

UNIVERSITEIT
TWENTE.



2014

Lean & Green Bouwen

De synthese van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen in het bouwproces van
vrijstaande woningen.

Master Thesis

J.D. (Jasper) Konijnenberg BSc

Universiteit Twente

SelektHuis B.V. Rijssen

05/02/2014

Versie: Definitief

Titel	Lean & Green, de synthese van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen in het bouwproces van vrijstaande woningen.
Datum en plaats	05-02-2014, Rijssen
Auteur	J.D. (Jasper) Konijnenberg BSc
Studentnummer	s0208248
E-mail	j.d.konijnenberg@gmail.com
Universiteit	Universiteit Twente
Opleiding	Master Civil Engineering and Management
Begeleiders	dr. ir. A.G. Entrop Universiteit Twente Universitair docent Duurzaam Bouwen prof. dr. ir. J.I.M. Halman Universiteit Twente Professor Innovatieprocessen Ing. A. Veldhoff SelektHuis Bedrijfsleider M. de Graaf SelektHuis Bouwkundig tekenaar - Energie & Duurzaamheid H.G. Evers SelektHuis Hoofd tekenkamer - Ontwerper

Samenvatting

In dit onderzoeksrapport wordt beschreven hoe een bouwbedrijf als SelektHuis de synthese van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen kan gebruiken om bouwprocessen efficiënter en duurzamer te maken. Hierbij is eerst een conceptueel model van Lean & Green Bouwen opgesteld, welke vervolgens in de praktijk is onderzocht bij SelektHuis, één van de drie grootste particuliere, vrijstaande woningbouwers van Nederland (R. Brons¹, persoonlijke communicatie, 28 mei 2013).

Allereerst is bepaald wat de synthese van de concepten Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen inhoudt. Een literatuuronderzoek heeft duidelijk gemaakt dat Duurzaam Bouwen *"een dusdanige manier van bouwen is dat hier aan de huidige behoefte wordt voldaan, zonder dat de mogelijkheden voor andere volkeren en toekomstige generaties worden verminderd."* ((BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006 p.8). Binnen het concept staat centraal dat de impact van alle bouwactiviteiten op de duurzaamheidsaspecten *people* (o.a. veiligheid, gezondheid en leefbaarheid), *planet* (milieukwaliteit, mobiliteit en natuur), *prosperity* (o.a. welvaart, werkgelegenheid en winst) en *project* (o.a. omgevingskwaliteit, degelijkheid en visuele kwaliteit) zo minimaal of, waar mogelijk, zo positief mogelijk is.

Lean Bouwen is een concept dat zijn oorsprong vindt in de auto-industrie. Lean Bouwen is afgeleid van Lean productie en staat voor *"een manier van denken en een manier van waarde, innovatie en groei leveren door: meer te doen met minder - minder arbeid, materieel, materiaal, tijd en ruimte gebruik om zaken in lijn te brengen om zo goed mogelijk te voldoen aan de waardeverwachtingen van de klant."* (vrij naar: Terry & Smith, 2011). De twee principes die bij Lean Bouwen centraal staan zijn: maximale waarde creëren voor de klant en minimalisatie van verspillingen in de verschillende processen.

Lean & Green Bouwen

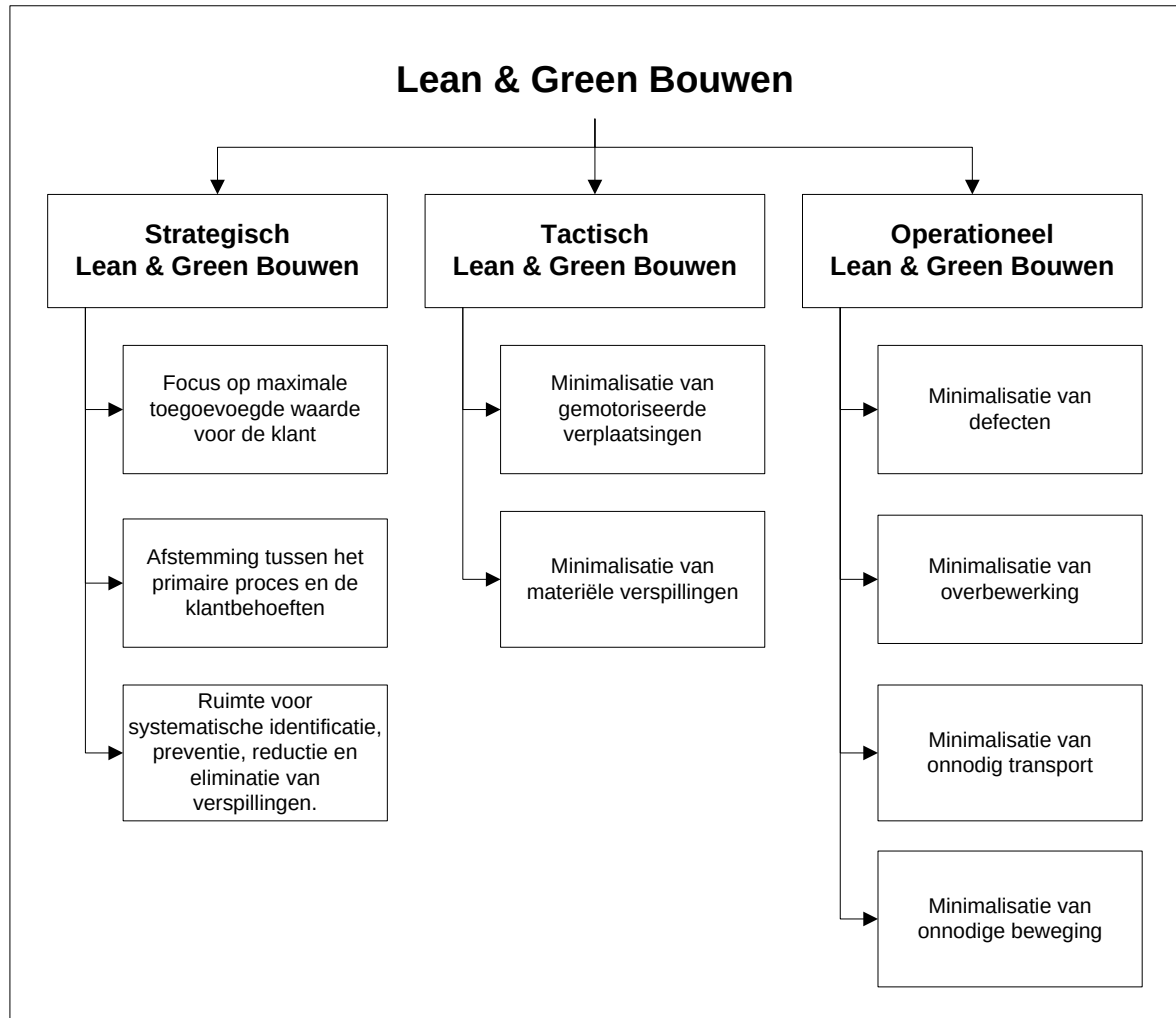
Wanneer de principes van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen met elkaar worden vergeleken, zijn er vlakken waarbij de concepten van elkaar verschillen en ze elkaar versterken. De synthese tussen Lean en Duurzaam bouwen wordt in dit rapport Lean & Green Bouwen genoemd en kan in de volgende definitie worden samengevat: *Het zonder verspillingen realiseren van bouwobjecten, die voor de klant maximale waarde vertegenwoordigen, zonder dat de mogelijkheden van toekomstige generaties om te voldoen aan hun behoeften negatief worden beïnvloed door de impact van alle activiteiten die worden ondernomen om de realisatie ervan mogelijk te maken"* (vrij naar BOOM SI, 2006 en Terry & Smith 2011). Lean & Green Bouwen zoekt dus een evenwicht tussen verduurzaming en procesoptimalisatie.

Om Lean & Green Bouwen succesvol te laten zijn, moet het concept op verschillende lagen binnen een organisatie worden geïmplementeerd. Op basis van de traditionele organisatievorm van bouwbedrijven, worden binnen dit onderzoek een drietal niveaus erkend binnen Lean & Green Bouwen:

- strategisch niveau: top management, waar beslissingen worden gemaakt die te maken hebben met de algemene bedrijfsvoering;
- tactisch niveau: het afdelingsniveau, waar maatregelen worden getroffen die bijdragen aan het bereiken van strategische doelen; en
- operationeel niveau: het niveau van de werkvloer, waar maatregelen worden genomen die bijdragen aan het bereiken van tactische doelen.

¹ Dhr. R. Brons is algemeen directeur van SelektHuis B.V.

Lean & Green Bouwen is geoperationaliseerd in de vorm van een conceptueel model, welke binnen het onderzoek is verfijnd tot het model zoals weergegeven in Figuur 1. Er is daarbij sprake van drie niveaus (niet hiërarchisch, maar parallel ingedeeld) met daaronder negen principes die de basis vormen van het concept Lean & Green Bouwen.



Figuur 1: Definitief model Lean & Green Bouwen

Op basis van de theoretische overeenkomsten tussen Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen en de onderverdeling in drie verschillende niveaus, worden de principes van strategisch Lean & Green Bouwen, tactisch Lean & Green Bouwen en operationeel Lean & Green Bouwen nu achtereenvolgens behandeld.

Strategisch Lean & Green Bouwen

Het eerste deel van het praktijkonderzoek is gericht op het strategische niveau van Lean & Green Bouwen. Hierbij zijn de volgende drie principes getoetst bij SelektHuis:

- Focus op maximale toegevoegde waarde voor de klant; de mate waarin het primaire bouwproces is gericht op het zo goed mogelijk voldoen aan de behoeften van de kopende klant en het milieu en een zo goed mogelijke afstemming tussen deelprocessen.

Vanuit zowel Duurzaam Bouwen als Lean Bouwen is het van belang om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de klant. Om dit te doen is in de eerste plaats noodzakelijk dat het primaire proces het bedrijf in staat stelt om een volledig en juist beeld te krijgen van de specifieke klantbehoeften. Dit principe van strategisch Lean & Green Bouwen is onderzocht door middel van een waardefactoren-onderzoek, waarin een aantal SelektHuis-medewerkers heeft aangegeven welke factoren volgens hen voor de gemiddelde SelektHuis-klant van belang zijn. Bij SelektHuis blijkt dat klantbehoeften uiteenlopend kunnen zijn en dat het primaire proces kan worden verbeterd door meer aandacht te besteden aan de juiste en complete identificatie van klantbehoeften. Door het perspectief van het milieu als klant kan de mate van Duurzaam Bouwen worden gewaarborgd en door deelprocessen als klanten van elkaar te beschouwen kan de mate van Lean Bouwen worden bevorderd.

- Afstemming tussen het primaire proces en de klantbehoeften; de flexibiliteit van het primaire bouwproces om op een efficiënte manier in te spelen op de specifieke behoeften van de klant.

Het tweede principe van strategisch Lean & Green Bouwen is dat het primaire bouwproces op een efficiënte manier moet kunnen voorzien in de klantbehoeften. Door middel van documentenonderzoek en een interview met een commercieel adviseur is onderzocht hoe dit in de praktijk terugkomt bij SelektHuis. Hieruit blijkt dat afstemming tussen het eigen primaire bouwproces en de potentiële klanten van groot belang is. Zo is de groep potentiële SelektHuis klanten door een aantal factoren (o.a. de financiële crisis) de afgelopen jaren veranderd en blijkt het huidige primaire SelektHuis-proces minder goed aan te sluiten bij een deel van deze groep potentiële klanten (met name bij complexe projecten).

- De ruimte die het primaire bouwproces biedt voor systematische identificatie, preventie, reductie en eliminatie van verspillingen.

Het derde principe van strategisch Lean & Green Bouwen is dat binnen het primaire bouwproces ruimte bestaat voor een systematische manier van het oplossen van verspillingen in de processen. Om processen vanuit Lean & Green principes te verbeteren, moeten verspillingen worden vastgesteld en opgelost. Bij SelektHuis is in de praktijk al duidelijk geworden dat systematische aanpak van verspillingen voordelen biedt. Zo is de afstemming tussen de tekenkamer en de bouwplannen verbeterd, doordat een uitvoerder de verantwoordelijkheid op zich nam om de schakel te vormen tussen deze twee afdelingen.

Tactisch Lean & Green Bouwen

Het tweede deel van het praktijkonderzoek is gericht op het tactische niveau van Lean & Green Bouwen. Daarbij zijn de volgende twee principes getoetst bij SelektHuis:

- De manier waarop gemotoriseerde verplaatsingen worden geminimaliseerd.

Gemotoriseerde verplaatsingen zijn vanuit zowel Duurzaam als Lean Bouwen onwenselijk. De verplaatsingen zijn niet waardetoevoegend en zorgen voor onnodige kosten, risico's en negatieve milieueffecten. Bij SelektHuis is onderzocht in hoeverre de logistieke processen zijn gericht op minimale gemotoriseerde verplaatsingen. Hiervoor is een documentenonderzoek uitgevoerd en is de medewerker die verantwoordelijk is voor logistiek geïnterviewd. Uit het onderzoek blijkt dat SelektHuis slechts een deel van de logistieke processen in eigen beheer coördineert. Daarmee ligt de verantwoordelijkheid voor de minimalisatie van deze soort verspilling bij de logistieke partner. De rol van SelektHuis is beperkt tot het samenwerken en motiveren van de logistieke partner en mogelijk op het selecteren van de logistieke partners op basis van de mate van Lean & Green werken. Samenwerking met partners binnen de bouwketen moet op dit punt centraal staan.

- De manier waarop materiële verspillingen worden geminimaliseerd.

Materiële verspillingen zijn onwenselijk vanuit zowel Duurzaam als Lean Bouwen. Bij SelektHuis is een bouwafvalonderzoek uitgevoerd, waarin door middel van een visuele methode op de bouwplaats en een documentenonderzoek is vastgesteld hoe met het onderwerp bouwafval wordt omgegaan. De resultaten van het onderzoek laten zien dat er geen potentieel waardetoevoegende materialen worden verspild en dat het grootste deel van het bouwafval bestaat uit verpakkingsmateriaal. Analyse van de data heeft geleid tot de conclusie dat SelektHuis meer volgens de principes van Lean & Green Bouwen kan gaan werken door grotere bouwafvalcontainers te gebruiken en door bouwafvalscheiding op de bouwplaats uit te voeren.

Operationeel Lean & Green Bouwen

Het derde en laatste deel van het praktijkonderzoek is gericht op het operationele niveau van Lean & Green Bouwen. Daarbij is onderzoek gedaan naar:

- De manier waarop verspillingen in de vorm van defecten, overbewerking, onnodig transport en onnodige beweging, in prefabricageprocessen worden geminimaliseerd.

Waar het strategische en tactische niveau belangrijk zijn voor de facilitatie van Lean & Green Bouwen, moet dit op operationeel niveau tot uiting komen. Om deze reden zijn een vijftal prefabricageprocessen onderzocht. De gedetailleerde registratie van alle handelingen binnen verschillende productiestappen van een topgevel en een luifeldak heeft geleid tot de identificatie van diverse verspillingen. Hierbij is de nadruk gelegd op verspillingen in de vorm van (1) defecten, (2) overbewerking, (3) onnodig transport en (4) onnodige beweging. Uit het onderzoek blijkt dat elk van de vier soorten verspillingen voorkomt binnen de vijf deelprocessen.

Het gedetailleerde inzicht in de verspillingen binnen de prefabricageprocessen heeft het mogelijk gemaakt om aandachtspunten te definiëren voor procesoptimalisatie en om tot maatregelen te komen. De gebruikte methode is geschikt om allerlei processen en activiteiten te onderzoeken op "werkvloerniveau" om daarmee uiteindelijk de mate van Lean & Green Bouwen te vergroten.

Conclusie

Een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, kan de duurzaamheid en efficiëntie van haar bouwprocessen vergroten door het gepresenteerde model van Lean & Green Bouwen in te bedden binnen de gehele organisatie. Allereerst moet het bouwbedrijf op strategisch niveau de randvoorwaarden scheppen om Lean & Green te gaan werken, onder andere door het primaire proces af te stemmen op de specifieke klantbehoeften waarin het bedrijf wil voorzien en door reductie van verspillingen centraal te stellen. Vervolgens moet het bouwbedrijf op tactisch niveau streven naar duurzame en efficiënte procesinrichting, onder andere in de vorm van reductie van onnodige gemotoriseerde verplaatsingen en in de vorm van inperking van de hoeveelheid materiële verspilling. Tot slot moet op operationeel niveau de daadwerkelijke effecten worden gerealiseerd. Verspillingen moeten hier op een systematische manier worden opgelost. Wanneer Lean & Green Bouwen als concept verder wordt ontwikkeld en wordt geïmplementeerd binnen bouwbedrijven worden stappen gezet richting een duurzamere en efficiëntere bouwsector.

Voorwoord

Dit afstudeerrapport is geschreven als afronding van mijn studie Civil Engineering en Management aan de Universiteit Twente. De vijf en een half jaar die ik over de bachelor- en masterfase heb gedaan zijn voorbij gevlogen en ik heb geen moment spijt gehad van de keuze voor deze studie. Ik heb me kunnen ontwikkelen, zowel qua kennis als qua sociale en wetenschappelijk vaardigheden en hoop dit binnen afzienbare tijd in de praktijk te kunnen brengen.

Het onderwerp van mijn master thesis, Lean & Green Bouwen, vond en vind ik een zeer interessant onderwerp. SelektHuis heeft mij de kans geboden om onderzoek te doen op dit gebied en ik hoop dat ik het bedrijf inzicht heb kunnen geven in manieren waarop zij bouwprocessen duurzamer en efficiënter kunnen maken. Zelf heb ik ook veel opgestoken van het onderzoek en ik ben ervan overtuigd dat de opgedane kennis en ervaring op dit gebied mij later van pas zullen komen.

Tijdens mijn afstuderen ben ik vanuit SelektHuis begeleid door Michel de Graaf (dagelijkse begeleiding), Henk Evers, Alex Veldhoff en Ron Brons. Michel, bedankt voor de goede gesprekken, zowel over serieuze als minder serieuze zaken en voor de tijd die je hebt genomen om mij wegwijs te maken in het SelektHuis-systeem. Henk, Alex en Ron, bedankt voor de nuttige feedback en de kans die ik heb gekregen om het bedrijf te leren kennen en om iets te kunnen bijdragen aan het bedrijf. Ook wil ik alle andere medewerkers van SelektHuis bedanken, die mij in de loop van het onderzoek hebben geholpen om te komen tot het eindproduct dat er nu ligt. Ik wens iedereen bij SelektHuis hierbij nog vele succesvolle jaren toe.

Vanuit de universiteit ben ik begeleid door dr. ir. Bram Entrop en prof. dr. ir. Joop Halman. Beide wil ik hierbij bedanken voor de begeleiding tijdens het afstuderen. De constructieve feedback heeft mij in staat gesteld om steeds de balans te bewaken tussen wetenschappelijke en praktische relevantie van het onderzoek en om op de lastige moment toch tot oplossingen te komen.

Ook wil ik mijn familie, (toekomstige) schoonfamilie en vrienden bedanken voor de betrokkenheid en steun tijdens mijn studie. Een solide thuisbasis en een groep betrouwbare vrienden hebben me in staat gesteld om naast het studeren ook te kunnen ontspannen. Tot slot wil ik mijn vriendin Annet bedanken voor de steun, het vertrouwen, de onvoorwaardelijke hulp en de liefde op de momenten dat ik het nodig had. Bedankt!

Voorst, 5 februari 2014,

Jasper Konijnenberg

Inhoudsopgave

1	Inleiding	10
1.1	Aanleiding	10
1.2	Bedrijf	10
1.3	Relevantie	11
1.4	Leeswijzer	11
2	Onderzoeksopzet	12
2.1	Probleemstelling	12
2.2	Doelstellingen	12
2.3	Onderzoeksvragen en -strategie	13
3	Lean & Green Bouwen in theorie	16
3.1	Duurzaam Bouwen	16
3.1.1	Inleiding Duurzaam Bouwen	16
3.1.2	Principes van Duurzaam Bouwen	18
3.2	Lean Bouwen	21
3.2.1	Inleiding Lean Bouwen	21
3.2.2	Principes van Lean Bouwen	23
3.3	Bedrijfskundige factoren	26
3.4	Synthese: Lean & Green Bouwen	27
3.4.1	Verschillen tussen Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen	27
3.4.2	Synthese van Duurzaam en Lean Bouwen: Lean & Green Bouwen	28
4	Strategisch Lean & Green Bouwen	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Het primaire SelektHuis-proces	34
4.3	Inzicht in de behoeften van de klant	35
4.4	Voorzien in de behoeften van de klant	39
4.5	Intentie om verspillingen te voorkomen	41
4.6	Deelconclusie	42
5	Tactisch Lean & Green Bouwen	43
5.1	Inleiding	43
5.2	Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsing: logistiek	44
5.3	Minimalisatie van materiële verspillingen: bouwafval	46
5.4	Deelconclusie	51

6	Operationeel Lean & Green Bouwen	53
6.1	Inleiding	53
6.2	Defecten in prefabricageprocessen	55
6.3	Overbewerking in prefabricageprocessen	56
6.4	Onnodige transport in prefabricageprocessen	57
6.5	Onnodige beweging in prefabricageprocessen	58
6.6	Deelconclusie.....	59
7	Discussie, conclusie en aanbevelingen.....	60
7.1	Discussie	60
7.2	Conclusie	62
7.3	Aanbevelingen.....	64
	Bronnen.....	66
	Bijlage	70
	Bijlage A Duurzaam Bouwen	71
	Bijlage B Processchema's deelprocessen	84
	Bijlage C Voorbeelden waardefactoren van Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji (1984)	86
	Bijlage D Waarde onderzoek SelektHuis	87
	Bijlage E Voorbeeld bestellijst.....	93
	Bijlage F Overzicht Interviews SelektHuis medewerkers.....	94
	Bijlage G Detailgegevens bouwafvalonderzoek	95
	Bijlage H Registratieformulier prefabricageprocessen.....	97
	Bijlage I Voorbeeld afkortstaat	98
	Bijlage J Resultaten prefabricageonderzoek	99
	Bijlage K Lean & Green maatregelen SelektHuis	106

1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het onderwerp van dit afstudeeronderzoek beschreven, welke is uitgevoerd als afsluiting van de masteropleiding *Civil Engineering & Management* aan Universiteit Twente, Enschede. Eerst zal worden ingegaan op de aanleiding voor dit onderzoek (§1.1). Vervolgens wordt het bedrijf SelektHuis beschreven, de organisatie waarbij het onderzoek is verricht (§1.2). Daarna wordt de relevantie van het onderzoek beschreven (§1.3), waarna tot slot wordt behandeld hoe dit rapport is opgebouwd (§1.4).

1.1 Aanleiding

Duurzaam Bouwen begint een steeds belangrijkere rol te spelen in de nationale en internationale bouwpraktijk (SBR, z.j.). Mede als gevolg van de uitgebreide aandacht voor klimaatverandering is er binnen de bouwsector over de jaren in toenemende mate aandacht gekomen voor duurzamere vormen van bouwen. In essentie is het doel van Duurzaam Bouwen het verlagen van de (milieu) impact van bouwwerken over hun gehele levenscyclus. Zuinig omgaan met (eindige) natuurlijke bronnen ligt hieraan ten grondslag. Echter, Duurzaam Bouwen blijkt vaak gepaard te gaan met hogere (initiële) kosten, wat een barrière vormt voor een snellere groei van het aandeel Duurzaam Bouwen. Juist in de tijd waarin deze thesis is geschreven, waarin de bouwsector in een diepe crisis verkeert, dreigt *duurzaamheid* vanwege haar dure imago naar de achtergrond te verdwijnen.

Naast verduurzaming van de bouw is er ook steeds meer aandacht voor efficiënter bouwen. Onderzoek (o.a. Construction Industry Institute, 2013) wijst uit dat er in de gehele bouwsector nog relatief veel verspillingen plaatsvinden. Een concept dat erop gericht is de bouw efficiënter te maken is Lean Bouwen. Lean Bouwen staat voor *“het creëren van een (bouw)product dat zo goed mogelijk voldoet aan de behoeften van de klant, met daarbij zo min mogelijk verspillingen”* (vrij naar Koskela, 1992). Door middel van verschillende Lean analysemethoden en -maatregelen streeft men met Lean (Nederlandse vertaling: “slank”) bouwen naar een efficiënter bouwproces.

De wetenschappelijke kennis op het gebied van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen is continu in ontwikkeling. Echter, juist het raakvlak tussen de twee bouwconcepten is tot nu toe grotendeels onderbelicht gebleven. Een aantal onderzoekers heeft de mogelijke positieve wisselwerking tussen Lean en Duurzaam Bouwen benoemd als een kans voor de bouwsector om zowel duurzamer als efficiënter te kunnen bouwen. Maar hiervoor moet eerst, door middel van onderzoek, meer inzicht ontstaan in deze wisselwerking.

1.2 Bedrijf

Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd bij SelektHuis B.V. dat gevestigd is in Rijssen (hoofdkantoor), Moordrecht, Tholen, Sneek, Amersfoort en Hedel (zie figuur 2). SelektHuis is één van de drie grootste vrijstaande woningbouwers van Nederland (R. Brons², persoonlijke communicatie, 28 mei 2013) en realiseert jaarlijks tussen de 150 en 200 woningen verspreid over het hele land (SelektHuis, z.j.).

Het bedrijf is in 1980 opgericht door de gebroeders Berend en Jan Nieuwenhuis, met als doel het in de markt te zetten van een betaalbare woning, die voor iedereen bereikbaar is (Nieuwenhuisgroep, z.j.).



Figuur 2: Overzicht van SelektHuis vestigingen (SelektHuis, 2013).

² Dhr. R. Brons is algemeen directeur van SelektHuis B.V.

Kernkwaliteiten

Het bedrijfsmodel van SelektHuis kenmerkt zich door het feit dat het bedrijf de klant een integrale oplossing biedt met betrekking tot de bouw van een particuliere, vrijstaande woning. Daarmee neemt SelektHuis de gecombineerde rol op zich van architect, constructeur, aannemer en adviseur. De coördinerende rol ligt ook bij SelektHuis, waarmee de klant direct duidelijkheid heeft over verantwoordelijkheden en zich volledig kan focussen op het zo goed mogelijk naar voren brengen van persoonlijke eisen en wensen.

Het in de loop van de jaren ontwikkelde SelektHuis-systeem stelt het bedrijf in staat om klanten te laten profiteren van de voordelen van zowel standaardisatie als van maatwerk op basis van persoonlijke smaak. Als basis heeft SelektHuis een 25-tal standaard woningtypes ontwikkeld, die in verschillende stijlen kunnen worden aangepast en aangekleed. Door vanuit deze standaard ontwerpen te werken heeft SelektHuis over de jaren veel ervaring kunnen opbouwen en kan het bedrijf schaalvoordelen behalen. Dit komt onder andere tot uiting in de korte bouwtijd (onder andere door middel van prefabricage van bouwelementen) en veel waar voor het geld.



Figuur 3: Gevelaanzichten van varianten van SelektHuis woningtypes "Bernina" (links), "Monte Moro" (midden) en "Mount Everest" (rechts) (Overgenomen van SelektHuis (z.j.). SelektLiving. p142-143).

1.3 Relevantie

De theoretische relevantie van dit afstudeeronderzoek is dat het bijdraagt aan kennisontwikkeling op het gebied van de synthese van Lean en Duurzaam Bouwen. Daarnaast wordt in het onderzoek een conceptueel model gepresenteerd van de principes van Lean & Green Bouwen. Dit model en de onderverdeling van Lean & Green Bouwen in strategische, tactische en operationele elementen is nieuw en biedt kansen voor vervolgonderzoek.

De praktische relevantie van dit afstudeeronderzoek is dat het inzicht geeft in de mogelijkheden van (bouw)bedrijven om binnen bestaande bedrijfsprocessen te onderzoeken waar kansen liggen voor duurzamer en efficiënter bouwen. Daarnaast toont dit onderzoek aan dat Lean & Green Bouwen op drie verschillende niveaus (strategisch, tactisch en operationeel) moet worden geïmplementeerd om succesvol te kunnen zijn. Bedrijven kunnen deze kennis gebruiken om te bepalen op welke niveaus Lean en Green Bouwen toereikend is binnen het bedrijf en op welke niveaus nog maatregelen genomen moeten worden om de mate van Lean & Green Bouwen te bevorderen.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In Hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksopzet uiteengezet, welke leidend is geweest binnen het afstudeeronderzoek. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 het theoretische kader van Lean & Green Bouwen gepresenteerd. Hoofdstuk 4, Hoofdstuk 5 en Hoofdstuk 6 behandelen respectievelijk strategisch, tactisch en operationeel Lean & Green Bouwen bij SelektHuis, waarna in hoofdstuk 7 conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd.

2 Onderzoekopzet

In dit hoofdstuk wordt de onderzoekopzet beschreven. Hierbij wordt aandacht besteed aan de probleemstelling (§2.1), doelstellingen (§2.2), onderzoeksvragen en -strategie (§2.3).

2.1 Probleemstelling

Bouwbedrijven proberen winst te maken door op een kostenefficiënte manier gebouwen te realiseren naar de behoefte van de klant. Vanuit dit oogpunt zoeken bouwbedrijven naar manieren om hun gehele bouwproces zowel qua kosten als qua tijd efficiënter te maken. Een van de manieren waarop dit door een toenemend aantal bouwbedrijven wordt gedaan is Lean bouwen. Lean bouwen richt zich op het maximaliseren van de waarde van het product voor de klant en het elimineren van verspillingen in het gehele bouwproces, van initiatieffase tot oplevering. Naast een beoogde reductie in productiekosten en -tijd blijkt Lean bouwen echter ook te leiden tot verduurzaming in de vorm van onder andere verminderd materiaalgebruik, energiegebruik en transport. Dit nog redelijk onbekende verband tussen Lean en Duurzaam Bouwen biedt wellicht mogelijkheden voor een succesvolle integratie van de twee concepten om tot efficiëntere en duurzamere bouwprocessen te komen.

SelektHuis is in Nederland één van de drie grootste bouwbedrijven op het gebied van vrijstaande woningbouw (R. Brons³, persoonlijke communicatie, 28 mei 2013). Elk jaar worden er verspreid over het hele land gemiddeld tussen de 150 en 200 nieuwe woningen gerealiseerd. De formule waarmee SelektHuis werkt houdt in dat er een groot aantal standaard ontwerpen worden aangeboden die allen naar de wensen van de klant kunnen worden aangepast.

Op het gebied van duurzaamheid is SelektHuis bezig zichzelf te ontwikkelen. Met betrekking tot energiegebruik is in de loop van de jaren veel kennis opgebouwd. Aan de wetgeving rondom energie (in de vorm van onder andere de Energieprestatie coëfficiënt) wordt uiteraard voldaan, maar klanten kunnen daarnaast op aanvraag ook een nog energiezuinigere woning laten bouwen door SelektHuis. Een verdere verkenning van mogelijkheden tot energiebesparing heeft zelfs geleid tot de ontwikkeling van een Energie-nul-woning, waarmee de toevoer van externe energie vrijwel overbodig wordt.

Verduurzaming in bredere zin, bijvoorbeeld met betrekking tot materiaalgebruik, is een onderwerp dat binnen SelektHuis nog niet verder is uitgewerkt. Het is op dit moment nog onduidelijk welke regelgeving in de komende jaren vanuit de overheid kan worden verwacht. Bouwbedrijven weten daardoor ook niet precies waarop zij moeten focussen. Voor SelektHuis geldt dit probleem ook en dat maakt het lastig om een strategie te bepalen voor de nabije toekomst. Daar komt bij dat het nog onduidelijk is in hoeverre de klant bereid is om te betalen voor duurzame maatregelen. Duurzaam Bouwen is een duidelijk streven binnen SelektHuis, maar dan wel in combinatie met gelijkblijvende of toenemende opbrengsten.

Het bedrijf ziet mogelijkheden om de principes van Lean en Duurzaam Bouwen te gebruiken om zowel duurzamer als efficiënter te werken. Door nadruk te leggen op het elimineren van verspillingen die een significante milieubelasting met zich meebrengen wordt duurzaamheid een centraal thema binnen Lean bouwen. Hoe deze integratie er uit zou moeten komen te zien, is echter nog onduidelijk.

Probleem:

Het is onduidelijk op welke manier SelektHuis het bouwproces van vrijstaande woningen duurzamer kan maken, waarbij dit ten goede komt aan de opbrengsten.

Op basis van de voorafgaande probleemstelling is het doel van het onderzoek als volgt geformuleerd:

³ Dhr. R. Brons is algemeen directeur van SelektHuis B.V.

De doelstelling van het onderzoek is het bijdragen aan het verduurzamen en efficiënter maken van het bouwproces van SelektHuis.

Binnen het onderzoek en het afstudeerverslag geldt hierbij de volgende doelstelling:

Doelstelling in het onderzoek

Het analyseren van mogelijkheden voor SelektHuis om het bouwproces van vrijstaande woningen zowel duurzamer als efficiënter te maken, door middel van een combinatie van Duurzaam en Lean Bouwen.

2.3 Onderzoeksvragen en -strategie

De doelstelling in het onderzoek zoals hiervoor besproken heeft geleid tot de formulering van de volgende hoofd- en deelvragen die gelden als leidraad binnen het afstudeeronderzoek.

Hoofdvraag

Hoe kan een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, de synthese van Duurzaam en Lean Bouwen gebruiken om het bouwproces duurzamer en efficiënter te maken?

1. Wat is de synthese tussen de concepten Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen?

Om antwoord te kunnen geven op deze vraag is allereerst een literatuurstudie uitgevoerd naar de concepten Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen. Het uitgangspunt voor het onderzoek naar Duurzaam bouwen is een reconstructie van het ontstaan van het concept Duurzaam Bouwen met behulp van het boek *'Milieubeleid, analyse en perspectief'* van Driessen en Leroy (2007), en de *Wegwijzer Duurzaam Bouwen* van BOOM-SI (2006). Het uitgangspunt voor het onderzoek naar Lean Bouwen is het artikel *'Application of the new production philosophy to construction'* van Prof. L.J. Koskela (1992), waarin voor het eerst werd gesproken over Lean Bouwen. Vervolgens is via de (wetenschappelijke) zoekmachines Google Scholar en Scopus naar literatuur gezocht. De volgende zoektermen zijn hiervoor in verschillende combinaties gebruikt:

Duurzaam Bouwen: *Sustainable, construction, origin, history, principles, concepts, methods, tools, application, lifecycle*

Lean Bouwen: *Lean, construction, manufacturing, origin, history, principles, concepts, tools, application, Lean thinking*

De resultaten van de zoekopdrachten zijn gerangschikt op relevantie en vervolgens zijn de eerste 100 resultaten bekeken. Hierbij is geselecteerd op titel en zijn de abstracts gelezen. Pas wanneer de abstracts interessant genoeg werden bevonden werd het gehele artikel geraadpleegd. Daarnaast zijn referenties binnen de gevonden papers onderzocht (op basis van titel) op het moment dat zij interessant werden bevonden.

Vervolgens is op basis van onder andere het werk van Alarcon en Diethelm (2001) en Griffin (2013) een onderverdeling van lagen binnen organisaties opgenomen. Deze onderverdeling van de lagen strategisch, tactisch en operationeel wordt in de synthese gebruikt om aan te geven dat implementatie van Duurzaam, Lean of Lean & Green Bouwen moet worden toegespitst op elk van deze niveaus binnen een organisatie.

Tot slot zijn de twee concepten bij elkaar gebracht in de vorm van een synthese tot het concept Lean & Green Bouwen. Daarbij zijn de theoretische principes waarin Duurzaam en Lean Bouwen overeenkomen bepaald op de drie niveaus strategisch, tactisch en operationeel Lean & Green Bouwen.

2. Hoe kan een primair bouwproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden is eerst het primaire SelektHuisproces in kaart gebracht door middel van een documentenonderzoek en een aantal interviews (zie bijlage B). Hiervoor zijn stroomschema's opgesteld van zowel het primaire proces als van de belangrijkste onderliggende deelprocessen. Vervolgens is onderzocht in hoeverre de principes van strategisch Lean & Green Bouwen (zie onderzoeksvraag 1) voorkomen binnen het SelektHuis-proces.

Eerst is bepaald in hoeverre het SelektHuisproces het bedrijf in staat stelt om de specifieke klantbehoeften in elk project te kunnen vaststellen. Hierbij gaat het volgens de theorie van Lean & Green Bouwen om zowel de behoeften van de kopende klant, als die van het milieu en van deelprocessen onderling. Wat betreft de vaststelling van de behoeften van de kopende klant is een waardeonderzoek uitgevoerd, waarin is bepaald welke factoren voor de gemiddelde SelektHuis-klant waardedoevoegend zijn. In het waardeonderzoek hebben 13 respondenten (een aantal medewerkers van SelektHuis die in contact komen met klanten) aangegeven welke factoren volgens hen van belang zijn voor de klant. Naast het waardeonderzoek is door documentenonderzoek bepaald in hoeverre waarde voor het milieu en waarde binnen deelprocessen onderling worden onderkend. Door de bevindingen bijeen te voegen en te analyseren is bepaald in hoeverre het SelektHuis proces erop is gericht om aan behoeften van de drie soorten klanten te kunnen voldoen.

Vervolgens is met behulp van het onderzochte primaire proces en in overleg met een ervaren verkoop adviseur bepaald in hoeverre het SelektHuisproces het bedrijf in staat stelt om in te spelen op huidige klantbehoeften. De bevindingen zijn daarna gebruikt om verbeterpunten vast te stellen op basis van de principes van Lean & Green Bouwen. Tot slot is bepaald in hoeverre het primaire SelektHuisproces erop is gericht om verspillingen te voorkomen. Dit is wederom gebaseerd op het onderzochte proces (stroomschema's) en op praktijkervaringen van een ervaren medewerker van het bedrijf.

3. Hoe kunnen deelprocessen rondom logistiek en bouwafval vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Om antwoord te kunnen geven op deze onderzoeksvraag is eerst in kaart gebracht hoe de processen rondom logistiek bij SelektHuis zijn ingericht. Hiervoor is een documentenstudie uitgevoerd en is de medewerker die verantwoordelijk is voor logistiek geïnterviewd. Op basis van de bevindingen wordt bepaald welke invloed SelektHuis heeft op de mate van Lean & Green Bouwen en worden er aanbevelingen gedaan voor verdere verbetering.

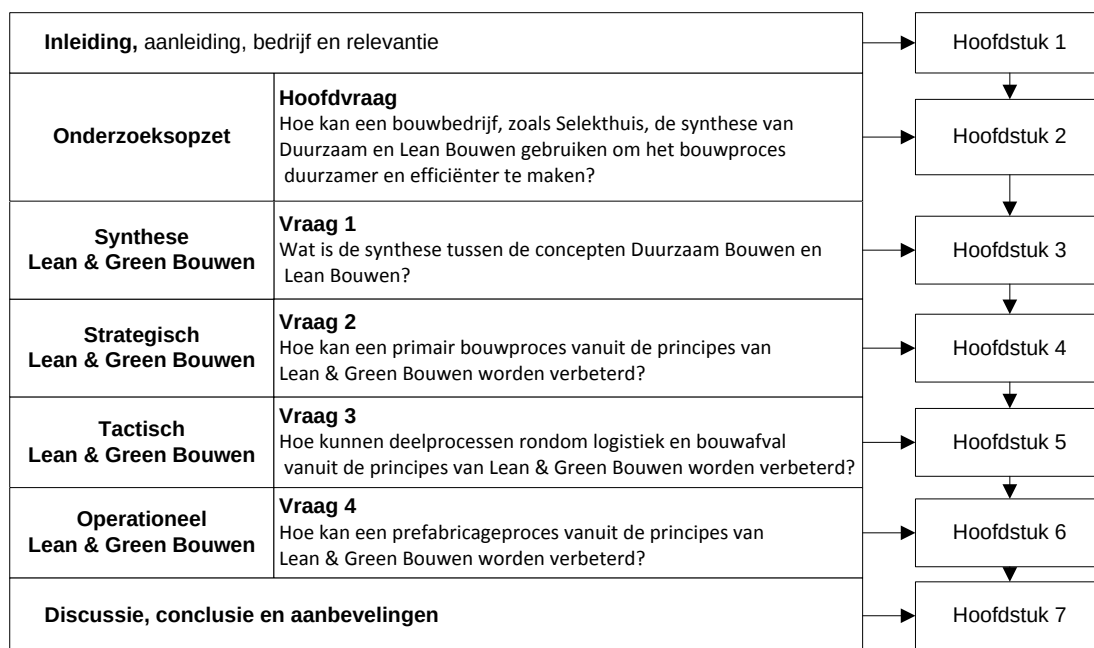
Vervolgens is onderzoek gedaan naar bouwafval bij verschillende lopende SelektHuis projecten. Er is een vijftal bouwplaatsen bezocht, waar de hoeveelheid en soort bouwafval is geïnventariseerd met behulp van een visuele inschattingmethode. Daarnaast is onderzoek gedaan naar bouwafvalverwerking. Hierbij is door middel van documentenonderzoek (projectgegevens en overeenkomsten met afvalverwerkingsbedrijven) bekeken hoe SelektHuis de verwerking van haar bouwafval heeft ingericht en welke keuzes hierin gemaakt zijn. Deze keuzes zijn bekeken vanuit het oogpunt van Lean & Green om een oordeel te kunnen vellen over de aanwezigheid van verspillingen binnen de processen. Tot slot zijn voor beide onderwerpen maatregelen voorgesteld die de mate van Lean & Green Bouwen kunnen vergroten.

4. Hoe kan een prefabricageproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Om deze vraag te beantwoorden zijn bij SelektHuis zijn een vijftal deelprocessen onderzocht die plaatsvinden tijdens de prefabricage van topgevels en een luifeldak. Tijdens de registratie van deze deelprocessen (met behulp van de methode zoals gebruikt door Höök, (2005)) is bijgehouden welke stappen worden doorlopen en wat de bijbehorende tijdsduur is. Vervolgens is op basis van de definitie van waarde van de bouwelementen een oordeel gegeven over de toegevoegde waarde van elk van de stappen. Van de niet waardetoevoegende, en dus verspillende, deelstappen is vervolgens bepaald van welke soort verspilling sprake was. Het overzicht van de verspillingen binnen de vijf onderzochte deelprocessen is vervolgens gebruikt om een aantal aandachtspunten te formuleren en om een aantal maatregelen voor de stellen die de verspillingen kunnen voorkomen, reduceren of elimineren.

Onderzoeksmodel

In Figuur 4 is ter verduidelijking in een visuele weergave van het onderzoeksmodel opgenomen, met daarin de opbouw van het onderzoek en de manier waarop dit is verwerkt in de onderdelen van dit rapport.



Figuur 4: Visualisatie van de opbouw van het onderzoek en dit rapport.

3 Lean & Green Bouwen in theorie

In dit hoofdstuk wordt vanuit wetenschappelijke literatuur een overzicht gegeven van de karakteristieken en principes van de concepten Duurzaam- en Lean Bouwen. Hiervoor wordt eerst ingegaan op de theorie met betrekking tot Duurzaam Bouwen (§3.1), waarna de theorie van Lean Bouwen wordt behandeld (§3.2). Vervolgens worden een aantal bedrijfskundige factoren besproken die van belang zijn bij het in praktijk brengen van Duurzaam & Lean Bouwen (§3.3). Tot slot volgt een synthese, waarin Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen worden samengebracht onder de noemer Lean & Green Bouwen (§3.4). De onderzoeksvraag die in dit hoofdstuk centraal staat is:

Wat is de synthese tussen de concepten Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen?

3.1 Duurzaam Bouwen

In deze paragraaf wordt het concept Duurzaam Bouwen behandeld. Hierbij zal kort worden ingegaan op de gebruikte definitie van Duurzaam Bouwen, het ontstaan van het concept, de doelen en de manier waarop Duurzaam Bouwen kan worden geconceptualiseerd.

3.1.1 Inleiding Duurzaam Bouwen

Duurzaam Bouwen is een concept waarvan geen universele definitie beschikbaar is. Wel is duidelijk dat het concept zich sinds de jaren '70 heeft ontwikkeld als vorm van *Duurzame Ontwikkeling*. In dit rapport is gekozen voor de volgende definitie van Duurzaam Bouwen, die qua opbouw dicht bij de definitie van *Duurzame ontwikkeling* blijft:

Definitie Duurzaam Bouwen

“Duurzaam Bouwen is het op een dusdanige manier bouwen dat hier aan de huidige behoefte wordt voldaan, zonder dat de mogelijkheden voor andere volkeren en toekomstige generaties worden verminderd.”

(BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006 p.8)

De oorsprong en ontwikkeling van het concept Duurzaam Bouwen

Het ontstaan van het concept *Duurzame Ontwikkeling* wordt door verschillende auteurs (o.a. van Tatenhove & Goverder, 2007 ; BOOM-SI, 2006) toegeschreven aan de publicatie van het rapport ‘*Limits to growth*’ in 1972 (Club van Rome, z.j.). In dit rapport presenteerde de Club van Rome, een internationale organisatie bestaande uit gezaghebbende personen uit de publieke en private sector, haar bevindingen met betrekking tot de impact van menselijke activiteiten op de aarde. Uit het rapport bleek dat daadkrachtige maatregelen noodzakelijk waren om de negatieve effecten van de toenemende druk van de industrie en de groeiende wereldbevolking op te reduceren (Club van Rome, z.j.).

Een reeks nationale en internationale gebeurtenissen (zie Bijlage A voor details) heeft het concept van duurzame ontwikkeling verder vorm gegeven. Zo werd de term *Duurzame Ontwikkeling* voor het eerst genoemd in het rapport ‘*Our common future*’ van de commissie Brundtland van de Verenigde Naties (1987). In dit rapport werd het klassieke denkbeeld dat economische groei altijd gepaard gaat met milieuproblemen weerlegd en duidelijk gemaakt dat de toekomst in het teken moest staan van duurzame ontwikkeling en groei. De commissie Brundtland heeft ook de nu wereldberoemde definitie van duurzame ontwikkeling gepubliceerd:

“Sustainable development is development that meets the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (Wereldcommissie voor Milieu en Ontwikkeling, 1987 p.41)

In dezelfde periode kwam er meer lijn in en aandacht voor het milieubeleid in Nederland. Tot begin jaren '80 was wat betreft milieu sprake van een gefragmenteerde beleidsvoering bij de nationale

overheid. Dit veranderde in 1982 toen het milieubeleid onder minister Winsemius van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) werd geherstructureerd en gekozen voor een meer integrale aanpak voor de toekomst, zowel intern (samenhang tussen de onderdelen van milieubeleid) en extern (samenhang en consistentie met anderen beleidsterreinen) (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijk Ordening en Milieubeheer, 2010; van Tatenhove & Goverde, 2007).

