

Duurzaam bouwen

Duurzaamheidsindicatoren voor het ontwerpproces



UNIVERSITEIT TWENTE

September 2012
Babette van Heeren

Colofon

Afstudeeronderzoek

Titel	Duurzaam bouwen
Subtitel	Duurzaamheidsindicatoren voor het ontwerpproces
Onderwijsinstelling	Universiteit Twente Faculteit Construerende Technische Wetenschappen Civil Engineering and Management
Bedrijf	Witteveen + Bos
Auteur	B.Y. (Babette) van Heeren
Studentnummer	0044520
Contactgegevens	Bruynssteeg 21 7411 LS Deventer 06 145 331 62 byvanheeren@gmail.com

Rapport

Versienummer	2
Status	Definitief
Datum	September 2012

Contactgegevens

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Afdeling Bouw/Infra
Postbus 217
7500 AE Enschede
Tel. 053 489 91 11

Witteveen+Bos
Sector Infrastructuur en bouw
PMC Gebouwen
Postbus 233
7400 AE Deventer
Tel. 0570 697 511

UNIVERSITEIT TWENTE.



Begeleiding

Universiteit Twente	Prof. dr. ir. J.I.M. (Joop) Halman Dr. S.H. (Saad) Al-jibouri
Witteveen+Bos	Dr. ir. T.A.M. (Theo) Salet

Woord vooraf

Voor u ligt de rapportage van mijn afstudeeronderzoek bij Witteveen+Bos. Dit afstudeeronderzoek is de laatste fase van de specialisatie Construction Process Management, onderdeel van de Master of Science in Civil Engineering & Management aan de faculteit Construerende Technische Wetenschappen van de Universiteit Twente te Enschede.

Dit onderzoek gaat over duurzaam bouwen, een begrip dat ontzettend breed is. Het is niet eenvoudig om te zeggen of de ene oplossing duurzamer is dan de ander. Deze complexiteit maakt het onderwerp interessant om te onderzoeken. Het is een vakgebied waarin al veel onderzoek is uitgevoerd, maar tegelijkertijd ontbreken vaak degelijke onderbouwingen en kaders. Toepassingen van duurzaam bouwen zullen nog gedurende vele jaren verder ontwikkeld worden. Ik hoop dat ik daar met dit onderzoek een steentje aan bij kan dragen, want wat we nu doen is van groot belang voor volgende generaties.

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder tijd en input van een aantal mensen, welke ik hier graag voor wil bedanken. Allereerst mijn begeleiders van de Universiteit Twente, Saad Al-jibouri en Joop Halman. Saad bedankt dat je de begeleiding hebt willen oppakken op het moment dat ik het allemaal niet zo zag zitten. Met jouw heldere en rustige benadering heb ik de focus voor mijn afstudeeronderzoek weer weten te vinden. Dan mijn bedrijfsbegeleider Theo Salet. Theo bedankt dat jij al die tijd vertrouwen in mij hebt gehouden en mij de vrijheid liet in mijn afstudeeronderwerp. Daarnaast bedankt voor onze gesprekken, voor jouw kennis, de praktijkvoorbeelden en -ervaringen.

Ook de andere medewerkers van Witteveen+Bos wil ik bedanken, voor de ruimte, de gezellige lunches en de ondersteuning. Via dit voorwoord wil ik ook nogmaals alle geïnterviewden bedanken voor hun medewerking, dankzij jullie heb ik kennis genomen van duurzaam bouwen, zowel in de theorie als in de praktijk.

Ten slotte nog een bedankje voor enkele personen die mij al jaren en in alle mogelijke situaties bijstaan. Mijn ouders, bedankt dat jullie altijd achter mijn keuzes stonden en mij steunden tijdens mijn studie. Dan een speciale plek voor mijn vriendin, Ilonka, bedankt voor je luisterend oor en voor de motivatie als ik het nodig had.

Babette van Heeren
Deventer, september 2012

Samenvatting

Beslissingen bij het ontwerpen van een gebouw worden gebaseerd op benodigde ruimte, bouwkosten en bouwtijd. Duurzaam bouwen is steeds vaker een ambitie, maar is nog lang niet altijd de factor die bepalend is bij een beslissing voor een ontwerp. Duurzaam bouwen moet leiden tot duurzame gebouwen. Hierbij gaat het over het dusdanig bouwen, dat het de huidige generatie mogelijk maakt in haar behoeften te voorzien zonder de mogelijkheden voor de toekomstige generaties in hun behoeften te voorzien te verminderen.

Doelstelling en onderzoeksopzet

Het doel van dit afstudeeronderzoek is om een bijdrage te leveren aan het verbeteren van duurzaam bouwen voor Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces van bouwprojecten. Dit is gedaan door duurzaamheidsindicatoren te ontwikkelen met daaraan gekoppeld een procesmodel. In het onderzoek is kennis ontwikkeld omtrent duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces. Ook is er gekeken naar de tools die beschikbaar zijn ter ondersteuning van duurzaam bouwen. Van hieruit zijn duurzaamheidsindicatoren ontwikkeld die van toepassing zijn binnen het kader van dit onderzoek. Deze indicatoren zijn getoetst op twee case studies en met behulp hiervan is een procesmodel ontwikkeld voor duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces. Het procesmodel is opgebouwd uit de duurzaamheidsindicatoren, de stappen van het ontwerpproces en de verschillende partijen met verantwoordelijkheden.

Ontwikkeling duurzaamheidsindicatoren

Vanuit de literatuur en vanuit de analyse van de tools duurzaamheid is er een lijst ontstaan van allerlei duurzaamheidsindicatoren. Met behulp van de specialist duurzaamheid van Witteveen+Bos is er vervolgens een lijst van duurzaamheidsindicatoren opgesteld die van toepassing zijn voor dit onderzoek. Hierbij is er rekening mee gehouden dat de projecten vallen onder de utiliteitsbouw, het nieuwbouw betreft en de focus ligt op het ontwerpproces.

Casusonderzoek

Voor dit onderzoek zijn twee projecten gebruikt die getoetst zijn op duurzaam bouwen aan de hand van de ontwikkelde indicatoren voor duurzaam bouwen. De projecten, APM Terminals te Rotterdam en Berkel Milieu te Zutphen, zijn de eerste twee projecten van Witteveen+Bos waarbij er sprake was van een ambitie om duurzaam te bouwen. Beide projecten hebben gebruikt gemaakt van een tool om duurzaam bouwen te ondersteunen, bij APM Terminals was dit Breeam-nl en bij Berkel Milieu was dit SimaPro.

Resultaten

Het onderzoek heeft geleid tot een procesmodel (tabel 1).

Tabel 1: Procesmodel duurzaamheidsindicatoren

Legenda	
Onder de aandacht brengen (start) indicator	SI
Maatregelen nemen voor voldoen indicator	MI
Voldoen aan indicator	VI
Verantwoordelijk	V
Adviserend	A

	Proces					Verantw. partij				
	PvE	SO	VO	DO	TO	Opdrachtg.	Architect	Construct.	Bouwf. adv.	Install. adv.
Duurzaamheidsindicatoren										
Energie										
* CO2 emissiereductie	SI	MI	MI	VI		A	A		V	V
* Energiezuinige apparatuur		SI	MI	MI	VI					V
* Toepassen duurzame energie	SI	MI	VI			A	A	A	A	V
* Waarborgen thermische kwaliteit		SI	MI	VI		A			V	
* Meten energieverbruik		SI	MI	VI						V
Water										
* Beperken waterverbruik		SI	MI	VI						V
* Meten waterverbruik		SI	MI	VI						V
* Recycling water	SI	SI	MI	VI		A				V
Materialen										
* Keuze bouwmaterialen	SI	MI	VI				V	A	V	
* Robuust ontwerpen			SI	MI	VI		V			
Afval										
* Afvalmanagement					SI	A				
Vervuiling										
* Klimaatverandering		SI	MI	MI		A				V
Transport										
* Aanbod OV	SI	MI	VI			V				
* Afstand basisvoorzieningen	SI	MI	VI			V				
* Fietsfaciliteiten		SI	MI	VI		A	V			
Landgebruik										
* Hergebruik van land	SI	MI	VI			V				
* Verontreinigde bodem	SI	MI	VI			V				
* Aanwezigheid planten en dieren	SI	MI	VI			A	V			
Onderhoud										
* Onderhoudsgemak		SI	MI	VI		A	V			V
Gezondheid										
* Licht en verlichting	SI	MI	MI	VI		A	V		V	
* Luchtkwaliteit	SI	MI	MI	VI					V	V
* Warmtehuishouding	SI	MI	MI	VI			A		V	V
* Geluid	SI	MI	MI	VI			A		V	
* Toegankelijkheid	SI	MI	MI	VI			V			
Management										
* Omgevingsmanagement	SI	MI	MI	MI	M	V	A			
* Externe partijen	SI	MI	MI	MI	M	V	A			
* Prestatieborging		SI	MI	VI						V
* Bouwplaatsmanagement				SI	MI	V				
* Levenscyclus kostenanalyse	SI	MI	MI	VI	VI	V	A			A
Innovatie										
* Innovaties duurzaam bouwen	SI	MI	MI	VI		A	V		A	V
Flexibiliteit										
* Flexibiliteit van het gebouw	SI	MI	VI				V			
Levensduur denken										
* Kringloop	SI	MI	MI	VI			V		A	V
Kennisdeling										
* Overdracht en delen kennis	SI	MI	MI	MI	VI	A	V			V

Het procesmodel is gekoppeld aan de lijst van duurzaamheidsindicatoren die ontwikkeld zijn voor dit onderzoek (tabel 6). Aan deze lijst is per indicator ook een norm gesteld. Deze normen gelden ook voor het procesmodel.

Conclusie

Dit onderzoek is voor Witteveen+Bos een volgende stap binnen de leercurve van duurzaam bouwen. Het is niet het antwoord op de vraag hoe je duurzaam bouwen moet, maar daar is ook geen specifiek antwoord op. De kracht van duurzaam bouwen zit in de complexiteit van het begrip. Met behulp van het procesmodel is er een leidraad ontwikkeld voor duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces.

Belangrijk is dat duurzaam bouwen wordt aangestuurd vanuit het beleid en ambities. Bij de organisatie is dit door Witteveen+Bos zelf, bij een project is dit door middel van het Programma van Eisen. Dit leidt tot duurzame keuzes en uiteindelijk tot een duurzaam resultaat.

Aanbevelingen

Belangrijke stappen die Witteveen+Bos zal moeten maken om verder te komen in de leercurve van duurzaam bouwen is bewustwording bij medewerkers en het delen van kennis. Momenteel bezit Witteveen+Bos ontwerpprincipes voor duurzaam bouwen en een Platform Duurzaamheid. Dit kan uitgebreid worden door het opstellen van een Wiki duurzaam bouwen. Deze Wiki wordt door de medewerkers onderhouden. Het doel is dat de kwaliteit van de informatie toeneemt doordat iedereen informatie gaat verzamelen en plaatsen.

Inhoudsopgave

Colofon	i
Woord vooraf	ii
Samenvatting.....	iii
Inhoudsopgave	vi
Lijst van figuren	viii
Lijst van tabellen.....	ix
Begripsbepaling	x
Afkortingen.....	xi
1. Inleiding	1
1.1. Witteveen+Bos	1
1.2. Aanleiding.....	1
1.3. Duurzaam bouwen	1
1.4. Leeswijzer	2
2. Opdracht en onderzoek.....	3
2.1. Probleemstelling.....	3
2.2. Doelstelling.....	3
2.3. Projectkader	4
2.4. Onderzoeksvragen.....	4
2.5. Onderzoeksstrategie	5
2.6. Onderzoeksmodel	7
3. Literatuuronderzoek.....	8
3.1. Duurzame ontwikkeling.....	8
3.2. Duurzaam bouwen	9
3.3. Methoden duurzaam bouwen	11
3.4. Barrières duurzaam bouwen	14
3.5. Kansen duurzaam bouwen	15
3.6. Conclusie	17
4. Tools duurzaamheid	19
4.1. Huidige tools duurzaamheid	19
4.2. Berekenmethodieken.....	21

4.3.	Conclusie	22
5.	Indicatoren duurzaam bouwen	24
5.1.	Bouw- en ontwerpproces	24
5.2.	Ontwerpprincipes Witteveen+Bos	24
5.3.	Duurzaamheidsindicatoren onderzoek	25
6.	Praktijk: Duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces	31
6.1.	Case studie: APM Terminals te Rotterdam	31
6.2.	Toetsing APM Terminals te Rotterdam	35
6.3.	Case studie: Berkel Milieu te Zutphen	39
6.4.	Toetsing Berkel Milieu te Zutphen	42
6.5.	Conclusie	46
7.	Procesmodel duurzaam bouwen Witteveen+Bos	48
7.1.	Ontwerpproces	48
7.2.	Procesmodel	49
8.	Conclusie en aanbevelingen	53
8.1.	Conclusie	53
8.2.	Aanbevelingen	54
9.	Reflectie	56
9.1.	Reflectie onderwerp	56
9.2.	Reflectie methode	56
9.3.	Reflectie resultaten	56
9.4.	Conclusie reflectie	57
	Referenties	58
	Bijlage 1 - Profiel Witteveen+Bos	61
	Bijlage 2 - Factory of the Future	62
	Bijlage 3 - Geïnterviewden	64
	Bijlage 4 – Methodologie literatuuronderzoek	65
	Bijlage 5 - De C2C kaart voor de bouw	66
	Bijlage 6 - BIM	67

Lijst van figuren

Figuur 1: Onderzoeksmodel	7
Figuur 2: Tetraëder van duurzaam bouwen (Duijvestein, 2011)	9
Figuur 3: Ecology, Economy en Equity	9
Figuur 4: Indicatoren van duurzame ecologische ontwikkeling (San-Jose et al, 2006).....	10
Figuur 5: Fasen van LCA (Wikipedia)	11
Figuur 6: Cradle to Cradle kringloop (Braungart & McDonough, 2007).....	14
Figuur 7: Ecologisch verantwoord ontwerpproces (GBCI, 2009)	16
Figuur 8: Workflow using framework with a BIM application (Biswas et al, 2009)	16
Figuur 9: APM Terminals bird's eye view	31
Figuur 10: APM Terminals kantoorgebouw.....	33
Figuur 11: Bird's eye view Berkel Milieu	39
Figuur 12: Overzicht keuzes kantoor	40
Figuur 13: Ontwerpproces.....	48
Figuur 14: Factory of the future model.....	62
Figuur 15: De C2C kaart voor de bouw.....	66

Lijst van tabellen

Tabel 1: Procesmodel duurzaamheidsindicatoren.....	iii
Tabel 2: Duurzame prestatie criteria voor constructie methode selectie (Chen et al, 2009).....	11
Tabel 3: Genoemde indicatoren literatuuronderzoek	18
Tabel 4: Indicatoren tools duurzaamheid	23
Tabel 5: Gebruik indicatoren literatuuronderzoek en tools duurzaamheid	26
Tabel 6: Overzicht duurzaamheidsindicatoren	27
Tabel 7: Resultaten energieprestatiegegevens APM Terminals	34
Tabel 8: Duurzaamheidsindicatoren toetsing APM Terminals.....	35
Tabel 9: Resultaten energieprestatiegegevens Berkel Milieu.....	41
Tabel 10: Duurzaamheidsindicatoren toetsing Berkel Milieu	42
Tabel 11: Procesmodel duurzaamheidsindicatoren.....	49
Tabel 12: Geïnterviewden APM Terminals.....	64
Tabel 13: Geïnterviewden Berkel Milieu.....	64

Begripsbepaling

Bouw Informatie Model (BIM)

Een Bouw Informatie Model (kortweg BIM) is een 3D-model waaraan object specifieke informatie is gekoppeld. Hierdoor is het 3D-model een database geworden in de verschijningsvorm van het bouwwerk, waarin alle data wordt opgeslagen die te maken heeft met het bouwwerk en het tot stand komen van het bouwwerk.

