van dit onderzoek besproken.

4.6 Gebruik van normbladen en documenten

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de belangrijkste normen die bij ontwerp, productie en assemblage van prefab betonelementen worden toegepast.

Normblad voor betontekeningen

De bestaande normbladen zijn afgestemd op communicatie tussen vakspecialisten. In voorschriften die niet direct betrekking hebben op de veiligheid van bouwconstructies wordt daarom vaak de mogelijkheid geboden om van de regelgeving af te wijken. Afwijking van de normbladen komt vooral voor wanneer deze niet goed (meer) aansluiten op de bestaande praktijk.

NEN 3870

Voor het tekenen van betonnen draagconstructies is NEN 3870 'Tekeningen voor betonconstructies' de geldende norm. Bij de overdracht van informatie over betonnen draagconstructies neemt deze norm een belangrijke plaats in. In het kader van dit onderzoek is deze norm getoetst op gebruik voor het tekenen van prefab betonelementen. Dit leidt tot de onderstaande opmerkingen:

- Veel bepalingen hebben de vorm van een advies of geven alleen een voorkeur aan. In de opmerkingen bij paragrafen wordt vaak de mogelijkheid genoemd om van de norm af te wijken.
commentaar: Dit leidt tot inconsistente informatie.
- Met normen voor tekeningen in andere disciplines zijn geen relaties gelegd.
commentaar: Bij interdisciplinaire informatie-uitwisseling kunnen verschillen in normen tot fouten leiden en aanpassing van de overgedragen informatie noodzakelijk maken.
- De norm geldt voor alle toepassingsgebieden van betonnen draagconstructies. Tekst en voorbeelden zijn gericht op gebouwen met een eenvoudige rechthoekige plattegrond.
commentaar: De toepassing van de norm in andere bouwsectoren kan daardoor niet eenduidig zijn.
- Kolommen moeten gemerkt worden overeenkomstig de stramienlijnen waarop ze geplaatst zijn.
commentaar: Bij gebouwen of gebouwdelen met b zondere vormen staan kolommen vaak niet op stramienlijnen. Dit leidt tot onduidelijkheid en inconsistentie.
- In paragraaf 3.4 worden symbolen gegeven voor de afwerking van het stortvlak met houten spaan en stalen plakspaan.
commentaar: In de prefab-betonfabriek worden stortvlakken vaak machinaal afgewerkt.
- In paragraaf 4.6.3 staan bepalingen voor het toekennen van merken aan elementen. Het hoofdmerk moet in cijfers, zoveel mogelijk in volgorde van montage. Het submerk bestaat uit twee cijfers. Gelijke elementen hebben hetzelfde merk. Voor gespiegelde plaatsing van gelijke elementen moet een speciaal merkteken worden aangebracht.
commentaar: 'gelijke elementen hebben hetzelfde merk' en 'zoveel mogelijk in volgorde van montage' zijn strijdige begrippen. Dit geeft

geen eenduidig interpreteerbare informatie.

- In hoofdstuk 7 zijn enkele bepalingen opgenomen voor het legplan en de elementtekening. Op de elementtekening (in dit rapport productietekening genoemd) moet 'de maximaal toelaatbare maat-afwijking' worden vermeld.

commentaar: Er bestaan veel soorten maatafwijkingen. Voor enkele soorten maatafwijkingen zijn de maximaal toelaatbare waarden opgenomen in speciale normbladen (tabel 4.1).

- De voorgeschreven weergave op tekening van voorgespannen wapening, betreft voorspansystemen die bij in het werk gestort beton worden toegepast.

commentaar: Voor prefab betonelementen worden andere typen voorspansystemen toegepast.

Uit deze toetsing blijkt, dat informatie op prefab-betontekeningen niet eenduidig vastgelegd en geïnterpreteerd kan worden met gebruik van NEN 3870.

tabel 4.2 voorschriften voor ontwerp, productie en assemblage van prefab betonelementen
standards for design, production and assembly of precast concrete elements

code normblad	naam normblad	van toepassing in processen
NEN 1068	Thermische isolatie van gebouwen	P-0.1
NEN 2886	Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor gebouwen	P-0.1, P-0.5
NEN 2887	Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor het uitzetten op de bouwplaats	P-0.5
NEN 2888	Maximaal toelaatbare maatafwijkingen voor het stellen van draagconstructies van gebouwen	P-0.2, P-0.4
NEN 2889	Betonelementen, maximaal toelaatbare maatafwijkingen	P-0.4
NEN 3668	Voorspanstaal	P-0.2, P-0.4
NEN 3870	Tekeningen voor betonconstructies	P-0.2, P-0.4
NEN 3882	Maatcontrole in de bouw	P-0.1, P-0.2, P-0.5
NEN 5950	Voorschriften betontechnologie	P-0.2, P-0.4
NEN 6000	Modulaire coördinatie voor gebouwen	P-0.1, P-0.2, P-0.4
NEN 6008	Betonstaal	P-0.2, P-0.4
NEN 6071	Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen; Betonconstructies	P-0.1, P-0.2, P-0.4
NEN 6146	Wapeningsstaven voor gewapend beton; vormen, codering en buigstaat	P-0.2, P-0.4
NEN 6700	Technische grondslagen voor bouwconstructies (TGB 1990), algemene basiseisen	P-0.1, P-0.2, P-0.4
NEN 6702	Technische grondslagen voor bouwconstructies (TGB 1990), belastingen en vervormingen	P-0.2, P-0.4
NEN 6720	Technische grondslagen voor bouwconstructies TGB 1990 Voorschriften betonconstructies, eisen en rekenmethoden (VBC 1990)	P-0.2, P-0.4
NEN 6722	Voorschriften Beton Uitvoering (VBU 1988)	P-0.2, P-0.4, P-0.5
NEN 6725	Vrijdragende systeemvloeren van vooraf vervaardigd beton	P-0.2, P-0.4, P-0.5
NPR 5070	Geluidwering in woongebouwen, voorbeelden van wand- en vloerconstructies	P-0.1, P-0.2, P-0.4

Weergave van informatie op prefab-betontekeningen

Als regel worden door prefab-betonbedrijven de volgende tekeningsoorten gemaakt:

1. ontwerptekening
2. overzichtstekening
3. productietekeningen

De inhoud en functie van de tekeningen is omschreven in paragraaf 2.4

Door 17 prefab-betonbedrijven die deelnamen aan de in hoofdstuk 2 genoemde enquête werden van totaal 27 projecten tekeningen beschikbaar gesteld. In het kader van dit onderzoek werd onderzocht op welke wijze de informatie over prefab-betonelementen op deze tekeningen werd vastgelegd. Dit onderzoek leidde tot de volgende opmerkingen:

functie van tekeningen

Na de ontwerpfasen wordt de informatie in het algemeen als volgt over twee tekeningtypen verdeeld:

1. Op de overzichtstekening wordt de plaats van de elementen in het bouwobject aangegeven;
2. Op de productietekening worden de springen, de in te storten voorzieningen, details en de wapening aangegeven.

Voor de overzichtstekening wordt meestal een bouwkundige tekening als basis gebruikt. In veel gevallen wordt volstaan met het toevoegen van informatie over prefab-betonelementen aan de niet aangepaste bouwkundige tekening.

Voor productietekeningen worden meestal per element tekeningen op A4- of A3-formaat gemaakt. Deze bladen worden samen met een of meerdere bladen met algemene informatie over symbolen, materialen, standaard springen, toleranties enz. tot boekjes gebundeld.

gebruik van merken

De viercijferige code voor merken volgens NEN 3870 art. 4.6.3, wordt door geen enkel bedrijf toegepast. In veel gevallen wordt een hoofdcode toegepast met een subcode die kleine variaties of spiegeling aangeeft. Bij de meeste bedrijven wordt aan gelijke elementen hetzelfde merk gegeven. Bij enkele bedrijven krijgen de elementen een uniek merk. Meestal wordt dan een tabel toegevoegd waarin de gelijke elementen worden aangegeven.

wijze van maatvoering

Op de overzichtstekeningen wordt de plaatsing van de elementen meestal vastgelegd ten opzichte van de systeemlijnen. De maatvoering van de elementen sluit vaak aan op de bouwkundige maatvoering. Voor de maatvoering van springen op de overzichtstekening wordt soms een apart maatvoeringssysteem gebruikt.

Op de productietekeningen wordt de plaats van springen en in te storten onderdelen meestal vastgelegd ten opzichte van twee elementranden.

gebruik van symbolen

Voor de afwerking van oppervlakken staan symbolen aangegeven in NEN 3870 art. 3.4 en in [BELTON 1993, blz. 93 en 94]. Deze symbolen worden door de meeste bedrijven toegepast. Voor in te storten onderdelen en kleine sparingen worden symbolen gebruikt die meestal per bedrijf variëren.

aanduiding van sparingen

Enkele bedrijven hebben een aantal kleine sparingen gestandaardiseerd. Zowel de grootte van de sparingen als de wijze van aanduiden variëren per bedrijf.

renvooi

De aanduidingen in het renvooi zijn meestal niet volledig en niet geheel in overeenstemming met NEN 3870 art. 7.3.

schaal

Op de productietekeningen worden vaak, door verkleining of vergroting, ongebruikelijke schalen van tekenen toegepast die niet in overeenstemming zijn met NEN 3870 art. 4.4.

wapening

De aanduiding van wapening en voorspanstaal gebeurt vrijwel nooit volgens NEN 3870.

Samenvattend kan worden gesteld, dat de wijze waarop informatie over prefab-betonelementen op tekeningen wordt weergegeven varieert:

- voor overzichtstekeningen per project;
- voor productietekeningen per bedrijf en per elementtype.

De bepalingen in NEN 3870 die betrekking hebben op tekeningen voor prefab betonelementen zijn onvolledig en onvoldoende gedifferentieerd voor toepassing op de verschillende elementtypen.

4.7 Samenvatting en conclusies

Dit hoofdstuk geeft de resultaten weer van een aantal proces- en informatie-analyses. De analyses zijn gericht op de toepassing van prefab betonelementen in projecten in de bouwsector.

De analyses betreffen:

- de informatie-overdracht binnen een project in de bouwsector;
- de informatie-overdracht binnen een prefab-betonbedrijf;
- de transformatie bij het prefab-betonbedrijf van de ontvangen informatie;
- de norm voor het maken van tekeningen voor betonnen draagconstructies;
- de wijze waarop informatie op tekeningen voor prefab elementen wordt weergegeven.

In procesdiagrammen worden de relevante processen en informatiestromen in het project en in het prefab-betonbedrijf weergegeven.

Van de informatie die door de projectpartners wordt toegeleverd wordt een overzicht gegeven. De toegeleverde informatie is afkomstig van bouwkundig ontwerper, constructief ontwerper, ontwerper installaties en het uitvoerend bouwbedrijf. Deze informatie moet door vakspecialisten van het prefab-betonbedrijf worden geïnterpreteerd, geselecteerd en bewerkt en worden afgestemd op de processen binnen het bedrijf. Een algemene procesgerichte indeling van de informatie bestaat uit 14 informatiegroepen.

In de procesdiagrammen zijn de functionele informatiestromen tussen de processen weergegeven. Om praktische, organisatorische en zakelijke redenen verlopen de informatiestromen in de praktijk vaak op een andere wijze.

Het vaststellen van de plaats en de grootte van sparingen en in te storten voorzieningen in elementen is een complex proces waarbij veel problemen onder grote tijdsdruk moeten worden opgelost. De oorzaken van deze problemen zijn:

- gegevens van de installateur(s) zijn niet tijdig beschikbaar;
- de plaatsen waar sparingen in elementen kunnen worden aangebracht verschillen per elementtype en kunnen niet in formele regels worden vastgelegd;
- sparingen voor de verschillende soorten installaties en voor andere doeleinden moeten worden gecombineerd.

De informatie-overdracht van het prefab-betonbedrijf naar de projectpartners heeft plaats via tekeningen. Het normblad voor betontekeningen NEN 3870 bevat slechts een beperkt aantal bepalingen voor prefab-betontekeningen. Deze bepalingen zijn onvolledig en onvoldoende uitgewerkt voor het eenduidig vastleggen van informatie op prefab-betontekeningen.

Uit een onderzoek van projecttekeningen van prefab-betonbedrijven, blijkt dat de weergave van informatie op prefab-betontekeningen niet gebonden is aan standaardisatie en sterk varieert.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- Het bepalen van de grootte en plaats van sparingen en in te storten voorzieningen in prefab betonelementen en van bouwkundige details, zijn ongestructureerde processen, die veel tijd vergen en meestal onder hoge tijdsdruk moeten worden uitgevoerd.
- NEN 3870, normblad voor tekeningen van betonconstructies biedt een onvoldoende basis voor het eenduidig weergeven van informatie op prefab-betontekeningen.
- De weergave van informatie op prefab-betontekeningen varieert per project, per bedrijf en per elementtype.

5. Modellen voor product-, proces- en informatie-typen

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt van bestaande informatiestructuren in de bouw, voorzover deze betrekking hebben op de realisatie van gebouwen. Daartoe worden proces- en producttypen benoemd en de relaties tussen bedrijven, branches en vakdisciplines vastgelegd. Om de vaktechnische standaardisatie van informatie te formaliseren, wordt het Hiërarchiemodel geïntroduceerd. De andere informatiemodellen zijn het Projectmodel en het Bedrijfsmodel.

Het gebruik van IT-systemen, standaarden en hulpmiddelen moet worden vastgelegd in speciale afspraken tussen bedrijven, branches en disciplines. De vormen en onderdelen van de afsprakenstelsels voor de verschillende informatiemodellen worden besproken.

5.1 Product- en procestypen in de bouwsector

De totale bouw wordt in de praktijk opgedeeld in een aantal bouwsectoren. Deze sectoren onderscheiden zich door belangrijke verschillen in soorten bouwwerk, procestypen, regelgeving en verhoudingen tussen de samenwerkende partijen. De benoeming en de grenzen van de sectoren zijn niet geformaliseerd; zij wisselen afhankelijk van het doel van de indeling. De meeste IT-ontwikkelingen in de bouw hebben betrekking op de bouwsector of de sector GWW (Grond- Weg- en Waterbouw).

Hoofdverdeling

Bij de realisatie van een gebouw kan een aantal kenmerkende product- en procestypen worden onderscheiden.

De producttypen kunnen in drie hoofdgroepen worden verdeeld:

1. bouwkundige scheidings- en afbouwconstructies (in dit onderzoek bouwkundige constructies genoemd);
2. draagconstructies;
3. installaties.

In de voortgang van het bouwproces komen binnen elke productgroep achtereenvolgens de volgende procestypen voor:

- a. Ontwerp;

Op basis van de eisen van de opdrachtgever en binnen het kader van wet- en regelgeving wordt het ontwerp van een bouwobject uitgevoerd. Dit vindt plaats op architecten- en ingenieursbureaus en bij gespecialiseerde adviseurs en wordt vastgelegd op documenten.
- b. Productie;

Onder productie wordt de projectgerichte vervaardiging en toelevering van bouwelementen verstaan door gespecialiseerde bedrijven.
- c. Uitvoering;

Onder uitvoering wordt de verzameling processen op de bouwplaats verstaan.

De kenmerkende verschillen tussen de drie procestypen kunnen als volgt worden samengevat:

- Het ontwerpproces is een combinatie van heuristische en creatieve processen, uitgevoerd door technisch specialisten. Het proces is gericht op het ontwerp van (delen van) het bouwobject in zijn uiteindelijke vorm. De automatisering is gericht op de ondersteuning van deelprocessen.
- Het productieproces is afgestemd op een specifiek componenttype van een gebouw. Het proces vindt in gespecialiseerde bedrijven plaats en is sterk geformaliseerd. De automatisering heeft in de voorbereidende fase een ondersteunende en regulerende functie en in de productiefase een sturende functie.
- Het uitvoeringsproces is afgestemd op de realisatie van een specifiek type bouwobject. Hierbij wordt een complex samenstel van productiemiddelen, materieel en methodieken toegepast. De automatisering heeft in de voorbereidende fase een ondersteunende functie; in de uitvoerende fase deels een ondersteunende en deels een sturende functie.

In de matrix van drie maal drie velden volgens figuur 5.1, kunnen alle bouwprocessen en -producten worden geplaatst die betrekking hebben op de realisering van een gebouw.

	ONTWERP	PRODUCTIE	UITVOERING
BOUWKUND. CONSTRUCT.			
DRAAGCONS.			
INSTALLATIES			

figuur 5.1 Hoofdverdeling product- en procestypen
Main partition of product- and procestypes

Onderverdeling

Voor inzicht in de specifieke kenmerken van producten en processen binnen een bouwproject is een verdere differentiatie noodzakelijk.

Binnen de productgroep draagconstructies wordt onderscheid gemaakt naar constructiemateriaal. Voor dit onderzoek is de meest relevante indeling:

- 2.1 betonnen draagconstructies;
- 2.2 stalen draagconstructies;
- 2.3 houten draagconstructies.

Voor draagconstructies worden ook andere constructiematerialen toegepast. De verdeling op basis van de materialen is in de praktijk niet altijd duidelijk. Veel draagconstructies van gebouwen zijn opgebouwd uit een mengvorm van betonnen en stalen deelconstructies. Daarnaast zijn constructieve componenten ontwikkeld waarin verschillende constructiematerialen op geïntegreerde wijze worden toegepast.

De productgroepen bouwkundige constructies en installaties kunnen op soortgelijke wijze worden onderverdeeld. Voor dit onderzoek is deze onderverdeling niet van belang.

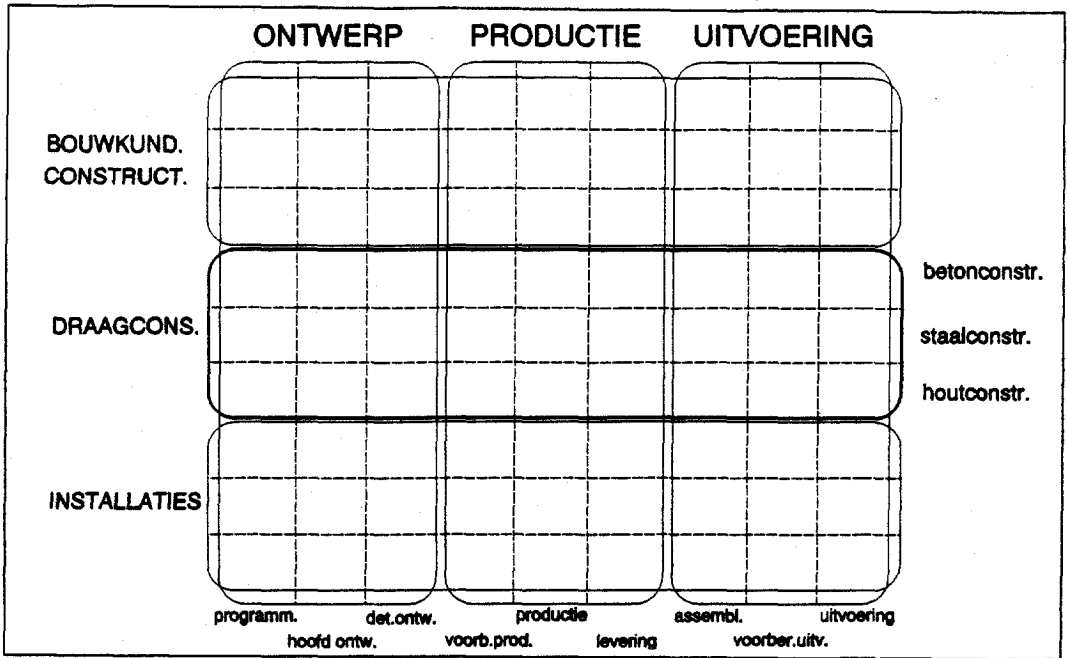
De procesgroepen kunnen als volgt in fasen worden onderverdeeld:

- a. ontwerp:
 - a.1 programmering
 - a.2 hoofdontwerp
 - a.3 detailontwerp
- b. productie:
 - b.1 voorbereiding productie
 - b.2 productie
 - b.3 levering
- c. uitvoering
 - c.1 voorbereiding uitvoering
 - c.2 assemblage
 - c.3 uitvoering

Deze indeling is weergegeven in figuur 5.2.

De genoemde onderverdelingen hebben geen officiële status. Afhankelijk van het doel worden in de praktijk verschillende indelingen toegepast. In [SBR 1994a, blz. 15] en [VGBouw 1996, blz. 11] staan voorbeelden voor indeling van het ontwerpproces. Voor de uitwisseling van informatie tussen bedrijven zijn met name de processen 'hoofdontwerp', 'detailontwerp', 'voorbereiding productie', 'levering' en 'voorbereiding uitvoering' van belang.

De assemblage van componenten wordt in veel gevallen door de toeleverende bedrijven verzorgd, maar ook wel door het bouwbedrijf. Dit



figuur 5.2 Onderverdeling product- en procestypen
Subdivision of product- and procestypes

komt niet in figuur 5.2 tot uiting.

Voor het eerste proces (programmering) en het laatste proces (uitvoering) geldt, dat deze over de disciplines vergaand geïntegreerd (moeten) zijn. In de meeste projecten heeft één ontwerper de verantwoordelijkheid voor het totale ontwerp en één bouwbedrijf de verantwoordelijkheid voor de oplevering van het voltooide bouwwerk.

Indien in ontwerpende of uitvoerende bedrijven meerdere disciplines aanwezig zijn, dan blijven de scheidingen tussen de disciplines toch herkenbaar in de personele en materiële productiemiddelen.

5.2 De organische structuur

Tussen de producttypen die in de voorgaande paragraaf werden genoemd, bestaan fundamentele verschillen. Voor de realisatie van een type product is sterk gespecialiseerde kennis nodig en wordt gebruikgemaakt van speciale regelgeving en standaardisatie. Op deze wijze wordt een afgebakend kennisgebied gevormd: de vakdiscipline.

Binnen een vakdiscipline voeren gespecialiseerde bedrijven een reeks processen uit. Een groep gelijksoortige bedrijven heet een branche.

In de literatuur over informatietechnologie wordt tot nu toe geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen vakdisciplines en branches en worden deze begrippen niet gedefinieerd. In dit onderzoek gelden de volgende definities:

(vak)discipline:

Een volledige reeks processen van ontwerp tot uitvoering, uitgevoerd met gespecialiseerde kennis en productiemiddelen en gericht op de realisering van een specifiek producttype, als onderdeel van een bouwobject. In dit rapport wordt hiervoor de term discipline gebruikt.

branche:

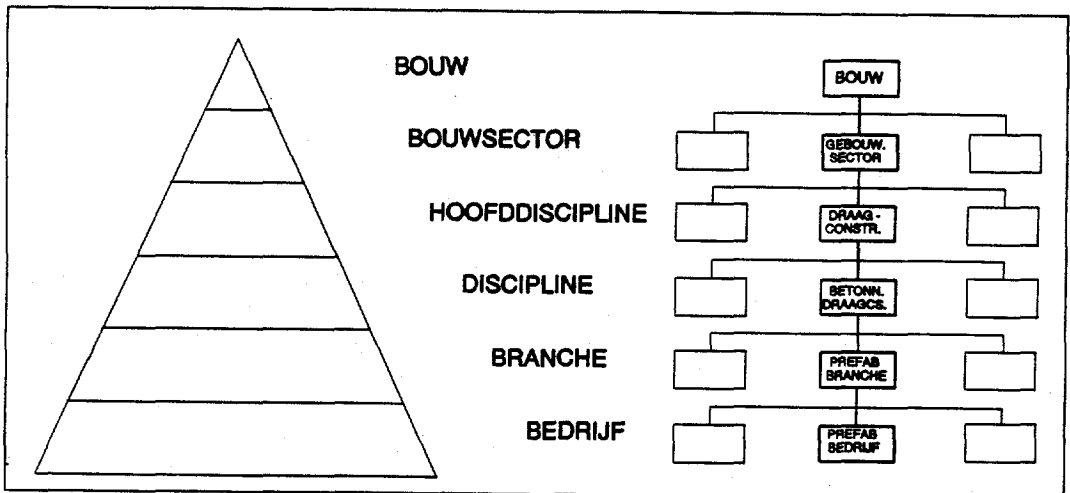
Een groep bedrijven binnen een discipline, die één of meer aaneengesloten processen uitvoeren om een speciaal type product, als onderdeel van een bouwobject, te leveren, of alleen een specifiek proces uitvoeren. In deze definitie zijn dit voor de gebouwensector bijvoorbeeld:

- het maken van het bouwkundig ontwerp;
- de fabricage en levering van betonnen elementen;
- de uitvoering van een elektrotechnische installatie.

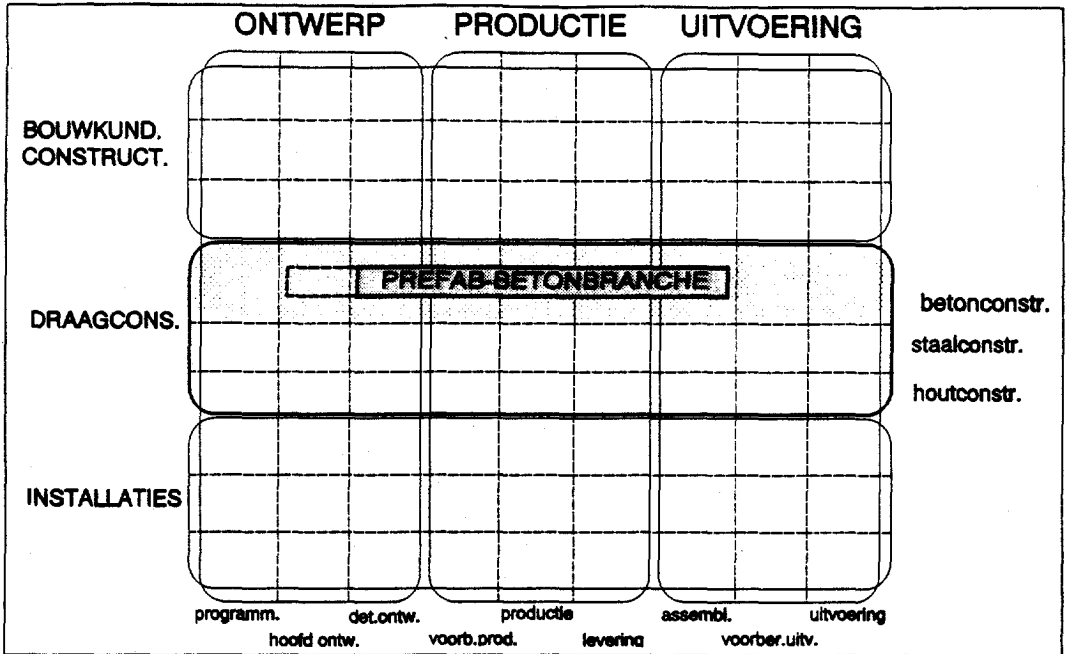
Dit onderzoek is gericht op de *prefab-betonbranche*, onderdeel van de *discipline betonnen draagconstructies*. Dit is in figuur 5.4 weergegeven.

Naast de disciplinegerichte voorschriften, zijn binnen de productgroep draagconstructies ook niet-materiaalgebonden voorschriften van toepassing die voor alle typen draagconstructies gelden. De drie productgroepen bouwkundige constructies, draagconstructies en installaties (figuur 5.1), zijn dus betekenisvolle eenheden. Zij worden in dit rapport *hoofddisciplines* genoemd.

De bovenomschreven indeling in sectoren, hoofddisciplines, branches en bedrijven is weergegeven in figuur 5.3.



figuur 5.3 Hiërarchisch systeem
Hierarchical system



figuur 5.4 Positie prefab-betonbranche
Position of precast concrete branch

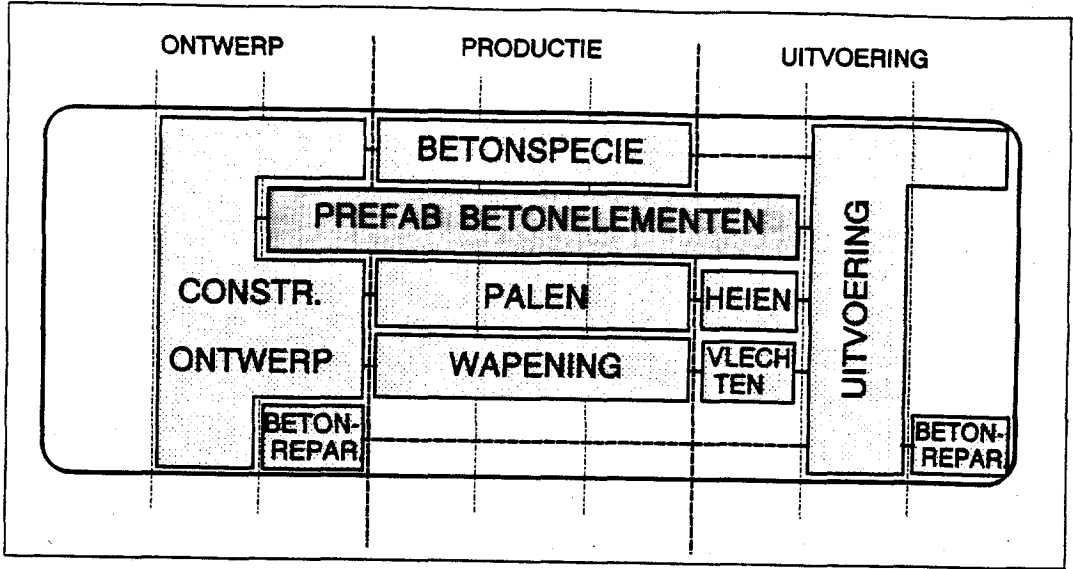
Branches binnen de discipline betonnen draagconstructies

Binnen elke discipline kunnen meerdere branches worden onderscheiden. Bij de discipline betonnen draagconstructies zijn dat onder andere (zie figuur 5.5):

- ontwerpen van betonconstructie;
- maken en leveren van betonspecie;
- ontwerp, productie en assemblage van dragende geprefabriceerde betonelementen;
- productie van geprefabriceerde palen;
- heien van geprefabriceerde palen;
- vervaardigen van wapeningsconstructies in wapeningscentrales;
- plaatsen van wapeningsconstructies in het werk;
- ontwerpen en uitvoeren van betonreparaties door speciale bedrijven;
- uitvoeren van betonconstructies.

Binnen de bedrijven in de branche voor constructieve geprefabriceerde elementen (de prefab-betonbranche) worden, volgens het schema in figuur 5.2 de volgende processen uitgevoerd (zie figuur 5.4):

- maken detailontwerp;
- voorbereiding productie;
- productie;
- levering;
- assemblage.



figuur 5.5 Branches in discipline betonnen draagconstructies
Branches within discipline of concrete structures

In de hoofdstukken 2 en 4 zijn deze processen verder uitgewerkt. Bij de levering van geprefabriceerde gebouwdelen (paragraaf 2.2) verzorgt het prefab-betonbedrijf ook het hoofdontwerp. Dit is in figuur 5.4 gestipeld weergegeven.

In een branche verzorgt een branche-organisatie de gezamenlijke belangen van de bedrijven. Branche-organisaties houden zich onder andere bezig met:

- het opstellen van uniforme afspraken over leveringscondities;
- het verzorgen van branche-gerichte opleidingen;
- het geven van voorlichting over producten en bedrijven;
- het opstellen van technische standaardisatie en richtlijnen.

Voor disciplines, hoofddisciplines en sectoren bestaan geen belangenorganisaties. Binnen de discipline betonnen draagconstructies verzorgt en coördineert de Betonvereniging opleidingen, voorlichting en excursies. Bij de Betonvereniging aangesloten studieverenigingen voeren in deelgebieden praktijkgerichte studies uit. STUPRE is een studievereniging die zich richt op de toepassing van geprefabriceerde betonelementen.

De BIBM is een internationale organisatie voor nationale prefab-beton-branches.

Het lagenmodel

De bovenomschreven organische structuur van de bouw en meer specifiek van de bouwensector vormt een lagenmodel volgens figuur 5.3.

Regelgeving en standaardisatie

In de loop van de tijd is binnen de bouw een omvangrijk stelsel van regelgeving en standaardisatie ontwikkeld. Dit stelsel is gekoppeld aan de hiërarchische eenheden die in de vorige paragraaf werden beschreven (figuur 5.3). Vanuit regelgeving en standaardisatie wordt informatie gegeneereerd. Hierdoor vormen de lagen ook de basis voor structurering en differentiatie van de informatie.

In het onderzoeksproject ATLAS (zie paragraaf 7.1) wordt gewerkt met een informatiemodel voor niet-materiaalgebonden gegevens van de draagconstructie en een daarvan afgeleid submodel voor het vastleggen van specifieke gegevens van de betonconstructie [Bakkeren 1995, blz. 2].

Voor de discipline betonnen draagconstructies worden regelgeving en richtlijnen verzorgd door de stichting CUR in samenwerking met het NNI. Sinds enkele jaren zijn voor betonconstructies ook Europese richtlijnen van kracht. De nationale voorschriften zullen op den duur worden vervangen door Europese normen.

Het NNI zorgt in Nederland voor de onderlinge afstemming van de verschillende disciplines en voor discipline-overschrijdende voorschriften. Op internationaal niveau zijn en worden ISO-normen ontwikkeld. De nationale en Europese normen worden hier zoveel mogelijk op afgestemd.

In paragraaf 4.6 staan de belangrijkste normen vermeld die bij het ontwerpen, produceren en assembleren van prefab elementen van toepassing zijn. De bestaande voorschriften vormen geen coherent geheel.

Binnen veel branches bestaan afspraken over standaardisatie van producten, onderdelen en materialen en over kwaliteitseisen voor geleverde producten. Deze zijn afgestemd op de regelgeving en standaardisatie in de betreffende discipline.

Ten slotte heeft elk bedrijf binnen het kader van algemene, discipline-gerichte en branche-gerichte voorschriften en standaardisatie zijn eigen, al of niet vastgelegde, vormen van standaardisatie, richtlijnen, instructies enz.

5.3 Model voor systeem-onafhankelijke standaardisatie

In paragraaf 4.4 werd het proces van informatie-overdracht besproken: bij de huidige methode moeten vakspecialisten de ontvangen informatie interpreteren, selecteren en bewerken voordat deze in de eigen processen verwerkt kan worden.

Het doel van IT is om directe communicatie tussen geautomatiseerde systemen en gezamenlijk gebruik van opgeslagen gegevens, mogelijk te maken. De toegevoegde waarde van IT-systemen wordt voor een belangrijk deel bepaald door de verminderde tussenkomst van vakspecialisten in het proces van informatie-overdracht. Daartoe is vergaande en uniforme standaardisatie van de vorm, structuur en betekenis van informatie noodzakelijk.

In hoofdstuk 6 wordt het structureren van de informatie besproken; in hoofdstuk 7 komt de standaardisatie van de vorm en betekenis van informatie aan de orde. In deze paragraaf wordt ingegaan op het gebruik van vaktechnische standaardisatie in geautomatiseerde systemen.

Vaktechnische standaardisatie

Bij de ontwikkeling van een geautomatiseerd systeem worden vaktechnische elementen in het systeem opgenomen. Hiermee wordt het gebruik ervan in het toepassingsgebied van het systeem gestandaardiseerd.

Deze standaardisatie betreft bijvoorbeeld:

- grafische entiteiten in CAD-systemen;
- namen van componenten;
- gebruik van eenheden;
- classificatie van productgegevens.

De bestaande regelgeving is afgestemd op informatie-overdracht tussen vakspecialisten. Voor het gebruik in geautomatiseerde systemen is zij ongeschikt door onvolledigheid en inconsistentie (zie ook paragraaf 4.6). In de bestaande praktijk betekent dit, dat de benodigde standaardisatie voor een groot deel wordt bepaald door de ontwikkelaars en gebruikers van een geautomatiseerd systeem. Het toepassingsgebied van een geautomatiseerd systeem is wel afgebakend, maar de daarin verwerkte standaardisatie heeft altijd een breder toepassingsgebied. Dit komt ook tot uiting in de casus die in hoofdstuk 9 wordt beschreven.

Naarmate de geautomatiseerde systemen in aantal en omvang toenemen, zullen de problemen van niet op elkaar afgestemde deelstandaardisaties groter worden. Dit komt in paragraaf 7.4 aan de orde.

Ook de differentiatie en afbakening van elektronisch toegeleverde informatie is een vaktechnisch probleem, waarvoor binnen het vakgebied algemene basisafspraken moeten worden gemaakt.

Het Hiërarchiemodel

Uit het bovenstaande volgt, dat het noodzakelijk is een systeemafhankelijk model te ontwikkelen voor vaktechnische standaardisatie voor opname in geautomatiseerde systemen.

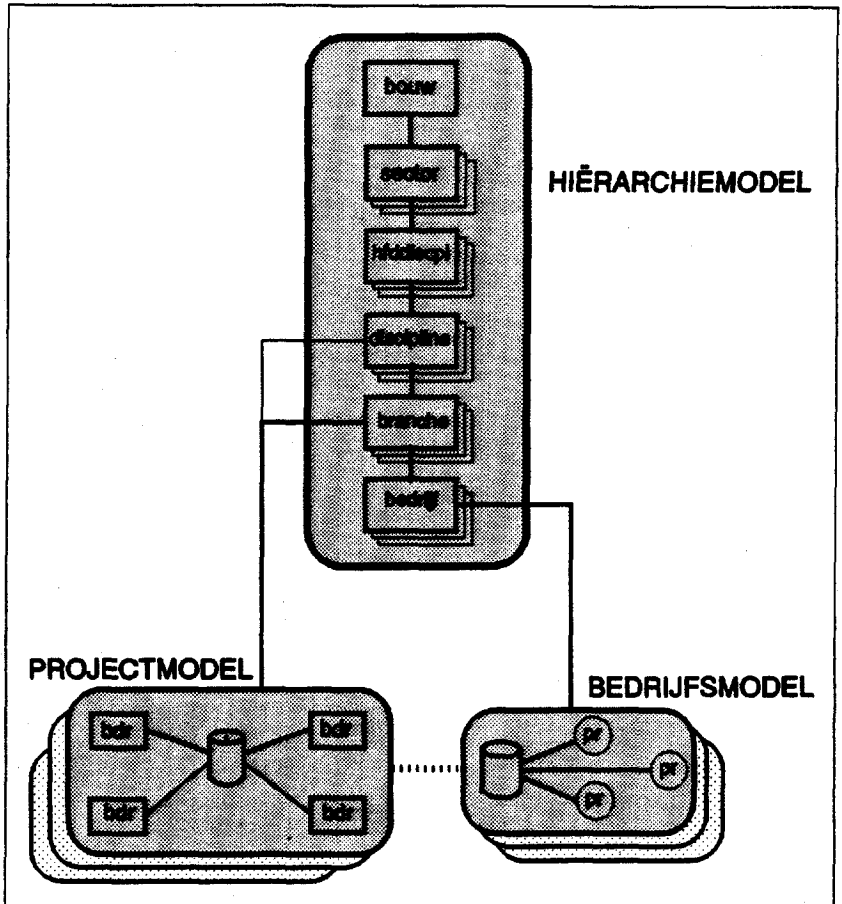
Hiertoe wordt in dit proefschrift het begrip Hiërarchiemodel (HM) geïntroduceerd. Het HM zal een sterk vernieuwde en uitgebreide versie van delen van de bestaande regelgeving bevatten. Daarnaast moeten ook nieuwe vormen van standaardisatie, die verband houden met IT-systemen, worden vastgelegd; zoals uitgangspunten voor classificatiesystemen en voor informatiestructuren.