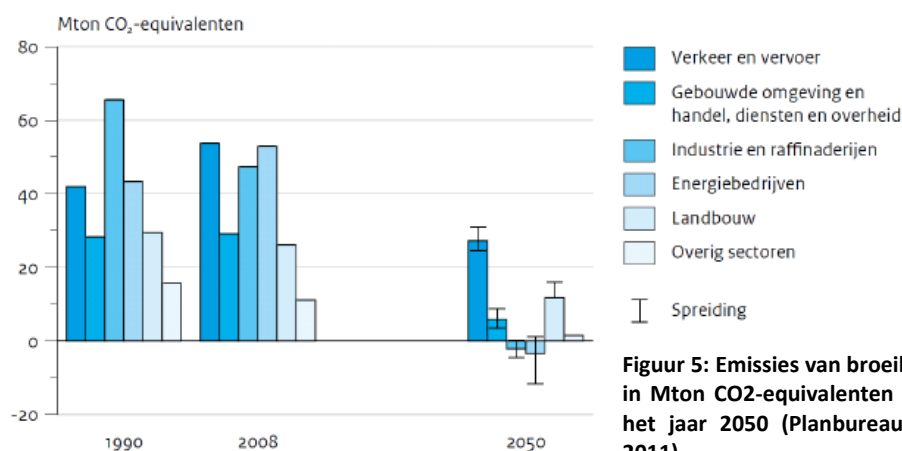
Tussen midden jaren '80 en begin jaren '90 vond een kentering plaats in de manier waarop milieubeleid werd ingericht. Uitgangspunt van de nieuwe milieuwetgeving was dat de overheid de optimale condities creëert waarbinnen verschillende groepen (bv. bedrijven en particulieren) hun eigen verantwoordelijkheid maximaal kunnen invullen (Milieufocus, 2010). De rol van de overheid was vanaf dat punt vooral die van dirigent, die verduurzaming mogelijk maakt en stimuleert.

Ook op internationaal vlak werd milieubeleid steeds belangrijker. De landen van de Verenigde Naties spraken in 2002 op de wereldtop over duurzame ontwikkeling af dat zij hun collectieve verantwoordelijk zouden nemen om duurzame ontwikkeling te stimuleren. Dit was een gevolg van de groeiende besef dat de grote milieuproblemen (zoals het broeikaseffect en het gat in de ozonlaag) enkel op internationaal vlak aangepakt konden worden (Verenigde Naties, 2002).

Sinds 2002 zijn de verschillende overheidslagen (van EU tot gemeentes), de private sector en particulieren op allerlei manieren bezig met verduurzaming. Een van de belangrijkste factoren die heeft gezorgd voor meer betrokkenheid van particulieren was de film *"An Inconvenient Truth"* van Al Gore, de voormalig vicepresident van de Verenigde Staten. In zijn film presenteert Gore de mogelijk desastreuze gevolgen van klimaatverandering op de wereld en probeert hij politiek en publiek aan te sporen om actie te ondernemen (Coriddi, 2008).

Impact van de bouwsector op duurzaamheid

Een voorbeeld van de ambities van de Nederlandse overheid op het gebied van verduurzaming is te zien in Figuur 5. De grafiek geeft de hoeveelheid Mton CO₂-equivalenten aan emissies van broeikasgassen in Nederland aan per sector. Om de doelen voor 2050 te bereiken moeten in alle sectoren maatregelen worden genomen. De bouwketen (van grondstoffen tot sloop) kan hierin een belangrijke rol spelen, aangezien het bijdraagt aan uitstoot in de sectoren *Verkeer en Vervoer*, *Gebouwde omgeving en handel, diensten en overheid*, *Industrie en raffinaderijen* en *Energiebedrijven*. Specifieke maatregelen die volgens de nationale overheid zullen bijdragen aan de reductie van uitstoot zijn regelgeving om de energievraag van producten (zoals woning, transport en voedsel) terug te dringen en de inzet van duurzame biomassa en andere hernieuwbare energiebronnen te stimuleren (Planbureau voor de Leefomgeving & ECN, 2011).



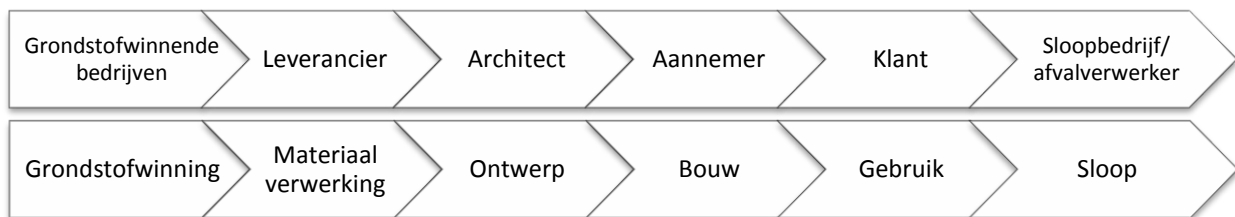
Figuur 5: Emissies van broeikasgassen in Nederland per sector in Mton CO₂-equivalenten en de doelen op dit gebied voor het jaar 2050 (Planbureau voor de Leefomgeving & ECN, 2011).

3.1.2 Principes van Duurzaam Bouwen

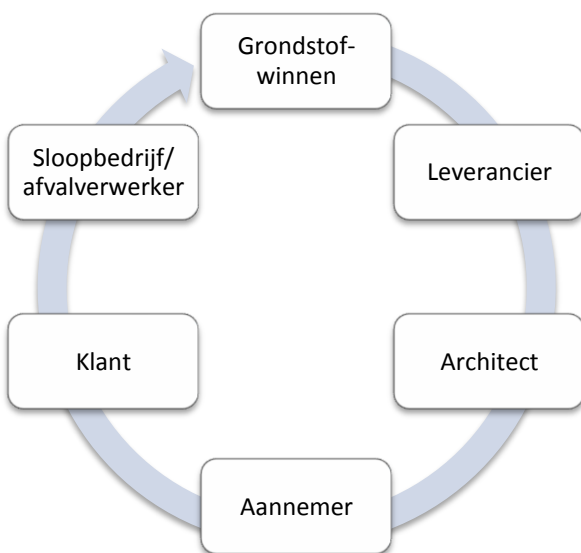
Duurzaam Bouwen is een manier van bouwen welke op verschillende manieren kan worden beschreven. Daarbij geldt dat Duurzaam Bouwen een specifiek integraal perspectief heeft op de bouw en dat het zich richt op een zodanige manier van bouwen dat de milieu-, sociale- en economische kwaliteit gewaarborgd blijft.

Integraal perspectief op de bouw

Het eerste belangrijke principe dat kenmerkend is voor Duurzaam Bouwen is het integrale perspectief op de bouw als sector. Verduurzaming is in de eerste plaats de verantwoordelijkheid van de gehele bouwketen, van grondstof winnende- tot sloopbedrijven en in alle levensfasen van een bepaald bouwobject, van initiatieffase tot sloop (zie Figuur 6).



Figuur 6: Bouwketen- en levensfaseperspectief van Duurzaam Bouwen.



Figuur 7: Cyclisch perspectief van Duurzaam Bouwen.

Een tweede perspectief van Duurzaam bouwen is dat het de bouw niet alleen als sequentieel proces ziet, maar benadrukt dat het idealiter een cyclisch proces is, waarbij in de materiaalstroom uiteindelijk sloopafval wordt hergebruikt als grondstof voor nieuwbouw.

Deze insteek, welke ten grondslag ligt aan het Cradle-to-Cradle® (van wieg tot wieg) concept (zie Bijlage A), heeft als doel een duurzaam proces te realiseren, wat het mogelijk maakt om te voorzien in de huidige behoeften, zonder dat dit onomkeerbare effecten heeft voor de toekomst (Braungart, McDonough & Bollinger, 2006). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het realiseren van een dergelijke cyclus drastische veranderingen vergen bij alle partijen binnen de cyclus. Hergebruik moet namelijk vanaf het begin en consistent centraal worden gesteld.

De impact van bouwactiviteiten op de wereld

Naast het keten- en levenscyclus perspectief is een andere belangrijk principe van Duurzaam Bouwen de manier waarop de bouw niet duurzaam is. Binnen de bouwketen en de levenscyclus van een object worden de volgende vijf hoofdcategorieën onderscheiden waarop de bouw impact heeft op de wereld (Boyle, 2005; Entrop & Brouwers, 2010):



Figuur 8: Vijf hoofdcategorieën van milieubelasting veroorzaakt door de bouwsector.

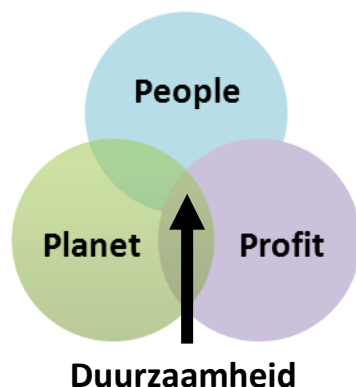
Tabel 1: Beschrijving van de milieu impact van de bouwsector in vijf categorieën

Beschrijving categorieën milieubelasting van de bouwsector	
Energie	Het gebruik van energie zorgt voor schadelijke emissies, met name wanneer de energie wordt gewonnen uit fossiele bronnen. Zowel het energiegebruik van huishoudens als van de bouwmaterialenindustrie zorgen binnen de bouwketen voor effecten op het milieu. Belangrijkste aspect hierbij is dat het merendeel van de energie wordt gewonnen uit niet-hernieuwbare fossiele bronnen (CBS, 2013). Deze bronnen raken langzaam uitgeput en (niet duurzaam) energiegebruik heeft dan ook een permanent negatief effect op het name het milieu (BOOM-SI, 2006).
Ruimte	De bouw heeft in de loop van de tijd ruimte opgeslokt van andere functies zoals landbouw en natuur. Zo is de omvang van het bebouwde gebied in Nederland tussen 1970 en 2003 toegenomen van 8% naar 13% van de oppervlakte van Nederland (CBS, PBL & Wageningen UR, 2008). Dit ruimtegebruik kan economische voordelen brengen, maar kan tegelijkertijd de ecologische en sociale kwaliteit verminderen.
Transport	(Bouw gerelateerd) transport zorgt voor uitstoot van schadelijke emissies zowel tijdens transport als indirect via de benodigde grondstoffen. In 2011 kwam 20% van de vervoerde massa van goederen over de weg binnen Nederland voor rekening van <i>ruwe mineralen/bouwmaterialen</i> , wat overeenkomt met ongeveer 100 miljoen ton van de in totaal 493 miljoen ton vervoerde goederen over de weg (CBS, 2012b). Transport is een belangrijke categorie met betrekking tot de negatieve effecten van de bouw op de wereld, zowel op directe woonomgevingen (bv. uitlaatgassen) als op de gehele wereld (bv. bijdrage aan klimaatverandering).
Water	Water, en met name drinkwater, is een schaars goed. De bouwsector heeft invloed op zowel haar eigen watergebruik als het watergebruik van particulieren en bedrijven. De manier van bouwen en de keuzes tijdens het bouwproces hebben invloed op de gebruikspatronen van de bewoners of gebruikers van een gebouw (BOOM-SI, 2006). Zo kunnen waterbesparend sanitair en apparatuur een positieve bijdrage leveren aan het terugdringen van het (drink)watergebruik van particulieren en kunnen efficiëntere systemen en processen het watergebruik in de (bouwmaterialen)industrie reduceren (BOOM-SI, 2006).
Materiaal	Het gebruik van grondstoffen (en materialen in het algemeen) brengt milieubelasting met zich mee. In 2003 was de wereldwijde bouwsector verantwoordelijk voor 30% van het materiaalgebruik in de wereld (UNEP, 2006, zoals geciteerd in Entrop & Brouwers 2010). Dit materiaal wordt onttrokken aan de natuur en is vaak na gebruik niet geschikt om in zijn geheel te hergebruiken. De extra bewerkingsstappen die nodig zijn in de sloopfase zorgen voor extra milieubelasting.

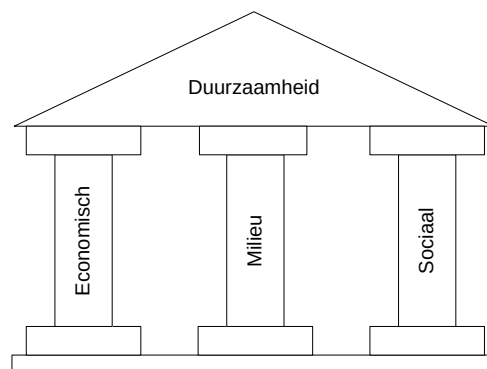
De triple bottom line en de drie pilaren van duurzaamheid

Duurzaamheid is een concept dat volgens verschillende auteurs kan worden onderverdeeld in verschillende elementen. De twee bekendste concepten zijn:

- De *triple bottom line* van Elkington: *People*, *Planet* en *Profit* (zie Figuur 9).
- De drie pilaren van duurzaamheid: milieu, economische- en sociale duurzaamheid (zie Figuur 10).



Figuur 9: De triple bottom line: People, Planet, Profit (gebaseerd op Elkington, 1997).



Figuur 10: De pilaren van duurzaamheid (gebaseerd op Verenigde Naties, 2002).

De *triple bottom line* is ontwikkeld door John Elkington, een adviseur op het gebied van duurzaamheid, in zijn boek *'Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business'* (1997). Duurzaamheid zit volgens Elkington in de overlap tussen de elementen van de triade *people*, *planet* en *profit*. Deze triade wordt in de wetenschappelijke literatuur tot op de dag van vandaag vaak gebruikt als uitgangspunt voor duurzaamheid.

De oorsprong van de pilaren van duurzaamheid ligt in de wereldtop van de Verenigde Naties over duurzame ontwikkeling in Johannesburg in 2002. In een concluderend statement van de top stellen de landen het volgende: "*Wij nemen onze collectieve verantwoordelijkheid om de drie elkaar versterkende pilaren van duurzame ontwikkeling -economische ontwikkeling, sociale ontwikkeling en milieubescherming- verder te ontwikkelen en te versterken op lokale, nationale, regionale en mondiale schaal.*" (vrij naar: Verenigde Naties, 2002 p.1).

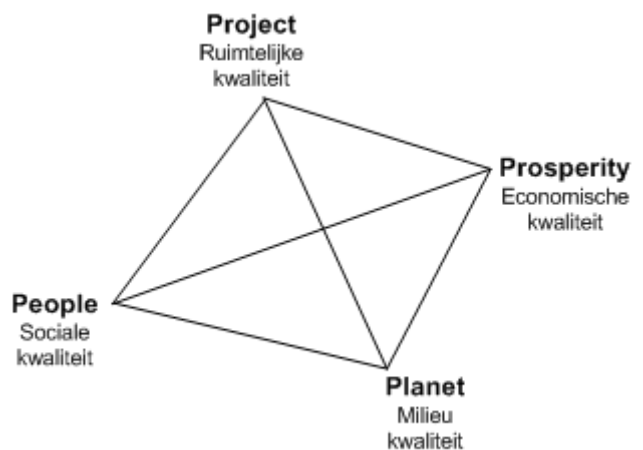
Deze triade: *People, Planet, Profit* (vrij vertaald: mens, planeet en winst) vertoont overeenkomsten met de pilaren van duurzaamheid. Het *people* element is vergelijkbaar met de pilaar *sociaal*, het *planet* element met de pilaar *milieu* en het *profit* element met de pilaar *economisch* van duurzaamheid.

Zowel de drie pilaren van duurzaamheid als de *triple bottom line* blijven een belangrijke rol spelen in verder onderzoek en praktische uitvoering van Duurzaam Bouwen. De concepten maken duidelijk dat duurzaamheid meer is dan enkel milieubescherming. Daadwerkelijke duurzaamheid kan alleen bereikt worden als dit integraal wordt aangepakt op het gebied van milieu en dat hierbij sociale en economische aspecten ook een belangrijke rol spelen. Op die manier wordt ervoor gezorgd dat toekomstbestendigheid op een integrale manier wordt gewaarborgd.

Duurzaam Bouwen als specifieke vorm van duurzame ontwikkeling

Nadat de VN op de klimaattop in Johannesburg (2002) de term *profit* hadden veranderd in *prosperity* om meer de nadruk te leggen op welvaart in plaats van enkel het behalen van winst, ontwikkelde Duijvestein de triade door in zijn *Wegwijzer Duurzaam Bouwen* (BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006). Het element *project* werd aan de 3 p's toegevoegd. Het *project* element is relevant binnen de bouwsector, omdat ruimtelijke kwaliteit hier, in tegenstelling tot binnen de industrie, een centrale rol speelt. Concluderend kan het concept Duurzaam bouwen gedefinieerd worden aan de hand van de vier elementen *people*, *planet*, *prosperity* en *project*:

People	Het sociale, menselijke aspect, waarbij het gaat om onder andere sociale kwaliteit, gezondheid, veiligheid, leefbaarheid, (keuze)vrijheid en participatie.
Planet	Het natuurlijke aspect, waarbij de aarde centraal staat. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld milieukwaliteit, energie, water, materiaal, mobiliteit, afval en natuur.
Prosperity	Het economische aspect van globale welvaart met aandacht voor economische kwaliteit, winst, welvaart, betaalbaarheid, transparantie, werkgelegenheid, bereikbaarheid en beheerbaarheid.
Project	Het ruimtelijke kwaliteitsaspect van duurzaamheid. Hierbij gaat het om de relatie met de omgeving, flexibiliteit, degelijkheid, visuele kwaliteit en imago.



Figuur 11: De vier P's van duurzaamheid (naar: BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006).

3.2 Lean Bouwen

In deze paragraaf wordt de relevante wetenschappelijke theorie met betrekking tot het concept Lean Bouwen behandeld. Hierbij zal worden ingegaan op de gebruikte definitie van Lean Bouwen, het ontstaan van het concept, de doelen en de manier waarop Lean bouwen kan worden geconceptualiseerd.

3.2.1 Inleiding Lean Bouwen

Lean Bouwen is een bouwconcept dat gericht is op het verhogen van de waarde voor de klant en het reduceren en elimineren van verspillingen in het ontwerp- en bouwprocessen. Het concept Lean is ontwikkeld in de auto-industrie bij Toyota ten behoeve van de optimalisatie van het productieproces. Lean productie is in 1992 door Koskela vertaald voor de bouwsector in de vorm van het concept Lean Bouwen (Koskela, 1992).

Definitie Lean

“Lean is een manier van denken en een manier van waarde, innovatie en groei leveren door: meer te doen met minder - minder arbeid, materieel, materiaal, tijd en ruimte gebruik om zaken in lijn te brengen om zo goed mogelijk te voldoen aan de waarde verwachtingen van de klant.” (vrij naar: Terry & Smith, 2011)

De oorsprong en ontwikkeling van het concept Lean Bouwen

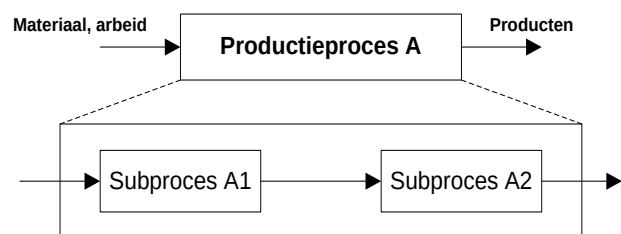
De oorsprong van Lean ligt in Japan in de jaren '50. Bij Toyota werd toen een nieuw uitgangspunt voor procesoptimalisatie geformuleerd: *het elimineren van inventarissen en andere verspillingen door productie in kleine hoeveelheden, reductie van opstarttijden, halfautomatische machines, samenwerking met leveranciers en andere technieken* (Shingo 1988, zoals geciteerd in Koskela 1992). Ook werd in die periode kwaliteitsmanagement in de Japanse industrie verder ontwikkeld van een statistische methode tot een bredere aanpak met managementinstrumenten. Door een lang proces van proefondervindelijke ontwikkeling en verbetering kwam zo een nieuwe overkoepelende management filosofie tot stand die bekend staat als *Lean productie* (Koskela, 1992).

De uitdrukkelijke aandacht voor het voldoen aan de wensen van de klant is geïntegreerd in de Lean filosofie. Het komt er daarbij op neer dat productie in het teken staat van het bieden van waarde aan de klant (Koskela, 2000). Dit principe geldt binnen Lean als het uitgangspunt bij het inrichten van productieprocessen. Het efficiënt uitvoeren van een proces dat enkel ineffektieve eindproducten oplevert blijft een verspilling van middelen en kansen.

Traditionele concept van productie: Transformatie

Als concept is Lean ontstaan vanuit een nieuwe kijk op productieprocessen. Het traditionele transformatieconcept staat volgens Koskela (1992) voor het opdelen van productie in kleinere delen totdat er een aaneenschakeling van taken ontstaat (zie Figuur 12). Alle deeltaken passen binnen het input-transformatie-output model: middelen (materiaal, materieel, arbeid) worden aangewend (input) om de eigenschappen van iets te veranderen (transformatie) en zo een bepaald product te realiseren (output).

Het ontwerpen van een dergelijk proces bestaat uit het bepalen van de middelen en transformaties die nodig zijn om tot het gewenste eindproduct te komen. Om een dergelijk productieproces te optimaliseren wordt binnen dit concept ingezet op het efficiënter uitvoeren van de deelprocessen.

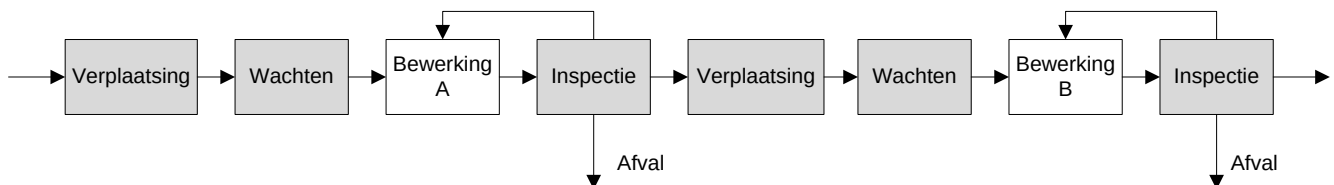


Figuur 12: De conventionele productie filosofie van een productieproces als een transformatieproces dat onderverdeeld kan worden in sub-processen (Koskela, 1992).

Nieuwe concept van productie: Stroomproces

Er kwam echter kritiek op het transformatieconcept van productie. Uit de praktijk bleek dat een productieproces zich beter laat beschrijven in de vorm van een informatie en/of productstroom. Dit stroomconcept van productie gaat volgens Koskela (1992) uit van een duale kijk op productie: *"het bestaat uit transformatie- en stroomactiviteiten. De efficiëntie van productie hangt zowel af van de efficiëntie van de transformatieactiviteiten als van de hoeveelheid en efficiëntie van de stroomactiviteiten die de transformatieactiviteiten mogelijk maken"* (p.15).

In Figuur 13 is een schema weergegeven dat een aantal stappen weergeeft binnen een fictief productieproces. Hierin zijn zowel transformatiestappen (bewerking A en B) als stroomstappen te zien (verplaatsingen, wachten en inspecties).



Figuur 13: Productie als een stroomproces. De grijze blokken staan voor niet-waarde-toevoegende activiteiten. De witte blokken staan voor waardetoevoegende bewerkingsstappen. (naar Koskela, 1992).

De stroomstappen werden door Shingo (1988) *"muda"*, of verspillingen genoemd. Het uitvoeren van deze stappen kost een bepaalde hoeveelheid middelen, maar levert geen toegevoegde waarde op voor de klant. Het is van belang om deze niet-waarde-toevoegende stappen te kunnen onderscheiden van waardetoevoegende stappen, omdat het verhogen van de efficiëntie van deze twee soorten stappen verschillende aanpakken vergen. Alle activiteiten kosten tijd en geld, maar alleen de transformatiestappen zijn waardetoevoegend. Daarmee moet verbetering van stroomstappen gericht zijn op reductie of eliminatie, terwijl verbetering van transformatiestappen gezocht moet worden in efficiëntieverhoging (Koskela, 1992).

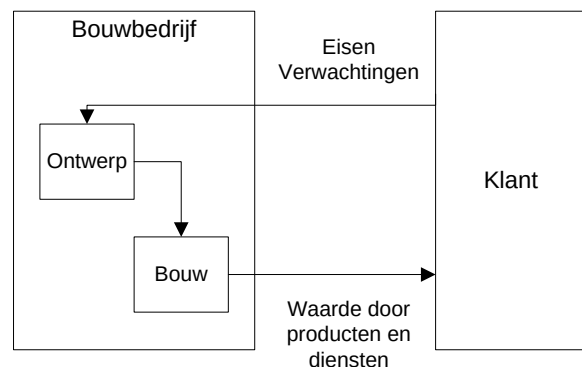
Nieuw concept van productie: Waarde generatie

Het waarde-generatie concept van productie stelt dat het belangrijkste doel van productie het creëren van waarde is, door producten en diensten te realiseren die zo goed mogelijk voldoen aan de wensen en verwachtingen van de klant. Het conceptuele model dat Koskela (2000) hierbij voorstelt is weergegeven in Figuur 14.

Binnen dit concept kwam in de jaren '80 ook aandacht voor het definiëren van interne klanten, oftewel de klant van een bepaald deelproces kan ook het er opvolgende deelproces zijn (dit wordt verder toegelicht in paragraaf 3.2.2). Zo wordt voor elk deelproces niet alleen aandacht besteed aan de rol die het speelt in het vervullen van de wensen van de klant die het eindproduct koopt, maar ook in hoeverre de output van elk van de deelprocessen voldoet aan de wensen van het volgende deelproces (Ishikawa 1985, zoals geciteerd in Koskela, 2000).

Lean productie

Lean productie staat tegenwoordig voor de combinatie van de productieconcepten *stroomprocessen* en *waarde generatie*. Uit deze concepten zijn de twee speerpunten van Lean voortgevloeid: (1) Lean productie staat in het teken van het zo goed mogelijk voldoen aan de behoeften (datgene wat waarde oplevert) van de klant en (2) Lean productie staat in het teken van het continu elimineren van verspillingen binnen productieprocessen.



Figuur 14: Waarde-generatie model (vrij naar Koskela, 2000).

3.2.2 Principes van Lean Bouwen

In de wetenschappelijke literatuur over Lean productie en Lean bouwen zijn een aantal verschillende conceptualisaties beschikbaar. De meest bekende en gerefereerde vorm is *Lean Denken* van Womack en Jones (1996). Lean Denken geeft procesmanagers een vijf-stappen plan waarmee een proces Lean kan worden gemaakt. De vijf stappen moeten continue worden doorlopen om een bepaald proces in lijn te brengen met Lean principes.

Lean denken bestaat uit de vijf stappen die zijn weergegeven in Figuur 15. *Waarde definiëren* moet worden gezien als de eerste stap van Lean denken, maar vervolgens is het een cyclisch proces.



Figuur 15: De vijf stappen van Lean denken (gebaseerd op Womack & Jones, 1996).

1 Definieer waarde vanuit het perspectief van de klant in termen van een eindproduct met bepaalde eigenschappen voor een bepaalde prijs op een bepaald moment

Het is belangrijk om te beginnen met het onderscheiden van waarde en verspilling. Om dat te doen moet vanuit het perspectief van de klant worden omschreven wat waarde precies is. Door waarde duidelijk te definiëren kan in de waardestroom worden bepaald welke activiteiten bijdragen aan het creëren van waarde en welke niet.

2 Identificeer de gehele waardestroom voor elke product of productfamilie

De waardestroom bestaat uit alle specifieke stappen die ondernomen moeten worden om het product van definitiefase naar oplevering te brengen. Het identificeren van deze waardestroom leidt volgens Womack en Jones (1996) vaak tot de ontdekking van een aanzienlijke hoeveelheid verspillingen in de vorm van niet-noodzakelijke stappen, onnodige iteraties en afval gedurende de tijd dat een product vloeit van bedrijf naar bedrijf en van afdeling naar afdeling.

3 Laat de stappen elkaar kort opvolgen en elimineer verspillingen, waardoor het product vloeiend naar de klant stroomt

Het is belangrijk om continu het vloeien van een product door het productieproces te bevorderen. Verspillingen moeten geëlimineerd worden, zowel tussen als binnen de deelstappen. Op basis van de waardestroom kunnen verspillingen worden geïdentificeerd, waarbij de zeven soorten verspilling van Ohno (zoals geciteerd in Fliedner, 2008, zie Tabel 2).

4 Ontwerp en lever wat de klant wil en alleen op het moment dat de klant er om vraagt

Afstemming van het proces op de precieze behoeften van de klant is belangrijk om beter te kunnen voldoen aan de wensen en verwachtingen van de klant. Daarom moet voorkomen worden dat ontwerpen worden gemaakt van producten waar geen vraag naar is en dat er onnodige opslag is van deel- of eindproducten. De klant moet in feite het eindproduct 'uit' het productieproces willen halen in plaats van dat het bedrijf het eindproduct door het proces naar de klant wil 'forceren'.

5 Streef naar perfectie

Na het doorlopen van de eerste vier stappen moet het besef ontstaan dat er geen einde komt aan het proces van het reduceren van de moeite, tijd, ruimte, kosten en fouten, terwijl een product worden geboden dat steeds beter voldoet aan wat de klant echt wil.

Klant perspectief van Lean Bouwen

Lean Bouwen erkent naast de kopende klant nog een type klant: deelprocessen zijn klanten van elkaar. Dit wordt onder andere duidelijk in het volgende gesimplificeerde voorbeeld:



Figuur 16: Illustratie klant perspectief van deelprocessen onderling (zeer gesimplificeerd voorbeeld aan de hand van de praktijk bij SelektHuis).

- De adviseur neemt *abstracte en concrete behoeften* af van de klant en vertaalt deze naar een realiseerbaar concept plan
- De tekenaar neemt het *concept* af van de adviseur en vertaalt deze naar realiseerbare bouwtekeningen
- De werkvoorbereider neemt de *bouwtekeningen* af van de tekenaar en bereidt de bouwwerkzaamheden voor
- De projectbegeleider neemt het *voorbereide werk* af van de werkvoorbereider en draag zorg voor de realisatie van de woning
- De klant neemt *de woning* af van de projectbegeleider en wordt voorzien in zijn behoeften

De klantrelaties tussen de processen maken duidelijk dat elk van de partijen niet enkel voor zichzelf werkt. Een succesvol proces houdt in dat iedere partij rekening houdt met de deelprocessen die verderop in de stroom worden uitgevoerd. Het is de taak van de betrokken partijen om met bovenstroomse partijen te communiceren en deze afstemming blijvend te verbeteren. Deze Lean werkwijze beperkt zich niet tot binnen organisaties, maar kan ook worden toegepast binnen de bouwketen als geheel; bouwbedrijven zijn klanten van leveranciers en sloopbedrijven zijn klanten van bewoners en bouwbedrijven.

Verspillingen in productieprocessen

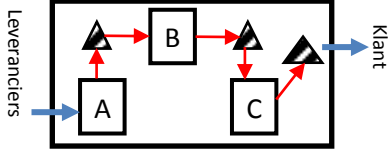
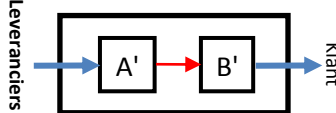
Taiichi Ohno (1912-1990), een Japanse zakenman die werkte bij Toyota, publiceerde in 1988 zijn boek *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. In dit boek, dat een van de fundamenteën van Lean (productie) is, beschreef Ohno zeven soorten verspillingen die optreden in productieprocessen. Inclusief de aanvulling van een achtste verspilling: *onbenutte kennis en kunde* door Womack in de begin jaren '90 levert dit het volgende overzicht op:

Tabel 2: Acht soorten verspillingen in productieprocessen (Ohno, zoals geciteerd in Flidner, 2008).

#	Verspilling	Definitie
1	Overproductie	Eerder, sneller of in grotere hoeveelheden produceren dan nodig. Dit type verspillingen brengt vaak andere soorten verspillingen met zich mee
2	Defecten	Een product of onderdeel dat vanuit het oogpunt van de klant niet voldoet aan de kwaliteitsstandaard
3	Onnodig transport	Onnodige verplaatsing van producten, dat zorgt voor extra transportkosten en onnodig risico op schade
4	Overbewerking	Wanneer meer werk wordt uitgevoerd dan nodig is voor de klant, of wanneer middelen worden ingezet die complexer, preciezer of duurder zijn dan noodzakelijk
5	Onnodige voorraad	Grondstoffen, deelproducten of eindproducten waaraan op dat moment geen extra waarde wordt toegevoegd
6	Wachten	Arbeid of materiaal dat op een bepaald moment moet wachten voordat het wordt ingezet
7	Onnodige beweging	Schade aan de producerende entiteit in de vorm van slijtage aan materieel en fysieke belasting voor werknemers, met bijkomend risico op materiële of fysieke schade door ongelukken
8	Onbenutte kennis/kunde	Onderpresterende werknemers, door taken die geen recht doen aan het niveau van kennis en kunde. De beschikbare potentie wordt zo niet maximaal benut.

Om de toepassing van de stappen van Lean Denken te verduidelijken is in Tabel 3 een fictief voorbeeld opgenomen van een productieproces waarop ter optimalisatie Lean Denken wordt toegepast. Het voorbeeld is gesimplificeerd ten opzichte van daadwerkelijke productieprocessen, echter het maakt duidelijk dat verspillingen in verschillende vormen voor kunnen komen in elke willekeurig productieproces.

Tabel 3: Voorbeeld toepassing Lean Denken op een fictieve case.

Toepassing van de vijf stappen van Lean Denken	
0 Uitgangssituatie Bedrijf X is een producent van ventilatiepijpen. Deze pijpen worden gemaakt uit twee op maat gezaagde zinken delen, die worden gesoldeerd tot één afvoerpijp. De ventilatiepijp zorgt ervoor dat ventilatielucht van binnen de woning door het dak naar buiten kan ontsnappen. De productie van een pijp bestaat uit een drietal stappen: het op maat afkorten van de zinken elementen (activiteit A in Figuur 17), het solderen van de twee elementen tot één pijp (activiteit B in Figuur 17) en het afwerken van de complete afvoerpijp (activiteit C in Figuur 17). Na elk van de drie bewerkingsstappen wordt een kleine voorraad opgebouwd (gearceerde driehoeken in Figuur 17).	
 Figuur 17: Processchema afvoerpijpen (fictief), [A] = afkorten, [B] = solderen,	
1 Definiëren van waarde Zoals gesteld door Womack en Jones is de eerste stap van Lean denken het definiëren van waarde vanuit het perspectief van de klant (Howell & Ballard, 1998). Uit navraag bij de bestaande klanten blijkt dat de afvoerpijpen met name worden gebruikt bij rieten daken. Bij dergelijke toepassingen bevindt de pijp zich niet in het zicht. De klant definieert waarde als “een afvoerpijp van degelijke kwaliteit, snel geleverd en tegen een lage prijs”, esthetica is daarbij niet van belang aangezien de pijpen niet in het zicht worden geplaatst.	
2 Inventarisatie van de waarde stroom De waarde stroom bestaat uit alle specifieke stappen die ondernomen moeten worden om het product van definitiefase naar oplevering te brengen (Rother & Shook, 1999). Bedrijf X bestudeert de waarde stroom en stelt vast dat deze nog niet geheel is afgestemd op de wensen van de klant. Zo wordt duidelijk dat PVC wellicht een beter materiaal is, aangezien dit goedkoper en sneller te verwerken is. De esthetische kwaliteit van zink komt bij rieten daken niet naar voren en daarom is dit voordeel van de bestaande materiaalkeuze niet relevant. De waarde stroom kan door middel van een andere materiaalkeuze worden veranderd zodat met minder stroomstappen meer waarde kan worden gecreëerd.	
3 Vloeiend proces creëren Bedrijf X bedenkt de volgende Lean maatregelen om het proces vloeiender te maken. ▪ Verspilling - Overbewerking - Het gebruik van zink biedt voor de huidige klanten geen toegevoegde waarde. De toepassing van PVC is kostentechnisch een beter alternatief. Bijkomend voordeel is dat PVC direct op maat kan worden gegoten en daarna enkel dient te worden afgewerkt. Met deze maatregel neemt het aantal processtappen af van drie naar twee stappen. ▪ Verspilling - Onnodige voorraden - De nieuwe productie PVC pijp activiteit A' en de activiteit afwerking PVC pijp B' worden in lijn uitgevoerd zonder wachttijd of tussentijdse opslag van deelproducten, waardoor de tijdelijke voorraden tussen de activiteiten vervallen. ▪ Verspilling - Onnodig transport - Door de eliminatie van voorraden vervalt ook het transport van en naar de voorraden. Hiermee neemt de procesefficiëntie toe; er kan meer tijd worden besteed aan de waardetoevoegende activiteiten. ▪ Verspilling - Overproductie - Er wordt niet langer op voorraad geproduceerd, producten worden wanneer zij gereed zijn direct klaargemaakt voor transport en naar de klant overgebracht. Fysieke en financiële schade door overproductie zijn niet langer aan de orde.	
 Figuur 18: Processchema nieuw [A'] = op maat gieten PVC,	
4 Pull proces creëren Productie wordt ingericht zodat de productiesnelheid wordt gedreven door het pull principe. De klant bepaalt de productieomvang en snelheid en “trekt” daarmee het eindproduct uit het proces. Er wordt geproduceerd wat wordt gevraagd, niet per definitie wat maximaal geproduceerd kan worden.	

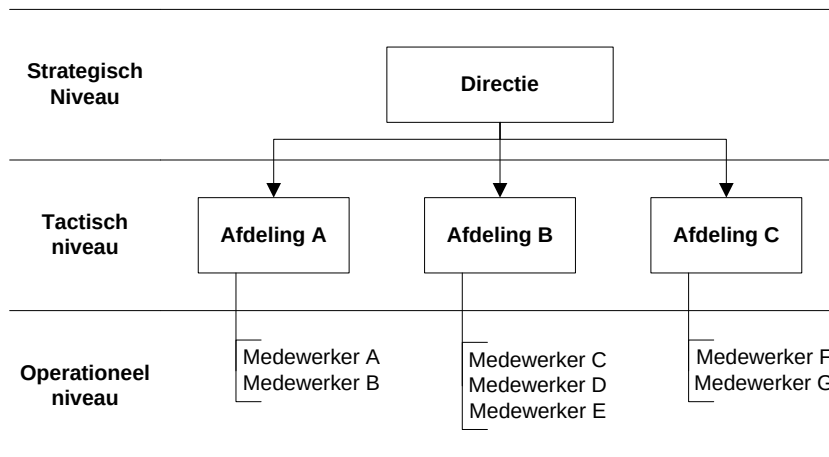
5 Perfectie nastreven

De vijfde stap van Lean Denken stelt dat een proces nooit volledig geoptimaliseerd is en daardoor moet continu worden gestreefd naar verder perfectionering van bestaande processen. De vier andere stappen van Lean Denken dienen dan ook doorlopend te worden uitgevoerd binnen bedrijf X om het productieproces steeds efficiënter te maken.

3.3 Bedrijfskundige factoren

In de voorgaande paragrafen is een theoretische uiteenzetting gegeven van de concepten Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen. In deze paragraaf wordt hier een organisatorisch element toegevoegd, welke ervoor zorgt dat de synthese van de twee concepten specifiek kan worden toegespitst op de gelaagdheid van een bouworganisatie.

Een bouwbedrijf met een traditionele, hiërarchische organisatiestructuur bestaat uit een aantal horizontale lagen (bv. gelijkwaardige afdelingen) en verticale lagen (bv. werknemer, hoofd van de afdeling, bedrijfsleider, directeur). Deze lagen (zie Figuur 19) maken duidelijk welke verantwoordelijkheden elke persoon binnen de organisatie heeft en hoe de verhoudingen liggen tussen de verschillende functies. In hoofdlijnen kunnen drie verticale lagen worden onderscheiden: strategisch management, tactisch management en operationeel management (Griffin, 2013).



Figuur 19: Bedrijfsstructuur met drie niveaus: strategisch, tactisch en operationeel.

Boven in de hiërarchie, op strategisch niveau, bevindt zich de directie of het topmanagement van het bedrijf. Op dit niveau worden de beslissingen gemaakt die te maken hebben met de algemene bedrijfsvoering. Het tweede niveau is het tactische niveau, waarbij op afdelingsniveau maatregelen worden genomen om specifieke strategische doelen te kunnen bereiken. Het derde en laagste niveau is het operationeel niveau. Op dit niveau worden maatregelen getroffen op specifieke tactische doelen te bereiken. Daarbij gaat het vaak om de korte termijn en om maatregelen met een beperkte scope (Griffin, 2013).

In de literatuur van Lean Bouwen en Duurzaam Bouwen wordt door verschillende auteurs het belang duidelijk gemaakt van een bedrijfsbrede implementatie van de concepten. De verschillende lagen binnen de organisatie hebben ieder een rol te vervullen in een succesvolle implementatie van één of beide concepten. Zo stellen Alarcon en Diethelm (2001) dat vanuit het strategisch niveau van belang is dat het duidelijke signalen afgeeft om het gehele bedrijf te motiveren en committeren aan het nieuwe concept. Dit geldt ook voor het middenmanagement, de afdelingshoofden moeten vanuit het strategisch niveau worden aangestuurd en de ruimte krijgen voor het verricht van hun rol in de implementatie. Op het operationele, uitvoerende niveau moeten de voorgenomen maatregelen tot gerealiseerde verbeteringen leiden. De drie niveaus hebben verschillende rollen te vullen om de bedrijfsdoelen (waaronder Lean & Green Bouwen) te kunnen realiseren (Griffin, 2013).

3.4 Synthese: Lean & Green Bouwen

In deze paragraaf worden de concepten Duurzaam en Lean Bouwen bij elkaar gebracht in de vorm van een synthese. Hierbij zal eerst kort worden ingegaan op de verschillen tussen de concepten, waarna het concept Lean & Green Bouwen wordt uitgewerkt.

3.4.1 Verschillen tussen Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen

Duurzaam Bouwen gaat op een aantal vlakken verder dan Lean Bouwen in de manier waarop het bouwprocessen verbeterd, maar Lean Bouwen gaat op andere vlakken juist verder dan Duurzaam Bouwen. Een aantal van deze verschillen zijn:

- Het perspectief van Duurzaam Bouwen is breder dan het perspectief van Lean Bouwen. Waar Lean Bouwen zich met name richt op procesoptimalisatie op bedrijfsniveau en de externe omgeving buiten beschouwing laat, richt Duurzaam Bouwen zich op het zo goed mogelijk voldoen aan de behoeften van de huidige klant, maar zonder dat dit ten koste gaat van de mogelijkheden voor klanten in de toekomst. Duurzaam Bouwen kijkt dus verder dan het belang van enkel bouwbedrijven en klanten.
- Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen leggen een andere nadruk als het gaat om *people, planet, prosperity* en *project*. Duurzaam Bouwen is ontwikkeld vanuit de noodzaak om negatieve milieueffecten van menselijke activiteiten te reduceren en klimaatverandering tegen te gaan. Daarmee ligt de nadruk bij Duurzaam Bouwen in de eerste plaats op het *milieu/planet* aspect. Zoals besproken in paragraaf 3.2 ligt de focus van Lean Bouwen niet op de consequenties van bouwactiviteiten op het milieu, maar vooral de effecten op interne bedrijfsvoering (het voorkomen van verspillingen) en de tevredenheid van de kopende klant.
- Duurzaam Bouwen streeft ten alle tijden naar balans. In tegenstelling tot Lean Bouwen, waar efficiëntie en klanttevredenheid centraal staan, blijft Duurzaam Bouwen een constante afweging tussen *people, planet, prosperity* en *project* aspecten. Duurzaam Bouwen is daarmee in feite ambitieuzer en breder. Bij Duurzaam Bouwen wordt erkend dat een maatregel die positieve effecten heeft op een bepaald vlak (bijvoorbeeld een verlaagde milieubelasting van een deelproces) negatieve effecten kan hebben op een ander vlak (bijvoorbeeld hogere kosten). Bij Lean Bouwen geldt in feite dat elke maatregel, die ervoor zorgt dat de klant beter wordt bediend of dat er minder verspillingen optreden in het proces, geoorloofd is.
- Waar Duurzaam Bouwen de nadruk legt op milieuaspecten, gaat het bij Lean Bouwen vooral om efficiënt bouwen, zowel ten behoeve van het bouwbedrijf als van de kopende klant. Optimalisatie moet zorgen voor een win-win situatie voor zowel de klant als het bedrijf. Het bedrijf wil efficiënt werken en de klant wil een efficiënt gerealiseerd waardetoevoegend product. Dit efficiëntie doel gaat voorbij aan het belang van de toekomstige klant of mogelijke negatieve effecten op *people, planet, prosperity* en *project*. Maar vanuit bedrijfsoogpunt, wanneer duurzaamheid geen bedrijfsdoel is, kan gesteld worden dat Lean Bouwen puur in het belang van bedrijf en klant werkt en dus interessant is voor vrijwel alle soorten bedrijven.
- Vanuit bedrijfsperspectief heeft Lean Bouwen een duidelijkere focus op het behalen van financiële voordelen en op het maximaal voldoen aan de behoeften van de huidige klant. Duurzaam Bouwen stelt grenzen aan de mogelijkheden om te voldoen aan de behoeften van de huidige klant, omdat dit ten koste zou kunnen gaan van de mogelijkheden van toekomstige generaties. Vanuit de kopende klant geredeneerd kan Duurzaam Bouwen dus barrières opleveren voor de vervulling van eisen en wensen, terwijl Lean Bouwen juist aanmerkt dat er in feite geen grenzen zijn en dat de wensen van de klant daadwerkelijk centraal staan.

3.4.2 Synthese van Duurzaam en Lean Bouwen: Lean & Green Bouwen

Ondanks de genoemde verschillen tussen de concepten zijn er ook vlakken waarop Duurzaam en Lean Bouwen elkaar versterken. Dit blijkt onder andere uit onderzoek van Ahuja (2013) en Lapinski, Horman & Riley (2006). Om te verduidelijken dat in dit rapport wordt gekeken naar de synthese van de twee concepten, is ervoor gekozen om hieraan de term Lean & Green Bouwen te verbinden.