Bouwproces

Het geheel aan activiteiten dat doorlopen moet worden om een bouwobject te realiseren. Hierin kunnen drie primaire hoofdfuncties worden onderscheiden: programmeren, ontwerpen en uitvoeren (Wentzel et al, 2005).

Case studie

Een case studie is het empirisch bestuderen van de kenmerken van een persoon, groep, object of gebeurtenis. Een case studie is bedoeld om hypothesen te testen of informatie te genereren.

Duurzaam

Het niet schaden van leefomgeving van mens, dier en milieu. Waarbij dit zowel over het heden gaat (vervuiling, gezondheid, hinder) als de toekomst (uitputting grondstoffen, evenwichtige verdeling leefomgevingen mens en natuur).

Energieneutraal

Een project is energieneutraal als er op jaarbasis geen netto import van fossiele of nucleaire brandstof van buiten de systeemgrens nodig is om het project op te richten, te gebruiken en af te breken. Eventueel wordt het energieverbruik dat voortkomt uit de oprichting en sloop van het project verrekend naar een jaarlijkse bijdrage op basis van de verwachte levensduur (PeGO, 2009).

Afkortingen

BIM	Bouw informatie model
BVO	Bruto vloer oppervlak
DGBC	Dutch green building council
DO	Definitief ontwerp
DuBo	Duurzaam bouwen
EPC	Energie prestatie coëfficiënt
EPG	Energie prestatie gebouwen
GWV	Grond-, weg- en waterbouw
IFD	Industrieel flexibel en demontabel
ISO	International organisation for standardization
LCA	Life cycle assessment
LCC	Life cycle costing
LCI	Life cycle inventory
MIG	Milieu-index gebouwen
OV	Openbaar vervoer
PvE	Programma van eisen
SO	Structuurontwerp
TO	Technisch ontwerp
VO	Voorlopig ontwerp
VKV	Verwarming, koeling, ventilatie
VROM	Het ministerie van Volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer
WKO	Warmte-koude opslag

1. Inleiding

Dit rapport beschrijft een onderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van Witteveen+Bos¹, een onderzoek naar de mogelijkheden van duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces. Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het afstudeertraject aan de Universiteit Twente, faculteit Construerende Technische Wetenschappen, Master of Science in Civil Engineering & Management, met als specialisatie Construction Process Management.

Duurzaam bouwen biedt tal van mogelijkheden, maar komt nog niet altijd zo uit de verf als vooraf geambieerd is. Dit hoofdstuk beschrijft Witteveen+Bos (1.1), de aanleiding (1.2) duurzaam bouwen (1.3) en de leeswijzer (1.4).

1.1. Witteveen+Bos

Advies- en ingenieursbureau Witteveen+Bos biedt haar opdrachtgevers waardevolle adviezen en hoogwaardige ontwerpen op het gebied van water, infrastructuur, milieu, ruimte en bouw. Belangrijke thema's als duurzaamheid, energie en Cradle to Cradle komen steeds meer in de belangstelling te staan². Ook Witteveen+Bos houdt zich hiermee bezig. Als onderdeel van het thema duurzaamheid, houdt Witteveen+Bos zich bezig met duurzaam ontwerpen (Witteveen+Bos, 2010).

1.2. Aanleiding

De wereld heeft duurzame ontwikkeling omarmd voor het streven naar een wereld zonder vervuiling. Toch hechten mensen verschillende betekenissen aan het begrip duurzaam. Die vaagheid staat de ontwikkeling van beleid in de weg. Desondanks wil Witteveen+Bos verder met duurzame ontwikkeling.

Naast een project als Factory of the Future (bijlage 2) wil Witteveen+Bos onderzoeken wat de mogelijkheden zijn op het gebied van duurzaam bouwen. Steeds meer opdrachtgevers komen met een duurzaam gebouw als verzoek. Witteveen+Bos wil hierop inspringen, maar beseft ook dat het naar zichzelf moet kijken om een duurzaam gebouw te realiseren. In hoeverre sluit duurzaam bouwen aan bij de werkzaamheden van Witteveen+Bos?

1.3. Duurzaam bouwen

Duurzaam bouwen moet leiden tot duurzame gebouwen, maar wat is eigenlijk duurzaam bouwen? In relatie met bouwen bestaan er voor de term 'duurzaam' twee betekenissen in het Engels 'durable' en 'sustainable' genoemd. De mate waarin een materiaal, gebouwdeel of constructie een belasting kan weerstaan over een bepaalde tijd, zonder dat dit invloed heeft op het functioneren ervan, is de omschrijving voor 'durable'. Met 'sustainable' wordt verwezen naar de algemene eigenschap van een materiaal, gebouwdeel of constructie, welke een indicatie geeft van de invloed op het milieu. In dit rapport wordt naar deze laatste omschrijving verwezen, wanneer er over 'duurzaam' en 'duurzaamheid' wordt gesproken. Bij een duurzaam gebouw is de negatieve invloed ervan op het milieu dus geringer dan bij een standaard gebouw.

¹ Bijlage 1 - Profiel Witteveen+Bos

² <http://www.witteveenbos.nl/nl/actuele-themas>

1.4. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de opdracht en het onderzoek beschreven en toegelicht. Hoofdstuk 3 is een samenvatting van alle wetenschappelijke relevante literatuur. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de huidige tools die gebruikt worden voor duurzaam bouwen. Hoofdstuk 3 en 4 samen leggen de basis voor de indicatoren van duurzaam bouwen die beschreven worden in hoofdstuk 5. De indicatoren van duurzaam bouwen zullen in hoofdstuk 6 gebruikt worden om twee case studies te toetsen op duurzaam bouwen. De analyse en resultaten van de toetsing worden in hoofdstuk 7 besproken en leiden tot een procesmodel die bijdraagt aan duurzaam bouwen. Tenslotte worden de conclusie en aanbevelingen van dit rapport uiteengezet in hoofdstuk 8. In hoofdstuk 9 volgt nog een reflectie op dit onderzoek om de in de conclusie getrokken resultaten beter op waarde te schatten.

2. Opdracht en onderzoek

Het voorgaande hoofdstuk is de aanleiding van het onderzoek toegelicht. In dit hoofdstuk gaat het om de begripsmatige vormgeving van het onderzoek. Er wordt aandacht besteed aan de probleem- en doelstelling (2.1 en 2.2), het projectkader (2.3), de onderzoeksvragen (2.4), de onderzoekstrategie (2.5) en het onderzoeksmodel (2.6).

2.1. Probleemstelling

Momenteel wordt de vergelijking tussen de verschillende alternatieven van ontwerpen gebaseerd op integratie in bouwkundig en installatieontwerp, benodigde constructiehoogte, bouwkosten en bouwtijd. Duurzaamheid wordt hierbij veelal buiten beschouwing gelaten, ondanks de vraag naar een duurzaam gebouw. Het zijn de andere factoren die vaak zwaarder wegen voor de beslissing voor een bepaald alternatief.

Witteveen+Bos wil een bijdrage leveren aan duurzaam bouwen en wil daarbij eerst kijken naar de eigen organisatie. Er zijn geen concrete organisatorische richtlijnen voor duurzaam bouwen, terwijl de eerste projecten met een duurzaam bouwen ambitie worden uitgevoerd. Er zal daarom een analyse plaatsvinden van duurzaam bouwen en het ontwerpproces van Witteveen+Bos en er zal gekeken worden waardoor beslissingen ten aanzien van duurzaam bouwen worden bepaald.

Bovenstaande heeft geleid tot het formuleren van de volgende probleemstelling:

De huidige invoering en toepassing van duurzaam bouwen in de organisatie van Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces van bouwprojecten is onvoldoende onderbouwd en in kaart gebracht.

2.2. Doelstelling

Uit de probleemstelling die in de vorige paragraaf is geschetst, volgt de doelstelling van het onderzoek.

De doelstelling van het onderzoek is om een bijdrage te leveren aan het verbeteren van duurzaam bouwen voor Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces van bouwprojecten.

Duurzaam bouwen is een breed begrip en daarom zal de focus voor dit onderzoek liggen op het ontwikkelen van duurzaamheidsindicatoren voor het ontwerpproces van Witteveen+Bos. Deze duurzaamheidsindicatoren zullen een richtlijn vormen voor Witteveen+Bos om tijdens het ontwerpproces bij te dragen aan duurzaam bouwen. Dit zal zijn in de vorm van een procesmodel. De doelstelling in dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Het ontwikkelen van duurzaamheidsindicatoren met daaraan gekoppeld een procesmodel voor het ontwerpproces van bouwprojecten door Witteveen+Bos.

2.3. Projectkader

Dit onderzoek zal zich richten op de mogelijkheden van duurzaam bouwen voor Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces. Belangrijk is dat duidelijk wordt wat duurzaam bouwen is en waar zich de mogelijkheden bevinden om duurzaam te bouwen.

2.3.1. Definitie duurzame ontwikkeling

Voor dit onderzoek wordt de definitie van de Commissie Brundtland (1987) voor duurzame ontwikkeling gebruikt. Deze definitie wordt ook door Witteveen+Bos gehanteerd.

‘Duurzame ontwikkeling is die ontwikkeling die het de huidige generatie mogelijk maakt in haar behoeften te voorzien zonder de mogelijkheden voor de toekomstige generaties in hun behoeften te voorzien te verminderen.’

De Brundtland-definitie behelst in feite drie belangrijke onderdelen:

- mensen (nu en in de toekomst)
- behoeftevoorziening (nu en in de toekomst)
- ontwikkeling

De huidige ontwikkeling waarmee men in de behoeften voorziet is in principe niet duurzaam. Men wordt ervan bewust dat we op één aarde niet eindeloos kunnen doorgroeien met een ontwikkeling van nu. Dit gebeurt door een productie van goederen en diensten dat een lineair patroon vertoont. Van grondstoffen worden producten gemaakt (of tot energie om de producten te laten functioneren), die vervolgens na gebruik worden “weggegooid” en op die manier de aarde vervuilen. Deze vervuiling en uitputting kunnen de mens in de toekomst in gevaar brengen.

2.3.2. Duurzaamheidsindicatoren

Er moet duidelijkheid zijn over waaraan duurzaam bouwen moet voldoen. Wat zijn voor duurzaam bouwen de duurzaamheidsindicatoren? De duurzaamheidsindicatoren moeten aan een aantal voorwaarden voldoen:

- Relevant: heeft betrekking op de duurzaamheidsaspecten die er echt toe doen.
- Beïnvloedbaar: de waarde moet beïnvloedbaar zijn door de keuzes die gemaakt worden.
- Meetbaar: de waarde moet op een makkelijke en praktische manier meetbaar zijn.
- Aansluiten bij bestaande organisatiestructuur en managementsysteem.

Kortom, het werken met de indicatoren moet vooral praktisch nut hebben en inpasbaar zijn in de organisatie.

2.3.3. Ontwerpproces

Het ontwerpproces is een dynamisch proces bestaande uit verschillende partijen. Een goede samenwerking is nodig om tot een goed resultaat te komen. Er zijn allerlei factoren binnen het ontwerpproces die van invloed zijn op duurzaam bouwen, denk onder andere aan het programma van eisen en het budget die de vrijheid van duurzaam bouwen beperken.

2.4. Onderzoeksvragen

Op basis van de probleem- en doelstelling zijn onderzoeksvragen geformuleerd. Door de beantwoording van de onderzoeksvragen wordt de doelstelling van het onderzoek bereikt. De onderzoeksvragen zijn opgedeeld in een hoofdvraag met deelvragen.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

Welke duurzaamheidsindicatoren zijn van toepassing voor het ontwerpproces van Witteveen+Bos en hoe kunnen deze duurzaamheidsindicatoren verwerkt worden in een procesmodel?

De hierboven beschreven hoofdvraag wordt beantwoord met behulp van onderstaande deelvragen.