Samenvattend moet het HM bestaan uit:

- a. Een aangepast, uitgebreid en geformaliseerd deel van de bestaande regelgeving en standaardisatie.
- b. Algemene uitgangspunten voor classificatiesystemen voor producten en processen.

- c. Algemene uitgangspunten voor de vorm, afbakening en structuur van informatie.

Een consistente en gedifferentieerde standaardisatie en regelgeving, voor alle niveaus die in de vorige paragraaf werden omschreven, moet de basis gaan vormen voor de ontwikkeling en het gebruik van geautomatiseerde systemen. Het Hiërarchiemodel heeft daardoor dezelfde structuur als het lagenmodel met de niveaus: bouw - sector - hoofdiscipline - discipline - branche en bedrijf (figuur 5.6). Dit is -afgezien van wijzigingen en uitbreidingen- een systeem-onafhankelijk statisch model. Het HM moet vanuit het technische vakgebied worden ontwikkeld en staat los van IT-ontwikkelingen.



figuur 5.6 Informatiemodellen
Information models

In het HM moeten worden vastgelegd:

- de afstemming per niveau, van regelgeving en standaardisatie op het overkoepelende hogere niveau, bijvoorbeeld de afstemming van de regelgeving en standaardisatie in de prefab-betonbranche op die in de discipline betonnen draagconstructies;
- per niveau de algemene uitgangspunten voor classificatie van producten en processen op het lagere niveau;
- per niveau de algemene uitgangspunten voor differentiatie van product- en proces-informatie voor het lagere niveau;

Voor het vastleggen van regelgeving en standaarden moeten bestanden worden ontwikkeld met de daarbij behorende IT-hulpmiddelen.

5.4 Modellen voor informatie-uitwisseling

In het kader van dit onderzoek worden twee groepen IT-systemen voor informatie-uitwisseling onderscheiden. De verzameling IT-systemen voor de uitwisseling van project-informatie wordt Projectmodel (PM) genoemd; die voor de uitwisseling van bedrijfs-informatie wordt Bedrijfsmodel (BM) genoemd.

Het Projectmodel

Binnen het PM vindt de informatie-uitwisseling plaats tussen de applicaties van bedrijven die als projectteam een bouwproject realiseren. De methodieken voor elektronische overdracht van informatie die in hoofdstuk 6 worden besproken, worden in een PM toegepast. De informatie-overdracht binnen het PM wordt gedifferentieerd naar branches en disciplines. Vanuit deze niveaus worden de binnen het HM ontwikkelde standaarden ingebracht in de IT-systemen binnen het PM.

De opbouw en ontwikkeling van het PM worden in hoofdstuk 8 behandeld.

Het Bedrijfsmodel

Met BM wordt het model voor de communicatie tussen geautomatiseerde systemen binnen een bedrijf aangeduid.

De wijze van communicatie binnen een bedrijf is vooral afhankelijk van de gebruikte geautomatiseerde systemen en de wijze waarop deze zijn gekoppeld en geïntegreerd en zijn ingebed in de bedrijfsorganisatie. Dit is per bedrijf verschillend.

Door het gebruik van IT-systemen binnen projecten en de ontwikkeling van de hiervoor noodzakelijke standaardisatie, zullen steeds meer uniforme eisen ontstaan, waaraan de geautomatiseerde bedrijfssystemen moeten voldoen. Ook IT-ontwikkelingen binnen de branche, die in paragraaf 10.4 worden besproken, zullen dat effect hebben.

Buiten een aantal soorten projectmodellen zullen binnen de bouw ook andere productgerichte informatienetwerken worden ontwikkeld, waarvan prefab-betonbedrijven gebruik zullen maken. Elk netwerk zal nieuwe eisen meebrengen met betrekking tot standaardisatie.

Naarmate omvang en niveau van de automatisering in de bedrijven toeneemt, zal de wens ontstaan en ook de mogelijkheid zijn, om het interne netwerk binnen een bedrijf gescheiden te organiseren van externe netwerken. De eisen vanuit de externe netwerken gelden dan als randvoorwaarden voor de ontwikkeling van het interne netwerk. Het interne netwerk is dan afgestemd op de eigen bedrijfsorganisatie, maar kan ook worden gekoppeld aan de externe netwerken.

De relaties tussen HM, PM en BM zijn weergegeven in figuur 5.6.

5.5 Afsprakenstelsels

Opslag, beheer en uitwisseling van gedigitaliseerde informatie voor samenwerkende onafhankelijke bedrijven en organisaties valt buiten het kader van de bestaande regelgeving, werkmethoden en overeenkomsten. Daarom zullen de verschillende aspecten hiervan in speciale afspraken moeten worden vastgelegd. Hetzelfde geldt voor het beheer van regelgeving en standaarden.

Het gebruik van een informatiemodel moet worden geregeld in één of meerdere afsprakenstelsels. Voor de drie informatiemodellen die in de vorige paragraaf zijn besproken, moeten daarom afspraken worden opgesteld waarin de rechten, plichten en verantwoordelijkheden van de participanten en het beheer van het model zijn vastgelegd.

In de literatuur wordt onder afsprakenstelsel meestal het informatiemodel plus de afspraken voor de informatica-technologie verstaan.

In dit proefschrift wordt onder afsprakenstelsel (AS) de verzameling afspraken verstaan, die nodig is voor het gebruik van IT-middelen als modellen, systemen en de daarin opgenomen standaarden.

Met het opstellen en het gebruik van afsprakenstelsels is in de bouw nog weinig ervaring opgedaan. In paragraaf 7.4 komt dit aan de orde.

Afsprakenstelsels voor het Hiërarchiemodel

Binnen het HM zijn op bouw-, sector-, hoofddiscipline-, discipline- en brancheniveau afsprakenstelsels nodig. In elk AS moet voor het betreffende niveau worden vastgelegd:

- De onderlinge afstemming van de in paragraaf 5.3 genoemde vormen van standaardisatie, op die van het hogerliggende niveau.
- Het gebruik en beheer van IT-hulpmiddelen binnen het HM.

Afsprakenstelsels voor een Projectmodel

Voor het gebruik van elk informatie-uitwisselingssysteem (IUS) binnen een PM is een AS nodig. De afspraken moeten betrekking hebben op alle aspecten die de kwaliteit van het communicatieproces bepalen. Dit zijn de volgende onderdelen:

1. De wijze en vorm van overdracht (*syntax*).
2. Het gebruik van standaarden voor de betekenis van informatie (*semantiek*).
3. De afbakening, structuur en differentiatie van de over te dragen informatie (*structuur*).
4. De status en het gebruik van bestandsversies en het gebruik van documenten (*status*).
5. Het beheer van overgedragen of centraal opgeslagen informatie (*beheer*).
6. Specifieke verantwoordelijkheden en juridische aspecten die het gevolg zijn van het gebruik van IT-systemen (*juridische aspecten*).
7. Eventuele verrekening van kosten (*kosten*).

Een AS moet door discipline- en branche-organisaties worden opgesteld en, met eventuele aanvullingen, per project van kracht worden verklaard.

syntax

De *syntax* van de over te dragen informatie wordt bepaald door de keuze van het intermedium (DXF, STEP, EDI enz.). Bij gebruik van STEP moeten de van toepassing zijnde STEP-AP's, -EAP's en -subsets worden vastgelegd. De elektronische overdracht van informatie en het gebruik van STEP daarbij, worden in hoofdstuk 6 besproken. De kwaliteit van de fysieke overdracht van de informatie wordt bepaald door het optredende informatieverlies.

semantiek

De informatie die op tekeningen en andere documenten wordt overgedragen moet uniform in vorm en betekenis zijn en moet daarom worden gestandaardiseerd (paragraaf 7.3). Tekeningen vormen de belangrijkste en meest complexe informatiedragers. Normen voor tekeningen vertonen vaak per vakdiscipline verschillen of ontbreken voor deelgebieden. De bestaande tekennormen voor betonconstructies zijn onvolledig en inconsistent. Hierdoor treden ook verschillen op tussen de weergave van informatie op tekeningen van verschillende bedrijven binnen de discipline of een branche (zie paragraaf 4.5).

structuur

De kwaliteit van de ontvangen informatie wordt, naast de *syntax* en *semantiek*, bepaald door:

- De omvang van de informatie.
Als regel wordt meer informatie gestuurd dan door de ontvanger wordt gebruikt. De relevante informatie moet dan worden geselecteerd. In paragraaf 4.5 werd dit reeds besproken.
- De structuur van de informatie.
Deze structuur moet het voor de ontvanger mogelijk maken de ontvangen informatie te selecteren en om te zetten in de voor zijn processen gewenste vorm (zie paragrafen 6.3 en 6.4).

- De juistheid van de informatie.
- De volledigheid van de informatie.

Het structureren van informatie en het gebruik van productmodellen worden in de hoofdstukken 6 en 8 besproken.

status

Tekeningen en andere documenten zullen vaak in verschillende opeenvolgende versies worden overgedragen. Deze versies worden in andere bedrijven verder bewerkt en opgeslagen. Kopieën van de bewerkte versies worden teruggestuurd. Duidelijke afspraken over de status van versies en varianten zijn dan noodzakelijk [van Dam 1994, blz. 5]. Daarbij moet ook de status van de gebruikte papieren documenten worden betrokken.

beheer

Het beheer van een informatie-uitwisselingsstelsel (IUS) en van de daarbij gebruikte bestanden met projectgegevens, moet worden vastgelegd. Bij grotere projecten of bij gebruik van één neutraal bestand, kan het noodzakelijk of gewenst zijn daar één persoon, bedrijf of organisatie mee te belasten.

Afspraken zijn nodig over wie, welke informatie kan plaatsen, opvragen, muteren of verwijderen en met welke middelen. Daarnaast moeten de revisie en archivering van de projectinformatie worden geregeld.

juridische aspecten

Bij het gebruik van IT-systemen wordt de informatie op een andere wijze vastgelegd en verspreid dan in de huidige situatie. Bestanden kunnen voor meerdere bedrijven toegankelijk zijn en kunnen door derden worden beheerd. Dit betekent, dat aanvullende juridische bepalingen nodig zijn over de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheid van de projectpartners.

kosten

Verrekening van kosten kan betrekking hebben op:

- beheer en informatie-management;
- aanschaf van apparatuur voor gebruik in het IUS;
- ontwikkeling van programmatuur voor gebruik in het IUS;
- gebruik van een centraal bestand;
- beheer en onderhoud van systemen die niet aan een bedrijf of project zijn gebonden.

Afsprakenstelsel voor een Bedrijfsmodel

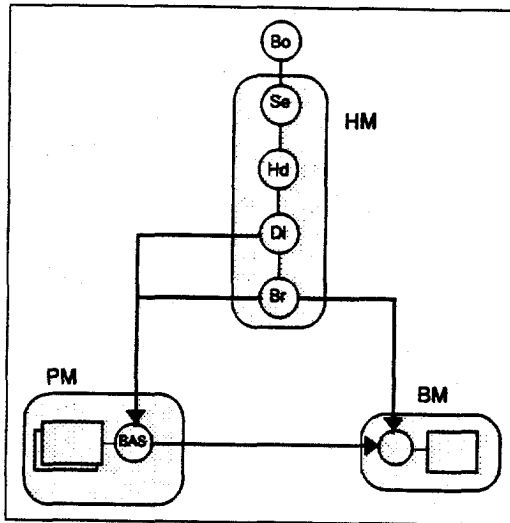
Ook binnen een bedrijf zijn afspraken nodig over opslag en overdracht van informatie. Deze afspraken worden vastgelegd in instructies en regels, ingebed in de bedrijfsorganisatie.

Elk bedrijf is vrij in de keuze van de vorm van afspraken binnen het bedrijf. Inhoudelijk moeten de afspraken wel zijn afgestemd op de afsprakenstelsels binnen het Hiërarchiemodel en het Projectmodel.

Relaties tussen afsprakenstelsels

In het Hiërarchiemodel zijn per niveau regelgeving, standaardisatie en uitgangspunten voor de informatiestructuur in afsprakenstelsels vastgelegd. Deze vormen de basis voor de afspraken in de Projectmodellen.

Voor het BM zijn de branche-afspraken binnen het HM van toepassing. Daarnaast moeten bedrijfsapplicaties aan afspraken in het PM voldoen. Afsprakenstelsels binnen HM, PM en BM zijn dus nauw met elkaar verweven. De relaties tussen de verschillende soorten afsprakenstelsels zijn in figuur 5.7 weergegeven.



figuur 5.7 Relaties tussen afsprakenstelsels
Relations between systems of agreement

5.6 Samenvatting en conclusies

Binnen het bouwproces kunnen een aantal proces- en producttypen worden onderscheiden. In de gebouwensector kunnen de producttypen in drie hoofdgroepen worden verdeeld: (1) bouwkundige constructies, (2) draagconstructies en (3) installaties. Bij de realisatie van elk product volgen drie procestypen elkaar op: (a) ontwerp, (b) productie en (c) uitvoering. Onder productie wordt de vervaardiging en toelevering van producten verstaan door gespecialiseerde bedrijven; uitvoering is de verzamelnaam voor alle werkzaamheden op de bouwplaats.

Producttypen worden onderverdeeld op basis van gespecialiseerde kennis voor ontwerp, productie en uitvoering en van productiemiddelen. Zo wordt bij draagconstructies onderscheid gemaakt tussen betonnen, stalen en houten draagconstructies. Ook procestypen kunnen verder worden onderverdeeld.

Het geheel van activiteiten en regelgeving, dat betrekking heeft op de realisatie van een specifiek producttype (bijvoorbeeld betonnen draagcon-

structies) wordt discipline genoemd. De groep draagconstructies wordt hoofddiscipline genoemd.

Binnen een discipline voeren groepen bedrijven één of meer gespecialiseerde processen uit. Een groep gelijksoortige bedrijven wordt een branche genoemd.

De hiërarchie: bedrijf, branche, discipline, hoofddiscipline, sector en bouw, is verankerd in de bestaande standaarden, richtlijnen en normen. Op elk niveau bestaan regels en standaarden die het uitgangspunt vormen voor regels en standaarden op een lager niveau. Regelgeving en standaardisatie vormen de basis voor de ordening van informatie.

Bij de ontwikkeling van geautomatiseerde systemen moeten vaktechnische standaarden in de systemen worden vastgelegd. De bestaande regelgeving en standaardisatie is onvolledig en inconsistent. Hierdoor ontstaan binnen applicaties en IT-modellen deelstandaardisaties, die niet op vastgelegde standaarden zijn gebaseerd en daardoor onderling verschillen. Dit geeft groeiende problemen bij het gebruik van IT-systemen.

Om de ontwikkeling van een uniform en consistent stelsel standaarden mogelijk te maken moeten deze worden losgekoppeld van de IT-ontwikkelingen en worden vastgelegd in een systeem-onafhankelijk model.

Hiertoe wordt het Hiërarchiemodel geïntroduceerd. Binnen dit Hiërarchiemodel wordt, aansluitend op de bestaande regelgeving en standaardisatie, alle vaktechnische standaardisatie voor gebruik in IT-systemen vastgelegd. Naast het Hiërarchiemodel worden twee modellen voor informatie-uitwisseling onderscheiden: (1) het Projectmodel, voor de uitwisseling van projectinformatie en (2) het Bedrijfsmodel voor de uitwisseling van bedrijfsinformatie.

Elk informatiemodel heeft één of meer afsprakenstelsels waarin de functie en het gebruik van het model worden geregeld.

Binnen het Hiërarchiemodel is een samenhangend geheel van afsprakenstelsels nodig op branche-, discipline-, hoofddiscipline- en sectorniveau. In het Projectmodel behoort bij elk informatie-uitwisselingsysteem een afsprakenstelsel. Omdat een informatie-uitwisselingsysteem in het kader van willekeurige, tijdelijke samenwerkingsverbanden wordt toegepast, moeten in een afsprakenstelsel ook juridische en kostenaspecten worden geregeld.

Voor het Bedrijfsmodel kan elk bedrijf zijn eigen vorm kiezen. Voor externe communicatie moet het Bedrijfsmodel voldoen aan de eisen die vanuit het Hiërarchiemodel en het Projectmodel worden gesteld.

De afsprakenstelsels die binnen de drie typen informatiemodellen zullen worden toegepast, moeten een coherent geheel vormen.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- Doordat de bestaande regelgeving en standaardisatie onvolledig en inconsistent zijn, ontstaan bij de ontwikkeling van applicaties en IT-modellen onderling verschillende deelstandaardisaties. Dit vormt een groeiend probleem voor het gebruik van IT-systemen.
- De ontwikkeling van uniforme regelgeving, vaktechnische standaardisatie en standaardisatie van informatiestructuren voor toepassing in IT-systemen, moet worden losgekoppeld van de ontwikkeling van IT-systemen en worden ondergebracht in een afzonderlijk systeem-onafhankelijk model.

6. Opslag en overdracht van digitale informatie

De uitwisseling van gedigitaliseerde informatie tussen applicaties is alleen mogelijk indien de informatie is vastgelegd in standaard structuren en de methodieken voor informatie-overdracht daarop zijn afgestemd.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verschillende informatiestructuren die voor toepassing in de bouw zijn en worden ontwikkeld. Daarna komen de methodieken voor informatie-overdracht aan de orde.

De belangrijkste problemen die in de praktijk bij het structureren van informatie optreden worden geanalyseerd.

6.1 CAD-systemen

In het realiseringsproces van technische producten is een effectieve communicatie binnen en tussen gespecialiseerde bedrijven van groot belang. Daarbij vormen tekeningen een belangrijke groep informatiedragers. Dat geldt ook en vooral bij het sterk gedecentraliseerde, eenmalige, bouwproces.

Het gebruik van tekeningen

De hoofdontwerper (voor een gebouw de architect) legt op tekening het eerste globale ontwerp van het product vast. Projectpartners als ontwerpers van andere disciplines, producenten, leveranciers en uitvoerenden selecteren hieruit de informatie die zij voor hun eigen ontwerp-, productie-, of uitvoeringsprocessen nodig hebben en leggen dat weer vast op nieuwe tekeningen. Hierna volgen soortgelijke stappen voor verdere differentiatie en bewerking van de informatie. Op deze wijze waaiert het eerste globale ontwerp van een bouwwerk uit tot grote aantallen detailtekeningen.

Het gebruik van CAD-systemen

CAD staat voor Computer Aided Design. Een CAD-applicatie is een standaard applicatie voor het maken van tekeningen bij het ontwerpen van technische producten. In dit onderzoek wordt onder CAD-systeem de combinatie van software, hardware en besturingssysteem verstaan.

Voor het maken van tekeningen voor bouwprojecten is het gebruik van CAD-systemen in omvang zo toegenomen, dat dit nu beschouwd kan worden als de gangbare werkmethode. De omvang van het gebruik van CAD-systemen in de prefab-betonbranche was onderdeel van dit onderzoek en is toegelicht in paragraaf 3.2.

In de bouw worden ongeveer 90 verschillende CAD-systemen en applicaties gebruikt [CAD-applicaties voor de bouw, 1995]. Auto-CAD heeft in de bouw, evenals in andere vakgebieden, een dominante marktpositie.

De functionele mogelijkheden van een CAD-systeem worden bepaald door:

- de functies van het basispakket; dit pakket is meestal in verschillende vakgerichte varianten beschikbaar;
- de toegevoegde vakgerichte applicaties (bijvoorbeeld voor het tekenen en specificeren van wapening);
- het gebruik van een bij het systeem behorende of aan het systeem gekoppelde database;
- de functies voor de selectie en bewerking van specifieke informatie, die van de tekening wordt afgeleid (bijvoorbeeld specificatie van onderdelen, rekenfunctie);
- het lagensysteem;
- functies voor overdracht van tekeningdelen naar en van andere CAD-systemen;
- de door het systeemhuis geleverde, of door de gebruiker ontwikkelde functies, opgeslagen in de bibliotheek.

In nieuwe versies van CAD-systemen wordt successievelijk intelligentie toegevoegd. Hierdoor ontwikkelen deze zich naar steeds hogere niveaus. De meerwaarde van een CAD-systeem ten opzichte van het tekenen met de hand, wordt bepaald door de beschikbaarheid en het gebruik van bovengenoemde mogelijkheden [*CAD-applicaties voor de bouw*, 1995, blz. 16].

Bij gebruik van een CAD-systeem op het laagste niveau is sprake van een CAD-tekensysteem. De weergave van afzonderlijke projecties en doorsneden van een technisch object, onafhankelijk van elkaar, wordt 2D-CAD genoemd.

Door gebruik van toegevoegde intelligentie kan informatie die aan de tekening ontleend wordt op gestructureerde en gestandaardiseerde wijze worden vastgelegd. Hergebruik van deze informatie is dan mogelijk en ondersteunt het ontwerpproces. Dit wordt CAD-design genoemd. Bij de inventarisatie van het gebruik van CAD-systemen door prefab-betonbedrijven in paragraaf 3.1 kwam dit aspect aan de orde. Veel CAD-systemen kunnen direct worden gekoppeld aan numeriek gestuurde productie-eenheden. We spreken dan van CAD/CAM. Dit wordt in enkele prefab-betonbedrijven toegepast voor het vastleggen van de maatvoering van elementen en de plaatsbepaling van sparingen (paragraaf 3.2).

In een industriële omgeving kan het CAD-systeem met een gekoppeld bestand een belangrijke meerwaarde krijgen door integratie van aan de productie gekoppelde processen, zoals ontwerp, logistiek, planning en werkvoorbereiding. Zo'n totaal systeem wordt CIM (Computer Integrated Manufacturing) genoemd [Kaas 1995]. Het centrale bestand met op de productie gerichte informatie wordt de Engineering Database genoemd. Deze concepten worden buiten de bouw al op beperkte schaal toegepast.

Een belangrijke stap in de ontwikkeling van CAD-systemen is de mogelijkheid om van de verschillende weergaven van een ruimtelijk object

(bijvoorbeeld een betonelement) de aanzichten, doorsneden, arceringen, maatvoering enz., in hun onderlinge samenhang vast te leggen. Dit wordt 3D-CAD genoemd [Breedveld 1995].

Bij het ontwerpen van een betonconstructie kan de meerwaarde van het gebruik van een CAD-systeem, in vergelijking met het handmatig tekenen, variëren van 8 tot 14%. De hoogte is afhankelijk van het soort CAD-systeem, de gebruikte applicaties en de toepassing in een project. Bij het detailleren van prefab elementen kan de meerwaarde oplopen tot circa 25% [Chandansing 1995, blz. 137].

6.2 Structureren van gegevens

Digitale gegevens moeten voor hergebruik worden opgeslagen in bestanden. Bestanden hebben een structuur die is afgestemd op de relaties tussen en het gebruik van de gegevens. Bestanden kunnen onderdeel zijn van een applicatie (bijvoorbeeld bij een CAD-systeem), of een zelfstandige functie hebben. Ze zijn dan gekoppeld aan één of meerdere applicaties.

Enkele begrippen

Bij de ontwikkeling en het gebruik van bestanden worden standaardbegrippen uit de informatica gebruikt. Enkele daarvan worden toegelicht.

entiteiten en attributen

De basiselementen in een bestand worden gevormd door entiteiten. Een entiteit is iets (product, onderdeel, persoon, rapport, handeling, begrip), waarvan gegevens moeten worden vastgelegd. Elke entiteit omvat een aantal te benoemen attributen die elk een waarde kunnen krijgen.

Voorbeeld: de entiteit **wapeningsstaaf** kan de attributen *merk*, *lengte*, *diameter* en *staalkwaliteit* omvatten.

Een entiteit kan bij productgegevens voor een gebouw variëren van een grafische eenheid op een tekening tot een gebouwdeel. Een entiteit kan uit meerdere delen zijn opgebouwd en met andere entiteiten zijn verbonden. Dit wordt vastgelegd in decomposities van en relaties tussen de entiteiten. Entiteiten, attributen en relaties worden ingedeeld in typen en geclassificeerd.

gegevensanalyses

Voor het bepalen van de structuur van de gegevens moet inzicht bestaan in de processen en informatiestromen. Daartoe worden proces- en informatie-analyses gemaakt. Hiervoor worden standaard methodes toegepast. Technische processen en de verbindende informatiestromen worden weergegeven met de methode IDEF-0. Deze methode is toegepast bij de analyses in hoofdstuk 4. De gegevensanalyses worden weergegeven in IDEF-1X of NIAM-schema's. Voorbeelden van deze methodieken, toegepast voor betonconstructies, staan in [Toepoel & van Spanje 1989, blz. 146] en [Bakkeren 1995, blz. 72].

Door het classificeren en coderen van de gegevens wordt de gegevensstructuur ontwikkeld en vastgelegd in conceptuele schema's. Deze sche-

ma's moeten door samenspraak tussen vakspecialist en informatiespecialist tot stand komen. Zij vormen de basis voor het verdere ontwerp en de realisatie van het bestand.

gegevensstructuren

Voor opslag, mutatie en hergebruik van gegevens, bestaan standaard softwarepakketten (bijvoorbeeld dBase). Bij deze pakketten wordt uitgegaan van hiërarchische of relationele gegevensstructuren. In complexe technische omgevingen wordt meestal de relationele database toegepast [Nieuwenhuizen et.al 1994].

objecten

De meest optimale methode voor het vastleggen en integreren van informatie, bestaat uit het gebruik van gestandaardiseerde technische objecten. Een object bestaat uit een coherente verzameling entiteiten en kan, door toegevoegde intelligentie, in een proces functioneel worden gebruikt. Dit worden object-georiënteerde (O.O) technieken genoemd [Kaas 1995].

Voor een bouwtechnisch ontwerpproces kunnen een deur of een betonelement geparametriseerde objecten zijn. De verschillende soorten informatie die bij dat object horen (bijvoorbeeld geometrie, maatvoering, materiaalgegevens en productiegegevens) zijn hierin geïntegreerd en de relaties met andere objecten liggen vast.

De ontwikkeling van O.O-databases vergt veel inspanning. Per discipline moeten vaktechnische objecten worden ontwikkeld en geclassificeerd en moet omvangrijke programmatuur worden ontwikkeld. In de bouw worden nog geen O.O-technieken toegepast.

Informatiescheiding in het CAD-systeem

Voor het scheiden en structureren van informatie zijn in de meeste CAD-systemen voor de gebruiker de volgende technieken beschikbaar:

- De tekening kan uit een groot aantal logische 'lagen' worden opgebouwd. Deze lagen kunnen afzonderlijk worden bewerkt en worden overgedragen naar een ander CAD-systeem. Voorbeelden van het gebruik van lagen zijn:
 - het basisraster van een gebouw,
 - alle ruimtescheidende wanden,
 - de elektrotechnische installatie,
 - de wapening op een vloerentekening.
- Van afgebakende delen van een tekening of tekeninglaag kunnen blokken worden gevormd. Hieraan kan bij veel systemen statische informatie worden toegevoegd. De blokken zijn afzonderlijk manipuleerbaar.
- In de CAD-bibliotheek kunnen standaard details en symbolen op een gestructureerde wijze worden opgeslagen.

Het productmodel

In de jaren zeventig was het gebruik van automatisering in enkele technische sectoren als automobiellindustrie en vliegtuigindustrie zo ver gevord-

derd, dat daar naar middelen werd gezocht om de grote hoeveelheid gegevens van producten die door de verschillende participanten in het ontwerpproces werden gegenereerd, te structureren en te integreren.

Op deze wijze ontstond het idee van één integraal, neutraal bestand waarin alle gegevens van het te maken product (auto, vliegtuig), met hun onderlinge relaties, kunnen worden opgeslagen. Deze gegevens kunnen daarna voor vele soorten projectactiviteiten worden gebruikt. Een dergelijk bestand is een weergave van het te maken product, en wordt product-model genoemd.

Naast gegevens van het fysieke product als topologie, geometrie, materiaal en gedrag, kunnen daarin ook gegevens voor ondersteunende processen als materiaal-specificaties, begroting, planning, bestek en logistiek in hun onderlinge samenhang worden vastgelegd.

In andere industriële sectoren worden productmodellen al op beperkte schaal toegepast. In de bouw is dat nog niet het geval.

De condities voor het ontwikkelen en gebruiken van grootschalige bestanden zijn in sectoren als automobiel- en vliegtuigindustrie gunstig door:

- grootschalige projecten;
- een voorbereidingstijd van meerdere jaren;
- jarenlange producties in grote series;
- langdurige samenwerkingsverbanden;
- een dominante positie van een deskundige opdrachtgever.

In de bouw is in het laatste decennium, in theoretisch en praktijkgericht onderzoek in binnen- en buitenland, veel aandacht besteed aan de mogelijke toepassing van integrale productmodellen.

Bouwprojecten zijn echter als regel eenmalig en kortlopend, hebben een uniek ontwerp en worden uitgevoerd door een tijdelijk samenwerkingsverband van onafhankelijke bedrijven. Daarbij wordt het projectteam in veel gevallen pas tijdens de realisatie van een project in stappen samengesteld. In deze situatie is de toepassing van één integraal productmodel niet mogelijk [ARTB 1994, blz. 10].

De informatiestructuur voor een type product wordt vastgelegd in een producttype-model. Een van de eerste producttype-modellen die in de nederlandse bouw werd ontwikkeld is het WEG-model van Rijkswaterstaat.

In onderzoeksprojecten die in de jaren negentig zijn gestart wordt als alternatief voor het integrale productmodel gewerkt met een verzameling kleinere modellen. Deze bestaan uit [SBR 1994a, blz. 78]:

- Het *viewmodel* voor ondersteuning van het ontwerpproces in een discipline;
- Het *aspectmodel* voor de overdracht van specifieke informatie;
- Het *submodel*, een afgebakend deel van het totale productmodel;
- Het *kernmodel*, een neutraal model voor de uitwisseling van informa-

tie uit bovengenoemde modellen; het kernmodel omvat alleen de entiteiten die nodig zijn voor de uitwisseling van informatie tussen de andere modellen.

Voor elke discipline moet een eigen productmodel worden gemaakt (het viewmodel), op basis van de eigen ontwerpprocesen. In aspectmodellen kunnen specifieke informatie-aspecten worden vastgelegd die niet gebonden zijn aan disciplines (bijvoorbeeld informatie over bestek of kosten) of aan branches (bijvoorbeeld informatie over wapening). De toepassing van view- en kernmodellen wordt in paragraaf 8.5 toegelicht.

Het projecttypemodel

Naast de ontwikkeling van vele typen productmodellen waarvan de meesten zijn gericht op het ontwerpproces, worden ook onderzoeksprojecten gericht op de verwerking van productgegevens in latere fases van het bouwproces (bijvoorbeeld assemblage of uitvoering), of in stadia na het bouwproces (bijvoorbeeld gebouwinrichting). Deze modelvormen vallen onder de algemene term projecttypemodel.

In *Computer Aided Design for Construction in the Building Industry* worden ontwerpaspecten van bouwobjecten gerelateerd aan uitvoeringsprocessen [Luiten 1994]. Deze modeltypen zijn niet relevant voor dit onderzoek en worden verder buiten beschouwing gelaten.

6.3 Elektronische overdracht van informatie

Vastleggen en overdragen van informatie

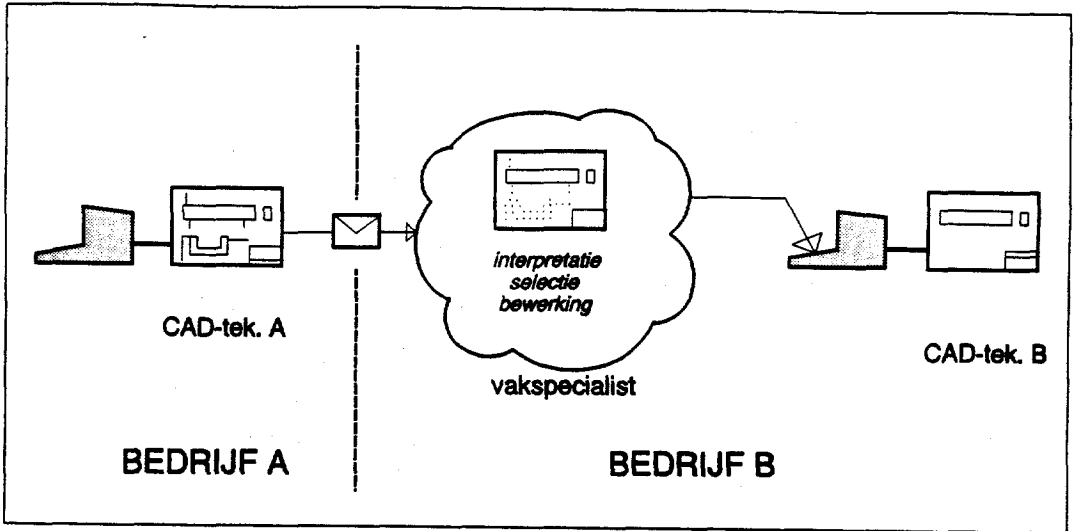
Bij de huidige werkmethoden wordt grafische informatie vastgelegd op tekeningen. Deze tekeningen worden gebruikt voor de communicatie tussen vakspecialisten bij verschillende bedrijven of bedrijfsdelen. Ook bij het bestaande gebruik van CAD-systemen wordt meestal de papieren tekening voor de overdracht van de informatie gebruikt. Voor verdere verwerking van deze informatie moeten vakspecialisten de toegeleverde informatie interpreteren en selecteren (figuur 6.1). Dit werd in paragraaf 4.4 toegelicht.

Door het in digitale vorm vastleggen en overdragen van informatie kan het overdrachtsproces worden vereenvoudigd en versneld.

Het probleem

CAD-systemen kunnen onderling verschillen door merk, versie, hardware, besturingssysteem en functionaliteit. Bij de oplossing van communicatieproblemen moet er daarom van worden uitgegaan dat alle CAD-systemen verschillend zijn. Voor andersoortige applicaties geldt hetzelfde.

Om gegevens tussen twee willekeurige systemen te kunnen uitwisselen, moeten twee omzettingen plaatsvinden; van A naar B en van B naar A. In eerste instantie hebben de leveranciers van CAD-systemen zelf hulpmiddelen gecreëerd die in bepaalde praktijksituaties een oplossing bieden. Deze zijn hoofdzakelijk gericht op de overdracht van grafische informatie.



figuur 6.1 Overdracht CAD-informatie via tekening
Transfer of CAD information by drawing

DXF

Van een lange reeks uitwisselingsformaten voor CAD-systemen is DXF (Drawing Exchange Format) van AutoCad het meest bekend en toegepast. Het is een file die de communicatie tussen AutoCad-systemen mogelijk maakt, [Watson 1990], [SBR 1996, blz. 13].

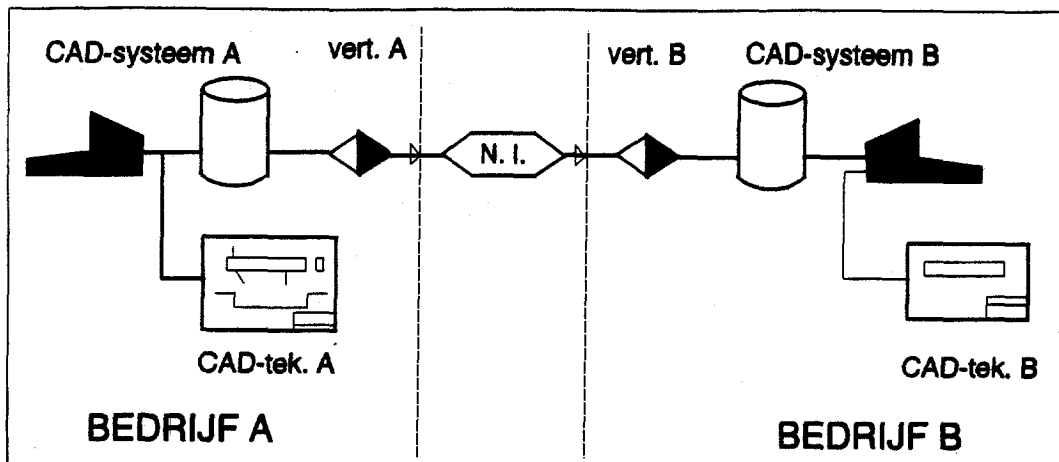
Ook een aantal andere CAD-systemen kan met dit type file werken. DXF is hierdoor een de facto standaard geworden. Het gebruik van DXF heeft de volgende bezwaren:

- bij elke nieuwe versie van AutoCAD hoort een nieuwe DXF-file;
- de huidige versies van DXF zijn gericht op de overdracht van 2D grafische gegevens;
- niet alle CAD-systemen kunnen aansluiten op een DXF-file.
- er komen op deze wijze ontelbare variaties in verbindingen voor, waarvoor geen kwaliteitseisen gelden.