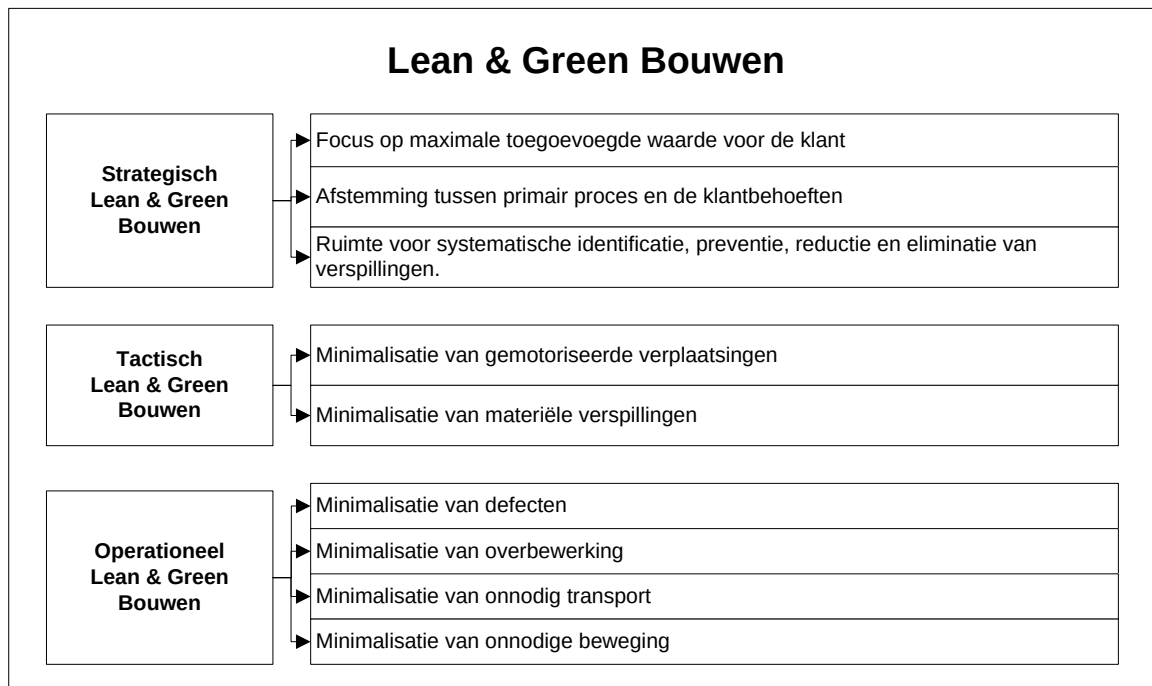
Definitie Lean & Green Bouwen

"Het zonder verspillingen realiseren van bouwobjecten, die voor de klant maximale waarde vertegenwoordigen, zonder dat de mogelijkheden van toekomstige generaties om te voldoen aan hun behoeften negatief worden beïnvloed door de impact van alle activiteiten die worden ondernomen om de realisatie ervan mogelijk te maken".

(gebaseerd op BOOM SI, 2006 en Terry & Smith 2011).

Lean & Green Bouwen is erop gericht om verduurzaming en Lean procesoptimalisatie samen te brengen. Daarbij worden de principes van Duurzaam Bouwen in acht genomen, maar bepalen de Lean elementen dat dit niet ten koste mag gaan van het maximaliseren van waarde voor de klant en dat hiermee geen verspillingen mogen worden toegevoegd. Andersom geldt dat Lean principes waar mogelijk worden geïmplementeerd, maar zonder dat dit ten koste gaat van de *people, planet, prosperity* en *project* elementen die vanuit Duurzaam Bouwen van belang zijn. Evenwichtige optimalisatie is dan ook een van de verwachte gevolgen van de implementatie van Lean & Green Bouwen.

Wanneer de hiërarchische bedrijfsstructuur (strategisch, tactisch en operationeel) samen wordt gebracht met de elkaar versterkende elementen van Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen ontstaat het conceptuele model van Lean & Green Bouwen, dat is weergegeven in Figuur 20. Hierin zijn op strategisch niveau drie principes, op tactisch niveau twee principes en op operationeel niveau vier principes van Lean & Green Bouwen vastgelegd.



Figuur 20: Conceptueel model van Lean & Green Bouwen

Strategisch Lean & Green Bouwen

Het eerste niveau binnen het model is het strategisch niveau van Lean & Green Bouwen. Dit niveau beschrijft welke zaken er op bedrijfsstrategisch niveau noodzakelijk zijn om Lean & Green Bouwen mogelijk te maken binnen het gehele bedrijf. De volgende drie elementen zijn hierbij vastgesteld en onderzocht (in Hoofdstuk 4).

1. *Het bouwproces is erop gericht om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de kopende klant en het milieu en faciliteert een zo goed mogelijke afstemming tussen deelprocessen;*
2. *Het bouwproces is voldoende flexibel om op een efficiënte manier in te spelen op de specifieke behoeften van de klant; en*
3. *Het bouwproces biedt ruimte voor systematische identificatie, preventie, reductie en eliminatie van verspillingen.*

1. *Het bouwproces is erop gericht om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de kopende klant en het milieu en faciliteert een zo goed mogelijke afstemming tussen deelprocessen;*

Het eerste element van strategisch Lean & Green Bouwen is dat bouwprocessen zo moeten zijn ingericht, dat hiermee specifieke en volledige kennis wordt opgebouwd wat betreft de behoeften van de kopende klant, het milieu (vanuit Duurzaam Bouwen) en deelprocessen onderling (vanuit Lean Bouwen).

Vanuit de theorie van Duurzaam Bouwen geldt dat moet worden voorzien in de behoeften van de huidige generatie, zonder dat dit ten koste gaat van de behoeften van toekomstige generaties (Boom-SI, 2006). Het is daarbij belangrijk om zo volledig mogelijk in te spelen op de behoeften, om de mogelijke negatieve effecten van bouwactiviteiten te beperken tot dat wat waarde oplevert voor de huidige generatie. Beide concepten maken duidelijk dat het niet alleen de kopende klant is die wordt beïnvloed door de bouwprocessen van het bouwbedrijf. Bij Duurzaam Bouwen wordt de impact erkend op de aspecten *people, planet, prosperity* en *project* (Boom-SI, 2006). Bij Lean Bouwen gaat het om de interne klanten van een bouwproces: de deelprocessen zijn klanten van elkaar (Koskela, 1994). Wanneer beide concepten bij elkaar worden gebracht is het dus van belang dat het bouwproces erop is gericht om zo goed mogelijk te voldoen aan alle 'klanten' van het proces.

Binnen een bouwproces dat voldoet aan de principes van Lean & Green Bouwen wordt er voor gezorgd dat er niet alleen kennis wordt opgebouwd over de precieze behoeften van de kopende klant, maar dat ook duidelijk wordt hoe de behoeften van het milieu en van deelprocessen onderling in acht worden genomen. Door dit te doen kan de toegevoegde waarde van het bouwproces worden vergroot.

2. *Het bouwproces is voldoende flexibel om op een efficiënte manier in te spelen op de specifieke behoeften van de klant*

Het verkrijgen van volledig en specifiek inzicht in de behoeften van de kopende klant, het milieu en deelprocessen onderling is niet voldoende. Om Lean & Green te bouwen moet het bouwproces ook in staat zijn om de behoeften van de klant zo goed mogelijk te vertalen in een ontwerp en bouwobject en wel op zo'n manier dat verspillingen tot een minimum beperkt worden). De bouwmethode moet daarom flexibel zijn, om een zo breed mogelijk scala aan klantenbehoeften te kunnen vervullen, echter zonder dat dit ten koste gaat van de efficiëntie.

Wanneer een bouwproces vanuit Duurzaam Bouwen niet in staat is om maximale waarde te bieden, is er sprake van gemiste kansen en bijkomende verspillingen. In de eerste plaats moet de kopende klant zo veel mogelijk waarde worden geboden. Voor een bedrijf is dit belangrijk, aangezien zij de klant graag aan zich willen binden. Daarnaast moet het bouwproces ook in staat stellen om de behoeften van het milieu zo veel mogelijk in acht te nemen (Philips & Reichart, 2000). Zo moet er

bijvoorbeeld een duidelijk beeld zijn bij de huidige milieu-impact van het bouwproces en moet het bouwproces erop gericht zijn om negatieve impact op het milieu verder terug te dringen. Hetzelfde geldt voor deelprocessen als klanten onderling. Een Lean & Green bouwproces biedt mogelijkheden voor regelmatige analyse van de afstemming tussen deelprocessen. Zo zou er bijvoorbeeld een proces-optimalisatieteam kunnen zijn die regelmatig onderzoekt waar kansen liggen voor verbetering van de afstemming tussen deelprocessen.

3. *Het bouwproces biedt ruimte voor systematische identificatie, preventie, reductie en eliminatie van verspillingen.*

Het derde element van strategisch Lean & Green Bouwen is dat bouwprocessen zo moeten zijn ingericht dat er ruimte wordt geboden om op een systematische manier verspillingen in verschillende vormen te kunnen voorkomen, reduceren of elimineren.

Lean Bouwen is een concept dat is voortgekomen uit de bevinding dat alle productieprocessen deels bestaan uit verspillende activiteiten. Zelfs binnen een gecontroleerde fabrieksomgeving worden activiteiten uitgevoerd die geen waarde toevoegen voor de klant (Koskela, 1994). Ook Duurzaam Bouwen stelt dat verspillingen zo veel mogelijk moeten worden gereduceerd, vanuit het uitgangspunt dat bouwactiviteiten een negatieve milieu-impact kunnen hebben.

Een Lean & Green bouwproces biedt ruimte voor systematische preventie, reductie en eliminatie van verspillingen. De manier waarop dit in de praktijk kan worden gebracht kan zeer uiteenlopen. Zo kan een bedrijf kan ervoor kiezen om binnen ieder bouwproces activiteiten in te bouwen die erop gericht zijn om verspillingen te identificeren. Een andere optie is dat vanuit een bepaalde functie of in teamverband systematisch wordt geanalyseerd waar verspillingen optreden binnen de deelprocessen. Ongeacht de gekozen vorm moet een Lean & Green bouwbedrijf zich systematisch inzetten voor een zo hoog mogelijke procesefficiëntie.

De strategische component bij dit element is dat vanuit de hoogste managementlagen de gehele organisatie moet worden gemotiveerd om verspillingen vast te stellen, te melden en om tot maatregelen te kunnen komen die deze verspillingen oplossen. Het strategisch management heeft hierin een voortrekkersrol. Vanuit de aangenomen Lean & Green gedachte moeten zij medewerkers het goede voorbeeld geven en motiveren om optimalisatiemogelijkheden aan te dragen en te benutten.

Tactisch Lean & Green Bouwen

Het tweede niveau binnen het model is het tactisch niveau van Lean & Green Bouwen. Dit niveau beschrijft welke zaken er op afdelingsniveau aanwezig moeten zijn om te spreken van Lean & Green Bouwen. Daarbij geldt dat ondersteuning vanuit het strategische niveau aanbevolen is en dat de tactische Lean & Green maatregelen ook doorgevoerd worden op operationeel niveau (o.a. Alarcón & Diethelm, 2001). De volgende twee elementen komen vanuit zowel Duurzaam als Lean Bouwen naar voren en moeten op tactisch niveau worden behandeld om te kunnen spreken van een tactisch Lean & Green Bouwend bedrijf:

- *Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsing; en*
- *Minimalisatie van materiële verspillingen.*

1. Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsing

Het eerste element van tactisch Lean & Green Bouwen is dat verplaatsing, met name gemotoriseerde verplaatsing, binnen bouwprocessen zo veel mogelijk moet worden voorkomen. Gemotoriseerde verplaatsing is niet waardetoevoegend (negatieve *prosperity* effecten en niet-Lean), zorgt voor milieubelasting (bv. uitlaatgassen op *planet*) en veroorzaakt mogelijk onnodige veiligheidsrisico's (kans op ongelukken - *people* aspect).

Gemotoriseerde verplaatsingen zijn binnen Duurzaam Bouwen met name verspillend, omdat zij gepaard gaan met emissies die het milieu aantasten. Zo is het vrachtvervoer van bouwgerelateerde materialen verantwoordelijk voor een significant deel van de emissies die worden veroorzaakt door wegverkeer (CBS, 2012b). Bij gemotoriseerde verplaatsing kan ook gedacht worden aan verplaatsing van bouwmaterialen op de bouwplaats. Hierbij gaat het onder andere om het gebruik van (mobiele) kranen, heftrucks en hoogwerkers. Deze soorten gemotoriseerde verplaatsing brengen naast emissies ook veiligheidsrisico's met zich mee (*people* aspect van duurzaamheid) en kunnen overlast geven in de omgeving van de bouwplaats (stremming van verkeer, geluidsoverlast, *project* aspect van duurzaamheid). Binnen Lean Bouwen worden alle soorten verplaatsingen als verspilling aangemerkt (Koskela, 1994). De verplaatsingen voegen geen waarde toe voor de klant en leveren dus geen extra waarde op. Met betrekking tot verspillingen zijn binnen Lean Bouwen met name de tijd en kosten die gepaard gaan met gemotoriseerde verplaatsing van belang.

2. Minimalisatie van materiële verspillingen

Het tweede element van tactisch Lean & Green Bouwen is dat materiële verspillingen, veroorzaakt door bouwprocessen, zo veel mogelijk moet worden voorkomen. Materiële verspillingen zorgen onder andere voor onnodige kosten (negatief effect op het *prosperity* aspect van Duurzaam Bouwen en niet-Lean) en milieubelasting (negatief effect op het *planet* aspect van Duurzaam Bouwen).

Materiële verspillingen zijn binnen Duurzaam Bouwen meer dan alleen onnodige kosten in de bouwfase. Een verspilling van materiaal betekent dat: (1) de grondstoffenwinning van het materiaal niet noodzakelijk was, (2) de productieactiviteiten niet verricht hadden hoeven worden, (3) het materiaal onnodig besteld is, (4) het materiaal niet getransporteerd had hoeven worden en (5) het materiaal niet bij de bouwpleeg terecht had hoeven komen. De bijkomende negatieve effecten van deze onnodige handelingen hadden dus ook voorkomen kunnen worden. Duurzaam Bouwen stelt dat materiële verspilling pure verspillingen zijn en dat zuinig moeten worden omgegaan met grondstoffen. Ook Lean Bouwen stelt dat materiële verspillingen onwenselijk zijn. Wanneer een proces afval oplevert, betekent dit dat het proces niet goed genoeg is afgestemd op de precieze behoeften van de klant. De klant wil enkel betalen voor waardevolle producten, terwijl de moeite en tijd die werd gestoken in bouwafvalverwerking beter gebruikt had kunnen worden om waardetoevoegende activiteiten uit te voeren.

Binnen een bouwproces dat voldoet aan de principes van Lean & Green Bouwen geldt dat er kennis is over de huidige mate van materiële verspillingen die worden veroorzaakt door het bouwproces en dat er wordt geïnvesteerd in het verder terugdringen van deze soort verspilling.

Operationeel Lean & Green Bouwen

Het derde niveau binnen het model is het operationeel niveau van Lean & Green Bouwen. Dit niveau beschrijft waarvan er op "werkvloer" niveau sprake moet zijn om te spreken van Lean & Green Bouwen. Daarbij is het van belang dat er ondersteuning vanuit strategisch en tactisch niveau is, aangezien veel keuzes op dit niveau al op de andere niveaus zijn vastgelegd.

- *Minimalisatie van verspillingen*

De toegevoegde waarde van bouwproces wordt gerealiseerd op operationeel niveau. Medewerkers van een bouwbedrijf zorgen vanuit hun functie voor bijvoorbeeld het in kaart brengen van klantbehoeften, het maken van bouwtekeningen en de realisatie van de woning. Daar komt bij dat ook de negatieve effecten van bouwprocessen op dit niveau worden veroorzaakt. Om deze reden is minimalisatie van verspillingen en dus het efficiënt uitvoeren van operationele activiteiten van belang om te kunnen spreken van Lean & Green Bouwen.

Vanuit Lean Bouwen is het belangrijk dat een bouwactiviteit voorziet in een zo hoog mogelijke toegevoegde waarde, met daarbij zo min mogelijk verspillingen (Koskela, 1994). Duurzaam Bouwen stelt dat onnodige negatieve effecten van bouwactiviteiten voorkomen moeten worden. Op operationeel niveau moet dus, ondersteund vanuit het strategisch en tactisch niveau, effectieve en efficiënte activiteiten worden ontplooid.

Binnen een bouwproces dat voldoet aan de principes van Lean & Green is sprake van activiteiten die zo veel mogelijk waardetoevoegend zijn en zo min mogelijk verspillend. Het behalen van een zo hoog mogelijke procesefficiëntie staat centraal en wordt op een systematische manier aangepakt.

4 Strategisch Lean & Green Bouwen

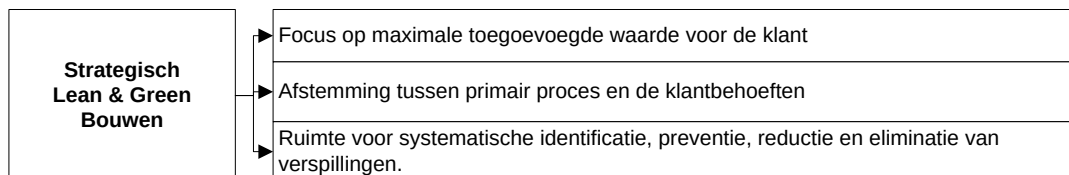
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het strategisch niveau van Lean & Green Bouwen. Het theoretische model uit Hoofdstuk 3 is hierbij in de praktijk onderzocht bij SelektHuis. De onderzoeksvraag die centraal staat in dit hoofdstuk is:

Hoe kan een primair bouwproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Allereerst zal een korte inleiding worden gegeven op de manier waarop strategisch Lean & Green Bouwen is onderzocht bij SelektHuis (§4.1). Vervolgens wordt het primaire proces van SelektHuis beschreven met behulp van stroomschema's (§4.2), waarna de bevindingen worden behandeld met betrekking tot de drie principes van strategisch Lean & Green Bouwen (§4.3, §4.4 en §4.5). Tot slot wordt de onderzoeksvraag van dit hoofdstuk beantwoord (§4.6).

4.1 Inleiding

Vanuit de synthese tussen Duurzaam en Lean Bouwen van Hoofdstuk 3 is vastgesteld dat een bouwproces Lean & Green is wanneer dit proces het bedrijf in staat stelt om:



Figuur 21: Principes van strategisch Lean & Green Bouwen.

Voordat dat strategisch Lean & Green Bouwen kan worden behandeld zal allereerst inzicht worden gegeven in het primaire proces van het bedrijf. Dit proces is in kaart gebracht door middel van een documentenonderzoek. Hierbij zijn de ISO 9001 documenten bestudeerd en zijn diverse interviews afgenomen met medewerkers van verschillende afdelingen (zie Bijlage F). De combinatie van documentenonderzoek en interviews heeft het mogelijk gemaakt om gedetailleerde processchema's op te stellen die in de praktijk worden doorlopen.

Na het in kaart brengen van het primaire proces worden de drie principes van strategisch Lean & Green Bouwen behandeld. Met behulp van een waardeonderzoek is bepaald in hoeverre het primaire proces het bedrijf in staat stelt om een volledig en juist beeld van klantbehoeften te bepalen (§ 4.3). Vervolgens wordt met behulp van het primaire processchema en de informatie vanuit een interview met een commercieel adviseur van SelektHuis (I.W. Dorst) bepaald in hoeverre het primaire proces flexibel genoeg is om in te spelen op de specifieke klantwensen van de huidige SelektHuis klant (§4.4). Het derde en laatste principe van strategisch Lean & Green Bouwen wordt behandeld vanuit de processchema's en een praktijkvoorbeeld welke naar voren is gekomen uit een interview met een voorman van een bouwplaat van SelektHuis (J. Voortman).

4.2 Het primaire SelektHuis-proces

SelektHuis begeleidt particuliere klanten van begin tot eind bij het realiseren van een vrijstaande woning. Daarmee neemt het de rol op zich van adviseur, architect, constructeur en aannemer. Het werkproces van SelektHuis bestaat hiermee uit verschillende stappen, die worden uitgevoerd binnen verschillende afdelingen. In Figuur 22 is hiervan een stroomschema opgenomen. De rechthoekige blokken geven de belangrijkste deelprocessen aan die worden doorlopen. De parallellogrammen geven aan welke documenten de overgang vormen tussen de deelprocessen.

Het eerste deelproces van het primaire SelektHuis proces is *Acquireren*. Dit proces is gericht op het verkrijgen van opdrachten door middel van het uitvoeren van het verkoopbeleid en het vastleggen van de wensen van de klant. Doel van het deelproces is het bereiken van mondeling akkoord met de klant om het tekenproces op te starten (ontwerpaanvraag).

Vervolgens wordt het deelproces *Ontwerpen plan* gestart, waarbij via een schets- en definitief ontwerp wordt toegewerkt naar definitieve bestektekeningen passend bij de wensen van de klant, goedgekeurd door de gemeente en een getekende (aannemings)overeenkomst.

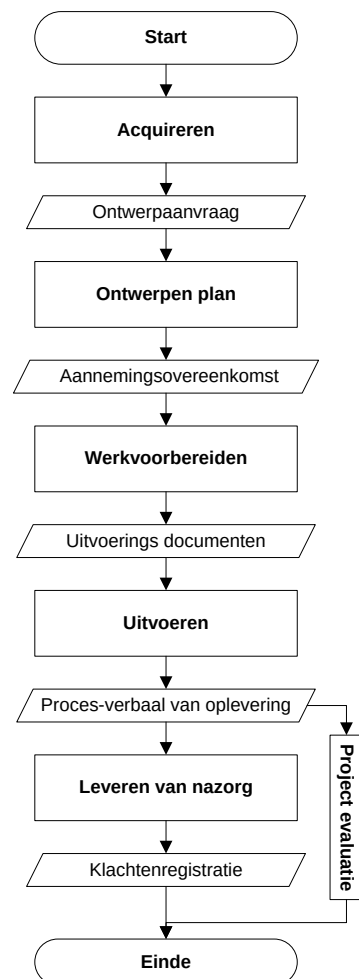
Daarna start het deelproces *Werkvoorbereiden*, wat inhoudt dat materiaalhoeveelheden worden bepaald, besteld en gepland, zodat zij op het juiste moment tijdens de uitvoeringsfase beschikbaar zijn. De fase eindigt als de uitvoeringsdocument compleet zijn.

Het deelproces *Uitvoeren* wordt vervolgens doorlopen conform de gemaakte bestektekeningen en andere vastgelegde klantwensen. Na controle wordt de woning opgeleverd en wordt hiervan proces-verbaal opgemaakt.

Na oplevering blijft SelektHuis contact houden met de klant in de vorm van het deelproces *Leveren van nazorg*. Hiermee worden eventuele opmerkingen of klachten van de klant verwerkt en afgehandeld. Ondertussen worden steekproefsgewijs *projectevaluaties* uitgevoerd om het werkproces doorlopend te toetsen en te verbeteren.

Deelprocessen

Het primaire SelektHuisproces kan worden gekarakteriseerd als serieel: de deelprocessen zijn opeenvolgend (van Dale, 2013). Dit betekent dat er in een regulier project geen terugkoppeling plaatsvindt tussen de deelprocessen, maar dat de deelprocessen een serie vormen. De onderliggende deelprocessen (*acquireren*, *ontwerpen plan*, *werkvoorbereiden* etc.) zijn ook in detail in kaart gebracht. In bijlage B zijn hiervan uitgebreide stroomschema's opgenomen. De bevindingen op deelprocesniveau zijn relevant voor SelektHuis, maar vallen buiten de scope van dit afstudeerrapport.



Figuur 22: Stroomschema van het primaire SelektHuis proces.

4.3 Inzicht in de behoeften van de klant

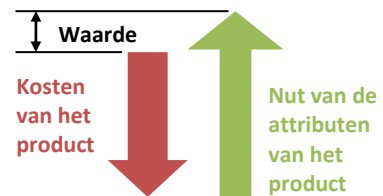
Het eerste element van Lean & Green Bouwen dat van belang is op strategisch niveau is een volledig en juist beeld bij behoeften van de klant, het milieu en deelprocessen onderling (zie §3.4.2). Om te kunnen beoordeling in hoeverre sprake is van Lean & Green Bouwen op dit strategisch element zal eerst de term *waarde* worden behandeld. Vervolgens wordt onderzocht op welke manier SelektHuis de behoeften van de klant, het milieu en deelprocessen onderling in kaart brengt.

Inleiding op de betekenis van de term *waarde*

Om te kunnen bepalen wat de term *waarde* inhoudt voor de SelektHuis klant moet eerst duidelijkheid bestaan over wat in dit rapport wordt verstaan onder de term waarde. Hiervoor is de definitie van Zeithaml (1988) als uitgangspunt genomen:

“Waarde is de algehele beoordeling van de klant over het nut van het product, gebaseerd op de percepties van datgene dat wordt ontvangen en datgene dat daarvoor wordt opgegeven”. (vrij naar Zeithaml, 1988 p.14)

Het gaat er dus om dat de klant afweegt wat hij moet opgeven (monetair of niet monetair) ten opzichte van wat hij er voor terug krijgt en dus in hoeverre het product nuttig is voor de klant. In Figuur 23 is hiervan een visuele weergave opgenomen. Wanneer het nut van de attributen van het product de kosten van het product overstijgt kan gesproken worden van een product met waarde. Bij gelijke kosten en nut heeft het product geen waarde en wanneer de kosten het nut overschrijden heeft het product een negatieve waarde en is het niet verkoopbaar.



Figuur 23: Visuele weergave van waarde, naar Zeithaml (1988).

Het beïnvloeden van de waarde van een product kan op twee manieren: (1) door het verminderen van wat de klant moet opgeven om het product te verkrijgen of (2) door het verbeteren van de prestaties van het product, als de klant dit nodig acht, wil en daarvoor wil betalen (Miles, 1972).

Een wijdverspreid denkbeeld over waarde en kwaliteit is dat *meer* altijd beter is, oftewel hoe beter de prestaties van het product op elk aspect, hoe groter de klanttevredenheid. Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji (1984) stellen echter dat dit principe onjuist is. Waarde en kwaliteitsaspecten kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën: basisfactoren, prestatiefactoren en enthousiasmerende factoren (zie Tabel 4 en Figuur 24). Afhankelijk van het type factor en de huidige klanttevredenheid kan worden bepaald of maatregelen een positief effect kunnen hebben op de waarde van een product.

Tabel 4: Drie soorten waardefactoren van Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji, (1984).

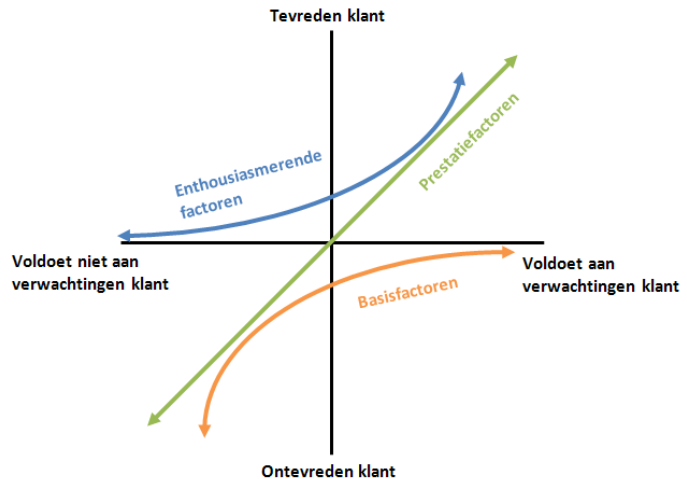
Factoren	Beschrijving
Basis factoren	Minimale eisen die zorgen voor ontevredenheid als zij niet worden vervuld, maar die niet leiden tot klanttevredenheid als zij wel worden vervuld of overtroffen. Het vervullen van basis eisen is noodzakelijk, maar niet voldoende voor klanttevredenheid. De klant neemt basisfactoren aan als randvoorwaarden en verwacht dan ook dat hieraan geheel wordt voldaan. Om deze reden noemen klanten basisfactoren dan ook vaak niet expliciet.
Prestatie factoren	Factoren die leiden tot klanttevredenheid als zij worden vervuld of overtroffen, echter als zij niet worden vervuld kan dit leiden tot klantontevredenheid. Verbetering van deze factoren heeft daarmee in alle situaties positieve effecten op klanttevredenheid.
Enthousiasmerende factoren	Factoren die klanttevredenheid vergroten als eraan wordt voldaan, maar waarbij de klant niet ontevreden zal zijn als er niet aan voldaan wordt. Impliciet hecht de klant wel waarde aan deze factoren, maar de klant is zich hier niet van bewust. Pas wanneer aan de enthousiasmerende factor wordt voldaan merkt de klant dit op en stijgt de klanttevredenheid.

In bijlage C is een drietal voorbeelden opgenomen van de verschillende soorten waardefactoren.

De drie soorten factoren die ten grondslag liggen aan klanttevredenheid zijn belangrijk in de context van Lean. Lean streeft ernaar de waarde voor de klant te maximaliseren.

Met betrekking tot basisfactoren geldt dat aan alle basisvoorwaarden moet worden voldaan, maar dat het een verspilling is om hierin extra te investeren als de klant al tevreden is (dit levert immers geen extra tevredenheid of waarde op).

Voor prestatiefactoren geldt dat verbeteringen altijd zullen leiden tot meer klanttevredenheid en dus meer waarde voor de klant.



Figuur 24: Visuele conceptualisatie van de waardefactoren van Kano (gebaseerd op Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji, 1984).

Tot slot geldt voor enthousiasmerende factoren dat hiermee alleen extra waarde voor de klant kan worden gecreëerd wanneer in voldoende mate kan worden voldaan aan de behoeften van de klant. Vanaf dat punt leiden verbeteringen van enthousiasmerende factoren tot toenemende klanttevredenheid en dus extra toegevoegde waarde.

1. Waarde vanuit de SelektHuis klant

Om inzicht te krijgen in welke factoren belangrijk zijn voor een SelektHuis klant is een waardeonderzoek uitgevoerd. Dit waarde onderzoek is erop gericht om te bepalen wat waarde betekent voor de kopende klant en of er binnen de organisatie sprake is van een eenduidig beeld van deze klantbehoeften.

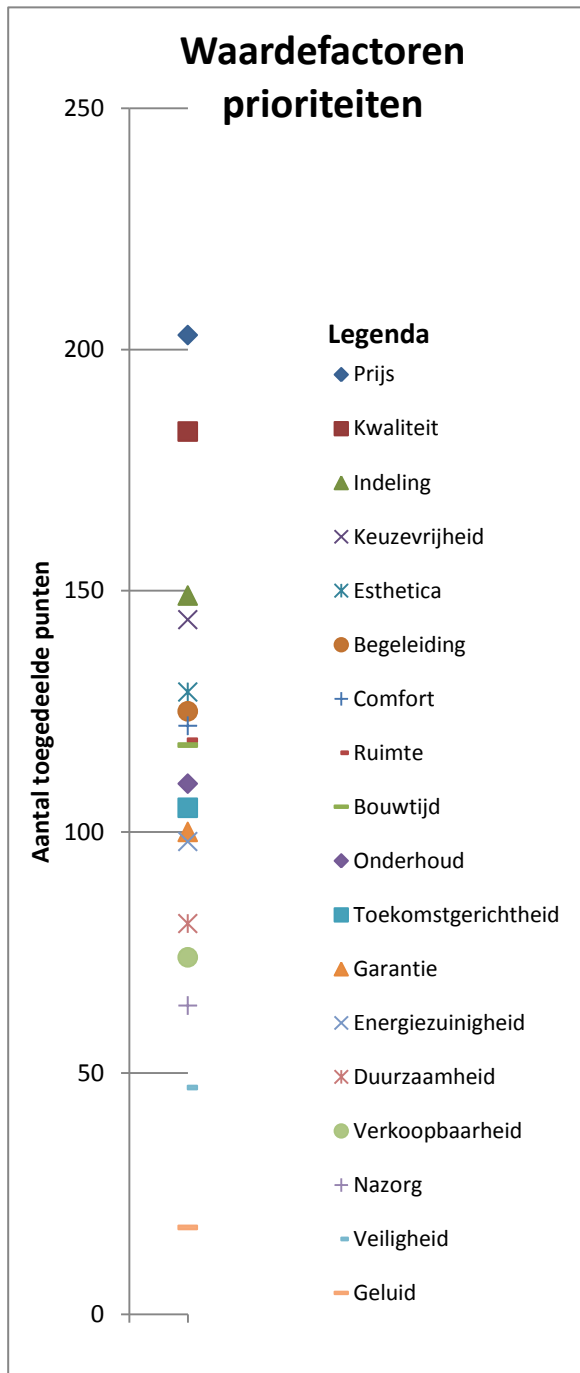
In het waardeonderzoek is eerst, door middel van brainstormen en overleg met een commercieel adviseur, een lijst van 18 mogelijke waardefactoren opgesteld. Vervolgens is binnen de organisatie aan 15 medewerkers gevraagd of zij de 18 factoren wilden beoordelen en aan wilden geven welke prioriteiten de klant hierin volgens hen legt (een gedetailleerde uitwerking van dit waardeonderzoek is opgenomen in Bijlage D). Van de 15 benaderde medewerker hebben er 13 gereageerd.

De algemene resultaten van het waarde-onderzoek zijn weergegeven in Tabel 5. In deze tabel is de prioritisatie te zien van de factoren volgens de 13 respondenten (2 medewerkers reageerden niet). Daarnaast is in de rechterkolom opgenomen welke conclusies getrokken kunnen worden over het type factor. Wanneer geen eenduidige conclusie kan worden getrokken is dit aangegeven met de term *onbekend*.

Tabel 5: Algemene resultaten waardefactoren onderzoek.

#	Waardefactor	Type factor	#	Waardefactor	Type factor
1	Prijs	■ Prestatie	10	Onderhoud	■ Onbekend
2	Kwaliteit	■ Basis of Prestatie	11	Toekomstgerichtheid	■ Prestatie
3	Indeling	■ Prestatie	12	Garantie	■ Basis
4	Keuzevrijheid	■ Enthousiasmerend	13	Energiezuinigheid	■ Prestatie
5	Esthetica	■ Enthousiasmerend	14	Duurzaamheid	■ Onbekend
6	Begeleiding	■ Onbekend	15	Verkoopbaarheid	■ Enthousiasmerend
7	Comfort	■ Basis of Prestatie	16	Nazorg	■ Prestatie
8	Ruimte	■ Basis	17	Veiligheid	■ Basis
9	Bouwtijd	■ Basis of Prestatie	18	Geluid	■ Basis

Vier factoren die direct gerelateerd zijn aan Lean & Green Bouwen zijn *prijs*, *bouwtijd*, *energiezuinigheid* en *duurzaamheid*. Prijs blijkt een prestatiefactor te zijn, waaruit gesteld kan worden dat het altijd loont om kostenbesparende maatregelen door te voeren. Bouwtijd is een basis- of prestatiefactor, waarmee onzekerheid bestaat over de vraag of extra bouwtijdverkortening lonend is. Energiezuinigheid wordt ingeschat als prestatiefactor, waarmee energiebesparende maatregelen altijd extra waarde opleveren voor de klant.



Figuur 25: Scores waardefactoren (gerangschikt op toegedeelde punten).

Wat betreft de factor *Duurzaamheid* kan geen conclusie worden getrokken, want er kan geen eenduidig beeld worden vastgesteld van hoe de klant hier precies tegenover staat. Dit kan voor het bedrijf een interessante vervolgvraag zijn, om op basis van de uitkomsten van nader onderzoek te bepalen in hoeverre Duurzaam Bouwen vanuit het perspectief van de klant interessant is.

In Figuur 25 is ter illustratie een visuele weergave opgenomen van de resultaten van het waardeonderzoek. De factor die de respondent het belangrijkste vindt heeft daarbij 18 punten gekregen en de minst belangrijke factor 1 punt. Wanneer dit voor de 13 respondenten wordt samengevoegd ontstaat de verdeling zoals in de figuur. Daarbij is de spreiding te zien tussen de resultaten en wordt duidelijk hoe de factoren zich tot elkaar verhouden.

Prijs, en vervolgens *kwaliteit*, blijken de belangrijkste factoren te zijn. Vervolgens worden *indeling* en *keuzevrijheid* het vaakst bovenaan de lijst geplaatst. Daarna is een brede middenmoot te zien van de factoren *esthetica*, *begeleiding*, *comfort*, *ruimte*, *bouwtijd*, *onderhoud*, *toekomstgerichtheid*, *garantie* en *energiezuinigheid*. *Duurzaamheid*, *verkoopbaarheid* en *nazorg* vallen buiten deze middenmoot en worden dus als minder belangrijk ingeschat. De twee minst belangrijke van de 18 factoren zijn volgens de ondervraagden *veiligheid* en *geluid*.

De betekenis van het begrip *waarde* moet vanuit dit perspectief gezien worden als een brede afweging tussen de verschillende factoren. Om een werkbare definitie te realiseren zal echter de nadruk worden gelegd op de vier belangrijkste factoren die volgen uit het onderzoek:

“Een betaalbare woning van goede kwaliteit, met een naar wens ontworpen indeling en uitgebreide keuzevrijheid.”

Tabel 6: Gemiddelde scores en standaardafwijkingen.

Waardefactor	Gemiddelde score (1-18)	Standaard afwijking
Prijs	2,4	1,7
Kwaliteit	3,9	3,7
Indeling	6,5	4,0
Keuzevrijheid	6,9	5,4
Esthetica	8,1	3,9
Begeleiding	8,4	5,3
Comfort	8,6	3,0
Ruimte	8,8	5,7
Bouwtijd	8,9	4,0
Onderhoud	9,5	3,1
Toekomstgerichtheid	9,9	4,7
Garantie	10,3	3,8
Energiezuinigheid	10,5	3,5
Duurzaamheid	11,8	5,3
Verkoopbaarheid	12,3	5,0
Nazorg	13,1	4,1
Veiligheid	14,4	3,1
Geluid	16,6	2,1

Wanneer de gemiddelde scores en de standaardafwijkingen van het waardeonderzoek worden bekeken valt op dat er voor de meeste factoren een standaardafwijking wordt gevonden met een waarde tussen 3.0 en 5.0. Alleen de belangrijkste en minst belangrijke factoren hebben een relatief lage standaardafwijking. Dit betekent dat de respondenten het hierover eens waren.

Het feit dat de antwoorden van de respondenten uiteenlopend waren kan een aantal oorzaken hebben. Zo kan het zo zijn dat de gemiddelde klant niet bestaat, of dat deze verschillend is per vestiging van SelektHuis.

Het is echter duidelijk dat binnen een bouwproject niet vooraf gesteld kan worden welke factoren prioriteit hebben voor de klant. Hiermee wordt het belang van investeren in het correct en volledig definiëren van klantbehoeften vanuit de praktijk bevestigd.

2. Waarde voor het milieu

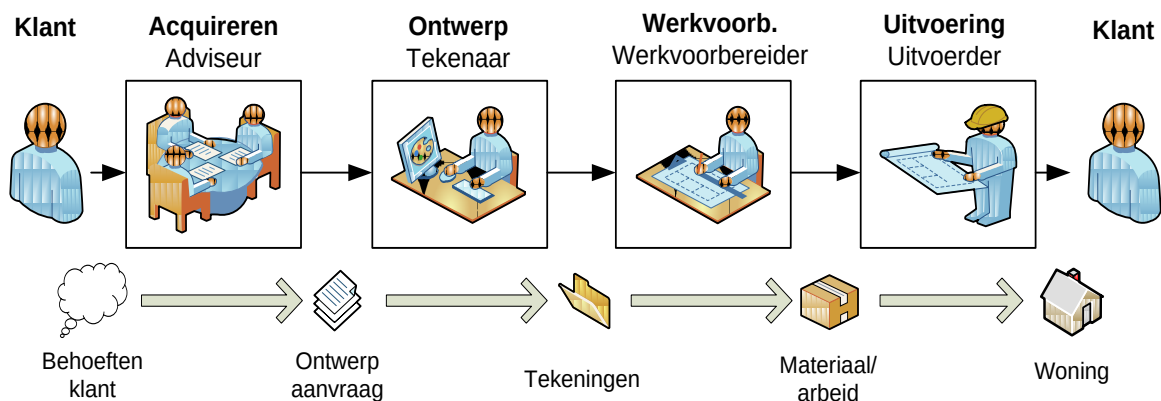
Zoals besproken in Hoofdstuk 3 moet binnen Lean & Green Bouwen niet alleen aandacht worden besteed aan behoeften van de kopende klant, maar ook aan die van het milieu. De manier waarop hier bij SelektHuis invulling wordt gegeven is als volgt:

SelektHuis spreekt de ambitie uit om in toenemende mate Duurzaam te bouwen. Dit komt onder andere naar voren op de website van het bedrijf: *"Door duurzaam te bouwen laat SelektHuis zien nadrukkelijk haar verantwoording te nemen als toonaangevende woningbouwer van Nederland. We staan voor een "gezonde" toekomst voor volgende generaties, maximaal wooncomfort en verlaging van het energieverbruik"* (SelektHuis, 2013). Het onderwerp duurzaamheid en de erkenning van het milieu als indirecte klant komt echter niet naar voren binnen de ISO-9001 documentatie van het primaire SelektHuis proces (zie bijlage B). Dit maakt dat een erkenning van het belang van het milieu een impliciete doelstelling blijft. Uit analyse van de SelektHuis praktijk blijkt echter wel dat één medewerker zich 16 uur per week bezig houdt met het onderwerp *Energie & Duurzaamheid*, waarbij hij zich richt op het verduurzamen van de SelektHuis woningtypes en de standaard bouwmethode (M. de Graaf, persoonlijke communicatie, 11-04-2013). Deze strategische keuze, het vrijmaken van tijd voor deze werkzaamheden, duidt op een zeker erkend belang van Lean & Green Bouwen.

3. Waarde binnen deelprocessen

Zoals gesteld in paragraaf 3.2.2 kunnen deelprocessen ook klanten van elkaar zijn. De output van bepaalde deelprocessen dient dan als input voor het volgende deelproces (Koskela, 1994). Om verspillingen te voorkomen is het van belang om hierin afstemming te realiseren. Per deelproces moet bepaald worden welke behoeften er zijn met betrekking tot materiaal- en informatiestromen, om de deelprocessen zo vloeiend mogelijk te laten verlopen.

Figuur 26 laat zien hoe de deelprocessen van SelektHuis klanten van elkaar zijn: de adviseur overlegt met de klant en *produceert* een ontwerpaanvraag, de tekenaar *neemt deze af* en produceert tekeningen, welke vervolgens *worden afgenomen* door de werkvoorbereider. Daarmee is de adviseur klant van de kopende klant, de tekenaar is klant van de adviseur, de werkvoorbereider van de tekenaar, enzovoort. Daarmee is er in feite sprake van een keten van klanten. Hoe beter het *product* van elke stap voldoet aan de wensen van het opvolgende deelproces, hoe hoger de *waarde* en hoe efficiënter het *proces*.



Figuur 26: Visuele illustratie bij waarde binnen de deelprocessen van SelektHuis, waarbij de deelprocessen klanten van elkaar zijn.

SelektHuis erkent deelprocessen op dit moment niet als klanten van elkaar. Het primaire proces wordt doorlopen, waarbij de verschillende afdelingen de schakels vormen van begin tot einde. Het ISO-9001 proces laat een duidelijk afgebakend proces zien van fase tot fase. Wat echter niet expliciet duidelijk wordt is hoe ervoor wordt gezorgd dat proces steeds beter op elkaar aansluiten. Vanuit het oogpunt van Lean & Green Bouwen is het wenselijk dat hierin expliciete keuzes worden gemaakt.

4.4 Voorzien in de behoeften van de klant

Het tweede principe van Lean & Green Bouwen op strategisch niveau is het kunnen bieden van datgene wat de klant wil. Het bouwproces moet in staat zijn om de behoeften van de klant zo goed mogelijk te vertalen in een ontwerp en realiseerbare woning en wel op zo'n manier dat dit minimale verspillingen oplevert. De bouwmethode moet daarbij flexibel zijn om een zo breed mogelijk scala aan klanten te kunnen bedienen, maar moet tegelijkertijd ook efficiënt blijven. Op deze manier is het proces in staat om Lean en Duurzaam Bouwen zo goed mogelijk te waarborgen.

Het SelektHuis-proces laat zien dat er sprake is van een serieel proces. Er zijn duidelijke procesfasen onderscheiden en de taken zijn functioneel gescheiden. In principe is er weinig contact tussen de afdelingen; binnen een perfect uitgevoerd SelektHuis proces is het juist zo dat er zo min mogelijk contact is, de afdelingen kunnen zich dan richten op datgene waar zij waarde mee creëren. Op deze manier is er sprake van Lean Bouwen, er wordt gestreefd naar een vloeiend ontwerpproces waaraan doorlopend waarde wordt toegevoegd (Koskela, 1994). Een serieel organisatiemodel, als dat van SelektHuis, heeft als voordeel dat het op een industriële, snelle manier eindproducten kan opleveren.

SelektHuis is in staat om de voordelen van standaardisatie te combineren met de voordelen van aanpassingen op basis van klantwensen. Standaardisatie, in de vorm van een aantal standaardontwerpen, geeft SelektHuis de mogelijkheid om kennis en kunde op te bouwen welke in vrijwel alle projecten kunnen worden gebruikt. De expertise die met ieder project wordt vergroot zorgt ervoor dat SelektHuis de ontwerp- en bouwkosten en de ontwerp- en bouwtijd kan beperken, om zo op een snelle manier nieuwe woningen te kunnen realiseren met een goede prijs-

kwaliteitverhouding. De mogelijkheden van een klant om de woning af te stemmen op de eigen woonwensen zijn zeer uitgebreid, maar ook in bepaalde mate ingeperkt tot dat wat past binnen het SelektHuis-systeem. Daarmee ontstaat een zekere mate van flexibiliteit, maar zonder dat dit ten koste gaat van de efficiëntie binnen het ontwerp- en bouwproces en zonder dat dit zorgt voor onvoorziene, buitenproportionele, kosten. Dit biedt voordelen voor zowel de klant als het bedrijf; lage kosten, gewaarborgde kwaliteit en een voorspelbaar, snel, en betrouwbaar (bouw) proces.