1. Wat is duurzaam bouwen en welke methoden zijn er van duurzaam bouwen?
2. Welke tools zijn er beschikbaar om duurzaam bouwen te ondersteunen?
 - a. Op welke fase van het bouwproces richten deze tools zich?
 - b. Welke duurzaamheidsindicatoren worden door de tools behandeld?
3. Welke duurzaamheidsindicatoren van duurzaam bouwen zijn van toepassing voor het ontwerpproces van Witteveen+Bos?
4. Op welke wijze wordt er in de praktijk invulling gegeven aan de invoering en toepassing van duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces?
 - a. Wat was de ambitie en het werkelijke resultaat van duurzaam bouwen in termen van doelen, werkwijze en toegevoegde waarde?
 - b. Wat zijn de oorzaken van het verschil tussen de ambitie en het werkelijke resultaat van duurzaam bouwen?
 - c. Welke barrières en kansen waren van toepassing op duurzaam bouwen in de praktijk?
5. Hoe komt het procesmodel eruit te zien aan de hand van de duurzaamheidsindicatoren voor het ontwerpproces?
 - a. Wanneer moet een duurzaamheidsindicator worden gestart?
 - b. Wie is er verantwoordelijk voor een duurzaamheidsindicator?

2.5. Onderzoeksstrategie

De keuze van een onderzoeksstrategie bepaalt de wijze waarop het onderzoek wordt uitgevoerd. Bij de keuze voor een onderzoeksstrategie moet een aantal afwegingen in ogenschouw genomen worden: breedte of diepgang, kwantificering of kwalificering en empirisch of bureauonderzoek (Verschuren & Doorewaard, 2005). Elke onderzoeksstrategie bestaat uit een combinatie van de hierboven beschreven afwegingen.

Om de opgestelde onderzoeksvragen te beantwoorden is gekozen voor het uitvoeren van case studies. Hierin ligt de nadruk op diepgang en kwalificering. De case studies worden voorafgegaan door een literatuurstudie. Deze literatuurstudie wordt uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van het onderzoeksveld. Daarnaast wordt een referentiekader ontwikkeld dat gebruikt kan worden bij de case studies tijdens het empirische gedeelte van dit onderzoek.

Een case studie wordt uitgevoerd wanneer er sprake is van “hoe” en “waarom”-vragen (Yin, 2003). De reden om in dit onderzoek te kiezen voor case studies is dat door het uitvoeren van case studies

er een diepgaand inzicht verkregen kan worden in de wijze waarop processen zich in de praktijk voltrekken en waarom ze zich zo en niet anders afspelen (Verschuren & Doorewaard, 2005). In dit onderzoek betreft het de wijze waarop invulling is gegeven aan de toepassing van duurzaam bouwen in de organisatie van Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces.

2.5.1. Literatuuronderzoek

Allereerst wordt aan de hand van literatuur over duurzaam bouwen een definitie gegeven van duurzaam bouwen in de context van het onderzoek. Daarna wordt aan de hand van literatuur gekeken naar bestaande methoden voor duurzaam bouwen. Ten slotte wordt er gekeken naar de barrières en kansen van duurzaam bouwen. Aan de hand van de literatuur wordt een lijst met duurzaamheidsindicatoren opgesteld die gebruikt zullen worden bij het toetsen van de cases.

2.5.2. Tools duurzaamheid

Naast het literatuuronderzoek zal er met behulp van een analyse van de tools voor duurzaam bouwen ook een lijst van duurzaamheidsindicatoren worden gegenereerd. Allereerst zullen de meest gebruikte tools voor duurzaam bouwen worden geselecteerd die nu tevens in de bouwsector worden toegepast. Er zal gekeken worden naar de bouwfase waarop de tools van toepassing zijn en de duurzaamheidsindicatoren die de tools behandelen.

2.5.3. Indicatoren duurzaam bouwen

De lijst van duurzaamheidsindicatoren die is ontstaan vanuit het literatuuronderzoek en de analyse van de tools voor duurzaam bouwen zal worden aangepast binnen het kader van dit onderzoek om vervolgens gebruikt te worden bij de analyse van de case studies. Dit zal gebeuren in samenwerking met een expert op het gebied van duurzaamheid. Er zal een lijst met duurzaamheidsindicatoren worden opgesteld passende bij dit onderzoek met daarbij ook een omschrijving en norm per indicator.

2.5.4. Casusonderzoek

Door de beperkte onderzoekstijd en de beschikbaarheid van geschikte cases zijn uiteindelijk twee case studies uitgevoerd. Namelijk het project APM Terminals in Rotterdam en het project Berkel Milieu in Zutphen. De selectie van de cases heeft zorgvuldig plaats gevonden, voornamelijk om te voorkomen dat na dataverzameling blijkt dat de cases geen antwoord kunnen geven op de onderzoeksvragen. De selectie van de cases wordt onder andere bepaald door de doelstelling en de onderzoeksvragen. Hieronder volgen enkele voorwaarden waaraan de cases dienen te voldoen:

- Er moeten aspecten van duurzaam bouwen worden toegepast.
- Duurzaam bouwen wordt toegepast ten behoeve van het ontwerpproces.
- Het ontwerpproces moet zijn afgerond of zich aan het einde bevinden, zodat een volledig beeld kan worden verkregen van het ontwerpproces.

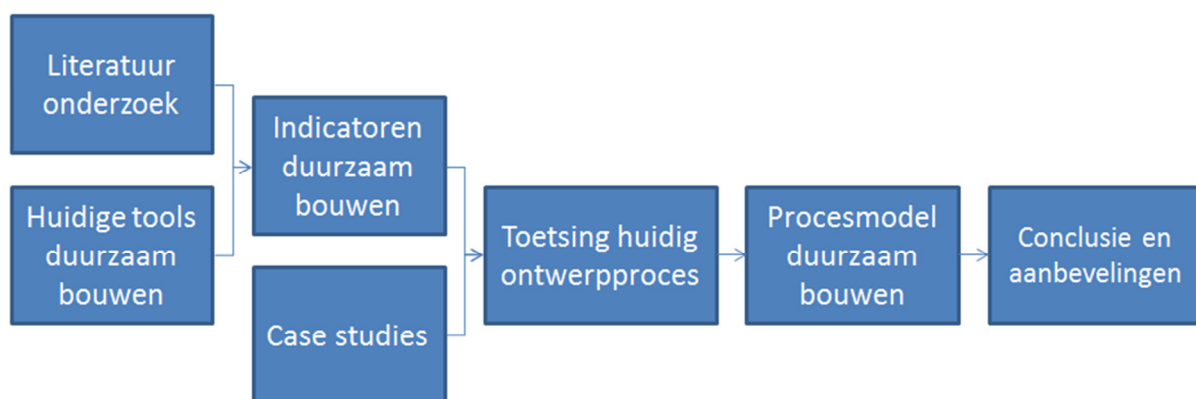
Cases verschillen, in alle waarschijnlijkheid, in context waardoor de generaliseerbaarheid van de resultaten toeneemt (Yin, 2003). Yin (2003) is daarom een voorstander voor het gebruik van meerdere cases, al zijn het er maar twee. Volgens Dyer & Wilkins (1991) worden door het uitvoeren van een diepteonderzoek binnen één case resultaten zorgvuldiger opgesteld, omdat de bijbehorende context in acht genomen wordt. Binnen de enkelvoudige case studie kunnen nieuwe theoretische relaties gevonden worden en oude relaties betwist (Dyer & Wilkins, 1991). Eisenhardt & Graebner (2007) geven aan dat meervoudige casestudies normaal gesproken renderen in meer robuuste, generaliseerbare en testbare theorie dan enkelvoudige case studies.

Door gebruik te maken van kwalitatieve data kan er een goede beeldvorming ontstaan van de onderliggende dynamiek van gebeurtenissen voor de beschrijving van oorzaak- en gevolgrelaties (Eisenhardt, 1989). Voor het verkrijgen van de onderzoeksgegevens is er gebruik gemaakt van face-to-face interviews en documentenonderzoek.

Om een goed beeld te krijgen van de cases zijn interviews afgenomen met diverse leden van het projectteam binnen Witteveen+Bos³. Door het uitvoeren van interviews met betrokkenen kunnen eventuele interpretatieverschillen van bijvoorbeeld gemaakte afspraken naar voren komen. Omdat tevens een inhoudsanalyse van tekstueel materiaal heeft plaatsgevonden, is sprake van methoden- en bronnentriangulatie, waardoor de validiteit van het onderzoek gewaarborgd is.

2.6. Onderzoeksmodel

In bovenstaande paragrafen zijn verschillende onderdelen van de opzet van dit onderzoek beschreven. Om te voorzien in een duidelijk overzicht wordt in deze paragraaf het onderzoeksmodel weergegeven. Het onderzoek start met een literatuuronderzoek dat ingaat op duurzaam bouwen en waarbij er naar de methoden voor duurzaam bouwen wordt gekeken. Daarnaast wordt er onderzoek gedaan naar de huidige tools die beschikbaar zijn voor duurzaam bouwen. Deze twee samen leiden tot de duurzaamheidsindicatoren (theoretisch kader).



Figuur 1: Onderzoeksmodel

Tijdens de analyse van de praktijk wordt er gekeken naar de stappen in het ontwerpproces van Witteveen+Bos. Hierbij wordt er gekeken naar de keuzes binnen de stappen van het ontwerpproces die betrekking hebben op duurzaam bouwen. Aan de hand van twee case studies worden de bedoelde en werkelijke invoering en toepassing van duurzaam bouwen beschreven en geanalyseerd. De case studies (huidig ontwerpproces) zullen getoetst worden met behulp van de duurzaamheidsindicatoren. Deze confrontatie tussen het theoretisch kader en de case studies maakt de ambitie, het werkelijk resultaat zichtbaar. Van hieruit zal een procesmodel ontwikkeld worden voor duurzaam bouwen door Witteveen+Bos. Het onderzoek wordt afgesloten met een conclusie en aanbevelingen (figuur 1).

³ Bijlage 3 - Geïnterviewden

3. Literatuuronderzoek

Dit hoofdstuk is opgebouwd uit de onderdelen duurzame ontwikkeling (3.1), duurzaam bouwen (3.2), methoden duurzaam bouwen (3.3), barrières duurzaam bouwen (3.4), kansen duurzaam bouwen (3.5) en sluit af met een conclusie (3.6). De methodologie van het literatuuronderzoek is uitgeschreven in bijlage 4.

3.1. Duurzame ontwikkeling

In hoofdstuk 2 is bij het projectkader het begrip duurzaam bepaald met behulp van de definitie van de Commissie Brundtland (1987) voor duurzame ontwikkeling. Desondanks blijven er nog vele aspecten over die betrekking hebben op duurzame ontwikkeling. De aspecten van duurzame ontwikkeling worden voor de bouwsector in het algemeen onderverdeeld in drie domeinen (San-Jose et al, 2006):

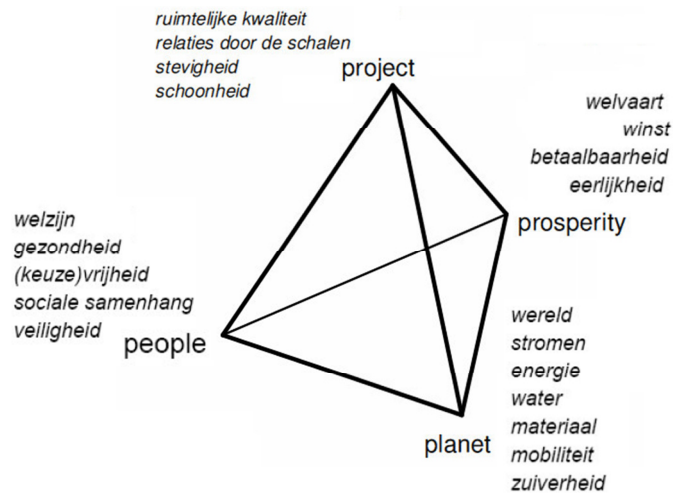
- Sociaal: Richt zich op de ontwikkeling van mensen en maatschappijen, waarbij rechtvaardigheid, leefbaarheid en gezondheid een belangrijke rol spelen.
- Economisch: De economische infrastructuur staat centraal en is een efficiënt management van natuurlijke en sociale hulpbronnen belangrijk.
- Ecologisch: De groei van natuurlijke systemen staat voorop en speelt het behoud van onze natuurlijke hulpbronnen een belangrijke rol.

Het betreft hier drie verschillende domeinen van duurzame ontwikkeling die in theorie niet strijdig hoeven te zijn, maar in de praktijk vaak op gespannen voet met elkaar staan. De onderliggende beginselen zijn ook wezenlijk anders: bij duurzame economische ontwikkeling speelt het begrip efficiency een leidende rol, bij duurzame sociale ontwikkeling het begrip rechtvaardigheid en bij duurzame ecologische ontwikkeling het begrip veerkracht of herstelveermogen (Martens, 2005).

Een soortgelijke gedachte als bovengenoemde drie domeinen is de Triple Bottom Line (TBL), beter bekend als People, Planet en Profit (Triple P) van Elkington (1994).

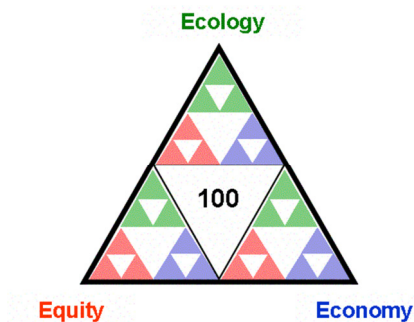
- People: mensen binnen en buiten de onderneming.
- Planet: de gevolgen voor het (leef)milieu.
- Profit: de voortbrenging en economische effecten van goederen en diensten.

In de ogen van Elkington zouden de ecologische, economische en sociale factoren in directe en evenwichtige relatie tot elkaar moeten worden gebracht om te komen tot een duurzame ontwikkeling. In augustus 2002 werd tijdens een wereldtop op het gebied van duurzame ontwikkeling in Johannesburg de P van Profit vervangen door de P van Prosperity, van winst naar welvaart. Ook in 2002 werd in Oslo de Sustainable Building conferentie gehouden. Hierbij kwam naar voren dat het nodig was om de basis van duurzaam bouwen te verbreden met de ruimtelijke kwaliteit. De vierde P van Project werd toegevoegd in het model, waardoor de tetraëder van duurzaam bouwen ontstond (figuur 2).