Neutraal intermedium

Door de toepassing van een neutraal intermedium is het voldoende als elk systeem gegevens naar en van dit intermedium kan vertalen. De over te dragen gegevens worden als tussenstap opgeslagen in een format met een systeem-onafhankelijke gestandaardiseerde structuur. Voor het overbrengen van de gegevens naar het intermedium heeft elk systeem een vertaalprogramma nodig. Hetzelfde geldt voor de omgekeerde richting, van intermedium naar systeem (figuur 6.2).

In 1979 werd in de USA de ontwikkeling gestart van IGES (Initial Graphics Exchange Specifications), een standaard voor een neutraal, systeem-onafhankelijk intermedium. IGES kan worden toegepast voor de overdracht van 2D en 3D grafische gegevens in alle technische vakgebieden.



figuur 6.2 Principe informatie-overdracht met neutraal intermedium
Principle of exchange of information by neutral format

Daarna volgde in de USA de ontwikkeling van PDES (Product Definition Exchange Standard), waarmee ook niet-grafische informatie kan worden uitgewisseld. Ook in enkele West-Europese landen en in Japan werden soortgelijke nationale standaarden ontwikkeld [Watson 1990].

De initiatieven voor deze ontwikkelingen kwamen meestal uit de vliegtuig- of automobieliindustrie of van een ministerie van Defensie.

Bij het gebruik van deze systemen bleek de grootschalige opzet grote nadelen mee te brengen. Vertaalprogramma's werden uit kostenoverwegingen uitsluitend voor een beperkt toepassingsgebied gemaakt [Kaas 1995]. De formats zijn desondanks zeer groot en worden in het kader van projecten maar voor een klein deel benut. Daardoor ontstaan fouten, wat verlies van informatie betekent [Tolman 1988, blz. 10], [Watson 1990], [Breedveld 1995].

Vanuit de gezamenlijke nationale ervaringen werd in 1981 de basis gelegd voor de ontwikkeling van de internationale standaard STEP.

STEP

In 1984 werd begonnen met de ontwikkeling van STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data). STEP is de werknaam van een model voor internationale standaarden, samen te brengen onder ISO 10303. De ontwikkeling van STEP wordt onder meer ondersteund door PDES (USA), CADDETC (UK) en ProSTEP (Duitsland) [Watson 1990, blz. 961].

STEP wordt ontwikkeld voor het vastleggen, uitwisselen en weergeven van digitale gegevens van alle soorten technische producten. Het gebruik van een productmodel voor de weergave van alle aspecten van een product staat hierbij centraal.

De manipulatie van gegevens moet met minimaal gegevensverlies kunnen plaatsvinden, onafhankelijk van de software, hardware en besturings-systemen, die in de communicerende systemen worden toegepast. STEP

moet zowel voor de communicatie tussen twee systemen kunnen worden toegepast als bij het gezamenlijk gebruik van één productmodel door meerdere systemen. Alleen bij gebruik van één neutraal productmodel kan verlies van informatie worden uitgesloten [Ranke 1991].

In tegenstelling tot IGES wordt bij STEP niet gestreefd naar volledigheid, maar staat de compactheid van het intermedium centraal. Dit verhoogt de kwaliteit van het intermedium en vermindert de ontwikkelingskosten en het gebruik van vertaalprogramma's. Maar het betekent ook, dat met betrekking tot de opbouw en structuur van modellen, vele en belangrijke keuzes moeten worden gemaakt.

de STEP-structuur

STEP is onderverdeeld in zeven hoofdgroepen. Binnen elke hoofdgroep worden afzonderlijke delen (parts) ontwikkeld. Elk deel krijgt na goedkeuring de ISO-status (ISO-10303-XX).

De hoofdgroepen zijn:

0. Overview (parts 1-9)
1. Description Methods (parts 11-19)
2. Implementation Methods (parts 21-29)
3. Conformance Testing (parts 31-39)
4. Integrated Resources (parts 41-199)
5. Application Protocols (parts 201-1199)
6. Abstract Test Suites (parts 1201-1299)

De groepen 'Overview', 'Description Methods' en 'Conformance Testing' vormen de basis voor de STEP-methodiek. Zij staan beschreven in [Hae-nisch 1994] en [Ranke 1991].

In part 11 van Description Methods is het gebruik van EXPRESS vastgelegd. Dit is de standaard modelleertaal voor het vastleggen van entiteiten, relaties en attributen.

Voor de toepassing van STEP in IT-systemen zijn van belang:

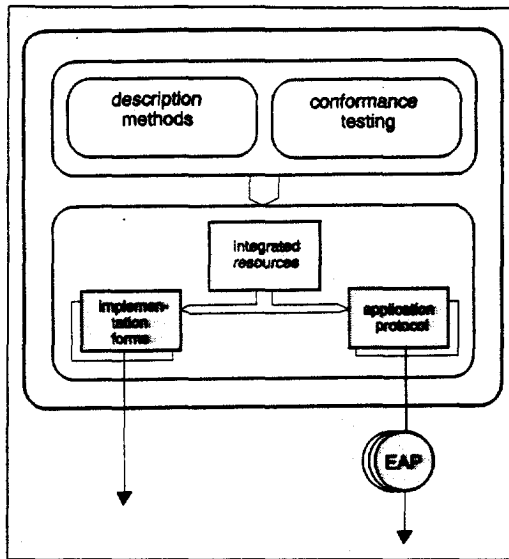
- 'Integrated Resources'
- 'Implementation Methods'
- 'Application Protocols'

De STEP-structuur is weergegeven in figuur 6.3.

Integrated Resources

Integrated Resources zijn de bouwstenen voor de STEP-elementen die in de praktijk worden gebruikt. Ze worden -aangevuld en aangepast- in de Implementation Methods en Application Protocols verwerkt.

Onder andere voor geometrie, materialen en tekeningen zijn delen gereed of in ontwikkeling.



figuur 6.3 STEP-model
Model of STEP

Implementation Methods

In dit deel wordt de STEP-structuur in verschillende typen informatie-uitwisselingsmethodieken omschreven. Dit varieert van de neutrale file voor 1 op 1 communicatie, tot de toepassing van het geïntegreerde productmodel waarin alle informatie van een product kan worden vastgelegd.

Application Protocols

Een Application Protocol (AP) geeft de condities voor de communicatie tussen applicaties binnen een domein van een vaktechnisch gebied. Een AP wordt door vaktechnische- en STEP-specialisten gezamenlijk ontwikkeld [Haenisch 1994, blz. 5] en bevat de eisen waaraan de applicaties in het betreffende applicatiedomein moeten voldoen.

Voor de bouw zijn de volgende Application Protocols van belang:

- Part 201 Explicit Draughting (heeft ISO-status)
Overdracht van 2D CAD-gegevens;
- Part 202 Associative Draughting
Overdracht van 3D CAD-gegevens.

External Application Protocols

In de praktijk is het moeilijk in een heterogene verzameling applicaties een domein af te bakenen. [Hannus et al. 1995]. Bovendien bestaan er binnen het AP-domein belangrijke verschillen tussen nationale voorschriften. Daardoor is het niet mogelijk een AP in zijn geheel toe te passen [van Koetsveld 1995, blz. 13, 31].

Een en ander heeft tot gevolg dat, buiten het STEP-kader, door industrie-sectoren subsets worden ontwikkeld voor deelgebieden. Indien een subset geheel in overeenstemming is met de STEP-regels, krijgt het de status van External Application Protocol (EAP) [Breedveld 1995].

In 1992 was de hoofdstructuur van STEP zo ver ontwikkeld en vastgelegd, dat met de praktijkgerichte uitwerking kon worden begonnen. STEP is inmiddels door alle grote industrielanden als toekomstige norm geaccepteerd.

Subsets van STEP kunnen op initiatief van de industrie per vakgebied en per land worden ontwikkeld. Een voorbeeld van zo'n subset is STEP-2DBS (STEP-2 Dimensional Building System). Het is in Duitsland ontwikkeld en gericht op de uitwisseling van twee-dimensionale CAD-informatie in de bouw [Haas 1993]. Ook van subsets kunnen weer speciale versies voor deelgebieden worden ontwikkeld, bijvoorbeeld 2DBS-Road-Drawing [van Koetsveld 1995, blz. 143, fig. 51].

Samengevat heeft ISO-STEP ten opzichte van de voorafgaande ontwikkelingen de volgende voordelen:

- STEP is een systeem-onafhankelijk neutraal intermedium, dat wordt vastgelegd in een set internationale normen;
- door de voorgeschreven protocollen en de verplichte certificering van vertaalprogramma's is een hoge kwaliteit gewaarborgd;
- de eisen die het gebruik van STEP stelt aan applicaties en bestanden heeft de gelijkvormigheid hiervan tot gevolg;
- door de sterk modulaire opbouw zijn AP's en EAP's mogelijk voor verschillende technische vakgebieden, in verschillende landen en op verschillende niveaus;
- het is mogelijk om binnen STEP op een laag niveau te beginnen (bijvoorbeeld de subset STEP-2DBS voor 2D-tekeningen) en dit stapsgewijs uit te bouwen tot uitwisselingssystemen op hogere niveaus;
- de verschillende AP's en EAP's hebben door het STEP-kader een grote verwantschap met elkaar; dit is van belang in grote interdisciplinaire projecten en bij internationale samenwerking.
- STEP-parts worden meestal ontwikkeld door samenwerking van een aantal landen. Dit betekent kostenbesparing op nationaal niveau en is gunstig voor de kwaliteit.

6.4 Problemen bij het structureren van informatie

Bij de ontwikkeling van productmodellen is gebleken, dat de complexiteit en de vereiste inspanningen altijd groter zijn dan werd verwacht. Alleen in onderzoeksprojecten is ervaring opgedaan met de ontwikkeling van productmodellen. De productmodellen voor de gebouwensector zijn tot nu toe gebaseerd op een standaard gebouwtype met eenvoudige basisvormen en -elementen.

Uit *Produktmodellen, een oplossing met toekomst* [SBR 1995, blz. 24]:
 'Het vaststellen van het gebouwmodel blijkt echter in de korte geschiedenis van de bouwinformatica veel meer inspanning te kosten dan verwacht'

In een gezamenlijke case-study van de onderzoeksinstituten NIST (USA) en VTT (Finland) werd een productmodel ontwikkeld voor een eenvoudig gebouw, opgebouwd uit zeven typen prefab betonelementen. Een van de conclusies van dit onderzoek was [Danner & Leppanen 1990]:

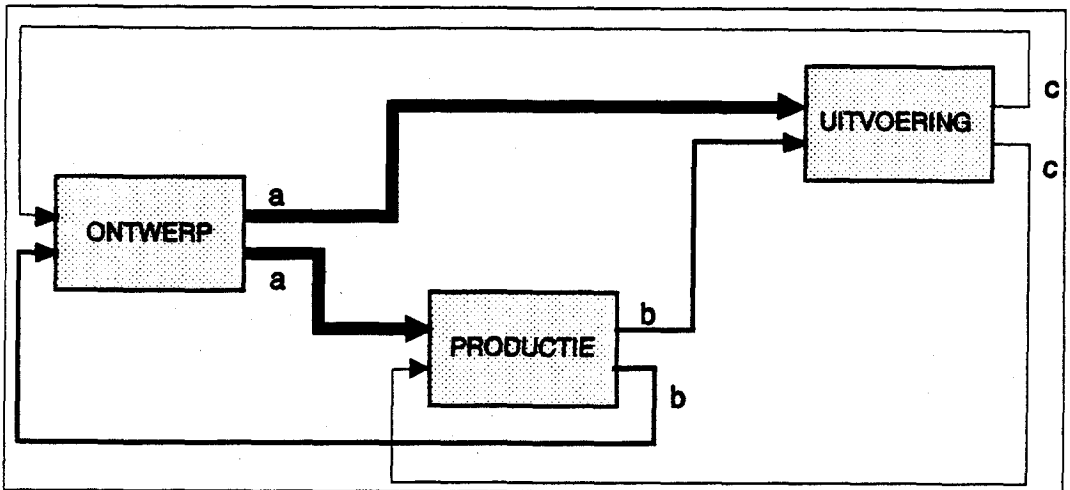
'Perhaps one of the most difficult and important tasks in developing product data models is the appropriate use of classifications'

Verschillen tussen de procestypen

Efficiënt hergebruik van elektronisch opgeslagen informatie is alleen mogelijk indien de informatiestructuur is in voldoende mate afgestemd op het procestype waarin de informatie moet worden gebruikt. Het ontwerpen van hoogwaardige informatiestructuren is dan ook een van de belangrijkste taken bij de ontwikkeling van informatie-uitwisselingsystemen. Daarbij doet zich een aantal knelpunten voor.

In paragraaf 5.1 zijn de procestypen in een bouwproces in drie hoofdgroepen verdeeld (figuur 5.1): (1) het ontwerpproces, (2) het productieproces en (3) het uitvoeringsproces. Daarbij werden de proceskenmerken omschreven. Deze proceskenmerken verschillen zo sterk, dat voor de drie procestypen drie verschillende typen productmodellen moeten worden toegepast.

Daarbij komt, dat de hoofdstroom van de primaire informatie loopt van ontwerp naar productie en uitvoering. Bedrijven in de ontwerpsector treden vooral op als verzenders, terwijl bedrijven in de productie- en uitvoeringssector vooral ontvangers van informatie zijn (fig. 6.4).



figuur 6.4 Verhoudingen hoeveelheid primaire productinformatie
Proportion amount of primary product information

Eisen voor de informatiestructuur

Bij de keuze van een informatiestructuur zijn drie soorten eisen van toepassing, die moeilijk kunnen worden gecombineerd:

1. de maximale ondersteuning van het eigen proces;
2. de mogelijkheid van differentiatie van informatie voor branches binnen dezelfde discipline;
3. de mogelijkheid van integratie tussen disciplines bij ontwerp- en uitvoeringsprocessen.

Deze eisen hebben betrekking op de structuur van de informatie. Daarom moet onderscheid worden gemaakt tussen de productgerichte inhoud van de informatie en de procesgerichte structuur van de informatie in productmodellen.

In een productieomgeving met sterk geformaliseerde processen wordt, ook zonder geautomatiseerde sturing, de informatie op documenten procesgericht gestructureerd. Hoe sterker het productieproces is geformaliseerd door mechanisering en automatisering, des te dwingender is de structuur van de informatie.

Bij een bedrijf dat series elementen produceert en levert zal een productmodel geen relatie hebben met een type bouwobject-model. Dit betekent dat de informatiestructuur voor de uitvoering van een in het werk gestorte betonconstructie anders is dan voor de productie van een soortgelijke geprefabriceerde constructie.

Naar de structuren van informatie voor aansturing van productie- en uitvoeringsprocessen in de bouw is nog geen gericht onderzoek verricht.

Uit het bovenstaande volgt, dat het van groot belang is om branches in de productie- en uitvoeringssector nauw bij IT-ontwikkelingen te betrekken.

De functie van het viewmodel

Bij de huidige ontwikkelingen is het productmodel voor de ontwerper (het viewmodel), wat de inhoud van de productinformatie betreft disciplinegericht, maar de structuur van de informatie is afgestemd op het ontwerpproces binnen die discipline. Dit houdt in, dat bij bedrijven in productie- en uitvoeringsbranches, omzetting van de informatie naar de eigen typen productmodellen moet plaatsvinden. Dit komt nader aan de orde in paragraaf 8.5.

In de bestaande onderzoeksliteratuur wordt het viewmodel afwisselend aangeduid als ontwerpmodel en als disciplinemodel.

Het lagensysteem voor CAD-tekeningen

In de bestaande CAD-systemen wordt de informatie op een tekening gestructureerd door het gebruik van tekeninglagen. Het lagensysteem heeft een eenvoudiger structuur dan een relationele database (paragraaf 6.2). Het is daardoor alleen geschikt voor het structureren van gelijksoortige informatie voor een afgebakend ontwerpproces. Dit wordt bevestigd door de praktijkontwikkelingen, daar de bestaande classificatiesystemen alle-

maal bedrijfs- of branchegericht zijn.

Hieruit volgt, dat bij interbranchaire of interdisciplinaire overdracht van CAD-informatie bij de ontvanger herstructurering van de informatie moet plaats hebben. De ontwikkeling van een gemeenschappelijke basis voor meerdere branchegerichte classificatiesystemen kan een gedeeltelijke oplossing van dit probleem bieden. Naar deze mogelijkheid is nog geen onderzoek gedaan.

In *Produktmodellen, een oplossing met toekomst* [SBR 1995] wordt de uitwisseling besproken van informatie over sparingen die voor installaties in betonconstructies moeten worden gemaakt. Bij de overdracht van CAD-informatie tussen bedrijven in verschillende disciplines treden problemen op. Daarna wordt uiteengezet dat door gebruik van productmodellen deze problemen niet voor komen. In hoofdstuk 9 komt dit probleem als casus aan de orde.

De betonnen draagconstructie

De structurering van informatie binnen de discipline betonnen draagconstructies geeft speciale problemen.

Draagconstructies moeten aan specifieke eisen voldoen met betrekking tot sterkte, stijfheid en stabiliteit. Dit leidt tot modellen waarin de constructieve delen in geïntegreerde vorm zijn opgenomen. De structuur in deze modellen hebben geen relatie met de bouwkundige functie van het gebouw. Het bouwkundig ontwerp wordt gemaakt vanuit de gebruiksruimten. Een gedeelte van de betonnen draagconstructie is ook onderdeel van de bouwkundige scheidings- en afbouwconstructies. Productmodellen voor het bouwkundig en constructief ontwerp moeten daarom een grote verwantschap hebben en vanuit eenzelfde hoofdstructuur worden ontwikkeld. Bij het ATLAS-project is dit het geval (paragraaf 7.1).

Bij de classificering van prefab elementen moet er rekening mee worden gehouden, dat niet alle elementtypen onderdeel zijn van de draagconstructie.

In hoofdstuk 2 bleek, dat prefab-betonbedrijven elementen in meerdere bouwsectoren leveren en in toenemende mate aan projecten in het buitenland leveren. Dit geldt ook voor de realisering van betonconstructies door bouwbedrijven en andere typen bedrijven binnen de discipline betonnen draagconstructies. Informatiestructuren voor betonconstructies moeten daarom in alle bouwsectoren kunnen worden toegepast en zo mogelijk aansluiten op ontwikkelingen in andere landen [Toepoel 1995].

6.5 Samenvatting en conclusies

Tekeningen vormen in bouwprocessen de belangrijkste groep informatiedragers. Het gebruik van CAD-systemen is voor het maken van projecttekeningen de gangbare werkmethode geworden.

De functionaliteit van een CAD-systeem is afhankelijk van de functies in het basispakket en de toegevoegde vakgerichte applicaties, CAD-func-

ties, symbolen en standaard details. Het gebruik als tekensysteem wordt 2D-CAD genoemd. Door toegevoegde intelligentie kan het CAD-systeem voor ondersteuning van het ontwerpproces worden gebruikt. Met een CAD-systeem kunnen ook productieprocessen worden aangestuurd. Dit heet CAD/CAM.

Voor opslag, hergebruik en uitwisseling van informatie worden verschillende soorten bestanden gebruikt. Voor het structureren van gegevens in bestanden wordt gebruik gemaakt van de begrippen entiteit, attribuut en de relaties tussen entiteiten. Om tot een bestandsstructuur te komen moeten processen en informatiestromen worden geanalyseerd en moet de gegevensstructuur in conceptuele modellen worden vastgelegd.

Door toepassing van technische objecten kunnen verschillende soorten informatie in een geïntegreerde vorm in een bestand worden vastgelegd en bewerkt. Deze object-georiënteerde techniek wordt nog niet in de bouw toegepast.

Tot de functionaliteit van een CAD-systeem behoort de mogelijkheid om de informatie op tekeningen te scheiden en vast te leggen op functionele tekeninglagen. In een bestand kunnen meer complexe structuren worden vastgelegd. In principe is het mogelijk om alle gegevens van een product in hun onderlinge samenhang in een bestand vast te leggen. Dit heet een integraal productmodel.

In bouwprojecten kunnen door eenmaligheid, korte realisatietijd en een tijdelijk samenwerkingsverband van onafhankelijke bedrijven, geen integrale productmodellen worden toegepast. De oplossing wordt gezocht in de toepassing van kleinere proces- en aspectgerichte productmodellen. Een neutraal kernmodel maakt dan de communicatie tussen de modellen mogelijk.

Voor de overdracht van grafische gegevens tussen twee CAD-systemen is een groot aantal systemen ontwikkeld. DXF is een uitwisselingsformat voor AutoCAD, het meest gebruikte CAD-systeem. Ook veel andere CAD-systemen kunnen met DXF werken.

Voor de communicatie tussen willekeurige CAD-systemen biedt de toepassing van een systeemonafhankelijk intermedium de beste oplossing. Elk CAD-systeem moet dan gegevens naar en van het intermedium kunnen vertalen.

Na de ontwikkeling van enkele nationale standaarden wordt nu internationaal samengewerkt aan de ontwikkeling van de ISO-standaard STEP. Dit is een omvangrijk stelsel normen voor de overdracht van alle vormen van productinformatie. De Application Protocols worden de standaarden die gericht zijn op applicatiedomeinen in een specifiek vakgebied. Door een aantal West-Europese landen wordt de subset STEP-2DBS ontwikkeld voor de uitwisseling van 2D-CAD tekeningen in de bouw.

In elk onafhankelijk bedrijf zal de structuur van de informatie primair gericht zijn op de wijze waarop deze informatie in de eigen processen

wordt gebruikt. Daarnaast moet de informatiestructuur de uitwisseling van informatie binnen de discipline en tussen de disciplines onderling mogelijk maken. Deze eisen zijn moeilijk te combineren.

In onderzoeksprojecten wordt ervaring opgedaan met de ontwikkeling van viewmodellen. Hiermee is de integratie van informatie voor ontwerpprocessen mogelijk. Naar informatiestructuren voor productie- en uitvoeringsprocessen is nog weinig onderzoek gedaan.

Bij het structureren van informatie voor het ontwerpen van betonnen draagconstructies treden speciale problemen op. In gebouwen hebben delen van de betonnen draagconstructie zowel een constructieve als een bouwkundige functie. Dit stelt speciale eisen aan de onderlinge afstemming van de beide viewmodellen.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- Bij de functie van de viewmodellen zoals deze nu worden ontwikkeld, moet onderscheid worden gemaakt tussen de toepassing van de inhoud en van de structuur van de informatie. De inhoud van de productinformatie is gericht op de discipline, de structuur op het ontwerpproces in die discipline.
- De opbouw van projectgerichte informatiestructuren moet gericht zijn op differentiatie van informatie voor de branches binnen een discipline.
- Er is nog weinig bekend over de structuren van informatie voor aansturing van productie- en uitvoeringsprocessen. Daarom moeten branches in de productie- en uitvoeringssector nauw bij IT-ontwikkelingen worden betrokken.

7. IT-ontwikkelingen in de bouw

In de jaren tachtig startten op internationaal, Europees en nationaal niveau, IT-onderzoek en IT-ontwikkelingen in de bouw. In Nederland werd binnen verschillende branches in de bouwsector begonnen met de ontwikkeling van systemen voor de uitwisseling van gedigitaliseerde projectinformatie.

In dit hoofdstuk worden onderzoeksprojecten en praktijkontwikkelingen toegelicht, die van belang zijn voor een door de prefab-betonbranche te voeren IT-beleid. De ontwikkelingen in de praktijk bevinden zich in een beginfase. De open plekken van onderzoek en ontwikkeling worden geïnventariseerd. Ten slotte worden de incidentele toepassingen van projectgerichte deelsystemen besproken.

7.1 Onderzoek

Parallel aan de ontwikkelingen van standaarden voor de elektronische uitwisseling van productgegevens, zoals die in paragraaf 6.3 zijn omschreven, vond en vindt nationaal en internationaal IT-onderzoek plaats. Dit is gericht op de ontwikkeling van modellen en systemen voor geïntegreerde opslag, uitwisseling en hergebruik van informatie binnen bouwprojecten. In de IGBI-enquête, waarvan de resultaten in paragraaf 7.4 worden besproken, wordt een overzicht gegeven van de ervaring met 70 IT-projecten in de bouw [IGBI 1993].

In het kader van dit onderzoek zijn de onderstaande onderzoeksprojecten van belang:

IOP-Bouw

Vanuit de gedachte dat voor de toepassing van IT in de bouw algemeen toepasbare hulpmiddelen moesten worden ontwikkeld, werd in 1987 en 1988 het onderzoeksproject IOP-Bouw (Innovatiegericht Onderzoekprogramma Bouw) uitgevoerd. Dit was een breed opgezet onderzoek dat werd gefinancierd door enkele ministeries en belangenorganisaties. Het onderzoek werd uitgevoerd door universiteiten, onderzoeksinstituten en enkele bedrijven [Pries 1995, blz. 141]. Het onderzoek had tot doel de ontwikkeling van een algemeen toepasbaar Bouw Informatie Model (BIM) met basiselementen voor de ontwikkeling van IT-systemen.

De resultaten bleven ver beneden de gestelde doelen. Het praktisch resultaat bleef beperkt tot een aantal analyses van deelprocessen en informatiestructuren, verspreid over een groot aantal disciplines. Een van de resultaten van het IOP-onderzoek is een analyse van het wapeningsproces voor een betonnen balk en een betonnen kolom [Toepoel & Vos 1988].

Door de praktijkgerichtheid en de brede deelname aan en discussie over het project, heeft het onderzoek, ondanks dat de doelstellingen niet gehaald zijn, een positieve invloed gehad op onderzoek en ontwikkeling in een latere fase.

De bouwensector

BEC

In Finland zijn prefab elementen voor gebouwen gedeeltelijk gestandaardiseerd (paragraaf 2.3). Op die basis werden IT-systemen voor algemeen gebruik binnen de branche ontwikkeld [Hannus & Jarvinen 1991].

In 1984 werd door de Finse branche-organisatie, in samenwerking met het onderzoeksinstituut VTT, begonnen met de ontwikkeling van het BEC-systeem voor de uitwisseling van gegevens betreffende de detaillering, specificatie en productieplanning van elementen. De eerste versie kwam in 1987 gereed en omvatte de uitwisseling van grafische gegevens (2D tekeningen) via een neutraal format, een symboolbibliotheek en programma's voor specificatie en productieplanning. Door de beperking van het toepassingsgebied en de standaardisatie van elementen, zijn de over te dragen files zeer compact geworden: < 10% van een DXF-file [Hietanen 1987]. Een tweede versie van het BEC-systeem werd in 1991 gepresenteerd. Hierin was een conceptueel productmodel voor prefab elementen opgenomen en een programma voor vertaling van ontwerpgegevens van kanaalplaatvloeren naar het productmodel.

Door de beperkte opzet was het niet mogelijk om het systeem uit te breiden voor communicatie met andere bedrijven. Besloten werd om de verdere ontwikkeling van het systeem in het kader van Europese projecten voort te zetten.

CIMSTEEL

CIMSTEEL is een door de EU ondersteund IT-project, dat door 40 bedrijven en onderzoeksinstituten in 7 West-Europese landen wordt uitgevoerd. Het is gericht op ontwerp, productie en uitvoering van staalconstructies voor gebouwen. CIMSTEEL Integration Standards (CIS) moet een open standaard worden voor de overdracht van productgegevens binnen en tussen bedrijven en gericht op alle typen staalconstructies. CIS is afgestemd op de ontwikkeling van STEP [Watson & Crowley 1995].

Een Data Exchange Protocol (DEP) regelt de communicatie tussen applicaties in een afgebakend toepassingsgebied. DEP's worden ingebracht in de ontwikkeling van STEP-AP's. Door gebruik van DEP's wordt de structuur van applicaties al gericht op de toekomstige STEP-AP's. Voor het ontwerpproces voor staalconstructies in gebouwen zijn op globaal niveau vier DEP's ontwikkeld [CIMSTEEL Integration Standards parts 1 & 2, 1995]:

- DEP1 Analyses
- DEP2 Member Design
- DEP3 Connection Design
- DEP4 Detailing

Na 1990 zijn, in samenwerking tussen West-Europese landen en met financiële steun van de EU, een aantal praktijkgerichte onderzoeksprojecten gestart met als doel IT-ontwikkelingen in de praktijk te stimuleren en te ondersteunen. TNO-Bouw en de Nederlandse technische universiteiten nemen aan een aantal projecten deel.

COMBINE

COMBINE is een Europees onderzoeksproject voor de ontwikkeling van geïntegreerde ontwerpsystemen voor energievoorziening in gebouwen. [Augenbroe 1995]

ATLAS

ATLAS is een ESPRIT-project, gedeeltelijk gefinancierd door de EU en uitgevoerd door zes instellingen in vijf landen, waaronder TNO-Bouw. ATLAS is gericht op het ontwerp en de uitvoering van gebouwen [Böhms en Storer 1992]. In de huidige ontwikkelingsfase worden modellen ontwikkeld voor:

- het globaal bouwkundig ontwerp;
- het globaal constructief ontwerp;
- het ontwerp van de betonnen draagconstructie.

Het model voor het bouwkundig ontwerp wordt toegelicht in [van Nedeveen et al. 1995]. Voor het gebouwontwerp is een regelmatig rechthoekig stramien toegepast.

In [Bakkeren 1995] worden de modellen voor het constructief ontwerp besproken. Het globaal constructief ontwerp is niet-materiaalgebonden. In het model zijn horizontale vloeren en balken en verticale kolommen en wanden opgenomen. Deze elementen hebben een rechthoekige lineaire doorsnede. In wanden en vloeren kunnen rechthoekige openingen voor ramen en deuren worden opgenomen. Voor het ontwerp van de wapening in de constructieve betonelementen is een submodel ontwikkeld.

Voor de interdisciplinaire communicatie tussen de viewmodellen wordt gebruik gemaakt van een kernmodel. De proces- en gegevens-analyses zijn vastgelegd in IDEF-0 en NIAM-diagrammen (het structureren van productmodellen werd besproken in paragraaf 6.2).

Op het congres *Product and Processmodelling in the building Industry* (Dresden, 1994) werden de resultaten van 81 lopende onderzoeksprojecten uit 20 Europese landen gepresenteerd [Scherer 1995]. Dit geeft de aard en omvang van het huidige IT-onderzoek goed weer.

7.2 Praktijkgerichte ontwikkelingen in Nederland

Vanuit de praktijk werd vanaf eind jaren tachtig de ontwikkeling van een aantal kleinschalige IT-systemen gestart. Zij zijn gericht op afgebakende toepassingsgebieden binnen disciplines of branches.

Discipline-overschrijdende toepassingen

EDI

EDI staat voor Elektronische Data Interchange. Het is een ISO-standaard voor de uitwisseling van handelsberichten tussen geautomatiseerde systemen. De berichten worden opgesteld in de taalcode EDIFACT. Per gebruiksector en per land worden door belanghebbende organisaties standaard be-

richten ontwikkeld, die na twee testfasen de officiële status kunnen krijgen.

De toepassing van EDI in de Nederlandse bouw wordt verzorgd door HCP.EDIBOUW, een stichting die in 1989 startte en voor de ontwikkeling en implementatie van standaard berichten voor de bouw verantwoordelijk is. EDI-berichten kunnen worden toegepast in het traject producent-tussenhandel-aannemer-onderaannemer. Er zijn (in 1995) vijf berichten ontwikkeld die de definitieve status hebben en voor gebruik in de praktijk beschikbaar zijn: *artikelbericht*, *order*, *orderbevestiging*, *verzendbericht* en *factuurbericht*. Daarnaast zijn enkele berichten in ontwikkeling.

SUF

SUF staat voor STABU Uitwisselings Format. STABU is een classificatiesysteem voor besteksbepalingen voor de bouwsector. Door een groep systeemhuizen is het uitwisselingsformat SUF ontwikkeld voor de uitwisseling van besteksgegevens binnen een bouwproject.

WUF

WUF staat voor Wapenings Uitwisselings Format en dient voor de uitwisseling van gegevens voor het produceren en plaatsen van wapeningsconstructies. Deze gegevensuitwisseling vindt plaats tussen ingenieursbureaus, bouwbedrijven en wapeningscentrales. Het WUF is ontwikkeld door een samenwerkingsverband van zes Nederlandse bedrijven uit de belanghebbende groepen.

Het gebruik van WUF wordt omschreven en toegelicht in *Wapening en informatisering*, [CUR 1994].

Digitaal Cement

Digitaal Cement is een interdisciplinair project, waaraan negen organisaties en bedrijven deelnemen. Het doel is om, uitgaande van het bestek, informatie over bouwdelen, bouwmaterialen en bouwstoffen te standaardiseren en op te slaan in een te ontwikkelen model. De communicatie tussen de projectpartners en het model moet onder andere plaats hebben door gebruik van EDI-berichten [IGBI-nieuwsbrief nr 9, 1994, blz. 4] en [VGBouw 1996, blz. 69].

De bouwsector

Eind jaren tachtig werden binnen en vanuit verschillende branches in de bouw ontwikkelingen gestart om informatietechnologie in het kader van bouwprojecten te kunnen toepassen. De belangrijkste ontwikkelingen in de bouwsector zijn:

GB CAD-afsprakenstelsel

In 1985 werd op initiatief van de VCA (Vereniging Computergebruik Architectenbureaus) de Vereniging Geïntegreerd Bouwen, afgekort GB, opgericht. Deze vereniging richt zich op het maken van algemene afspraken voor de uitwisseling van gegevens tussen applicaties.

Voor de communicatie tussen CAD-systemen is het GB CAD-afpra-

kenstelsel ontwikkeld. Dit omvat onder andere de standaardisatie van lijntypes, arceringen, tekstfonts en de classificatie van tekeninglagen. Voor de classificatie wordt de NL-SfB code gebruikt. Dit wordt in paragraaf 7.4 toegelicht.

De standaardisatie en informatiescheiding is in het handboek GB CAD-afsprakenstelsel vastgelegd [*GB CAD-afsprakenstelsel versie 3.0, 1995*].

VG Bouw

Binnen de branche-organisatie Vereniging Grootbedrijf Bouwnijverheid heeft de gebruikersgroep CAD/CAM een afsprakenstelsel opgesteld voor het gebruik van lagen in CAD-systemen. Bij deze afspraken is uitgegaan van de Engelse norm *BS 1192, part 5-Layer Naming*, waarin de CISfB code voor de classificatie van CAD-lagen is opgenomen.

In deze classificatie zijn de elementen vervangen door activiteiten, omdat de SfB code te veel op producten en te weinig op uitvoeringsprocessen is afgestemd [*VGBouw CAD-lagenafspraken, 1994*].

Voor de aansluiting op het GB CAD-afsprakenstelsel zijn hulpprogramma's ontwikkeld.

FORUM Systeemhuizen

FORUM Systeemhuizen Bouw is een vereniging waarin systeemhuizen samenwerken om afspraken te maken over standaardisatie van software die in de bouwkundige sector wordt toegepast. Met de vereniging Geïntegreerd Bouwen wordt samengewerkt bij de ontwikkeling van programma's die besteksgegevens volgens de STABU-methode verwerken (zie SUF).

In 1993 startte een projectgroep met de gefaseerde ontwikkeling van afsprakenstelsels voor overdracht van CAD-gegevens. Begin 1995 kwam een eerste versie voor de overdracht van 2D-grafische gegevens gereed [*Forum-CAD-Afspraken, 1995*]. De methode van informatiescheiding door gebruik van lagen is afgeleid van de NL-SfB code. (paragraaf 7.4). Zodra een subset van STEP voor de overdracht van CAD-gegevens beschikbaar is, zal deze in het FORUM-model worden opgenomen [SBR 1996].

VABI-DUS

VABI (Vereniging voor Automatisering in de Bouw en Installatietechniek) is een vereniging die zich richt op de ontwikkeling van de automatisering binnen de disciplines voor werktuigbouwkundige installatietechniek. Er zijn meer dan twintig applicaties ontwikkeld die door de bedrijven worden gebruikt.

Voor een aantal applicaties voor het ontwerpen van installaties wordt een Uniforme Omgeving ontwikkeld. Dit betekent dat in- en uitvoer van de applicaties een standaard structuur hebben en de weergave van de informatie gestandaardiseerd is. Hierdoor wordt de overdracht van informatie tussen de applicaties vereenvoudigd. Voor beheer en hergebruik van invoer- en uitvoer-gegevens van programma's en voor productinformatie worden speciale bestanden gebruikt. Het gebruik van applicaties voor bestek, begroting en CAD zullen in de Uniforme Omgeving worden opgenomen [Jordaans 1995].

In 1987 werd begonnen met de ontwikkeling van het Data UitwisselingsSysteem DUS voor de werktuigbouwkundige installatietechniek in de bouwsector. Met dit systeem vindt op uniforme wijze gebruik en uitwisseling van gegevens plaats. Binnen DUS zijn geometrie- en topologie-componenten in ontwikkeling. Bij de overdracht van gegevens zal gebruik worden gemaakt van STEP (paragraaf 6.3).

Het VABI-DUS model is gericht op de interdisciplinaire uitwisseling van (tot nu toe) niet-grafische informatie. Het DUS-model kan zich ontwikkelen tot een viewmodel voor de installatietechniek. [van Dam 1995]. Het DUS-systeem is omschreven in [VABI-DUS boek, 1992]. VABI verzorgt voor de bedrijven cursussen, gericht op het gebruik van VABI-applicaties, de Uniforme Omgeving en het DUS-model.

ETIM

Binnen de branche-organisatie UNETO (Unie van Elektrotechnische Ondernemen) is door een groep grotere bedrijven in 1987 de ontwikkeling gestart van ETIM (Elektrotechnisch Informatiemodel). Het ETIM-model is ontwikkeld voor implementatie in de bedrijven en is gericht op het gebruik van CAD-systemen en applicaties voor logistiek en projectbeheersing. Deze applicaties gebruiken een centraal bestand voor opslag en hergebruik van gegevens.

Als onderdeel van ETIM is een uniforme artikelspecificatie ontwikkeld, die in EDI-berichten wordt toegepast. In het ETIM-model zijn eisen vastgelegd voor de structuur van applicaties. Applicaties die aan deze eisen voldoen worden gecertificeerd. Het ETIM-model is omschreven in [Nieuwenhuizen et al. 1994].

Andere bouwsectoren

Ook in andere bouwsectoren vonden en vinden vergelijkbare ontwikkelingen plaats.