Een seriële inrichting van een proces kan echter ook nadelen met zich meebrengen. Hierin speelt complexiteit een belangrijke rol. Klanten van SelektHuis hebben in toenemende mate complexere behoeften. Waar SelektHuis zich tot aan het begin van de crisis (2008-2009) kon veroorloven om te complexe of van het systeem afwijkende klantbehoeften af te wijzen, is dit sindsdien niet meer mogelijk. Dit heeft ertoe geleid dat SelektHuis zich op een breder scala aan klanten heeft gericht. De marktomstandigheden die hieraan ten grondslag liggen zijn onder andere:

- De krimp van de bouwsector (Cobouw, 2013), waardoor er voor potentiële klanten keuze is wat betreft bouwbedrijven. Daarmee komt SelektHuis eerder in aanmerking voor projecten die normaal niet direct bij het bedrijf zouden worden aangeboden.
- De beperkte kredietverlening van banken voor potentiële klanten, waardoor particulieren geen, dan wel minder, geld kunnen lenen om een huis te laten bouwen (Cobouw, 2013). Zoals een commercieel adviseur van SelektHuis stelt: *de klant "Jan Modaal" van vroeger, die een hoge hypotheek kon nemen en een vrijstaand huis liet bouwen omdat iedereen dat wilde en kon etc. durft nu vaak niet meer of kan het nu niet meer gefinancierd krijgen* (I.W. Dorst, commercieel adviseur, persoonlijke communicatie 24-09-2013).
- Veel particulieren die willen bouwen zijn meer uitgesproken dan de klanten van voor de financiële crises, zij hebben dan ook specifiekere behoeften:
"De particulieren die wel durven te bouwen in deze onzekere tijd, hebben vaak een ander karakter dan de gemiddelde SelektHuis-klant van vroeger. Zij hebben een duidelijke eigen wil en willen vaak niet opgelegd krijgen dat iets niet kan. Waar dit soort klanten vroeger bouwden met een architect van faam, zien zij zich nu vaak genoodzaakt om hiervan af te zien en voor een partij als SelektHuis te kiezen. Hiermee wordt SelektHuis geconfronteerd met klanten met speciale en aparte ontwerpen die voor de financiële crisis elders zouden worden neergelegd" (I.W. Dorst, commercieel adviseur, persoonlijke communicatie 24-09-2013).

Bovenstaande veranderingen hebben niet geleid tot een drastische verandering van het SelektHuis-systeem. Ook in relatie tot de mate van Duurzaam en Lean Bouwen is het belangrijk om hier aandacht aan te besteden. De projecten worden over het algemeen complexer, waarmee waarde-maximalisatie voor de klant wordt bemoeilijkt. Ook is het aannemelijk dat de complexiteit een factor is in de mate van verspillingen binnen processen. Zo vergroot de beperkte ervaring met complexe ontwerpelementen de kans op fouten en overbewerking en kan het bedrijf minder voordeel halen uit haar gestandaardiseerde werkwijze en methode. Wat betreft Duurzaamheid is het ook aannemelijk dat de *complexe klant* andere wensen en mogelijkheden heeft op dit vlak dan de klant die dicht bij het reguliere SelektHuis systeem blijft. Zo heeft de *complexe klant* in de regel een groter budget en zijn er dus ook meer mogelijkheden om duurzame elementen in te bouwen die extra initiële investeringen vergen.

Om de te verwachten financiële resultaten van project te kunnen bepalen wordt in de regel vooral gekeken naar het kortingspercentage dat wordt geboden op de door de commercieel adviseur berekende offerte- en aanneemsom. Het is aan de commercieel adviseur om voor SelektHuis een gunstige kortingspercentages overeen te komen met de klant, dus zo laag mogelijke kortingen, maar wel op zo'n manier dat er zo min mogelijk potentiële klanten worden verloren (I.W. Dorst, commercieel adviseur, persoonlijke communicatie 24-09-2013).

Wanneer op bovenstaande manier een inschatting van de potentiële winstgevendheid wordt gemaakt dan impliceert dit dat in principe geen rekening wordt gehouden met de complexiteit van het bouwplan. Door minder aandacht te besteden aan de mogelijke risico's van een complex project kunnen zich hier problemen voordoen. Juist ook vanwege de complexer wordende klantwensen. Een groeiend aandeel klantenwensen kan niet gemakkelijk binnen het SelektHuis systeem worden uitgewerkt. Dit kan zorgen voor een verlengd ontwerpproces, meer noodzakelijke afstemming met overheidspartijen, meer voorbereidingswerk, meer uitvoeringsuren etc. Het in het voortraject juist definiëren van klantwensen is hierbij cruciaal, maar wordt ook bemoeilijkt door de complexiteit ervan. De seriële procesinrichting die dan standaard wordt toegepast kan ontoereikend zijn om in voldoende mate de daadwerkelijke behoeften van de klant vast te stellen.

Om deze reden is het wenselijk dat SelektHuis kritisch kijkt naar haar seriële proces en nagaat of deze in voldoende mate flexibel is om alle klanten te kunnen bedienen. Wellicht dat een andere procesinrichting voor complexe projecten het gemakkelijker maakt om in te spelen op specifieke klantbehoeften.

4.5 Intentie om verspillingen te voorkomen

Het derde en laatste element van Lean & Green Bouwen dat is geïdentificeerd binnen dit onderzoek is dat in het bouwproces ruimte moet worden geboden voor systematische identificatie, preventie, reductie en eliminatie van verspillingen. Dit element is kort onderzocht binnen de processchema's van SelektHuis en er is gesproken met een medewerker die inzicht gaf in de informele gang van zaken op dit gebied.

Het tot op zekere hoogte gestandaardiseerde SelektHuis proces heeft ertoe geleid dat het bedrijf het bouwproces over de tijd heeft kunnen verbeteren. De ervaring die is opgebouwd met uiteenlopende projecten maakte incrementele verbeteringsmaatregelen mogelijk. Daarnaast wordt binnen afdelingsvergaderingen de ruimte geboden aan medewerkers om zich uit te spreken over mogelijke verbeterpunten (SelektHuis, 2013). Het nadeel van het seriële proces is echter wel dat de raakvlakken tussen de verschillende deelprocessen de verantwoordelijkheid zijn van twee verschillende afdelingen binnen het bedrijf die op hun eigen manier werken. Uit de theorie van Lean & Green Bouwen blijkt dat deze afstemming tussen processen van groot belang is; deelprocessen moeten zo goed mogelijk op elkaar aansluiten om verspillingen te voorkomen.

Bovenstaand kan worden geïllustreerd met een voorbeeld uit de praktijk bij SelektHuis. Een voorman van een bouwploeg van afdeling Rijssen laat weten dat de afstemming tussen tekenkamer en bouwploeg belangrijk is. De bouwploeg is hierbij in feite klant van de tekenkamer; zij nemen de bouwtekeningen af van de bouwkundig tekenaar en moeten met behulp van de tekening in staat zijn de woning te realiseren. De voorman merkt op dat het voorheen erg lastig was om opmerkingen over bouwtekeningen naar de tekenkamer te communiceren (bijvoorbeeld in het geval dat een getekend bouwelement in de praktijk niet gerealiseerd kan worden). De bouwkundig tekenaar werd dus niet op de hoogte gesteld van de foute manier van tekenen en hield daarmee vast aan de bestaande, foute manier. Daarbij moesten de bouwploegen creatief zijn en steeds bedenken welke oplossingen wel realiseerbaar waren in de praktijk. De afstemming tussen de afdelingen verbeterde echter toen een uitvoerder de taak op zich nam om de schakel te vormen tussen de bouwploegen en de tekenkamer. Juist vanwege de kennis en ervaring als uitvoerder kon deze medewerker in overleg met de tekenkamer verbeteringen doorvoeren in het tekenproces, waarmee de afstemming tussen tekening en praktijk werd verbeterd.

Bovenstaand praktijkvoorbeeld laat zien dat verspillingen kunnen worden voorkomen door de processen op een juiste manier in te richten. Systematische optimalisatie wordt mogelijk gemaakt door hiervoor op strategisch (en tactisch) niveau ruimte te maken.

4.6 Deelconclusie

In deze paragraaf wordt op basis van de bevindingen bij SelektHuis antwoord gegeven op de tweede onderzoeksvraag, die is toegespitst op het strategisch niveau:

Hoe kan een primair bouwproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Om een primair bouwproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen te verbeteren moet vanuit strategisch niveau nadruk worden gelegd op het maximaliseren van klantbehoeften en daarbij een bouwprocesinrichting waarin verspillingen zo veel mogelijk worden voorkomen, gereduceerd of geëlimineerd.

Het uitgangspunt bij het verbeteren van een primaire proces moet zijn dat het proces het bedrijf in staat stelt om de specifieke klantbehoeften zo juist en volledig mogelijk vast te stellen. Zo blijkt bij SelektHuis dat er geen eenduidig beeld is bij de behoeften van een gemiddelde SelektHuis-klant. Een logische verklaring hiervoor kan zijn dat de gemiddelde SelektHuis-klant niet bestaat, maar deze bevinding betekent ook dat het niet precies duidelijk is welke factoren ervoor zorgen dat klanten voor SelektHuis kiezen. Gezien de seriële procesinrichting is het voor SelektHuis wenselijk om in de beginfase van het bouwproces, met name als er sprake is van een complex project, meer nadruk te leggen op het definiëren van de klantbehoeften en deze gedurende het gehele project centraal te stellen. Kennisvergaring van klantbehoeften zorgt echter op zichzelf niet voor Lean & Green Bouwen, hiervoor moeten daadwerkelijke verbeteringsmaatregelen worden getroffen.

Om Lean & Green te bouwen moet het primaire bouwproces zo efficiënt mogelijk de klantbehoeften vertalen in ontwerpen en bouwwerken. Wat betreft het voorzien in klantbehoeften blijkt uit de bevindingen van het onderzoek bij SelektHuis dat de karakteristieken van de groep potentiële klanten over de tijd is veranderd (voornamelijk door de financiële crisis). Met name in complexe projecten blijkt dat het bedrijf moeite heeft om zo efficiënt mogelijk in te spelen op deze complexe klantbehoeften. Om met deze verandering om te gaan en de mate van Lean & Green Bouwen op dit punt te vergroten moet SelektHuis strategische keuzes maken. Het bedrijf kan er bijvoorbeeld voor kiezen om de groep potentiële klanten in te perken tot de groep die kan worden bediend door het huidige primaire proces, of het bedrijf kan haar manier van werken verrijken met een manier waarmee ook andere potentiële klanten kunnen worden bediend. Op dit punt wordt duidelijk dat het voor een bedrijf van belang is om een juiste afstemming te realiseren tussen het primaire proces en de klanten (en klantbehoeften) die het bedrijf wil aanspreken. Een onbalans zorgt ervoor dat er verspillingen (niet waardetoevoegende procesonderdelen) optreden die vanuit Lean & Green Bouwen onwenselijk zijn. Daarnaast kan het inzicht in de klantbehoeften helpen om te bepalen in hoeverre het bouwproces waardetoevoegend is en welke verspillingen optreden. Door de onderdelen van het primaire proces te onderzoeken op de manier waarop zij bijdragen aan het bieden van waarde voor de klant, wordt duidelijk hoe verbeteringen vastgesteld kunnen worden. Op dit moment worden al verspillingen opgelost op een niet-systematische manier, maar door bijvoorbeeld het klantperspectief tussen deelprocessen centraal te stellen kunnen verdere stappen worden gezet om de mate van Lean & Green Bouwen te vergroten.

Het conceptuele model van (strategisch) Lean & Green Bouwen is getoetst bij SelektHuis. Hieruit is naar voren gekomen dat het eerste principe van strategisch Lean & Green Bouwen een randvoorwaarde is om de andere twee principes in de praktijk te kunnen brengen; wanneer de klantbehoeften in detail zijn vastgelegd kan de toegevoegde waarde (het tweede principe van Lean & Green Bouwen) en de mate van verspilling binnen het primaire proces worden bepaald (het derde principe van Lean & Green Bouwen) en kunnen maatregelen worden getroffen. Het definitieve model, dat wordt gepresenteerd in paragraaf 7.2, zal deze onderverdeling binnen strategisch Lean & Green Bouwen benadrukken.

5 Tactisch Lean & Green Bouwen

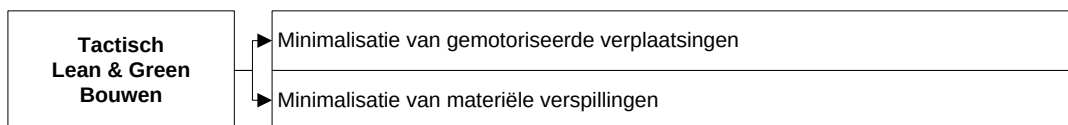
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het tactisch niveau van Lean en Green Bouwen. Het theoretische model uit Hoofdstuk 3 is hierbij in de praktijk getoetst bij SelektHuis. Door middel van onderzoek op het gebied van de onderwerpen *logistiek* en *bouwafval* wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag:

Hoe kunnen deelprocessen rondom logistiek en bouwafval vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Allereerst zal een korte inleiding worden gegeven op de manier waarop tactisch Lean & Green Bouwen is onderzocht bij SelektHuis (§5.1). Vervolgens worden de bevindingen behandeld wat betreft de twee principes van tactisch Lean & Green Bouwen (§5.2 en §5.3), waarna de onderzoeksvraag van dit hoofdstuk wordt beantwoord (§5.4).

5.1 Inleiding

Waar in Hoofdstuk 4 is ingegaan op de inrichting van bouwprocessen als geheel (op strategisch niveau), wordt in dit hoofdstuk de nadruk gelegd op het niveau van deelprocessen. Hierbij kan onder andere onderscheid worden gemaakt in bepaalde thema's binnen bouwprocessen (bijvoorbeeld energiegerelateerde processen) en in afdelingen van een bouworganisatie (bijvoorbeeld processen met betrekking tot inkoop). Dit deelprocesniveau, dat verder zal worden aangeduid als het tactisch niveau van Lean & Green Bouwen, is bij SelektHuis verder onderzocht.



Figuur 27: Principes van tactisch Lean & Green Bouwen.

Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsingen

In de eerste plaats zijn de deelprocessen onderzocht die te maken hebben met logistiek. Zoals beschreven in Hoofdstuk 3, zijn transportgerelateerde processen een belangrijk speerpunt binnen Lean & Green Bouwen. Transport als activiteit voegt namelijk geen waarde toe, maar brengt wel verschillende soorten verspillingen met zich mee.

Om inzicht te krijgen in de mate van Lean & Green Bouwen wat betreft logistiek processen, is door middel van documentenonderzoek en een interview met de verantwoordelijke medewerker in kaart gebracht welke logistieke processen precies door SelektHuis worden gecoördineerd (zie Bijlage F). Vervolgens is vanuit het perspectief van Lean & Green Bouwen bekeken welke aandachtspunten en verbeteringen doorgevoerd kunnen worden.

Minimalisatie van materiële verspillingen

Naast de logistieke processen zijn ook de processen met betrekking tot bouwafval onderzocht. Bouwafval is een direct waarneembare verzameling van verspillingen, welke binnen Lean & Green Bouwen geminimaliseerd dient te worden. Materiële verspillingen die niet op de bouwplaats plaatsvinden (bv papierverspilling op kantoor) zijn binnen dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

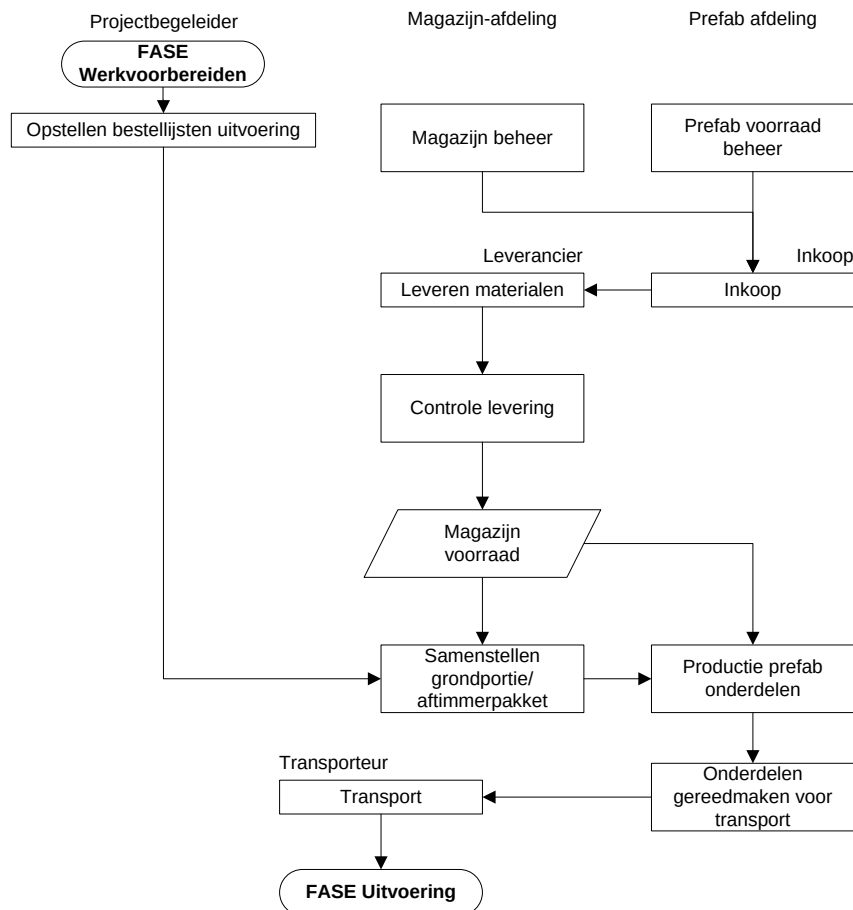
Om inzicht te krijgen in de praktijk wat betreft bouwafval is een kwalitatieve analyse uitgevoerd bij een vijftal lopende projecten van SelektHuis. Hierbij is de samenstelling en omvang van het aanwezige bouwafval bepaald door middel van een visuele methode. Daarnaast is een documentenonderzoek uitgevoerd om de hoeveelheid bouwafval per geheel project te bepalen. Vervolgens is door toepassing van de principes van Lean & Green Bouwen bepaald welke verbeteringen mogelijk zijn binnen deze processen, om zo het SelektHuis-systeem meer in lijn te brengen met de principes van Lean & Green Bouwen.

5.2 Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsing: logistiek

Logistiek processen hebben betrekking op “de structuur, planning, besturing en uitvoering van de goederenleverantie, beginnend bij de exporteur en eindigend bij de importeur” (TQL, 2013). In de bouwsector speelt logistiek een belangrijke rol vanwege de grote verscheidenheid aan bouwmaterialen en de verspreide bouwlocaties. Vanuit Lean & Green Bouwen kunnen logistieke processen worden aangemerkt als zeer belangrijk. Zo kan logistiek effect hebben op alle aspecten van duurzaamheid: bijvoorbeeld emissies op het *planet*-aspect, veiligheidseffecten van vrachtvervoer op *people*, logistieke kosten op *prosperity* en project gerelateerd bouwverkeer op de omgeving m.b.t. *project*. Binnen Lean Bouwen speelt logistiek een andere rol. Logistiek staat in dienst van een efficiënt proces. Een goede inrichting van logistiek kan er zowel voor zorgen dat processen vloeiend worden doorlopen, als voor het elimineren en voorkomen van verspillingen.

Beschrijving van logistieke processen bij SelektHuis

Om een duidelijk beeld te krijgen bij de inrichting van logistieke processen bij SelektHuis is eerst een documentenonderzoek uitgevoerd. Hierbij is binnen de ISO 9001 handboeken bestudeerd hoe de logistieke processen zijn opgebouwd. De procesopbouw is vervolgens geverifieerd door middel van een interview met de medewerker die verantwoordelijk is voor het plannen en bewaken van de logistiek (H. Harbers, persoonlijke communicatie, 03-06-2013). In Figuur 28 is een stroomschema opgenomen van de deelprocessen rondom het thema logistiek, die zijn opgenomen in de ISO 9001 documenten van SelektHuis. Dit stroomschema visualiseert het volgende proces.



Figuur 28: Stroomschema van activiteiten rondom het thema logistiek. Gebaseerd op: interne documentatie.

Het logistieke proces gaat de in eerste plaats uit van de magazijn- en prefab voorraden, die worden beheerd door respectievelijk het *hoofd magazijn* en het *hoofd prefab*. Zij zorgen er in overleg met de afdeling inkoop voor dat de voorraden op peil blijven. Wanneer nieuwe bouwmaterialen worden geleverd, worden deze volgens standaard procedures gecontroleerd en opgeslagen.

De werkvoorbereider en projectbegeleider stellen bestellijsten op voor de uitvoering van de woning in kwestie. Een voorbeeld van een bestellijst is opgenomen in Bijlage E. Op basis van deze bestellijsten worden pakketten samengesteld, die naar de bouwplaats moeten worden vervoerd.

Het samenstellen van de pakketten gebeurt in het magazijn en bij de prefab afdeling. In het magazijn worden diverse pakketten samengesteld van klein materiaal en bulkgoederen. Deze worden onder andere gebruikt voor grondwerk en het uitzetten en aftimmeren van woningen. Bouwelementen die bij de prefab afdeling worden geproduceerd zijn onder andere dakplaten, topgevels, dakkapellen en luifel- en erkendaken.

Ondertussen stelt de logistiek medewerker de projectplanning op in overleg met de werkvoorbereider dan wel uitvoerder. Daarna worden logistiek activiteiten ingepland. De logistiek medewerker roept de transporteur tijdig af om bepaalde pakketten of goederen naar de bouwplaats te brengen of om materiaal en materieel op te halen. De pakketten worden buiten de productiehal op bokken geplaatst, zodat de transporteur zonder verdere instructies de goederen kan laden en lossen.

Overzicht standaard logistiek

In Tabel 7 is een overzicht opgenomen van de logistieke vrachten die bij een regulier project door SelektHuis worden gecoördineerd. Wat opvalt is dat de vrachten met name bestaan uit klein materieel, algemene bouwmiddelen (zoals de schaftkeet) en klein aftimmer- en montage materiaal. Alle bulk- en specifieke materialen worden door leveranciers direct op de bouw geleverd. Hiermee blijft de omvang van de eigen logistiek bij SelektHuis beperkt.

Tabel 7: Overzicht standaard logistiek in vrachten (* deze vracht wordt d.m.v. een aanhanger door de uitzetter/ grondwerker meegenomen en wordt als zodanig niet als volwaardige vracht aangemerkt)

Vracht	Beschrijving
Vracht 0 "Uitzetten Grondwerk"	▪ Materiaal en materieel die nodig zijn voor het uitzetten van de woning (o.a. piketten, stellatten, grondboor, laser, uitzetkist) ▪ Meterkast en waterput ▪ Reclamedoek SelektHuis met vlaggen
Vracht 1 "Grondportie en Portie Selekt"	▪ Schaftkeet ▪ Matrieel t.b.v. fundering (o.a. speciemolen en -kuipen, bouwplanken en -hekkén) ▪ Materiaal t.b.v. fundering (o.a. cementmortel, wapeningsnetten, planken en latten)
Vracht 2 "Begane grond"	▪ Prefab dakgoten ▪ Betonlateien, muurplaten, lijmkraan ▪ Buitenkozijnen
Vracht 3 "Aftimmerpakket kap plaatsen"	▪ Diverse materialen t.b.v. aftimmeren van de schanierkap (o.a. beplatingsmaterialen, planken en latten, dak doorvoeren, buis- en pijpmateriaal) ▪ Binnenkozijnen ▪ Overige prefab-elementen
Vracht 4 "Retour"	▪ Ophalen van bouwkeet ▪ Ophalen van restant materiaal en materieel

Analyse

SelektHuis coördineert slechts een klein deel van alle transporten die plaatsvinden van en naar de bouwplaats. Deze bevinding werpt de vraag op of SelektHuis voldoende invloed heeft om Lean & Green transport te realiseren. De rol van partners in de bouwketen is hierin van groot belang.

Het transport van bouwmaterialen binnen SelektHuis-processen worden uitgevoerd door de vaste logistieke partner van SelektHuis (Pultrum Rijssen B.V.) of door de logistiek partner van de leverancier van de bouwmaterialen. Deze partijen zijn daarmee voornamelijk verantwoordelijk voor Lean en Duurzaam transport.

De vaste logistieke partner van SelektHuis, Pultrum Rijssen B.V. stelt op haar website dat zij zich onder andere inzet voor: *CO2 reductie, duurzaam en zuiniger transportmateriaal, zuinig rijden, een zo hoog mogelijke beladingsgraad en uitwisseling van lading en samenwerking met collega-transporteurs* (Pultrum Rijssen, 2013). Hiermee wordt duidelijk dat deze partner zich al inzet voor een Duurzame en efficiënt transport. Daar komt bij dat het bedrijf in 2012 een Lean & Green award heeft gewonnen. Dit is een prijs voor *bedrijven die concrete maatregelen nemen waarmee ze de schadelijke emissies van hun logistiek beperken en tevens de bedrijfskosten verlagen* (Connekt, 2013).

Een Lean en Green bouwproces moet volgens de theorie gericht zijn op minimaal gemotoriseerde verplaatsingen. De eerste verantwoordelijkheid zou hierbij echter niet bij het bouwbedrijf moeten liggen. De logistiek partners hebben namelijk meer kennis en kunde over hoe transport het beste kan worden ingericht. Voor SelektHuis geldt dat het zich dan ook in moet zetten om in overleg met de logistieke partner in toenemende mate Lean & Green te werken. Hiervan kunnen zowel de logistiek partner als SelektHuis profiteren: efficiënt en duurzaam transport zorgt ervoor dat er meer goederen per vrachtwagen kunnen worden verplaatst en dus dat beide partijen de kosten kunnen beperken.

Op dit punt wordt duidelijk dat een transitie richting Lean & Bouwen een zaak is waar de hele bouwketen aan moet bijdragen. Alle schakels in de keten moeten samenwerken om uiteindelijk meer Lean en Duurzamer te kunnen bouwen.

5.3 Minimalisatie van materiële verspillingen: bouwafval

In dit afstudeeronderzoek wordt onder de term bouwafval fysiek afval bedoeld dat ontstaat ten gevolge van bouwprocessen. De volgende categorieën kunnen binnen bouw- en sloopafval worden onderscheiden: (1) beschadigd materiaal, (2) overbodig materiaal, (3) grijs afval (olie, brandstoffen van machines, verfresten, lijm- en kitresten) en (4) verpakkingsmateriaal (Kourmpanis et al. 2007). Samen met sloopafval is bouwafval één van de belangrijkste afvalstromen in de Europese Unie (EU). In totaal bedraagt de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid bouw- en sloopafval in de EU meer dan 450 miljoen ton, en wordt hiervan slechts 25% teruggewonnen. Hierbij moet worden aangetekend dat Nederland het in vergelijking met andere EU landen zeer goed doet, met een recyclepercentage van 90% (EEA, 2002 zoals geciteerd in Kourmpanis et al., 2007).

Volgens Bossink & Brouwers (1996) moeten de oorzaken van bouwafval worden gezocht op organisatorisch en/of technisch vlak. Organisatorisch komt het vaak voor dat onvoldoende afstemming tussen verschillende partijen zorgt voor fouten en imperfecties die leiden tot afval (hier wijst ook Lean Bouwen op). Dit blijkt met name het geval in projectfasen die voorafgaan aan de uitvoeringsfase. Andere factoren die invloed hebben op de productie van bouwafval zijn ontwerpkeuzes, de bouwmaterialen zelf en de manier waarop zij worden aangeleverd.

Het bouwafvalonderzoek bestaat uit drie delen:

Deel	Doel	Methode
1	Bepaling van de samenstelling van het bouwafval bij SelektHuis	Visuele methode van Kelly & Hanhoe (2006)
2	Bepaling van de hoeveelheid bouwafval bij SelektHuis-projecten	Documentenonderzoek binnen projectinformatie
3	Bepaling van hoe het bouwafval van SelektHuis wordt verwerkt	Documentonderzoek en interview met verantwoordelijke projectbegeleider

Deel 1: Samenstelling bouwafval

Om inzicht te krijgen in de praktijk wat betreft bouwafval is allereerst een kwalitatieve analyse uitgevoerd bij een vijftal lopende projecten van SelektHuis (zie Tabel 8). Hierbij is de samenstelling van het aanwezige bouwafval (zie Figuur 29) bepaald door middel van een visuele methode. Daarnaast is gesproken met twee ervaren voormannen van de SelektHuis bouw ploegen (zie Bijlage F voor detailinformatie) om ook vanuit de praktijk een beeld te krijgen bij hoe wordt omgegaan met bouwafval en waar deze verspillingen vandaan komen.

Tabel 8: Overzicht bezochte projecten in het kader van inventarisatie van bouwafval

Project nr.	Bouwplaats	Datum	Opmerkingen	Gevuldheid
267025	Ommen	05-06-2013	Container recent geleegd - geen data	~ 5%
265587	Hall	12-06-2013		~ 40%
267025	Ommen	14-06-2013	Plastic wordt apart afgevoerd naar werf Rijssen*	> 85%
261102	Apeldoorn	14-06-2013		~ 25%
265587	Hall	26-06-2013		~ 30%



Figuur 29: Foto's bouwafvalcontainers met v.l.n.r. Ommen 05-06, Hall 12-06, Ommen 14-06 en Apeldoorn 14-06.

Om het bouwafval te beoordelen is eerst een registratieformulier opgesteld (zie Bijlage G). Dit formulier is gebaseerd op de registratiemethode die is gebruikt door Kelly & Hanhoe (2006). Elk van de materialen in de bouwafvalcontainer wordt benoemd, waarna een visuele inschatting wordt gegeven van de percentages waarin de verschillende soorten afval voorkomen. Daarnaast wordt, waar mogelijk, vastgelegd wat de oorsprong is van het afval.

De gekozen visuele inventarisatiemethode is een kwalitatieve methode en is daardoor minder nauwkeurig dan een kwantitatieve methode zoals bijvoorbeeld gebruikt door Bossink & Brouwers (1994). In hun onderzoek werden de verschillende soorten bouwafval gewogen, en werd dit gedurende het gehele project bijgehouden. Een dergelijke kwalitatieve meting bleek echter in de praktijk lastig uit te voeren. Om dit te doen moet het bouwafval ten eerste geheel worden gescheiden in afzonderlijke stapels. Vervolgens moeten deze stapels worden gewogen. De moeilijkheid van het verzorgen van een weegschaal, de beperkte werkruimte, de vuilheid van het afval, de verstoring van de lopende bouwactiviteiten en de te verwachten moeilijkheid van het wegen hebben ertoe geleid dat de methode van Bossink & Brouwers (1996) als niet uitvoerbaar is aangemerkt. De bevindingen van het bouwafvalonderzoek worden gepresenteerd in Tabel 9 gespecificeerd naar het soort afval en de percentages van de afvalcontainer die met dat materiaal was gevuld. De gedetailleerde data van het bouwafvalonderzoek is opgenomen in Bijlage G.

Tabel 9: Resultaten bouwafvalonderzoek (percentages van een 6m³ bouw/sloopafvalcontainer)

* = merendeel kunststof apart afgevoerd naar de werf in Rijssen)

Materiaal	Hall	Ommen	Apeldoorn	Hall
Hout	20%	40%	5%	15%
Kunststof	15%	5%*	5%	5%*
Karton	5%	20%	5%	5%
Isolatiewolf	< 5%	10%	5%	0%
Keetafval	< 5%	5%	< 5%	< 5%
Overig	5%	5%	< 5%	< 5%
Beschikbaar	50%	15%	75%	70%
Totaal	100%	100%	100%	100%

Analyse

Uit de resultaten (Tabel 9) valt op te maken dat *hout*, *kunststof* en *karton* de meeste voorkomende materialen zijn binnen het bouwafval van de onderzochte bouwprojecten. Deze drie soorten bouwafval kunnen grotendeels worden toegeschreven aan het gebruik van verpakking- en beschermingsmaterialen. Potentieel waardetoevoegende materialen werden niet of nauwelijks aangetroffen.

De fractie *hout* kan grotendeels worden toegeschreven aan het gebruik van pallets, planken en latten. De functie van dit hout was dan ook voornamelijk het ervoor zorgen dat bouwmaterialen zonder schade en op een veilige manier naar de bouwplaats getransporteerd kunnen worden. Het hout heeft daarmee nooit een waardetoevoegende functie gehad, waarmee duidelijk is dat dit afval een pure verspilling is vanuit de principes van Lean & Green Bouwen.

De fracties kunststof en karton kunnen ook grotendeels worden toegeschreven aan het gebruik van verpakkingsmateriaal en bescherming van bouwmaterialen. Ook hier is geen sprake van waardetoevoegende functies van het gebruik van deze materialen. Daar komt bij dat een groot deel van het verpakkingsmateriaal door de leveranciers wordt gebruikt en aangebracht. De verantwoordelijkheid voor dit afval ligt dat ook niet enkel bij het bouwbedrijf, maar verspreid binnen de bouwketen.

Deel 2: Hoeveelheid bouwafval

Het tweede deel van het onderzoek naar bouwafval is gericht op het bepalen van de hoeveelheid bouwafval die wordt geproduceerd bij SelektHuis projecten. Hiervoor is de project documentatie van een tiental, door de bedrijfsleider geselecteerde, projecten onderzocht. De bevindingen worden gepresenteerd in Tabel 10. In de tabel zijn de tien projecten beschreven door middel van projectnummer, bouwplaats en woningtype. Vervolgens wordt duidelijk welke bouwafvalcontainers zijn gebruikt, wat het totale volume bouwafval per project is en welke kosten dit met zich mee heeft gebracht.

Tabel 10: Overzicht van tien onderzochte projecten en de gebruikte bouwafvalcontainers.

#	Project nummer	Plaats (provincie)	Woningtype	Kosten bouwafval	Bouwafval containers			Volume afval
					6m ³	3m ³	10m ³	
A	10236	Loenen a.d. Vecht (UT)	Jungfrau	€ 405	1		1	16 m ³
B ₁ B ₂	11075 & 236874	Bergharen (GE)	2 onder 1 kap	€ 660	4			24 m ³
C	237653	Made (NB)	Breithorn	€ 1.265	7	1		45 m ³
D	239008	Monster (ZH)	Jungfrau	€ 1.045	5	2		36 m ³
E	241688	Geldrop (NB)	Matterhorn	N.B. verantwoordelijkheid opdrachtgever				

F	251607	Teteringen (NB)	Bergamo	€ 770	4	1		27 m ³
G	252729	Apeldoorn (GE)	Lugano	€ 660	4			24 m ³
H	252677	Vries (DR)	Matterhorn	€ 495	3			18 m ³
I	258128	Rockanje (ZH)	Monte Viso	€ 660	4			24 m ³
J	259296	Wehl (GE)	Monte Rosa	€ 825	5			30 m ³

Analyse

Uit de resultaten valt op te maken dat de totale hoeveelheid bouwafval per project zeer uiteenlopend is. Het totale volume bouwafval loopt binnen deze tien projecten uiteen tussen 16m³ en 45m³. De kosten die hiermee gepaard gaan variëren van € 405 tot € 1.265.

Wanneer de projecten A en D met elkaar worden vergeleken valt op dat deze woningen van hetzelfde type zijn, maar dat de hoeveelheid bouwafval zeer verschillend is; € 405 t.o.v. € 1.045. Het mogelijk dat er een verband is tussen de projecteigenschappen en de hoeveelheid bouwafval, maar ook de omgang met bouwafval zou kunnen verschillen tussen de verschillende SelektHuis vestigingen. Dit is echter niet verder onderzocht.

Wat ook opvalt is dat er met name wordt gekozen voor afvalcontainers met een inhoud van 6m³, terwijl containers met een inhoud van 10 m³ ook beschikbaar zijn (en door SelektHuis worden gebruikt, zie project A). Vanuit het oogpunt van Lean & Green Bouwen kan worden gesteld dat grotere bouwafvalcontainers wenselijk zijn, aangezien dit het aantal transportritten kan verminderen. Ook blijkt uit onderzoek van het contract met de afvalverwerker dan het gebruik van grotere afvalcontainers financiële voordelen kan opleveren (zie Tabel 11). Het tarief per volume-eenheid neemt namelijk af wanneer de containergrootte toeneemt. Dit kan verklaard worden door het feit dat transportkosten een belangrijk deel uitmaken van de kosten voor de afvalverwerker (S. van Wijk, persoonlijke communicatie, 30 september 2013).

Tabel 11: Tarieven bouwafvalverwerking
(interne documentatie)

Container inhoud	Afvalsoort	Tarief 2013	Prijs/m ³
3 m ³	Bouw/sloop	€ 110	€ 36,67
6 m ³	Bouw/sloop	€ 165	€ 27,50
10 m ³	Bouw/sloop	€ 240	€ 24,00

Deel 3: Verwerking bouwafval

Het derde deel van het onderzoek naar bouwafval is gericht op het inzichtelijk maken van de manier waarop het bouwafval van SelektHuis wordt verwerkt. Volgens de bedrijfswebsite is bij SelektHuis sprake van "*vergaande afvalscheiding, ook op kantoor (SelektHuis, 2013)*". Dit komt echter niet naar voren in onderzochte documenten. Uit de tien onderzochte projecten (zie Tabel 10) blijkt dat alle afval ingezameld in bouw/sloopafvalcontainers.

Vanuit het perspectief van Lean & Green Bouwen geldt dat het scheiden van bouwafval aan te bevelen is. Directe scheiding op de bouwplaats geniet daarbij de voorkeur ten opzichte van scheiding bij een afvalverwerkingcentrum. De woordvoerder van een afvalverwerkingsbedrijf (S. van Wijk, persoonlijke communicatie, 30 september 2013) stelt dat de recyclingpercentages van bijvoorbeeld plastic hoger zijn, wanneer deze gescheiden worden aangeboden. Daarmee wordt het belang van scheiding op de bouwplaats voor een Lean & Green bouwproces benadrukt.

Vervolgens is onderzocht waarom SelektHuis niet standaard kiest voor scheiding van het bouwafval op de bouwplaats. Een projectbegeleider (J. Bak, projectbegeleider vestiging Rijssen, persoonlijke communicatie 14-06-2013) stelt dat hiervoor de volgende redenen zijn:

- Financieel gezien is bouwafvalscheiding op de bouwplaats niet interessant;
- Er is geen dagelijkse leiding vanuit SelektHuis aanwezig op de bouwplaats, waardoor weinig controle kan worden uitgeoefend op het juist scheiden van bouwafval door eigen personeel en door onderaannemers; en
- Er is vaak een gebrek aan ruimte op de bouwplaats om meerdere containers te plaatsen, waardoor er geen andere keus is dan één algemene bouwafvalcontainer.

Financiële aspecten

Om de financiële afwegingen wat betreft bouwafval te kunnen begrijpen is de overeenkomst met de afvalverwerker bekeken. In Tabel 12 zijn de totale kosten weergegeven van het vervoer, plaatsen, ophalen en verwerken van bouwafval, die SelektHuis onder de huidige (27-09-2013) overeenkomst moet betalen. Daarbij zijn verschillende prijzen afgesproken per containerformaat en soort bouwafval.

Tabel 12: Tarieven afvalcontainers SelektHuis, overeenkomst voor 2013. (Gebaseerd op: interne documentatie)

Container inhoud	Afvalsoort	Tarief 2013
3 m ³	Bouw/sloop	€ 110
3 m ³	Puin	€ 65
3 m ³	Hout	€ 65
6 m ³	Bouw/sloop	€ 165
6 m ³	Puin	€ 70
6 m ³	Hout	€ 70
10 m ³	Bouw/sloop	€ 240
10 m ³	Puin	€ 105
10 m ³	Hout	€ 105

Uit de tarieven blijkt dat afvalscheiding in principe financieel lonend is. De tarieven voor gescheiden schoon puin en hout zijn voor containers van 6 m³ en 10 m³ meer dan de helft lager dan voor ongesorteerd bouw/sloopafval. Wanneer over het gehele project voldoende schoon puin en houtafval wordt geproduceerd is het financieel aantrekkelijk om het afval te scheiden op de bouwplaats.

Zowel vanuit Lean & Green Bouwen, als uit financieel oogpunt is er door middel van bouwafvalscheiding winst te behalen. Een voorbeeld hiervan is project D, nr. 239008 (zie Tabel 10), Normaal gesproken wordt in dit project voor de 36m³ bouwafval gebruik gemaakt van 6 bouw/sloop containers van 6 m³. Mocht het binnen dit project mogelijk zijn om hout gescheiden in te zamelen in een 6 m³ container en het overige bouwafval in 10m³ bouw/sloopafvalcontainers, dan kan hiermee op dit project € 220 worden bespaard⁴.

Beheer en controle bouwafvalscheiding

Het tweede argument om bouwafval niet te scheiden is dat SelektHuis weinig controle kan uitoefenen over het correct scheiden van het bouwafval. SelektHuis is niet dagelijks aanwezig op de bouwplaats en daarmee ligt er veel verantwoordelijkheid bij de onderaannemers. Navraag bij een onderaannemer van SelektHuis (A. Hopster, projectmanager installatiebedrijf van Losser, persoonlijke communicatie 27-09-2013) leert dat deze installateur gewend is om afval te scheiden, wanneer zij werken in projecten van grote bouwbedrijven. Bij werk aan projecten van kleinere bouwbedrijven komt afvalscheiding slechts beperkt voor. Een dergelijke onderaannemer is dus niet onbekend met afvalscheiding en laat weten dat het al dan niet moeten scheiden van bouwafval geen effecten heeft op de offerteprijs. Zolang afvalscheiding goed wordt gefaciliteerd, waarbij de verschillende containers dichtbij elkaar zijn gesitueerd, is deze onderaannemer in staat om verantwoord en op een goede manier haar afval te scheiden op de bouwplaats (A. Hopster, projectmanager installatiebedrijf van Losser, persoonlijke communicatie 27-09-2013).

⁴ - 6 m³ houtafval i.p.v. 6 m³ bouw/sloopafval = € 165 - € 70 = € 115 besparing,
3 x 10 m³ containers i.p.v. 5 x 6 m³ containers = € 825 - € 720 = € 105 besparing.
Totaal: € 115 + € 105 = € 220 besparing

Ondanks het feit dat SelektHuis met meerdere onderaannemers aan projecten werkt, is het, mits degelijk gefaciliteerd, niet onredelijk om te verwachten dat onderaannemers de verantwoordelijk nemen om bouwafval op een juiste manier te scheiden. De projectbegeleiders van SelektHuis kunnen dan, ondanks dat zij niet dagelijks op de bouwplaats aanwezig zijn, de bewaking hiervan op zich nemen.

Ruimtegebrek

Ruimtegebrek kan een reden zijn waardoor het scheiden van bouwafval op de bouwplaats onmogelijk wordt gemaakt. Een kleine (3 m^3) bouwafvalcontainer neemt al snel $3,5 \text{ m}^2$ in beslag. Daar komt bij dat de container geplaatst moet worden op een plek die bereikbaar is voor de vrachtwagen. Dit zorgt ervoor dat, zoals de projectbegeleider stelde, bij een onbekend aantal projecten te weinig ruimte is voor afvalscheiding. Dit probleem kan, afhankelijk van het specifiek project, niet op te lossen zijn. Het is echter aannemelijk dat er ook voldoende bouwplaatsen zijn waar geen gebrek is aan bereikbare ruimte, sommige kavels zijn dermate groot en open dat van ruimtegebrek geen sprake is. Op basis van de verkenning van de bouwplaats (wat al binnen het huidige bouwproces is opgenomen) kan de projectbegeleider inschatten en plannen of en waar de verschillende containers kunnen staan.

Analyse

Uit de resultaten van het onderzoek naar bouwafvalverwerking blijkt de mate van Lean & Green Bouwen op dit vlak nog verder kan worden vergroot. Potentieel waardetoevoegend materiaal werd niet aangetroffen, wat een indicatie is van efficiënte omgang met bouwmaterialen. Echter, materialen die geen waardetoevoegende functie hebben worden wel aangetroffen. Met name de hoeveelheid verpakkingsmateriaal is omvangrijk.

Om bouwafvalverwerking bij SelektHuis meer in lijn te brengen met Lean & Green Bouwen is het wenselijk om bouwafvalscheiding waar mogelijk te bevorderen. Daarnaast kan het gebruik van grotere bouwafvalcontainers voordelen bieden, zowel op het vlak van Lean & Green Bouwen als op puur financieel vlak. De hoeveelheid bouwafval per project is zeer uiteenlopend. Verder onderzoek kan inzicht geven in de factoren die bijdragen aan de hoeveelheid bouwafval (bijvoorbeeld aanneemsom, volume van de woning, afwerkingniveau). Hiermee kan vervolgens per project vooraf worden bepaald wat een acceptabele hoeveelheid bouwafval is. De projectbegeleider kan hiermee vervolgens het project beter begeleiden en coördineren.

5.4 Deelconclusie

In deze paragraaf wordt op basis van de bevindingen bij SelektHuis antwoord gegeven op de derde onderzoeksvraag, die is toegespitst op het tactische niveau:

Hoe kunnen deelprocessen rondom logistiek en bouwafval vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Als antwoord op deze onderzoeksvraag kan worden gesteld dat de eerste stap het nauwkeurig in kaart brengen van de deelprocessen rondom deze onderwerpen is. Het is van belang om te weten welke partijen zijn betrokken bij logistiek en bouwafval en welke verantwoordelijkheden er zijn. Zo blijkt bij SelektHuis dat het bedrijf slechts een beperkt gedeelte van de logistiek rondom haar bouwprocessen coördineert en dat de oorsprong van veel bouwafval het gevolg is van keuzes van leveranciers. Het belang van samenwerking in de bouwketen wordt op dit punt dus onderstreept. Het komen tot Lean & Green Bouwen kan niet tot stand worden gebracht door één enkel bedrijf. Iedere partij in de bouwketen heeft verantwoordelijkheden, ook in het geval dat de negatieve effecten van een bedrijfsactiviteit optreden op een punt in de keten waar datzelfde bedrijf niet verantwoordelijk voor is (bijvoorbeeld een leverancier die veel verpakkingsmateriaal gebruikt, maar niet verantwoordelijk is voor het bouwafvalprobleem).

Het opbouwen van kennis over de precieze invulling van deelprocessen, zoals in dit hoofdstuk is behandeld, moet op een structurele en gemakkelijke manier worden ingericht. Zo is het beter om doorlopend inzicht te hebben in de stand van zaken dan slechts ad-hoc een dergelijk onderzoek uit te voeren. Een voorbeeld hiervan is dat bij SelektHuis is vastgesteld dat twee projecten met een vergelijkbaar woningtype leiden tot zeer verschillende hoeveelheden bouwafval. Met deze kennis is SelektHuis in staat om te achterhalen welke factoren hierop invloed hebben gehad. Daarmee kunnen ook maatregelen worden vastgesteld en kunnen doelen worden vastgelegd voor het verder terugdringen van materiële verspillingen.