Figuur 2: Tetraëder van duurzaam bouwen (Duijvestein, 2011)

Geïnspireerd door de Triple P benadering introduceerden Braungart & McDonough (2002) de strategie van de Triple Top Line (TTL), beter bekend als Economy, Ecology en Equity (Triple E).



Economy: de voortbrenging en economische effecten van goederen en diensten.

Ecology: het (leef)milieu.

Equity: gelijkwaardigheid tussen mensen, dieren en planten.

Figuur 3: Ecology, Economy en Equity⁴

Een belangrijk verschil tussen beide benaderingen zit in de begrippen People en Equity. Met de Triple E strategie gaat het niet alleen om de mens, maar om gelijkwaardigheid tussen mensen, dieren en planten. Duurzame ontwikkeling is volgens Braungart & McDonough een concept dat in de huidige situatie vanuit de strategie van eco-efficiëntie word geïnterpreteerd. De boodschap van eco-efficiëntie verzekert nooit een volledig duurzame ontwikkeling. Als reactie hierop is in 2002 het begrip eco-effectiviteit geïntroduceerd. De TTL-benadering streeft een ontwikkeling na zonder schadelijke effecten voor het milieu (Braungart & McDonough, 2006).

3.2. Duurzaam bouwen

In de benadering van Duurzaam Bouwen (DuBo) wordt ernaar gestreefd om tijdens de realisatie, het gebruik, de renovatie en de eventuele sloop van gebouwen het milieu zo min mogelijk te belasten. Hiermee moet DuBo bijdragen aan de vermindering van het milieuprobleem. DuBo betekent meer dan energie besparen door te kiezen voor de minst milieubelastende maatregelen, hiervoor hanteert DuBo enkele criteria (VROM):

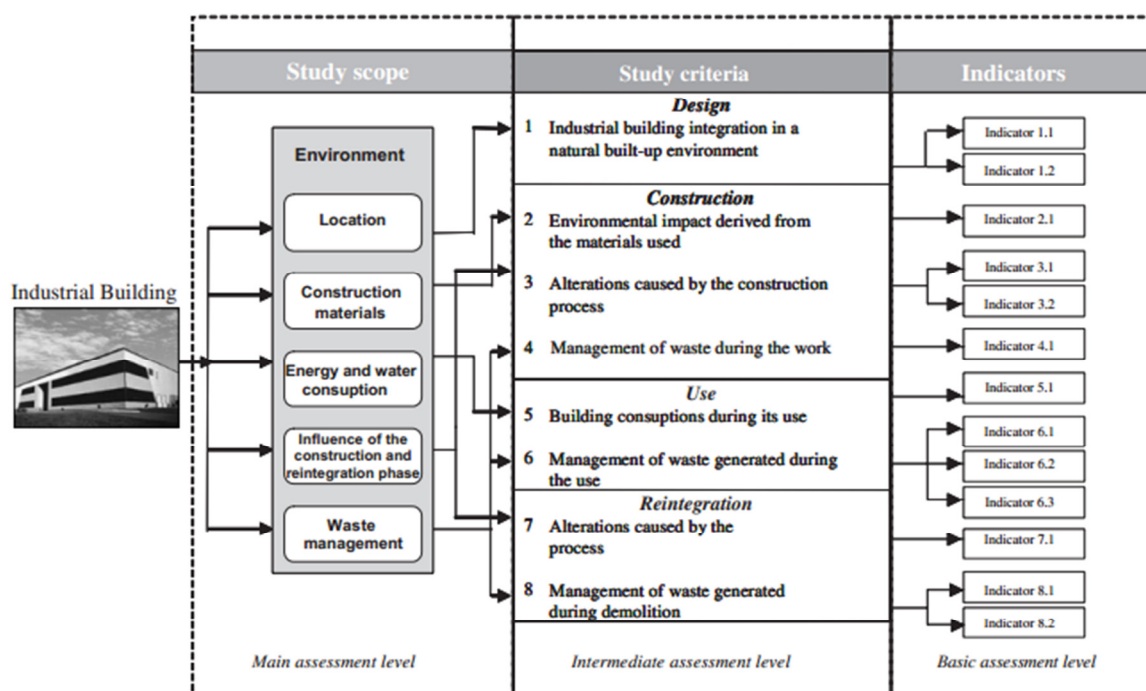
⁴ <http://www.braungart.com>

- Bouw gezonde, veilige en comfortabele gebouwen en wiken die wensen van gebruikers en veranderingen in de tijd moeiteloos kunnen verwerken.
- Stem het ontwerp en de materiaalkeuze af op zowel de functie als de gewenste levensduur van het gebouw. Houd bij de gebouwen met een beoogde lange levensduur rekening met mogelijkheden voor verandering van functie en gebruik.
- Kies voor energiebesparende maatregelen en duurzame energiebronnen en stem dit af op het beheer van het gebouw.
- Kies voor materialen en producten die weinig milieubelastend zijn (vervuiling van lucht, water en bodem) en die in de gebruik- en afvalfase zo weinig mogelijk problemen opleveren.

Deze ontwikkeling van duurzaam bouwen heeft internationaal een vervolg gevonden in “Green Buildings”. Green Buildings biedt een integrale benadering van bestaande praktijken en technieken om gevolgen op het milieu en de menselijke gezondheid te reduceren en uiteindelijk de effecten te elimineren. Hiervoor hanteer Green Buildings enkele criteria (U.S. Environmental Protection Agency, 2010):

- Efficiently using energy, water and other resources.
- Protecting occupant health and improving employee productivity.
- Reducing waste, pollution and environmental degradation.

Volgens Tan Y. et al (2010) refereert duurzaam bouwen naar de integratie van de drie domeinen sociaal, economisch en ecologisch in de strategieën en praktijken van bouwbedrijven. Het is de toepassing van de principes van duurzame ontwikkeling naar de bouwcyclus van ruwe materialen, via de planning, het ontwerp en bouwen van gebouwen en infrastructuur, tot deconstructie en het afvalmanagement. John et al (2004) gaan nog verder in de definitie van duurzaam bouwen. Duurzaam bouwen is namelijk de integratie van architectuur met elektrisch, mechanisch en structureel technologische middelen. Aldus John et al (2004) dragen gebouwen meer bij aan de kwaliteit van het leven dan wij realiseren.



Figuur 4: Indicatoren van duurzame ecologische ontwikkeling (San-Jose et al, 2006)

San-Jose et al (2006) geven duurzaamheidsindicatoren weer in hun schema van utiliteitsbouw waarbij de koppeling wordt gemaakt naar fasen van het bouwproces en het domein ecologie (figuur 4). Vanuit deze benadering worden de duurzaamheidsindicatoren samengesteld.

Binnen de drie domeinen sociaal, economisch en ecologisch zijn diverse duurzame prestatiecriteria te kenmerken voor de bouwmethode. Chen et al (2009) hebben deze opgesteld in tabel 2. Deze tabel houdt rekening met de verschillende rollen die betrekking hebben op het bouwproces.

Tabel 2: Duurzame prestatie criteria voor constructie methode selectie (Chen et al, 2009)

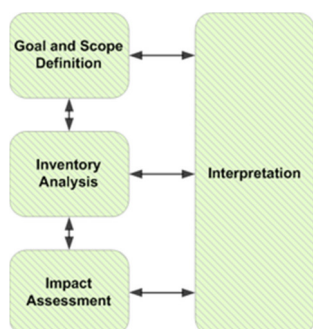
	Economic criteria	Social criteria	Environmental criteria
Focus of clients/engineers	E1: construction time E2: initial construction costs E3: maintenance costs E4: disposal costs E5: life cycle costs E6: defects and damages E7: durability E8: the speed of return on investment E9: flexibility (adaptability)	S1: health of occupants (indoor air quality) S2: influence on job market S3: physical space S4: aesthetic options	P1: site disruption P2: recyclable/renewable contents P3: energy efficiency in building use (thermal mass) P4: reusable/recyclable elements P5: material consumption P6: energy consumption in design and construction
Focus of contractors/precasters	E10: loading capacity E11: integration of building services E12: lead-times E13: material costs E14: labor costs E15: constructability (buildability) E16: integration of supply chains (logistics)	S5: workers' health and safety S6: labor availability S7: community disturbance S8: traffic congestion	P7: waste P8: pollution generation P9: water consumption

Chen et al (2009) noemen als belangrijkste vijf aspecten bouwtijd (E1), bouwkosten (E2), 'constructability' (E15), materiaal kosten (E13) en looptijden (E12). 'Constructability' refereert naar een ontwerp waarbij efficiënt gebruik wordt gemaakt van constructiemiddelen en waarbij het gemak en veiligheid van de bouwsite worden verhoogd.

3.3. Methoden duurzaam bouwen

Er zijn allerlei methoden die gebruikt worden voor duurzaam bouwen. Deze methoden bezitten een bepaalde invalshoek voor duurzaam bouwen. Hieronder zal een aantal van deze methoden besproken worden die veelvuldig tijdens het literatuuronderzoek naar voren kwamen. Daarnaast betreft het methoden die van toepassing zijn voor het ontwerpproces. Speciale tools (softwareprogramma's) die gebruikt kunnen worden bij duurzaam bouwen worden besproken in hoofdstuk 4.

3.3.1. Life cycle assessment



Een veel besproken methode is 'Life Cycle Assessment' (LCA). LCA is een methode om de totale milieubelasting te bepalen van een product gedurende de hele levenscyclus. Dat wil zeggen winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking (ISO 14040). In figuur 5 zijn de fasen van de methode LCA weergegeven.

Figuur 5: Fasen van LCA (Wikipedia)

LCA is de beste methode om zowel de gevolgen voor de omgeving op lange termijn als de economische evaluatie te combineren voor een gebouwwontwerp (Wang et al, 2007). LCA combineert haalbaarheidsonderzoek, levenscyclus kosten, omgevingsevaluatie en risico analyse voor het ontwerpbesluittraject van een project.

3.3.2. Trias Energetica

De Nederlandse overheid voert het beleid volgens de Trias Energetica. De Trias Energetica is ontwikkeld door StenterNovem om in drie stappen een energiezuinig ontwerp te maken (VROM). Deze strategie werd in 1996 door de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu geïntroduceerd onder de naam Trias Energetica.

1. Beperk het energieverbruik door verspilling tegen te gaan
2. Zo exergetisch mogelijk omspringen met restwarmte en verwarming/koeling van gebouwen
3. Maak maximaal gebruik van energie uit duurzame bronnen

De Trias Energetica laat de financiering buiten beschouwing, terwijl dat uiteindelijk wel een zwaarwegend criterium is in de besluitvorming.

3.3.3. Industrieel flexibel en demontabel bouwen

Industrieel flexibel en demontabel (IFD) bouwen is een manier van ontwerpen, ontwikkelen en bouwen, waarin via een geïntegreerde benadering industriële, flexibele en demontabele aspecten gezamenlijk een rol spelen. IFD bouwen richt zich op het verminderen van de milieulasten bij het fysieke gebouw en eveneens op de verkorting van het bouwproces en de organisatie hieromheen (SEV, 2007).

Het belangrijkste uitgangspunt van flexibel bouwen is dat het gebouw en zijn onderdelen dusdanig ontworpen en gerealiseerd zijn dat er zowel gedurende de huidige- als komende gebruiksduur aanpassingen mogelijk zijn. Hierbij gaat het om de technische flexibiliteit en niet om de financiële en organisatorische flexibiliteit. Industrieel gezien geldt dat een groot gedeelte van het realisatieproces volgens de IFD benadering in de fabriek moet plaatsvinden, waardoor inzet van mensen, materialen en machines worden gereduceerd.

Van demontabel bouwen is het belangrijkste uitgangspunt dat alle verbindingen tussen de componenten demontabel ontworpen en gerealiseerd zijn. Door de ontkoppeling van componenten leidt dit tot minder bouw- en sloopafval en met de bevordering van hergebruik van materialen draagt het rechtstreeks bij aan de reductie van primair grondstofgebruik.

3.3.4. Passief bouwen

Met een passief huis wordt beoogd een thermisch comfortabel en kwalitatief binnenklimaat te creëren met een hoge mate van energiereductie door het benutten van de gebouwmassa binnen een extra geïsoleerde omhulling. Er wordt gebruik gemaakt van zonne-energie en restwarmte zodat het gebruik van energie voor verwarming en koeling tot een minimum beperkt kan blijven (Kaan, 2007). Passief bouwen heeft hiervoor enkele stelregels:

- Optimale isolatie.
- Benut de gebouwmassa binnen de geïsoleerde schil.
- Een ventilatie-installatie brengt verse lucht in en zuigt vuile lucht af.
- Oriëntatie op het zuiden.
- Bewuste interne zonering.
- Integraal ontwerp.

3.3.5. Cradle to Cradle

Het Cradle to Cradle principe wil voorzien in onze eigen noden, maar ook de toekomstige generaties van meer mogelijkheden voorzien. Het motto daarbij is probeer goed te zijn in plaats van minder slecht. De drie basisregels van Cradle to Cradle principe zijn:

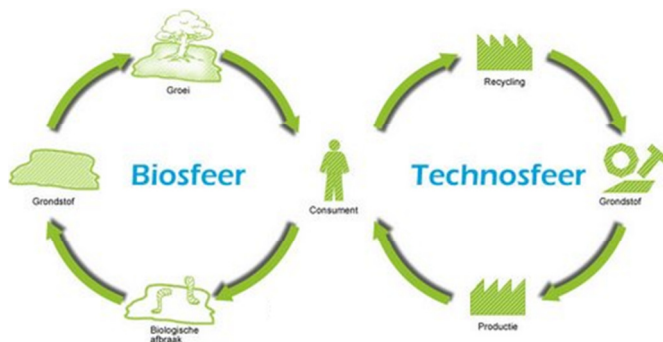
- Afval = voedsel
- Maak gebruik van herbruikbare en onuitputbare energie
- Respect voor diversiteit

Cradle to Cradle betekent letterlijk van wieg tot wieg. De kern van Cradle to Cradle ligt in het concept afval is voedsel. Alle gebruikte materialen zouden na hun leven in het ene product, nuttig kunnen worden ingezet in een ander product. Hierbij zou geen kwaliteitsverlies mogen zijn en alle restproducten moeten hergebruikt worden of milieuneutraal zijn. De kringloop is dan compleet, afval is voedsel (Braungart & McDonough, 2007).