In de GWW-sector vonden onder leiding van de dienst van Rijkswaterstaat experimenten plaats met productmodellen en toepassingen van STEP-technieken, hoofdzakelijk op het gebied van het wegontwerp [van Koetsveld 1995, blz. 143]. WEET is een informatiemodel voor de uitwisseling van gegevens tussen tekensystemen en elektronische meetinstrumenten in de GWW [SBR 1994b, blz. 35].

7.3 Stand van de ontwikkeling

Door het ontbreken van een strategisch IT-beleid voor de bouw bestaat er weinig samenhang tussen de bestaande ontwikkelingen en is er weinig zicht op de aard en omvang van toekomstige ontwikkelingen.

Ordering van de bestaande modellen en systemen

Uit hoofdstuk 6 blijkt, dat er belangrijke verschillen bestaan tussen de niveaus van de ontwikkelde modellen en systemen. Deze niveaus kunnen, van laag naar hoog, als volgt worden onderscheiden:

1. Naar structuur van de informatie:
 - a. het lagensysteem voor CAD-tekeningen;
 - b. de object-georiënteerde database;
 - c. het productmodel.

2. Naar communicatiemethode:
 - a. een applicatiegebonden format;
 - b. een informatiegebonden neutraal intermedium;
 - c. een onafhankelijk neutraal intermedium.

3. Naar de breedte van de toepassing van een IT-systeem:
 - a. een branche;
 - b. een discipline;
 - c. een sector.

In figuur 7.1 zijn de, in voorgaande paragrafen besproken, ontwikkelingen geordend volgens deze criteria.

onderzoek/ ontwikkeling	toepassingsgebied			info-structuur	communicatie	
	branche	discipline	sector			
ATLAS CIMSTEEL COMBINE DIG. CEM.				prod.model	STEP	
VABI-DUS ↗ ETIM	<i>toekomstige IT-systemen</i>			O.O-database		
		VABI-DUS				EDI
	ETIM	WUF	SUF			neutraal intern./bestand
	FORUM-cad GB-cad VGB-cad			lagensysteem	DXF	

figuur 7.1 Indeling IT-ontwikkelingen in bouwsector
Partition of IT-developments for buildings

Witte plekken in de ontwikkeling

In hoofdstuk 8 komt de mogelijke ontwikkeling aan de orde van een Projectmodel, zoals dit in paragraaf 5.4 werd gedefinieerd. Daarbij wordt uitgegaan van de bestaande ontwikkelingen. Daartoe is het nodig de hiaten en onvolkomenheden van de bestaande IT-ontwikkelingen voor het toepassingsgebied van een PM te inventariseren.

Op de volgende punten zijn de bestaande IT-ontwikkelingen onvolledig:

1. De bestaande ontwikkelingen en onderzoeksprojecten zijn sterk gericht op de ontwerpprocessen. Waar een relatie wordt gelegd tussen ontwerp en uitvoering, betreft dit de inhoud van de informatie, niet de verwerking ervan in productie- en uitvoeringsprocessen (zie paragraaf 6.4).
2. Er is nog weinig systematisch, analytisch onderzoek gedaan naar de kenmerken van productie- en uitvoeringsprocessen en de wijze waarop in deze processen informatie wordt verwerkt (zie paragraaf 6.4).
3. Bij veel IT-onderzoek wordt projectgerichte productie niet genoemd, maar onder de noemer gebracht van uitvoering. Veel projectgerichte productie, waaronder de fabricage van betonelementen heeft plaats in hoogwaardige industriële processen die fundamenteel verschillen van uitvoeringsprocessen op de bouwplaats.
4. De modellen die in onderzoeksprojecten voor de gebouwensector zijn en worden ontwikkeld, richten zich op het globale ontwerp van het gebouw. Daarbij wordt van eenvoudige gebouwstructuren, constructie-typen en een beperkt aantal eenvoudige componenten uitgegaan. Er is weinig bekend over de noodzakelijke verdieping en verbreding van deze modellen voor toepassing in IT-systemen in de praktijk.
5. In de gebouwensector ligt het accent van de ontwikkelingen op de hoofddisciplines bouwkunde en installaties. Binnen de hoofddiscipline draagconstructies hebben nog weinig IT-ontwikkelingen plaatsgevonden. Binnen de discipline betonnen draagconstructies bestaan geen plannen voor disciplinegerichte ontwikkelingen.
6. Onderzoek en ontwikkeling zijn tot nu toe op de informatica-technologie gericht. Uitwisselingsmethodieken en modellering van productgegevens staan daarbij centraal. IT-gerichte standaardisatie, de kwaliteit van informatie, beheer van bestanden, kostenaspecten, de taakveranderingen in bedrijven en projecten en de juridische consequenties van de toepassing van IT-technieken, krijgen in onderzoek en beleid nog weinig aandacht.
7. Er vindt nog weinig afstemming plaats tussen ontwikkelingen in de verschillende sectoren van de bouw en op ontwikkelingen in andere landen. Wel werkt een aantal West-Europese landen samen in onderzoeksprojecten.
8. Over de kosten van de ontwikkeling van een IT-infrastructuur, van IT-

systemen en van de noodzakelijke ontwikkeling van nieuwe en aanpassing van bestaande applicaties is nog weinig bekend.

Zonder onderzoek en ontwikkeling in deze deelgebieden zal het niet mogelijk zijn IT-systemen te ontwikkelen en toe te passen, waarmee alle vormen van productinformatie in een bouwproject langs elektronische weg en zonder tussentijdse handmatige bewerkingen, kunnen worden uitgewisseld.

Weergave en betekenis van informatie

In de bestaande situatie moeten bij de overdracht van projectinformatie vakspecialisten zorgen voor de transformatie en verdere verwerking van de ontvangen informatie. Dit verandert niet door het gebruik van IT-systemen. Dit werd bevestigd bij het onderzoek naar de overdracht van sparingsgegevens aan prefab-betonbedrijven (paragraaf 9.2).

De ontwikkeling van IT-systemen richt zich op de syntax van de informatie-overdracht. Voor elektronische uitwisseling en hergebruik van informatie zal ook de betekenis van de overgedragen informatie (de semantiek) uniform moeten zijn. Alleen dan zal het aandeel van de vakspecialisten in het communicatieproces kunnen verminderen.

Bij de presentatie van informatie moet onderscheid worden gemaakt tussen:

- De structuur van de gepresenteerde informatie; deze wordt bepaald door het type en de indeling van de gebruikte informatiedragers.
- De betekenis van de informatie; deze wordt bepaald door het gebruik van namen, symbolen, eenheden enz.

Standaardisatie van de vorm en betekenis van informatie en van de structuur van informatiedragers is daarom noodzakelijk. Dit komt ook in de IGBI-enquête naar voren (paragraaf 7.4).

De bestaande normering is gericht op communicatie tussen vakspecialisten. Voor formalisering en toepassing in computersystemen moeten normen en richtlijnen een eenduidig interpreteerbaar en consistent systeem vormen. Daartoe moet het totale stelsel van regelgeving en standaardisatie worden aangepast en uitgebreid. De norm voor betontekeningen en de weergave van informatie op prefab-betontekeningen maken de noodzaak hiervan duidelijk (paragraaf 4.6).

System-onafhankelijke standaardisatie van de weergave en betekenis van informatie zal de ontwikkelingskosten en effectiviteit van IT-systemen positief beïnvloeden. Daarom moet deze vorm van standaardisatie een hoge prioriteit hebben en vooraf gaan aan de ontwikkeling van IT-systemen.

De ontwikkeling van gestandaardiseerde informatie is goed te sturen en heeft geringe risico's van tegenvallende resultaten. Daarbij leidt het

gebruik van deze standaardisatie, ook buiten de toepassing in geautomatiseerde systemen, tot kwaliteitsverbetering van het communicatieproces.

Veel IT-ontwikkelingen worden financieel ondersteund vanuit het ministerie van Economische Zaken. Deze ondersteuning is gericht op de ontwikkeling van nieuwe technologieën. Algemene standaardisatie van informatie valt daarbuiten. De ontwikkeling van algemene en uniforme standaardisatie van de weergave van informatie is een taak voor regelgevende instanties in samenwerking met het bedrijfsleven en met steun van de overheid.

7.4 De toepassing van IT-ontwikkelingen

Er bestaan in de gebouwensector nog geen volledige en geactualiseerde afsprakenstelsels voor het gebruik van operationele IT-systemen zoals deze in paragraaf 5.5 zijn besproken.

Gebruik van IT-systemen

In paragraaf 6.3 en paragraaf 7.2 worden recente IT-ontwikkelingen besproken. Van een aantal van deze systemen wordt in de praktijk incidenteel en op beperkte schaal gebruik gemaakt. Hierover zijn geen exacte gegevens bekend.

DXF

DXF is een de facto standaard voor de uitwisseling van CAD-gegevens (paragraaf 6.3) en wordt incidenteel en in het kader van CAD-afsprakenstelsels toegepast.

Effectieve toepassing van DXF voor de overdracht van grafische gegevens tussen twee CAD-systemen is mogelijk indien:

- beide CAD-systemen met dezelfde DXF-file kunnen werken;
- de CAD-systemen niet sterk verschillen in functionaliteit;
- de uit te wisselen gegevens tot een beperkt domein behoren;
- afspraken zijn gemaakt over informatie-scheiding op tekeninglagen;
- afspraken zijn gemaakt over de betekenis van informatie;
- testen zijn uitgevoerd.

CAD-afsprakenstelsels

De CAD-afsprakenstelsels die in paragraaf 7.2 werden besproken, worden op beperkte schaal in de praktijk toegepast.

De classificatiesystemen voor CAD-tekeninglagen van GB, VGBouw en FORUM (paragraaf 7.2) zijn afgeleid van de Sfb-code. Deze code is omstreeks 1950 in Zweden ontwikkeld voor het documenteren van bouwkundige informatie en wordt in een aantal West-Europese landen in verschillende varianten toegepast voor het structureren van informatie in de bouw.

In paragraaf 6.4 werd reeds gewezen op de beperkte effectiviteit van classificatie van CAD-lagen voor interdisciplinaire uitwisseling van informatie. In de tabellen 7.1a t/m 7.1d staan voorbeelden voor de classificatie

van informatie voor betonnen draagconstructies volgens de NL-SfB code [*Elementenmethode '91, 1991*] en de varianten daarvan in bovengenoemde afsprakenstelsels. Dit geeft weer in welke vorm de informatie over de betonnen draagconstructie door de bouwkundige aan de ontwerper van de draagconstructie wordt toegeleverd.

Voor het verdere ontwerp van de betonnen draagconstructie moet deze informatie altijd worden getransformeerd (zie paragraaf 6.3).

tabel 7.1a Voorbeeld toepassing classificatiesysteem NL-SfB
Examples of use building classification system NL-SfB

Classificatiesysteem NL-SfB	
code	omschrijving
23	vloeren
23.2	vloeren constructief
28	hoofddraagconstructies
28.2	hoofddraagconstructies; wanden en vloeren
28.21	hoofddraagconstructies; wanden en vloeren, wand/vloerconstructies

tabel 7.1b Voorbeeld toepassing CAD-classificatiesysteem GB
Examples of use CAD-classification system GB

Afsprakenstelsel Geïntegreerd Bouwen		
code	omschrijving	opmerking
K	constructief	discipline
28	hoofddraagconstructie	
28B	beton-i.h.w.	
28P	beton-prefab	
28PK	beton-prefab-kist	
28PS	beton-prefab-sparingen	

tabel 7.1c Voorbeeld toepassing CAD-classificatiesysteem VGBouw
Examples of use CAD-classification system VGBouw

Afsprakenstelsel VGBouw		
code	omschrijving	opmerking
S	constructief	discipline
SD	betonconstructie	
SJ	prefab	
SJA	prefab-beton	

tabel 7.1d Voorbeeld toepassing CAD-classificatiesysteem FORUM
Examples of use CAD-classification system FORUM

Afsprakenstelsel FORUM-Systeemhuizen		
code	omschrijving	opmerking
23	vloer	wapening beton
28	hoofddraagconstructie	
281	geraamte	
283	vulling	
28A	mal/bekisting	
Co8	grindbeton	attribuut
C09	lichtbeton	attribuut
H03	prefab	attribuut

VABI-DUS en ETIM

Het VABI-DUS model is nog in ontwikkeling, maar wordt al toegepast voor de uitwisseling van ontwerpgegevens binnen de hoofddiscipline installaties. Het ETIM-model is branchegericht en wordt door de bedrijven al toegepast. Het kan als een gedeelte van een branche-afsprakenstelsel worden gezien. De verdere ontwikkeling van het ETIM-model zal worden afgestemd op het VABI-DUS model.

EDI

Ondanks de definitieve status van een aantal EDI-berichten is de toepassing daarvan nog zeer beperkt. EDI-berichten met een definitieve status (paragraaf 7.2) worden toegepast door fabrikanten en tussenhandel. Binnen bouwprojecten wordt door één bouwbedrijf het EDI-bericht voor facturering gebruikt.

Voor de toepassing van EDI-berichten moeten de betreffende processen bij zenders en ontvangers strak geformaliseerd en op een minimaal niveau geautomatiseerd zijn. Dit is bij de meeste uitvoerende bedrijven in

de bouw niet het geval. Voor een effectief gebruik van EDI-berichten moet ook het bouwproces langs formele door de partners afgesproken regels verlopen.

STEP

Voor praktijktoepassing in de bouw zijn nog geen AP's en EAP's beschikbaar. In onderzoeksprojecten en bij de ontwikkeling van VABI-DUS wordt wel geanticipeerd op de toepassing van STEP door gebruik van al ontwikkelde STEP-componenten. Dit gebeurt onder andere door toepassing van de definitietaal EXPRESS (paragraaf 6.3).

Ervaringen met het gebruik van IT-systemen

IGBI-enquete

In 1993 hield IGBI onder haar relaties een enquete over onder andere:

1. lopende projecten waar elektronische uitwisseling van gegevens tussen projectpartners plaatsvond en
2. algemene remmende factoren voor de toepassing van elektronische uitwisseling van gegevens binnen en tussen bedrijven.

De resultaten van deze enquete geven een beeld van de problemen en remmende factoren bij de toepassing van IT, zoals deze in de praktijk worden ervaren [IGBI 1993].

Uit de antwoorden van 365 respondenten konden de volgende conclusies worden getrokken:

- a. Gegevensuitwisseling komt het meest voor tussen
 - architecten en raadgevende ingenieurs
 - architecten en bedrijven voor installatietechniek
- b. De meest voorkomende problemen in de 70 lopende projecten zijn:
 - bij velen ontbreekt de visie op huidige en toekomstige mogelijkheden;
 - het ontbreken van eenduidige begrippen en van op elkaar afgestemde afsprakenstelsels;
 - de afstand tussen onderzoekswereld en praktijk;
 - de onduidelijkheid over het gebruik en het toepassingsgebied van bestaande classificatiesystemen;
 - het verloren gaan van gegevens bij conversie;
 - het gebrek aan volledige en consistente standaarden;
 - de huidige applicaties zijn niet geschikt voor productmodellen.
- c. Als remmende factoren voor de toepassing van PDI en EDI worden genoemd:
 - het ontbreken van eenduidige afspraken over definities van begrippen;
 - het ontbreken van CAD- en tekenstandaards;
 - organisatorische problemen respectievelijk de aanpassing van de organisatiestructuur;

- juridische consequenties, aansprakelijkheid en vergoedingen;
- het informatieverlies bij het uitwisselen van bestanden;
- het ontbreken van standaard uitwisselingsformaten;
- weinig automatiseringskennis;

7.5 Samenvatting en conclusies

In de jaren tachtig startte een groot aantal onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten gericht op de elektronische uitwisseling van projectinformatie in de bouw.

Het IOP-project was het eerste, breed opgezette en praktijkgerichte onderzoek. Hoewel dit onderzoek niet tot de gewenste resultaten leidde, vormde het een stimulans voor nieuwe ontwikkelingen.

Het BEC-project in Finland was gericht op de integratie van informatie binnen de bedrijven in de Finse prefab-industrie.

CIMSTEEL, COMBINE en ATLAS zijn praktijkgerichte onderzoeksprojecten in de gebouwensector, die in samenwerking tussen West-Europese landen worden uitgevoerd. In het ATLAS-project wordt een gebouwmodeltype ontwikkeld en een submodel voor het ontwerpen en detailleren van betonconstructies.

In de Nederlandse bouw zijn in het laatste decennium, verspreid over een groot aantal disciplines en branches, verschillende IT-modellen en -systemen ontwikkeld, gericht op gebruik door gelijksoortige bedrijven.

EDI is een internationale standaard voor de elektronische uitwisseling van handelsberichten. Door EDI-bouw worden standaardberichten ontwikkeld, waarvan een aantal een officiële status heeft. WUF is een format voor de uitwisseling van gegevens van wapeningsconstructies. Digitaal Cement is opgezet om met EDI-berichten en een speciaal productmodel besteksinformatie uit te wisselen.

Voor het uitwisselen van CAD-informatie zijn een aantal afsprakenstelsels in ontwikkeling. De afsprakenstelsels van de vereniging Geïntegreerd Bouwen en van FORUM Systeemhuizen richten zich op het bouwkundig ontwerp; de CAD-lagenafspraken van VGBouw zijn bestemd voor CAD-systemen bij bouwbedrijven.

Voor het ontwerpen van werktuigbouwkundige installaties in gebouwen wordt het informatie-uitwisselingssysteem VABI-DUS ontwikkeld. Door de Uniforme Omgeving voor applicaties en standaardisatie van informatie is hergebruik en uitwisseling van ontwerpgegevens mogelijk. ETIM is een Elektrotechnisch Informatiemodel dat ondersteuning geeft aan de verwerking van projectinformatie binnen elektrotechnische bedrijven. De verdere ontwikkeling van ETIM zal worden afgestemd op die van VABI-DUS.

Door het ontbreken van een strategisch IT-beleid in de bouw bestaat weinig zicht op de aard en omvang van de toekomstige ontwikkelingen. De bestaande ontwikkelingen vertonen onder andere de volgende witte plek-

ken:

- Bij ontwikkeling en onderzoek ligt het accent tot nu toe sterk op ontwerpprocessen.
- Over de structuur en de wijze van gebruik van informatie bij productie- en uitvoeringsprocessen is nog weinig bekend.
- Er is nog weinig bekend over de kosten voor ontwikkeling en gebruik van IT-systemen en de consequenties voor bestaande applicaties.

Alle besproken systemen zijn nog in ontwikkeling. Het gebruik beperkt zich tot incidentele één op één communicatie binnen bouwprojecten. Dit gebruik betreft met name DXF, het GB CAD-afsprakenstelsel en VABIDUS.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- De discipline betonnen draagconstructies heeft binnen de bouwsector een duidelijke achterstand in eigen IT-ontwikkelingen en participeert niet in IT-onderzoek en in interdisciplinaire IT-ontwikkelingen.
- IT-onderzoek en IT-ontwikkelingen in de praktijk hebben nog maar betrekking op een klein gedeelte van de processen binnen bouwprojecten.
- Voor het effectief gebruik van IT-systemen is uniforme en gedetailleerde standaardisatie van vorm en betekenis van informatie noodzakelijk. Daartoe moet een nieuwe generatie normen worden ontwikkeld.

8. Het Projectmodel

In hoofdstuk 5 werden met betrekking tot de informatie-uitwisseling in bouwprojecten, drie modellen onderscheiden: (1) het Hiërarchiemodel, (2) het Bedrijfsmodel en (3) het Projectmodel. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe een Projectmodel voor de bouwsector vorm kan worden gegeven. De mogelijke inpassing van de bestaande IT-ontwikkelingen, die in hoofdstuk 7 zijn beschreven, is daarbij een uitgangspunt. Daarnaast komen het bestuurlijk model en het te voeren beleid aan de orde. Binnen het Projectmodel moet de integratie tussen bestaande en nieuwe systemen plaatshebben. Enkele aspecten daarvan worden toegelicht.

8.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een aantal aspecten van de ontwikkeling van een Projectmodel (PM) besproken. Hiervoor bestaan in de praktijk nog geen ideeën of uitgewerkte plannen.

De ontwikkeling van concepten voor een PM valt, qua doelstelling en omvang, buiten het kader van dit promotie-onderzoek. Daarom wordt uitgegaan van de bestaande situatie, zoals deze is weergegeven in hoofdstuk 7 en van twee rapporten over het IT-beleid in de bouw. Deze rapporten zijn:

1. *Strategie Bouwinformatica* [ARTB, 1994]

In het rapport worden de oorzaken van stagnatie in de IT-ontwikkelingen in de bouw geanalyseerd. Uitgaande van de reeds gerealiseerde deelontwikkelingen en de bestaande verhoudingen in de bouw, worden globaal mogelijkheden aangegeven voor de ontwikkeling van een geïntegreerd IT-model voor de bouw.

2. *Bouwen en Informatietechnologie* [SBR, 1994b]

Het rapport is opgesteld door het Coördinatieteam van het Nationaal Onderzoekskader Bouwinformatica. In het rapport wordt de ontwikkeling voorgesteld van een InformatieTechnische Infrastructuur (ITI) als kader voor de realisatie en het beheer van IT-systemen in de bouw.

Een aantal uitspraken en adviezen in deze rapporten, die van belang zijn voor dit onderzoek, worden in dit hoofdstuk aangehaald en ter discussie gesteld.

In het laatste decennium startte binnen de bouwsector een groot aantal branchegerichte IT-ontwikkelingen. De voor dit onderzoek belangrijke ontwikkelingen werden in paragraaf 7.2 besproken.

In vervolg op deze branche-ontwikkelingen, wordt in onderzoeksprojecten en vanuit de praktijk gezocht naar algemeen toepasbare IT-systemen voor de uitwisseling van projectinformatie. Bij onderzoeksprojecten ligt daarbij het accent op de ontwikkeling van nieuwe modeltypen; vanuit de praktijk wordt gezocht naar pragmatische oplossingen door koppeling of integratie van bestaande en in ontwikkeling zijnde systemen.

Het vinden van oplossingen wordt bemoeilijkt doordat in de bouw een strategisch IT-beleid en een ontwikkelingskader ontbreken. In de twee bovengenoemde beleidsrapporten staan analyses van de bestaande situatie. In beide rapporten wordt een stagnatie in de ontwikkelingen geconstateerd:

'Maar omdat er geen duidelijke marktleaders zijn, is er een patstelling ontstaan in de bouw' [ARTB 1994, blz. 2],

'Er is behoefte aan een gemeenschappelijke strategische visie op de ontwikkeling van de bouwinformatica' [ARTB 1994, blz. 3],

'IT zal eerst aanvaard moeten worden als een strategisch middel, voordat de gewenste ontwikkelingen mogelijk worden' [SBR 1994b, blz. 21].

De in dit hoofdstuk geschetste ontwikkelingen kunnen zowel binnen één PM plaats vinden als in meerdere varianten van een PM. Daarom wordt geen onderscheid gemaakt tussen een PM en een PM-type.

8.2 Omvang en inhoud van het Projectmodel

De keuze van een type Projectmodel

In de twee bovengenoemde rapporten wordt de ontwikkeling van een geïntegreerd systeem voor de totale bouw als doel gesteld.

Tot nu toe hebben de resultaten van de IT-ontwikkelingen in de bouw niet aan de verwachtingen voldaan (hoofdstuk 6 en 7). Dit komt onder meer door onderschatting van de omvang en complexiteit van de op te lossen problemen.

Voor de ontwikkeling van een integraal IT-model voor de totale bouw ontbreekt de basis:

- Voor de bepaling van het ontwikkelingskader van een dergelijk model is een breed oriënterend onderzoek nodig. In de bestaande situatie ontbreken hiervoor de middelen.
- Er is weinig bekend over de condities voor de ontwikkeling en toepassing van IT-modellen in de verschillende bouwsectoren.
- Bestaande informatie-uitwisselingssystemen en uitgevoerd onderzoek beslaan nog maar een klein gedeelte van de gezamenlijke bouwprocessen (paragraaf 7.3).

Een systematische ontwikkeling van een IT-model voor de totale bouw is daarom in de bestaande situatie niet mogelijk. Van Dam stelt daarom voor om de omvang van geïntegreerde systemen voorlopig te beperken tot disciplines [van Dam 1995].

De complexiteit van een Projectmodel kan worden beperkt door:

1. De keuze van een toepassingsgebied waarbinnen de condities voor de ontwikkelingen relatief gunstig zijn. Door te beginnen met een type projectmodel dat een goede kans van slagen heeft, wordt ervaring opge-

daan voor de ontwikkeling van andere typen projectmodellen.

2. De strikte beperking van het domein van processen tot de realisatie van een project door een projectteam met een gezamenlijke verantwoordelijkheid. Onder projectteam moet worden verstaan de gezamenlijke bedrijven die vanuit hun specialisme een bijdrage leveren aan ontwerp-, productie- en uitvoeringsprocessen in een bouwproject.

Het Projectmodel voor de bouwensector

Om de volgende redenen wordt voorgesteld de integratie van informatie-uitwisselingssystemen te beginnen met de ontwikkeling van een PM voor de realisatie van gebouwen:

- De bouwensector vertegenwoordigt een groot deel van de totale bouwmarkt, zowel in aantal projecten als in bouwsom.
- De variatie in product- en processtypen wordt beperkt door een uitgebreide en gedifferentieerde regelgeving.
- In de bouwensector zijn de condities voor informatisering relatief gunstig, omdat meer dan in andere sectoren, seriematige productie plaatsvindt, standaard producttypen worden toegepast en gebruik wordt gemaakt van protocollen en classificatiesystemen.
- De IT-ontwikkelingen zijn, door de bovengenoemde oorzaken, tot nu toe voor een groot deel op de bouwensector gericht. Dit geldt ook voor onderzoeksprojecten, die bovendien veelal in internationaal verband worden uitgevoerd.

Het vervolg van dit hoofdstuk is gericht op de ontwikkeling van een PM voor de bouwensector.

Veel producten, processen en hulpmiddelen worden in verschillende bouwsectoren toegepast. Onderlinge aansluiting van de Projectmodellen in de verschillende sectoren is daardoor een praktische noodzaak. Daartoe moet de ontwikkeling van een sectorgericht PM plaatshebben binnen een bouwomvattend kader.

Voor de bedrijven binnen de discipline betonnen draagconstructies is het nog meer dan voor bedrijven in andere disciplines van belang dat standaardisatie en classificatiesystemen in de verschillende bouwsectoren en in West-Europese landen op elkaar worden afgestemd (paragraaf 6.4).

Algemeen toepasbare informatie-uitwisselingssystemen

In andere bedrijfstakken wordt een informatie-uitwisselingssysteem meestal ontwikkeld binnen het kader van een langlopend, grootschalig project.

Bij de bestaande schaal van unieke, éénmalige projecten in de bouwensector is het onmogelijk om binnen het kader van een bouwproject een specifiek IUS te ontwikkelen. In de praktijk en in bovengenoemde beleidsrapporten wordt uitgegaan van de ontwikkeling van informatie-uitwisselingssystemen, die in willekeurige gelijksoortige bouwprojecten kunnen worden toegepast. Ook de bestaande, in paragraaf 7.2 genoemde, branche-ontwikkelingen zijn daarop gebaseerd.

Bij de ontwikkeling van modellen die gebaseerd zijn op de structuur van een bouwobject, bijvoorbeeld een viewmodel voor een gebouw, wordt uitgegaan van veel voorkomende objecten, bouwstructuren en bouwvormen. Ook andere IT-modellen, IT-systemen en applicaties zijn expliciet of impliciet gericht op een bepaald toepassingsgebied.

Dit brengt bij gebruik in de praktijk een aantal beperkingen mee:

- Gebouwen variëren sterk in omvang, vorm en structuur. De productmodellen die tot nu toe in onderzoeksprojecten voor de hoofdisciplines bouwkundige constructies en draagconstructies zijn ontwikkeld, hebben een smal toepassingsgebied, gericht op de meest voorkomende ruimtelijke en constructieve elementen (paragraaf 7.1).
- In de bouwsector variëren de bouwwerken sterk in grootte en complexiteit. Modellen, protocollen, systemen en afsprakenstelsels die toegepast kunnen worden voor de realisatie van grote complexe bouwwerken, zijn minder geschikt voor kleine eenvoudige bouwwerken. De ervaring heeft geleerd, dat gebruik van een klein gedeelte van de mogelijkheden van een groot systeem tot inefficiëntie en kwaliteitsvermindering leidt. De ontwikkeling van omvangrijke systemen, toepasbaar in sterk variërende projecten is daardoor geen effectieve oplossing.
- Aanpassing en uitbreiding van bestaande systemen kost zoveel tijd en geld, dat dit binnen het kader van een éénmalig bouwproject niet mogelijk is.
- De bedrijven variëren sterk in grootte. Binnen een bouwproject werken vaak grote en kleine bedrijven samen. Kleinere bedrijven in de productie- en uitvoeringssector beschikken vaak over beperkte automatiseringsmiddelen op een relatief laag niveau, waardoor ze geen gebruik kunnen maken van informatie-uitwisselingssystemen op een hoog niveau. Ook binnen de prefab-betonbranche bestaan grote verschillen in de grootte en automatiseringsgraad van de bedrijven (paragrafen 3.2 en 3.3).

De oplossing van de problemen kan dan ook niet worden gevonden in de ontwikkeling van modellen en systemen met een zo breed mogelijk toepassingsgebied.

Uit het bovenstaande moet de conclusie worden getrokken, dat ongeacht de variatie in beschikbare informatie-uitwisselingssystemen, in geen enkel bouwproject de informatie-uitwisseling geheel zal kunnen worden uitgevoerd met gebruik van algemeen toepasbare IT-systemen. De systemen die nu en op middellange termijn beschikbaar zijn, zullen op een gedeelte van een gebouw en een gedeelte van een procestype toepasbaar zijn. Het overblijvende meer complexe deel zal in veel gevallen een relatief groot gedeelte van het werk bij ontwerp, productie en uitvoering vergen.

Een variëteit van op elkaar aansluitende systemen, die naar keuze en in combinatie binnen een project kunnen worden toegepast, zal het beste aan de behoefte in praktijksituaties voldoen. Het projectmodel zal daarom bij voorkeur een samenstel van kleinere en grotere systemen moeten bevatten, die op verschillende niveaus voor de uitwisseling van aspect-geïntegreerde informatie gebruikt kunnen worden.

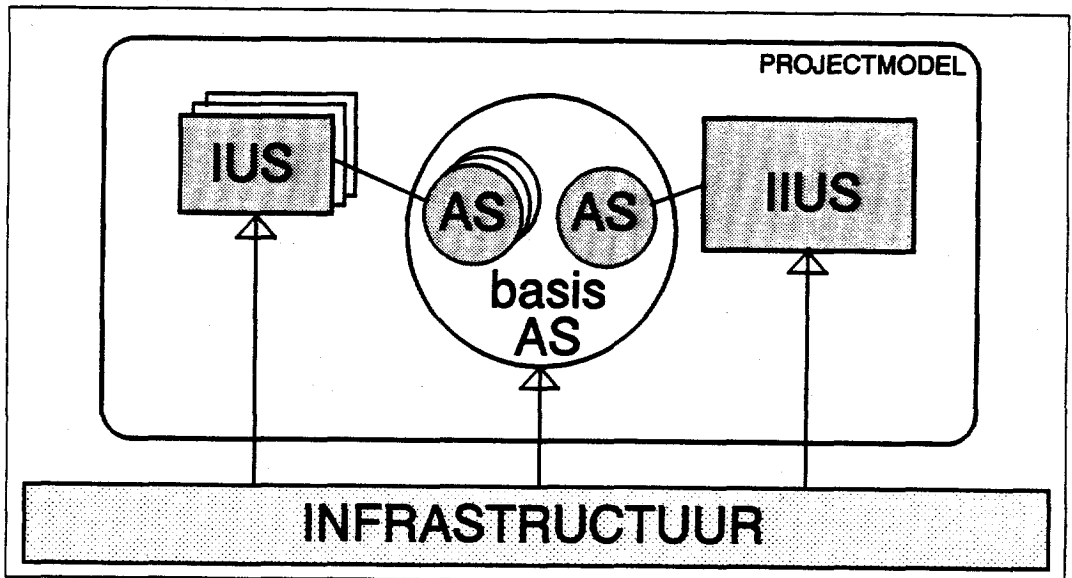
De bovengenoemde problemen kunnen worden verminderd door het toepassingsgebied van het PM nog verder te beperken. Dit kan door de gebouwen onder te verdelen in een aantal gebouwtypen en voor elk gebouwtype een projectmodel te ontwikkelen.

Afsprakenstelsels

Het gebruik van een IUS moet worden vastgelegd in een bijbehorend AS. In paragraaf 5.5 werd ingegaan op de inhoud van een AS. De integratie van informatie-uitwisselingsystemen wordt bevorderd door de ontwikkeling van een basis-afsprakenstelsel voor een PM. Hieruit moeten de specifieke afsprakenstelsels worden afgeleid [ARTB 1994, blz. 11].

Onvoldoende onderlinge afstemming van bestaande afsprakenstelsels wordt ook bij de bestaande ontwikkelingen als een probleem ervaren [enquête IGBI-platform, 1993].

In figuur 8.1 is de opbouw van het PM weergegeven.



figuur 8.1 Opbouw Projectmodel
Construction of Projectmodel

8.3 Ontwikkeling van het Projectmodel

De uitgangssituatie

In hoofdstuk 7 zijn de IT-ontwikkelingen in de bouwsector weergegeven. Onderzocht moet worden welke van deze ontwikkelingen in de bestaande of in aangepaste vorm kunnen worden opgenomen in een te ontwikkelen projectmodel voor de bouwsector.

bestaande ontwikkelingen

In het kader van dit op de prefab-betonbranche gerichte onderzoek zijn de volgende van de bestaande ontwikkelingen van belang:

1. Op korte termijn zullen AP's, EAP's en subsets van ISO-STEP, gericht op toepassing in de bouw, beschikbaar komen (zie paragraaf 6.3). De ontwikkeling van STEP-2DBS is het meest actueel. Het moet de mogelijkheid bieden om grafische gegevens van CAD-systemen uit te wisselen. Hoewel het niveau van uitwisseling ongeveer overeenkomt met dat van DXF, moet de toepassing van STEP-2DBS toch als een belangrijke stap worden gezien:
 - toepassing van STEP-2DBS zal de eerste praktijkervaring in de bouwsector met STEP betekenen;
 - er zullen snel nieuwe subsets op een hoger niveau beschikbaar komen.
2. Het VABI-DUS model (paragraaf 7.2) voor zowel disciplinaire als interdisciplinaire uitwisseling van verschillende soorten project-informatie, die betrekking hebben op het ontwerpen van werktuigbouwkundige installaties in gebouwen. De ontwikkeling is gericht op het gebruik van STEP en van een neutraal kernmodel voor de interdisciplinaire uitwisseling van informatie [van Dam 1995].
3. Van de onderzoeksprojecten die op Europees niveau worden uitgevoerd is met name de ontwikkeling van het ATLAS-model van belang voor het bouwkundig ontwerp en het ontwerp van betonnen draagconstructies (zie paragraaf 7.1). Ook hier wordt uitgegaan van het gebruik van disciplinegerichte productmodellen en een neutraal kernmodel. Van belang is, dat deze viewmodellen vanuit één concept worden ontwikkeld.
4. Informatie-uitwisselingssystemen voor een specifiek applicatiedomein. Deze bestaan al voor CAD-tekeningen en voor gegevens voor begroten, bestek en wapening. Door aanpassing van de systemen en gebruik van uniforme standaardisatie, kunnen mogelijkheden voor koppeling en integratie worden ontwikkeld.

Het VABI-DUS model en de ATLAS-productmodellen kunnen delen van de basis vormen voor de ontwikkeling van een integraal informatie-uitwisselingssysteem (IIUS).

Het ontwikkelingstraject

De ervaring met IT-onderzoek en IT-ontwikkelingen leert, dat deze processen veel tijd en inspanning vergen:

'De inzet van IT is een langzaam verlopend leerproces en vraagt om een geleidelijke en constante ontwikkeling' [SBR 1994b, blz. 22]

Om de volgende redenen zal de ontwikkeling van een PM in kleine stappen, verdeeld over een lange periode, plaatshebben:

- De ontwikkeling van branchegerichte IT-systemen met een beperkt toepassingsgebied vergen al vele jaren grote inspanningen; toepassing in de praktijk vindt nog maar op beperkte schaal plaats.
- Projecten in de gebouwensector variëren in vorm, structuur en grootte. Daardoor zijn veel varianten en soorten systemen nodig (paragraaf 8.2).
- Voor inzicht in de verschillende soorten bouwprocessen en de daarvan afgeleide informatiestructuur, is nog uitgebreid analyserend en inventariserend onderzoek nodig. Dit onderzoek moet vooraf gaan aan de model- en systeemontwikkeling.
- De opbouw van een infrastructuur voor IT-systemen is een lange-termijn ontwikkeling waarmee nog geen begin is gemaakt.
- De voorsprong in IT-ontwikkelingen in de gebouwensector zal, door de noodzakelijke afstemming op ontwikkelingen in andere bouwsectoren en in andere landen, remmend werken.

Door de introductie van nieuwe IT-technieken en IT-middelen zal de ontwikkeling van een PM regelmatig nieuwe impulsen krijgen:

- De ontwikkeling van nieuwe applicaties en IT-hulpmiddelen met een toegevoegde intelligentie is een continu proces.
- Object-georiënteerde technieken zullen de integratie van verschillende soorten productinformatie mogelijk maken.
- Regelmatig zullen nieuwe AP's, AEP's en subsets van ISO-STEP beschikbaar komen, die communicatie binnen nieuwe domeinen van applicaties mogelijk maken.
- Voortgezette IT-ontwikkelingen in de praktijk en praktijkgericht onderzoek zullen de toepassing van speciale productmodeltypen stimuleren.

Naarmate informatie-uitwisselingssystemen op een hoger niveau komen, zal het aandeel van technisch specialisten in het proces van informatie-overdracht verminderen. Daardoor zal het gebruik van papieren documenten verminderen en de status veranderen.

In [SBR 1994b, blz. 24] wordt een migratiepad van 6 stappen aangegeven voor de ontwikkeling van de tekening tot het productmodel als informatiedrager.