Het vergaarde inzicht in deze deelprocessen maakt het vervolgens mogelijk om maatregelen vast te stellen die de mate van Lean & Green Bouwen kunnen vergroten. In dit onderzoek wordt duidelijk dat SelektHuis op bepaalde punten interne maatregelen kan treffen, maar dat ook externe maatregelen kunnen bijdragen aan Lean & Green Bouwen. Zo moet SelektHuis de logistiek partner motiveren en meewerken aan Lean & Green logistiek, moet de manier waarop projectbegeleiders inzicht hebben in de soorten, omvang en timing van het ontstaan van bouwafval in het proces worden verbeterd en moet door middel van het gebruik van grotere bouwafvalcontainers en bouwafval scheiding de mate van Lean & Green Bouwen op dit punt worden bevorderd.

De onderzochte deelprocessen vormen slechts een deel van alle gemotoriseerde verplaatsingen en materiële verspillingen. Zo zal SelektHuis ook aandacht moeten besteden aan onder andere Lean & Green transport van arbeid en het beperken van materiële verspillingen op kantoor (bijvoorbeeld printpapier e.d.) en tijdens prefabricageprocessen. Het onderzoek naar logistiek en bouwafval heeft echter duidelijk gemaakt hoe een bedrijf als SelektHuis dergelijke zaken in kaart kan brengen en hoe op basis hiervan maatregelen kunnen worden vastgesteld.

6 Operationeel Lean & Green Bouwen

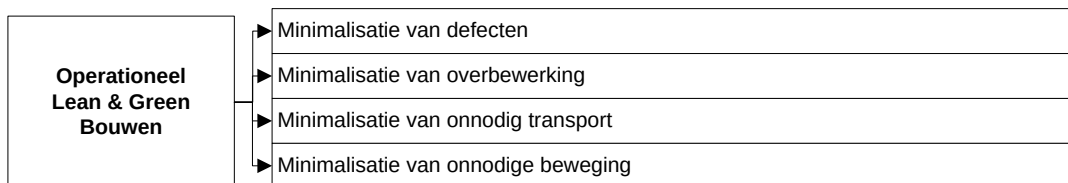
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het operationeel niveau van Lean & Green Bouwen. Het theoretische model uit Hoofdstuk 3 wordt hierbij in de praktijk getoetst bij SelektHuis. De prefabricageprocessen van een vijftal bouwelementen zijn in detail onderzocht, om zowel de huidige stand van zaken, als mogelijke verbeterpunten op dit vlak te kunnen identificeren. De onderzoeksvraag die hierbij centraal staat is:

Hoe kan een prefabricageproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Allereerst wordt een korte inleiding gegeven op de manier waarop operationeel Lean & Green Bouwen bij SelektHuis is onderzocht (§6.1). Vervolgens worden de bevindingen bij SelektHuis behandeld wat betreft vier soorten verspillingen binnen operationele processen; defecten (§6.2), overbewerking (§6.3), onnodig transport (§6.4) en onnodige beweging (§6.5). Tot slot wordt de onderzoeksvraag van dit hoofdstuk beantwoord (§6.6).

6.1 Inleiding

Waar in hoofdstuk 5 is ingegaan op de inrichting van deelprocessen binnen een bouwproces (op tactisch niveau), wordt in dit hoofdstuk de nadruk gelegd op het niveau van activiteiten die worden uitgevoerd binnen de deelprocessen. Dit niveau omvat alle activiteiten die medewerkers of externe partijen uitvoeren binnen het bouwproces (bijvoorbeeld gesprekken voeren met de klant, metselen van buitenmuren en bestellen van materialen). Dit "werkvloerniveau", dat verder zal worden aangeduid als het operationeel niveau van Lean & Green Bouwen, is bij SelektHuis verder onderzocht.



Figuur 30: Principes van operationeel Lean & Green Bouwen

Om Lean & Green Bouwen op operationeel niveau te kunnen onderzoeken is ervoor gekozen om een vijftal productieactiviteiten van geprefabriceerde bouwelementen te bekijken. Deze prefabricageprocessen worden voor vrijwel alle nieuwe SelektHuis woningen doorlopen, zijn tot op zekere hoogte gestandaardiseerd en de complexiteit en doorlooptijd van deze processen is beperkt. Dit maakt deze processen geschikt voor analyse op basis van de principes van Lean & Green Bouwen.

De volgende vijf prefabricageprocessen zijn onderzocht: (1) afkorten van houtelementen t.b.v. productie van een topgevel, (2) montage van houtelementen tot een topgevelframe, (3) afmontage van een topgevelframe inclusief kozijn, (4) afmontage van een topgevelframe exclusief kozijn en (5) montage van een luifeldak (gedeeltelijk)

De prefabricageprocessen zijn onderzocht door middel van een methode gebaseerd op Höök (2005). In haar onderzoek beschrijft Höök een manier waarop op een gestructureerde manier processen in kaart kunnen worden gebracht. De methode maakt het mogelijk om na de observaties gemakkelijk te bepalen welke verspillingen zijn opgetreden in het onderzochte proces. Allereerst wordt een inleiding gegeven op prefabricageprocessen bij SelektHuis, waarna een viertal soorten Lean & Green verspillingen worden behandeld; defecten, overbewerking, onnodig transport en onnodige beweging. Deze vier soorten verspillingen zijn geïdentificeerd binnen de vijf prefabricageprocessen en worden achtereenvolgens behandeld. Daarbij worden ook een aantal maatregelen voorgesteld die de verspilling kunnen oplossen

Inleiding prefabricatieprocessen

Voordat de bevindingen van het prefabricageonderzoek worden gepresenteerd zal eerst een korte beschrijving worden gegeven van de bouwelementen die het resultaat zijn van de onderzochte processen. Allereerst wordt de topgevel behandeld, gevolgd door een beschrijving van een luifeldak.

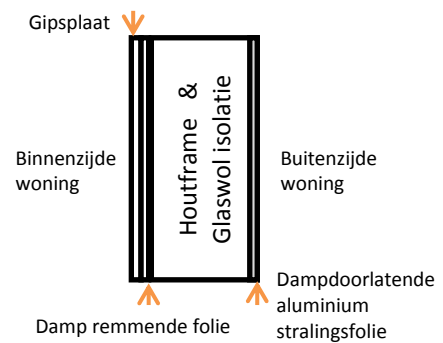
Beschrijving geprefabriceerde topgevel

Een (geprefabriceerde) topgevel is een gevel waarvan het bovenste deel min of meer in een punt uitloopt (Haslinghuis & Janse, 2005, zoals geciteerd in Architectenweb, z.j.). Binnen SelektHuis wordt met topgevel specifiek de driehoekige gevelconstructie aangeduid tussen de verdiepingvloer en het dak (zie Figuur 32).

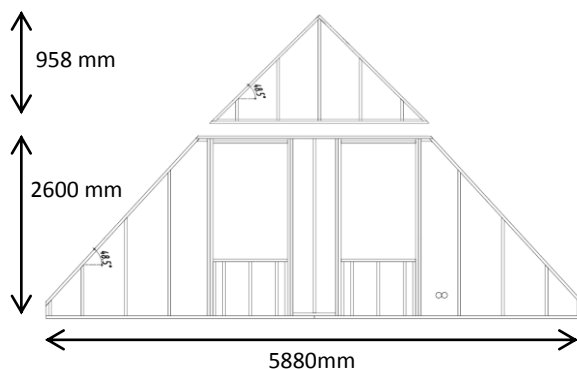
De topgevels bestaan uit een vuren houten frame (houtskeletbouw - HSB), met aan de binnenzijde van de woning dampremmende folie en gipsplaten en aan de buitenzijde dampdoorlatende folie, met daartussen isolatiemateriaal (zie de doorsnede in Figuur 31). In de topgevels kunnen afhankelijk van de wensen van de klant kozijnen en elektra voorzieningen worden aangebracht. In Figuur 34 is een tekening opgenomen van een dergelijke topgevel. Bij de tekening moet worden opgemerkt dat de topgevel bestaat uit twee hoofddelen, de topgevel (onderste deel tot net boven de sparringen voor het kozijn) en het topje. Deze delen worden op de bouwplaats op elkaar bevestigd.



Figuur 32: Gevelaanzicht SelektHuis woning type Jungfrau, met in oranje aangegeven één van de drie topgevels van deze woning.



Figuur 31: Doorsnede opbouw topgevel.



Figuur 34: Achtergevel SelektHuis woning (type Jungfrau), bestaande uit de topgevel (onder) en het topje (boven). De topgevel bestaat uit twee onderdelen in verband met transportbeperkingen.



Figuur 33: 3D-tekening Luifeldak project 264648 te Vlijmen.

Beschrijving luifeldak

Een geprefabriceerd luifeldak is de dakconstructie van een luifel, welke wordt geproduceerd met behulp van vuren houten regelwerk, houten beplating aan de binnenzijde, EPDM waterdichte bekleding aan de bovenzijde en eventueel een PVC hemelwaterafvoerbuys (zie Figuur 33).

6.2 Defecten in prefabricageprocessen

Het eerste type verspilling dat is onderzocht binnen prefabricageprocessen is *defecten*. Defecten kunnen worden gedefinieerd als "een product of onderdeel dat vanuit het oogpunt van de klant niet voldoet aan de kwaliteitsstandaard" (vrij naar Ohno, zoals geciteerd in Fliedner, 2008). Defecten zijn vanuit Duurzaam Bouwen een verspilling van materiaal en energie en vanuit Lean Bouwen niet waardetoevoegend. Daarmee is dit een soort verspilling die zo veel mogelijk moet worden verminderd.

Het gedetailleerde prefabricageonderzoek heeft binnen vier van de vijf deelprocessen geleid tot de identificatie van *defecten* (11% van de totale doorlooptijd). Een overzicht van de omvang van deze defecten (in verspilde tijd) is weergegeven in Tabel 13.

Resultaten

Tabel 13: Overzicht defecten binnen de vijf onderzochte deelprocessen. Voor een volledig overzicht zie bijlage J.

Verspillingen per deelproces	Afkorten [min]	Montage [min]	Afmontage [min]	Afmontage +Kozijn [min]	Luifeldak [min]	Totaal [min]
Doorlooptijd deelproces:	71	67	78	169	56	441
Defecten	6	6	0	11	25	48
Percentage	8%	11%	0%	7%	45%	11%

Mogelijke maatregelen

De geïdentificeerde defecten/fouten binnen de vier deelprocessen zijn te wijten aan verschillende oorzaken. Daarmee vergt elk van deze verspillingen een andere oplossing. Ter illustratie is onderstaande voorbeeld opgenomen van een maatregel. Een volledig overzicht is opgenomen in Bijlage J. In het voorbeeld wordt ingegaan op het productieproces van het luifeldak, waarin drie fouten hebben gezorgd voor een totale verspilde tijd van 25 minuten, oftewel 45% van de totale doorlooptijd (zie Tabel 13):

- Fout op de tekening

De tekening van het luifeldak, zoals te zien in Figuur 35, is onjuist op de plek van het rode kruis. De oranje lijnen geven de gevel van de woning aan, waarbij overlap optreedt tussen de gevel en de luifel. Na overleg met de uitvoerder werd besloten om dit deel niet te verwijderen en de luifel in het metselwerk van de buitengevel vast te zetten. Ondanks deze oplossing is dit wel een fout in het systeem.

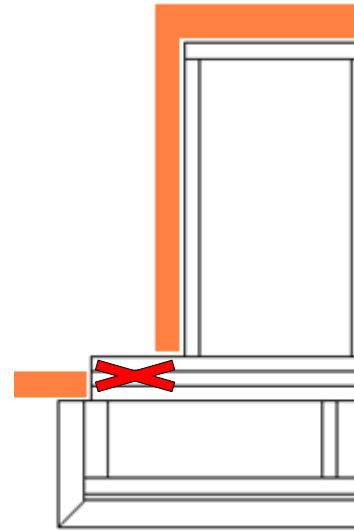
- Esthetische fout

In de prefab tekening van het luifeldak zat een fout waarbij de getekende situatie esthetisch niet goed is. In de regel moeten de boeiplanken die de luifeldak aan de zijkanten afdekken (in het zicht) tegen de boeiplank vallen die de lange kant van de luifel afdekt. Dit was op de tekening omgedraaid, waardoor ook de maatvoering van de boeiplanken niet klopte (de zijboei te lang en de voorboei te kort).

- Ontbrekende maatlijnen

Een aantal noodzakelijke maatlijnen misten op de tekening van het luifeldak. Hierdoor moest de prefab-medewerker zelf metingen uitvoeren om te bepalen op welke lengte de verschillende elementen afgekort moesten worden.

Bovenstaande drie fouten gecombineerd hebben geleid tot 25 minuten verspilling. Dit maakt duidelijk dat zelfs relatief kleine fouten op een prefab-tekening flinke vertragingen en extra werk opleveren. Vanuit het oogpunt van Lean & Green Bouwen moet dan ook gesteld worden dat de foutcontrole onvoldoende is gebleken op dit punt. De prefabmedewerker die verantwoordelijk is voor de productie is in principe niet verantwoordelijk voor het controleren van de tekening. De controleactiviteit die hij uitvoert zou niet nodig moeten zijn, aangezien de prefabtekenaar, -controleur en werkvoorbereider de tekening ook hebben gecontroleerd op fouten. Daarmee werden deze fouten pas door de vierde schakel in de keten opgemerkt.



Figuur 35: Fout in de luifeldak tekening. Bovenaanzicht.

Wanneer de prefab medewerker de fout niet had opgemerkt had dit tot foute productie, onnodig transport, onnodige kosten, problemen op de bouw, kwaliteit- en tijdverlies kunnen leiden. Daarmee komt de toegevoegde waarde voor de klant in het geding en zorgt de fout voor een reeks verschillende verspillingen in het proces.

Maatregelen

De nieuwe manier van prefab tekenen in 3D maakt het mogelijk om de eerste fout (zie Figuur 64) in de toekomst te voorkomen. Een 3D tekening van de woning zal laten zien dat er een overlap ontstaat tussen de gevel en het luifeldak en wordt in dat geval direct aangepast. De tweede, esthetische, fout kan ook met behulp van 3D tekenen worden voorkomen. In plaats van het apart tekenen van de aanzichten van het luifeldak wordt in dat geval één model getekend van het luifeldak, waarmee de kans op fouten afneemt. Het is niet duidelijk of de missende maatlijnen het gevolg zijn van een incidentele fout of dat dit een softwareprobleem is. In het geval van een softwarefout moeten aanpassingen worden gedaan zodat dit niet langer voorkomt. Persoonlijke fouten kunnen worden voorkomen, maar door automatiseren zou dit proces ook foutbestendiger kunnen worden.

6.3 Overbewerking in prefabricageprocessen

Het tweede type verspilling dat is onderzocht is overbewerking. Overbewerking kan worden gedefinieerd als de situatie waarin *"meer werk wordt uitgevoerd dan nodig is voor de klant, of wanneer middelen worden ingezet die complexer, preciezer of duurder zijn dan noodzakelijk"* (vrij naar Ohno, zoals geciteerd in Fliedner, 2008). Overbewerking is een vorm van verspilling binnen Duurzaam Bouwen, omdat er sprake is van materiaal-, energie- en ruimtegebruik wat niet noodzakelijk was. Vanuit Lean Bouwen is overbewerking ook een verspilling, aangezien er geen toegevoegde waarde wordt geboden voor de klant.

Het gedetailleerde prefabricageonderzoek heeft geleid tot de identificatie van overbewerkingen binnen alle vijf deelprocessen. Een overzicht van de omvang van deze overbewerkingen (in verspilde tijd) is weergegeven in Tabel 13.

Resultaten

Tabel 14: Overzicht overbewerkingen binnen de vijf onderzochte deelprocessen. Voor een volledig overzicht zie bijlage J.

Verspillingen per deelproces	Afkorten [min]	Montage [min]	Afmontage [min]	Afmontage +Kozijn [min]	Luifeldak [min]	Totaal [min]
Doorlooptijd deelproces:	71	67	78	169	56	441
Overbewerking	13	10	1	12	1	37
Percentage	18%	15%	1%	7%	2%	8%

Mogelijke maatregelen

Overbewerking komt binnen de prefabricageprocessen in uiteenlopende vormen voor. Ter illustratie is onderstaand een voorbeeld opgenomen van een maatregel om overbewerking te voorkomen. Een volledig overzicht is opgenomen in Bijlage J.

Uit de analyse van de vijf prefabricageprocessen blijkt dat tussen elk van de deelprocessen een buffer is opgenomen. Deze buffers worden onder andere gebruikt om variabiliteit in vraag (projecten in de juiste fase) en aanbod (productiecapaciteit) van prefabricage-elementen op te vangen (Hopp, Spearman & Zhang, 1997). De buffer bestaat in feite uit een combinatie van voorraad (deel en eindproducten), capaciteit (mogelijkheden om extra werk op te pakken) en tijd (eindproduct wordt afgerond ruim voordat deze nodig is op de bouwplaats). Echter, het is wenselijk om deze buffer zo veel mogelijk te beperken tot wat strikt noodzakelijk is.

De voorraden van deel- en eindproducten zijn vanuit Duurzaam en Lean Bouwen verspillend, niet alleen vanwege het feit dat ze geen waarde toevoegen voor de klant, maar ook vanwege het risico op veranderingen en noodzakelijke bewegingen van en naar deze buffers. Elementen die gefabriceerd worden voordat zij nodig zijn, hebben een grotere kans op veranderingen in maatvoering, hoeveelheden en leverdatum (Ko, Tien, Shen & Liao, 2011) en transport en verplaatsingsactiviteiten zijn verspillend (Koskela, 1992).

Ook uit commercieel oogpunt moet het moment waarop de productie van de prefabricagelementen wordt opgestart zo lang mogelijk worden uitgesteld. Daarmee wordt de service voor de klant vergroot, aangezien de eisen en wensen van de klant langer zonder grote gevolgen het ontwerp kunnen veranderen. Kostentechnisch zorgt een korte buffertijd voor een beperking van de hoeveelheid opgesloten geld in materialen en wordt de tijd tussen investering van geld in prefab en de betaling van de klant voor dit deel van het werk ingekort.

6.4 Onnodige transport in prefabricageprocessen

Het derde type verspilling dat is onderzocht in onnodig transport. Dit type verspilling is ook op tactisch niveau behandeld in paragraaf 5.2 in de vorm van onderzoek naar logistieke processen. Op operationeel niveau worden echter alle soorten onnodig transport binnen de vijf deelprocessen geïdentificeerd. Onnodig transport kan worden gedefinieerd als *"onnodige verplaatsing van producten, wat zorgt voor extra transportkosten en onnodig risico op schade"* (vrij naar Ohno, zoals geciteerd in Fliedner, 2008). Een overzicht van de omvang van onnodig transport (in verspilde tijd) is weergegeven in Tabel 15.

Resultaten

Tabel 15: Overzicht onnodig transport binnen de vijf onderzochte deelprocessen. Voor een volledig overzicht zie bijlage J.

Verspillingen per deelproces	Afkorten [min]	Montage [min]	Afmontage [min]	Afmontage +Kozijn [min]	Luifeldak [min]	Totaal [min]
Doorlooptijd deelproces:	71	67	78	169	56	441
Overbewerking	13	10	1	12	1	37
Percentage	18%	15%	1%	7%	2%	8%

Mogelijke maatregelen

In paragraaf 6.5 zal een voorbeeld worden gegeven van een maatregel die zowel onnodig transport als onnodige verplaatsing reduceert.

6.5 Onnodige beweging in prefabricageprocessen

Het vierde en laatste type verspilling is onnodige bewegingen. Dit type verspilling is onderzocht aan de hand van de volgende definitie: "*Schade aan de producerende entiteit in de vorm van slijtage aan materieel en fysieke belasting voor werknemers, met bijkomend risico op materiële of fysieke schade door ongelukken*" (vrij naar Ohno, zoals geciteerd in Fliedner, 2008). Binnen de onderzochte deelprocessen blijkt onnodige beweging voort komen in de mate zoals is weergegeven in Tabel 16.

Resultaten

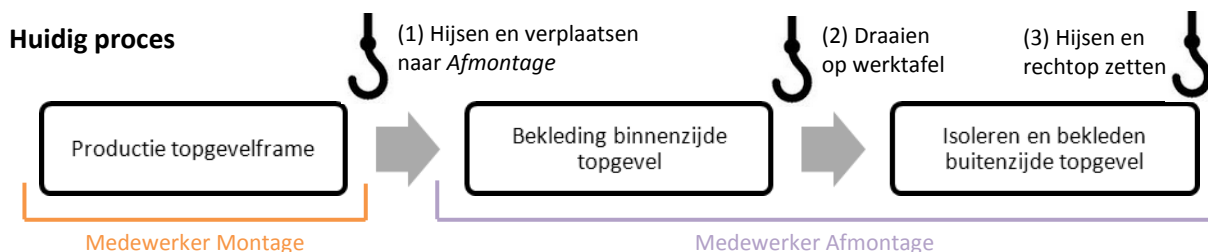
Tabel 16: Overzicht onnodige beweging binnen de vijf deelprocessen. Voor een volledig overzicht zie bijlage J.

Verspillingen per deelproces	Afkorten [min]	Montage [min]	Afmontage [min]	Afmontage +Kozijn [min]	Luifeldak [min]	Totaal [min]
Doorlooptijd deelproces:	71	67	78	169	56	441
Onnodige beweging	2	2	6	4	2	16
Percentage	3%	3%	8%	2%	4%	4%

Mogelijke maatregelen

Een voorbeeld van onnodige verplaatsing/transport is dat er kraanbewegingen en activiteiten plaatsvinden die te maken hebben met de verplaatsing van topgevels door middel van kranen. Daarbij gaat het zowel om de verplaatsing van de topgevels van en naar de buffers, als het omdraaien van topgevels op de werktafel. Deze verplaatsingen zijn vanuit Duurzaam en Lean Bouwen verspillend, omdat zij geen waarde toevoegen voor de klant. Daar komt bij dat dit soort verplaatsingen veiligheidsrisico's opleveren, aangezien grote en zware bouwelementen los van de grond komen en draaiende bewegingen maken.

Het wordt aanbevolen om het aantal kraanbewegingen zoveel mogelijk te beperken, door het aantal buffers te reduceren en de productieprocessen waar mogelijk aan te passen. Een voorbeeld van een mogelijke aanpassing van het productieproces wordt hieronder gegeven:



In het huidige proces bevinden zich binnen de deelprocessen *Montage* en *Afmontage* een drietal kraanbewegingen. Na de productie van het topgevelframe van houten regels wordt het frame gehesen en verplaatst naar de buffer en vervolgens naar de afmontage-tafel. Daar wordt het frame aan beide zijden bekleed (folie en gipsplaat aan de binnenzijde en folie aan de buitenzijde). Om dit te kunnen doen moet de topgevel na de bekleding van de binnenzijde worden gedraaid. Wanneer het deelproces *Afmontage* klaar is wordt de topgevel gehesen en rechtop gezet zodat (eventueel) het kozijn geplaatst kan worden.

Alternatief:



In het alternatieve proces worden de werkzaamheden van de medewerker *Montage* iets uitgebreid. Na afronding van het frame bevestigt hij de folie aan de buitenzijde van de topgevel. Vervolgens verplaatst hij de topgevel naar de buffer (kraanbeweging 1). Deze extra handeling kan uitgevoerd worden zonder dat het topgevelframe gedraaid hoeft te worden. Als de medewerker *Afmontage* vervolgens het frame met de folie aan de onderzijde op de werktafel laat zakken, hoeft hij slechts één zijde van de topgevel te bekleden. Daarmee vervalt één kraanbeweging en wordt de efficiëntie en duurzaamheid van het proces bevorderd.

Een aanpassing zoals beschreven vergt een aantal eenmalige aanpassingen, maar kan voordelen brengen. De doorlooptijd van *Montage* neemt iets toe en de doorlooptijd van *Afmontage* wordt iets verkort. Daarmee komen de doorlooptijden dicht bij elkaar en wordt het gemakkelijker om vloeiende processen te creëren. Het genoemde alternatief is slechts een simpel voorbeeld van hoe onnodige beweging kan worden voorkomen. Door kritisch elke beweging binnen prefab-processen te onderzoeken kan steeds worden gezocht naar maatregelen.

6.6 Deelconclusie

In deze paragraaf wordt op basis van de bevindingen bij SelektHuis antwoord gegeven op de vierde onderzoeksvraag, die is toegespitst op het operationele niveau:

Hoe kan een prefabricageproces vanuit de principes van Lean & Green Bouwen worden verbeterd?

Als antwoord op deze vraag kan worden gesteld dat allereerst inzicht moet bestaan in efficiëntie van de prefabricageprocessen. Door de toegepaste onderzoeksmethode, waarbij de productieprocessen in detail werden geregistreerd, is een diversiteit aan verspillingen geïdentificeerd. Zonder deze kennis kunnen geen maatregelen worden bepaald die de mate van Lean & Green Bouwen vergroten.

Op basis van het inzicht in de prefabricageprocessen kunnen aandachtsgebieden worden aangewezen. Deze aandachtsgebieden kunnen bijvoorbeeld specifieke processen zijn (bijvoorbeeld met een zeer hoog percentage verspillingen) of specifieke soorten verspillingen binnen alle processen (bijvoorbeeld in het geval van fouten/defecten in vrijwel alle processen). Bij SelektHuis zijn een aantal aandachtsgebieden bepaald (zie bijlage K) waarvoor vervolgens maatregelen zijn voorgesteld. Tot slot kunnen potentiële maatregelen worden ontworpen die de verspilling reduceert of elimineert.

Een opmerking bij operationeel Lean & Green Bouwen is dat de uiteindelijke verduurzaming/efficiëntieverhoging op dit niveau tot concrete effecten leidt. Het is daarmee niet zo dat het operationele niveau het minst belang is van de drie niveaus van Lean & Green Bouwen. Het samenspel tussen de niveaus is noodzakelijk om maatregelen te kunnen implementeren. Op strategisch niveau moeten de randvoorwaarden worden gerealiseerd, op tactisch niveau moet hieraan invulling worden gegeven en op operationeel niveau moet Lean & Green Bouwen worden uitgevoerd. De hiërarchische indeling zoals opgenomen in het conceptuele model is dan ook onjuist, de drie niveaus zijn gelijkwaardig. Dit zal worden meegenomen in het definitieve model van Lean & Green Bouwen, dat in Hoofdstuk 7 wordt behandeld.

7 Discussie, conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op een aantal beperkingen van het onderzoek die van invloed zijn op de bevindingen (§7.1). Vervolgens wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek in de vorm van een aantal conclusies (§7.2). Tot slot worden een aantal aanbevelingen gedaan voor SelektHuis en voor mogelijk vervolgonderzoek naar Lean & Green Bouwen (§7.3).

7.1 Discussie

In deze paragraaf worden een aantal beperkingen benoemd die van invloed zijn geweest op de resultaten van het onderzoek en daarmee op de betrouwbaarheid van de uitkomsten. Eerst worden de beperkingen die een effect hebben op de theoretische synthese van Lean & Green Bouwen behandeld, waarna de beperkingen per niveau worden aangeduid. De meeste beperkingen zijn het gevolg van de begrensde tijdsduur waarin dit onderzoek plaats heeft gevonden, met als gevolg dat bepaalde aspecten niet lang genoeg onderzocht kon worden om tot een beargumenteerde conclusie te kunnen komen. Daarom blijven sommige resultaten beperkt tot algemene bevindingen.

Synthese Lean & Green Bouwen

Wetenschappelijk onderzoek naar de synthese tussen Lean & Green Bouwen is een relatief nieuw onderwerp, waardoor niet kan worden getoetst of de synthese alle overeenkomsten tussen Duurzaam en Lean Bouwen behandelt.

Onderzoek naar de wisselwerking tussen Duurzaam Bouwen en Lean Bouwen is tot op heden zeer beperkt. Er is al aangetoond dat projecten waarin Lean Bouwen wordt toegepast kunnen leiden tot duurzame resultaten, maar een volledige synthese van de concepten is nieuw. Het model dat in dit rapport is opgesteld is een aanzet voor verder onderzoek op dit gebied. Mogelijk zijn er meer elementen waarop Duurzaam en Lean Bouwen overeenkomen. Dit hangt ook deels samen met de kennis dat met name de concrete inhoud van het concept Duurzaam Bouwen niet universeel vastgelegd is. Om deze reden moet het synthesesmodel van Lean & Green Bouwen, zoals voorgesteld in dit onderzoek, worden gezien als eerste stap naar een compleet en concreet concept.

Strategisch Lean & Green Bouwen

Het waardeonderzoek heeft zich beperkt tot 13 medewerkers van SelektHuis en tot een methode waarin niet kan worden gesteld hoe de relevantie verschilt tussen de factoren

Het onderzoek naar waardefactoren heeft zich beperkt tot een onderzoek onder medewerkers en hoe zij denken dat de klanten de waardefactoren rangschikken. In een ideaal onderzoek zou dit direct aan klanten worden gevraagd en kunnen de uitkomsten worden vergeleken met de resultaten van het onderzoek onder SelektHuis medewerkers. Daarmee ontstaat een volledig beeld bij de mate waarin het primaire proces het bedrijf in staat stelt om precieze klantbehoeften te achterhalen. Een uitgebreider onderzoek op dit punt paste echter niet binnen de beschikbare tijd.

Het waardeonderzoek is daarnaast verricht met een methode waarin waardefactoren op volgorde van relevantie gerangschikt zijn. Daarmee wordt echter niet duidelijk wat het precieze verschil is tussen de posities op de lijst. Zo kan een medewerker inschatten dat nummer 1 en 2 ongeveer even belangrijk zijn voor klanten, maar dat nummer 3 significant minder belangrijk is. De positie op de lijst laat dit verschil echter niet zien.

Tactisch Lean & Green Bouwen

Het onderzoek naar gemotoriseerde verplaatsingen heeft zich beperkt tot de door SelektHuis gecoördineerde logistieke processen.

In het onderzoek naar tactisch Lean & Green Bouwen is ervoor gekozen om de logistieke processen van SelektHuis te onderzoeken. Hiermee worden andere vormen van gemotoriseerde verplaatsing buiten beschouwing gelaten. Zo is de verplaatsing van personeel van en naar de bouwplaats ook een

vorm van gemotoriseerde verplaatsing die vanuit Lean & Green Bouwen van belang is. Deze beperking van het onderzoek was noodzakelijk om de omvang te beperken. De tweede beperking van het onderzoek is dat niet alle logistieke processen in kaart konden worden gebracht. SelektHuis coördineert slechts een beperkt deel van alle logistiek die noodzakelijk is voor de realisatie van SelektHuis-woningen. Om te kunnen bepalen of er bij SelektHuis op dit punt sprake is van Lean & Green Bouwen is uitgebreider onderzoek nodig binnen de bouwketen. Daarmee blijven de resultaten van het onderzoek op dit punt beperkt tot algemene bevindingen.

Het onderzoek naar materiële verspillingen heeft zich beperkt tot de productie van bouwafval bij vijf projecten.

Binnen dit onderzoek is gekozen om bouwafval te onderzoeken als vorm van materiële verspilling. Hiermee worden andere vormen van materiële verspilling (bijvoorbeeld op kantoor of in de prefabricagehal) buiten beschouwing gelaten. Deze beperking heeft ervoor gezorgd dat het onderzoek wat betreft tijdsduur haalbaar bleef, maar daardoor kunnen geen volledige conclusies worden getrokken wat betreft de mate van Lean & Green Bouwen op dit punt. De tweede beperking is dat slechts vijf bouwafvalcontainers zijn onderzocht op vijf willekeurige momenten in het bouwproces. Daarmee zijn de resultaten niet representatief voor de gehele bouwafvalproductie over de gehele projectduur. Ook kan niet worden uitgesloten dat er verschillen in resultaten kunnen optreden op basis van de vestiging van SelektHuis die een project coördineert.

Operationeel Lean & Green Bouwen

Prefabricage is slecht één van de vele operationele processen die van invloed zijn op de mate van Lean & Green Bouwen.

Het onderzoek op operationeel niveau heeft zich toegespitst op vijf specifieke prefabricageprocessen, waarmee andere prefabricageprocessen (bijvoorbeeld van dakplaten) buiten de scope van dit onderzoek vallen. Daarnaast heeft het operationeel niveau betrekking op alle activiteiten die in het bedrijf worden uitgevoerd, van gesprekken met klanten tot het afwerken van binnenwanden. De vijf onderzochte processen zijn daarmee slechts een voorbeeld van hoe een bouwbedrijf bedrijfsbreed kan onderzoeken in welke mate de operationele processen Lean & Green zijn.

Het prefabricage-onderzoek is beperkt in omvang en heeft slechts een deel van de verspillingen geïdentificeerd.

Het prefabricage-onderzoek heeft zich beperkt tot vijf processen, waardoor er geen algemene conclusies kunnen worden getrokken over de mate van verspillingen binnen alle prefabricageprocessen van SelektHuis. Ook heeft het onderzoek zich beperkt tot de verspillingen uitgedrukt in tijd, terwijl materiële verspillingen ook gemeten hadden kunnen worden.

Het detailniveau van het prefabricage-onderzoek kan verder worden verscherpt.

Binnen het prefabricageonderzoek is ervoor gekozen om handelingen te registreren wanneer de tijdsduur ervan 1 minuut of langer was. Dit is een beperking van de data-analyse die ervoor heeft gezorgd dat het onderzoek uitvoerbaar bleef. Echter, deze beperking zorgt ervoor dat verspillingen met een kortere tijdsduur niet naar voren komen in de resultaten, zelfs wanneer zij zich meerdere keren herhalen binnen verschillende andere handelingen.

7.2 Conclusie

Dit afstudeeronderzoek is verricht om een antwoord te vinden op de onderzoeksvraag:

Hoe kan een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, de synthese van Duurzaam en Lean Bouwen gebruiken om het bouwproces duurzamer en efficiënter te maken?

Om tot een antwoord te komen is in de eerste plaats een model van Lean & Green Bouwen opgesteld, waarin de principes die van belang zijn binnen zowel Duurzaam Bouwen als Lean Bouwen worden benoemd. Dit model, dat is onderverdeeld in drie niveaus (strategisch, tactisch en operationeel) is vervolgens bij SelektHuis in de praktijk onderzocht. De definitie van Lean & Green Bouwen die hierbij is gebruikt is:

"Het zonder verspillingen realiseren van bouwobjecten, die voor de klant maximale waarde vertegenwoordigen, zonder dat de mogelijkheden van toekomstige generaties om te voldoen aan hun behoeften negatief worden beïnvloed door de impact van alle activiteiten die worden ondernomen om de realisatie ervan mogelijk te maken" (vrij naar BOOM SI, 2006 en Terry & Smith 2011).

De eerste conclusie is dat het voor een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, van belang is om op strategisch niveau bouwprocessen zodanig in te richten dat:

1. Het bouwproces erop gericht is om zo goed mogelijk te voldoen aan de behoeften van de kopende klant en het milieu en een zo goed mogelijke afstemming tussen deelprocessen faciliteert. Bij SelektHuis blijkt dat klantbehoeften uiteenlopend kunnen zijn en dat het primaire proces kan worden verbeterd door meer belang te hechten aan de juiste en complete identificatie van klantbehoeften. Door het perspectief van het milieu als klant kan de mate van Duurzaam Bouwen worden gewaarborgd en door deelprocessen als klanten van elkaar te beschouwen kan de mate van Lean Bouwen worden bevorderd.
2. Het bouwproces voldoende flexibel is om op een efficiënte manier in te spelen op de specifieke behoeften van de klant. Na de identificatie van klantbehoeften moet het primaire proces zo goed mogelijk in staat zijn om in deze behoeften te voorzien. Uit het onderzoek bij SelektHuis blijkt dat het belangrijk is om een juiste afstemming te vinden tussen de potentiële klanten die het bedrijf wil aanspreken en de manier waarop het primaire proces is ingericht.
3. Het bouwproces ruimte biedt voor systematische identificatie, preventie, reductie en eliminatie van verspillingen. Het oplossen van verspillingen in bouwprocessen staat centraal bij Lean & Green Bouwen. Bedrijven als SelektHuis kunnen bouwprocessen verbeteren door in de eerste plaats op strategisch niveau ruimte te bieden voor systematische identificatie van verspillingen. Wanneer inzicht bestaat in de verspillingen kunnen gemakkelijker maatregelen worden getroffen.

De tweede conclusie is dat het voor een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, van belang is om op tactisch niveau binnen deelprocessen te zorgen voor:

1. Minimalisatie van gemotoriseerde verplaatsing. Dit type verspilling is vanuit zowel Duurzaam als Lean Bouwen van belang en moet geminimaliseerd worden. Uit het onderzoek naar logistieke processen bij SelektHuis blijkt dat het bedrijf slechts een klein gedeelte van de logistiek coördineert. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de verantwoordelijkheid voor Lean & Green processen in de eerste plaats bij de logistieke partners ligt. De rol van een bouwbedrijf als SelektHuis is dat het logistieke partners moet motiveren (of selecteren) om in samenwerking Lean & Green te werken.
2. Minimalisatie van materiële verspillingen. Het bouwafvalonderzoek bij SelektHuis laat zien dat het in kaart brengen van bouwafvalstromen kan leiden tot maatregelen die de mate van Lean & Green Bouwen vergroten. Zo is duidelijk geworden dat het gebruik van grotere bouwafvalcontainers en het scheiden van bouwafval op de bouwplaats kan leiden tot onder andere kostenbesparingen en een verlaagde milieu-impact.

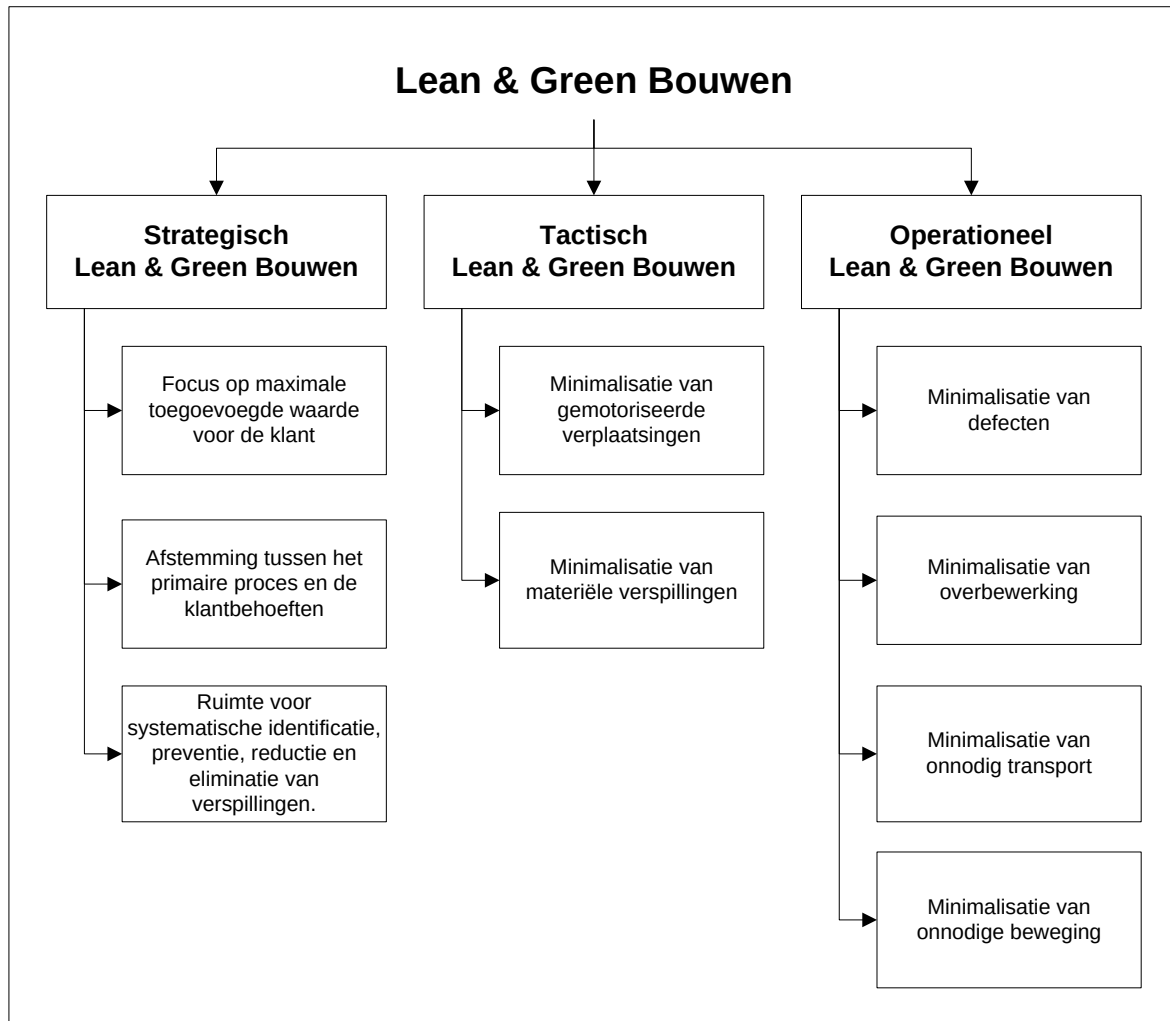
De derde conclusie is dat het voor een bouwbedrijf, zoals SelektHuis, van belang is om op operationeel niveau te zorgen voor:

- Minimalisatie van verspillingen. Waar het strategische en tactische niveau belangrijk zijn voor de facilitatie van Lean & Green Bouwen, moet dit op operationeel niveau tot uiting komen. Bij SelektHuis is binnen een vijftal prefabricageprocessen onderzocht in welke mate Lean & Green verspillingen voorkomen (defecten, overbewerking, onnodig transport en onnodige verplaatsing). De gedetailleerde registratie van handelingen binnen deze processen heeft geleid tot de identificatie van elk van deze soorten verspillingen. Op basis van de opgedane kennis is het vervolgens mogelijk om maatregelen te treffen die de processen verbeteren. Voor bedrijven als SelektHuis is het dus belangrijk om op "werkvloerniveau" te onderzoeken welke verspillingen voorkomen en van daaruit de mate van Lean & Green Bouwen te vergroten.

Als antwoord op de hoofdvraag kan op basis van de bevindingen van het onderzoek worden gesteld dat bedrijven, zoals SelektHuis, vanuit de drie niveaus (strategisch, tactisch en operationeel) van Lean & Green Bouwen kunnen werken aan een optimalisatie van hun bouwprocessen. Daarbij worden op strategisch niveau de voorwaarden gerealiseerd voor inbedding van het concept in de algemene werkprocessen van de organisatie, wordt op tactisch niveau duidelijk hoe deelprocessen kunnen worden geanalyseerd en verbeterd en wordt op operationeel niveau de nadruk gelegd op het voorkomen van verschillende soorten verspillingen.

Het onderzoek heeft ook duidelijk gemaakt dat het initiële conceptuele model van Lean & Green Bouwen (zoals gepresenteerd in §3.4.2) niet geheel juist is. De hiërarchische indeling van het model wekt de suggestie dat het strategische niveau het belangrijkste is en het operationeel niveau het minst belangrijk. Uit dit afstudeeronderzoek is echter gebleken dat Lean & Green Bouwen op alle niveaus noodzakelijk is om succesvol te kunnen zijn. Bedrijven zullen de principes van Lean & Green Bouwen in de gehele organisatie moeten inbedden, van topmanagement tot werkvloer, om verduurzaming en efficiëntieverhoging daadwerkelijk mogelijk te maken.

In Figuur 36 is het definitieve conceptuele model van Lean & Green Bouwen opgenomen. De gelijkwaardigheid van de drie niveaus is hierin benadrukt door de niveaus niet langer als hiërarchie weer te geven, maar parallel aan elkaar te plaatsen. Het model geeft inzicht in de betekenis van het concept Lean & Green Bouwen en in de manier waarop dit onderzocht kan worden in de praktijk bij een bouwbedrijf. Op basis van de suggesties in de discussie en de aanbeveling kan dit model verder worden ontwikkeld, om zo te komen tot een steeds beter model van Lean & Green Bouwen dat eraan kan bijdragen dat de gehele bouwketen duurzamer en efficiënter wordt.



Figuur 36: Definitief model van Lean & Green Bouwen.

7.3 Aanbevelingen

De discussie en conclusie hebben geleid tot een aantal aanbevelingen voor SelektHuis en aanbevelingen voor verder onderzoek op het gebied van Lean & Green Bouwen.

Aanbevelingen voor SelektHuis

In dit rapport zijn diverse aanbevelingen gedaan voor SelektHuis om haar proces in lijn te brengen met de principes van Lean & Green Bouwen. De belangrijkste aanbevelingen voor het bedrijf zijn:

- Maak gebruik van de gepresenteerde principes van Duurzaam Bouwen, Lean Bouwen en Lean & Green Bouwen om de bedrijfsprocessen van SelektHuis verder te optimaliseren en doe hier verder onderzoek naar.
- Op strategisch niveau moet worden gezorgd dat het primaire proces instaat is en blijft tot het volledig en juist definiëren van klantbehoeften. De toename in het aantal complexe projecten kan het noodzakelijk maken om in sommige projecten meer te investeren in het voortraject. Daarmee kunnen verspillingen later in het proces worden voorkomen. Daarnaast wordt aanbevolen om de manier waarop procesoptimalisaties tot stand komen verder te formaliseren, waarbij de erkenning van deelprocessen als klanten van elkaar (vanuit Lean Bouwen) kan helpen om te bepalen waar verdere afstemming noodzakelijk is.

- Op tactisch niveau wordt aanbevolen om in overleg te treden met de logistiek partner om verdere procesefficiëntie te realiseren. Wat betreft bouwafval wordt aanbevolen om de voorgestelde maatregelen te implementeren (grotere containers, bouwafvalscheiding), waarmee het deelproces meer in lijn wordt gebracht met de principes van Lean & Green Bouwen.
- Op operationeel niveau wordt aanbevolen om maatregelen te treffen om de hoeveelheid verspillingen in de productieprocessen terug te brengen. De potentiële maatregelen uit dit rapport kunnen hierbij helpen. Daarnaast wordt aanbevolen om verder onderzoek te doen naar verspillingen binnen andere deelprocessen, zoals op kantoor en op de bouwplaats.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

De synthese tussen Duurzaam en Lean Bouwen is een relatief nieuw onderwerp in de wetenschappelijk literatuur. Het wordt dan ook aanbevolen om verder onderzoek te doen naar de precieze wisselwerking tussen de twee concepten. De gelaagdheid in drie niveaus, zoals voorgesteld in dit rapport, kan worden gebruikt om specifiek duidelijk te maken op welke manier maatregelen kunnen worden geïmplementeerd binnen bestaande bedrijfsprocessen.