Het overkoepelende stelsel waarin we leven bestaat uit twee essentiële onderdelen: massa (de aarde) en energie (de zon). Volgens het Cradle to Cradle principe moet er zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van hernieuwbare energievoorzieningen op basis van onuitputbare bronnen zoals water, wind, zon en geothermie. Ook wordt aanbevolen om de vrijkomende afvalwarmte als energiebron in te zetten. Dat levert veel gemak en financieel voordeel op. Daarnaast hebben hernieuwbare energiebronnen de potentie om duizenden malen meer energie te leveren dan het huidige verbruik op aarde (Breyer & Knies, 2009).

De vitaliteit van ecosystemen is afhankelijk van relaties tussen soorten, hun gebruik en de uitwisseling van materialen en energie op een bepaalde plek. In een setting met voldoende verscheidenheid betekent diversiteit kracht en monocultuur zwakte. Hoe meer diversiteit er is, hoe eer productieve functies er worden uitgevoerd, zowel voor het ecosysteem als voor de planeet. In een ecosysteem is elke inwoner in meer of mindere mate afhankelijk van de andere.

In de praktijk komt het erop neer dat alle producten die worden geproduceerd bestaan uit of biologisch afbreekbare materialen, of non-biologisch afbreekbare materialen, die in respectievelijk een biologische en een technische kringloop circuleren (figuur 6). De biologisch afbreekbare materialen dienen volledig te worden heropgenomen door de natuur en de non-biologisch afbreekbare materialen dienen volledig te worden hergebruikt bij het produceren van nieuwe producten.



Figuur 6: Cradle to Cradle kringloop (Braungart & McDonough, 2007)

Op basis van de Cradle to Cradle benadering en de creatie van een dual kringloopprincipe, kunnen er voor het creëren van nieuwe producten, processen en objecten ontwerpcriteria worden afgeleid⁵. De navolgende tien ontwerpcriteria worden in dit verband als cruciaal gezien (Agentschap NL, 2010):

- Ontwerp alle producten, processen en objecten zodanig dat na gebruik alle materialen volledig hergebruikt kunnen worden in een biologische of technologische kringloop. Voorkom daarbij hybride materiaalstromen die zeer moeilijk te scheiden zijn. Definieer de materialen en het bijbehorend beoogde gebruikspad.
- Zorg ervoor dat tijdens het productieproces en tijdens de gebruiksfase van het product of object geen schadelijke dan wel toxische stoffen vrijkomen of zijn verwerkt.
- Zorg er voor dat het productieproces of het gebruik van het product een toegevoegde waarde creëert voor de stakeholders.
- Ontwerp vanuit een Triple E (Economy, Ecology en Equity) benadering.
- Maak gebruik van hernieuwbare energiebronnen zoals zon, wind en (grond)water.
- Respecteer diversiteit van plaats, soorten, innovatie en cultuur.
- Bescherm en behoud de kwaliteit van watervoorraden.
- Laat het productieproces plaatsvinden op een sociaal verantwoorde wijze. Dit wil zeggen geen kinderarbeid, geen gedwongen arbeid, geen ongezonde werkplekken, geen discriminatie en in vrijheid van vereniging.
- Ga voor het productieproces uit van een lokale insteek.
- Maak intenties inzichtelijk en vertaal deze naar meetbare doelstellingen. Om te komen tot concrete doelstellingen is het mogelijk mijlpalen op te nemen in een uit te zetten roadmap.

Het toepassen van het kringloopprincipe in het ontwerpproces betekent dat er binnen de focus van de te realiseren projectdoelstellingen van het product, proces of object, als uitgangspunt ook een adequate oplossing gesteld zal moeten worden voor het kunnen hergebruiken van de toe te passen materialen. Voor het ontwerpproces betekent dit dat de opzet zodanig dient te zijn dat op basis van het ontwerp er een transformatie en/of demontage van het product, proces of object kan plaatsvinden met volledig hergebruik van de toegepaste materialen.

3.4. Barrières duurzaam bouwen

Duurzame ontwikkeling betreft de efficiënte allocatie van middelen, minimum energieverbruik, lage 'embodied' energie intensiteit in bouwmaterialen, hergebruik en andere mechanismen voor effectief en efficiënt korte en lange termijn gebruik van natuurlijke middelen. Ding (2007) concludeert echter dat de huidige milieubeoordelingsmethoden niet adequaat genoeg zijn om de overall beoordeling

⁵ Bijlage 5 - De C2C kaart voor de bouw

van duurzame ontwikkeling niet ondersteunen. De inflexibiliteit, complexiteit en het gebrek aan een bekwaam weegsysteem zijn nog altijd belangrijke obstakels voor de acceptatie van milieu beoordelingsmethodes voor de bouw.

Abidan (2009) noemt het feit dat vele ontwikkelaars maar een beperkt belang hebben bij omgevings- en sociale aspecten een obstakel. Williams & Dair (2006) komen tot een twaalfstal obstakels bij de analyse van duurzame ontwikkeling in Engeland zoals ze ervaren worden door belanghebbenden.

1. Duurzame maatregelen zijn niet overwogen door de ontwerper.
2. Duurzame maatregelen zijn niet vereist door de opdrachtgever.
3. De ontwerper had niet de middelen om duurzame maatregelen af te dwingen (in sommige gevallen was het de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever).
4. De ene duurzame maatregel gaat ten kosten van de andere duurzame maatregel.
5. Duurzame maatregelen waren beperkt of zelfs verboden.
6. De duurzame maatregelen kostten teveel.
7. Bouwplaat condities beperkten het toepassen van duurzame maatregelen.
8. Inadequate, niet geteste of onbetrouwbare duurzame materialen, producten of systemen.
9. Duurzame maatregelen waren niet beschikbaar.
10. Een niet duurzame maatregel was toegestaan.
11. Stakeholders worden niet of te laat betrokken in de ontwikkeling om duurzame maatregelen te implementeren.
12. Stakeholders behalen door een tekort aan informatie en expertise geen duurzame maatregelen.

3.5. Kansen duurzaam bouwen

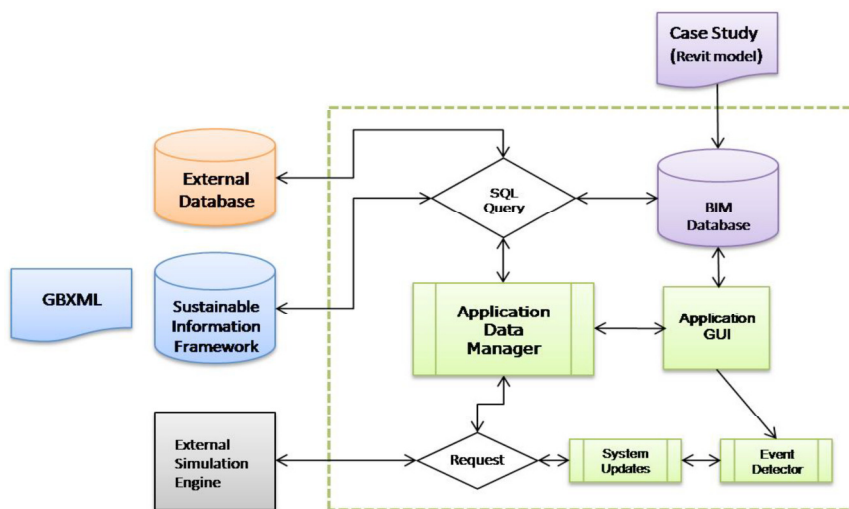
Volgens Martens (2005) is het zoeken naar geïntegreerde theorieën die disciplinaire sterktes combineren bij uitstek een manier om een betere basis voor besluitvorming over duurzaamheid te creëren. Ding (2007) beargumenteert dat een meer verfijnd model gebruikt moet worden voor de multidimensionale data van duurzame ontwikkeling. De ontwikkeling van een duurzaamheidsindex is daarbij een manier om een relatie te leggen tussen multicriteria en besluitvorming. Een duurzaamheidsindex zal de metingen van duurzame ontwikkeling vereenvoudigen en zal daardoor een positieve bijdrage leveren voor het identificeren van een optimale ontwerp oplossing.

Een ecologisch verantwoord ontwerpproces bezit de elementen van een geïntegreerd bouwontwerp en richtlijnen voor de ontwikkeling van ecologisch ontwerpen aldus GBCI (2009). Deze elementen moeten vanaf het allereerste begin opgenomen worden in het project en voltrokken worden tijdens de projectfasen tot de uiteindelijke bezetting van het gebouw (figuur 7).

PRE-DESIGN Develop Green Vision Establish Project Goals and Green Design Criteria Set Priorities Develop Building Program Establish Budget Assemble Green Team Develop Partnering Strategies Develop Project Schedule Review Laws and Standards Conduct Research Select Site	DESIGN Schematic Design Confirm Green Design Criteria Develop Green Solutions Test Green Solutions Select Green Solutions Check Cost Design Development Refine Green Solutions Develop, Test, Select Green Systems Check Cost Construction Documents Document Green Materials and Systems Check Cost	BID Clarify Green Solutions Establish Cost Sign Contract	CONSTRUCTION Review Substitutions and Submittals for Green Products Review Materials Test Data Build Project Commission the Systems - Testing - Operations and Maintenance Manuals - Training	OCCUPANCY Re-Commission the Systems Perform Maintenance Conduct Post-Occupancy Evaluation
--	---	--	---	---

Figuur 7: Ecologisch verantwoord ontwerpproces (GBCI, 2009)

Lewis (2004) komt met twee manieren om geïntegreerd ontwerpen tot een succes te maken. Ten eerste moet de communicatie en interactie van de verschillende partijen en disciplines gezamenlijk en creatief zijn. Ten tweede moeten de verschillende disciplines als geheel denken over het complete project en niet alleen voor het eigen deel. Biswas et al (2009) haken hierop in door Bouw Informatie Modellen (BIM)⁶ aan te dragen als belofte voor integratie van het ontwerpproces. Huidige inspanningen van het integreren van bouwmodellen met classificatiesystemen zijn pogingen van een dergelijke bekwaamheid (Biswas et al, 2008). Figuur 8 geeft de interactie weer van een framework van duurzame informatie en een BIM applicatie.



Figuur 8: Workflow using framework with a BIM application (Biswas et al, 2009)

Virtueel ontwerpen en bouwen zorgt ervoor dat we veiliger en goedkoper kunnen bouwen. Dit kan met BIM, want in dat model zijn alle gegevens over een project zodanig gerangschikt dat het object tijdens de hele levenscyclus virtueel beschikbaar is. Niet alleen de constructeur levert gegevens en kan in het model werken, maar bijvoorbeeld ook de architect en de installatieontwerper kunnen erin werken.

Ook de American Society of Heating (2004) toont aan dat een geïntegreerd ontwerpproces essentieel is voor duurzaam bouwen. Verder worden hiernaast nog vier stappen gepresenteerd tijdens het

⁶ Bijlage 6 - BIM

ontwerpproces (massa reductie, optimaliseer systeem efficiëntie, regeneratieve systemen en hernieuwbare bronnen) en wordt de rol van de opdrachtgever als belangrijkste beschouwd voor het realiseren van een duurzaam gebouw.

3.6. Conclusie

Vele artikelen van duurzaam bouwen zijn verkennend van aard, waarbij wordt ingegaan op de stand van ontwikkelingen van duurzaam bouwen of een poging wordt gedaan om het debat over duurzaam bouwen in een bepaald perspectief te plaatsen. Ook zijn er artikelen waarin een methodologie wordt voorgesteld waarmee de duurzaamheidsgraad van de bouwsector zou kunnen worden verbeterd (of een voorstel tot een beoordelingsmethode).

3.6.1. Barrières duurzaam bouwen

De huidige milieubeoordelingsmethoden zijn niet adequaat genoeg (Ding, 2007). De inflexibiliteit, complexiteit en het gebrek aan een bekwaam weegsysteem zijn nog altijd belangrijke obstakels voor de acceptatie van milieubeoordelingsmethoden voor de bouw. In hoofdstuk 4 wordt er verder ingegaan op milieubeoordelingsmethoden.

Andere barrières van duurzaam bouwen zijn de wil om dit goed uit te voeren, de kosten, te late betrokkenheid en het gebrek aan informatie. Daarnaast hebben vele ontwikkelaars maar een beperkt belang bij omgevings- en sociale aspecten.

3.6.2. Kansen duurzaam bouwen

De belangrijkste kansen die genoemd worden voor duurzaam bouwen zijn om zowel het bouwproces als het gebouw zelf als geheel te bekijken (GBCI, 2009). Op het gebied van duurzaam bouwen bezit de opdrachtgever een bepalende rol. De opdrachtgever stelt de eisen en speerpunten vast en beslist over de keuzes die worden gemaakt. De andere rollen binnen het bouwteam kunnen bijdragen aan duurzaam bouwen door binnen de eigen organisatie richtlijnen op te stellen voor duurzaam bouwen.

Daarnaast is het denken van eco-efficiënt naar eco-effectief een belangrijke stap (Braungart & McDonough, 2007). Met verminderen en minimaliseren wordt er een stap de goede kant op gedaan, maar worden de problemen nog niet opgelost. Het toe te werken naar eco-effectief kan daadwerkelijk een verschil maken.

3.6.3. Indicatoren duurzaam bouwen

De artikelen noemen allerlei indicatoren die van toepassing zijn op duurzaam bouwen. Duurzaam bouwen wordt opgedeeld in verschillende domeinen (sociaal-economisch-ecologisch, people-planet-profit/prosperity-project, economy-ecology-equity) en duurzaam bouwen wordt gekoppeld aan de fasen van de bouwcyclus (materiaal keuze, planning, ontwerp, bouw, deconstructie, afvalmanagement).