8.4 Organisatie en bestuur

In paragraaf 7.3 werd geconcludeerd dat door het ontbreken van een IT-beleid en een gezaghebbende instantie die IT-ontwikkelingen stuurt en coördineert, de IT-ontwikkelingen stagneren en aan een aantal belangrijke deelontwikkelingen nog geen aandacht wordt besteed.

De ontwikkeling van een PM moet daarom vanaf het begin plaats hebben binnen een op de toekomst gericht kader en onder leiding van een bestuurlijk orgaan planmatig worden uitgevoerd.

Participatie vakgebieden

De ontwikkeling van IT-systemen heeft tot nu toe plaats in een beperkt aantal branches. De discussie en idee-vorming over de verdere IT-ontwikkelingen vindt nu in hoofdzaak plaats tussen branches, instellingen en bedrijven, die door eigen ontwikkeling en onderzoek specifieke deskundigheid hebben opgebouwd. Successievelijk zullen ook in andere branches IT-ontwikkelingen op gang komen. Deze ontwikkelingen moeten worden opgenomen in het in ontwikkeling zijnde PM.

Belangrijke aanpassingen van systemen in een PM, in een latere ontwikkelingsfase, zijn kostbaar of onmogelijk, terwijl het terugdraaien van ontwikkelingen voor de deelnemende partijen ingrijpende gevolgen heeft. Daarom moeten alle belanghebbende partijen, ongeacht de huidige stand van hun IT-ontwikkelingen, vanaf het begin bij de ontwikkeling van een PM worden betrokken.

Het rapport 'Strategie Bouwinformatica' [ARTB 1994, blz. 15] zegt hierover:

'Het is van groot belang dat het algemene stelsel van kaderafspraken wordt beheerd door een breed gedragen instantie.'

Door het grote aantal disciplines en branches, moet participatie in het bestuur om praktische redenen in een getrapte vorm plaats vinden. De structuur van het HM biedt deze mogelijkheid (paragraaf 5.3).

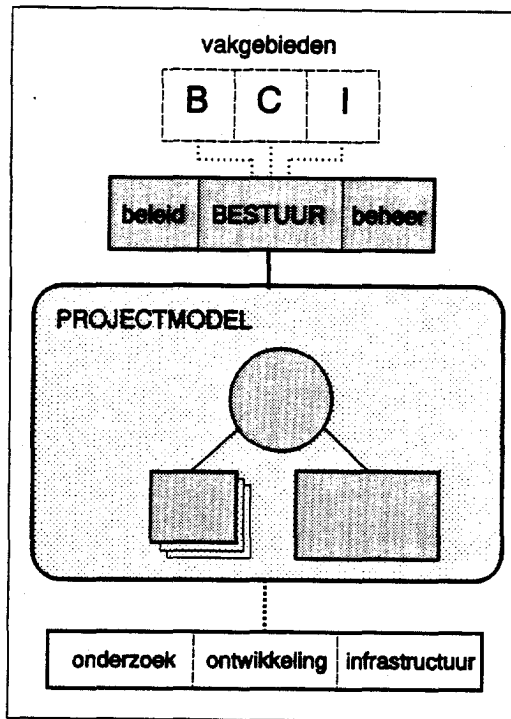
Tussen de drie hoofddisciplines Bouwkundige constructies, Draagconstructies en Installaties bestaan fundamentele verschillen in de processtypen en daardoor in de vorm van de gebruikte informatie. Dit maakt het noodzakelijk dat in ieder geval deze drie hoofddisciplines direct in het bestuurlijk orgaan vertegenwoordigd zijn.

Taken besturend orgaan

Uit paragraaf 8.1 en 8.2 volgt, dat de belangrijkste uitvoerende taken van het besturend orgaan zijn:

1. Inpassing en integratie van bestaande en ontwikkeling van nieuwe informatie-uitwisselingssystemen;
2. Het opstellen van een basis-afsprakenstelsel;
3. Het sturen van opdrachten voor onderzoek, modelontwikkeling en systeembouw;
4. De aansluiting van de ontwikkeling van het PM op andere IT-ontwik-

- kelingen in de bouw in Nederland, de EU en internationaal;
5. Het beheer van informatie-uitwisselingsystemen en afsprakenstelsels. In figuur 8.2 is het bestuurlijk model weergegeven.



figuur 8.2 Bestuurlijk kader Projectmodel
Framework of management Projectmodel

Voorlichting

Het gebrek aan kennis van IT bij bedrijven in de bouw is een belangrijk remmende factor bij de acceptatie van IT-ontwikkelingen. In de resultaten van de ICBI-enquete komt op meerdere punten tot uiting dat gebrek aan zicht op en kennis van IT-ontwikkelingen een remmende factor is. (paragraaf 7.4)

In 'Strategie Bouwinformatica' [ARTB 1994, blz. 18] wordt gesteld:
'Er moet derhalve veel aan kennisoverdracht en voorlichting worden gedaan' en
'Worden voor de begrijpelijke weerstanden geen goede oplossingen gevonden, dan zal de menselijke factor de absorptiesnelheid van IT vertragen. Ook dit pleit voor een zorgvuldig en afgewogen, op directe gebruikers afgestemd, kennisoverdrachtsprogramma'

In 'Bouwen en Informatietechnologie' [SBR 1994b, blz. 23 en 32] staat:
'Het gaat erom de bouw IT-bewust te maken op een manier die optimaal gebruik van IT-middelen bevordert.' en

‘Voorlichting, het wegnemen van psychologische barrières en het onderkennen en behandelen van wezenlijke sociale problemen behoren tot een effectieve besturing’.

Voorlichting moet zich niet alleen richten op de technologische mogelijkheden die IT biedt, maar ook op de consequenties voor de bedrijven. Objectieve informatie over de benodigde personele en financiële inspanningen bij ontwikkeling en gebruik van IT-systemen behoren daartoe.

8.5 Ontwikkeling van een integraal informatie-uitwisselingsysteem

In deze paragraaf worden enkele aspecten van de ontwikkeling van een integraal informatie-uitwisselingsysteem (IIUS) besproken. Een IIUS is een systeem waarmee alle soorten projectinformatie in hun onderlinge samenhang tussen projectpartners kunnen worden uitgewisseld.

De wijze waarop de ontwikkeling van het PM, zoals dat in de voorgaande paragrafen is geschetst, ingevuld zal worden, hangt af van IT-onderzoek, IT-ontwikkeling en de wijze waarop het IT-beleid in de bouw wordt vormgegeven.

De gefaseerde ontwikkeling van een nieuw IIUS is daarbij een mogelijke optie. Het in beeld brengen van deze ontwikkeling kan een goede basis vormen voor sturing en beoordeling van de totale ontwikkelingen en van deelontwikkelingen.

Het potentiële toepassingsgebied van een IIUS wordt gevormd door de verzameling processen die bij de realisatie van een project in de bouwsector worden uitgevoerd en waarvoor de leden van het projectteam directe verantwoordelijkheid dragen (hoofdstuk 5 en paragraaf 8.2).

Bij de ontwikkeling van een IIUS kunnen de volgende fasen worden onderscheiden (figuur 8.3):

1. programmering
2. analyse
3. conceptueel ontwerp (IIUM)
4. systeembouw (IIUS)

Van deze ontwikkelingsfasen zullen enkele beleidsaspecten worden besproken die voor de ontwikkeling van een PM van toepassing en voor dit onderzoek van belang zijn.

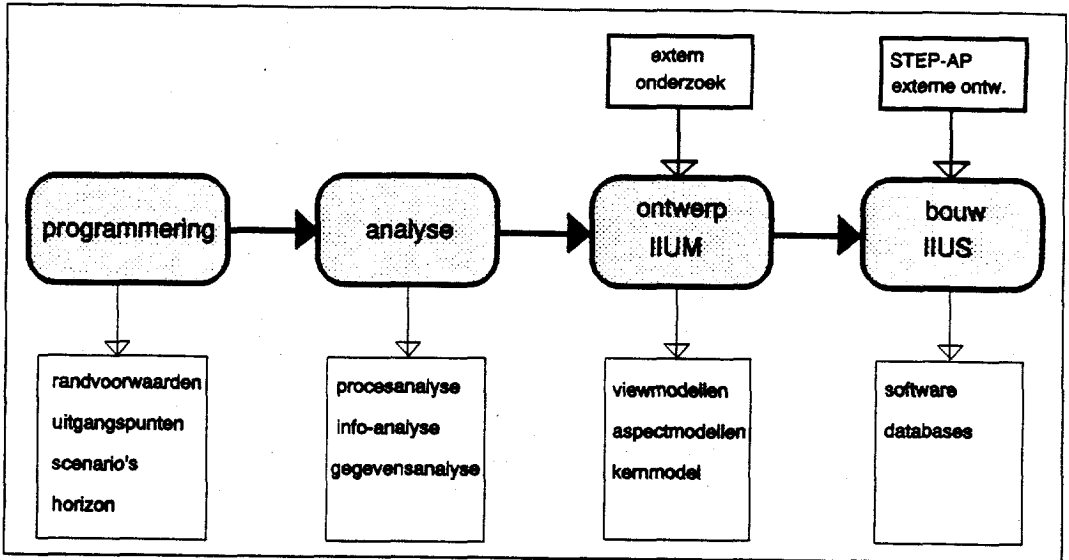
Programmering

randvoorwaarden

De belangrijkste randvoorwaarden voor de ontwikkeling van een IIUS zijn:

- Gebruik van het systeem moet bij alle projectpartners een positief effect kunnen hebben op de effectiviteit van de processen en de kwaliteit van de producten. Dit betekent dat voor alle participerende bedrijven de voordelen van het gebruik opwegen tegen de noodzakelijke kosten en inspanningen.

- Het systeem moet zonder grote discontinuïteiten en in kleine stappen in de vorm van toepasbare versies ontwikkeld kunnen worden. De verschillende versies van het systeem moeten naar keuze op verschillende niveaus gebruikt kunnen worden. (paragraaf 8.1)



figuur 8.3 Ontwikkelingstraject IIUS
Development of IIUS

uitgangspunten

In eerste instantie gelden de volgende uitgangspunten:

- Het systeem moet aansluiten op en eventueel gebruik maken van de reeds bestaande systemen binnen het PM.
- Het systeem moet bij de bestaande wijze van projectorganisatie in principe in alle projecten in de gebouwensector toepasbaar zijn, waarbij als toetsing geldt:
 - een in opbouw en grootte gemiddeld kantoorgebouw als eenmalig project;
 - een bouwteam bestaande uit willekeurige voor dit project gekozen partners.

scenario's

Bij de keuze van een ontwikkelingsmodel voor een IIUS speelt in de bestaande situatie het probleem dat de inpassing van bestaande brancheontwikkelingen tot een ander model zal leiden dan een nieuw te ontwikkelen model op basis van vrije keuzes [ARTB 1994, blz. 3].

Voor het maken van verantwoorde modelkeuzes voor de langere termijn moet inzicht bestaan in de consequenties van dit probleem. Dit inzicht kan worden verkregen door een nul-scenario te maken en eventueel gedeeltelijk uit te voeren.

0-scenario Ontwikkeling van een model, voor een situatie waarbij geen gebruik wordt gemaakt van bestaande systemen en modellen.

Kwalitatief beschouwd is de beste oplossing om, gebruik makend van de opgedane ervaring, het 0-scenario uit te voeren en een geheel nieuw IIUS te ontwikkelen. Alle productmodellen kunnen dan volgens hetzelfde concept worden opgezet, waarmee een optimale basis voor integratie wordt gelegd.

Dit leidt tot het meest effectieve systeem en biedt de beste mogelijkheden voor aansluiting op andere IT-ontwikkelingen in de bouw en op internationale afstemming. De ontwikkeling van STEP is een goed voorbeeld van deze aanpak (paragraaf 6.3).

Uitvoering van het 0-scenario zal echter praktisch niet haalbaar zijn, omdat de bedrijven niet bereid zullen zijn investeringen in bestaande systemen in één keer af te schrijven [ARTB 1994, blz. 6].

horizon

De langlopende ontwikkeling en de vele factoren die de ontwikkeling van een IIUM kunnen beïnvloeden (paragraaf 8.3), maken het onmogelijk het einddoel van de totale ontwikkeling te formuleren. Dit einddoel moet daarom regelmatig worden aangepast op basis van ervaring, gewijzigde visie en de ontwikkeling van nieuwe middelen en methodieken.

Analyses

Voor het totale toepassingsgebied van het Projectmodel moeten analyses worden gemaakt van alle soorten bouwprocessen en de informatiestromen naar, van en tussen deze processen (paragraaf 4.2).

procesanalyse

De procesanalyse moet inzicht geven in de aard en structuur van de verschillende processen bij de realisatie van een gebouw en de informatiestromen tussen deze processen in de bestaande situatie (as-is). De analyses moeten het gehele veld weergeven van projectgerichte processen (ontwerp-productie-uitvoering) per discipline.

informatie-analyse

Bij de informatie-analyse moeten de informatiestromen tussen de processen worden vastgelegd plus de gebruikte documenten, alsmede de gebruikte normen en richtlijnen. De analyse moet een goed inzicht geven in de vorm en structuur van de gebruikte informatie per proces.

Ontwerp IIUM

Het integraal informatie-uitwisselingsmodel (IIUM) is het conceptuele model op basis waarvan het IIUS kan worden gebouwd.

de productmodellen

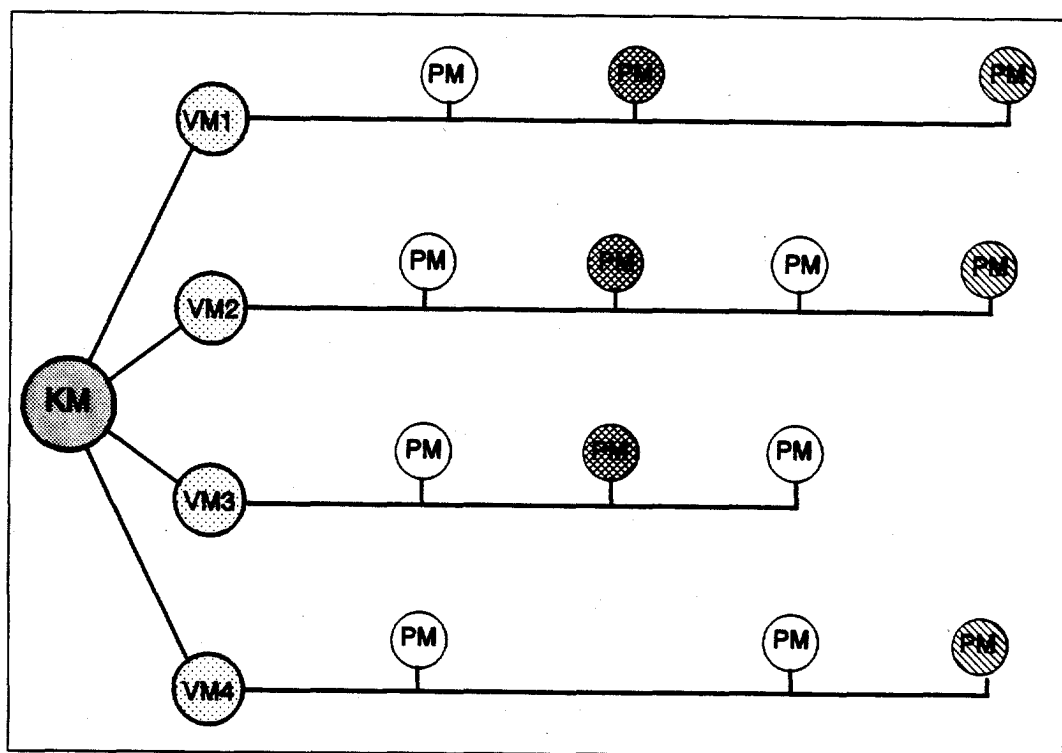
Tot het ontwerp van een IIUM behoort de ontwikkeling van productmodellen en het formaliseren van de informatiestromen. De verschillende

soorten productmodellen en de mogelijke toepassing daarvan in de bouw werden in de hoofdstukken 6 en 7 beschreven.

overdracht van informatie binnen disciplines

In paragraaf 6.4 werd geconcludeerd dat de structuur van het viewmodel gericht is op het ontwerpproces in een bepaalde discipline. In het viewmodel wordt de informatie opgeslagen voor de bedrijven binnen de discipline.

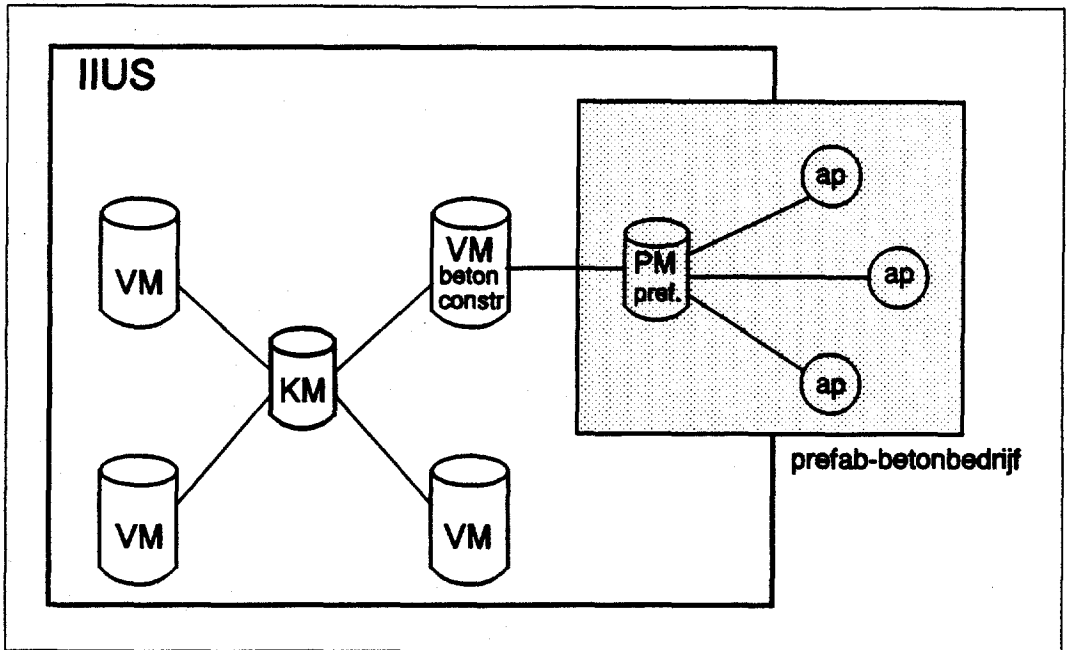
Distributie en differentiatie van informatie uit ontwerpprocessen voor projectpartners in productie en uitvoering, moet bij de huidige stand van onderzoek en ontwikkeling vanuit de viewmodellen worden gedaan. Dit is in figuur 8.4 weergegeven. De omvang, structuur en differentiatie van de toegeleverde informatie moet zijn afgestemd op het gebruik van productie- en uitvoeringsprocessen. De uitgangspunten voor de omvang, structuur en differentiatie van de toegeleverde informatie moeten in het HM worden vastgelegd.



figuur 8.4 Verbindingen tussen productmodellen
Connections between product models

formalisering informatiestromen

Het bovenstaande betekent, dat door gebruik van de verschillende soorten productmodellen en de bijbehorende afsprakenstelsels, de informatiestromen geformaliseerd worden en niet meer afhankelijk zijn van zakelijke of organisatorische structuren binnen een project (paragraaf 4.4) Informatie voor prefab elementen is dan afkomstig van het viewmodel voor de betonconstructie. Dit is weergegeven in figuur 8.5.



figuur 8.5 Communicatie van prefab-betonbedrijf met projectpartners bij gebruik IIUS
Communication of precast concrete plant with project partners using IIUS

Bouw IIUS

In de realisatiefase worden de systeemonderdelen gebouwd. Na een test-fase kan het systeem worden geïmplementeerd.

8.6 Samenvatting en conclusies

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van een Projectmodel (PM) besproken.

Voor de ontwikkeling van projectgerichte informatie-uitwisselingssystemen bestaan in de bouw geen concrete plannen of ideeën. Daarom zijn twee, in 1994 verschenen beleidsrapporten voor IT in de bouw, als uitgangspunt gekozen. In deze rapporten wordt uitgegaan van de ontwikkeling van een PM-type voor de gehele bouw.

Een groot gedeelte van het IT-onderzoek en van de IT-ontwikkelingen in de praktijk zijn gericht op de bouwsector. Om de complexiteit van

modellen en systemen te beperken verdient het voorkeur als eerste stap een PM voor de bouwsector te ontwikkelen.

De beperkte schaal en de korte bouwtijd van bouwprojecten en het eenmalig samenwerkingsverband van projectpartners, maken de ontwikkeling van IT-systemen voor een specifiek project onmogelijk. Dit leidt tot de ontwikkeling van algemeen toepasbare informatie-uitwisselings-systemen.

Systemen die het totale spectrum van informatie voor gebouwen met een willekeurige vorm en structuur omvatten, zijn niet mogelijk en ook niet gewenst. Praktisch toepasbare systemen hebben het nadeel dat ze nooit voor de uitwisseling van alle projectinformatie in een willekeurig project gebruikt kunnen worden.

Vanuit de bestaande situatie moet het PM bij voorkeur worden opgebouwd uit een groot aantal verschillende systemen met een verschillend bereik en op verschillende niveaus. Deze systemen moeten zo ver mogelijk worden geïntegreerd en op elkaar worden afgestemd. Afstemming kan worden bereikt door de ontwikkeling en toepassing van een infrastructuur voor IT-systemen, waarin de algemeen toepasbare elementen van informatie-uitwisselingsystemen, zoals systeem-onafhankelijke standaardisatie van informatie, zijn opgenomen.

Kwalitatief gezien zou het voorkeur verdienen om op basis van een algemeen concept, een nieuwe generatie informatie-uitwisselingsystemen te ontwikkelen. Daar al veel tijd en geld aan de bestaande branchegerichte ontwikkelingen zijn besteed, moet getracht worden de bestaande en in ontwikkeling zijnde systemen zo veel mogelijk in een PM op te nemen. Deze ontwikkelingen betreffen naast STEP: VABI-DUS, ATLAS en een aantal kleinere systemen voor specifieke applicatietypes.

Door het lange ontwikkelingstraject van bestaande en in ontwikkeling zijnde systemen, de vele deelgebieden waar nog geen IT-ontwikkelingen hebben plaatsgevonden en door het ontbreken van analytisch onderzoek, zal de ontwikkeling van een PM over een lange periode en in kleine stappen plaatshebben.

Voor de sturing van de ontwikkeling en het beheer van een PM is een organisatorisch kader en een bestuurlijk orgaan nodig. Door het ontbreken van strategisch IT-beleid in de bouw zijn bij de huidige discussies en ideevorming slechts een beperkt aantal branches, instituten en bedrijven betrokken. Bij de ontwikkeling van een algemeen toepasbaar PM moeten alle directe en potentiële belanghebbenden worden betrokken, ongeacht het bestaande gebruik van IT-systemen. Dit is mogelijk door trapsgewijze participatie van bedrijven, branches en disciplines, conform het Hiërarchiemodel (HM). In het bestuurlijk orgaan moeten in ieder geval vertegenwoordigers zitten van de drie hoofddisciplines bouwkundige constructies, draagconstructies en installaties.

Binnen een PM moet voortgaande integratie van projectinformatie plaatshebben. Geïntegreerde informatie-uitwisselingssystemen zullen dit mogelijk moeten maken.

Bij de ontwikkeling van een integraal informatie-uitwisselingssysteem (IIUS) kunnen vier fasen worden onderscheiden: (1) programmering, (2) analyse, (3) ontwikkeling informatie-uitwisselingsmodel (IIUM) en (4) realisering IIUS.

In het kader van een IIUM moeten een aantal productmodeltypen worden ontwikkeld. Dit zijn voor de ontwerpprocessen:

- viewmodellen per discipline;
- aspectmodellen voor specifieke niet-disciplinegebonden informatie;
- deelmodellen voor branches;
- een neutraal model voor communicatie tussen andere modellen.

Opname van bestaande systemen zullen de keuzes voor een totale structuur van een PM bemoeilijken.

Viewmodellen ondersteunen ontwerpprocessen. Het is nu nog niet duidelijk op welke wijze procesgerichte modellen van productie- en uitvoeringsbedrijven in het PM kunnen worden geïntegreerd. Bij de bestaande ontwikkelingen moet informatie voor productie- en uitvoeringsprocessen worden ontleend aan het viewmodel in de betreffende discipline.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- De ontwikkeling van modellen voor de uitwisseling van projectinformatie moet beginnen bij een afgebakend toepassingsgebied, waarbinnen de condities relatief gunstig zijn. De bouwsector voldoet het meest aan deze voorwaarden.
- Bij toepassing van algemene IT-systemen zal altijd een belangrijk gedeelte van de informatie-uitwisseling in een project buiten het bereik van deze IT-systemen vallen.
- Door het gebruik van IT-systemen wordt het verloop van de informatie-stromen geformaliseerd. In vergelijking met de bestaande methode betekent dit een betere beheersing van het informatie-uitwisselingsproces en verbetering van de kwaliteit van de informatie.

9.0 Casus: Het sparingbepalingsproces

In dit hoofdstuk wordt een casus uitgewerkt. Het proces van informatie-uitwisseling voor de plaatsbepaling van sparingen in vloerelementen is onderwerp van deze casus. Nagegaan wordt op welke wijze IT-middelen kunnen bijdragen aan een verbetering van dit proces. Daarbij worden de conclusies uit de voorgaande hoofdstukken getoetst.

9.1 Algemeen

Voor prefab-betonbedrijven is de tijdige beschikbaarheid van juiste informatie over voorzieningen in prefab betonelementen een kritisch onderdeel van het productieproces (paragraaf 4.5). Daarnaast is de voorbereidings-tijd van de productie van prefab betonelementen langer dan bij in het werk gestort beton. Dit vormt een negatief aspect voor de projectorganisatie (paragraaf 2.2). Indien de toepassing van IT verbetering kan brengen in de informatie-uitwisseling in die productiefase, kan dit voor de prefab-betonbedrijven van groot belang zijn.

De case in dit hoofdstuk richt zich op het mogelijke gebruik van IT-middelen bij de uitwisseling van informatie met projectpartners die ontwerpgegevens voor prefab vloerelementen toeleveren. Conclusies en voorstellen uit de voorgaande paragrafen worden hieraan getoetst.

9.2 De problemen

In vloerelementen moeten meestal veel sparingen en andere voorzieningen worden opgenomen. Door de constructieve functie van vloerelementen zijn uitgebreide en gedifferentieerde voorschriften voor sterkte en vervorming van de elementen van toepassing. Bovendien hebben veel elementtypen holle ruimten, ribben of cassetten. Hierdoor zijn de grootte en plaatsingsmogelijkheden van sparingen en andere voorzieningen in vloerelementen beperkter dan in andere elementtypen. Door de complexiteit van de eisen is het niet mogelijk om aan bedrijven die de informatie over de sparingen toeleveren, eenduidige richtlijnen te verstrekken voor de grootte en de plaatsing van de sparingen.

Onderzoek naar het sparingbepalingsproces

Als onderdeel van dit promotie-onderzoek werd in samenwerking met de branche-organisatie BEVLON een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van automatisering van het sparingbepalingsproces voor vloerelementen. Dit onderzoek werd als afstudeerproject uitgevoerd door S.Nachtergaele, student aan de faculteit TWI van de TU Delft [Nachtergaele 1996].

Bij het huidige proces van informatie-overdracht zijn de problemen als volgt samen te vatten:

- De informatie over sparingen en in te storten voorzieningen is bij de start van het ontwerpproces bij het prefab-betonbedrijf vrijwel nooit in de definitieve vorm beschikbaar. Soms heeft de ontwerper van de installaties nog geen opdracht.
- Om de informatie-uitwisseling te versnellen, wordt vaak een voorlopig legplan gemaakt, zonder rekening te houden met sparingen en in te storten voorzieningen. De prefab-betonfabrikant zendt deze tekening naar de aannemer of naar de ontwerper van de installaties. Deze geeft daarop de gewenste plaats en grootte van de sparingen aan. Aan de tekening wordt soms een lijst met voorkeursparingen toegevoegd en worden op de tekening voorkeurgebieden voor plaatsing van de sparingen aangegeven.
- Na ontvangst van alle informatie over de gewenste vorm, grootte en plaats van bouwkundige en installatietechnische sparingen, blijken meestal een aantal sparingen of combinaties van sparingen, constructieve problemen te geven. Deze problemen moeten worden opgelost door de betreffende sparingen te verplaatsen of kleiner te maken. Op tekeningen worden alternatieven aangegeven, meestal in combinatie met telefonisch overleg. Soms is een nieuwe indeling van de elementen noodzakelijk en herhaalt zich een gedeelte van het proces.
- Vergroting van de problemen ontstaat door:
 - het ontwerpen en uitvoeren van de installaties door meerdere bedrijven;
 - de toepassing van meerdere typen vloerelementen (bijvoorbeeld op verschillende verdiepingen), die soms door verschillende prefab-betonbedrijven worden geleverd;
 - latere wijzigingen in de grootte of plaats van sparingen, veroorzaakt door wijziging van een installatie.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het bepalen van de plaats van sparingen en in te storten voorzieningen in prefab vloerelementen een ongestructureerd, iteratief proces is, dat relatief veel tijd vergt en daardoor vaak een knelpunt vormt bij de productievoorbereiding in een prefab-betonbedrijf.

Elektronische uitwisseling van informatie over sparingen

Bij het afstudeeronderzoek bleek, dat door bouwkundigen en installateurs regelmatig CAD-tekeningen op diskette aan de prefab-betonbedrijven worden toegeleverd. Op deze tekeningen staan in plattegronden de gewenste vorm, grootte en plaats van sparingen en in te storten onderdelen aangegeven. Bij de selectie van de relevante informatie doen zich de volgende problemen voor:

- de verdeling van de informatie over lagen en blokken is niet bekend;
- door de toegepaste informatiescheiding in het CAD-systeem van de verzender kan de gewenste informatie niet worden geselecteerd;
- de wijze van maatvoering of de schaal van tekenen verschillen met die in het eigen systeem.

Als gevolg daarvan moet de invoering van de geselecteerde informatie in het eigen CAD-systeem in alle gevallen geheel of gedeeltelijk met de hand gebeuren.

In paragraaf 6.4 werd gewezen op de beperkte mogelijkheden van de uitwisseling van CAD-informatie tussen bedrijven in verschillende branches. Deze problemen worden vergroot doordat nog geen gestandaardiseerd en algemeen toepasbaar informatie-uitwisselingsysteem beschikbaar is (paragraaf 7.4).

9.3 De mogelijke toepassing van IT-middelen

Voor de ontwikkeling en de toepassing van IT-middelen die tot de verbetering van het sparingbepalingsproces leiden, zijn afspraken noodzakelijk tussen de bij het proces betrokken partijen. Dit zijn: de prefab-betonbedrijven, de ontwerpers van bouwkundige constructies, de ontwerpers van de betonnen draagconstructie, de ontwerpers van de verschillende installaties en eventueel de bouwbedrijven.

Afspraken, die in principe voor alle gebouwprojecten van toepassing moeten zijn, zullen op brancheniveau moeten worden gemaakt. Dit heeft tot gevolg dat alle bedrijven binnen een branche zich moeten conformeren aan deze afspraken. In paragraaf 5.4 kwam dit aan de orde.

De verschillende stappen in het ontwikkelingsproces worden hieronder besproken.

Standaardisatie van informatie en informatiedragers

De informatie die in het sparingbepalingsproces wordt uitgewisseld, is bekend, maar is binnen de branches niet of slechts gedeeltelijk gestandaardiseerd (paragraaf 4.6). In een geformaliseerd communicatieproces moet de informatie, die bedrijven binnen een branche naar bedrijven in andere branches verzenden, uniform in vorm en betekenis zijn. De bedrijfsstandaardisatie moet hierop zijn afgestemd.

De vaktechnische standaardisatie voor het sparingbepalingsproces moet onder meer omvatten:

- grafische elementen als lijnen, arceringen en symbolen;
- de naamgeving van betonelementen, delen van betonelementen, sparringen, in te storten voorzieningen en materialen;
- de wijze van maatvoering en schaal van tekenen;
- te gebruiken tekeningtypen;
- de indeling van tekeningen.

De vaktechnische standaardisatie binnen de prefab-betonbranche moet worden afgestemd op die van de totale betonconstructie (de discipline betonnen draagconstructies). De samenhang tussen standaardisatie in het bedrijf, de branche en de discipline, moeten worden vastgelegd. Dit werd in paragraaf 5.3 besproken.

voorbeelden:

- De aanduiding van sparingen en wapening, het gebruik van symbolen en de wijze van maatvoering moet op prefab-betontekeningen en op tekeningen voor in het werk gestorte beton gelijk zijn.
- De naamgeving van materialen moet in alle branches binnen de discipline betonnen draagconstructies gelijk zijn.

De standaarden van de branches zullen binnen het toepassingsgebied overlappingen hebben. De branches moeten voor deze gebieden gezamenlijk overeenstemming bereiken, zodat eenheid in objecten, namen en begrippen ontstaat, of eenduidige relaties worden vastgelegd waardoor interpretatie door een geautomatiseerd systeem mogelijk is.

De gestandaardiseerde informatie voor het sparringbepalingsproces zal ook in veel andere bedrijfsprocessen en applicaties worden gebruikt. Deze standaardisatie vormt daardoor een deel van de basis voor verdere IT-ontwikkelingen.

Afstemming van CAD-systemen

De meeste bedrijven hebben hun eigen, al of niet geformaliseerd, systeem voor de indeling en classificatie van tekeninglagen en het gebruik van bibliotheken en blokken in CAD-systemen (paragraaf 6.2).

Om tussen verschillende CAD-systemen informatie te kunnen uitwisselen en hergebruiken, moeten de ordeningsmethodieken in de betreffende CAD-systemen op elkaar zijn afgestemd. Hierbij kunnen dezelfde domeinen en niveaus worden onderscheiden als bij de boven omschreven standaardisatie van informatie.

Alle bedrijven binnen een branche zullen, voor de uitwisseling van informatie met andere bedrijven, hetzelfde ordeningssysteem moeten gebruiken. Op basis van het branchemodel kunnen de bedrijven binnen de branche eigen differentiaties in hun CAD-systeem aanbrengen. De afspraken over informatiescheiding in CAD-systemen in de prefab-betonbranche moeten worden afgestemd op die in de discipline betonnen draagconstructies.

Het is niet mogelijk om voor de betreffende branches één uniform informatie-ordeningssysteem te ontwikkelen. Om een effectieve uitwisseling van CAD-informatie tussen bedrijven in de verschillende branches mogelijk te maken, moet voor de verschillende ordeningssystemen een gezamenlijke basis worden gekozen. Dit werd in paragraaf 6.4 besproken. Deze basisstructuur is een algemene afspraak, die niet alleen voor het sparringbepalingsproces van toepassing is.

Een gedeelte van de eerder genoemde standaardisatie van informatie, zoals symbolen, zal in de CAD-systemen worden vastgelegd.

Communicatiemiddelen

De volgende stap bestaat uit de realisering van één of meer informatie-uitwisselingssystemen.

Voor de uitwisseling van informatie tussen applicaties bestaan nog geen algemeen toepasbare systemen (paragraaf 7.4). Voor de uitwisseling van CAD-tekeningen kan gekozen worden voor:

- a. DXF
Dit uitwisselingsformat brengt een aantal beperkingen mee (paragrafen 6.3 en 7.4).
- b. STEP
Voor de uitwisseling van CAD-informatie in de bouw zijn nog geen STEP-modules beschikbaar. STEP-2DBS wordt voor dit doel ontwikkeld (paragrafen 6.3 en 7.4).
- c. De ontwikkeling van een speciaal systeemafhankelijk intermedium voor het sparingbepalingsproces. Dit systeem kan belangrijk kleiner zijn dan een algemeen toepasbaar intermedium (zie de bespreking van het BEC-systeem in paragraaf 7.1). Dit biedt voordelen voor de gebruikskosten en de kwaliteit van de informatie.

Afsprakenstelsels

Het gebruik van standaarden, applicaties en informatie-uitwisselingssystemen moet in afspraken worden vastgelegd. De volgende soorten afspraken zijn noodzakelijk:

- Binnen de discipline betonnen draagconstructies: afspraken over standaardisatie van informatie en informatiedragers en over informatiescheiding in CAD-systemen.
- Binnen de prefab-betonbranche: afspraken over standaardisatie van informatie en informatiedragers en over informatiescheiding in CAD-systemen.
- Binnen de bouwsector: afspraken over de gemeenschappelijke basis voor branchegerichte informatiescheiding in CAD-systemen.
- Binnen het Projectmodel: afspraken over het gebruik van het informatie-uitwisselingssysteem, het uitwisselingsprotocol, speciale verantwoordelijkheden en de verdeling van niet-bedrijfsgebonden en niet-projectgebonden kosten.

In paragraaf 5.5 zijn de verschillende soorten afsprakenstelsels toegelicht.

Rationalisatie van het sparingbepalingsproces

In een volgende fase kunnen systemen worden ontwikkeld, om het sparingbepalingsproces verder te rationaliseren door vermindering van het aantal iteraties. Hiertoe moet een gedeelte van de vaktechnische kennis, die nodig is voor het positioneren van sparingen en het toetsen van voorstellen aan constructieve normen en aan productie-eisen, in een geautomatiseerd systeem worden vastgelegd.

In [Nachtergaele 1996] is een model ontwikkeld voor een applicatie voor de uitwisseling en toetsing van alfa-numerieke gegevens over sparingen. In de applicatie worden per elementtype lineaire regels opgenomen voor het plaatsen van sparingen. De applicatie kan door de installatietechnisch ontwerper worden gebruikt om plaatsingsmogelijkheden van sparingen te toetsen en daarna te verwerken in zijn voorstel.

De lineaire regels bieden geen oplossing voor alle sparingsproblemen. Nieuwe elementtypen of wijziging van bestaande elementtypen en wijziging van de voorschriften, zullen aanpassing van het programma tot gevolg hebben.