Daarnaast wordt aanbevolen om te onderzoeken of de mate van Lean & Green Bouwen meetbaar gemaakt kan worden. Het is wellicht mogelijk om een aantal indicatoren op te stellen die kunnen helpen om te kunnen kwantificeren in hoeverre een bedrijf volgens de principes van Lean & Green Bouwen werkt. De ontwikkeling van standaard methodes hoort hier ook bij, waarbij de registratiemethode die gebruikt is bij de prefabricage-onderzoeken de basis kan zijn voor een uitgebreidere methode. In deze methode zouden dan bijvoorbeeld ook de materiële en financiële verspillingen kunnen worden geregistreerd.

Tot slot wordt aanbevolen om te onderzoek hoe de betekenis van *waarde voor de klant* het beste kan worden bepaald. Dit onderwerp is vanuit Lean Bouwen belangrijk en speelt ook bij Lean & Green Bouwen een belangrijke rol. De manier waarop deze *waarde* het beste kan worden bepaald is echter onduidelijk. Meer kennis over dit onderwerp kan bijdragen aan een vergemakkelijking van de beoordeling of activiteiten binnen bouwprocessen waardetoevoegend of verspillend zijn.

Bronnen

[Afbeelding SelektHuis vestigingen]. (z.j.). Geraadpleegd op: <https://nl-nl.facebook.com/Selekthuis#!/photo.php?fbid=179044792254043&set=a.158714370953752.1073741827.142896339202222&type=1&theater>

[Logo SelektHuis]. (z.j.). Geraadpleegd op: <https://twitter.com/SelektHuisBV/lists>

[Logo Universiteit Twente]. (z.j.). Geraadpleegd op: <http://www.hetrozeolifantje.nl/index.php/tag/logo/>

EeBGuide. (2013). [Levenscyclus analyse]. Verkregen via: <http://www.eebguide.eu/>

Papers & Rapporten

Ahuja, R. (2013). Sustainable Construction: Is Lean Green?. In *ICSDEC 2012@ Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering, and Construction* (pp. 903-911). ASCE.

Alarcón, L.F.A., Diethelm, S. (2001). Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies. In *Proceedings of the 9th IGLC conference, Singapore*.

Boyle, C. A. (2005). Sustainable buildings. *Proceedings of the ICE-Engineering Sustainability*, 158(1), 41-48.

Braungart, M., McDonough, W. & Bollinger, A. (2006). Cradle-to-Cradle design; creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. *Journal for cleaner production*. doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003

BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo. (2006). *Basisdocument; wat is duurzaam bouwen?*. Verkregen via: <http://www.wegwijzerduurzaambouwen.be/pdf/175.pdf>

Bossink, B. A. G., & Brouwers, H. J. H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of construction engineering and management*, 122(1), 55-60.

Building Design & Construction. (2003). *White paper on Sustainability*. Verkregen via: <http://www.usgbc.org/Docs/Resources/BDCWhitePaperR2.pdf>

Buildoffsite. (2013). Offsite Construction: Sustainability Characteristics . Verkregen via: http://www.buildoffsite.com/pdf/publications/BoS_offsiteconstruction_130709.pdf

CE Delft & IVM. (2012). *Parlementair onderzoek Kosten en effecten klimaat- en energiebeleid* [rapport nr. 33 193]. Verkregen via: [http://www.ce.nl/art/uploads/file/Nieuws%20\(documenten\)/Eindrapport%20Tweede%20Kamer%20191601.pdf](http://www.ce.nl/art/uploads/file/Nieuws%20(documenten)/Eindrapport%20Tweede%20Kamer%20191601.pdf)

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2012a). Sterke toename van zonnepanelen [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3673-wm.htm>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2012b). Wegvervoer; kwartaalreeksen goederenvervoer over de weg [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=37234&D1=92-102,186-196&D2=0&D3=25,I&HD=130213-1647&HDR=G1,G2&STB=T>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2013). Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=70846NED>

Centraal Bureau voor de Statistiek, PBL, Wageningen UR (2008). Stedelijk gebied in Nederland, 1970-2003 (indicator 0063, versie 05, 23 september 2008). Verkregen via: <http://www.compendiumvoorleefomgeving.nl/indicatoren/nl0063-Stedelijk-gebied-in-Nederland.html?i=4-34>

Club van Rome. (z.j.). About the Club of Rome [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.clubofrome.org/?p=324>

Construction Industry Institute. (2013). Lean Principles in Construction [webpagina]. Geraadpleegd op: https://www.construction-institute.org/scriptcontent/more/191_1_more.cfm

Coriddi, J. (2008). 'An Inconvenient Truth' in Policy & Practice: A Development Education Review [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.developmenteducationreview.com/issue6-reviews2>

Driessen, P. & Leroy, P. (2007). *Milieubeleid, analyse en perspectief*. Bussum, Nederland: Coutinho.

- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford. England: Capstone.
- Entrop, A.G. & Brouwers, H.J.H. (2010). Assessing the sustainability of buildings using a framework of triad approaches. *Journal of Building Appraisal*. 5(4). 293-310. doi:10.1057/jba.2009.36
- Fliedner, G. (2008). Sustainability: a new lean principle. In *Proceedings of the 39th annual meeting of the decision sciences institute, Baltimore, Maryland* (pp. 3321-3326).
- Griffin, R. W. (2013). *Fundamentals of management*. Cengage Learning.
- Höök, M. (2005). *Timber Volume Element Prefabrication* (Proefschrift). Verkregen via: <http://pure.ltu.se/portal/files/199205/LTU-LIC-0565-SE.pdf>
- Höök, M., & Stehn, L. (2005). Connecting lean construction to prefabrication complexity in Swedish volume element housing. In *Proceedings of the 13th IGLC conference*.
- Hopp, W. J., Spearman, M. L., & Zhang, R. Q. (1997). Easily implementable inventory control policies. *Operations Research*, 45(3), 327-340.
- Horman, M.J., Riley, D.R., Pulaski, M.H. & Leyenberger, C. (2004). Lean and Green: integrating sustainability and Lean Construction. Verkregen via: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9767.pdf>
- Howell, G. & Ballard, G. (1998). Implementing Lean Construction; understanding and action. *Conference proceedings of the International Group of Lean Construction*. Verkregen via: <http://www.leanconstruction.org/pdf/HowellAndBallard.pdf>
- Huovila, P., & Koskela, L. (1998). Contribution of the principles of lean construction to meet the challenges of sustainable development. In *6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Guarujá, São Paulo, Brazil (pp. 13-15).
- ISO. (2013). ISO 9001 - Quality management. Geraadpleegd op: http://www.iso.org/iso/iso_9000
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality. *The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 14(2), 39-48.
- Ko, C. H., Tien, S. H., Shen, Y. C., & Liao, H. H. Reducing Finished Goods Inventory for Precast Fabricators. Kooten, van, L.A. (z.j.) Topgevel. In *Architectenweb*. Geraadpleegd op: architectenweb.nl/ap4568
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (No. 72). (Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering). Stanford, CA: Stanford university.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Kourmpanis, B., Papadopoulos, A., Moustakas, K., Stylianou, M., Haralambous, K. J., & Loizidou, M. (2008). Preliminary study for the management of construction and demolition waste. *Waste Management & Research*, 26(3), 267-275..pdf
- Kwekkeboom, S. (2013, 19 september). Zonder financiering geen herstel mogelijk. Cobouw. Geraadpleegd op: <http://www.cobouw.nl/nieuws/algemeen/2013/09/19/zonder-financiering-geen-herstel-mogelijk>
- Lapinski, A.R., Horman, M.J. & Riley, D.R. (2006). *Lean processes for sustainable project delivery*. *Journal of construction engineering and management*. 132(10). 1083-1091. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:10(1083)
- Leroy, P. & Wiering, M.A. (2007). Inhoudelijke ontwikkelingen, doelstellingen en uitgangspunten van het milieubeleid. In Driessen, P.P.J. & Leroy, P.. *Milieubeleid, analyse en perspectief* (p.75-100). Bussum, Nederland: Coutinho.
- Miles, L. D. (1972). *Techniques of value analysis and engineering* (Vol. 4). New York: McGraw-hill.
- Milieufocus. (2010). Nationaal Milieubeleidsplan 2 (NMP2) [webpagina]. Verkregen via: <http://www.milieufocus.nl/factsheets/n/nationaal-milieubeleidsplan-2-nmp2.html>
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijk Ordening en Milieubeheer. (2010). *Introductiedossier bewindsliden*. Verkregen via: <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/richtlijnen/2010/10/14/introductiedossier-nieuwe-bewindsliden%5B2%5D/rem4web.pdf>

- MVO Nederland. (z.j.). Wat is MVO? Verkregen via: <http://www.mvonederland.nl/content/pagina/wat-mvo>
- Nieuwenhuisgroep. (z.j.). Over ons [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.nieuwenhuisgroep.nl/over-ons/historie>
- Phillips, R. A., & Reichart, J. (2000). The environment as a stakeholder? A fairness-based approach. *Journal of Business Ethics*, 23(2), 185-197.
- Planbureau voor de Leefomgeving & ECN. (2011). *Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden*. Verkregen via: <http://www.ecnannualreport.nl/downloads/Rapport-naareenschoneeconomie.pdf>
- Pultrum Rijssen B.V. (2012). Pultrum ontvangt Lean & Green Award [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.pultrum-rijssen.nl/over-ons/nieuws/22-onze-mensen-7.html>
- Reilly, W.K. (1992). The Road from Rio: The succes of the Earth Summit depends on how well we follow through on its principles and programs. Verkregen via: <http://www.epa.gov/aboutepa/history/topics/summit/01.html>
- Rijksoverheid. (2013). Meer duurzame energie in de toekomst [webpagina]. Verkregen via: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/meer-duurzame-energie-in-de-toekomst>
- Rippon, J. A. (2011). The benefits and limitations of prefabricated home manufacturing in North America.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda: Version 1.3 June 2003*. Lean Enterprise Institute.
- SBR Curnet. (2013). Rekentools en certificaten voor Duurzaam Bouwen [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.sbr.nl/producten/infobladen/rekentools-en-certificaten-voor-duurzaam-bouwen>
- SelektHuis. (2013). Alles over Duurzaam Bouwen (DUBO) [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.selekthuis.nl/duurzaam-bouwen-dubo>
- SelektHuis. (z.j.). Landelijk. *SelektLiving, woonmagazine van SelektHuis*. 36-39
- Spaargaren, G. & Van Koppen, C.S.A. (z.j.). Environment and society, selected chapters.
- Sustainability reporting program. (2004). An Environmental and Sustainability chronology [webpagina]. Verkregen via: <http://www.sustreport.org/home.html>
- Tam, W. Y. V., Tam, C. M., Chan, W. W. J., & Ng, C. Y. W. (2006). Cutting construction wastes by prefabrication. *International Journal of Construction Management*, 6(1), 15-25.
- Tam, V. W., Tam, C. M., Zeng, S. X., & Ng, W. C. (2007). Towards adoption of prefabrication in construction. *Building and Environment*, 42(10), 3642-3654.
- Tatenhove, J. & Goverde, H. (2007). Institutionaliseren van het Nederlandse milieubeleid. In Driessen, P.P.J. & Leroy, P.. *Milieubeleid, analyse en perspectief* (p.51-74). Bussum, Nederland: Coutinho.
- Teo, M. M., Loosemore, M., Masosszaky, M., & Karim, K. (2000, September). Operatives attitudes towards waste on a construction project. In *Annual Conference-ARCOM 2000* (Vol. 2, pp. 509-517).
- Terry, A., & Smith, S. (2011). Build Lean. *Transforming construction using Lean Thinking*. Verkregen via: <http://www.blissbooks.co.uk/documents/336952.pdf>
- Thanoon, W. A., Peng, L. W., Kadir, M. R. A., Jaafar, M. S., & Salit, M. S. (2003, September). The essential characteristics of industrialised building system. In *International Conference on Industrialised Building Systems* (Vol. 10, p. 11).
- TQL. (2013). Wat is een definitie van logistiek? [webpagina]. Geraadpleegd op: <http://www.tql.nl/nl/artikel/1476/wat-is-een-definitie-van-logistiek.html>
- Verenigde Naties. (2002). *Report of the World Summit on Sustainable Development* [rapport nr. A/CONF.199/20*]. Verkregen via: http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit_docs/131302_wssd_report_reissued.pdf
- Verengde Naties. (z.j.). Challenges to sustainable development [webpagina]. Verkregen via: <http://www.un.org/en/development/desa/financial-crisis/challenges.shtml>
- Vorderman, R. (2011, 28 november). Onder de kostprijs werken om te overleven. *De Stentor*. Verkregen via: http://static.haafkes.gos2m.nl/documents/pdf/file_25696.pdf

- Vré, de, K. (2012, 20 september). Nederland zal klimaatdoelen niet halen. Trouw. Verkregen via: <http://www.trouw.nl/tr/nl/4332/Groen/article/detail/3319426/2012/09/20/Nederland-zal-klimaatdoelen-niet-halen.dhtml>
- Wereldcommissie voor Milieu en Ontwikkeling. (1987). *Our common future* [rapport nr. A/42/427]. Verkregen via: <http://www.un-documents.net/ocf-cf.htm>
- Wijnen, G., & Storm, P. (2011). Projectmatig werken. Spectrum.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. (1996). Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*. 5. 140-158. Verkregen via: http://www.business.uzh.ch/professorships/som/stu/Teaching/FS10/MA/som/Womack_1996_lean.pdf
- Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *The Journal of Marketing*, 2-22. Verkregen via: http://www.nelsonpricing.com.ar/ensayos/Valor_2_ZEITHAML_English.pdf
- Zwaga, J. (2013, 21 februari). Malaise in bouw veroorzaakt bijna helft economische krimp. *Cobouw*. Geraadpleegd op: <http://www.cobouw.nl/nieuws/algemeen/2013/02/21/malaise-in-bouw-veroorzaakt-bijna-helft-economische-krimp>

Bijlage

Bijlage A Duurzaam Bouwen

Duurzaamheid is een term die vandaag de dag vaak wordt gebruikt. Vele bedrijven en instanties claimen duurzaam te werken en duurzame producten op de markt zetten. Aangezien 'duurzaam' een breed begrip is, zal in deze paragraaf worden beschreven wat duurzaam bouwen inhoudt en welk doel ermee wordt nagestreefd.

Een van de problemen met het gebruik van het woord *duurzaam* is dat het in het Nederlands twee verschillende betekenissen kan hebben die soms door elkaar gebruikt worden. In het Engels zijn hiervoor twee verschillende woorden, namelijk *durable* (geschikt, bestemd om lang te bestaan) en *sustainable* (het milieu zo min mogelijk belastend). In Tabel 17 wordt dit probleem verduidelijkt.

Tabel 17: Weergave van het taalkundige probleem met betrekking tot het woord duurzaam

Nederlandse term	Definitie Van Dale woordenboek	Engelse term
Duurzaam	(1) geschikt, bestemd om lang te bestaan	Durable
Duurzaam	(2) het milieu zo min mogelijk belastend	Sustainable

De tweede definitie van duurzaam sluit het beste aan bij de manier waarop in dit rapport naar duurzaamheid wordt gekeken. De definitie '*het milieu zo min mogelijk belastend*' blijft echter vaag en dekt niet de gehele lading. De definitie die is vastgesteld door de Verenigde Naties commissie Brundtland in het rapport '*Our Common future*' in 1987 geeft een bredere invulling: "*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (p.41). Oftewel, het gaat erom dat de behoeften van de huidige generatie worden vervuld, maar dit mag niet ten koste gaan van de mogelijkheden van de volgende generaties om in hun behoefte te voldoen.

Duurzaam bouwen is een specifieke variant van duurzame ontwikkeling en kan op die manier als volgt gedefinieerd worden:

Definitie duurzaam bouwen

"Duurzaam bouwen is het op een dusdanige manier bouwen dat hier aan de huidige behoefte wordt voldaan zonder dat de mogelijkheden voor andere volkeren en toekomstige generaties worden verminderd."

(BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006 p.8)

Geschiedenis van duurzaam bouwen

In deze paragraaf wordt aan de hand van een aantal belangrijke gebeurtenissen in nationale en internationale context behandeld hoe het denken over duurzaamheid is ontstaan en hoe dit zich heeft ontwikkeld. De analyse gaat terug tot begin jaren zeventig. Hiervoor is gekozen omdat pas sinds die tijd uitdrukkelijke aandacht komt voor de grotere milieuproblemen zoals klimaatverandering en het feit dat men zich realiseert dat niet alle grondstoffen oneindig beschikbaar zullen zijn. Het rapport *Limits to growth* van de Club van Rome diende hierbij begin jaren '70 als katalysator. Men begon uitdrukkelijk na te denken over de effecten die de mens heeft op de aarde en hoe de maatschappij er in de toekomst uit moet zien (Leroy & Wiering, 2007). Belangrijkste daarbij was het ervoor zorgen dat de aarde niet ten onder zou gaan aan de druk van de groeiende wereldbevolking en industrie.

Interne institutionalisering

Interne institutionalisering, oftewel de opbouw van inhoud en organisatie van het milieubeleid binnen de rijksoverheid, vond plaats tussen begin jaren '70 en begin jaren '80. Deze periode staat in het teken van het belang van het milieu. Hoofdoorzaak hiervoor was de politieke erkenning van de versnelde toename van milieuproblemen sinds de Tweede Wereldoorlog (van Tatenhove & Goverde, 2007).

Een van de belangrijkste internationale gebeurtenissen in die tijd was het verschijnen van het rapport 'Limits to growth' van de club van Rome in 1972. De Club van Rome is een internationale stichting van *'onafhankelijke leidende persoonlijkheden vanuit de politiek, zakenwerelden en wetenschap, die bezorgdheid delen over de toekomst van de mensheid'* (Club van Rome, z.j.). De stichting bestaat uit staatshoofden, leden van de Verenigde Naties, hooggeplaatste politici, ambtenaren, diplomaten, wetenschappers, economen en ondernemers van over de hele wereld. Juist door deze gevarieerde samenstelling van de leden, die zowel expertise als macht hebben over de wereld, heeft de organisatie veel te weeg gebracht met haar bevindingen.

In het rapport *'Limits to growth'* heeft de Club van Rome een daadkrachtige waarschuwing gegeven aan beleidsmakers van over de hele wereld: de aarde zou het doorgaan op de bestaande manier (toenemende druk van industrie en groei van de wereldbevolking) niet overleven. Grondstoffen zouden opraken, vervuiling zou steeds meer toenemen en uiteindelijk zou het hele systeem instorten (Club van Rome, z.j.).

Een andere belangrijke internationale gebeurtenis was de Verenigde Naties conferentie over de menselijke omgeving in Stockholm in 1972. Mede naar aanleiding van het rapport van de Club van Rome werd op deze bijeenkomst besproken hoe menselijke activiteiten het milieu schaadden en welke (milieu)gevaaren dit opleverde (Sustainability reporting program, 2004). De nationale overheden konden vanaf dit moment niet meer om de relevantie van het streven naar een 'duurzame samenleving' heen.

Naast het verspreiden van die urgente boodschap, hebben het rapport en de conferentie geleid tot de oprichting van verschillende nieuwe milieuorganisaties en een duidelijk geactiveerde publieke opinie over dit onderwerp (Spaargaren & Van Koppen, z.j.). Het was voor internationale gemeenschap niet langer mogelijk om milieuproblemen te negeren, en daarom werd vanaf de vroege jaren '70 begonnen met het ontwerpen van nieuwe wetten op dit gebied.

Een andere gebeurtenis die de publieke opinie vorm gaf in deze tijd was de oliecrisis van 1973. Olieproducerende Arabische landen kondigden in oktober 1973 een olie-embargo af; de toevoer van olie naar westerse landen werd afgeknepen en er ontstond schaarste. De beperkte beschikbaarheid zorgde ervoor dat de prijs van brandstof enorm toenam en dat rantsoenering moest worden toegepast. In de westerse wereld heeft de oliecrisis niet alleen grote economische gevolgen gehad, maar ook gezorgd voor groeiende aandacht voor alternatieven voor het gebruik van olie voor zowel energieopwekking als andere toepassingen (Building Design & Construction, 2003). De afhankelijkheid die gepaard ging met het gebruik van dergelijke niet hernieuwbare energiebronnen werd in toenemende mate als zwakte van de bestaande situatie gezien.

Binnen de samenleving kwam meer aandacht voor de diepere oorzaak van de milieuproblemen. De milieubewegingen debatteerden over het herzien en afbreken van de moderne industriële, kapitalistische samenleving en in plaats daarvan terug te gaan naar kleine, autonome en lokale gemeenschappen die op zichzelf functioneren zonder externe inmenging. Deze ideologie werd niet door iedereen ondersteund, maar illustreert wel de kritische blik van de bevolking richting de tunnelvisie gericht op meer en meer economische groei, zonder aandacht voor milieu en de leefomgeving (Spaargaren & Van Koppen, z.j.).

Ondertussen veranderde de beleidsaanpak van overheden met betrekking tot duurzaamheid. Milieuproblemen werden geherdefinieerd en werden beleid en beleidsinstrumenten ontwikkeld. Waar eerst fragmentatie van milieubeleid plaatsvond (compartimenten van milieu met elk zijn eigen beleid) werd onder minister Winsemius van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) in 1982 het milieubeleid geherstructureerd en gekozen voor een meer integrale aanpak voor

de toekomst, zowel intern (samenhang tussen onderdelen van milieubeleid) als extern (samenhang en consistentie met andere beleidsterreinen) (van Tatenhove & Goverde, 2007).

De overgang van interne naar externe institutionalisering

De overgangsfase van interne naar externe institutionalisering, die plaatsvond tussen midden jaren '80 en begin jaren '90 kenmerkt zich door het vernieuwde denkbeeld dat economische ontwikkeling en milieubescherming elkaar niet uitsluiten; duurzame ontwikkeling is de toekomst. Milieu-gerelateerde zaken beginnen in deze periode op de agenda van de private sector te komen.

De belangrijkste gebeurtenis in het begin van deze periode is de publicatie van het rapport *'Our common future'* van de VN commissie 'Brundtland' in 1987. Het hoofddoel van deze commissie was het aandragen van een 'mondiale agenda voor verandering met betrekking tot het milieu'. Het instellen van deze commissie was volgens de voorzitter van de commissie Gro Harlem Brundtland (op dat moment de premier van Noorwegen) *"een duidelijke demonstratie van het wijdverspreide gevoel van frustratie en ontoereikendheid binnen de internationale gemeenschap over het eigen vermogen om essentiële globale problemen te adresseren en efficiënt op te lossen"* (Wereldcommissie voor Milieu en Ontwikkeling, 1987 p.5).

Een belangrijke conclusie van het rapport was dat het klassieke denkbeeld, dat economische groei altijd gepaard zal gaan met milieuproblemen, onjuist was. Ontwikkeling op een duurzame manier kan zowel economische als milieutechnische groei opleveren. Het debat moest dan ook niet gaan over de afweging milieu óf economische groei, maar over de vraag op welke manier en binnen welke kaders groei duurzaam kan zijn (Spaargaren & Van Koppen, z.j.).

In het rapport van de commissie Brundtland is ook een definitie van duurzaamheid opgenomen die tot de dag van vandaag vaak leidend is: *"Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"* (Wereldcommissie voor Milieu en Ontwikkeling, 1987 p.41).

In deze overgangsperiode werden milieu-gerelateerde zaken ook meer en meer opgepakt door bedrijven. Milieuaspecten werden deel van private bedrijfsvoering en innovatieve managers gingen aan de slag met concepten als milieubeheerssystemen en maatschappelijk verantwoord ondernemen (Spaargaren & Van Koppen, z.j.).

De rol die de nationale overheid speelde veranderde ook. In Nederland werd in 1982 'milieubeheer' als integraal onderdeel toegevoegd aan de beleidsterreinen volkshuisvesting en ruimtelijk ordening, dat daarna VROM zou heten (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijk Ordening en Milieubeheer, 2010). Milieuplannen werden in deze periode zijn opgesteld met als belangrijkste uitgangspunt dat de overheid de optimale condities creëert waarbinnen verschillende groepen (bv. particulieren en bedrijven) hun eigen verantwoordelijkheid maximaal kunnen invullen (Milieufocus, 2010). De rol van de overheid is daarmee die van dirigent, die mogelijkheden schept voor verduurzaming.

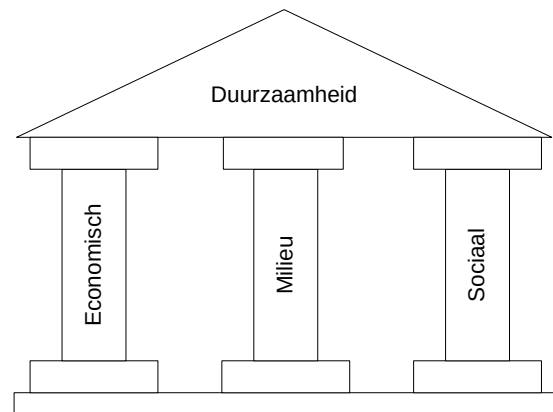
Op internationaal gebied werd in 1992 een tweede internationale conferentie georganiseerd op het gebied van verduurzaming in Rio de Janeiro (na Stockholm 1972), waarbij de landen van de Verenigde Naties verschillende afspraken maakten. Voorbeeld hiervan zijn afspraken voor onderzoek naar alternatieven energiebronnen in plaats van fossiele brandstoffen, het terugdringen van transportemissies en overleg over de toenemende schaarste van water (Reilly, 1992).

Externe institutionalisering

De periode tussen de midden jaren '90 en begin van de jaren 2000 wordt gekenmerkt door de wereldwijde erkenning van grote milieuproblemen die niet op nationale schaal opgelost konden worden. Daarbij trad institutionalisering niet alleen op in publieke sector, maar ook bij private partijen. Zo kwamen bijvoorbeeld het broeikaseffect en het gat in de ozonlaag definitief op de beleidsagenda.

Op internationaal vlak vond kennisverrijking plaats en de landen van de Verenigde Naties spraken af om hun collectieve verantwoordelijkheid te nemen om duurzame ontwikkeling te stimuleren. Dit gebeurde onder andere op de wereldtop over duurzame ontwikkeling van de Verenigde Naties in Johannesburg 2002. Een van de uitkomsten van het rapport was dan ook het volgende statement:

"Wij nemen onze collectieve verantwoordelijkheid om de drie elkaar versterkende pilaren van duurzame ontwikkeling -economische ontwikkeling, sociale ontwikkeling en milieubescherming- verder te ontwikkelen en te versterken op lokale, nationale, regionale en mondiale schaal." (vrij naar: Verenigde Naties, 2002 p.1).



Figuur 37: De drie pilaren van duurzaamheid: economisch, milieu en sociaal.

In Nederland kenmerkt deze periode zich door een veranderde opstelling van de staat ten opzichte van duurzaamheid. Er is sprake van verbreding van het Nederlandse milieubeleid, zowel inhoudelijk als in de verdeling van de verantwoordelijkheden (van Tatenhove & Goverde, 2007). Inhoudelijk werd meer aandacht besteed aan verdere integratie van het beleid binnen andere beleidsterreinen (bv. infrastructuur en ruimtelijke ordening). Organisatorisch werd de verantwoordelijkheid voor het oplossen van de problemen geleidelijk meer verspreid over de overheidslagen, marktpartijen, maatschappelijke organisaties en burgers.

Concreet betekende dit onder andere dat het ministerie van VROM in 2001 in haar plannen zeven grote milieuproblemen definieerde: verlies aan biodiversiteit, klimaatverandering, overexploitatie van natuurlijke hulpbronnen, bedreiging van de gezondheid, bedreigingen van de externe veiligheid, aantasting van de leefomgeving en mogelijke onbeheersbare risico's. Bij de uitwerking van de plannen op deze gebieden werd uitdrukkelijk gezocht naar manieren om de gehele maatschappij te betrekken, bijvoorbeeld in de vorm van participatie van burgers in beleidsvorming (van Tatenhove & Goverde, 2007).

De ambitie om binnen dertig jaar een duurzame samenleving te creëren betekende dat ingrijpende (inter)nationale maatschappelijke veranderingen, oftewel transities, nodig waren. *"Deze transities zijn structurele maatschappelijke veranderingen die het resultaat zijn van op elkaar inwerkende en elkaar versterkende ontwikkelingen op het gebied van economie, cultuur, technologie, instituties, natuur en milieu"*. (Rotmans, zoals geciteerd in van Tatenhove & Goverde, 2007). De overheid formuleerde hierop vier benodigde transities: naar een duurzame energiehuishouding, naar een duurzaam gebruik van biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen, naar een duurzame landbouw en naar een duurzaam mobiliteitssysteem (van Tatenhove & Goverde, 2007).

De betekenis van duurzaamheid in de huidige tijd

De periode van de midden jaren 2000 tot nu (begin 2013) kan ook worden gekenmerkt als een periode van externe institutionalisering. De Nederlandse overheid geeft aan dat de verantwoordelijkheid voor verduurzaming bij de maatschappij als geheel ligt. Iedereen zal moeten bijdragen, waarbij de overheid wel een orkestrerende rol aanneemt. De noodzaak van verduurzaming valt bijna niet meer te ontkennen en het blijft een belangrijk onderwerp.

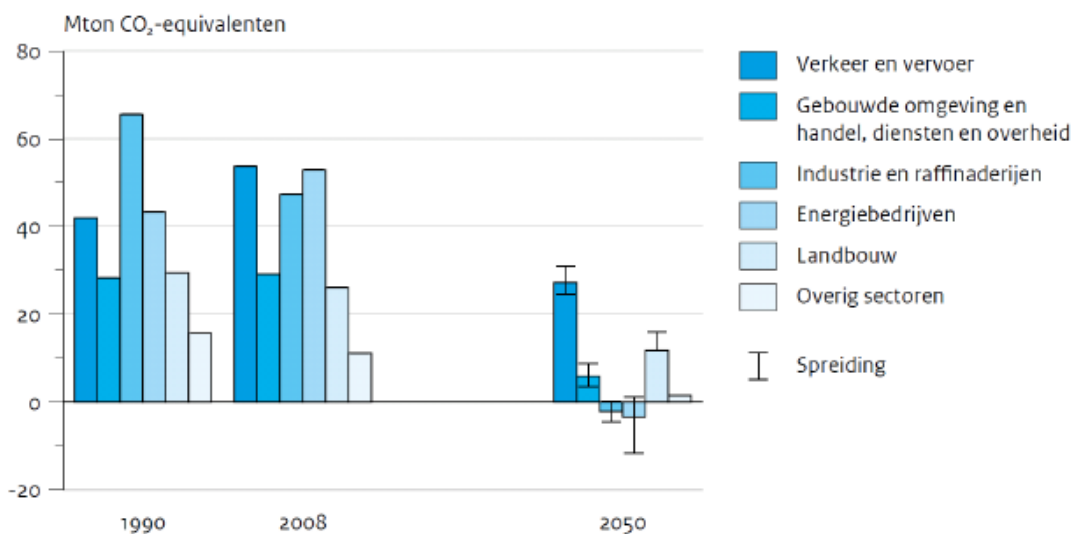
Een van de gebeurtenissen die duurzaamheid in de midden jaren 2000 bij het publiek onder de aandacht bracht was de film *'An inconvenient Truth'* van Al Gore in 2006. Gore, die eerder vicepresident van de Verenigde Staten was, presenteerde in deze film zijn visie op klimaatverandering en hoe de internationale politiek hiermee omging. Doordat Gore in staat was om zijn bericht duidelijk over te brengen is de inhoud van zijn film bij vele mensen blijven hangen. De

desastreus gevolgen van klimaatverandering op de wereld werden visueel gepresenteerd en mede daardoor sprak het vele mensen over de hele wereld aan (Coriddi, 2008).

In de loop van de jaren 2000, geïnspireerd door het boek *Cradle to Cradle: remaking the way we make things* van McDonough en Braungart (2002), ontstond er meer aandacht voor de effecten van de huidige productie en consumptie maatschappij. Het grote publiek werd bewust van het feit dat producten niet alleen milieueffecten hebben binnen hun levenscyclus, maar dat het ook zorgt voor een groot afvalprobleem. Dit afvalprobleem moet volgens McDonough en Braungart worden opgelost door het concept van *wieg tot wieg* in de praktijk te brengen. Materialen die worden gebruikt voor productie moeten, nadat de levenscyclus van het product is doorlopen, opnieuw gebruikt kunnen worden in de biologische of technische kringloop. Afval is niet langer afval, maar een grondstof voor iets nieuws, zonder dat functionaliteit verloren gaat (Braungart, McDonough & Bollinger, 2006).

De duurzaamheidsinsteek van het huidige Nederlandse Kabinet staat voor duurzame, groene, economische groei. De definitie die hierbij hoort is: "*Groene groei betekent dat de economie in omvang toeneemt zonder dat dit nadelig is voor klimaat, water, bodem, grondstoffen en biodiversiteit*" (Rijksoverheid, 2013). Daarnaast wordt uitdrukkelijk vermeld dat de overheid niet de enige partij is die verantwoordelijk is voor verduurzaming. De gehele samenleving wordt actief en moet dat ook blijven om successen te kunnen boeken. De elementen die hierbij het belangrijkste worden geacht zijn: grondstoffen en productieketens, water- en landgebruik, voedsel, mobiliteit en klimaat en energie. Het doel met betrekking tot klimaat en energie is een klimaat neutrale (CO₂-arme) economie in 2050 (Rijksoverheid, 2013).

Een voorbeeld van de ambities van de nationale overheid is te zien in Figuur 38. De grafiek geeft aan hoeveel CO₂-equivalenten in Mton aan emissies van broeikasgassen nu worden gemeten in Nederland per sector. Er is te zien dat in het bijzonder binnen de gebouwde omgeving en handel, diensten en overheid, industrie en raffinaderijen bij energiebedrijven grote stappen gemaakt worden om dit dicht bij 0 Mton te brengen. Maatregelen die hiertoe zullen bijdragen zijn regelgeving om de energievraag van producten (zoals woning, transport en voedsel) terug te dringen en de inzet van duurzame biomassa en andere hernieuwbare energiebronnen te stimuleren (Planbureau voor de Leefomgeving & ECN, 2011).



Figuur 38: Emissies van broeikasgassen in Nederland per sector (Planbureau voor de Leefomgeving & ECN, 2011)

De economische en financiële crisis hebben vanaf 2009 hun weerslag op het realiseren van duurzame ontwikkeling. Economieën groeien minimaal of krimpen, werkloosheid, armoede-, honger- en ondervoedingsproblemen nemen weer toe. Door deze problemen dreigt de aandacht voor duurzame ontwikkeling te verslappen (Verenigde Naties, z.j.). Toch blijven de duurzaamheidsdoelen op de agenda staan en gelden de ambities voor 2020 (20% van het energiegebruik uit duurzame bronnen) en 2050 (klimaat neutrale economie) nog steeds. Het bereiken van deze doelen lijkt echter twijfelachtig (de Vré, 2012).

Sturing van duurzaamheid vanuit de overheid blijft in deze periode belangrijk. Door middel van regulerende instrumenten, heffingen, subsidies en communicatieve instrumenten zet de Nederlandse overheid zich in voor verduurzaming (CE Delft & IVM, 2012).

Regulerende instrumenten zijn onder andere de energieprestatie coëfficiënt (EPC) van woningen en de CO₂ uitstoot norm voor motorvoertuigen. Door deze instrumenten probeert de overheid de milieubelasting van verschillende vervuilende bronnen (geleidelijk) terug te dringen.

Heffingen zijn bijvoorbeeld energiebelasting en accijnzen op benzine. De kosten die gepaard gaan met vervuilende activiteiten worden verhoogd, waardoor energie- en brandstof verslindende activiteiten worden ontmoedigd.

Subsidies doen het omgekeerde en stimuleren duurzaamheid. Een sprekend voorbeeld is de subsidieregelingen voor zonne-energie, die er mede voor heeft gezorgd dat steeds vaker gebruik wordt gemaakt van deze duurzame energiebron (CBS, 2012a).

Ten slotte spelen communicatieve middelen een kleinere rol, maar toch hebben sommige campagnes (zoals Het Nieuwe Rijden, waarbij bestuurders werden geïnformeerd over hoe zij zuinig konden rijden) wel degelijk significante resultaten kunnen boeken.

Binnen bedrijven speelt duurzaamheid in deze tijd vaak een rol in de vorm van Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO). MVO betekent dat een onderneming de verantwoordelijkheid neemt voor de effecten van haar bedrijfsactiviteiten op mens en milieu (MVO Nederland, z.j.). Hierbij staat centraal dat ondernemerschap niet alleen gaat over het genereren van winst, maar ook het creëren van waarde op ecologisch en sociaal gebied (MVO Nederland, z.j.).

Duurzaam bouwen concept

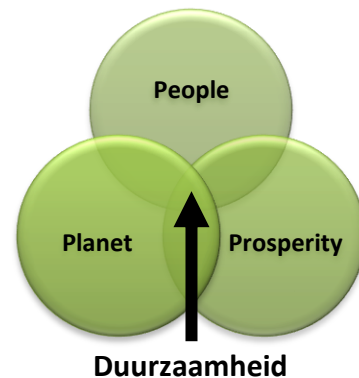
In deze paragraaf zal een conceptualisatie worden geven van duurzaam bouwen. Het uitgangspunt hierbij is de triple bottom line van Elkington: people, planet en profit. Dit PPP-concept van duurzaam is doorontwikkeld in de loop van de tijd en vormt samen met de pijlers van duurzaamheid uit paragraaf 0, de meest gebruikte en gerefereerde elementen van duurzaam bouwen.

People Planet Prosperity Project

Een van de belangrijkste en bekendste conceptualisaties van duurzaamheid is beschreven door John Elkington, een adviseur op het gebied van duurzaamheid, in zijn boek *'Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business'* (1997). Duurzaamheid zit in de overlap tussen de elementen van de triade *people*, *planet* en *profit* (waarbij profit op een later moment werd veranderd in *prosperity*). In Figuur 9 is deze zogenaamde triple bottom line weergegeven. Wat opvalt is dat deze conceptualisatie overeenkomsten vertoont met de drie pilaren van duurzaamheid van de Verenigde Naties in 2002 (Figuur 37, paragraaf 0). Het people element is vergelijkbaar met de pilaar *sociaal*, het planet element met de pilaar *milieu* en het profit element met de pilaar *economisch* van duurzaamheid.

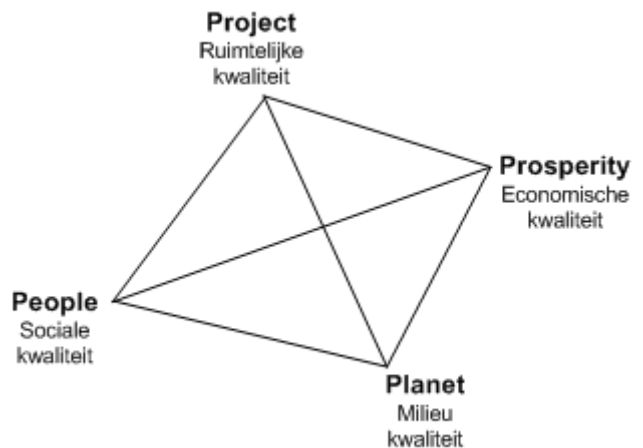
De term profit werd op de VN-top over duurzame ontwikkeling in Johannesburg (2002) omgezet in de term prosperity (welvaart), zodat beter duidelijk werd dat het gaat om daadwerkelijk welvaart in plaats van enkel economische winst (Verenigde Naties, 2002).

Duijvestein ontwikkelde de triade door in zijn *Wegwijzer Duurzaam Bouwen* (BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006). Het element *project* werd aan de 3 p's toegevoegd. Het *project* element is relevant binnen de bouwsector, omdat ruimtelijke kwaliteit hier, in tegenstelling tot binnen de industrie, een centrale rol speelt. Concluderend kan het concept Duurzaam bouwen gedefinieerd worden aan de hand van de vier elementen *people*, *planet*, *prosperity* en *project*:



Figuur 39: De triple bottom line: People, Planet, Prosperity (gebaseerd op Elkington, 1997).

People	Het sociale, menselijke aspect, waarbij het gaat om onder andere sociale kwaliteit, gezondheid, veiligheid, leefbaarheid, (keuze)vrijheid en participatie.
Planet	Het natuurlijke aspect, waarbij de aarde centraal staat. Hierbij gaat het om bijvoorbeeld milieukwaliteit, energie, water, materiaal, mobiliteit, afval en natuur.
Prosperity	Het economische aspect van globale welvaart met aandacht voor economische kwaliteit, winst, welvaart, betaalbaarheid, transparantie, werkgelegenheid, bereikbaarheid en beheerbaarheid.
Project	Het ruimtelijke kwaliteitsaspect van duurzaamheid. Hierbij gaat het om de relatie met de omgeving, flexibiliteit, degelijkheid, visuele kwaliteit en imago.



Figuur 40: De vier P's van duurzaamheid (naar: BOOM-SI, Milieukundig Onderzoek- & Ontwerpburo, 2006)

Toepassing van duurzaam bouwen

Nu het concept van duurzaam bouwen is vastgelegd, is het van belang te weten hoe duurzaam bouwen in de praktijk kan worden toegepast. In essentie gaat erom dat de bouwactiviteit zo goed mogelijk de economische, sociale, ruimtelijke en milieukwaliteit beïnvloed. De toetsing van duurzaamheid is dan ook het onderzoeken van verschillende soorten duurzaamheidsinvloeden die plaatsvinden binnen de gehele levenscyclus van het object.

Levenscyclusanalyse

De impact van een product op de wereld speelt zich niet alleen af in de gebruiksfase. Vanuit dit perspectief is het van belang om bij de bepaling van de duurzaamheid van een gebouw niet alleen te kijken naar de bouw- en gebruiksfase, maar om de gehele levenscyclus van het gebouw te onderzoeken, van de winning van grondstoffen tot het verwerken van sloopafval. Het totaal van alle, door de bouw veroorzaakte, activiteiten bepaalt namelijk in hoeverre een product duurzaam genoemd mag worden. Dit soort analyse wordt ook wel een levenscyclusanalyse genoemd. Grofweg bestaat de levenscyclus van een gebouw uit de fases zoals weergegeven in Figuur 42 (Doyle, 2005).



Figuur 42: Schematische weergave levensfasen van een Vanuit het levenscyclus perspectief wordt duidelijk wat recycling kan doen; hoe beter materialen kunnen worden terug gewonnen, hoe minder nieuwe grondstoffen en verwerking nodig is. Een gerecycled materiaal dat, zonder verwerkingen, opnieuw in de bouw kan worden gebruikt levert namelijk geen nieuw emissies op van de fases grondstofwinning en verwerking.

Ook wordt duidelijk dat het van belang is om al aan het begin van een bouwproject na te denken over de sloop van het object. De totale milieubelasting in de sloopfase hangt grotendeels af van het ontwerp en manier van realisatie in eerder fases. Duurzaamheid waarborgen speelt zich dus niet alleen binnen de deelfases af, maar een integrale kijk op het geheel van de fases is ook van belang.



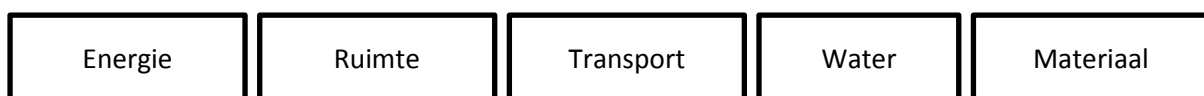
Figuur 41: Grafische weergave levenscyclus gebouw (EeBGuide Project, 2013)

Duurzaamheidsimpact van activiteiten in de bouwsector – vijf triades

Binnen dit onderzoek zal de aandacht voornamelijk gevestigd worden op verduurzaming door de impact van bouwen op het *planet* element te verlagen. Wanneer hiervoor maatregelen worden gezocht zal de impact op *people*, *prosperity* en *project* ook worden bepaald, zodat een weloverwogen keuze gemaakt kan worden.

Planet Milieubelasting van de bouw

Binnen de verschillende levensfasen van een bouwobject wordt het milieu op een aantal manier belast. In de literatuur worden vijf hoofdcategorieën onderscheiden (Boyle, 2005; Entrop & Brouwers, 2010):



Figuur 43: Vijf hoofdcategorieën van milieubelasting veroorzaakt door de bouwsector

Boyle (2005) verbindt vier van de vijf hoofdcategorieën met de levensfasen van een gebouw door te stellen dat: *“de impact van de bouw op het milieu wordt veroorzaakt door vervuilende stoffen, energiegebruik, watergebruik, land degradatie en -gebruik, verbruik van grondstoffen, productie van afval en verlies van biodiversiteit gedurende de levenscyclus van gebouwen, van de winning van grondstoffen, verwerking van grondstoffen, bouw, gebruik en sloop”* (p.41). De vijfde hoofdcategorie *transport* wordt door Boyle niet opgenomen in de definitie, omdat het een indirect gevolg is van bouwactiviteiten en daarmee een ondersteunende, maar daarmee niet minder belangrijke, rol speelt met betrekking tot de milieubelasting van de bouw.

Duurzaamheidsmaatregelen

Entrop en Brouwers (2010) presenteren in hun paper *‘Assessing the sustainability of buildings using a framework of triad approaches’* een vijf triades methode om duurzaamheidsmaatregelen te beoordelen en af te wegen op basis van de vijf hoofdcategorieën. Deze aspecten zorgen ieder op hun eigen manier voor een belasting van het milieu en kunnen op drie niveaus worden aangepakt. De eerste stap is het reduceren van de vraag, vervolgens het gebruik van duurzame bronnen en tot slot het efficiënt omgaan met eindige bronnen.

Trias Energetica Energiegebruik

De trias Energetica was de eerste triade van duurzaamheid en hieraan wordt ook vaak de meeste aandacht besteed. De bronnen die worden gebruikt voor energie zijn op dit moment voornamelijk fossiele brandstoffen die opraken en zorgen voor emissies. De transitie naar lagere energiebehoeftes en duurzame energiebronnen is in deze tijd in volle gang. Wat betreft maatregelen en energie zijn de drie stappen van deze triade:

1. Reductie van energiebehoefte van gebouwen, bijvoorbeeld door het beperken van de afmetingen, toepassen van isolatie en gebruik te maken van het buitenklimaat waar mogelijk.
2. Stimulering van het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Daarbij gaat het om zowel energie verkregen via energieleveranciers als energie opgewekt op eigen perceel met behulp van de zon of de wind.
3. Efficiënt gebruik van conventionele fossiele energiebronnen. Daarbij gaat het onder andere om energie-efficiënte installaties in het gebouw en het gebruik van restwarmte.