In de artikelen worden ook specifieke indicatoren voor duurzaam bouwen genoemd. Hieronder een opsomming van de genoemde indicatoren tijdens het literatuuronderzoek met in de tweede kolom de bronnen die de indicatoren benoemen (tabel 3).

Tabel 3: Genoemde indicatoren literatuuronderzoek

Indicatoren	Omschrijving	Bronnen
Gezondheid	Van gebruikers.	DuBo (VROM)
Veiligheid	Van gebruikers.	DuBo (VROM)
Comfort	Naar wensen gebruikers.	DuBo (VROM), Passief bouwen, American Society of Heating (2004)
Flexibiliteit	Moeiteloos verwerken veranderingen in de tijd.	DuBo (VROM)
Energie besparen	Afgestemd op het beheer van het gebouw.	DuBo (VROM), Green Buildings, Trias Energetica, Passief bouwen, American Society of Heating (2004)
Gebruik duurzame bronnen	Afgestemd op het beheer van het gebouw.	DuBo (VROM), Green Buildings, Trias Energetica, Passief bouwen, Cradle to Cradle, American Society of Heating (2004)
Milieuvriendelijke materialen	Weinig milieubelastingen (vervuiling van lucht, water en bodem).	DuBo (VROM), Tan Y. et al (2010)
Onderhoud	Gebruiksfasen.	DuBo (VROM), Tan Y. et al (2010)
Sloopvriendelijk	Afvalfase.	DuBo (VROM), Tan Y. et al (2010), IFD, Cradle to Cradle
Minimaliseren vervuiling	Efficiënt gebruik van energie en water.	Green Buildings, Cradle to Cradle
Minimaliseren afval	Nuttig gebruik van materialen.	Green Buildings, San-Jose et al (2006), Cradle to Cradle
Technologie	Integreren van architectuur met elektrisch, mechanisch en structureel technologische middelen.	John et al (2004) , American Society of Heating (2004)
Locatie	Het gebouw integreren met de (natuurlijke) omgeving.	San-Jose et al (2006) , Cradle to Cradle
Bouwtijd	Verkorten bouwtijd.	Chen et al (2009), IFD
Bouwkosten	Duurzame maatregelen moeten passen binnen de geschatte bouwkosten.	Chen et al (2009), Williams & Diar (2006)
Doorlooptijd	Verkorten doorlooptijd.	Chen et al (2009), IFD
Communicatie en interactie partijen	Communicatie draagt bij aan een geïntegreerd bouwontwerp en bouwproces.	Williams & Diar (2006), Lewis (2004)
Integraal proces	Integreren van activiteiten en ontwerp.	Williams & Diar (2006), GBCI (2009) , Lewis (2004), American Society of Heating (2004)

4. Tools duurzaamheid

Milieubeoordelingsmethodes voor de bouw dragen significant bij aan het begrijpen van de relatie tussen gebouwen en het milieu (Cole, 1998). Toch is de interactie tussen bouwconstructie en het milieu nog steeds deels onbekend. De tools voor het bepalen van de duurzaamheid van een gebouw bezitten allen beperkingen. In dit hoofdstuk zullen de kenmerken van de verschillende tools besproken worden (4.1), de berekenmethodieken (4.2) en zal er een conclusie getrokken worden (4.3).

4.1. Huidige tools duurzaamheid

De behoefte bestaat om het duurzaamheidsgedrag te meten en aan te tonen. Daardoor is door verschillende (markt)partijen een aantal 'duurzaamheidlabels' ontwikkeld, die een gebouw toetsen op de mate van duurzaamheidswaarde. Hiermee kan de opdrachtgever gemakkelijk een niveau vaststellen aan zijn duurzaamheidsambitie. Het inzetten van methodieken om de ambitie vast te leggen en te meten kan de duurzaamheid bevorderen (van Hal, 2004). Het toetsbaar vastleggen zorgt ervoor dat deze uiteindelijk ook terugkomt in het gebouw.

Vaak begint een project met vage duurzaamheidsambities. Er zijn diverse instrumenten die deze vage ambities concreet kunnen maken. Ze zijn onder te verdelen in prestatie-instrumenten, checklisten en ambitie-instrumenten. Volgens van Ruyven (2008) zijn Breeam, LEED en GreenCalc+ de belangrijkste beoordelingsmethoden. Daarnaast is het berekenen van de EPC wettelijk verplicht. Hieronder worden enkele in de praktijk veelgebruikte instrumenten besproken.

4.1.1. EPC



Bij een bouw aanvraag van nieuwbouw is de berekening van de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) sinds 1995 verplicht gesteld in het bouwbesluit. De norm staat voor een bepaalde energiezuinigheid van een gebouw. Hoe lager de norm, hoe energiezuiniger het gebouw is. De EPC is een berekening, die door het gebruiken van meer energiezuinige toepassingen een lager cijfer kan krijgen. Het is geen meting waarbij precies voorspeld kan worden wat het energieverbruik zal zijn⁷.

Het Bouwbesluit 2012 brengt belangrijke veranderingen met zich mee. Dat zorgt voor enkele essentiële aandachtspunten. Zo wordt de EPC per 1 juli 2012 berekend met de Energie Prestatienorm Gebouwen (EPG) en is de berekening van de milieubelasting van een nieuw gebouw verplicht vanaf 1 januari 2013.

4.1.2. Breeam



Breeam-nl is vrij recentelijk in Nederland ingevoerd en is gebaseerd op het instrument Breeam, dat Engeland al jaren gebruikt. Het gaat hier om een instrument dat een bepaald gebouw kan toetsen op haar duurzaamheid en doet dit op negen verschillende thema's: management, gezondheid, energie, water, materiaal, afval, vervuiling, transport en ecologie & landgebruik.

Breeam-nl kan toegepast worden bij nieuwbouw, bestaande bouw, gebiedsontwikkeling en infra. Een Breeam-nl Nieuwbouw beoordeling gebeurt in maximaal twee fasen. Als het gebouw zich nog op de

⁷ http://www.leerwiki.nl/Wat_is_EPA_en_EPC

tekentafel bevindt (de ontwerpfase) kan een voorlopig Breeam-nl Nieuwbouw certificaat worden afgegeven. De ontwerper kan deze verklaring gebruiken in bijvoorbeeld een aanvraag voor groene financiering of om een wettelijke vergunning te krijgen. In tegenstelling tot het definitieve Breeam-nl Nieuwbouw certificaat kent dit tijdelijke certificaat een beperkte geldigheid, het vervalt namelijk bij oplevering van het gebouw. Het definitieve Breeam-nl Nieuwbouw certificaat wordt na oplevering van het gebouw afgegeven. Natuurlijk alleen als het gebouw de beoordeling goed doorstaan heeft.

Het instrument kent punten toe voor het voldoen aan bepaalde duurzame toepassingen en met een bepaalde weging per thema kan uiteindelijk een score worden uitgerend. Er zijn vijf verschillende gradaties: 'pass', 'good', 'very good', 'excellent' en 'outstanding'. Door het aanleveren van bewijslast aan de DGBC (Dutch Green Building Council), die het instrument heeft gelanceerd, kan een label worden toegekend⁸. Het thema energie kent punten toe voor het behalen van een bepaalde EPC score.

4.1.3. Leed



Leed hanteert een vergelijkbare meetmethode als breeam-nl. Dit label is opgezet vanuit de US Green Building Council en kan wereldwijd behaald worden. Leed meet prestaties van gebouwen op zeven cruciale terreinen, die van invloed zijn op mens en milieu: ontwikkeling van duurzame locaties, waterbesparing, energie-efficiëntie, materiaalselectie, kwaliteit van de binnenomgeving, innovatie en ontwerp, en regionale prioriteit. Zowel voor nieuwbouw, bestaande bouw (gebruik en onderhoud), als gebiedsontwikkeling kan Leed worden gebruikt. Dan kan tijdens de ontwerp-, bouw- en exploitatiefase.

4.1.4. GreenCalc+



De GreenCalc+methode kijkt naar drie thema's: energie, materiaal en water. Het instrument berekent de impact van een gebouw of wijk op het milieu en drukt dit uit in de milieu-index.

De MIG (milieu-index gebouw) geeft de duurzaamheid van een gebouw weer, onafhankelijk van het gedrag van de gebruiker die in het gebouw gehuisvest is. De MIG maakt het mogelijk om gebouwen met een zelfde gebruiksfunctie onderling te vergelijken. Na iedere afsluiting van een fase (VO / DO / bestek) is er informatie beschikbaar over de MIG.

4.1.5. GPR Gebouw



GPR Gebouw behoort tot de prestatie-instrumenten. Het beoordeelt duurzaamheid op de thema's energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde. Het kent rapportcijfers toe per thema, waarbij een 5 volgens het bouwbesluit is en 10 het maximale haalbare.

Daarnaast bestaan nog verschillende checklisten waaraan het ontwerp gecheckt kan worden, waarvan de DuBo checklist een veelgebruikte is. De checklisten zijn bruikbaar in de zin dat het aangeeft waar het ontwerpteam aan moet denken bij het realiseren van een duurzaam gebouw. Het kijkt naar de drie onderwerpen energie, water en materiaal, die vervolgens zijn onderverdeeld in subcategorieën. In verschillende Programma's van Eisen wordt vaak naar de DuBo lijst materialen verwezen, om zo te voorkomen dat milieuschadelijke materialen worden gebruikt.

⁸ <http://www.breeam.nl>

Naast GPR Gebouw (inclusief GPR Bouwbesluit) zijn er ook de varianten Stedenbouw en Onderhoud. Met GPR Gebouw kan in eenvoudige stappen de duurzaamheid van een nieuwbouw of renovatieproject worden getoetst. GPR Stedenbouw is voor communicatie over de duurzaamheid van stedenbouwkundige plannen en GPR Onderhoud is controle en optimalisatiesoftware voor inzicht in de milieueffecten van onderhoudsactiviteiten.

4.1.6. SimaPro



Simapro is een uitgebreid softwarepakket waarmee de verschillende stappen van life cycle assessment (LCA) kunnen worden doorlopen. Allereerst bevat het meerdere databases met LCI-informatie waarmee het te analyseren product of systeem kan worden gemodelleerd. De Ecoinvent database⁹ is daarvan de meest uitgebreide. Voor de effectbeoordeling biedt Simapro verscheidene methoden.

Niet al deze methoden bevatten standaard een set met weegfactoren. SimaPro is gemaakt om verschillende ontwerpalternatieven van eenzelfde gebouw met elkaar te vergelijken. Het biedt geen referentie om gebouwen onderling te vergelijken.

4.2. Berekenmethodieken

Aan de hand van de berekenmethodieken is het mogelijk om effecten van bepaalde keuzes en de milieuprestatie van een gebouw of wijk te beoordelen. Hoewel de basis van deze methoden overeenkomt, kunnen de tools echter een verschillende uitkomst geven, doordat verschillende milieudata als invoer worden gebruikt voor het bepalen van de milieuscore van een gebouw.

Op initiatief van de ontwikkelaars/eigenaren van deze instrumenten heeft een harmonisatie van de bepalingsmethoden plaatsgevonden en is de 'Bepalingsmethode materiaal gebonden milieuprestatie van gebouwen en gww-werken' geschreven. Deze methode is gereedgekomen in 2010. De ontwikkelaars van de instrumenten hebben afgesproken de methode uit deze handleiding te gebruiken als dé rekenmethode voor de bepaling van de milieueffecten van het materiaalgebruik binnen de bestaande instrumenten. De handleiding is gebaseerd op de NEN 8006:2004. De NEN 8006 betreft bouwmaterialen, bouwproducten en bouwelementen.

Naast de harmonisatie van de verschillende berekenmethodieken voor het bepalen van de milieueffecten van materiaalgebruik in gebouwen, is door marktpartijen gewerkt aan een geharmoniseerde database als normatieve input voor milieueffectberekeningen conform de bovengenoemde methode. Omwille van eenduidigheid in milieueffectberekening, zorgvuldigheid en efficiency is, op initiatief van de deelnemende partijen, gewerkt aan een nationale database, waarvan alle milieuprestatie-instrumenten straks gebruik zullen maken. Deze geharmoniseerde database wordt gesteund door VROM, Nederlands Verbond Toelevering Bouw (NVTB) en Stichting Milieu Relevante Product Informatie (MRPI). In deze nationale database staan de milieudata van basisprocessen en bouwcomponenten. De basis voor de opbouw van de database is de SimaProdatabase. De database levert geharmoniseerde input voor de milieueffectberekening binnen de milieuprestatie-instrumenten: GreenCalc+, GPR Gebouw en Breeam-nl.

⁹ <http://www.ecoinvent.org/database/>

4.3. Conclusie

In de beschreven beoordelingsinstrumenten wordt maar beperkt aandacht geschonken aan de milieu-impact van de bouwactiviteiten zelf; de aandacht ligt vooral bij de gebruiksfase van het gebouw. Cole (2000) geeft een aantal verklaringen waarom er maar zo weinig aandacht bestaat voor de waardering van duurzaamheid tijdens bouwactiviteiten in instrumenten:

- De impact van bouwactiviteiten wordt als weinig significant ervaren ten opzichte van de gehele levenscyclus van een gebouw;
- Er bestaat weinig begrip voor milieuaspecten in bouwprocessen;
- Omdat aspecten vooral procedureel van aard zijn, zijn ze lastig te evalueren;
- Bouwactiviteiten zijn in essentie unieke gebeurtenissen waarvan moeilijk valt te controleren wat er nou precies gebeurt;
- De beoordeling van bouwprocessen kan net als managementstrategieën eigenlijk alleen geschieden op basis van aan- of afwezigheid van protocollen.