Een stap verder ligt de ontwikkeling van een expertsysteem voor de prefab-betonbedrijven. Ook dit systeem moet afzonderlijke modules voor de verschillende elementtypen bevatten, omdat de ontwerpprocessen onderling verschillen. Een expertsysteem kan, gekoppeld aan het CAD-systeem, een hulpmiddel zijn voor een snelle beoordeling van ontvangen informatie en het genereren van alternatieve voorstellen.

De mogelijkheden van expertsystemen kwamen in paragraaf 3.3 aan de orde.

Afbakening van het ontwikkelingsgebied

Omdat nog geen IT-structuur voor de bouw is vastgelegd en nog geen infrastructuur is ontwikkeld, brengen de bovenomschreven ontwikkelingen veel beslissingen over standaardisatie, over de opbouw van IT-systemen en over afsprakenstelsels met zich mee, die ook consequenties hebben voor latere IT-ontwikkelingen. In de praktijk zal een compromis moeten worden gevonden voor de afbakening van het ontwikkelingsgebied. Dit gebied moet om praktische redenen beperkt zijn, maar moet goede aansluitingen geven voor latere IT-ontwikkelingen. Dit is met name van belang voor de ontwikkeling van een consistente vaktechnische standaardisatie.

9.4 Het ontwikkelingsproces

De bovenomschreven standaardisatie van vaktechnische informatie en informatiedragers en de standaardisatie van informatiescheiding in CAD-systemen heeft een breder toepassingsgebied dan het sparingbepalingsproces.

De invulling van deze standaardisatie staat daardoor los van de ontwikkeling van de IT-middelen voor het specifieke probleemgebied. Standaardisatie en afsprakenstelsels moeten in onderlinge samenhang in disciplines, branches en bedrijven worden ontwikkeld. Dit komt overeen met hetgeen in de paragrafen 5.3 en 5.5 is gesteld over de ontwikkeling van het Hiërarchiemodel.

De afspraken over het gebruik van de applicaties moeten gericht zijn op het sparingbepalingsproces. Voor elk applicatietype zijn afzonderlijke afspraken nodig. Dit komt overeen met de vormgeving van het Projectmo-

del in de paragrafen 5.4, 5.5 en 8.2.

De toepassing van bovenstaande IT-middelen kan een belangrijke rationalisatie van het sparingbepalingsproces tot gevolg hebben. Dit leidt tot een betere kwaliteit van de uitgewisselde informatie en een besparing aan tijd.

Omgevingsfactoren

Uit de geconstateerde problemen blijkt, dat verbetering van de omgevingsfactoren een voorwaarde is voor het effectief gebruik van IT-middelen. Voor het sparingbepalingsproces moeten de omgevingsfactoren als volgt worden verbeterd:

a. Rationalisatie van het bouwproces.

In de bestaande situatie moet in ieder geval de projectplanning worden verbeterd. Tussen de planning van het bouwkundig, constructief en installatietechnisch ontwerp enerzijds en de planning van het ontwerp van de prefab betonelementen anderzijds moet een betere afstemming plaatshebben. Het moet duidelijk zijn wie verantwoordelijk is voor de coördinatie en afstemming van voorzieningen voor de verschillende installaties, waarvan de informatie door verschillende projectpartners wordt toegeleverd.

b. Rationalisatie van het ontwerpproces van de producten.

De prefab-betonbedrijven moeten gezamenlijk per elementtype standaardsparingen vaststellen en criteria opstellen voor het plaatsen van deze sparingen. Dit brengt onder meer een uniforme en eenduidige interpretatie van voorschriften met zich mee.

Verbetering van de omgevingsfactoren betekent rationalisatie van het totale communicatieproces. Hierin spelen IT-systemen een centrale rol. In paragraaf 10.5 komt dit onder het kopje *Concurrent Engineering* aan de orde.

9.5 Conclusies

De gemaakte casus leidt tot de volgende conclusies:

- De standaardisatie van informatie en informatiedragers, de standaardisatie van het gebruik van CAD-applicaties en de ontwikkeling van informatie-uitwisselingssystemen zijn afzonderlijke ontwikkelingscomponenten, die in de bovengenoemde volgorde moeten worden uitgevoerd. Het gebruik ervan moet in afzonderlijke afsprakenstelsels worden vastgelegd.
- Het sparingbepalingsproces leent zich voor de toepassing van geautomatiseerde systemen waarin vaktechnische kennis van het ontwerpproces van vloerelementen is vastgelegd.

10. IT-beleid van de prefab-betonbranche

In de voorgaande hoofdstukken werden de bestaande IT-ontwikkelingen in beeld gebracht. Hiervan uitgaande wordt in dit hoofdstuk antwoord gegeven op de geformuleerde onderzoeksvragen betreffende een door de prefab-betonbranche te voeren IT-beleid.

Met een aantal specifieke kenmerken van de branche moet bij het formuleren en uitvoeren van het IT-beleid rekening worden gehouden. Het IT-beleid wordt verdeeld in een aantal aandachtsvelden. De belangrijkste taakgebieden bij de uitvoering van het IT-beleid worden besproken. Tot slot komen de effecten van IT-ontwikkelingen aan de orde.

10.1 Redenen voor IT-beleid

Doel van het gebruik van IT-middelen

De belangrijkste redenen voor prefab-betonbedrijven om in de bestaande situatie IT-middelen te gebruiken zijn:

1. Verbetering van het communicatieproces binnen bouwprojecten.
In de hoofdstukken 4 en 6 werden de problemen omschreven bij de uitwisseling van informatie met projectpartners. Informatie die volgens uniforme standaarden wordt vastgelegd en in een geformaliseerd proces wordt overgedragen, zal de positie van de prefab-betonbedrijven verbeteren.
2. Integratie van de geautomatiseerde systemen in het totale procesverloop in een prefab-betonbedrijf.
Bij uitbreiding en vernieuwing van de geautomatiseerde systemen blijkt, dat koppeling en integratie van bedrijfssystemen een belangrijke toegevoegde waarde geven. Door het interne netwerk af te stemmen op en te koppelen aan externe netwerken kan de effectiviteit van de geautomatiseerde systemen worden verbeterd.

Redenen voor een eigen IT-beleid van de prefab-betonbranche

In de voorgaande hoofdstukken werd een beeld geschetst van de bestaande en te verwachten IT-ontwikkelingen in de bouw. Hieruit kan het belang van een eigen IT-beleid voor de prefab-betonbranche worden afgeleid. De belangrijkste argumenten zijn:

ontwikkeling en gebruik van IT-systemen

In Nederland en in Europees en internationaal verband wordt al twee decennia gewerkt aan modellen en systemen voor de overdracht van digitale informatie in het kader van bouwprojecten (hoofdstukken 6 en 7). Zodra deze middelen op een geformaliseerde wijze in de praktijk kunnen worden toegepast, zal het gebruik daarvan per bedrijf niet facultatief zijn, maar per project worden voorgeschreven.

Binnen de gebouwensector worden IT-systemen ontwikkeld voor algemene toepassing in projecten. Het gebruik van deze systemen zal worden vastgelegd in afsprakenstelsels die tussen groepen gelijksoortige bedrij-

ven (branches) worden overeengekomen (hoofdstuk 5). Afsprakenstelsels voor de uitwisseling van informatie zullen, naast afspraken op vaktechnisch- en informatica-gebied, ook bepalingen op zakelijk en juridisch gebied bevatten (paragraaf 5.5).

Binnen de discipline betonnen draagconstructies wordt geen eigen IT-beleid gevoerd, waardoor de discipline niet betrokken is bij IT-ontwikkelingen. De belangen van de prefab-betonbedrijven worden daardoor niet behartigd door anderen.

standaardisatie

De ontwikkeling en toepassing van IT-systemen zal gepaard gaan met vergaande vaktechnische standaardisatie (paragrafen 5.3, 7.3 en 9.3). De gestandaardiseerde informatie betreffende prefab betonelementen zal door alle prefab-betonbedrijven op uniforme wijze moeten worden toegepast. Het is in het belang van de prefab-betonbedrijven dat deze standaarden niet door anderen, maar binnen de prefab-betonbranche worden ontwikkeld.

Regelgeving en standaardisatie, toegepast binnen bedrijven, branches en disciplines, moeten in een hiërarchisch systeem op elkaar worden afgestemd en het gebruik ervan in afspraken worden vastgelegd (paragrafen 5.3 en 5.5). Alle branches en disciplines hebben daarbij hun eigen invalshoek. De prefab-betonbranche heeft daardoor belang bij de keuzes die gemaakt moeten worden om tot één coherent systeem te komen.

Voor de prefab-betonbedrijven is het van belang dat het gebruik van IT-systemen in de verschillende landen op elkaar wordt afgestemd. Overleg en afspraken tussen nationale branche-organisaties over standaardisatie kunnen daarvoor de basis vormen.

verwerking van informatie in bedrijven

IT-ontwikkelingen in bedrijven zullen door de opgelegde standaarden een integraal onderdeel gaan vormen van de IT-ontwikkelingen in branches en disciplines en van de toepassing van IT-systemen in projecten (hoofdstuk 5).

De informatie die van projectpartners wordt ontvangen, wordt binnen de prefab-betonbedrijven verwerkt, en gebruikt in een reeks processen van ontwerp tot montage. In afsprakenstelsels moet worden vastgelegd op welke wijze elektronisch toegeleverde informatie wordt afgebakend en gestructureerd (hoofdstukken 5 en 6).

Indien voor de uitwisseling van gegevens tussen applicaties gebruik wordt gemaakt van ISO-STEP of een ander neutraal intermedium, zullen de betreffende applicaties aangepast of vervangen moeten worden. Gezamenlijk opgestelde richtlijnen en eisen voor deze vernieuwing van applicaties zullen een betere kwaliteit en lagere kosten tot gevolg hebben.

In [VGBouw 1996, blz. 19] wordt geconcludeerd dat de brancheorganisaties voorwaarden dienen te scheppen voor een hoger peil van de informatievoorziening.

10.2 Kenmerken van de branche

De effecten van IT zullen per type bedrijf verschillend zijn, afhankelijk van de procestypen en van de omvang en het niveau van de automatisering.

Sterke en zwakke punten prefab-betonindustrie

Uit de hoofdstukken 2, 3 en 4 blijkt, dat met betrekking tot de toepassing van IT, prefab-betonbedrijven zich op een aantal punten onderscheiden van andere typen bedrijven. Dit kunnen sterke of zwakke punten zijn.

De belangrijkste sterke punten zijn:

1. Wanneer sneller kan worden beschikt over betere informatie, zal dat de totale procestijd binnen de prefab-betonbedrijven verkorten en daardoor een gunstige invloed hebben op de marktpositie van de prefab-betonindustrie (hoofdstukken 2, 4 en 9).
2. Het gebruik van IT en de daaraan verbonden vormen van standaardisatie en formalisering zullen positieve gevolgen hebben voor de positie van de prefab-betonbedrijven op de internationale markt.
3. Per bedrijf is het aantal producttypen beperkt en per producttype zijn de variatiemogelijkheden beperkt. Dit vereenvoudigt het modelleren van de productgegevens.
4. De productieprocessen zijn sterk geformaliseerd en in toenemende mate gemechaniseerd (hoofdstuk 2). Hierdoor bestaat een goed inzicht in het gebruik van informatie.
5. In het traject van productievoorbereiding tot levering, bestaan voor prefab-betonbedrijven veel potentiële mogelijkheden voor integratie van geautomatiseerde systemen, verdergaande mechanisering en toekomstige robotisering (hoofdstuk 3).
6. De toepassing van standaard details bij het ontwerpen van prefab betonelementen en de opslag van deze details in de bibliotheek van een CAD-systeem, vereenvoudigt zowel het ontwerpproces als de uitwisseling van CAD-gegevens met projectpartners.

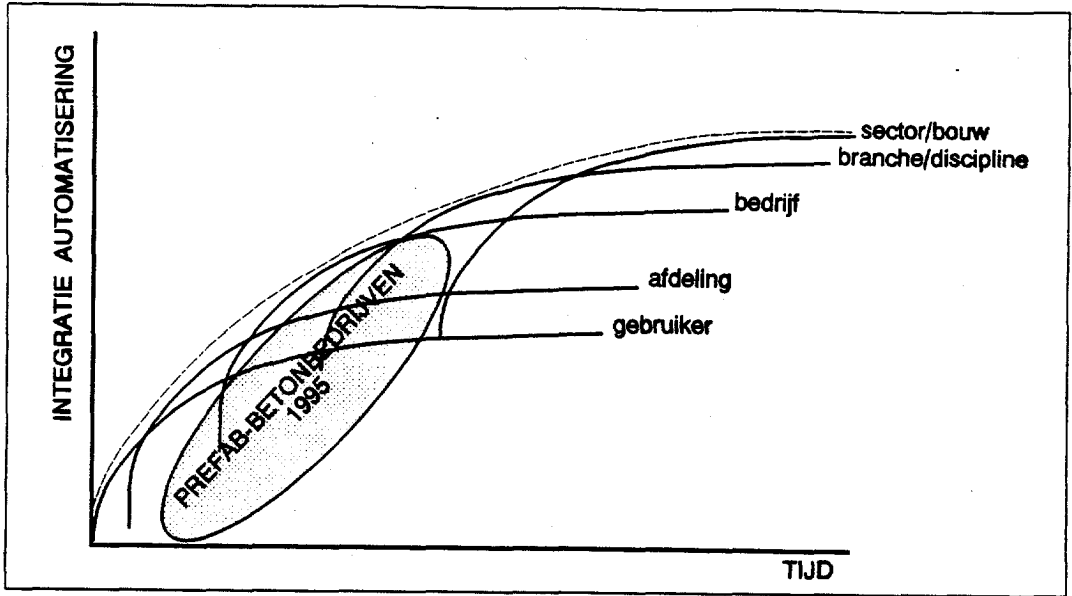
De punten 1 t/m 4 zijn structureel van aard. De punten 5 en 6 kunnen, door ontwikkeling binnen de bedrijven, nog verder worden versterkt.

De belangrijkste zwakke punten zijn:

1. In de bedrijven binnen de branche bestaan grote verschillen tussen de omvang en het niveau van automatisering, wat leidt tot verschillende attitudes met betrekking tot de invoering van IT (hoofdstuk 3). Deze verschillen zijn in figuur 10.1 weergegeven.

2. Voor veel van de kleinere bedrijven gelden bovendien de volgende nadelige factoren:
 - een relatief breed productenpakket waarin soms ook andersoortige producten zijn opgenomen (hoofdstuk 2);
 - een laag kennisniveau van automatisering en IT;
 - de structurele uitbesteding van het ontwerp- en tekenwerk aan een ingenieursbureau (hoofdstuk 3).
3. In bouwprojecten is het informatie-management vaak slecht. Dit heeft bij prefab-betonbedrijven een verminderde effectiviteit van IT-toepassingen en automatisering tot gevolg (hoofdstukken 4 en 9).
4. Binnen de branche bestaat nog geen georganiseerde vorm van beleid of samenwerking met betrekking tot standaardisatie, automatisering en de toepassing van IT (hoofdstukken 2 en 3).
5. De prefab-betonbranche is tot nu toe weinig betrokken bij IT-onderzoeksprojecten en -praktijkontwikkelingen. De prefab-betonbedrijven hebben daardoor weinig zicht op de strategische waarde van de huidige en toekomstige IT-ontwikkelingen (hoofdstuk 7).
6. De regelgeving voor het maken van prefab-betontekeningen is onvolledig en inconsistent. De wijze waarop door prefab-betonbedrijven informatie op tekeningen wordt weergegeven, verschilt per bedrijf. (hoofdstuk 4).

De punten 1 en 2 zijn structureel van aard. Punt 3 heeft een externe oorzaak, maar hierin komt de laatste decennia verbetering. De toename van IT-toepassingen zal hierop een gunstige invloed hebben. Bij de punten 4, 5 en 6 is sprake van een achterstand. Deze achterstand kan door een actief IT-beleid worden verminderd.



figuur 10.1 Ontwikkeling automatisering prefab-betonbranche
Development of automation in precast concrete branch

10.3 Inhoud van het IT-beleid

Het branche-beleid moet zich richten op IT-ontwikkelingen waarbij collectieve participatie in ontwikkelingen en collectieve afspraken gewenst of noodzakelijk zijn.

In de huidige situatie kunnen de volgende beleidsgebieden worden onderscheiden:

1. IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbedrijven.
2. Collectieve activiteiten binnen de prefab-betonbranche.
3. IT-ontwikkelingen binnen de discipline betonnen draagconstructies.
4. Uitwisseling van informatie binnen bouwprojecten in de gebouwensector.
5. IT-ontwikkelingen buiten de gebouwensector.
6. IT-ontwikkelingen in West-Europese landen.

IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbedrijven.

Wat in paragraaf 8.4 werd gesteld over de noodzaak van voorlichting en kennisoverdracht aan bedrijven in de bouw, geldt ook voor de prefab-betonbedrijven. Dit kwam in de gehouden enquête tot uiting (hoofdstuk 3).

Vanuit de branche-organisaties kan ondersteuning van de ontwikkeling in prefab-betonbedrijven worden gegeven door voorlichting en kennisoverdracht.

Door de voortgaande ontwikkeling en schaalvergroting van geautomatiseerde systemen, is voor het management de automatisering van bedrijfsprocessen een permanent aandachtsveld geworden. Op de verschillende leidinggevende niveaus moet daarom zicht zijn op de grote lijnen van de ontwikkelingen en op de toepassingsmogelijkheden daarvan binnen het eigen bedrijf. Daarvoor is algemene kennis van de IT-ontwikkelingen en globale kennis van voor het bedrijf relevante systemen noodzakelijk. In paragraaf 10.4 wordt dit nader gepreciseerd.

Collectieve activiteiten binnen de prefab-betonbranche.

De ontwikkeling van standaarden die van belang zijn voor prefab betonelementen, vormt een belangrijk aandachtsgebied voor een branchebeleid. Afspraken over gebruik van standaarden worden tussen branches gemaakt en gelden voor alle prefab-betonbedrijven. De standaarden zullen daarom door de gezamenlijke bedrijven moeten worden ontwikkeld (zie paragraaf 9.3).

Uitwisseling van gegevens binnen bedrijven en bouwprojecten betekent communicatie tussen applicaties. Daarvoor is afstemming in de weergave en structuur van in- en uitvoer van de applicaties noodzakelijk (paragrafen 6.4 en 9.3).

De onderlinge afstemming van bedrijfsapplicaties kan worden bereikt door de ontwikkeling van een algemene standaardstructuur voor de in- en uitvoer van applicaties, in dit proefschrift 'Standaard Omgeving voor Applicaties' (SOA) genoemd. Door het ontwikkelen van een SOA wordt de integratie van applicaties in interne netwerken bevorderd en de communicatie in externe netwerken eenvoudiger gemaakt.

In paragraaf 6.4 werd geconstateerd, dat informatiestructuren gericht moeten zijn op de processen die door de informatie worden aangestuurd. Binnen elke branche moeten daarom algemene informatiestructuren worden ontwikkeld, die als basis dienen voor bedrijfsbestanden. Deze basisstructuren zijn uitgangspunten voor afspraken over informatie-uitwisseling met bedrijven in andere branches. Voor het ontwikkelen van een branche-eigen informatiestructuur is analytische kennis van bedrijfsprocessen noodzakelijk.

Het bovenstaande geldt zowel voor de informatiestructuur in productmodellen, als in vereenvoudigde vorm voor de ontwikkeling van een classificatiesysteem voor tekeninglagen in een CAD-systeem (paragrafen 6.4 en 9.3).

IT-ontwikkelingen binnen de discipline betonnen draagconstructies

Regelgeving en standaardisatie binnen een branche moeten aansluiten op de regelgeving en standaardisatie van de betreffende discipline. Dit wordt vastgelegd in het HM (paragraaf 5.3). De prefab-betonbranche is onderdeel van de discipline betonnen draagconstructies.

Omdat deze afstemming voor alle branches geldt, heeft ook een onderlinge afstemming tussen de branches binnen een discipline plaats. De

afstemming van regelgeving en standaardisatie tussen branche en discipline en tussen branches binnen een discipline moeten worden vastgelegd in afsprakenstelsels.

Prefab-betonbedrijven hebben ervaring met zowel ontwerp-, productie- als uitvoeringsprocessen, en hebben veel belang bij de invoering van IT. Het is daardoor goed mogelijk, dat IT-ontwikkelingen op discipline-niveau door de prefab-betonbranche worden geïnitieerd.

Binnen de discipline moet ook het gezamenlijke beleid worden bepaald met betrekking tot algemene en sectorale IT-ontwikkelingen binnen de bouw en in het b zonder de ontwikkeling van een PM voor de bouwensector (paragraaf 8.4).

IT-ontwikkelingen binnen de bouwensector

Binnen installatietechnische-, bouwkundige- en uitvoeringsbranches vinden IT-ontwikkelingen plaats die de basis zullen vormen voor een toekomstig Projectmodel (hoofdstuk 8).

Voor de integratie van bestaande systemen en nieuwe ontwikkelingen binnen een PM voor de bouwensector, moeten de participerende partijen op veel punten overeenstemming bereiken en keuzes maken. De belangrijkste keuzes betreffen:

- de afstemming van vorm en betekenis van uit te wisselen informatie;
- de informatiescheiding in CAD-systemen;
- het gebruik van de neutrale intermedia voor de overdracht van informatie tussen specifieke applicaties;
- de informatiestructuren in productmodellen;
- de inhoud van afsprakenstelsels.

Vanwege het belang van deze keuzes voor de prefab-betonbedrijven moet vanuit de prefab-betonbranche en de discipline betonnen draagconstructies aan de ontwikkeling van het PM actief worden deelgenomen.

In de casus in hoofdstuk 9 werd een voorbeeld uitgewerkt voor het gebruik van IT in het sparingbepalingsproces.

IT-ontwikkelingen in andere sectoren

De IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbranche zullen in belangrijke mate worden bepaald door de ontwikkelingen binnen de bouwensector.

Veel prefab-betonbedrijven zijn ook werkzaam in andere bouwsectoren. Afstemming van de ontwikkelingen in de verschillende bouwsectoren is daarom voor de prefab-betonbranche belangrijk en moet vanuit de branche-organisatie en de discipline betonnen draagconstructies worden nagestreefd (zie paragraaf 8.1) en [Toepoel 1995].

IT-ontwikkelingen in het buitenland

Een aantal Nederlandse prefab-betonbedrijven is regelmatig en in toenemende mate betrokken bij de uitvoering van bouwprojecten in het buitenland (paragraaf 2.3). De prefab-betonbranche heeft er daarom belang bij dat de IT-ontwikkelingen op internationaal niveau zoveel mogelijk op el-

kaar worden afgestemd.

De IT-ontwikkelingen in de verschillende West-Europese landen worden niet gecoördineerd. Het gebruik van STEP en de toepassing van de resultaten van IT-onderzoek dat op Europees niveau wordt uitgevoerd, zal een beperkte afstemming van praktijkontwikkelingen tot gevolg hebben.

Door overleg en samenwerking met buitenlandse prefab-betonbranche-organisaties kan afstemming van de standaardisatie van prefab-betoninformatie worden bereikt.

10.4 Uitvoering van het IT-beleid

De uitvoering van het branchebeleid omvat een aantal verschillende (deel)activiteiten. De meeste van deze activiteiten zijn van toepassing op verschillende, van de in paragraaf 10.3 genoemde, beleidsgebieden. In de bestaande situatie kunnen de volgende soorten activiteiten worden onderscheiden:

1. geven van voorlichting;
2. uitvoering van vaktechnische standaardisatie;
3. uitvoering van informaticatechnische standaardisatie;
4. ontwikkeling van algemene hulpmiddelen;
5. participatie in relevante externe ontwikkelingen.

Voorlichting

Uit de enquêtes die onder de prefab-betonbedrijven werden gehouden bleek het volgende:

- medewerkers volgen alleen interne of externe cursussen voor het gebruik van specifieke systemen waarvan de aanschaf al is gerealiseerd of beslist (paragraaf 3.2);
- de mogelijkheden van toegevoegde waarde die CAD-systemen bieden, worden in veel gevallen niet of onvolledig gebruikt (paragraaf 3.1 en 6.1);
- geen van de bedrijven had in 1992 een uitgewerkt plan voor uitbreiding en integratie van geautomatiseerde systemen op middellange termijn (paragraaf 3.2).

Uit de interviews voor de eerste enquête en in andere contacten bleek, dat bij de meeste bedrijven op de volgende punten kennis en inzicht ontbreken:

- opbouw en gebruik van bestanden bij de integratie van bedrijfssystemen;
- kenmerken, mogelijkheden en problemen bij de elektronische uitwisseling van informatie met andere bedrijven;
- ontwikkeling en gebruik van STEP en de gevolgen voor applicaties en bestanden in bedrijven;
- IT-ontwikkelingen binnen de bouw en de gevolgen daarvan voor de bedrijfsautomatisering;
- inhoud en gebruik van afsprakenstelsels;

Vaktechnische standaardisatie

Voor alle vormen van IT-ontwikkelingen is standaardisatie noodzakelijk. Zoals in de paragrafen 7.3 en 9.3 is uiteen gezet, wordt de toegevoegde waarde van informatie-uitwisselingssystemen voor een belangrijk deel bepaald door afstemming en standaardisatie van de informatie.

Voor de prefab-betonbranche zijn bij de huidige IT-ontwikkelingen, de volgende vormen van vaktechnische standaardisatie van belang:

- tekeningtypen;
- tekeningstructuren;
- informatie op tekeningen;
- maken van CAD-tekeningen;
- specificaties van prefab betonelementen.

Standaardisatie van tekeningen en van de informatie op tekeningen is in de bestaande situatie het meest urgent. De bestaande wijze van weergeven van informatie op prefab-betontekeningen werd besproken in paragraaf 4.6.

Alle vormen van vaktechnische standaardisatie en regelgeving zijn onderdeel van het HM. Dit betekent dat de standaardisatie en regelgeving aan moet sluiten op de standaardisatie en regelgeving op de hogere niveaus.

tekeningtypen

Bij het ontwerpen, produceren en assembleren van prefab elementen kan het gebruik van de volgende tekeningtypen worden onderscheiden:

- ontwerptekeningen;
- overzichts- en plaatsingstekeningen;
- productietekeningen;
- assemblagetekeningen;
- revisietekeningen.

tekeningstructuren

De tekeningstructuur per tekeningtype wordt bepaald door:

- weergave van aanzichten, doorsneden en details;
- schaal van tekenen, wijze van maatvoering, vorm en plaatsing van tekst, aanduiding van elementen;
- structuur van renvooi.

informatie op tekeningen

De informatie op tekeningen bestaat uit:

- grafische objecten: gebruik van lijntypen, kleuren, arceringen, maatvoering;
- symbolen: voor sparingen, in te storten onderdelen, oppervlaktestructuur, hijspunten, tijdelijke ondersteuning;
- naamgeving: voor elementtypen, componenten, in te storten onderdelen, materialen, oppervlaktestructuur, afwerkingen, kleuren;
- inhoud van renvooi.

specificaties van prefab elementen

De uniforme specificatie van elementen omvat:

- namen van elementtypen;
- namen van in te storten voorzieningen;
- wijze van benoeming van gegevens van elementen;
- systeem voor het toekennen van merken aan elementen;
- benoemen van soorten toleranties;
- gebruik van standaard documenten.

Informatie-technische standaardisatie

Deze standaardisatie omvat in eerste instantie:

- gebruik van CAD-systemen;
- ontwikkeling van een standaard omgeving voor applicaties (SOA);
- ontwikkeling en toepassing van vaktechnische objecten;
- informatie-structuren voor productmodellen;
- gebruik van AP's, EAP's en subsets van ISO-STEP.

gebruik van CAD-systemen

Bij CAD-systemen is uniformiteit van belang bij:

- typering en gebruik van grafische objecten, symbolen en standaard details en de gestructureerde opslag daarvan in de CAD-bibliotheek;
- informatiescheiding door classificering en codering van tekeninglagen;
- gebruik van blokken;
- gebruik van objecten;

Standaard Omgeving Applicaties

De SOA omvat het volgende:

- het gebruik van gestandaardiseerde namen, begrippen, dimensies, enz.;
- toepassing van gelijkvormige structuren voor de invoer en uitvoer van programma's;
- gelijksoortige modulaire opbouw van de applicaties.

De ontwikkeling van een SOA sluit aan op de bovengenoemde vaktechnische standaardisatie.

Bij de systemen voor gegevensuitwisseling die door VABI en ETIM worden ontwikkeld, wordt ook gebruik gemaakt van een standaard omgeving voor applicaties. In het VABI-model wordt deze Uniforme Omgeving gekoppeld aan het Data Uitwisselings Systeem [Jordaans 1995]. In het ETIM-model zijn eisen vastgelegd voor de structuur van applicaties, wat de toepassing van een centraal bestand voor hergebruik van gegevens binnen een bedrijf mogelijk maakt (paragraaf 7.2).

ontwikkeling en toepassing van objecten

In paragraaf 6.2 werd het toekomstige gebruik van object-georiënteerde systemen toegelicht. Om het gebruik van objecten bij informatie-uitwisseling binnen en tussen bedrijven mogelijk te maken, moeten vormgeving, benaming en classificatie van deze objecten worden gestandaardiseerd.

informatiestructuren

In de paragrafen 6.2 en 8.5 werden de verschillende typen productmodellen en hun functie in een IUS toegelicht.

Met de branches van bedrijven die prefab-informatie toeleveren moeten algemene afspraken worden gemaakt over omvang en structuur van de toegeleverde informatie.

Binnen de branche moet een basisstructuur voor informatie over prefab-betonelementen worden ontwikkeld, uitgaande van de algemene kenmerken van de processen in prefab-betonbedrijven. Dit gaat samen met classificering en codering. Deze basisstructuur dient als:

- uitgangspunt voor bestanden binnen bedrijven;
- uitgangspunt voor de toelevering van informatie door projectpartners.

gebruik van STEP

Voor de fysieke overdracht van informatie zullen in een IUS modulen van ISO-STEP worden opgenomen. Een Application Protocol van ISO-STEP, of een daarvan afgeleide AEP of subset (zie paragraaf 6.3) stelt eisen aan de structuur van de applicaties binnen het betreffende domein. Bestaande applicaties zullen voor gebruik van STEP moeten worden aangepast en in veel gevallen moeten worden vervangen. Deze aanpassingen zijn ook nodig bij toepassing van EDI-berichten, andere neutrale intermedia en productmodellen. Voor aanpassing van bestaande applicaties en ontwikkeling van nieuwe, kunnen binnen de branche gezamenlijke richtlijnen en eisen worden opgesteld.

Algemene hulpmiddelen

Speciaal voor dit doel ontwikkelde programma's, bestanden en documenten moeten het effectief gebruik van classificatie en standaardisatie ondersteunen. Dit kunnen zijn:

- software voor het gebruik van tekeninglagen, bibliotheken en symbolen in CAD-systemen;
- software voor het gebruik van andere coderings- en classificatiesystemen;
- software voor omzetting van het ene classificatiesysteem naar het andere.
- software voor het gebruik van standaard objecten;
- bestanden met normbladen, richtlijnen, afsprakenstelsels;
- protocols voor het gebruik van informatie-uitwisselingssystemen;
- software voor het gebruik van productmodellen;
- toelichting voor externe gebruikers van informatie over prefab elementen;
- richtlijnen voor het gebruik van informatie-uitwisselingssystemen.

De bovengenoemde IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbranche zijn in hun onderling verband weergegeven in figuur 10.2

richte systemen zijn kennis, ervaring en middelen nodig die alleen bij een aantal grotere bedrijven aanwezig zijn. Hiermee zal bij het uitvoeren van het IT-beleid rekening moeten worden gehouden.

De vaktechnische standaardisatie is bij de IT-ontwikkelingen een omvangrijk gebied. Hieraan kunnen ook kleinere bedrijven een bijdrage leveren, omdat het geen specifieke IT-kennis vereist. Standaardisatie kan in kleine stappen worden uitgevoerd en toegepast. De kosten zijn daardoor goed te beheersen. Toepassing van vaktechnische standaardisatie heeft ook positieve effecten in handmatig uitgevoerde processen, zonder gebruik van geautomatiseerde systemen.

Als voorbeeld kan dienen dat de ontwikkeling van het ETIM-model (paragraaf 7.2) is gestart door een kleine groep grotere bedrijven binnen UNETO. De ontwikkeling van het model wordt begeleid door een aantal projectgroepen samengesteld uit medewerkers van de participerende bedrijven [Nieuwenhuizen et al. 1994]. De mogelijkheden van een aangepast model voor de kleinere bedrijven wordt onderzocht.

Volgorde van uitvoering activiteiten

De uit te voeren activiteiten vormen geen duidelijk afgebakende gebieden, maar hebben veel onderlinge overlappen. Daarnaast sluiten ze aan op of zijn onderdeel van ontwikkelingen buiten de branche. Dit vergt een flexibele planmatige voorbereiding.

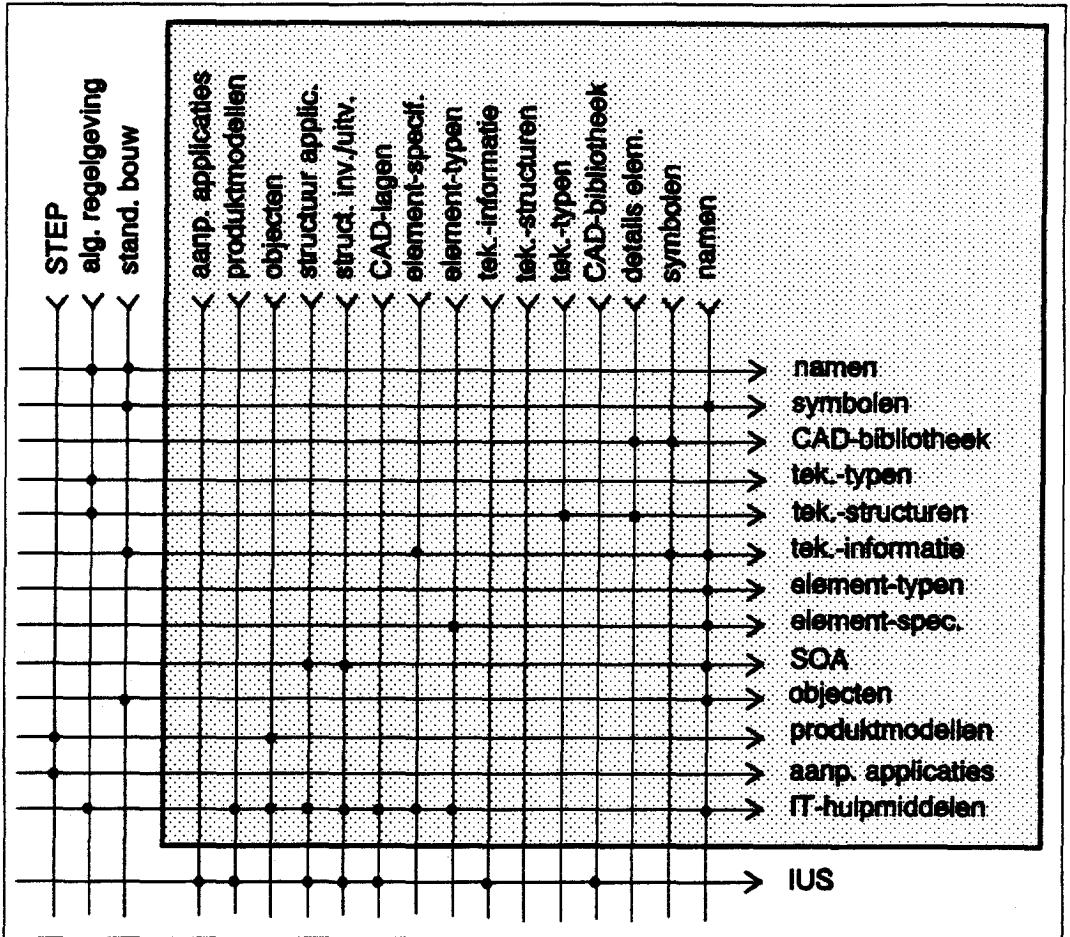
In figuur 10.3 zijn de causale relaties tussen de activiteiten weergegeven. Op basis hiervan kunnen prioriteiten worden gesteld. Het blijkt, dat standaardisatie van namen in veel vervolgactiviteiten kan worden toegepast. Daarom kan dit een goede start vormen voor branche-ontwikkelingen.

De Standaard Omgeving voor Applicaties moet in kleine stappen worden ontwikkeld. De opname van applicaties in een SOA biedt de volgende voordelen:

- vereenvoudiging van de koppeling en integratie van geautomatiseerde systemen binnen bedrijven.
- profilering van de branche als gebruikersgroep van bepaalde typen applicaties waarvoor uniforme eisen zijn vastgelegd;
- de mogelijkheid van professionele ondersteuning op informaticagebied;
- gebruik van uniforme kwaliteitseisen bij de verwerving en de aanpassing van applicaties;
- betere beoordeling en vergelijking van aangeboden applicaties;
- afstemming van de applicatiestructuur op te verwachten ontwikkelingen, (bijvoorbeeld EDI, STEP, interne integratie);
- vereenvoudiging van aanpassingen of uitbreidingen van applicaties.

De ontwikkeling van hulpmiddelen zijn de laatste stappen in verschillende deelontwikkelingen. Het betreft relatief eenvoudige systemen, waarvan de kosten en baten vooraf goed kunnen worden beoordeeld.

De ontwikkeling van productmodellen is een van de omvangrijkste en moeilijkste ontwikkelingen en moet in de fase van de modelvorming door informaticaspecialisten in samenwerking met vakspecialisten worden uitgevoerd (hoofdstuk 6). De functionaliteit van een productmodel zal in belangrijke mate de kwaliteit van het betreffende informatie-uitwisselingsysteem bepalen.



figuur 10.3 Causale relaties tussen branche-ontwikkelingen
Causal relations between branch developments

10.5 Effecten van de toepassing van IT

Toepassing van IT is geen doel op zich, maar een middel dat ondersteuning geeft aan het realiseren van de algemene doelstellingen van een bedrijf. Toepassing van IT moet, binnen het kader van dit onderzoek, leiden tot verbetering van de overdracht en het gebruik van informatie, zowel binnen het bedrijf als in projecten.