Trias Toponoma Ruimtegebruik

De duurzaamheid van een bepaalde maatregel hangt onder meer af van hoe wordt omgegaan met ruimtegebruik. Refererend aan de definitie van duurzame ontwikkeling van Brundtland is het van belang dat het ruimtegebruik van gebouwen van de huidige generatie niet in de weg staat van de mogelijkheden van toekomstige generaties om te voldoen aan hun behoeften. De triade die hierbij hoort is de trias Toponoma en bestaat uit de volgende stappen:

1. Nieuwe ontwikkeling binnen bestaand bebouwd gebied, zo min mogelijk gebruik van bestaande ruimte van de natuur.
2. Nieuwe ontwikkeling aan de randen van bestaand bebouwd gebied in natuurlijke gebieden van laag belang.
3. Nieuwe ontwikkeling in natuurlijke gebieden, maar met zorg dat de impact van deze ontwikkelen op dat gebied zo laag mogelijk is.

Trias Poreutica Transport

De hoeveelheid en manier van transport speelt een belangrijke rol binnen duurzaamheid. De triade die hierbij hoort is de Trias Poreutica. Transport staat daarbij voor alle verplaatsingen, zowel gemotoriseerd als niet-gemotoriseerd, die plaatsvinden binnen de bestaande infrastructuur. De stappen die horen bij deze triade zijn:

1. Reductie van transportbehoeftes door het clusteren van functies. Korte afstanden zorgen ervoor dat de behoefte aan gemotoriseerd transport afneemt en de aantrekkelijkheid van lopen en fietsen toeneemt.
2. Stimulatie van vervoer en transport dat gebruik maakt van hernieuwbare brandstoffen. Hierbij valt te denken aan het inzetten van vervoermiddelen zoals hybride en elektrische voertuigen.
3. Efficiënt gebruik van vervoer- en transportmiddelen die gebruik maken van fossiele brandstoffen. Hierbij valt te denken aan zuinigere vervoersmiddelen, aanpassen van rijgedrag, stimulatie van carpooling etc.

Trias Hydrica Watergebruik

Watergebruik is een ander element van duurzaamheid van gebouwen. In Nederland ligt hierbij de focus op het terugdringen van het persoonlijke watergebruik binnenshuis en een kritische blik op de kwaliteit van water ten opzichte van het doel dat ermee wordt gediend. De stappen die horen bij deze Trias Hydrica zijn:

1. Reductie van de watervraag
2. Stimulatie van het gebruik van hernieuwbare waterbronnen zoals het gebruik van regenwater voor de tuin, toiletten en wasmachines
3. Efficiënt gebruik van drinkwater. Bijvoorbeeld door waterbesparende kranen en douchekoppen. Daarnaast kan gebruikt water dat van lagere kwaliteit is wellicht dienen voor andere doelen (zoals de tuin).

Trias Hylica Materiaalgebruik

De laatste triade is voor het duurzaam omgaan met materiaalgebruik. De productie van bouwmaterialen brengt een aanzienlijke belasting op het milieu met zich mee. Met betrekking tot duurzaamheid moeten afwegingen gemaakt worden: het gebruik van hernieuwbare bronnen zoals hout zorgt voor een lagere milieubelasting van de productie, echter het minder duurzaam geproduceerde aluminium gaat aanzienlijk langer mee en vergt minder onderhoud. Om deze reden is het van belang om met behulp van levenscyclusanalyses te bepalen welke materiaal in een bepaalde situatie het meest duurzaam is. De stappen die horen bij deze trias Hylica zijn:

1. Reductie van de hoeveelheid benodigd materiaal in de bouw, bijvoorbeeld door efficiënte ontwerpen en het combineren van functies, zodat minder gebouwoppervlak nodig is om te voorzien in de behoeften
2. Stimulatie van het gebruik van hernieuwbare lokale materialen
3. Efficiënt gebruik van materialen van eindige bronnen, bijvoorbeeld door hergebruik of het gebruik van oud materiaal binnen een andere functie.

Voorbeelden impact bouw op *planet*

Nu zal worden behandeld welke impact de bouw kan hebben op het milieu binnen elk van de levensfasen en voor de vijf hoofdcategorieën van milieubelasting (energie, materiaal, water, ruimte en transport). Voorbeelden worden gegeven alsook mogelijke oplossingen die passen bij elk van de verschillende triadestappen zoals beschreven in paragraaf 0. Daarbij moet vermeld worden dat de voorbeelden en mogelijke oplossingen slechts ter illustratie zijn en dat er vele andere opties mogelijk zijn.

Grondstofwinning

Beschrijving	De winning van grondstoffen voor de bouw gaat gepaard met milieubelasting in de vorm van emissies en het opraken van eindige grondstoffen. Emissies komen vrij bij het boren naar onder andere aardolie en aardgas (voor energieopwekking of materialen), het oppompen van water en de winning van bijvoorbeeld metaalerts en hout. Het aanwinnen van ruimte kan ook worden gezien als grondstofwinning, waarbij milieubelasting kan optreden in de vorm van verlies van leefruimte van planten en dieren. Het verduurzamen van deze levensfase moet gezocht worden in het reduceren van de behoefte naar grondstoffen, het gebruiken van hernieuwbare bronnen en het efficiënt winnen van grondstoffen.		
Voorbeeld	Energiegebruik <i>Boren en oppompen van aardolie, afgaven van steenkool en de bijkomende emissies</i>	Materiaalgebruik <i>Kappen van bomen, winnen van metaalerts in mijnen</i>	Ruimtegebruik <i>Aanwinnen of aanwijzen van land en dus ontnemen aan de natuur</i>
Vb. maatregel per triadestap	1. Beperken van energievraag van het gebouw over de gehele levenscyclus. 2. Zo veel mogelijk zonne- en windenergie gebruiken. 3. Efficiënte winning van eindige energiebronnen zoals steenkool.	1. Beperken van de materiaalbehoefte van het gebouw over de gehele levenscyclus. 2. Zo veel mogelijk duurzame materiaalbronnen gebruiken (bv. zachthout i.p.v. beton). 3. Alleen metalen gebruiken waar noodzakelijk en op een efficiënte manier.	1. In bestaand bebouwd gebied bouwen. 2. Alleen nieuwe gebieden aanwinnen in natuur van laag belang. 3. Ruimtelijk efficiënt bouwen in bestaand natuurgebied.

Verwerking tot materialen

Beschrijving	De verwerking van grondstoffen tot bruikbare materialen en middelen voor de bouw gaat ook gepaard met belasting van het milieu. Zo moeten grondstoffen getransporteerd worden naar verwerkingslocaties en moeten allerlei verwerkingsstappen worden uitgevoerd om bruikbare bouwmaterialen te creëren. Naast de verwerking tot bouwmaterialen moet ook aangewonnen water gezuiverd worden tot drinkwater in deze fase en moet land bouwrijp worden gemaakt. Het verduurzamen van deze levensfase moet gezocht worden in het reduceren van de behoefte naar bouwmaterialen en andere middelen, het gebruiken van duurzame bronnen en het efficiënt verwerken van grondstoffen.		
Voorbeeld	Transport <i>Transporteren van aangewonnen zand naar glasfabrieken en betoncentrales</i>	Materiaalgebruik <i>Mixen van beton, smelten van staal, zagen van hout, productie van isolatiemateriaal</i>	Watergebruik <i>Afvalstoffen en energiegebruik van waterzuiveringsinstallaties</i>
Vb. maatregel per triadestap	1. Beperken van materiaalbehoefte of waar mogelijk lokale materialen gebruiken. 2. Duurzaam transport waar mogelijk, zoals per trein of binnenvaart. 3. Efficiënt transporteren van materialen, bijvoorbeeld door zo groot mogelijke materiaalorders.	1. Beperken van materiaalgebruik en alleen materialen gebruiken die minimale milieubelasting veroorzaken tijdens verwerking. 2. Alleen materialen gebruiken die duurzaam geproduceerd worden. 3. Efficiënte verwerking van grondstoffen tot materialen.	1. Drinkwater alleen gebruiken waar noodzakelijk (reductie zuiveringsvraag). 2. Duurzame waterbronnen gebruiken zonder zuivering waar mogelijk. 3. Efficiënt zuiveringsproces van water tot drinkwater.

Beschrijving	In de bouwfase wordt het milieu vooral belast in de vorm van transporten, het gebruik van materialen op de bouwplaats en het energiegebruik voor de realisatie van gebouwen. Materialen moeten naar de bouwplaats worden getransporteerd via bijvoorbeeld vrachtwagens (emissies) en worden vervolgens verplaatst op de bouwplaats met behulp van bijvoorbeeld kruiwagens en kranen. Op de bouwplaats worden bepaalde materialen gebruikt van stijgers tot vloeibaar beton. Het energiegebruik van bouwactiviteiten vormt een derde manier waarop het milieu wordt belast. Verduurzaming van deze levensfase moet gezocht worden in het reduceren van de benodigde bouwactiviteiten door efficiënt ontwerpen en plannen, duurzaam en efficiënt transport en foutbestendig en efficiënt werken.		
Voorbeeld	Transport <i>Aan- en afvoer van materiaal, transport op en rond de bouwplaats (ook verticaal)</i>	Materiaalgebruik <i>Beton storten, muren metselen, isolatie plaatsen, stijgers plaatsen</i>	Energiegebruik <i>Energiegebruik van materieel</i>
Vb. maatregel per triadestap	1. Just-in-time aflevering, waardoor tussenopslag en -transport niet nodig is. 2. Duurzaam transport realiseren, bijvoorbeeld door elektrisch materieel. 3. Efficiënt vervoeren van materialen, juiste materieel voor juiste taken. Beperken van verticaal transport etc.	1. Slim ontwerpen, bijvoorbeeld door de hoeveelheid bekisting te beperken. 2. Duurzame materialen gebruiken voor bevestigingspunten (bv duurzame lijmsorten). 3. Slim en foutbestendig uitvoeren van taken, bijvoorbeeld metselen.	1. Slim ontwerpen en plannen zodat minimale energie nodig is voor de bouw. 2. Duurzaam energiegebruik op de bouw, d.m.v. bijvoorbeeld elektrisch materieel waar mogelijk. 3. Efficiënt omgaan met energie, beperken van brandstofgebruik.

Gebruik

Beschrijving	In de gebruiksfase van een gebouw is sprake van een significante milieubelasting. Energie en watergebruik zijn hiervan duidelijke voorbeelden. Het gebouw gebonden energiegebruik (energie voor verwarmen, ventileren en verlichten van het gebouw) en niet-gebouw gebonden energiegebruik (elektrische apparaten e.d.). Een ander belangrijk element is onderhoud, keuzes in de ontwerpfase bepalen grotendeels welk onderhoud nodig is op welk moment. De milieubelasting die gepaard gaat met de materialen en uitvoering van het onderhoud moet daarbij al in een vroeg stadium worden meegenomen. Verduurzaming moet gezocht worden in het slim ontwerpen van het gebouw, zodat zo min mogelijke water, materiaal en energie nodig is. Daarnaast moeten er mogelijkheden worden gezocht om duurzame middelen te gebruiken, bijvoorbeeld in de vorm van regenwater, duurzame coatings en hernieuwbare energiebronnen. Tot slot moet gestreefd worden naar efficiëntie en een zo laag mogelijke milieubelasting van activiteiten in deze fase.		
Voorbeeld	Watergebruik <i>Watergebruik in badkamer en keuken, watergebruik voor irrigatie tuin</i>	Materiaalgebruik <i>Beton storten, muren metselen, isolatie plaatsen, stijgers plaatsen</i>	Energiegebruik <i>Energiegebruik voor verwarming van het gebouw</i>
Vb. maatregel per triadestap	1. Bewustwording vergroten van watergebruik en watervraag per persoon reduceren. 2. Regenwater gebruiken voor toilet en irrigatie van de tuin. 3. Grijswatersystemen gebruiken.	1. Onderhoudsvrij of onderhoudsarm ontwerpen. 2. Duurzame onderhoudsmaterialen gebruiken en hiermee rekening houden in ontwerpfase. 3. Efficiënt uitvoeren van niet-duurzaam onderhoud.	1. Energievraag beperken door gebruikersgedrag te beïnvloeden (verwarming lager e.d.). 2. Duurzame energie gebruiken, zoals zonnepanelen en windenergie. 3. Efficiënt energiegebruik door HR-verwarmingsketel.

Sloop			
Beschrijving	De milieubelasting die gepaard gaat met het slopen van gebouwen blijft vaak buiten beschouwing in de ontwerpfase. Toch is dit een belangrijke fase voor duurzaamheid. De mate waarin bijvoorbeeld de locatie opnieuw te gebruiken is voor bouw of teruggave aan de natuur, de herbruikbaarheid van sloopafval en de energie die nodig is om de sloopactiviteiten uit te voeren hebben invloed op het milieu. Verduurzaming met betrekking tot sloop zou zich voornamelijk af moeten spelen in de ontwerpfase. Het is van belang van tevoren te bepalen hoe het gebouw gesloopt kan worden en hoe om moet worden gegaan met elk van de materialen. Bouwafval moet beperkt worden, duurzaam hergebruik moet zoveel mogelijk gestimuleerd worden en de manier van slopen moet zo min mogelijk effect hebben op het milieu.		
Voorbeeld	Ruimtegebruik <i>Grondvervuiling en ongeschiktheid voor natuurlijke ontwikkeling</i>	Materiaalgebruik <i>Onbruikbaar betonafval, plastics en isolatiemateriaal</i>	Energiegebruik <i>Energiegebruik tijdens sloop van betonnen onderdelen</i>
Vb. maatregel per triadestap	1. Bouwen op een zodanige manier dat de ruimte teruggegeven kan worden aan de natuur. 2. Compenseren van milieubelasting op andere locatie. 3. Efficiënt omgaan met natuurlijke ruimte en milieubelasting zo beperken.	1. Optimalisatie van ontwerp, minimaliseren van hoeveelheid onbruikbaar sloopmateriaal. 2. Duurzame materialen gebruiken, die zonder verwerkingstappen hergebruikt kunnen worden. 3. Modulair bouwen, waarbij materialen hergebruikt kunnen worden zonder verwerkingsstappen.	1. Beperken noodzaak tot sloop, bijvoorbeeld door herbruikbaarheid van skelet. 2. Duurzame energie gebruiken tijdens de sloop. 3. Modulair bouwen, waardoor modulaire ontkoppeling kan plaatsvinden in sloopfase in plaats van sloop van onderdelen.

Afwegingen bij het selecteren van verduurzamingsmaatregelen

Zoals te zien is in bovenstaande tabellen heeft de bouw op verschillende manieren invloed op het *planet* aspect van duurzaamheid. Van belang is dat er gezocht wordt naar integrale verduurzaming, waarbij wordt afgewogen welke mogelijkheden er zijn om de gehele milieubelasting van het object te reduceren. Door vervolgens binnen de triades te zoeken naar mogelijke maatregelen kan verduurzaming op dit aspect gerealiseerd worden.

People, Prosperity en Project

Om te bepalen wat de impact van een bepaald object of een maatregel is op het *people*, *prosperity* en *project* element van duurzaamheid moet antwoord worden gegeven op de vragen:

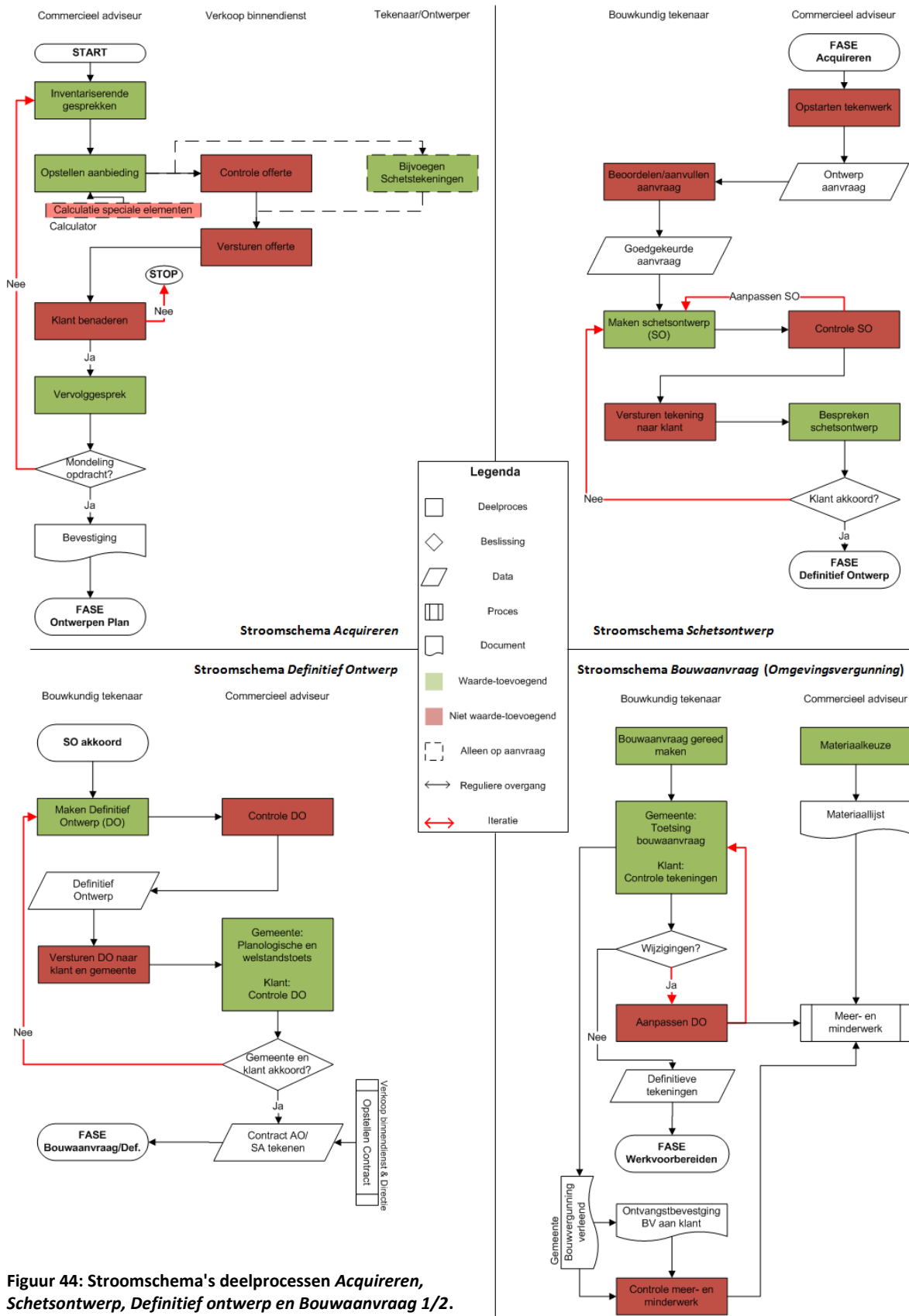
People *Wat is de impact van het object of de maatregel op sociale kwaliteit in de vorm van gezondheid, veiligheid, leefbaarheid, (keuze)vrijheid en participatie?*

Prosperity *Wat is de impact van het object of de maatregel op economische kwaliteit in de vorm van winst, welvaart, betaalbaarheid, transparantie, werkgelegenheid, bereikbaarheid en beheersbaarheid?*

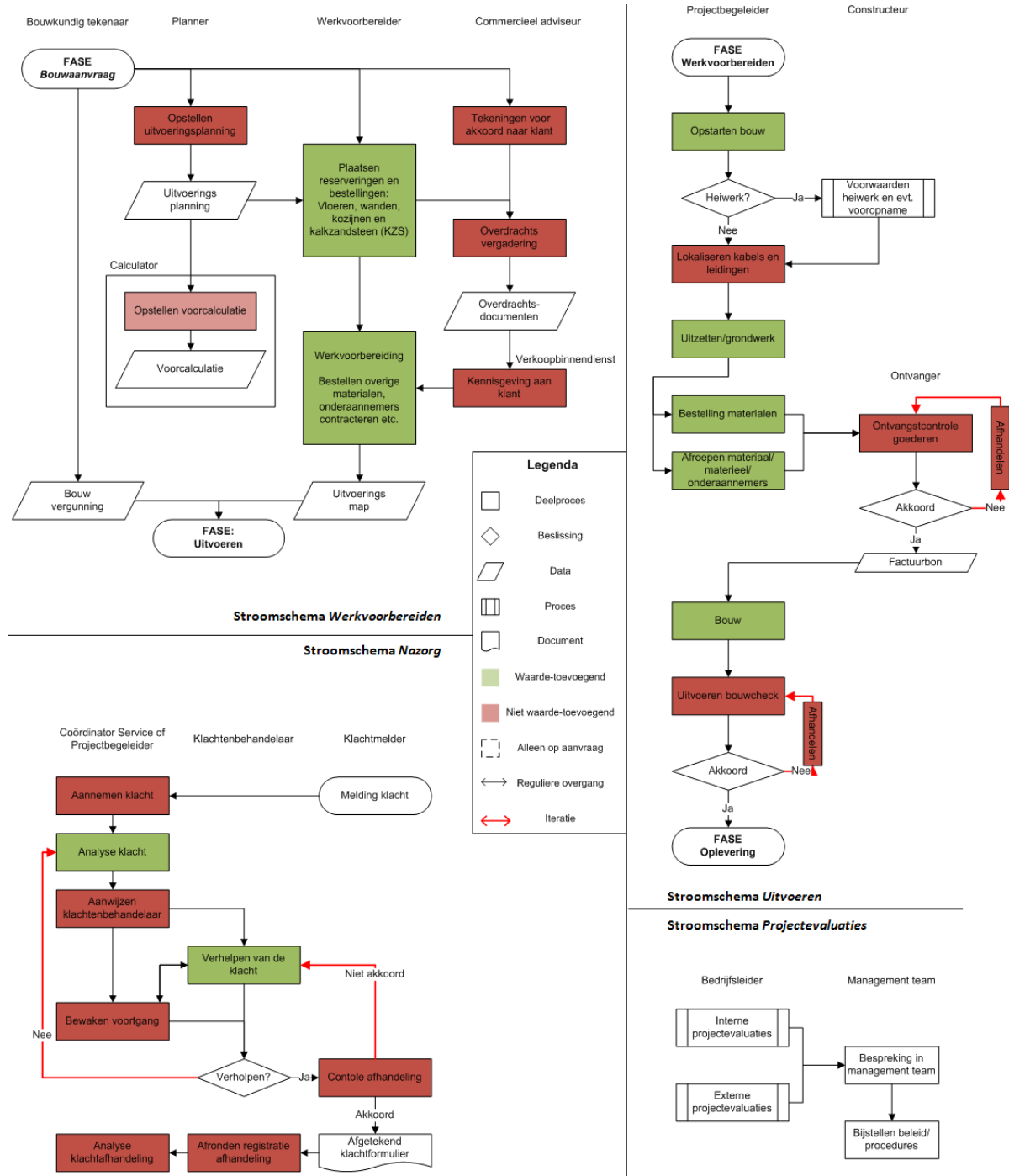
Project *Wat is de impact van het object of de maatregel op ruimtelijke kwaliteit in de vorm van de relatie met de omgeving, flexibiliteit, degelijkheid, visuele kwaliteit en imago?*

Aangezien dit onderzoek zich met name richt op verduurzaming met betrekking tot de elementen van *planet* zullen bovenstaande vragen kwalitatief worden beantwoord. Het is weliswaar mogelijk om kwantitatieve criteria op te stellen, maar dit valt buiten de scope van dit afstudeeronderzoek.

Bijlage B Processchema's deelprocessen



Figuur 44: Stroomschema's deelprocessen *Acquireren*, *Schetsontwerp*, *Definitief ontwerp* en *Bouwaanvraag 1/2*.



Figuur 45: Stroomschema's deelprocessen Acquireren, Schetsontwerp, Definitief ontwerp en Bouwaanvraag 2/2.

Bijlage C Voorbeelden waardefactoren van Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji (1984)

In deze bijlage zijn ter verduidelijking van de waardefactoren van Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji (1984), drie voorbeelden opgenomen.

Voorbeeld basisfactor

Een voorbeeld van een basisfactor kan inbraakveiligheid zijn. De klant gaat ervan uit dat de woning voldoende inbraakveilig is. Een bepaald redelijk niveau van inbraakveiligheid wordt verondersteld en hieraan moet dan ook geheel voldaan worden. De klant zal ontevreden zijn wanneer niet voldaan wordt aan deze impliciete verwachting, maar overschrijding van de verwachting betekent niet dat de klant nog tevredener is; zware inbraakveilige deuren en ramen kunnen dan investeringen zijn die geen toegevoegde waarde hebben voor de klant.

Voorbeeld prestatiefactor

Een voorbeeld van een prestatiefactor kan de prijs zijn. Hoe beter de daadwerkelijke prijs overeenkomt met de prijs die de klant voor ogen had, hoe groter de klanttevredenheid. Wanneer het bedrijf investeert in het reduceren van de kostprijs, en dus het beter voldoen aan de verwachtingen van de klant, heeft dit ongeacht de uitgangssituatie positieve effecten.

Voorbeeld enthousiasmerende factor

Een voorbeeld van een enthousiasmerende factor kan toekomstgerichtheid zijn. Een klant die een woning laat bouwen kan hierbij geen oog hebben voor de toekomstgerichtheid. Het kan echter wel voorkomen dat de klant na realisatie van de woning beseft dat met een aantal gemakkelijke aanpassingen de woning geschikt kan zijn voor gebruik door senioren. Daarmee bezit de woning kwaliteiten, en dus waarde, terwijl dit niet expliciet is gedefinieerd door de klant. Daar komt bij dat de klant niet ontevreden zou zijn geweest in het geval de woning niet toekomstgericht zou zijn, de klant wist immers van tevoren niet dat deze factor toegevoegde waarde zou brengen.

Bijlage D Waarde onderzoek SelektHuis

In deze bijlage is een uitgebreide beschrijving opgenomen van het onderzoek dat is verricht naar de betekenis van het begrip *waarde voor de klant*. Eerst wordt een beschrijving gegeven van de onderzoeksopzet, waarna het enquêteformulier en de resultaten worden gepresenteerd.

Onderzoeksopzet

In eerste instantie zijn alle commercieel adviseurs van de SelektHuis benaderd. Deze adviseurs hebben het meeste directe contact met de klant en de aanname is dan ook dat zij het beste in staat zijn om aan te geven wat *waarde voor de klant* precies inhoudt. Vanwege de beperkte initiële rol van het waardeonderzoek is ervoor gekozen om niet de klanten zelf te benaderen, maar om op een snelle manier indirect deze informatie te verzamelen.

Vervolgens zijn een aantal andere personen benaderd binnen de organisatie die vanuit hun rol ook in min of meerdere mate in contact komen met de klant. In totaal hebben 13 van de 15 aangeschreven medewerkers de enquête ingevuld.

Tabel 18: Overzicht van de 13 geënquêteerde medewerkers van SelektHuis

#	Respondenten	Initialen (t.b.v. resultatentabel)
1	Ontwerper/ Hoofd tekenkamer	H. Evers (HE)
1	Tekenaar/Energie en duurzaamheid	M. de Graaf (MdG)
1	Service coördinator	J. Averink (JA)
1	Uitvoerder/ KAM coördinator	J. de Graaf (JdG)
1	Werkvoorbereider	W. Pelzer (WP)
1	Hoofd Verkoop Binnendienst	A. Scheppink (AS)
7	Commercieel adviseurs	S. Dorst (SD), P. den Hollander (PdH), M. de Keijzer (MdK), M. de Ruiter (MdR), M. Heikoop (MHei), M. Holkema (MH), D. aan de Wiel (DadW).

Onderzoek klanttevredenheidsfactoren**April 2013**

Auteur: Jasper Konijnenberg

Student Universiteit Twente & Afstudeerder bij SelektHuis

Zoals jullie misschien al weten ben ik vanuit Universiteit Twente bezig met een afstudeeronderzoek op het gebied van duurzaam en Lean bouwen. Ik heb inmiddels mijn voorverslag afgemaakt en ga nu het bouwproces (van eerste klantcontact tot nazorg) van SelektHuis globaal in kaart brengen.

Nu wil ik graag een soort globaal klantprofiel opstellen van een klant die een sleutelklare Jungfrau koopt. Daarbij wil ik graag een lijstje met factoren maken die de klant belangrijk vindt. Denk daarbij aan de volgende zaken: veiligheid, comfort, prijs, onderhoud, bouwtijd, ruimte etc. Ik wil graag vanuit verschillende perspectieven weten hoe er binnen SelektHuis wordt gedacht over wat de klant belangrijk vindt. Daarom schrijf ik hiermee de op dit moment relevante afdelingen aan.

Mijn vraag is of jullie het volgende willen doen:

1. **Weeg af in hoeverre de klant elk van de factoren uit tabel 1 belangrijk vindt. Vul dit in op het invulformulier (laatste blad), waarbij de factor op plek 1 het belangrijkste is en de factor op de laatste plek het minst belangrijk.**
2. **Probeer voor elk van de factoren te bepalen of het een basis-, prestatie of enthousiasmerende factor is (uitleg zie hier onder). Vul dit vervolgens in de tabel in. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de hoofdletters B (basis factor), P (prestatiefactor) en E (enthousiasmerende factor).**
3. **Retourneer via e-mail of op papier**

Stap 1

In onderstaande tabel heb ik factoren weergegeven die naar mijn idee belangrijk kunnen zijn voor de klant. (In tabel 3 is een korte omschrijving van elke factor opgenomen). Mochten er naar jullie idee nog factoren missen geeft dat dan op het invulformulier aan. Van deze factoren wil ik jullie vragen om ze op volgorde te zetten voor een gemiddelde Jungfrau-koper. Het gaat daarbij om het algemene idee, ik snap dat elke klant anders is maar hoop dat er wel een redelijk algemeen beeld geschetst kan worden.

Tabel 19: Factoren voor klanttevredenheid

Factoren			
Veiligheid	Prijs	Duurzaamheid	Kwaliteit
Esthetica	Toekomstgerichtheid	Verkoopbaarheid	Keuze vrijheid
Nazorg	Onderhoud	Geluid	Bouwtijd
Begeleiding	Comfort	Ruimte	Energiezuinigheid
Indeling	Garantie	???	???

Stap 2

Wat ik ook graag wil weten is wat voor soort factoren het zijn. Daarbij zijn in de theorie drie soorten factoren te onderscheiden: basis factoren, prestatiefactoren en enthousiasmerende factoren. Ik wil graag weten hoe jullie elk van de bovenstaande factoren inschatten als ze onder één van de drie categorieën moeten worden ingedeeld. Vul dit ook in op het invulformulier.

[Op deze plek stonden de uitleg van de drie soorten waardefactoren (zoals beschreven in paragraaf Bijlage C en de voorbeelden van de drie soorten waardefactoren uit Bijlage C, deze zijn hier weggelaten om ruimte te besparen]

Stap 3

Graag ontvang ik de ingevulde formulieren retour. Dit mag digitaal via e-mail of op papier.

Voor vragen en opmerkingen ben ik te bereiken via e-mail (jkonijnenberg@selekthuis.nl) of via (0548) 53 75 35.

Alvast hartelijk bedankt voor de medewerking,

Jasper Konijnenberg
Afstudeerder Universiteit Twente

Tabel 20: Omschrijving van de verschillende factoren

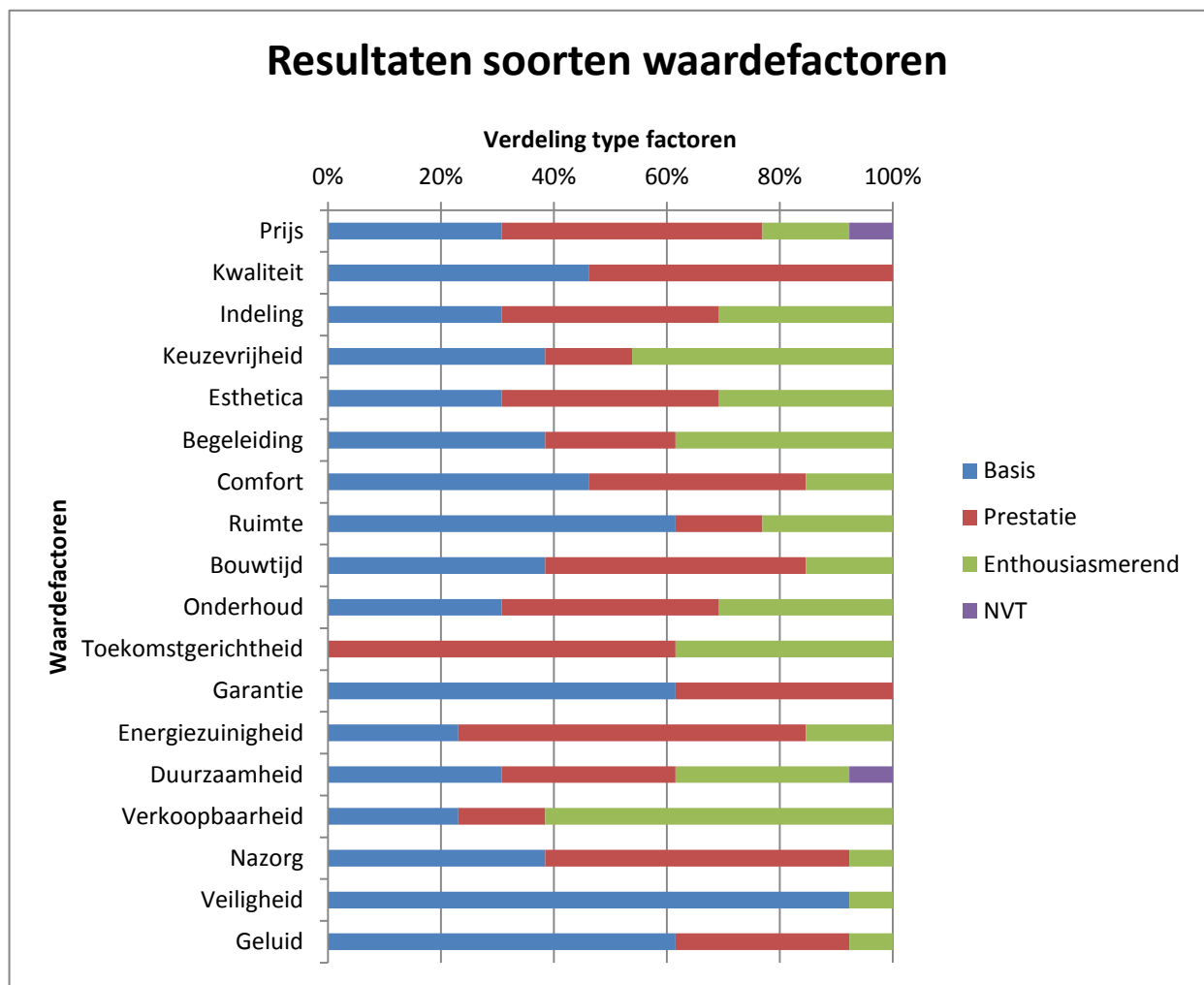
Factor	Omschrijving
Veiligheid	De veiligheid van de woning tegen bijvoorbeeld ongelukken, brand, inbraak etc.
Esthetica	De uiterlijke kwaliteit of schoonheid van en in de woning
Nazorg	Nazorg voor de klant, mate waarin klanttevredenheid ook na oplevering van belang blijft
Begeleiding	Begeleiding van de klant gedurende het hele proces van eerste afspraak tot oplevering
Indeling	De indeling van de woning, de mogelijkheden voor startbouw en de mogelijkheden om dit in de toekomst nog te veranderen
Prijs	De algehele prijs van het bouwproject
Toekomst-gerichtheid	De mate waarin de woning aanpasbaar is in de toekomst, bijvoorbeeld voor gebruik voor mensen die slecht ter been zijn of veranderende gezinssituaties.
Onderhoud	De benodigde hoeveelheid en frequentie van onderhoud tijdens de gebruiksfase
Comfort	Het comfort van de woning, bijvoorbeeld met betrekking tot temperatuur, ventilatie etc.
Garantie	De geboden garantie voor de woning en verleende diensten
Duurzaamheid	De mate van duurzaamheid van de woning en het bouwproces met betrekking tot o.a. materialen, energie, water, transport en ruimtegebruik
Verkoopbaarheid	De mate waarin de woning op een later moment geschikt blijft om te verkopen. Daarbij gaat het met name om de vraag of de klant het belangrijk vindt dat de eigen keuzes er niet voor zorgen dat zij later met een onverkoopbaar huis komen te zitten.
Geluid	De mate van geluidshinder van en in de woning
Ruimte	De ruimte die de woning biedt voor dagelijks gebruik
Kwaliteit	De kwaliteit van producten en diensten die door SelektHuis worden geleverd
Keuze vrijheid	De vrijheid voor eigen inbreng van de klant, zowel qua ontwerp als planning als materiaal etc.
Bouwtijd	De tijd die nodig is om tot een opgeleverde woning te komen
Energiezuinigheid	De energiezuinigheid van de te bouwen woning

Invulformulier**Naam:**

Factoren

Veiligheid	Prijs	Duurzaamheid	Kwaliteit
Esthetica	Toekomstgerichtheid	Verkoopbaarheid	Keuze vrijheid
Nazorg	Onderhoud	Geluid	Bouwtijd
Begeleiding	Comfort	Ruimte	Energiezuinigheid
Indeling	Garantie	???	???

#	Factor	Soort factor
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
<i>19 en/of 20 alleen gebruiken als je een nieuwe factor hebt bedacht</i>		
19		
20		



Figuur 46: Resultatenspreiding soorten waardefactoren, met horizontaal de antwoordverdeling (basis, prestatie, enthousiasmerend of NVT (geen antwoord) en verticaal de verschillende waardefactoren.

Toedeling soorten waardefactoren

In Figuur 46 is de spreiding van de antwoorden te zien wat betreft het soort waardefactor volgens de theorie van Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji, (1984). Op basis van de verdeling is bepaald welke type waardefactor volgens de respondenten het meest toepasselijk is. Hierbij ligt de grens op 50%. Wanneer 50% van de respondenten óf meer voor één van de soorten waardefactoren kiest (bijvoorbeeld basis bij de waardefactor geluid) wordt aangenomen dat de waardefactor van die soort is. Wanneer de drie soorten vergelijkbare aantallen respondenten hebben dan wordt de conclusie *onbekend* getrokken (bijvoorbeeld in het geval van de waardefactor indeling) en wanneer twee van de drie soorten een gelijk aantal respondenten hebben worden beide soorten als mogelijkheden genoemd (bijvoorbeeld in het geval van de waardefactor kwaliteit).

Bijlage E Voorbeeld bestellijst

In deze bijlage is, ter verduidelijking van de logistieke procesbeschrijving, een deel van een bestellijst opgenomen die leidend is tijdens het gereed maken van de verschillende vrachten naar de bouw. Het weergegeven deel van de bestellijst is het eerste blad van de bestellijst voor het onderdeel kapplaatzen.

BESTELLIJST AFTIMMERPAKKET KAPPLAATSEN 1									
Naam				Tel.Prive					
Bouwadres				Tel.Werk					
Bouwplaats				Model woning					
Werknummer				Leveringsdatum					
Afleveringstijd				Werkvoorbereider					
Uitvoerder									
									Werkelijke aantallen
2	st.	Multiplex 18 mm int. wit t.b.v. CV-kast							
	st.	Multiplex 18 mm volle plaat (tbv hang toilet)						wit int.	
	st.	WBP 15 mm ext. wit 61x250 cm t.b.v.plafond voordeur T-Model							
	st.	Rookkanaal POUJOULAT							
1	st.	Underlayment t.b.v. meterkast 82 x 244 cm							
2	st.	Underlayment t.b.v. meterkast 35 x 244 cm							
	st.	Knieschot beplating stand.won. 50°			1045 x 2500 mm				
	st.	Knieschot beplating stand.won. 45°			865 x 2500 mm				
	st.	Knieschot beplating borstwering 440mm			1485 x 2500 mm				
	st.	Boeien 18mm, 21.7 x250 cm (gevel boeien) condor 4200						wit ext.	
	st.	Boeien 18mm, 23.2 x250 cm (gevel boeien) condor 4600						wit ext.	
	st.	Boeien 18mm, 33.0 x250 cm						wit ext.	
	st.	Boeien 18mm, 40.4 x250 cm (aftim. onderzijde mastgoot)						wit ext.	
	st.	Multiplex 18mm, volle plaat						wit ext.	
	st.	Broekstuk tbv Gevelboeien			dakhelling 45°				
JA		Afwijkende boeien			materiaal bijv. kunststof				
JA		Drukkers Oldenboom							
NEE		Balkhout Oldenboom							
	m²	Vuren Muurplaat 22x100 mm wit afgeschuind (metselwerk plat dak)							
	m²	Vuren Regel 44x70 mm							
	st.	Panlatten 22x38mm, 3,0 m²/stuk (tbv aftimm. onderzijde goot)							
NEE		Gootdriehoeken							
2	st.	Multiplex 12mm, 60 x244cm (koker ontluftung)						wit int.	
3	st.	Multiplex 12mm, 30 x244cm (trappgat spiegelstuk vloer 200 mm)						wit int.	
	st.	Multiplex 12mm, 40 x244cm (trappgat spiegelstuk vloer 265 mm)						wit int.	
	st.	Multiplex 12mm, 10 x244cm (trappgat onderzijde vloer)						wit int.	
	st.	Multiplex 12mm, 20 x244cm (dakraam)						wit int.	
1	st.	Multiplex 12mm, volle plaat						wit int.	
	m²	Ventilatielatten (360cm lang)							
	bos	Plafondlatten 20 x 50 mm 450 cm lang (T-Model 6 bos)							
50	m²	Beleglatten tbv knieschotten, dakraam, HSB-wanden en kozijnen							
	st.	Gibo 7cm meranti afwerklat 265 cm							
	m²	Vloerplinten meranti wit 12x56 mm 420 cm lang							
	m²	Plafond plinten wit 9x45 mm 420 cm lang							
50	m²	Hoeklatten (spouw) 12x90 mm 420 cm lang							
	m²	Schuine regel t.b.v. raggelwerk gipsplafond 45° 50°							
	st.	Gegalvaniseerde strip t.b.v. sektionaldeur lengte =							
	st.	Gibostrips lengte 265 cm tbv muuraansluiting gibo 7 cm							
	st.	Gibostrips lengte 265 cm tbv muuraansluiting gibo 10 cm							
1	st.	Dakdoorv WTW Sneldek Neroma 45° 50°							
		Doorvoerpan + Pijp (geb.pan)							
1	st.	Toevoer WTW D180 geïsoleerd, onderpans							
1	st.	Vloermatomranding zonder luik							
	st.	Dakraam Fakro 78x118 cm (standaard)							
	st.	Dakraam Afwijkend incl. gootstuk type							

Figuur 47: Afbeelding bestellijst t.b.v. kapplaatzen (intern document)

Bijlage F Overzicht Interviews SelektHuis medewerkers

In deze bijlage is een overzicht opgenomen van de interviews die zijn afgenomen binnen SelektHuis om een duidelijk beeld te krijgen bij het *SelektHuis proces*.

Tabel 22: Overzicht geïnterviewde medewerkers SelektHuis, allen met meer dan 6 jaar ervaring bij het bedrijf

Naam	Functie	Datum
Dhr. M. de Graaf	Bouwkundig Tekenaar, Energie & Duurzaamheid	11-04-2013
Dhr. A. Scheppink	Hoofd Verkoop Binnendienst	15-04-2013
Dhr. S. Dorst	Commercieel Adviseur, Vestigingsleider (Tholen)	24-04-2013
Dhr. W. Pelzer	Werkvoorbereider	06-05-2013
Dhr. H. Harbers	Logistiek	15-05-2013
Dhr. J. Bak	Projectbegeleider	14-06-2013

Bijlage G Detailgegevens bouwafvalonderzoek

In deze bijlage is, ter verduidelijking van het onderzoek naar bouwafval, een afbeelding opgenomen van het registratieformulier dat op de bouwplaats is gebruikt om vast te stellen welk en hoeveel bouwafval er bij de onderzochte projecten werd aangetroffen. Daarnaast wordt uitgebreide data opgenomen van de bouwafvalinventarisatie bij vijf lopende SelektHuisprojecten.

**UNIVERSITEIT
TWENTE.**



Universiteit Twente & SelektHuis | 1
 Registratie bouwafval

Datum - - 2013

Projectnummer **Afvalcontainers**
Projectnaam **Bouw/sloopafval** 3m³ 6m³ 10m³
Bouwplaats **Schoonpuin/B-Hout**

Materiaal	Geschat volume in %	Opmerkingen

Jasper Konijnenberg - Afstudeerder Universiteit Twente - SelektHuis

Tel: (0548) 53 75 35

Figuur 48: Afbeelding registratieformulier bouwafval (eigen werk)

Resultaten Bouwafvalinventarisatie

Tabel 23: Bevindingen bouwafval project Hall

	Materiaal	Percentage	Beschrijving
Hall	Hout	20%	Latten t.b.v. bevestiging plastic beschermfolie, kapotte bouwplanken, houten elementen t.b.v. stevigheid transporten
	Kunststof	15%	Tie-wraps, verpakkingsmateriaal van stenen, mortel en glaswol
	Karton	5%	Verpakkingsmateriaal, dozen
	Isolatie wol	< 5%	Restant strookjes glaswol
	Keetafval	< 5%	Diverse soorten schaftafval
	Overig	5%	o.a. cementresten, touw
	Beschikbaar	50%	
	Totaal	100%	

Tabel 24: Bevindingen bouwafval project Ommen (* = kunststof apart afgevoerd naar werf Rijssen)

	Materiaal	Percentage	Beschrijving
Ommen	Hout	40%	Pallets, latten en planken (voornamelijk verpakking)
	Kunststof	5%*	Binddraad rietpakketten, verpakkingsmateriaal
	Karton	20%	Verpakkingsmateriaal, dozen
	Isolatie wol	10%	Restant strookjes glaswol
	Keetafval	5%	Algemeen schaftafval,
	Overig	5%	o.a. touw en beton
	Beschikbare ruimte	15%	Vooraf losse ruimte tussen afval
	Totaal	100%	

Tabel 25: Bevindingen bouwafval project Apeldoorn

	Materiaal	Percentage	Beschrijving
Apeldoorn	Hout	5%	Diverse latten en rest hout
	Kunststof	5%	Verpakkingsmateriaal, tie-wraps
	Karton	5%	Verpakkingsmateriaal
	Dakpannen	5%	<i>Restanten pannen hangen en gebroken pannen</i>
	Keetafval	< 5%	Algemeen schaftafval
	Overig	< 5%	Divers
	Beschikbare ruimte	75%	
	Totaal	100%	

Tabel 26: Bevindingen bouwafval project Ommen

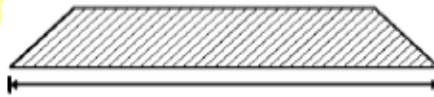
	Materiaal	Percentage	Beschrijving
Hall (2)	Hout	15%	Latten, planken, blokjes
	Kunststof	5%*	Kunststof mogelijk apart afgevoerd naar werf in Rijssen
	Karton	5%	Verpakkingsmateriaal
	Keetafval	< 5%	<i>Algemeen schaftafval</i>
	Overig	< 5%	Divers
	Beschikbare ruimte	70%	
	Totaal	100%	

In deze bijlage is, ter verduidelijking van het prefabricage onderzoek, een afbeelding opgenomen van het registratieformulier dat in de prefabricage hal is gebruikt om de verschillende activiteiten binnen de onderzochte deelprocessen vast te leggen, inclusief tijdsduur en eventuele opmerkingen.