De huidige tools voor duurzaam bouwen zijn onvoldoende compleet om zowel het bouwproces als het gebouw als geheel te beschouwen. Fasen van het bouwproces worden apart beoordeeld of er wordt beoordeeld aan de hand van elementen in plaats van naar de context te kijken. Daarnaast is de waardebeoordeling van duurzaam bouwen niet altijd reëel. Zo kunnen sommige keuzes de score zodanig beïnvloeden terwijl dat niet in verhouding staat met de rest.

Tijdens dit onderzoek is een aantal beoordelingsinstrumenten beschreven om duurzaamheid te bepalen. In tabel 4 een overzicht van de beoordelingsinstrumenten en de indicatoren die deze tools hanteren. De indicatoren van het literatuuronderzoek als de indicatoren van de duurzaamheidtools zullen gebruikt worden voor het volgende hoofdstuk waar een lijst van indicatoren voor duurzaam bouwen wordt opgesteld die betrekking hebben op het ontwerpproces.

Tabel 4: Indicatoren tools duurzaamheid

	Omschrijving	Breeam	Leed	Green Calc+	GPR Gebouw	SimaPro
Energie	Energie zuinig en duurzame energie.	X	X	X	X	X
Water	Verbruik en recycling van water.	X	X	X	X	X
Materiaal	Milieu- en onderhoudsvriendelijk, herbruikbaar.	X	X	X	X	
Landgebruik	Nuttig gebruik en integratie met omgeving.	X	X			
Afval	Beperken afval en hergebruik.	X	X			X
Vervuiling	Klimaatverandering, water, lucht en bodem.	X				X
Gezondheid	Licht, lucht, warmte, geluid en toegankelijkheid.	X	X		X	
Transport	Openbaar vervoer en fiets mogelijkheden.	X	X			
Management	Communicatie omgeving en integraal proces. Prestatieborging.	X	X			
Flexibiliteit	Verwerken veranderingen in tijd en hergebruik.		X		X	
Informatie	Delen kennis tijdens proces en informatie over duurzaam bouwen.		X			
Gebruikskwaliteit	Toegankelijkheid van het gebouw.				X	
Belevingswaarde	Comfort van het gebouw.				X	

5. Indicatoren duurzaam bouwen

In de voorgaande hoofdstukken is inzicht gekregen in bestaande theorieën over duurzaam bouwen en over de tools die gebruikt kunnen worden om duurzaam bouwen te ondersteunen. In beide hoofdstukken is een lijst van indicatoren opgesteld die de input vormen voor dit hoofdstuk. In dit hoofdstuk zal uiteindelijk een lijst van indicatoren worden opgesteld die van toepassing zijn op duurzaam bouwen voor dit onderzoek. Het hoofdstuk start met de beschrijving van het bouw- en ontwerpproces (5.1) gevolgd door de ontwerpprincipes van Witteveen+Bos (5.2) en wordt afgesloten met de duurzaamheidsindicatoren voor dit onderzoek (5.3).

5.1. Bouw- en ontwerpproces

De fasen in het bouwproces kunnen achtereenvolgens ingedeeld worden in de volgende fasen (Wijnen & Storm, 2007):

- Initiatief en haalbaarheid (oriëntatie, acquisitie)
- Projectdefinitie (programmeren, opstellen Programma van Eisen)
- Ontwerp (structuurontwerp, voorlopig ontwerp, definitief ontwerp, technisch ontwerp, bestek)
- Uitvoering (inrichting bouwplaats, contracteren, ruwbouw, afbouw, inrichting)
- Nazorg (gebruik, beheer, onderhoud)

In dit onderzoek is de aandacht gevestigd op de fasen projectdefinitie en voornamelijk ontwerp. Het ontwerpproces kan ingedeeld worden in een aantal fasen, namelijk het structuurontwerp (SO), voorlopig ontwerp (VO), definitief ontwerp (DO) en het technisch ontwerp (TO). Bij het structuurontwerp moet de architect rekening houden met de functionele eisen uit het Programma van Eisen, voorschriften die gelden voor de locatie, de maakbaarheid van het gebouw, ontwerpbeperkingen en financiële randvoorwaarden.

De ontwerpfase is de belangrijkste fase in het proces van idee tot de realisatie, het gebruik en de sloop van een gebouw. In de ontwerpfase worden keuzes gemaakt die een grote invloed hebben op de economische, duurzame, functionele, technische en uiterlijke kwaliteit van het gebouw. Het is echter niet gemakkelijk om in de ontwerpfase, wanneer nog veel zaken onbekend zijn, een goede beoordeling per ontwerpvariant te geven over de duurzaamheid van een gebouw.

De ontwerpruimte voor het ontwerpteam wordt bepaald door een verzameling ontwerpvariabelen waarbinnen een ontwerpoplossing bedacht moet worden. De ontwerpruimte wordt bepaald door het budget van de opdrachtgever, het programma van eisen en de projectomgeving. De ontwerpfase verloopt langs een soort trechtermodel. Van Herk (2003) stelt dat de ontwerpruimte gedurende het ontwerpproces afneemt naarmate het ontwerp vordert en over steeds meer ontwerpvariabelen een beslissing wordt genomen. Uit een grote variëteit van oplossingen wordt steeds een alternatief gekozen. Dit proces herhaalt zich totdat het definitieve ontwerp af is.

5.2. Ontwerpprincipes Witteveen+Bos

Witteveen+Bos heeft principes opgesteld voor duurzaam ontwerpen. Als uitgangspunt bij de advisering hanteert Witteveen+Bos de benadering van duurzame ontwikkeling van de Commissie

Brundtland uit 1987. Daaraan gekoppeld hanteert Witteveen+Bos zes ontwerpprincipes, die bedrijfsbreed zijn ingevoerd.¹⁰

- **Natuur en klimaat** - Witteveen+Bos streeft ernaar dat de ontwerpen natuurgerelateerd en klimaatbestendig zijn. De natuur en het klimaat zijn niet statisch, maar dynamisch en onderhevig aan veranderingen. De ontwerpen houden zoveel mogelijk rekening met de natuur, waarbij er wordt uitgegaan van het ecosysteem en gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen, waardoor de biodiversiteit gewaarborgd blijft of verbeterd wordt.
- **Trias-principe** - Het Trias-principe wordt gehanteerd voor duurzame oplossingen. Dit principe wordt toegepast op onderwerpen, waaronder energie, grondstoffen, afvalstoffen, water, bodem, uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen, mobiliteit en beheer.
- **Ketenbenadering** - Het streven is het ontwerp en de gehele onderliggende keten van processen en materialen zoveel mogelijk in hun onderlinge samenhang te beschouwen: de ketenbenadering. Het doel is om duurzame oplossingen te bieden, die over alle schakels van de keten bezien het optimale resultaat geven. Waar mogelijk streven we naar een Cradle to Cradle aanpak door bij het ontwerp rekening te houden met het sluiten van de technologische en biologische kringlopen, het verrijken van de leefomgeving en het gebruik van duurzame energie. Zo ontstaan geen restproducten, maar wordt het nuttig inzetten van producten in een nieuwe levenscyclus mogelijk.
- **Funcziemenging** - Er wordt bij ontwikkel- en (her)inrichtingsvraagstukken voor zowel de boven- als de ondergrond gestuurd naar de juiste functie op de juiste plaats en het optimaal benutten van (gebruiks)waarden. Funcziemenging van wonen, werken en recreëren zal veelal versterkend werken, waarbij multifunctionaliteit en flexibiliteit vereisten zijn. In de bestaande gebouwde omgeving streven we naar doelmatige revitalisering.
- **Participatie** - Het belang van participatie van stakeholders en gebruikers in de besluitvorming binnen het ontwikkel- en ontwerpproces wordt onderschreven. Hierbij hecht Witteveen+Bos grote waarde aan goede communicatie omdat duurzaam ontwerpen breed gedragen moeten worden.
- **Welzijn van de mens** - Het welzijn van de mens, zoals lichamelijke behoeften, veiligheid en zekerheid, sociaal contact, waardering en erkenning en zelfontplooiing, is voor Witteveen+Bos uitgangspunt bij het ontwerpproces.

5.3. Duurzaamheidsindicatoren onderzoek

Voor het opstellen van duurzaamheidsindicatoren zijn verschillende invalshoeken mogelijk. Het bouwproces of de verschillende rollen in de bouw kunnen erbij betrokken worden, groeperingen kunnen verschillen, eigenlijk zijn er veel mogelijkheden.

5.3.1. Vooraf

Zowel het literatuuronderzoek en de analyse van de huidige tools duurzaamheid hebben tot een lijst van indicatoren voor duurzaam bouwen geleid. In tabel 5 zijn deze indicatoren nogmaals

¹⁰ <http://www.witteveenbos.nl/nl/duurzaam-ontwerpen>

weergegeven. Van hieruit is er een lijst van indicatoren worden opgesteld die van toepassing zijn op duurzaam bouwen binnen het kader van dit onderzoek. In tabel 5 wordt in de tweede kolom weergegeven hoe de indicatoren verder zijn gebruikt in dit onderzoek.

Tabel 5: Gebruik indicatoren literatuuronderzoek en tools duurzaamheid

Literatuuronderzoek	Gebruikt binnen indicator onderzoek
Gezondheid	Gezondheid
Veiligheid	Gezondheid
Comfort	Gezondheid
Flexibiliteit	Flexibiliteit
Energie besparen	Energie
Gebruik duurzame bronnen	Energie
Milieuvriendelijke materialen	Materialen
Onderhoud	Onderhoud
Sloopvriendelijk	Afval
Minimaliseren vervuiling	Vervuiling
Minimaliseren afval	Afval
Technologie	Innovatie
Locatie	Landgebruik
Bouwtijd	Management
Bouwkosten	Management
Doorlooptijd	Management
Communicatie en interactie partijen	Management
Integraal proces	Management
Tools duurzaamheid	
Energie	Energie
Water	Water
Materiaal	Materialen
Landgebruik	Landgebruik
Afval	Afval
Vervuiling	Vervuiling
Gezondheid	Gezondheid
Transport	Transport
Management	Management
Flexibiliteit	Flexibiliteit
Informatie	Kennisdeling
Gebruikskwaliteit	Gezondheid
Belevingswaarde	Gezondheid

5.3.2. Afbakening

De projecten van Wittenveen+Bos die gekozen zijn voor dit onderzoek richten zich op het ontwerpproces, de utiliteitsbouw en er is sprake van nieuwbouw. Met deze drie eigenschappen is rekening gehouden bij het vaststellen van de lijst van indicatoren voor duurzaam bouwen voor dit onderzoek. Het opstellen van deze lijst is gedaan in samenwerking een specialiste duurzaamheid bij Witteveen+Bos.

Allereerst is er voor gekozen om de stappen in het bouwproces niet als apart te definiëren. Reden hiervoor is dat Witteveen+Bos bij het ontwerpproces betrokken is, waardoor de overige fasen van het bouwproces voor dit onderzoek minder relevant zijn. Om toch enigszins bewust te zijn van het

gehele bouwproces is de indicator levensduur denken toegevoegd. Een andere extra duurzaamheidsindicator is kennisdeling. Duurzaam bouwen is nog altijd groeiend en hoe wordt er met die kennis omgegaan. Door kennis te delen en over te dragen, zowel intern als extern, wordt er bijgedragen aan duurzaam bouwen. De derde en laatste toegevoegde duurzaamheidsindicator is innovatie. Door middel van innovaties kan duurzaam bouwen verder worden ontwikkeld.

Uiteindelijk is er een lijst van 14 duurzaamheidsindicatoren ontstaan. Dit is een samenstelling van bovengenoemde keuzes plus de duurzaamheidsindicatoren die veelvuldig in de tools voor duurzaam bouwen voorkomen. Tussen de indicatoren is er de nodige overlapping. Alleen al kijkende naar installaties kunnen deze betrekking hebben op bijvoorbeeld energie, water, gebruikskwaliteit en gezondheid.

1. Energie
2. Water
3. Materialen
4. Afval
5. Vervuiling
6. Transport
7. Landgebruik
8. Onderhoud
9. Gezondheid
10. Management
11. Innovatie
12. Flexibiliteit
13. Levensduur denken
14. Kennisdeling

5.3.3. Normering

De opgestelde duurzaamheidsindicatoren zullen gebruikt worden om de case studies te toetsen. Er zal gekeken worden in hoeverre de duurzaamheidsindicatoren behandeld zijn tijdens de projecten van de case studies. Tabel 6 geeft een overzicht weer van de duurzaamheidsindicatoren inclusief omschrijving en normering. De normering is opgesteld om de case studies specifiek te kunnen toetsen. De normering is opgesteld aan de hand van Breeam-nl¹¹. Breeam-nl hanteert als input de nationale database met milieudata van basisprocessen en gebouwcomponenten.

Tabel 6: Overzicht duurzaamheidsindicatoren

Indicator	Omschrijving	Norm
Energie	CO ₂ emissiereductie.	Energieprestatie verbetering (percentage). Verbeterde energieprestatie t.o.v. de wettelijke eis, de EPC.
	Keuze voor energiezuinige apparatuur. Denk aan verlichting, liften, etc.	Buitenverlichting opgeladen door zonne-energie. Automatisch aan- en uitschakeling. Energiezuinige aandrijving.
	Toepassen van duurzame energie. Bio-, wind-, water-, zonne-,	Haalbaarheidsonderzoek toepassen duurzame energie. 10% reductie CO ₂ -

¹¹ http://www.wiki.dgbc.nl/index.php/BREEAM-NL_Nieuwbouw

	bodem- en geometrische energie.	uitstoot door gebruik duurzame energie.
	Waarborgen thermische kwaliteit gebouwgeschil. Het beperken van de energievraag.	Thermografisch onderzoek van het ontwerp.
	Submeteringen energieverbruik.	Monitoringssysteem om het energiegebruik te registreren tijdens de gebruiksfase.
Water	Waternverbruik.	Waterkranen, urinoirs, toiletten en douches die minder drinkwater verbruiken dan standaardvoorzieningen. Toilet max. spoelvolum 4 liter, urinoir max. 1,5 liter.
	Watermeter.	Monitoringsysteem voor het waternverbruik plus lekdetectie.
	Recycling van water.	De toepassing van opvang en hergebruik van grijs afvalwater of regenwater en het gebruik van drinkwater verminderen.
Materialen	Bouwmaterialen.	Gebruik van materialen met een lage milieu-impact gedurende volledige levenscyclus van het gebouw.
	Robuust ontwerpen.	Maatregelen ter bescherming van blootgestelde gebouwdelen en terreininrichting t.b.v. minimaliseren vervangingsfrequentie.
Afval	Afvalmanagement.	Efficiënt grondstofgebruik bevorderen door zinvol en effectief afvalmanagement. Afval minimaliseren, recyclen en scheiden.
Vervuiling	Klimaatverandering.	Stimuleren van het gebruik van koudemiddelen met een lage bijdrage aan het broeikas effect (koel- en waterpompsystemen).
Transport	Aanbod openbaar vervoer	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van een goed OV-net.
	Afstand tot basisvoorzieningen.	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van lokale voorzieningen.
	Fietsfaciliteiten.	Stimuleren van gebouwgebruikers om op de fiets te komen. Aanwezigheid van veilige voetgangers- en fietstoegangroutes.