De kwaliteit van informatie en informatie-overdracht

De kwaliteit van de informatie-overdracht wordt bepaald door de kwaliteit van syntax, semantiek en structuur van de informatie (paragraaf 5.3):

- De kwaliteit van de syntax wordt bepaald door de onderlinge afstemming van het neutraal intermedium (DXF, STEP), de communicerende systemen (applicaties, bestanden) en de hulpmiddelen.
- De kwaliteit van de semantiek wordt bepaald door het niveau van standaardisatie van de overgedragen informatie. Dit niveau is nu nog laag.
- De kwaliteit van vorm en structuur van de informatie wordt bepaald door de onderlinge afstemming van de applicaties, productmodellen en andersoortige bestanden. Productmodellen voor ontwerpprocessen zijn in ontwikkeling. Productmodellen voor productie- en uitvoeringsprocessen zijn nog niet in ontwikkeling.

Omgevingsaspecten

De omgeving waarin de informatie wordt overgedragen is van belang voor het effect van IT-systemen. In een bedrijf kunnen omgevingsaspecten als bedrijfsorganisatie en de wijze van overdracht van informatie worden gestuurd. In een bouwproject zal het nuttig effect van IT-systemen onder andere afhankelijk zijn van de kwaliteit van de projectorganisatie en het automatiseringsniveau bij de verschillende projectpartners. Dit blijkt uit het praktijkvoorbeeld in paragraaf 9.3.

De ontwikkeling en toepassing van IT-systemen zal in kleine stappen plaats hebben (paragraaf 8.3). Omgevingsaspecten verschillen per bedrijf en per project. Verandering van de omgevingsaspecten zal eveneens een geleidelijk verlopend proces zijn. Hierdoor kunnen de positieve effecten van het gebruik van IT-systemen wel worden benoemd, maar niet worden gekwantificeerd.

Communicatie binnen projecten

De tijdige toelevering van correcte informatie voor ontwerp en productie van prefab elementen vormt in projecten een belangrijk knelpunt (hoofdstukken 4 en 9). Daardoor worden de processen voor ontwerp en productievoorbereiding minder goed bestuurbaar en de project- en productieplanning bij het prefab-betonbedrijf ontregeld.

Toepassing van IT-middelen kunnen de volgende positieve effecten hebben:

- meer eenheid in de weergave en betekenis van de ontvangen informatie;
- betere afstemming van de ontvangen informatie op de processen in het prefab-betonbedrijf;
- formalisering van de informatiestromen tussen de projectpartners;

Concurrent Engineering

Bij enkele grote industrieën heeft het gebruik van IT-systemen het mogelijk gemaakt, dat ontwerp en voorbereiding van de productie niet als een serie sequentiële processen worden uitgevoerd, maar gedeeltelijk parallel lopen. Dit wordt *Concurrent Engineering* (CE) genoemd. Toepassing van CE leidt tot kortere doorlooptijden en kwalitatief betere producten.

Door de onderzoeksschool Bouw werd over de mogelijke toepassing van CE in de bouw een workshop gehouden [Vos & Veenliet 1996]. Enkele conclusies uit dit rapport zijn:

- CE levert middelen voor concepten van parallel werken, maar is geen doel of methodiek (blz. 2);
- CE-middelen zijn onder andere: inrichting van de organisatie, nieuwe communicatiemiddelen en rationalisatie bevorderende afspraken (blz. 2);
- Een van de belangrijkste onderdelen van CE betreft het vertalen van productstructuren in processtructuren (Kals, blz. 7);
- Het belangrijkste van CE is de organisatie en daarmee samenhangend de informatiestromen (de Ridder, blz. 31).

Gebruik van IT-systemen leidt dus niet automatisch tot CE, maar IT-systemen vormen wel een integraal onderdeel van CE in projecten waar meerdere partijen samenwerken aan de totstandkoming van een product.

De maatregelen die voor het oplossen van de problemen van het sparingbepalingsproces noodzakelijk zijn en die in hoofdstuk 9 werden omschreven (betere projectorganisatie, afspraken tussen projectpartners en ontwikkeling van een IT-systeem) vertonen de kenmerken van CE.

10.6 Samenvatting en conclusies

Uit de hoofdstukken 4 t/m 9 zijn een aantal redenen af te leiden voor de uitvoering van een actief IT-beleid door de prefab-betonbranche. Deze redenen betreffen de participatie in bestaande en toekomstige ontwikkelingen van IT-systemen en afsprakenstelsels. Daarbij is een belangrijk gegeven, dat het gebruik van algemeen toepasbare IT-systemen in projecten meebrengt, dat afspraken hierover niet op bedrijfs- maar op brancheniveau moeten worden gemaakt.

Bij de realisering van het IT-beleid zijn een aantal sterke en zwakke punten van de branche van belang. De sterke punten voor toepassing van IT-systemen zijn voornamelijk structureel: series gelijksoortige elementen, geproduceerd in een sterk geformaliseerd en deels gemechaniseerd productieproces. Het belangrijkste zwakke punt betreft de grote verschil-

len in omvang en niveau van automatisering bij de bedrijven binnen de branche-organisaties.

De volgende beleidsgebieden kunnen worden onderscheiden:

- ondersteuning van de bedrijven binnen de prefab-betonbranche;
- ontwikkelingen op branche-niveau;
- IT-ontwikkelingen binnen de discipline betonnen draagconstructies;
- informatie-uitwisseling in bouwprojecten in de bouwsector;
- IT-ontwikkelingen in andere sectoren en andere landen.

Het zwaartepunt ligt bij de collectieve ontwikkelingen binnen de branche.

Verspreid over de verschillende beleidsgebieden kunnen de volgende beleidsontwikkelingen worden geïnitieerd:

- het geven van voorlichting aan medewerkers van prefab-betonbedrijven;
- de ontwikkeling van vaktechnische standaardisatie;
- de ontwikkeling van informaticatechnische standaardisatie;
- de ontwikkeling van algemene hulpmiddelen;
- de participatie in relevante externe ontwikkelingen.

Vanuit de volgorde van de IT-ontwikkelingen gezien, heeft de standaardisatie van tekeningen en van de informatie op tekeningen de hoogste prioriteit.

De verschillen tussen omvang en niveau van de automatisering binnen prefab-betonbedrijven zijn zo groot, dat hiermee bij de uitvoering van het IT-beleid rekening moet worden gehouden.

Het is niet mogelijk om de effecten van de toepassing van IT te kwantificeren. Vaktechnische standaardisatie vormt een belangrijk deel van de uitvoering van het IT-beleid. Dit kan in alle IT-systemen worden toegepast en heeft ook positieve effecten buiten de automatisering.

De belangrijkste conclusies uit dit hoofdstuk zijn:

- De basis voor IT-ontwikkelingen in de prefab-betonbranche moet gevormd worden door gezamenlijke vaktechnische standaardisatie van informatie, informatiedragers en informatiestructuren die direct van toepassing zijn op prefab-betonelementen.
- Door de grote verschillen in bedrijfsgrootte en niveau van automatisering van prefab-betonbedrijven, is het niet mogelijk om op korte of middellange termijn alle bedrijven op gelijke basis bij het IT-beleid te betrekken.
- Het gebruik van IT-systemen in bouwprojecten kan zeer effectief zijn in de fase van ontwerp en productievoorbereiding van de prefab

betonelementen. Naast ontwikkelingen en afspraken binnen de prefab-betonbranche zijn daartoe ook afspraken en gezamenlijke ontwikkelingen met andere branches noodzakelijk.

- De ontwikkeling en toepassing van IT-systemen zal een langdurig proces zijn, dat door verschillende soorten deelontwikkelingen in kleine stappen op een steeds hoger niveau zal komen. De effecten van IT-systemen worden sterk beïnvloed door de kwaliteit van de systemen en door omgevingsfactoren. Daardoor is kwantificering van de positieve effecten van de toepassing van IT niet mogelijk.

11. Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

11.1 Samenvatting

Het onderzoek

Bij het ontwerp en de voorbereiding van productie en uitvoering van een bouwwerk wordt veel gebruik gemaakt van geautomatiseerde systemen. De overdracht van informatie tussen deze systemen heeft, op incidentele uitzonderingen na, nog plaats met gebruik van papieren documenten.

Binnen een aantal branches zijn en worden IT-systemen ontwikkeld voor de uitwisseling van informatie tussen bepaalde typen applicaties. Op basis van de bestaande kennis en ervaring wordt in onderzoeksprojecten, vanuit branches en in samenwerkingsverbanden getracht algemeen toepasbare IT-systemen te ontwikkelen voor de uitwisseling van informatie binnen bouwprojecten.

Het onderzoek is gericht op de Nederlandse bedrijven die constructieve betonelementen vervaardigen. Omdat voor de productie van de elementen veel informatie door de projectpartners aan de prefab-betonbedrijven moet worden toegeleverd, hebben deze bedrijven veel belang bij de ontwikkeling en het gebruik van IT-systemen.

In dit promotie-onderzoek zijn de mogelijkheden onderzocht om, binnen en vanuit de prefab-betonbranche, een eigen IT-beleid te ontwikkelen en in IT-ontwikkelingen in de bouw te participeren.

De bestaande situatie

Prefab betonelementen worden toegeleverd aan bouwprojecten, grotendeels in de gebouwensector. Meer dan de helft van de producten bestaat uit vloerelementen. Andere elementtypen zijn onder andere: gevels, wanden, balken, trappen, viaductliggers, duikers enz. Daarnaast wordt een aantal, door prefab-betonbedrijven ontwikkelde, constructiesystemen voor gebouwen geleverd.

De elementtypen zijn grotendeels gestandaardiseerd, de elementen zelf niet. Deze worden vervaardigd volgens projectgerichte specificaties.

Een prefab-betonbedrijf verzorgt het ontwerp, de productie, de levering en soms de assemblage van de elementen. Vooral in de grotere bedrijven is de productie sterk gemechaniseerd. Dit betreft met name de mortelproductie, langebanksystemen voor kanaalplaatvloeren en carousselsystemen voor plaatvormige elementen. Bij veel kleinere bedrijven worden deelprocessen van de productie, zoals het vervaardigen van mallen of wapeningsconstructies uitbesteed aan externe bedrijven. Ook het ontwerpen en tekenen van de elementen wordt soms uitbesteed.

Bij het ontwerp van de elementen en de voorbereiding van de productie vormt het tijdig kunnen beschikken over de juiste productinformatie in de

meeste projecten een knelpunt.

De gezamenlijke jaaromzet van de prefab-betonbedrijven binnen de branche-organisaties BELTON en BEVLON is ongeveer 1200 miljoen gulden (1992). De omzet per bedrijf varieert van minder dan 5 tot meer dan 200 miljoen gulden. In de gebouwensector groeit het aandeel van prefab-betonelementen in de totale bouwsom jaarlijks met ca. 4,6%.

In het bouwproject treedt het prefab-betonbedrijf meestal als onderaannemer op. Veel kleinere bedrijven zijn regionaal gericht en hebben daarvoor een relatief breed productenpakket.

De laatste decennia zijn bij ontwerp, productie en levering van prefab betonelementen de volgende tendensen zichtbaar:

- toenemende grootschalige mechanisering van het productieproces;
- toenemende variaties binnen elementseries voor projecten;
- toenemende leveranties in het buitenland.

Finland en Nederland hebben, internationaal gezien, op afstand een leidende positie in de omvang van de productie van prefab betonelementen, gerelateerd aan het aantal inwoners.

De automatiseringsgraad van de prefab-betonbedrijven, berekend over 11 typen applicaties is gemiddeld 45%, maar varieert van 22% voor bedrijven met een omzet van minder dan 10 miljoen gulden tot 82% voor bedrijven met een omzet van meer dan 50 miljoen gulden. Bij CAD-systemen is dit respectievelijk 0 en 100%.

Applicaties voor begroting, planning en ontwerpen scoren het hoogst (gemiddeld 70%). In 1992 werkte 50% van de bedrijven met een CAD-systeem; in 1995 was dat 75%. Koppeling van het CAD-systeem aan een onderdeel van het productieproces komt bij enkele bedrijven voor. Bij de productie is de automatisering beperkt tot geautomatiseerde mortelcentrales en numerieke besturing van gemechaniseerde deelprocessen.

Uit onderzoek en incidentele toepassingen blijkt, dat door de geconditioneerde productie-omgeving en de seriematige productie de condities voor het toepassen van robotica in prefab-betonbedrijven relatief gunstig zijn.

Overdracht van informatie

Van de processen en informatiestromen in een bouwproject en binnen een prefab-betonbedrijf zijn analyses gemaakt; deze zijn weergegeven in tabellen en diagrammen. De informatie voor ontwerp en levering van de elementen wordt door de projectpartners toegeleverd. Deze informatie moet door de prefab-betonbedrijven worden getransformeerd, op elkaar afgestemd en in de vorm worden gebracht die voor het eigen productieproces noodzakelijk is.

Alle betontekeningen moeten volgens het normblad NEN 3870 worden gemaakt. Deze norm bevat enkele bepalingen voor tekeningen voor prefab betonelementen, maar deze bepalingen zijn te beperkt en te globaal voor de variatie in elementtypen en -toepassingen. In de praktijk varieert

de wijze waarop de informatie op tekeningen voor prefab betonelementen wordt weergegeven per elementtype en per prefab-betonbedrijf. In een bouwproject kunnen een aantal product- en processtypen worden onderscheiden. Voor de gebouwensector bestaat de hoofdindeling uit de producttypen: (1) bouwkundige constructies, (2) draagconstructies en (3) installaties. De processtypen voor elk producttype zijn: (a) ontwerp, (b) productie en (c) uitvoering.

Standaardisatie en regelgeving zijn vastgelegd in een historisch gegroeide hiërarchische structuur met de niveaus bouw, bouwsector, hoofddiscipline, discipline, branche en bedrijf.

De bestaande vaktechnische regelgeving en standaardisatie is, in het bijzonder waar het informatie-overdracht betreft, inconsistent en onvolledig. Hierdoor ontstaan bij de ontwikkeling van IT-modellen en IT-systemen nieuwe standaarden voor een klein toepassingsgebied. Dit leidt tot inconsistentie en stagneert de ontwikkeling en het gebruik van IT-systemen.

Een consistent systeem van vaktechnische standaardisatie is alleen mogelijk door dit vast te leggen in een systeem-onafhankelijk model. Daartoe is in dit onderzoek het Hiërarchiemodel geïntroduceerd, waarin op verschillende niveaus IT-gerichte standaardisatie wordt vastgelegd.

Met betrekking tot de overdracht van informatie binnen projecten en bedrijven kunnen drie informatiemodellen worden onderscheiden:

- Het Hiërarchiemodel; hierin zijn op meerdere niveaus systeem-onafhankelijke standaardisatie, regelgeving en uitgangspunten voor informatiestructuren vastgelegd.
- Het Projectmodel; dit model omvat IT-systemen voor opslag, beheer en uitwisseling van projectinformatie.
- Het Bedrijfsmodel; hierin zijn IT-systemen en applicaties binnen een bedrijf opgenomen.

Het gebruik van deze modellen moet in afsprakenstelsels worden vastgelegd. De afspraken betreffen de syntax, de semantiek en kwaliteit van de informatie, beheer van bestanden, gebruik van hulpmiddelen, juridische aspecten en de verrekening van kosten.

IT-onderzoek en IT-ontwikkeling

Veruit de meeste tekeningen in de bouw worden vervaardigd met een CAD-systeem. De informatiescheiding in een CAD-systeem heeft plaats door de tekening op te delen in functionele lagen. Voor incidentele uitwisseling van gegevens tussen twee CAD-systemen wordt meestal het uitwisselingsformat DXF van AutoCAD gebruikt.

Ontwikkelingen in de technische informatica zijn gericht op toepassing van speciale bestanden, waarin alle soorten informatie gerelateerd worden aan technische objecten. Door de toepassing van object-georiënteerde technieken zal in de toekomst grafische en alfanumerieke informatie in geïntegreerde vorm kunnen worden vastgelegd en uitgewisseld.

Productmodellen zijn bestanden waarvan de structuur is gericht op de opslag en verwerking van gegevens van een specifiek product. Ontwikkeling en gebruik van een integraal productmodel voor het totale bouwobject is om praktische redenen niet mogelijk.

De oplossing wordt nu gezocht in de toepassing van een samenstel van kleinere speciale productmodeltypen. Een viewmodel is een productmodel dat gebruikt wordt voor ontwerpprocessen in een specifieke vakdiscipline. Aspectmodellen worden ontwikkeld voor de interdisciplinaire overdracht van een bepaald soort informatie. Het neutrale kernmodel zorgt voor de communicatie tussen view- en aspectmodellen.

ISO-STEP wordt een internationale standaard voor de systeem-onafhankelijke uitwisseling van productinformatie. Voor de uitwisseling van informatie tussen applicaties binnen een specifiek domein in een vakgebied, worden Application Protocols ontwikkeld.

Door een aantal West-Europese landen, waaronder Nederland, wordt de subset STEP-2DBS ontwikkeld, voor de uitwisseling van 2D-CAD-gegevens in bouwprojecten. Applicaties en bestanden zullen conform de STEP Application Protocols moeten worden aangepast, wat in de meeste gevallen vervanging zal betekenen.

Bij de overdracht van gedigitaliseerde informatie moeten drie aspecten worden onderscheiden:

1. De codering van de informatie (syntax)
2. De betekenis van de informatie (semantiek)
3. De afbakening en ordening van de informatie (structuur)

In gebouwen is de draagconstructie vergaand geïntegreerd in het bouwkundig systeem. Integratie van bouwkundige en constructieve gegevens zal alleen mogelijk zijn door de modellen voor opslag en overdracht van informatie, voor beide disciplines vanuit één basisconcept te ontwikkelen.

Bedrijven binnen de discipline betonnen draagconstructies zijn meestal werkzaam in meerdere bouwsectoren. Voor deze bedrijven is het van groot belang dat tussen IT-modellen en -systemen in de verschillende sectoren geen fundamentele verschillen bestaan. Afstemming van IT-systemen en standaarden op discipline- en branche-niveau is daartoe een vereiste.

Het IT-onderzoek wordt grotendeels in West-Europees verband uitgevoerd en is hoofdzakelijk gericht op de ontwikkeling van conceptuele modellen. Binnen het internationale IT-project CIMSTEEL worden standaarden ontwikkeld voor de overdracht van productgegevens van staalconstructies.

Het onderzoek binnen het Europese ATLAS-project richt zich onder andere op de integratie van het konstruktief en bouwkundig ontwerp van een gebouw. Daartoe worden viewmodellen en een kernmodel ontwikkeld.

In het laatste decennium zijn in de bouw veel branchegerichte IT-ontwikkelingen gestart. Voor de overdracht van CAD-tekeningen zijn meerdere afsprakenstelsels ontwikkeld. Bij drie systemen is de classificatie van de tekeninglagen afgeleid van de SfB-code. Voor de overdracht van specifieke gegevens voor onder andere bestekken, begrotingen en wapening zijn afzonderlijke informatie-uitwisselingssystemen ontwikkeld.

EDI is een internationale standaard voor de elektronische uitwisseling van handelsberichten. Voor de nederlandse bouw zijn een aantal EDI-berichten beschikbaar. Binnen bouwprojecten wordt door één bouwbedrijf het EDI-factuurbericht gebruikt.

De ontwikkeling van het VABI-DUS model is gericht op de overdracht van ontwerpgegevens van werktuigbouwkundige installaties binnen en tussen disciplines. Applicaties voor gezamenlijk gebruik worden toegepast in een Uniforme Omgeving waardoor hergebruik van informatie mogelijk is. Het ETIM-model voor de branche van elektrotechnische bedrijven is gericht op het uniform gebruik van applicaties binnen de bedrijven.

Het DXF-format, het GB-CAD afsprakenstelsel en het VABI-DUS model worden incidenteel in het kader van bouwprojecten toegepast.

Doordat een strategisch IT-beleid in de bouw ontbreekt, vertoont de totale IT-ontwikkeling geen logische structuur en veel witte plekken. Tussen de ontwikkelingen in de verschillende sectoren vindt geen afstemming plaats. Hetzelfde geldt voor internationale ontwikkelingen.

Bij onderzoeksprojecten ligt het accent op het ontwikkelen van productmodellen voor de ondersteuning van ontwerpprocessen. Naar de integratie van informatie voor ontwerp-, productie- en uitvoeringsprocessen is nog weinig onderzoek gedaan. Ook de praktijkontwikkelingen zijn in hoofdzaak op ontwerpprocessen gericht.

Daarbij zijn de IT-ontwikkelingen sterk gericht op informatica-technologie. Standaarden voor een uniforme weergave en betekenis van informatie (semantiek) ontbreken. Over de kosten van ontwikkeling en gebruik van IT-systemen en de organisatorische en juridische consequenties voor de projectpartners is nog weinig bekend.

Er bestaan goede argumenten om de ontwikkeling en integratie van IT-systemen voor de uitwisseling van projectinformatie te starten binnen het kader van een Projectmodel voor de bouwsector. Dit Projectmodel moet een verzameling IT-systemen van verschillend type en niveau gaan bevatten.

De ontwikkeling van een Projectmodel voor de bouwsector moet gestuurd worden door een bestuurlijk orgaan waarin de drie hoofddisciplines bouwkundige constructies, draagconstructies en installaties zijn vertegenwoordigd. Het gebruik van IT-systemen moet vanuit de branches in afsprakenstelsels worden vastgelegd. De ontwikkeling van een Projectmodel zal een langdurig proces zijn, dat in kleine stappen zal verlopen.

De casus

In een speciaal deelonderzoek is het sparingbepalingsproces voor vloer-elementen onderzocht. Hierbij moet de plaats van de verschillende soorten bouwkundige en installatietechnische voorzieningen worden afgestemd op de constructieve mogelijkheden van een elementtype in combinatie met het legplan. Dit blijkt in de praktijk een ongestructureerd proces te zijn, dat op iteratieve wijze en meestal onder grote tijdsdruk tot stand komt.

In dit proces kan toepassing van IT-middelen kwaliteitsverbetering van de informatie en verkorting van de doorlooptijd opleveren. Daartoe moet achtereenvolgens standaardisatie van de uit te wisselen informatie en van het gebruik van CAD-systemen, in samenwerking tussen de betreffende branches worden ontwikkeld en in afspraken worden vastgelegd. Verbetering van de projectorganisatie is nodig om de voordelen van de IT-middelen goed te kunnen benutten.

IT-beleid van de prefab-betonbranche

Het IT-beleid van de prefab-betonbranche moet als doel hebben de verbetering van de communicatie binnen bouwprojecten en de integratie van geautomatiseerde systemen binnen de prefab-betonbedrijven.

Bij de bepaling van het IT-beleid voor de prefab-betonbranche moet rekening worden gehouden met gunstige en ongunstige factoren voor de branche. Een beperkt aantal producttypen, hoogwaardige productieprocessen en het belang van een beter gestuurde toelevering van informatie zijn gunstige factoren. De grote verschillen tussen de bedrijven in omvang en niveau van de automatisering en de lage graad van standaardisatie vormen ongunstige factoren.

Voor het IT-beleid van de prefab-betonbranche kunnen de volgende beleidsgebieden worden onderscheiden:

- ondersteuning van de bedrijven binnen de branche;
- ontwikkelingen op branche-niveau;
- IT-ontwikkelingen binnen de discipline betonnen draagconstructies;
- informatie-uitwisseling in bouwprojecten in de gebouwensector;
- IT-ontwikkelingen in andere sectoren en andere landen.

Verspreid over de verschillende beleidsgebieden kunnen binnen de branche de volgende activiteiten worden geïnitieerd:

- het geven van voorlichting;
- de uitvoering van IT-gerichte vaktechnische standaardisatie;
- de uitvoering van informaticatechnische standaardisatie;
- de ontwikkeling van algemene hulpmiddelen.

Door de standaarden en afspraken die vanuit de prefab-betonbranche, de discipline betonnen draagconstructies en het Projectmodel worden opgelegd, zullen de IT-ontwikkelingen binnen de prefab-betonbedrijven een

integraal onderdeel gaan vormen van de totale IT-ontwikkelingen. Daarom is het belangrijk dat de branche participeert in externe ontwikkelingen, met name in de ontwikkeling van standaarden binnen de discipline betonnen draagconstructie en in de ontwikkeling van een Projectmodel voor de bouwensector.

Vanuit de volgorde van de IT-ontwikkelingen gezien, hebben de standaardisatie van tekeningen, van de informatie op tekeningen en van de classificatie van tekeninglagen in CAD-systemen de hoogste prioriteit.

Omvang en niveau van de automatisering in de prefab-betonbedrijven vertonen grote verschillen. Hiermee zal bij de uitvoering van het IT-beleid rekening moeten worden gehouden. De vaktechnische standaardisatie is een belangrijk en omvangrijk gebied. Hier kunnen ook kleinere bedrijven aan meewerken en van profiteren.

11.2 Conclusies

Uit het promotie-onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De discipline betonnen draagconstructies heeft binnen de bouwensector een duidelijke achterstand op het gebied van IT-ontwikkelingen. Zij participeert niet in IT-onderzoek en in interdisciplinaire IT-ontwikkelingen. Dit werkt remmend op IT-initiatieven in de betonbranches.
- Het ontbreken van uniforme vaktechnische standaarden voor de opname in IT-systemen en voor de weergave en betekenis van informatie, vormt een belangrijke blokkade in de bestaande ontwikkelingen en toepassingen van IT-systemen. De ontwikkeling van deze standaardisatie moet systeemafhankelijk plaats hebben en, ook in de prefab-betonbranche, de hoogste prioriteit krijgen.
- Bij IT-onderzoek worden productieprocessen meestal als een onderdeel van het uitvoeringsproces gezien. Productieprocessen in toeleverende bedrijven hebben echter eigen kenmerken, die bepalend zijn voor de vorm en structuur van de verwerkte informatie. Hiernaar is nog geen onderzoek gedaan.
- Vanuit de bestaande IT-ontwikkelingen gezien moet het CAD-systeem van een prefab-betonbedrijf, in combinatie met een speciale database, het centrale punt worden voor zowel de distributie van informatie binnen het bedrijf, als voor de uitwisseling van productinformatie met andere bedrijven.
- Bij de uitwisseling tussen een prefab-betonbedrijf en de projectpartners van informatie voor het ontwerp van betonelementen, kan het gebruik van specifieke IT-systemen belangrijke verbeteringen van het informatie-uitwisselingsproces meebrengen. Deze IT-systemen zullen in samenwerking tussen de betreffende branches moeten worden ontwikkeld.

- Door de seriematige productie in een geconditioneerde omgeving, de standaard producttypen en de geformaliseerde processen, zijn in prefab-betonbedrijven de condities voor de toepassing van robotica en expertsystemen relatief gunstig.
- De IT-ontwikkelingen binnen prefab-betonbedrijven zullen sterk afhankelijk zijn van de ontwikkelingen binnen de discipline betonnen draagconstructies, de collectieve ontwikkeling van standaardisatie binnen de prefab-betonbranche en de ontwikkeling van het Projectmodel.

11.3 Aanbevelingen

Zowel de ontwikkeling als het gebruik van IT-systemen in de bouw stagneert.

Uit deze disertatie blijkt dat dit, naast het ontbreken van een strategisch IT-beleid, in belangrijke mate wordt veroorzaakt door:

- a. Het ontbreken van een infrastructuur voor IT-systemen.
Een hoogwaardige infrastructuur zal de ontwikkeling van IT-systemen vereenvoudigen en de mogelijkheden van integratie vergroten.
- b. Het ontbreken van kennis van productie- en uitvoeringsprocessen. Deze kennis is noodzakelijk voor de ontwikkeling van projectbrede IT-systemen.
- c. De ontoereikendheid van de bestaande vaktechnische standaardisatie voor opname in IT-systemen.

De volgende initiërende onderzoeken kunnen een basis vormen voor de ontwikkeling van effectieve IT-systemen voor de uitwisseling van projectinformatie:

1. Het opstellen van een ontwikkelingsplan voor een sectorale en gefaseerde ontwikkeling van de IT-infrastructuur.
2. Onderzoek in de gebouwensector naar de kenmerken van productieprocessen. Dit onderzoek moet gericht zijn op zowel de uitvoeringsprocessen op de bouwplaats als op de productieprocessen in bedrijven die projectgericht produceren.
3. Onderzoek binnen de discipline 'betonnen draagconstructies' op welke wijze de regelgeving en standaardisatie binnen de discipline moet worden aangepast en uitgebreid, om toegepast te kunnen worden in IT-systemen. De normering van de weergave en betekenis van informatie op betontekeningen moet hierbij de hoogste prioriteit hebben.

De resultaten van deze onderzoeken zullen stimulerend werken op IT-ontwikkelingen en een positief effect hebben op de kwaliteit en ontwikkelingskosten van IT-systemen.

Literatuur

- (1991) *Elementenmethode '91*, Stichting Bouwkwaliiteit.
- (1992) *Verbindingen in Prefab*, BELTON.
- (1992) *VABI-DUS boek*, VABI.
- (1993) *Gevels in Prefab Sierbeton*, BELTON.
- (1993) *Enquete IGBI-Platform*, IGBI.
- (1993) *Bouwvisie 2010*, ARTB.
- (1994) *Strategie Bouwinformatica*, ARTB.
- (1994) *VGBouw CAD-lagenafspraken, versie 3.0*, VGB.
- (1994) *Overdracht van informatie bij toepassing prefab elementen*, STUPRE.
- (1994) *Wapening en informatisering, rapport 94-6*, CUR.
- (1994) 'Digitaal Cement', In: *IGBI-Nieuwsbrief nr 9*, bl 4, IGBI.
- (1994) *Planning and design handbook on precast building structures*, FIP.
- (1994a) *Werkwijzer Produktmodelleren in de Bouw*, SBR.
- (1994b) *Bouwen en informatietechnologie*, SBR.
- (1995) *Forum-CAD-Afspraken*, Vereniging Forum Systeemhuizen Bouw.
- (1995) *Produktmodellen, een oplossing met toekomst*, SBR.
- (1995) *CAD-Applicaties voor de Bouw, 1995*, Innovatiecentrum Noord & Oost Gelderland.
- (1995) *CIMsteel Integration Standards Part 1 & 2*, University of Leeds.
- (1995) *GB CAD-afsprakenstelsel, versie 3.0*, Vereniging Geïntegreerd Bouwen.
- (1995) *CAD-systemen en applicaties*, Heliview.
- (1996) *Informatie-ordening in de bouw*, VGBouw.
- (1996) *Afspraken om op te bouwen*, SBR.
- (1996) *maandstatistieken (gedeelten van, 1989-1996)*, CBS.

Acker, A. van

(1992) 'Industrialisatie van de bouw, droombeeld of werkelijkheid',
In: *Cement*, nr 10, bl 8-12.

Augenbroe, G.

(1995) 'An Overview of the COMBINE project', In: Scherer, R.J. (eds),
Product and Process Modelling in the Building Industry, bl 547- 554.

Bakkeren, W.

(1995) *View type Model for the Structural Engineer for RC Detailing*, TNO.

Bennenk, H.W., Boom, P. van

(1992) 'Ekon-systeem geeft ruimte aan gebruikers en ontwerpers',
In: *Cement*, nr 2, bl 16-21 en nr 5, bl 21- 28.

Böhms, H.M., Storer, G.

(1992) 'ATLAS- Architecture, methodology and Tools for computer integrated
LArge Scale engineering'.

Breedveld, A.

(1995) 'Eerste STEP Application Protocols eindelijk klaar voor gebruik',
In: *CA Techniek*, nr 3-95, bl 38-41.

Broek, J.J., Handgraaf, G.

(1992) 'Robot geschikt voor frezen van prototypes in schuim', In: *CA
Techniek*, blz. 47-50.

Chandansingh. R.A.

(1995) *The Economic Value of CAD-systems in Structural Design and
Construction, A modelling approach*, proefschrift Technische Universiteit
Delft.

Dam, P. van

(1994) 'Vanuit applicaties via Uniforme Omgeving naar de Informatie-
technische Infrastructuur', VABI.

Dam, P.R. van

(1995) *Beheer van modellen in de bouw*, VABI.

Danner, F, Leppanen, P.

(1990) 'A case study of the conceptual modelling of buildings', *Seminar
sept. 1990, Tokyo, Japan*, pg 1-6.

Gassel, F.J.M. van

(1994) 'Mechaniseren en robotiseren op de bouwplaats', In: *Cement*, nr
5, bl 20-24.

Geelen, A.J.M., Merkenhof, E. v.d.

(1991) 'BESTCON 30, Bouwsysteem voor kantoorgebouwen', In: *Cement*,
nr 4.

Groot, F. de

(1996) 'CAD-systemen maken grote sprong voorwaarts', In: *De Bouwadviseur*,
nr 3 blz 34-36.

- Haas, W.**
(1993) *CAD Datenaustausch Knigge*, Springer Verlag Berlin.
- Haenisch, J.**
(1994) 'STEP, Overview and Current Status', *Sintef*, bl 1-6.
- Hannus, M., Jarvinen, H.**
(1991) 'Exchange of Product Data of Prefabricated Concrete Structures', *The Computer Integrated Future*, Calibre Eindhoven.
- Hannus, M., Karstila, K. & Tarandi, V.**
(1995) 'Requirements on standardised building product data models', In: Scherer, E.J. (eds), *Product and Process Modelling in the building Industry*, bl 43-50.
- Hietanen, T.**
(1987) 'The BEC system now ready for adoption', In: *Nordisk Betong*, nr 3-4.
- Hogeslag, A.J., Vambersky, J.N.J.A., Walraven, J.C. (eds)**
(1992) *Automation and Logistics in Precast Concrete*, Delft University Press
- Janhunen, P.**
(1993) 'New Manufacturing Technology for High-Quality Architectural Facade Products', *congres BIBM, 1993, Washington*.
- Jordaans, A.A.**
(1995) 'Kracht van de Uniforme Omgeving', In: *De Bouwadviseur*, nr 9, blz. 28-30.
- Kaas, E.**
(1992) *CAD in Nederland, CAD/CAM/CAE Educatie*.
- Kaas, E.**
(1995) 'Gemis centrale database nekt succes CAD-systemen', In: *Automatisering Gids*, bl 16.
- Kempen, A.J.M. van**
(1991) 'Robotisering en automatisering in de bouw, impressies van een studiereis naar Japan', In: *Cement*, nr 1, bl 23-25.
- Koetsveld, M.J. van**
(1995) *PDI States*, proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Luiten, G.T.**
(1994) *Computer Aided Design for Construction in the Building Industry*, proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Nachtergaele, S.**
(1996) *Optimalisering van het sparingsbepalingsproces met behulp van automatiseringsmiddelen*, afstudeerverslag TWI-TU Delft.

Nederveen, S. van, Böhms, M., Tolman, F.

(1995) *Esprit 7280 - ATLAS, View type Model for the Architect in the Global Design Stage*, TNO.

Nieuwenhuizen, G.J.A.G., Schuil, A., Kuijer M.

(1994) *ETIM Elektrotechnisch informatiemodel*, UNETO.

Papantonopoulos, S.N., Barlow, R.P.G., Fisher, G.N.

(1995) 'Concurrent knowledge based engineering: Strategic issues in product modelling for the construction industry', In: Scherer, S.J. (eds), *Product and Process Modelling in the Building Industry*, bl 91-94.

Pries, F.

(1995) *Innovatie in de bouwnijverheid*, proefschrift Erasmus Universiteit Rotterdam.

Ranke, A.A.M.

(1991) 'Introduction to STEP', *Philips Research Laboratories*, doc. IS-re-91030.

Scherer, R.J. (eds)

(1995) *Product and Process Modelling in the Building Industry*, Balkema Rotterdam.

Schwarz, S.

(1992a) 'Largely automated Concrete Pile and Beam Production in the Netherlands', In: *Concrete Precasting Plant and Technology*, nr 9, bl 105-110.

Schwarz, S.

(1992b) 'Automatically controlled Rotating System for Manufacture of Large Floor and Wall Units', In: *Concrete Precasting Plant and Technology*, nr.11, bl. 103-109.

Schwarz, S.

(1995) 'Rationalized Manufacture of Semi-precast Floor Elements on Production Lines', In: *Concrete Precasting Plant and Technology*, nr 2, bl 94-104.

Toepoel, L.

(1995) 'Betonconstructies en informatietechnologie', In: *Cement*, nr 9, bl 13-16.

Toepoel, L., Spanje, W.J.E. van

(1989) *Wapenen met CAD/CAM, CIAD*.

Toepoel, L., Vos, Ch.J.

(1988) *Wapening en Buigstaat, rapport IOP-onderzoek*, Technische Universiteit Delft.

Tolman, F.P.

(1988) *Van eilandautomatisering naar CIM in de Bouw*, TNO-Bouw.

Tucker, R.L., Guo, S.J.

(1993) 'Automation needs Determination using AHP Approach', In: Watson, G.H., Tucker R.L., Walters, J.K. (eds), *Automation and Robotics in Construction X*, bl 39-46.

Tupamaki, O.

(1992) 'Moving towards component system building (CSB)', In: A.J. Hogeslag et al. (eds), *Automation and Logistics in Precast Concrete*, 69-80.

Vos, Ch.J., Veenliet, K.Th.

(1995) *Workshop Concurrent Engineering*, Onderzoekschool Bouw, Delft.

Walraven, J.C., Straman, J.P.

(1995) *Gebouwen in geprefabriceerd beton (collegedictaat)*, TU Delft, Faculteit der civiele Techniek.

Warszawski, A.

(1990) *Industrialization and Robotics in Building, a managerial approach*, Harper & Row.

Warszawski, A., Rosenfeld, Y

(1994) 'Robot for Interior-Finishing Works in Building', In: *Journal of Constr. Eng. and Man.*, bl. 132-151.

Watson, A.

(1990) 'CAD Data Exchange in Construction', In: *Proc. Instn. Civ. Engrs.*, bl. 955-969.

Watson, A., Crowley, A.

(1995) 'CIMSTEEL integration standards', In: Scherer, R.J. (eds), *Product and Process Modelling in the Building Industry*, bl 491-494.

Watson, G.H., Tucker, R.L., Walters, J.K. (eds)

(1993) *Automation and Robotics in Construction X*, Elsevier.