Figuur 49: Afbeelding registratieformulier prefabricage (eigen werk)

Bijlage I Voorbeeld afkortstaat

In deze bijlage is, ter verduidelijking van het deelproces *Afkorten* een voorbeeld opgenomen van een afkortstaat. Deze afkortstaat wordt door de prefab-medewerkers gebruikt om vuren houten elementen op de juiste lengte af te korten, ten behoeve van montage van een topgevel.

Opdrachtgever:		Kruis		Afkortstaat Regelwerk		Topgevels	
Bouwplaats:		Ijsbrechtum		kozijn merk		SA-09	
Order nr:		261322		Woning Type		Jungfrau	
				kap		48,5 graden	
Door: R. ten Arve				Omschrijving topgevel		Achtergevel	
				Aantal		1	
Kopmaat	Aantal	lengte	gr.°	afkortmodel	gr.°		
38 x 140 38 x 140	2	3183	41,5		48,5	zijkant code 1	
38 x 140 38 x 140			41,5		48,5	zijkant code 1	
38 x 140 38 x 140			48,5		48,5	plat zagen samengestelde ligger	
38 x 140 38 x 140	1	3263	48,5		48,5	bovenregel code 1	
38 x 140 38 x 140			48,5		48,5	zijkant code 1	
38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140			41,5		41,5	zijkant code 1	
38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140	2 2 2 2 2	183 226 724 1403 2081	41,5 41,5 41,5 41,5 41,5 41,5 41,5 41,5 41,5			staanders	
38 x 140 38 x 140 38 x 140	2	146	41,5 41,5 41,5			liggers	
38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140 38 x 140	1 10 1 8 2 4	584 769 2486 2524 3690 1024				recht	

Bijlage J Resultaten prefabricageonderzoek

In deze bijlage volgt een procesbeschrijving van verschillende deelprocessen op het gebied van de prefabricage van topgevels en de montage van een luifeldak. Eerst wordt de onderzoeksmethode beschreven die is gebruikt, waarna de resultaten het onderzoek naar de deelprocessen *Afkorten*, *Montage* en *Afmontage van een topgevel* en *Montage luifeldak* worden gepresenteerd.

Onderzoeksmethode

De in Tabel 27 opgenomen deelprocessen zijn onderzocht om vast te stellen uit welke activiteiten de productie van de diverse bouwelementen bestaat. Om de deelprocessen te kunnen vastleggen is een registratieformulier opgesteld (zie Bijlage H). Op dit formulier zijn alle deeltappen opgenomen die worden ondernomen, met daarbij de gemeten tijdsduur (m.b.v. een horloge).

Tabel 27: Overzicht onderzochte deelprocessen prefabricage

Verwijzing fig..	Deelproces	Project nr.	Datum	Extra informatie
A	Afkorten	265133	24-06-2013	Bijlage X.1
B	Montage	261322	18-06-2013	Bijlage X.2
C	Afmontage	261322	19-06-2013	Bijlage X.2
D	Afmontage + kozijn plaatsen	265133	08-07-2013	Bijlage X.3
E	Montage luifeldak	264648	27-08-2013	Bijlage X.4

Deelprocessen A t/m D hebben te maken met de productie van topgevels. In het algemeen begint prefabricage altijd met *afkorten*, vervolgens *montage* van de houtelementen tot een frame, dan *afmontage* van het frame (o.a. isoleren en bekleden) en tot slot *plaatsing van (eventuele) kozijnen*. Aangezien de onderzochte deelprocessen niet van één enkel project zijn kan niet gesteld worden dat de onderzochte deelprocessen elkaar opvolgen. Deelproces D betreft de gecombineerde deelprocessen afmontage en kozijn plaatsen van een topgevel, en deelproces E is het merendeel van het montageproces van een luifeldak.

De procesbeschrijvingen bestaan allereerst uit een tekstuele beschrijving van de activiteiten, met per stap een verwijzing naar de tabel in de vorm van een volgnummer. Dit volgnummer is opgenomen in een tabel zoals te zien in Tabel 28. In de tabel zijn de volgende zaken opgenomen: naam van de activiteit, tijdsduur, waardetoevoegend (groen)/niet waardetoevoegend (rood) op basis van de waarde definitie en in het geval van een niet-waardetoevoegende activiteit het soort verspilling dat optreedt de theorie van Kono en/of Koskela (1994).

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Afkorten houtelementen			
1	Stap A	2 min	Onnodige beweging
2	Stap B	2 min	
Totaal 4 min: 2/2			

Tabel 28: Opbouw tabellen procesbeschrijvinge prefab processen

totale doorlooptijd totaal waardetoevoegend totaal niet waardetoevoegend

Soorten verspillingen

De volgende soorten verspillingen worden onderscheiden binnen de deelprocessen:

- Overproductie
- Defecten
- Onnodig transport
- Overbewerking
- Onnodige voorraad
- Wachten
- Onnodige beweging
- Onbenutte kennis/kunde
- Controle
- Opruimen/ordenen

Procesbeschrijving Afkorten

Het proces *afkorten* begint op het moment dat de prefab medewerker de afkortstaat (zie Bijlage I) van de werkvoorraad oppakt in de afkortruimte van de prefab hal. Eerst wordt een lege transportkar opgehaald (Figuur 52, (1)), waarna het werk wordt voorbereid door de tekening te lezen (2). Vervolgens wordt het zaagwerk gestart met het afkorten van de randstroken (3) en het vrezan van sleuven ,waarin tijdens de afmontage afdichtingsprofielen worden aangebracht (4). De afgekorte elementen worden verzameld op een kar (zie Figuur 52). Na nogmaals een aantal elementen te zagen (5), te vrezan (6) en nog een periode van zaagwerk (7) worden de elementen op de kar geordend zodat zij tijdens de montage gemakkelijk te verwerken zijn (8). Het zaagwerk gaat verder (9), waarna een pauze volgt en daaropvolgend een controle van de stand van zaken (10). Het afkorten gaat verder (11) en vervolgens worden kromme planken van de voorraad opzij geschoven ten behoeve van werkgemak (12). De prefab medewerker kort nog een aantal elementen af (13). Uit een consistentiecontrole van afkortstaat met tekening blijkt dat een aantal elementen uit de tekening niet zijn opgenomen in de afkortstaat, deze fout corrigeert de medewerker en de extra elementen worden afgekort (14). Het zaagwerk gaat verder (15) waarna de medewerker de kar met afgekorte elementen nogmaals ordent (16). Het zaagwerk is klaar en de medewerker ruimt de werkplek en de houtvoorraad op (17). Vervolgens wordt de kar gereedgemaakt voor verplaatsing en tijdelijke opslag door versteviging aan te brengen in de vorm van tie-wraps (18). Tot slot verplaatst de medewerker de kar naar de tijdelijke opslagplek (19).



Figuur 52: Verzamelkar afgekorte elementen



Figuur 51: Zaagtafel en -machine

Tabel 29: Verloop deelproces *Afkorten houtelementen*

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Afkorten houtelementen			
1	Lege kar ophalen	2 min	Onnodige beweging
2	Voorbereiden (tekeningen lezen)	1 min	Overbewerking
3	Zagen randstroken	2 min	
4	Vrezan sleuven t.b.v. afdichtingsprofielen	2 min	
5	Zagen elementen	6 min	
6	Vrezan sleuven t.b.v. afdichtingsprofielen	2 min	
7	Zagen elementen	2 min	
8	Afgekorte elementen ordenen op kar	1 min	Opruimen/ordenen
9	Zagen elementen	6 min	
10	Controle stand van zake (na pauze)	2 min	Controle
11	Zagen elementen	3 min	
12	Nieuwe kromme planken opzij schuiven van voorraad	1 min	Defecten/fouten
13	Zagen elementen	11 min	
14	Controleren, waarnemen van fout en bijwerken van afkortstaat	5 min	Defecten/fouten
15	Zagen elementen	10 min	
16	Afgekorte elementen ordenen op kar	1 min	Opruimen/ordenen
17	Opruimen werkplek en houtvoorraad	6 min	Overbewerking
18	Gereedmaken kar (tie-wraps bevestigingen) t.b.v. verplaatsing naar tijdelijke opslag.	6 min	Overbewerking
19	Verplaatsing kar naar tijdelijke opslagplek	2 min	Onnodig transport
		Totaal 71 min:	44/27

Bufferopslag I

De deelproducten (output) van het deelproces *afkorten* worden tijdelijk in een buffer geplaatst. In een hoek van de prefabricage hal staan de afgekorte houtelementen klaar voor montage. De doorlooptijd binnen deze buffer is sterk variabel, van enkele uren tot meerdere dagen, afhankelijk van de prefabricage planning (G. Visser, prefab medewerker, persoonlijke communicatie 24-06-2013).



Figuur 53: Bufferopslag I, afgekorte elementen

Tabel 30: Beschrijving bufferopslag I

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Bufferopslag I			
1	Opslag van afgekorte elementen op kar	1-5 dagen	Overproductie/Onnodige voorraad

Procesbeschrijving Montage topgevelframe

Het proces *montage* begint als de prefab medewerker de kar (zie Figuur 54 met afgekort hout ophaalt (1). Deze brengt hij naar de montage-werktafel (zie Figuur 55). Deze tafel is afgestemd op het montageproces door de specifiek vorm van de tafel en het aanwezige materieel. De houten elementen worden volgens de prefabtekening uitgelegd op de werktafel (2). Vervolgens worden de montageposities afgetekend (3). Dan blijkt dat een drietal elementen mist, deze worden direct bijgemaakt in de zaagcabine (4). Enkele posities worden geniet, om het spijkeren te vergemakkelijken (5). Daarna worden de elementen middels een spijkerpistool volgens de prefabtekening gespijkerd (6). Volgens blijken nog een tweetal elementen te ontbreken, welke eerst worden bijgemaakt (7). Nadat alle elementen zijn gespijkerd worden twee hijstouwen en een hijsrog aan het frame bevestigd om deze te kunnen verplaatsen (8). Het frame wordt gehesen en rechtop op de werkvloer geplaatst tussen de montage en afmontage werktafels (9). De verticale positie wordt benut om de horizontale elementen van het de kozijnsparing te spijkeren (10). De lege kar wordt tot slot opgeruimd (11). Daarmee is het montageproces afgerond.



Figuur 54: Kar met afgekort hout



Figuur 55: Werktafel met topgevelframe

Tabel 31: Verloop deelproces *Montage topgevelframe*

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Montage topgevels			
1	Ophalen kar met afgekort hout	1 min	Onnodig transport
2	Uitleggen elementen op werktafel	10 min	
3	Aftekenen montageposities	15 min	
4	Bijmaken 3 elementen (tijdens activiteit aftekenen)	3 min	Defecten/fouten
5	Nieten verticale elementen	5 min	Overbewerking
6	Spijkeren elementen	20 min	
7	Bijmaken 2 elementen (tijdens activiteit spijkeren)	3 min	Defecten/fouten
8	Aanbrengen hijsrog en touwen	5 min	Overbewerking
9	Hijsen en rechtop zetten frame	2 min	Onnodige beweging
10	Spijkeren horizontale planken	2 min	
11	Opruimen lege kar	1 min	Onnodig transport
Totaal		67 min: 47/20	

Bufferopslag II

Tussen de deelprocessen *montage* en *afmontage* bevindt zich (op het moment van onderzoek) een buffer van ongeveer 10 deelproducten (gemonteerde topgevelframes). Deze buffer wordt gebruikt om veranderingen in de planning en ongeplande gebeurtenissen op te vangen. Van deze deelproducten kan gesteld worden dat deze zich 4-5 werkdagen in de buffer bevinden (1) voordat zij worden afgemonteerd. In Figuur 56 is een foto van een deel van deze buffer opgenomen.



Figuur 56:
Bufferopslag II

Tabel 32: Beschrijving bufferopslag II

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Tijdelijke opslag			
1	Opslag van afgekorte elementen op kar	1-5 dagen	Overproductie/Onnodige voorraad

Procesbeschrijving Afmontage

Het deelproces afmontage begint op het moment dat de prefab medewerker het topgevelframe vanuit de output buffer van *montage* hijst en op de werktafel van *afmontage* laat zakken (1). Rubber afdichtingsprofielen worden op de buitenste rand van het frame geplakt (2), waarna het frame tijdelijk aan de tafel wordt bevestigd met behulp van enkele schroeven (3). Vervolgens wordt dampremmende folie (Figuur 58) over het frame uitgerold en afgesneden. De folie wordt aan het frame geniet (4) en overschotten worden afgesneden en in een afvalcontainer gedeponeerd (5). Daarna worden gipsplaten aangebracht over de folie en het frame. Deze worden op maat gesneden van grote platen (1,2m x 2,6m) en vervolgens gespijkerd (6). Het gips wordt rondom afgeschaafd t.b.v. vlakheid. De medewerker hijst vervolgens het frame en draait deze om, waarna de folie en gips kant van het frame zich aan de onderzijde bevindt (7). De glaswol isolatie wordt op maat gesneden van rollen (0,57m x 9,1m) en aanbracht in de gevel (8). Daarna wordt dampdoorlatende stralingsfolie vanaf een rol over de topgevel gerold, op maat gesneden en vastgeniet (9). Tot slot wordt de topgevel gehesen en rechtop op de vloer geplaatst (10), waarna de gevel klaar is voor de montage van de kozijnen.



Figuur 58: Dampremmende folie op rol



Figuur 57: Topgevel na aanbrengen gipsplaten

Tabel 33: Verloop deelproces *Afmontage topgevel*

#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Afmontage topgevels			
1	Hijzen, neerleggen en zekeren van frame	3 min	Onnodige beweging
2	Aanbrengen rubber afdichtingsprofielen	2 min	
3	Tijdelijk bevestigen frame aan werktafel, verwijderen hijsorg	1 min	Overbewerking
4	Aanbrengen van dampremmende folie	4 min	
5	Bijsnijden en opruimen van folie	2 min	Opruimen/ordenen
6	Aanbrengen van gipsplaten	30 min	
7	Keren topgevels op werktafel	3 min	Onnodige beweging
8	Aanbrengen isolatie wol	25 min	
9	Aanbrengen dampdoorlatende stralingsfolie	5 min	
10	Hijzen en rechtopzetten van topgevel	3 min	Onnodig transport
Totaal 77min: 66/12			exclusief kozijnen

Procesbeschrijving Montage topgevel met kozijn

Het monteren van het de topgevel begint met het hijsen en plaatsen van het houten frame op de werktafel (1). Vervolgens wordt dampremmende folie uitgelegd en op het frame geniet (2). De Fermacell dekplaten moet per stuk worden gezaagd met behulp van een cirkelzaag (3) en worden vervolgens op de gevel gemonteerd (4). De randen van de platen worden bijgezaagd zodat deze gelijk lopen met het frame (5). Daarna worden de punten waarop geniet moet worden uitgemeten en gemarkeerd, inclusief de sparing voor het ronde kozijn (6). De kozijnsparing wordt uit de Fermacell gezaagd met behulp van een decoupeerzaag (7). De werktafel en topgevel worden gestofzuigd (8) en de Fermacell wordt rondom het kozijn definitief vastgespijkerd (9). Daarna worden de werktafel en topgevel schoon geblazen (10) en losgemaakt van de werktafel (11). Vervolgens wordt de onderplaat van de topgevel afgetekend en gezaagd (12) en daarna vastgeniet (13).

De topgevel wordt gehesen en omgedraaid op de werktafel gelegd (14), waarna de prefab-medewerker de topgevel isoleert met behulp van isolatie wol (15). Om gezondheidsredenen blaast de medewerker zichzelf geheel schoon om eventuele vlokken isolatie wol te verwijderen van kleding en/of huid (16). Vervolgens wordt dampdoorlatende aluminium folie aangebracht (17), bijgesneden aan de randen (18) en vastgeniet (19). Daarna haalt de medewerker het kozijn op van de opslagplek (20) en plaats en monteert hij deze op de topgevel (21). Dan haalt hij de deklatten op en opent het pakket (22) waarna hij ze uitlegt op de gevel en ze vastniet (23).

De topgevel wordt gehesen en verticaal op de grond gezet, waarna de kozijnsparing uit de aluminium folie kan worden gesneden (24). De kozijnen worden dan gekit (25). Om een inconsistentie tussen de maatvoering van het kozijn en het topgevelframe op te lossen bewerkt de prefab-medewerker een aantal buigtriplex-latten en brengt deze aan (26). Daarna brengt hij de definitieve buigtriplex aan ter afwerking van de kozijnsparing (27 en 28). De binnenzijde van het kozijn wordt geniet en gekit (29), waarna tochtwerende strips op het kozijn worden aangebracht (30). De prefab medewerker haalt de ronde ruit op van de opslagplek in de hal (31), monteert deze (32) en kit hem af (33). Vervolgens plamuurt hij de oneffenheden veroorzaakt door het nieten van de buigtriplex (34) en schildert hij de buigtriplex met witte verf (35). Daarna volgt de montage van de roedes in de ruit aan beide zijden (36) en tot slot hijst hij de topgevel en zet hij deze klaar op de bok (37).



Figuur 59: Topgevel binnenzijde woning (Fermacell bekleding)



Figuur 60: Topgevel buitenzijde woning (met deklatten t.b.v. houtbekleding)

Tabel 34: Verloop deelproces Montage Topgevel met kozijn

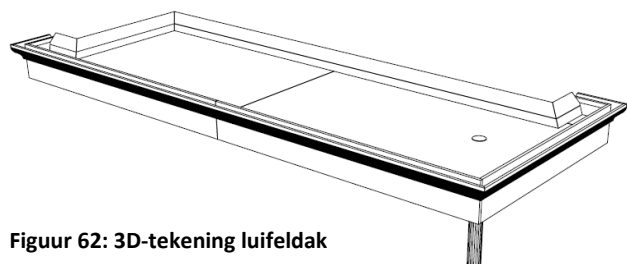
#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Montage topgevel met kozijn			
1	Hijsen en neerleggen van topgevelframe op werktafel	3 min	Onnodig transport
2	Aanbrengen dampremmende folie	4 min	
3	Op maat zagen Fermacell platen (gecombineerd met 4)	8 min	
4	Aanbrengen Fermacell platen (gecombineerd met 3)	14 min	
5	Bijzagen over stekende randen Fermacell	3 min	Overbewerking
6	Metten en aftekenen van niet-punten en kozijnsparing	6 min	Overbewerking
7	Zagen kozijnsparing met decoupeerzaag	8 min	
8	Stofzuigen van werktafel en topgevel	2 min	Opruimen/ordenen
9	Vastspijkeren Fermacell-platen rondom kozijn	5 min	
10	Schoonblazen werktafel en topgevel	2 min	Opruimen/ordenen

11	Losmaken topgevel van werktafel	1 min	Overbewerking
12	Aftekenen en zagen van onderplaat	3 min	
13	Vastnieten onderplaat	2 min	
14	Hijsen en draaien van topgevel	5 min	Onnodig transport
15	Isoleren	15 min	
16	Schoonblazen werkkleding	1 min	Opruimen/ordenen
17	Dampdoorlatende aluminium folie aanbrengen	4 min	
18	Bijsnijden aluminium folie	1 min	Overbewerking
19	Geheel vastnieten aluminium folie	1 min	
20	Ophalen kozijn (met hulp van andere medewerker)	2 min	Onnodige beweging
21	Plaatsen en monteren kozijn	12 min	
22	Ophalen en openen pakket deklatten	1 min	Onnodige beweging
23	Uitleggen en nieten van deklatten (1 lat mist)	7 min	
24	Verticaal hijsen kozijn en uitsnijden folie in kozijnsparing	3 min	Onnodig transport
25	Kitten kozijn	3 min	
26	Ophalen en aanbrengen buigtriplex-latten ter correctie maatvoering	3 min	Defecten/fouten
27	Aanbrengen buigtriplex	8 min	
28	Afkorten buigtriplex (tijdens 27)	1 min	Overbewerking
29	Nieten en kitten binnenzijde kozijn	2 min	
30	Aanbrengen tochtwerende strips op kozijn	4 min	
31	Ophalen ronde ruit	1 min	Onnodige beweging
32	Monteren ruit	2 min	
33	Afkitten ruit	6 min	
34	Plamuren niet-oneffenheden in buigtriplex	8 min	Defecten/fouten
35	Schilderen buigtriplex	5 min	
36	Aanbrengen en kitten roedes in op ronde ruit (2x)	10 min	
37	Hijsen topgevel en plaatsing op bok	3 min	Onnodig transport
		Totaal 169 min: 123/46	

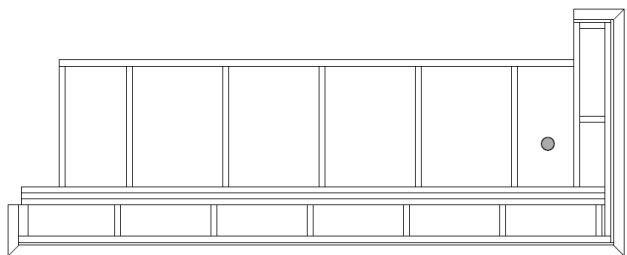
Procesbeschrijving Afmontage luifeldak (gedeeltelijk)

Tot slot is een deel van het montageproces van een luifeldak onderzocht. De gebruikte onderzoeksmethode is gelijk aan dat van de topgevelprocessen.

In Figuur 62 en Figuur 62 zijn een tweetal prefabtekening van het luifeldak opgenomen. Het regelwerk bestaat uit vuren houten elementen, waartussen glaswol isolatie wordt aangebracht. Aan de onder- en bovenzijde wordt plaatmateriaal aangebracht (hout). Als waterkerende dakbedekking wordt EPDM (een soort synthetisch rubber) toegepast (geen onderdeel van dit onderzoek). De delen die bloot worden gesteld worden aan de buitenlucht worden in de grondverf gezet.



Figuur 62: 3D-tekening luifeldak



Figuur 62: Tekening houten regelwerk luifeldak

Tabel 35: Verloop deelproces *Montage luifeldak*

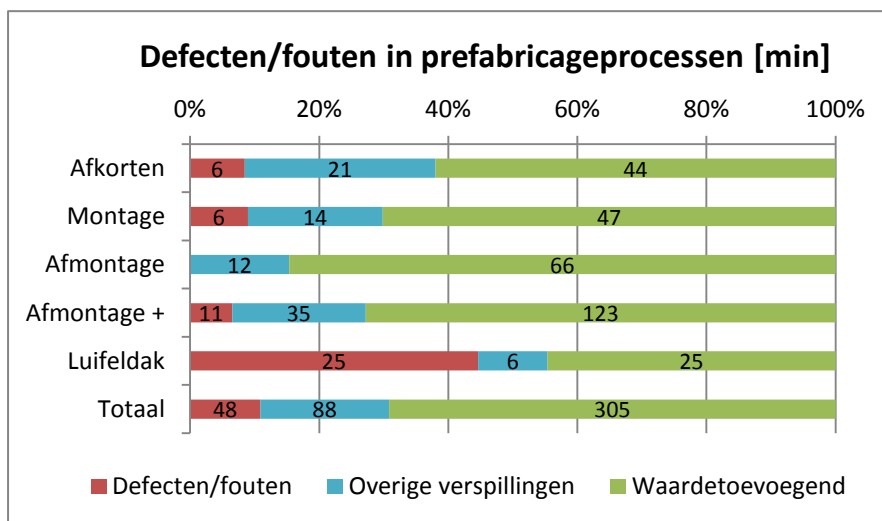
#	Activiteiten	Tijd	Soort verspilling
Afmontage Luifeldak			
1	Voorbereiden werkzaamheden (twee fouten en één meetprobleem waargenomen)	12 min	Defecten/fouten
2	Controleren/narekenen maatvoering op prefab tekening (inclusief bellen met prefab tekening en aanpassingen maken)	13 min	Controleren Defecten/fouten
3	Hout elementen ophalen	2 min	Onnodige beweging
4	Aftekenen zaaglijnen	3 min	
5	Zagen houtelementen inclusief verwisselen zaag	5 min	
6	Zaagafval en werkplek opruimen	3 min	Opruimen/ordenen
7	Lijmen regelwerk	1 min	
8	Spijkeren regelwerk	2 min	
9	Boeien zagen	2 min	
10	Boeien verven	3 min	
11	Boeien vastlijmen	5 min	
12	Boeien bijschuren	1 min	Overbewerking
13	Boei aanbrengen	1 min	
14	Boei verven	2 min	
15	Boeien spijkeren	1 min	
		Totaal 56min: 25/31	

Bijlage K Lean & Green maatregelen SelektHuis

In deze bijlage worden een aantal potentiële maatregelen benoemd die de verspillingen in de vijf onderzochte prefabricageprocessen in de toekomst kunnen voorkomen of reduceren.

Voorkomen en oplossingen voor defecten en fouten

Binnen de onderzochte prefabricageprocessen valt met name de omvang van het verspillingstype fouten/defecten op. Uit de analyse blijkt dat er 48 minuten verspilling optreedt in de vorm van het waarnemen, onderzoeken en oplossen van diverse fouten en defecten. Deze verspilde tijd staat gelijk aan 35% van de totale verspilde tijd (48min/136min) en 11% (48 min/440 min) van de gehele doorlooptijd van de vijf onderzochte prefabricageprocessen. In Figuur 63 is te zien welk aandeel defecten/fouten hebben in de verschillende deelprocessen.



Figuur 63: Defecten/fouten in prefabricageprocessen, weergegeven in percentages en tijd per deelproces.

Algemene maatregelen

Het voorkomen en efficiënt oplossen van defecten en fouten kan op een aantal manieren worden ingericht binnen een bedrijf. Aangezien SelektHuis al kiest voor procedurele kwaliteitsborging (in de vorm van ISO-9001 richtlijnen) ligt het voor de hand om dit formeel vast te leggen. Preventie is hierbij het belangrijkste, het voorkomen van fouten en defecten wordt dan ook aanbevolen. Ondanks de controlemechanismen in het prefabricageproces zijn toch diverse defecten en fouten opgetreden. Menselijke fouten zijn daarbij de belangrijkste oorzaak van de verspillingen. De defecten hadden in een eerder stadium moeten worden opgemerkt en de fouten hadden niet gemaakt hoeven worden.

Concrete maatregelen

Om tot concrete aanbevelingen te kunnen komen zullen eerst een aantal fouten worden besproken, die zijn waargenomen binnen de onderzochte processen. Vervolgens zullen aanbevelingen worden gedaan die deze fouten in de toekomst kunnen voorkomen.

Tabel 36: Overzicht van waargenomen defecten/fouten binnen de prefabricage processen.

Defecten/fouten in het prefabricage proces
▪ Onvolledige werkschrijving Tijdens het proces <i>Afkorten</i> ontdekte de prefab-medewerker dat een aantal (vuren) regels, die staan aangegeven op de tekening, niet waren opgenomen in de afkortstaat. Oftewel, de afkortstaat, die leidend is tijdens dit proces, is onvolledig. De medewerker kiest ervoor om de tekening in te kijken en de fout te corrigeren. Hij kort de missende regels af en zorgt er daarmee voor dat de medewerker die het opvolgende deelproces <i>Montage</i> uitvoert dit niet hoeft te doen. Deze foutcorrectie komt tot stand door de kennis en het vakmanschap van de medewerker. Wanneer hij zich enkel had gehouden aan de afkortstaat, had hij de fout

niet opgemerkt en was deze fout pas tijdens montage aan het licht gekomen. De medewerker die de montage verzorgt had in dat geval het afkorten van de missende elementen zelf uitgevoerd, waarmee het proces in grotere mate was vertraagd.

Om dit soort verspilling in de toekomst te voorkomen is de volgende maatregel in ontwikkeling:

- De vertaalslag van prefabtekening naar afkortstaat wordt geautomatiseerd. Wanneer BIM (Building Information Modelling) methodes worden ingezet kunnen (3D) tekeningen automatisch worden omgezet in een overzicht van alle benodigde elementen voor een bepaald bouwelement. Daarmee wordt het werk van de prefab-tekenaar gemakkelijker en kan hij zich richten op de waardetoevoegende activiteiten (maken van voorlopige en definitieve prefab tekeningen en -details).

Wanneer bovenstaande ontwikkeling is uitgerold en op een juiste manier werkt moet het zo zijn dat de afkortstaat altijd juist en volledig is. En dat de output van het tekenproces (de afkortstaat) direct gebruikt kan worden binnen het deelproces *Afkorten*. Daarmee verdwijnt ook de noodzaak voor de prefab-medewerker om na te denken over de volledigheid van de afkortstaten en kan hij zich focussen op zijn waardetoevoegende taak.

▪ Missend materiaal

Deze fout vertoont gelijkenissen met de voorgaande, waarbij tijdens het proces *afkorten* niet alle benodigde elementen zijn afgekort. Of dit is veroorzaakt door een onvolledige afkortstaat of door een fout van de medewerker die heeft afgekort is niet bekend. Gevolg is echter wel dat het proces *Montage* is onderbroken om de missende elementen af te korten. Het effect van een dergelijke fout blijft beperkt als dit slechts incidenteel gebeurt, maar mocht dit vaker voorkomen dan worden het totale effect op het deelproces evenredig groter.

Maatregelen

- Het is wenselijk om de omvang en de frequentie van dit type fout te registreren, om zo een beter beeld te krijgen bij de omvang en frequentie van dit soort fouten. Daarmee kan bepaald worden of actie wenselijk is.
- De presentatie van de benodigde elementen op de afkortstaat kan mogelijk worden verbeterd. De persoon die afkort kiest er in de meeste gevallen voor om op de afkortstaat te markeren welke elementen hij al heeft afgekort. Vanwege de nieuwe 3d methode en automatische gegenereerde afkortstaten wordt aanbevolen om de opzet van de afkortstaat te bespreken met de medewerkers die verantwoordelijk zijn voor het afkorten, om de opzet van de afkortstaat zo goed mogelijk bij hun wensen te laten aansluiten.

▪ Een drietal fouten deed zich gecombineerd voor binnen het deelproces *Afmontage Luifeldak*:

▪ Fout op luifeldaktekening

De tekening van het luifeldak, zoals te zien in Figuur 64, is onjuist op de plek van het rode kruis. De oranje lijnen geven de gevel van de woning aan, waarbij overlap optreedt tussen de gevel en de luifel. Na overleg met de uitvoerder werd besloten om dit deel te laten zitten en in de luifel in het metselwerk van de buitengevel vast te zetten. Ondanks deze oplossing is dit wel een fout in het systeem.

▪ Esthetische fout

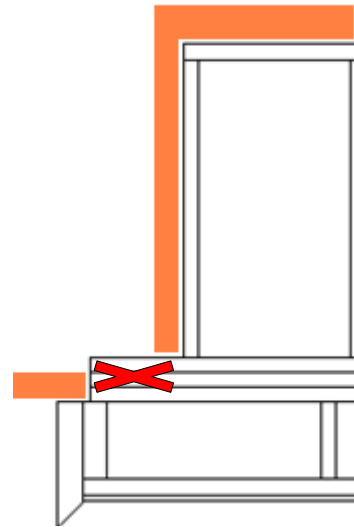
In de prefab tekening van het luifeldak zat een fout waarbij de getekende situatie esthetisch niet goed is. In de regel moet de boeiplanken die de luifeldak aan de zijkanen afdekken (in het zicht) tegen de boeiplank vallen die de lange kant van de luifel afdekt. Dit was op de tekening omgedraaid, waardoor ook de maatvoering van de boeiplanken niet klopte (de zijboeiplanken te lang en de voorboeiplank te kort).

▪ Ontbrekende maatlijnen

Een aantal noodzakelijke maatlijnen misten op de tekening van het luifeldak. Hierdoor moest de prefab-medewerker zelf metingen uitvoeren om te bepalen op welke lengte de verschillende elementen afgekort moesten worden.

Bovenstaande drie fouten gecombineerd hebben geleid tot 25 minuten verspilling. Dit maakt duidelijk dat zelfs relatief kleine fouten op een prefab-tekening flinke vertragingen en extra werk opleveren. Vanuit het oogpunt van Duurzaam en Lean Bouwen moet dan ook gesteld worden dat de foutcontrole onvoldoende is gebleken op dit punt. De prefabmedewerker die verantwoordelijk is voor de productie is in principe niet verantwoordelijk voor het controleren van de tekening. De controleactiviteit die hij uitvoert zou niet nodig moeten zijn, aangezien de prefabtekenaar, -controleur en werkvoorbereider de tekening ook hebben gecontroleerd op fouten. Daarmee werden deze fouten pas door de vierde schakel in de keten opgemerkt.

Wanneer de prefab medewerker de fout niet had opgemerkt had dit voor foute productie, onnodig transport, onnodige kosten, problemen op de bouw, kwaliteit- en tijdverlies kunnen leiden. Daarmee komt de toegevoegde waarde voor de klant in het geding en zorgt de fout voor een reeks verschillende verspillingen in het proces.



Figuur 64: Fout in de luifeldak tekening. Bovenaaanzicht.

Maatregelen

- De nieuwe manier van prefab tekenen in 3D maakt het mogelijk om de eerste fout (zie Figuur 64) in de toekomst te voorkomen. Een 3D tekening van de woning zal laten zien dat er een overlap ontstaat tussen de gevel en het luifeldak en wordt in dat geval direct aangepast.
- De tweede, esthetische, fout kan ook met behulp van 3D tekenen worden voorkomen. In plaats van het apart tekenen van de aanzichten van het luifeldak wordt in dat geval één model getekend van het luifeldak, waarmee de kans op fouten afneemt.
- Het is niet duidelijk of de missende maatlijnen het gevolg zijn van een incidentele fout of dat dit een softwareprobleem is. In het geval van een softwarefout moeten aanpassingen worden gedaan zodat dit niet langer voorkomt. Persoonlijke fouten kunnen voorkomen, maar door automatiseren zou dit proces ook foutbestendiger kunnen worden.

In het algemeen kan over het onderwerp defecten/fouten binnen prefabricageprocessen gezegd worden dat het uitdrukkelijke aandacht verdient en dat er verbeteringen mogelijk zijn. De nieuwe 3d methode die in ontwikkeling is moet zo goed mogelijk worden afgestemd op de praktijk in de prefabricagehal. Alleen op die manier kan het proces zo foutbestendig mogelijk worden gemaakt. Daarbij helpt het feit dat bepaalde taken geautomatiseerd worden, waarmee de kans op fouten (wanneer juist geïmplementeerd) afneemt.

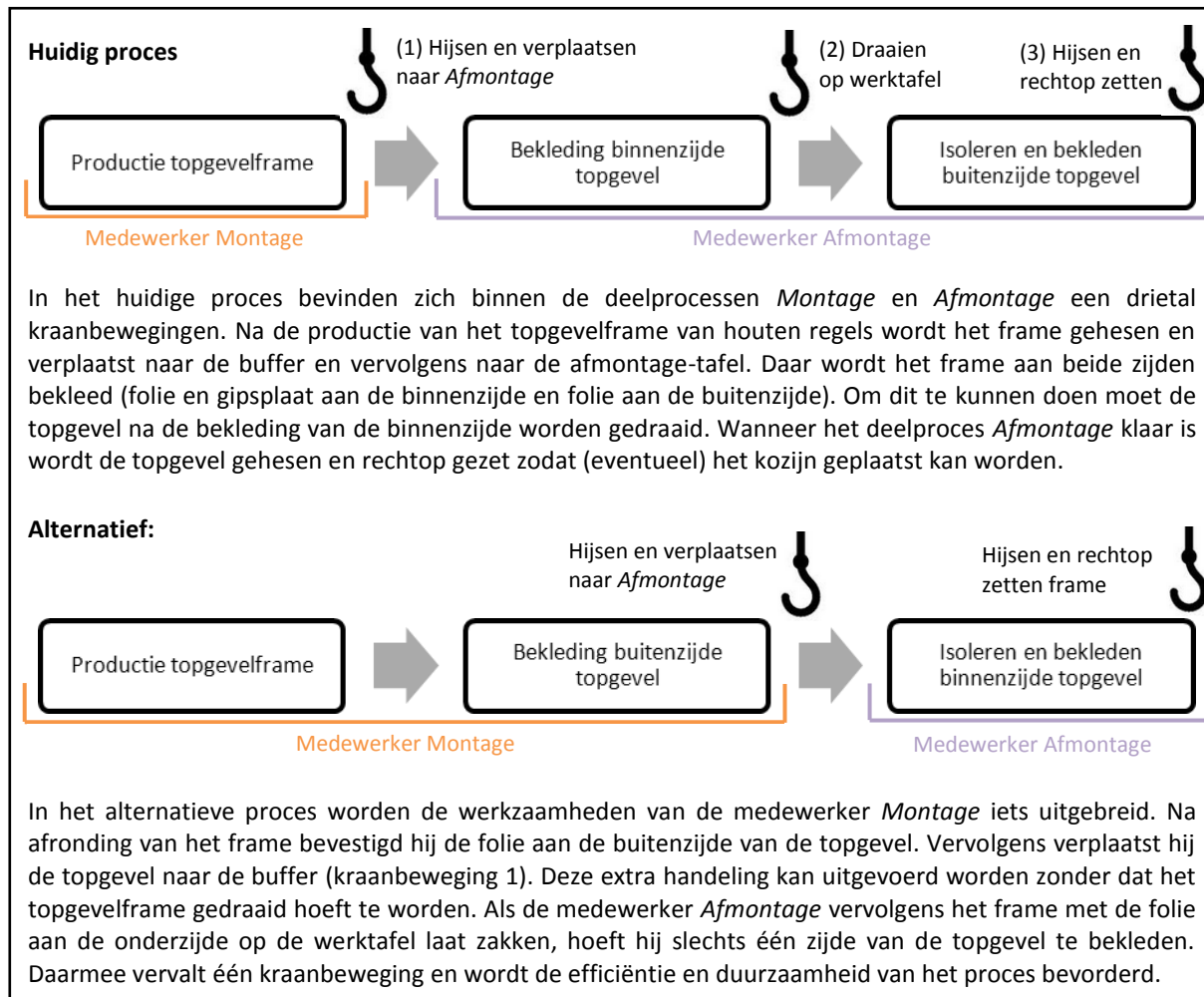
2. Onnodige beweging/transport

Een tweede opvallende categorie verspillingen binnen de onderzochte prefabricageprocessen heeft betrekking op onnodige beweging en transport. Dergelijke verspillingen hebben te maken met verplaatsingen tijdens een productieproces die verder gaan dan handelingen die strikt noodzakelijk zijn om een waardetoevoegend product te realiseren. Deze verspillingen kosten tijd en energie en leveren niets op (niet Duurzaam en niet Lean). De aanbevelingen op het vlak van onnodige beweging/transport richten zich met name op kraanbewegingen en activiteiten die te maken hebben met het ophalen van materieel en materiaal.

Kraanbewegingen

Een eerste soort onnodige beweging is de verplaatsing van topgevels met kranen. Daarbij gaat het zowel om de verplaatsing van de topgevels van en naar de buffers, als het omdraaien van topgevels op de werktafel. Deze verplaatsingen zijn vanuit Duurzaam en Lean Bouwen verspillend, omdat zij geen waarde toevoegen voor de klant. Daar komt bij dat dit soort verplaatsingen veiligheidsrisico's opleveren, aangezien grote en zware bouwelementen los van de grond komen en draaiende bewegingen maken.

Het wordt aanbevolen om het aantal kraanbewegingen zoveel mogelijk te beperken, door het aantal buffers te reduceren en de productieprocessen waar mogelijk aan te passen. Het reduceren van buffers wordt verderop in deze paragraaf behandeld. Een voorbeeld van een mogelijke aanpassing van het productieproces wordt hieronder gegeven:



Een aanpassing zoals beschreven vergt een aantal éénmalige aanpassingen, maar kan voordelen brengen. De doorlooptijd van *Montage* neemt iets toe, en de doorlooptijd van *Afmontage* wordt iets verkort. Daarmee komen de doorlooptijden dicht bij elkaar en wordt het gemakkelijker om vloeiende processen te creëren. Het genoemde alternatief is slechts een simpel voorbeeld van hoe onnodige beweging kan worden voorkomen. Door kritisch elke beweging binnen prefab-processen te onderzoeken kan steeds worden gezocht naar maatregelen.

3. Buffers

Uit de analyse van de vijf prefabricageprocessen blijkt dat tussen elk van de deelprocessen een buffer is opgenomen. Deze buffers worden onder andere gebruikt om variabiliteit in vraag (projecten in de juiste fase) en aanbod (productiecapaciteit) van prefabricage-elementen op te vangen (Hopp, Spearman & Zhang, 1997). De buffer bestaat in feite uit een combinatie van voorraad (deel en eindproducten), capaciteit (mogelijkheden om extra werk op te pakken) en tijd (eindproduct wordt afgerond ruim voordat deze nodig is op de bouwplaats). Echter, het is wenselijk om deze buffer zo veel mogelijk te beperken tot wat strikt noodzakelijk is.

De voorraden van deel- en eindproducten zijn vanuit Duurzaam en Lean Bouwen verspillend, niet alleen vanwege het feit dat ze geen waarde toevoegen voor de klant, maar ook vanwege het risico op veranderingen en noodzakelijke bewegingen van en naar deze buffers. Elementen die gefabriceerd worden voordat zij nodig zijn, hebben een grotere kans op veranderingen in maatvoering, hoeveelheden en leverdatum (Ko, Tien, Shen & Liao, 2011) en transport en verplaatsingsactiviteiten zijn verspillend (Koskela, 1992).

Ook uit commercieel oogpunt moet het moment waarop de productie van de prefab-bouwelementen wordt opgestart zo laat mogelijk worden uitgesteld. Daarmee wordt de service voor de klant vergroot, aangezien de eisen en wensen van de klant langer zonder grote gevolgen het ontwerp kunnen veranderen. Kostentechnisch zorgt een korte buffertijd voor een beperking van de hoeveelheid opgesloten geld in materialen en wordt de tijd tussen investering van geld in prefab en de betaling van de klant voor dit deel van het werk ingekort.

4. Netheid/schoonmaken

Een vierde categorie verspillingen binnen de onderzochte processen heeft te maken met netheid en het schoonmaken en -houden van de werkplek. Hoewel dit type verspillingen niet overmatig is geïdentificeerd binnen de deelprocessen biedt de Lean methode: 5S mogelijk een manier om op dit vlak extra stappen te kunnen zetten. De methode wordt kort geïntroduceerd, waarna binnen de organisatie kan worden bepaald in hoeverre de toepassing ervan meerwaarde biedt.

5S systeem

5S is een Lean concept dat staat voor een nette huishouding en draagt bij aan verhoogde transparantie en daarmee onder andere verhoogde veiligheid en efficiëntie. Salem, Solomon, Genaidy & Luegring (2005) stellen dat 5S in essentie gaat over *“een plek voor alles en alles op zijn plek”* (p.5). Dit van origine Japanse concept kan in het Nederlands als volgt worden vertaald:

Tabel 37: Omschrijving 5S methode

5S element met omschrijving en mogelijke toepassing binnen SelektHuis
Scheiden - Onderscheid maken tussen noodzakelijke en niet-noodzakelijke middelen en op basis daarvan opruimen Toepassing Ondanks dat dit niet of nauwelijks naar voren komt in analysetabellen van de onderzochte processen wordt tijd besteed aan het wisselen van gereedschappen en het verkrijgen van klein materiaal. Het huidige materieel en materiaal heeft min of meer zijn eigen plek binnen de werkplek van de medewerker, maar het is aannemelijk dat er in de loop van de tijd ook niet-noodzakelijke middelen op de werkplekken terecht zijn gekomen. Vanuit Lean is het wenselijk om deze niet-noodzakelijke middelen te scheiden van de noodzakelijke middelen en vervolgens te verwijderen. Door medewerkers aan te sturen en met het Lean perspectief naar hun werkplek te laten kijken kan deze scheiding tot stand komen. Periodieke herhaling wordt daarbij aanbevolen.
Schikken - Netjes en systematisch ordenen van materieel en materiaal, zodat het gemakkelijk gebruikt kan worden Toepassing De tweede stap binnen de 5S methode bestaat uit het systematisch schikken van materieel en materiaal. Waarmee elk product zijn plek krijgt en altijd duidelijk is wat waar te vinden is. Binnen de prefabhal is in de loop van de tijd een systeem ontstaan, dat deels ook gemarkeerd is op de werkplekken. Echter het wordt aanbevolen om hiermee weer een verse start te maken en de netheid weer naar een hoger niveau te brengen.

Schoonmaken -**Opruimen en schoon houden van de werkplek en de middelen die worden ingezet****Toepassing**

De derde stap binnen 5S is schoonmaken. De werkplekken waar de vijf prefabricage processen zijn gevolgd waren opgeruimd en binnen of direct na de afronding van de productieprocessen wordt schoongemaakt. Ook binnen de algemene gedeeltes van de prefabricagehal wordt de netheid bewaakt. Een nette schikking van materiaal en materieel vanuit stap 2 kan echter bijdragen aan een nog nettere presentatie van de prefabricage hal (ook met het oog op bezoekende klanten).

Standaardiseren -**Bevorderen van bovenstaande praktijken, ontwikkelen van een 5S werkproces en verwachtingen uitspreken voor de te verwachten effecten.****Toepassing**

De derde stap houdt in dat er een 5S werkproces wordt opgesteld, waarin wordt opgenomen wanneer en hoe 5S wordt toegepast en wie hiervoor verantwoordelijk is. Ook worden eerdere successen en minder geslaagde 5S maatregelen geëvalueerd, om te komen tot een steeds betere toepassing van de methode.

Systematiseren -**Het systematisch blijven uitvoeren van de bovenstaande acties en dit waarborgen in procedures****Toepassing**

De vijfde en laatste stap is erop gericht om de 5S methode niet eenmalig toe te passen, maar met regelmaat te doorlopen om netheid te waarborgen binnen de werkwijze van alle medewerker.