Summary, conclusions and recommendations

Summary

The study

For designing and preparing the production and execution of a building project much use is made of automated systems. However, the current way of exchanging information between these systems is still by means of paper documents (fig. 1.1).

Within a number of branches IT systems, which exchange information between certain types of applications, already exist or are being developed. Using current knowledge and practical experience, gained from research projects, various lines of industry and collaborating teams are trying to develop general IT systems to exchange information in building projects.

This study focuses on Dutch manufacturers of precast concrete construction elements. They are very much interested in the development and use of IT systems as project partners need to provide them with a large amount of information concerning the production of concrete elements.

This study investigates the possibilities of developing an IT policy within the precast concrete industry and participating in IT developments in the building industry.

The scope of this study includes the research, development and use of IT in precast concrete companies and in building projects in the buildings sector (fig. 1.2).

The current situation

Precast concrete elements are supplied to building projects, predominantly the buildings sector. More than 50% are floor elements. Other element types may be facades, walls, beams, staircases, flyover girders, culverts, etc (figs 2.1-2.4). In addition, some precast concrete manufacturers supply structural systems for buildings which they have developed themselves.

The element types, have largely been standardised, the elements themselves are not. The latter are manufactured in accordance with project specifications.

A precast concrete manufacturer takes care of the design, production, supply and, sometimes, assembly of the elements. Especially in the larger companies, production is mechanised to a high degree. This concerns particularly the production of mortar, long line systems for hollow core slabs and rotating systems for flat elements. Many of the smaller firms contract out part processes of the production to external companies, e.g.

manufacturing moulds or reinforcement units. Sometimes the designing and drawing of elements is also contracted out (fig 3.2).

It often appears to be difficult to have the correct product information available in time when designing and preparing production of elements.

The collective turnover of precast concrete companies in the BELTON and BEVLON branch organisations is approx. NGL 1,200 million. The turnover per company varies from less than NGL 5 million to more than NGL 200 million. The growth of the part of precast elements in the overall contract sum is about 4% a year (table 2.1).

In a building project the precast concrete company very often acts as a subcontractor. Many of the smaller ones have a regional market and therefore offer a relatively wide variety of products.

With the design, production and supply of precast concrete elements the following trends have become apparent over the last few decades:

- increase in large-scale mechanisation of the production process;
- increase in variations in the elements series;
- increase in supply abroad.

Internationally, Finland and The Netherlands have a leading per-capita position in the volume of precast concrete-elements production (table 2.2).

The degree of automation in precast concrete companies calculated for 11 types of applications is an average of 45%, but it varies from 22% for companies which turn over less than NGL 10 million to 82% for companies with a turnover of more than NGL 50 million. With CAD systems the equivalent percentages are 0 and 100, respectively (figs 3.1, 3.2).

Applications for estimates, planning and designs score highest with an average of 70%. In 1992 50% of the companies used a CAD system; this increased to 75% in 1995. Some companies have linked their CAD system to a part of their production processes. In production automation is restricted to automated mortar plants and numerical control of mechanised part processes. A large number of the companies have not optimised the available functions of their CAD systems.

From research and incidental applications it appears that the conditions for application of robotics in precast concrete companies are relatively favourable as a result of conditioned production accommodation and serial production of standard product types.

Information transfer

Processes and information flows in building projects and in precast concrete companies have been analysed; the results have been recorded in tables and diagrams (figs 4.2-4.7). The project partners provide information on the design, production and supply of elements. This information is to be transformed and adjusted for production.

All concrete drawings are to be made in accordance with NEN 3870. This code contains certain definitions for drawing precast concrete ele-

ments, but these are too limited and too general for the current variation in element types and element applications. In practice, the manner in which information for precast concrete elements is recorded on drawings, varies per element type and per precast concrete company.

A building process distinguishes a number of product and process types. The buildings sector distinguishes 3 product types, viz.: (1) architectural structures, (2) supporting structures and (3) installations. For each product type the process types are: (a) design, (b) production and (c) construction (figs 5.1, 5.2, 5.4).

Standardisation and regulations have been recorded in a hierarchical structure developed through time. This structure consists of the levels: building industry, buildings sector, main discipline, discipline, branch and company (fig 5.3).

The current regulations and standardisation are neither consistent nor complete for use in applications and IT systems. That is why new standards for a small area of application come into being when IT models and systems are developed. It is very important that the development of standards for IT systems should be separated from the development of IT systems and turned into a separate, system independent model. In this study this model is called the Hierarchy Model.

Three information models may be distinguished concerning the information transfer in projects and companies (fig 5.6):

- The Hierarchy Model provides system-independent standardisation, regulations and starting points for information structures at various levels.
- The Project Model contains IT systems for storage, management and exchange of project information.
- The Company Model contains IT systems and applications within a company.

The use of these models is to be defined in systems of agreements. The agreements concern syntax, semantics and information quality, management of databases, juridical aspects and the settling of costs (fig 5.7).

IT research and IT development

In the building industry most drawings are made by means of a CAD system. The division of information in a CAD system is effected by dividing the drawing into various functional layers. The AutoCAD exchange format DXF is mainly used for incidental data exchange between two CAD systems.

Developments in technical computer sciences focus on application of special databases in which various types of information may be related to technical objects. In the future it shall be possible to exchange integrated graphic and alphanumerical data as a result of the application of object-oriented techniques.

Product models are databases of which the structure and the value of the data represent a specific product. Practically the use of an integral product model for the entire building object is impossible.

The solution is now sought in the application of a combination of smaller, special product model types. A view model is a product model used for design processes in a specific discipline. Aspect models are product models developed for the interdisciplinary transfer of a certain type of information. The neutral core model communicates between view models and aspect models.

ISO-STEP will be an international standard for the system-independent exchange of product information. Application Protocols are being developed to exchange information between applications within a specific field of a discipline (fig 6.3).

A number of West European countries, including The Netherlands, are developing the sub set STEP-2DBS, which can exchange 2D-CAD data in the building industry. Applications and files will have to be adjusted in accordance with STEP Application Protocols and product models. In most cases this will signify replacement.

When transferring digital information three aspects are to be distinguished:

1. Coding of information (syntax);
2. Meaning of information (semantics);
3. Definition and classification of information (structure).

In buildings the supporting structure is very much integrated in the architectural system. Integration of architectural and structural data is only possible there where the models for both disciplines have been developed from one single basic concept.

Companies from the 'concrete structures' discipline very often operate in various building sectors. For them it is essential that there should be no fundamental differences between the IT models and systems of the various sectors. Therefore it is necessary to adjust IT systems and standards at the levels of disciplines and branches.

IT research is largely conducted concurrently with various West European countries. It mainly focuses on the development of conceptual models. In the international CIMSTEEL IT project standards are being developed for the transfer of product data of steel structures. The European ATLAS project studies, among other things, the integration of the structural and architectural design of a building. For that purpose view models and a core model are being developed.

In the past decade many IT developments have been set up in the building industry. Various systems of agreements have been developed to transfer CAD drawings. For three of these systems the classification of the drawing layers has been derived from the SfB code. For the transfer of specific data

for specifications, estimates and reinforcements separate information-exchange systems have been developed.

EDI is an international standard for the electronic exchange of trade information. For the Dutch building industry a number of EDI codes are available. At this moment there is only one builder in the Dutch building industry who uses the EDI invoice code.

The development of the VABI-DUS model focuses on the transfer of design data of mechanical installations for buildings, within and between disciplines. Applications for joint use are adjusted in a Uniform Environment so that reuse of information is possible. The ETIM model for the electrical engineering industry focuses on uniform use of applications in the branch. Figur 7.1 shows an overall picture of IT-developments in the buildings sector.

The DXF format, the GB-CAD system of agreements and the VABI-DUS model incidently are used in building projects.

Study projects emphasize the development of product models to support design processes. So far, little study has been conducted into the integration of information for design, production and construction processes. Practical developments, too, mainly focus on design processes.

As there is no strategic IT policy in the building industry there is no logical structure in the overall IT development and as yet there are many white spots. Developments in the various sectors do not correspond. The same applies to international developments.

IT developments are extremely technology-oriented. Standards for a *uniform reproduction and meaning of information (semantics)* are not available. As yet little is known about the costs of development and use of IT systems and the organisational and juridical consequences for project partners.

It is argued that a start is made with the development and integration of IT systems for the exchange of project information in a Project Model for the buildings sector. This Project Model should contain a collection of IT systems of various types and levels (fig. 8.1).

The development of a Project Model for the buildings sector is to be directed by a governing body in which the three main disciplines, architectural structures, supporting structures and installations, are represented (fig. 8.2). The various branches are to define their use of IT systems in systems of agreement. The development of a Project Model will be a lengthy process, taking small steps at the time.

The case

In a specific part of the study the process of locating recesses in floor elements has been investigated. The location of the various types of architectural and installation services have to be co-ordinated and adjusted to the constructive possibilities of an element type in combination with the assembly plan. This appears to be an unstructured process that develops

iteratively.

The use of IT systems can yield a better quality of information and a reduction of process time. For that purpose standardisation of information and standardisation of the use of CAD-systems in each branch have to be developed successively. Improvement of the project management is a condition for an effective use of the IT systems.

IT policy for the precast concrete industry

The IT policy for the precast concrete industry is to improve communication in building projects and integration of automated systems in precast concrete companies.

When determining the IT policy for the precast concrete industry, favourable and unfavourable branch factors should be considered. A limited number of product types, sophisticated production processes and the importance of improved information flows are favourable factors. Large differences in size and degree of automation between companies and little standardisation are unfavourable factors.

IT policy for the precast concrete industry distinguishes:

- support for the companies in this branch;
- branch developments;
- IT developments in the 'concrete structures' discipline;
- information exchange in building projects in the buildings sector;
- IT developments in other sectors and in other countries.

In the various fields of policy of the branch the following activities may be initiated:

- providing information;
- implementing professional technical standardisation;
- implementing information standardisation;
- developing general aids.

As a result of imposed standards and agreements, IT developments in the precast concrete companies will become an integral part of the overall IT developments. That is why the branch needs to participate in external developments, particularly in the development of standards in the discipline 'concrete structures' and in a Project Model for the buildings sector.

Considering the order of IT developments, standardisation of drawings, the information on drawings and the classification of drawing layers in CAD systems should have most priority (fig. 9.3).

The extent and level of automation in the various precast concrete companies is very diverse. This must be taken into consideration when implementing IT policy. Professional technical standardisation is substantial. Smaller companies can also join in this development and benefit from it.

Conclusions

The main conclusions of this doctoral research are:

- In the buildings sector the 'concrete structures' discipline clearly lags and does not participate in IT research or in interdisciplinary IT developments. This has a restraining influence on IT initiatives in the different concrete branches.
- One of the most significant gaps in the current developments of IT systems is the absence of uniform standards for the recording in systems and the reproduction and meaning of information. In the buildings sector this development will have highest priority, just as in the precast concrete industry.
- In IT studies production processes are usually considered part of the construction. Project-oriented production however, as in the precast concrete industry, has its own characteristics, which may affect shape and structure of the processed information. Research in this field lacks so far.
- From the point of view of current IT developments the CAD system of a precast concrete company, together with a special database, should become the centre for both internal information distribution and external product-information exchange.
- The exchange of information between a precast concrete company and the project partners, necessary for the design of concrete elements can be proved by using IT systems. The development of these systems needs co-operation of the branches of designers and the precast concrete branch.
- In the precast concrete industry the current rationalization of products and processes cause favourable conditions to the possible use of robotics and expert systems.
- IT developments in precast concrete companies will be strongly dependent on the developments within the 'concrete structures' discipline and within the Project Model as well.

Recommendations

This study confirms that both the development and the use of IT systems in the building industry are stagnating.

In addition to the absence of a strategic IT policy this is mainly caused by:

- a. absence of analytical knowledge of processes;
- b. absence of knowledge on the use of information to control these processes, and
- c. little standardisation.

Recommendations are made to study how the basis for IT developments

tion of the results of these studies may positively affect the quality and development costs of IT systems.

Consequently, the following studies should have highest priority:

1. As the number of IT systems is growing, the need for IT infrastructure will increase.
A sophisticated infrastructure for IT systems will simplify their development and increase their integration potential. The development of an IT infrastructure will require much effort and will involve various forms of standardisation. That is why a development plan must be drawn up for sectoral and graded development of IT infrastructure.
2. In the buildings sector a study must be conducted in each discipline into the characteristics and use of information, both in production processes in companies which supply structural components for projects, and in construction processes at the building site.
3. Within the 'concrete structures' discipline a study must be carried out to determine in which ways regulations and standardisation in the discipline are to be adjusted and extended, so that they may be applied to IT systems. The code for reproduction and meaning of information on concrete drawings is to have highest priority.

Curriculum Vitae

familienaam : Toepoel
voornaam : Lucas
geboortedatum : 06-04-1928
geboorteplaats : Rotterdam
nationaliteit : Nederlandse

opleiding : MULO-B, Zwolle (1946)
avond-HTS, Weg- en Waterbouwkunde, Rotterdam (1951)
HTI, Bijzondere Betonconstructies, Amsterdam (1956)
Betonconstructeur BV (1957)

praktijkervaring :

1946-1954 Gemeentewerken Rotterdam, tekenaar
1954-1961 DURA's Aannemingsmij Rotterdam, constructeur
1961-1967 Adviesbureau C.H. van der Have, Rotterdam, directeur
1967-1982 Heidemij/Adviesbureau Arnhem, hoofd afdeling constructies
1981-1991 TH/TU-Delft, fac. Civiele Techniek, vakgroep Mechanica & Constructies
1984-1991 Open Universiteit, studiebegeleider 'Dynamische Systemen' en 'Ontwerpen van Bestuurlijke Informatiesystemen'
1991-1996 TU-Delft, fac. Civiele Techniek, sectie Betonconstructies, senior onderzoeker

speciale activiteiten:

Voorzitter CUR-commissie E2, 1971-1980
CUR-rapporten 74 en 94 'Rationalisatie wapening'

Voorzitter commissie NEN 6146
'Wapeningsstaven, vormen en codering' (1981)

Lid commissie NEN 3870
'Tekeningen voor betonconstructies' (1980)

lid CEB-werkgroep 'Industrialisation of Reinforcement', 1975-1981

lid en rapporteur studiecie. A49 Stichting Bouwresearch, 'Informatie-analyse van kostenbeheersing wapeningsconstructies', (1983)

voorzitter CIAD-projectgroep Wapeningsconstructies en CAD-CAM, 'wapenen met CAD/CAM' (1989)

lid en rapporteur STUPRE-commissie 57, 'Overdracht van informatie bij toepassing van prefab elementen' (1994)

lid NNI-werkgroep STEP-Draughting, (1992-1995)

publicaties:

- 'Berekening paddestoelvloeren'
Polytechnisch Tijdschrift 1962, nrs 13 en 14
- 'Doorsnedeberekening betonnen liggers breukmethode'
Polytechnisch Tijdschrift 1964, nrs 15 en 22
- 'Berekening, uitvoering en proefbelasting van Herkulespalen'
Polytechnisch Tijdschrift 1965, nrs 22, 25 en 26
- 'Gestandaardiseerde staafvormen voor beton'
De Ingenieur 1970, nr 49
- 'Beton in de recreatiesector'
Cement 1970, nr 4
- 'Rationalisatie van wapening'
Cement 1973, nr 11 en 12
- 'Pneumatische constructies'
Polytechnisch Tijdschrift 1975, nr 3
- 'Kostenbeheersing wapeningsconstructies'
Cement 1984, nr 1
- 'Console van gewapend beton'
Cement 1984 nr 6
- L.Toepoel en A.S.G.Bruggeling:
'Tandoplegging van een ligger in gewapend beton'
Cement 1984, nr 12
- 'Hangende consoles in gewapend beton'
Cement 1985, nr 7
- L.Toepoel en G.N.Elkhuizen:
'Coderingssysteem voor wapeningsstaven'
Cement 1989, nr 6
- L.Toepoel en W.J.E. van Spanje:
'Tekenen van wapening met CAD/CAM'
Cement 1989, nr 8
- 'IOP-onderzoek voor het wapeningsproces'
Cement 1989, nr 10
- L.Toepoel en M.J.C.Hertogh:
'CAD-systemen, de kosten en de baten'
Cement 1989, nr 11
- 'Van computerprogramma naar informatiesysteem'
Cement 1990, nr 3
- L.Toepoel en B.N.Blans:
'CAD-KOLOM, voor berekenen en tekenen van kolomwapening'
Cement 1991, nr 1

'Automatisering en Prefabricage, belemmeringen en perspectieven'
Cement 1991, nr 9

'Betonconstructies en Informatietechnologie'
Cement 1995, nr 7

'Information Technology, a Challenge to the Precast Concrete Industry'
Concrete Precasting Plant and Technology 1995, nr 8

Bijlage A

Formulieren enquête 1

Automatisering bij bedrijven BELTON en BEVLON

De enquête wordt gehouden om een inzicht te krijgen in de mate van automatisering van processen, die direct verband houden met de productie van prefab-elementen.

De processen zijn verdeeld in de groepen 'technisch', 'ondersteunend' en 'commercieel'. Deze procesgroepering staat los van de interne organisatie, die per bedrijf kan verschillen.

1. Algemene gegevens

1.1 Personeel

a. Hoeveel medewerkers zijn er volgens onderstaande verdeling in vaste dienst?

	< 10	10-20	21-40	41-100	>100
technisch (ontwikkeling, ontwerp, voorbereiding productie, uitvoering)					
productie (mal/bekist., mortel, storten, nabehandeling, transport)					
ondersteunend (calcul., planning, inkoop)					
commercieel (marketing, verkoop)					
overig (administratie e.d.)					

b. Hoeveel medewerkers hebben een automatiserings-functie?
(meer dan 20 uur per week)

beheer van systemen _____

ondersteuning gebruik _____

ontwikkeling, aanpassing _____

c. Hoeveel medewerkers hebben in 1991 in werktijd opleidingen/cursussen gevolgd, gericht op het gebruik van apparatuur en programmatuur? Hierbij de opleiding voor de besturing van geautomatiseerde machines buiten beschouwing laten. (3 x 3 getallen)

	< 2 dagen	2-5 dagen	> 5 dagen
technisch			
ondersteunend			
commercieel			

d. Hoeveel medewerkers hebben in 1991 in werktijd opleidingen gevolgd voor de besturing van geautomatiseerde productie?

	< 2 dagen	2-5 dagen	> 5 dagen
productie (mortel, mal, fabr.)			

1.2 Omzet

Hoe groot was de bruto omzet in 1990 in mln gulden ?

< 10.	10.-20.	20.-50.	50.-100.	100.-200.	> 200.

2. Gebruik van geautomatiseerde systemen

Een systeem is een combinatie van apparatuur en een of meerdere programma's. Dezelfde apparatuur kan in meerdere systemen gebruikt worden.

2.1 In de technische lijn

- In welke technische processen wordt gebruik gemaakt van geautomatiseerde systemen? (kruisjes in eerste kolom)
- Hoeveel medewerkers maken regelmatig (iedere week) gebruik van deze systemen? (aantal in tweede kolom)
- Hoeveel uren wordt het systeem gemiddeld per week gebruikt? (kruisje)

proces	systeem beschikb	indien beschikbaar				
		aantal medew.	aantal uren/week			
			<10	10-40	40-100	>100
			(a)	(b)	(c)	
ontwerp berekening detailleren overzichtstek. produktietek. specificeren						
productievoorber. mortel wap./voersp. mal/bekisting						
intern transport transport bouwpl. montage						

- Hoeveel schermen zijn in de technische lijn in gebruik?

_____ schermen

- Voor welke van boven genoemde processen wordt wel eens gebruik gemaakt van externe systemen?

- f. Voor welke van bovengenoemde systemen wordt gebruik gemaakt van gedigitaliseerde invoer? (intern net, diskette, lijnverbinding)
- g. Bij welke van bovengenoemde systemen wordt gedigitaliseerde uitvoer aangeboden voor verdere verwerking?

2.2 In de ondersteunende lijn

- a. In welke ondersteunende processen wordt gebruik gemaakt van geautomatiseerde systemen? (kruisjes in eerste kolom)
- b. Hoeveel medewerkers maken regelmatig (iedere week) gebruik van deze systemen? (aantal in tweede kolom)
- c. Hoeveel uren wordt het systeem gemiddeld per week gebruikt? (kruisje)

proces	systeem beschikb	indien beschikbaar				
		aantal medew.	aantal uren/week			
			<10	10-40	40-100	>100
			(a)	(b)	(c)	
begroting nacalculatie projectplanning productieplanning inkoop kwaliteitsbew.						

- d. Hoeveel schermen zijn in de ondersteunende lijn in gebruik?

_____ schermen

- e. Voor welke van boven genoemde processen wordt wel eens gebruik gemaakt van externe systemen?
- f. Voor welke van bovengenoemde systemen wordt gebruik gemaakt van gedigitaliseerde invoer? (intern net, diskette, lijnverbinding)
- g. Bij welke van bovengenoemde systemen wordt gedigitaliseerde uitvoer aangeboden voor verdere verwerking?

2.3 In de commerciële lijn

- In welke commerciële processen wordt gebruik gemaakt van geautomatiseerde systemen? (kruisjes in eerste kolom)
- Hoeveel medewerkers maken regelmatig (iedere week) gebruik van deze systemen? (aantal in tweede kolom)
- Hoeveel uren wordt het systeem gemiddeld per week gebruikt? (kruisje)

proces	systeem beschikb	indien beschikbaar				
		aantal medew.	aantal uren/week			
			<10	10-40	40-100	>100
			(a)	(b)	(c)	
verkoop marketing						

- Hoeveel schermen zijn in de commerciële lijn in gebruik?
_____ schermen
- Voor welke van boven genoemde processen wordt wel eens gebruik gemaakt van externe systemen?
- Voor welke van bovengenoemde systemen wordt gebruik gemaakt van gedigitaliseerde invoer? (intern net, diskette, lijnverbinding)
- Bij welke van bovengenoemde systemen wordt gedigitaliseerde uitvoer aangeboden?

3. Algemene gegevens geautomatiseerde systemen

3.1 Totaal aantal schermen in het bedrijf

_____ schermen

3.2 Globale typering van apparatuur

3.3 Verhouding soort programmatuur

Hoe is de verhouding tussen:

- a. standaard pakketten die ongewijzigd gebruikt worden.
- b. standaard pakketten die voor het bedrijf zijn uitgebreid of aangepast.
- c. speciaal voor het bedrijf ontwikkelde programmatuur.

a:b:c % van aanschafwaarde

3.4 Investeringsen

- a. Welk bedrag is in 1991 besteed aan verwerving (aanschaf, vervanging, uitbreiding, ontwikkeling) van programmatuur? (kruisje)

(x 1000 gld)

<10	10-50	50-200	200-500	>500

- b. Welk bedrag wordt naar verwachting in 1992 besteed aan verwerving (aanschaf, vervanging, uitbreiding, ontwikkeling) van programmatuur en apparatuur? (kruisje)

(x 1000 gld)

<10	10-50	50-200	200-500	>500

Bijlage B

Formulieren enquête 2

Gebruik CAD-systemen bij bedrijven BELTON en BEVLON

De enquête wordt gehouden om een inzicht te krijgen in het gebruik van CAD-systemen bij ontwerp, produktie en levering van prefab-elementen.

1. Algemeen

1. Worden in of voor uw bedrijf project-tekeningen gemaakt met gebruik van geautomatiseerde systemen?
 - een extern CAD-systeem;
ja/nee
 - een eigen niet interactief elektronisch systeem (bijv. printer)
ja/nee (indien ja, alleen nog vr. 11)
 - een eigen CAD-systeem
ja/nee (indien nee, alleen nog vr. 2)

2. Hebt u plannen om binnen twee jaar een CAD-systeem te kopen?
 - ter vervanging van het bestaande systeem
ja / nee
 - als uitbreiding naast het bestaande systeem
ja / nee
 - als eerste toepassing ja / nee

2. Het systeem

3. Welk CAD-systeem wordt door u gebruikt?
naam/versie:

4. Wanneer werd het systeem aangeschaft?
jaar:

5. Welk type vakgerichte software is aan het basissysteem toegevoegd?
(bijv. voor het tekenen en specificeren van wapening)
soort software:

6. Op welke hardware draait het systeem?
merk/versie/besturingssysteem:

- 7. Hoeveel schermen zijn op het systeem aangesloten?
aantal schermen:
- 8. Met welke geautomatiseerde systemen in het traject voorbereiding-productie-nabehandeling-opslag heeft het CAD-systeem een directe verbinding?
verbindingen:

3. Het gebruik

- 9. Hoeveel medewerkers werken meer dan 8 uur per week met het CAD-systeem?
aantal medewerkers:
- 10. Hoeveel is het totaal aantal uren per week dat de schermen voor het maken van project-gerichte tekeningen worden gebruikt? (globaal: + of - 10%)
totaal aantal uren/week:
- 11. Voor welke typen elementen (bijv. gevel-elementen, breedplaatvloeren) wordt het systeem het meest gebruikt (max. 3) en voor welk soort tekeningen?

tekeningsoort:
 1= ontwerptek.
 2= overzichtstek./legplan
 3= produktietek.
 4= revisietek.

in kolommen invullen:
 C = CAD-systeem
 H = handmatig
 C/H = ged.CAD/ged.hand
 X---X = combinatie van tek.
 O = wordt niet gemaakt

type element	tekeningsoort			
	1	2	3	4

12. Welk percentage van het totale tekenwerk voor de produktie en levering van constructieve elementen wordt met de hand gedaan? (inclusief wijzigingen, revisie enz.)

(percentage)

<25	25-50	51-75	>75

4. Opslag tekeningen

13. Wordt voor de opslag van een CAD-tekening gebruik gemaakt van een lagensysteem? (alleen het principe van het in delen bewaren en weer gebruiken van tekeningen)

ja / nee (indien nee, naar vraag 16)

14. Door het gebruik van lagen worden soorten informatie gescheiden. Is de wijze van het gebruik van de lagen binnen uw bedrijf gestandaardiseerd?

ja / nee

15. Hoeveel lagen worden per tekening gebruikt?

aantal lagen:

minimaal

maximaal

16. Is het CAD-systeem direkt gekoppeld aan een gegevensbestand?

ja / nee

Bijlage C

Processtructuur

De volgende differentiatie van processen sluit aan op die in paragraaf 4.2.

- P-0.1.2. bouwkundig ontwerp**
 - .1 opstellen progr. v. eisen
 - .2 maken schetsontwerp
 - .3 maken voorlopig ontwerp
 - .4 maken globale begroting
 - .5 maken definitief ontwerp

- P-0.1.3. maken bestek en bestektekeningen**
 - .1 omschrijven materialen
 - .2 bepalen uitvoeringsproces
 - .3 bepalen kwaliteitseisen
 - .4 omschrijven juridische aspecten
 - .5 omschrijven financieele aspecten
 - .6 maken bestektekening
 - .7 samenstellen bestek

- P-0.1.4. maken bouwkundige werktekeningen**
 - .1 keuze materialen
 - .2 keuze afwerkingen
 - .3 ontwerpen details
 - .4 ontwerpen aansluitingen
 - .5 bepalen voorzieningen installaties
 - .6 maken werktekening

- P-0.2.1. maken voorlopig ontwerp draagconstructie**
 - .1 maken varianten draagconstructie
 - .2 keuze variant
 - .3 globale dimensionering
 - .4 maken globale begroting
 - .5 bepalen belangrijke details
 - .6 maken tekening voorlopig ontwerp

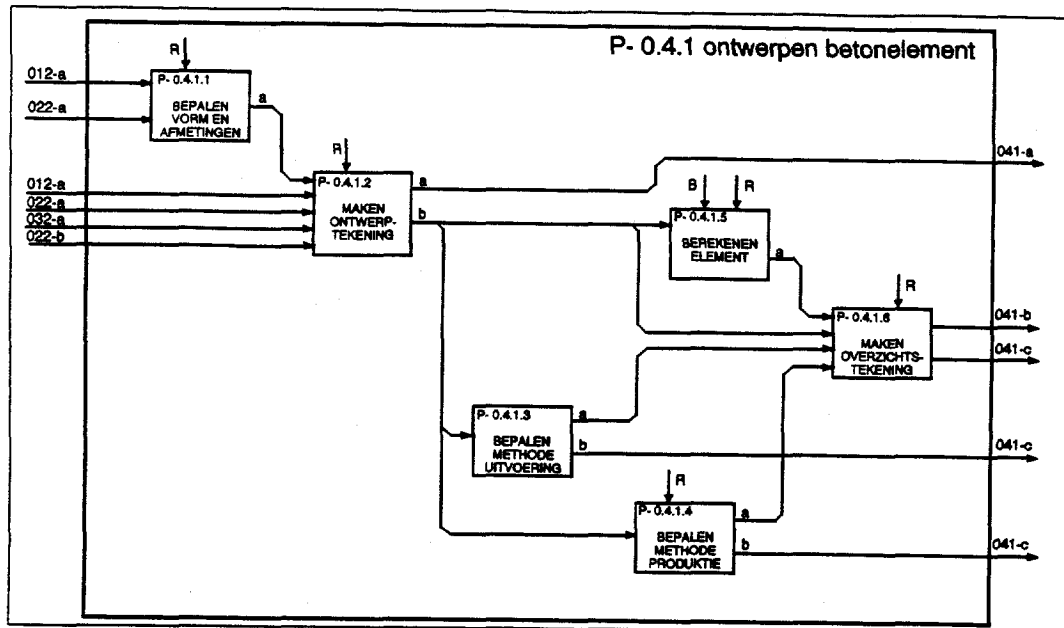
- P-0.2.2. maken definitief ontwerp draagconstructie**
 - .1 aanpassen voorlopig ontwerp
 - .2 dimensioneren constructie
 - .3 bepalen details
 - .4 maken ontwerp-tekening
 - .5 maken begroting

- P-0.2.4. maken werktekening draagconstructie**
- .1 berekenen wapening/voorspanning
 - .2 ontwerpen wapening/voorspanning
 - .3 maken tekening vormgeving
 - .4 maken tekening wapening/voorspanning

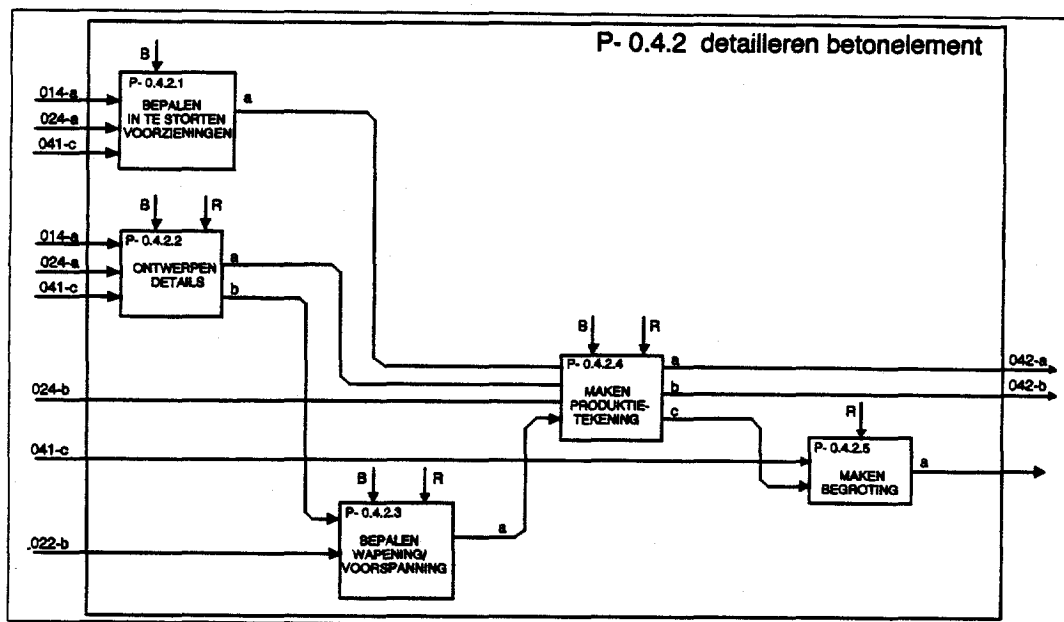
- P-0.5.1. voorbereiden uitvoering**
- .1 bepalen wijze van uitvoering
 - .2 maken kostenplan
 - .3 reserveren materialen
 - .4 reservering produktiemiddelen
 - .5 maken tijdplanning

- P-0.5.3. maken draagconstructie**
- .1 voorbereiding
 - .2 plaatsen kolom (0.4.4.)
 - .3 plaatsen balk (0.4.4.)
 - .4 plaatsen vloer (0.4.4.)
 - .5 maken IS-beton

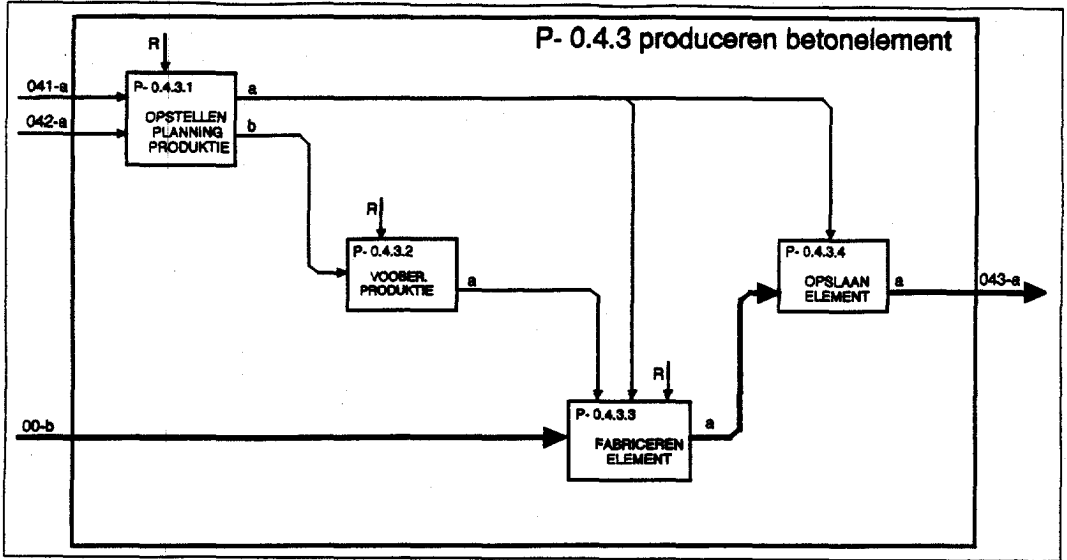
- P-0.5.4. uitvoeren afbouw**
- .1 plaatsen gevelelement (0.4.4.)
 - .2 aanbrengen installatie
 - .3 plaatsen binnenwand (0.4.4.)
 - .4 afwerken gebouw



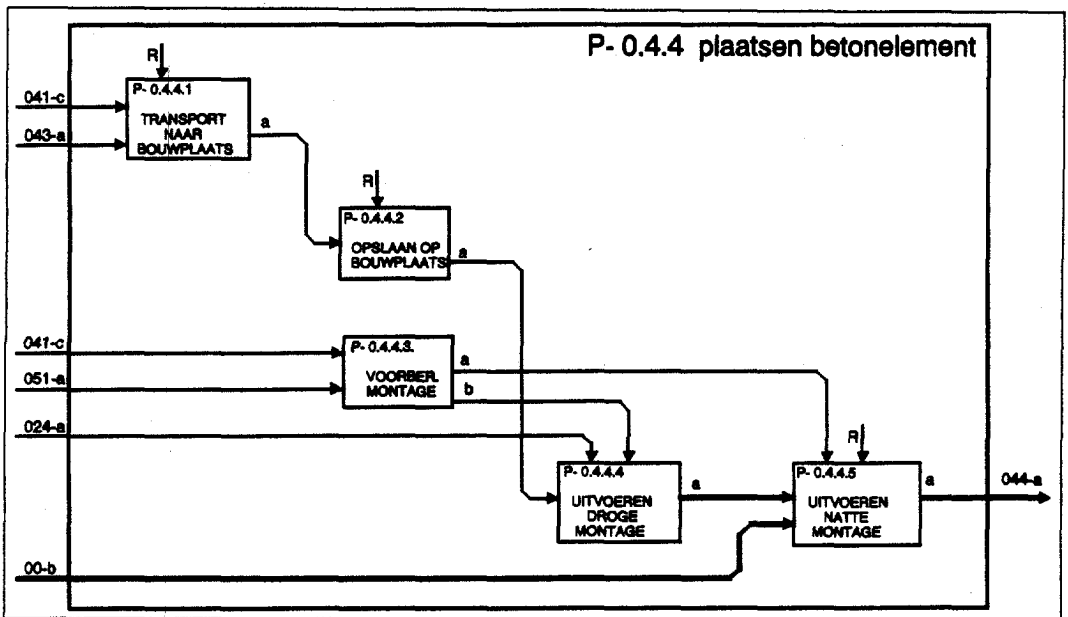
figuur C.1 procesdiagram 'ontwerpen betonelement'
process diagram 'design concrete element'



figuur C.2 procesdiagram 'detaileren betonelement'
process diagram 'detailing concrete element'



figuur C.3 procesdiagram 'produceren betonelement'
process diagram 'production concrete element'



figuur C.4 procesdiagram 'plaatsen betonelement'
process diagram 'assembly concrete element'

De volgende differentiatie van processen sluit aan op die in paragraaf 4.3.

B-2.1.1. ontwerpen element

- .1 bepalen vorm/afmetingen element
- .2 bepalen aantallen element
- .3 maken berekeningen element
- .4 maken ontwerptekening
- .5 maken overzichtstekening
- .6 detaillering element
- .7 maken produktietekening

B-2.2.1. gereed maken vorm

- .1 aanpassen/maken vormdelen
- .2 plaatsen vormdelen
- .3 maken elementen wapening/voorspanning
- .4 plaatsen wapening/voorspanning
- .5 plaatsen voorzieningen voor sparingen
- .6 plaatsen in te storten voorzieningen

B-2.2.2. storten mortel

- .1 maken mortel
- .2 transport mortel
- .3 plaatsen mortel
- .4 verdichten mortel
- .5 afwerken oppervlak mortel