Landgebruik	Hergebruik van land.	Het stimuleren van hergebruik van al ontwikkelde grond en het realiseren van bouwprojecten op een locatie met een lage ecologische en landschappelijke waarde.
	Verontreinigde bodem.	Bouwprojecten realiseren op locaties met verontreinigde bodem in plaats van op locaties met schone bodems.
	Aanwezigheid van planten en dieren.	Het stimuleren van het treffen van maatregelen om planten en dieren die aanwezig zijn op de bouwlocatie te beschermen en te behouden.
Onderhoud	Onderhoudsgemak.	Het stimuleren van het ontwerpen van een gebouw en van (gebouw)installaties die gedurende hun gehele levenscyclus op een eenvoudige wijze kunnen worden onderhouden.
Gezondheid	Licht en verlichting.	Voorzien in voldoende daglichttoetreding en vrij uitzicht, het tegengaan van lichthinder, het toepassen van hoogfrequentie fluorescente verlichting en het eenvoudig en toegankelijk kunnen regelen van de verlichting.
	Luchtkwaliteit.	Mogelijkheid tot natuurlijke ventilatie. Het stimuleren van interne luchtkwaliteit door voldoende luchtverversing voor elke ruimte door aanvoer schone buitenlucht en afvoer gebruikte binnenlucht.
	Warmtehuishouding.	Een goed thermisch comfort door toepassing dynamische thermische gebouwsimulaties en het voorzien in voldoende mogelijkheid voor temperatuurregeling (warmte en koeling).
	Geluid.	Door een goede geluidisolatie en geluidwering het zo veel mogelijk voorkomen van geluidhinder en geluidoverlast.
	Toegankelijkheid.	Zorgen voor bruikbaarheid van het gebouw voor zoveel mogelijk doelgroepen.
Management	Omgevingsmanagement.	Het bij het ontwerpproces betrekken van relevante belanghebbenden (onder wie gebouwgebruikers, bedrijven, bewoners en de lokale overheid) ter vergroting van lokale

		betrokkenheid en het sociale aspect.
	Externe partijen.	Betrokkenheid, goede communicatie en interactie met externe partijen. Integraal proces.
	Prestatieborging.	Het stimuleren van een goede manier van prestatieborging van installaties, zodat een optimale werking onder gebruikscondities wordt geborgd.
	Bouwplaatsmanagement.	Het stimuleren van het verantwoord beheren van de bouwplaats en zijn invloed op de omgeving (prestatiecontracten) en daarnaast milieubewust materiaalgebruik, beperking van energiegebruik en vervuiling.
	Levenscyclus kostenanalyse.	Het stimuleren dat een levenscyclus kostenanalyse uitgevoerd wordt om het ontwerp en de uitvoering over de hele levenscyclus van het gebouw, inclusief onderhoud en beheer, te optimaliseren.
Innovatie	Innovaties duurzaam bouwen.	Toepassen van duurzaam innovatieve producten, concepten, systemen en methoden voor de bouw.
Flexibiliteit	Gebouw.	Stimuleren dat het gebouw zo wordt ontworpen, dat deze met minimale ingrepen aangepast kan worden op ontwikkelingen in de markt of de maatschappij.
Levensduur denken	Kringloop.	Stimuleren van flexibel en demontabel bouwen.
Kennisdeling	Overdracht en delen van kennis.	Het gebouw en het terrein kennis over milieukwesties overdragen aan gebruikers en bezoekers van het gebouw.

6. Praktijk: Duurzaam bouwen tijdens het ontwerpproces

In dit hoofdstuk worden twee projecten behandeld die gebruikt zijn als case studie. Bij beide projecten was duurzaam bouwen een ambitie en heeft Witteveen+Bos hieraan getracht zoveel mogelijk bij te dragen. Tijdens de analyse van de case studies zal er gekeken worden hoe de ambitie duurzaam bouwen is ingevuld en wat voor resultaten dit heeft opgeleverd.

Het betreft bij beide projecten een kantoorgebouw met daarnaast nog een aantal andere faciliteiten. De eerste case studie is APM Terminals te Rotterdam die wordt beschreven (6.1) en getoetst aan de hand van de duurzaamheidsindicatoren voor het onderzoek (6.2), de tweede case studie is Berkel Milieu te Zutphen (6.3 en 6.4). Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie over beide case studies (6.5).

6.1. Case studie: APM Terminals te Rotterdam

6.1.1. Algemeen

APM Terminals is een wereldwijd opererende terminalorganisatie. Sinds 2000 is APM Terminals gevestigd op de Maasvlakte in Rotterdam en verantwoordelijk voor een jaarlijkse overslag van 2,5 miljoen containers in de Rotterdamse haven. De uitbreiding van de activiteiten van APM Terminals op Maasvlakte 2 wordt 167 hectare groot.

Witteveen+Bos verzorgt voor APM Terminals de volledige adviserende dienstverlening voor het ontwerp van haar nieuwe kantoor, werkplaats en toegangscanopy op Maasvlakte 2 bij Rotterdam. Het kantoor omvat 5.000 m² bruto vloeroppervlak (BVO) met kantoren, een datacenter en een controlroom. Een groot deel van de ruimte is ook bestemd voor kleedruimten en douches. De 'workshop' beslaat eveneens 5.000 m² BVO en is bestemd voor voertuigonderhoud, een wasstraat, huisvesting van de technische dienst, kleedruimten en douches. De canopy markeert de ingang van het APM terrein voor vrachtwagens.



Figuur 9: APM Terminals bird's eye view

6.1.2. Kantoor

Het kantoor is apart een traject ingegaan doordat de opdrachtgever te weinig kennis bezat van een dergelijk gebouwen. Dit initiatief is genomen door Witteveen+Bos en er is eerst gestart met een analysefase voor het kantoor. Tijdens deze analysefase is een organisatieschema en een ruimteschema ontworpen.

Indeling

Het kantoor van APM Terminals Maasvlakte 2 bestaat uit meerdere functies (industrie, kantoor, bijeenkomstruimten, installatievoorzieningen en opslag). Het gebouw op de begane grond bestaat uit:

- Kantoorruimten
- Bijeenkomstruimte / kantine
- Keuken met uitgifte (industrie functie)
- Gemeenschappelijke entree
- Centrale gang
- Opslag
- Gemeenschappelijk verkeersruimten, trap en lift
- Sanitaire voorzieningen
- Dataroom (industrie functie)
- Technische ruimte (verwarming, koeling)

De eerste verdieping bestaat uit was- en kleedruimten ten behoeve van medewerkers in het gebouw maar vooral voor de medewerkers buiten het gebouw. De bouwlaag heeft de functie industrie. De tweede, derde en vierde verdieping bestaan uit:

- Kantoorruimten
- Centrale gang
- Gemeenschappelijke verkeersruimten, trap en lift
- Sanitaire voorzieningen

Het gehele gebouw is op een klimatiseringssysteem aangesloten. In het klimatiseringssysteem is verwarming door een elektrisch aangedreven warmtepomp aanwezig. De warmtepomp is op een aquifer aangesloten. Koeling wordt verzorgd door een warmte-koude opslag (WKO).

Structuurontwerp

Tijdens het structuurontwerp is voornamelijk aandacht besteed aan de positionering van de gebouwen en het volume van de gebouwen. Met de positionering is vooral aandacht besteed aan de wind, dit hoofdzakelijk voor de werkplaats (met de kont in de wind geplaatst). Daarnaast is er ook gekeken naar de ligging ten opzichte van de zon.

Voorlopig ontwerp

Vanuit het organisatie- en ruimteschema is er een vlekkenplan gecreëerd voor het voorlopig ontwerp (VO). Daarbij is vanwege tijd, planning en kosten vrijwel meteen uitgegaan van standaard kantoorbaken. De ontruimingsprincipes waren bepalend voor de stabiliteitskernen.

Pas tijdens het VO in plaats van het Programma van Eisen (PvE) is de beslissing gemaakt om te gaan voor een Breeam-nl certificering. De certificering Very Good werd behaald, hoewel Excellent voor

ogen was. Dit was echter niet mogelijk, onder andere doordat de ligging in een voormalig natuurgebied is en de afstand naar het dichtstbijzijnde openbaar vervoer te groot is.



Figuur 10: APM Terminals kantoorgebouw

Belangrijke keuzes voor de constructie waren de vrije overspanning en de onafhankelijkheid. Hierdoor is er gekozen voor dragende gevels, deze zijn van beton. De vrije overspanning is opgebouwd uit kanaalplaten (14,40 meter) met een bovenlaag voor E-installaties en een onderlaag voor licht en lucht voorzieningen. De keuze voor een betonnen gevel is ontstaan doordat de omgeving veel geluidbelasting en trillingen kent. Om de werkplek zo prettig mogelijk te maken (sociaal aspect) was er massa nodig en vandaar de keuze voor beton.

Overig

- De locatie beschikt niet over een gasnet. Hierdoor is er gekozen voor een warmte-koude opslag.
- Er is vooral veel rekening gehouden met de installaties voor de personen in het kantoor. Zo zijn veel dingen individueel regelbaar.
- De buitenruimte is meegenomen. Deze is groen aangelegd met een tuin. Dit is uniek voor een dergelijk project.
- Voor de opdrachtgever geldt vooral safety first. Het hele terrein is uitgezet met loop- en rijroutes. Voor de tuin geldt dit niet (bijzonder).
- Tijdens het definitief ontwerp zijn voornamelijk de installaties uitgewerkt.
- Het kantoorgebouw kent twee glazen ruimtes bestaande uit twee verdiepingen, de entree en de controlroom. De entree voor het aanzicht, de controlroom niet specifiek.

Het eerste project voor Witteveen+Bos waar Breeam-nl is gebruikt, waarbij Breeam-nl ook nog later is toegevoegd aan het project. Hierdoor is geen integratie mogelijk geweest tussen constructie en installaties. Op het gebied van installaties zijn wel de nodige toepassingen gedaan: veel meters om energiestanden en dergelijke in de gaten te houden, een vooruitstrevend verlichtingsconcept, WKO en een uitgangspunt van 31% hogere score dan EPC. Overige toepassingen die zijn getroffen: voorzieningen voor vleermuizen in de gevel, vervoer voor personeel van en naar het werk.

Op het gebied van constructies zijn geen duurzame keuzes gemaakt. Pas later in het traject is ook een materiaalberekening gedaan, waardoor er niet meer gekeken kan worden naar bijvoorbeeld een slanke constructie of het type materiaal.

Behalve het Breeam-nl ontwerpcertificaat zal er ook een oplevercertificaat worden behaald. Hierbij moet de aannemer er onder andere voor zorgen dat: afval gescheiden wordt, hout gebruikt tijdens het bouwproces gecertificeerd is, er doelstellingen gelden voor CO₂ uitstoot, energie- en watergebruik.

Doordat er niet meteen vanaf de start voor Breeam-nl is gekozen, is er nooit inhoudelijk hierover om tafel gezeten. Daarnaast was er vooraf geen duidelijk Programma van Eisen, waardoor duurzame keuzes niet verplicht toegepast moesten worden. Zoals gezegd is dit het eerste project van Witteveen+Bos waarvoor Breeam-nl is gebruikt. Het is daardoor ook voor het toepassen van deze methode nog een leertraject.

Bij dit project lag de focus voor duurzaam bouwen op het domein sociaal. Er is vooral naar de gebruiker van het gebouw gekeken en hoe deze de omgeving zal ervaren. Hierdoor is er veel aandacht besteed aan de installaties in het gebouw.

Tabel 7: Resultaten energieprestatiegegevens APM Terminals

Post	Grootheid	Energiepost	Eenheid	CO ₂ -emissie	Eenheid
Verwarming	Q _{prim;verw}	272.150	MJ	16.683	kg
Pompen	Q _{prim;pomp}	53.355	MJ	3.271	kg
Warmtapwater	Q _{prim;tap}	35.585	MJ	2.181	kg
Ventilatoren	Q _{prim;vent}	140.699	MJ	8.625	kg
Verlichting	Q _{prim;vl}	299.247	MJ	18.344	kg
Koeling	Q _{prim;koel}	196.684	MJ	12.057	kg
Bevochtiging	Q _{prim;bev}	0	MJ	0	kg
Comp. PV-cellen	Q _{prim;pv}	0	MJ	0	kg
Comp. WKK	Q _{prim;comp;wk}	0	MJ	0	kg
	Q _{pres;woon}	0	MJ	0	kg
Totaal	Q _{pres;tot}	997.719	MJ	61.160	kg
	Q _{pres;toel}	1.446.960	MJ		(CO ₂ kg/MJ = 0,0613) Elektrisch

In tabel 7 zijn de resultaten van de energieprestaties weergegeven. Voor het kantoorgebouw geldt een EPC-eis van 1,1 (Bouwbesluit 1 januari 2009). Met $Q_{\text{pres;tot}} / Q_{\text{pres;toel}}$ van 0,696 geeft dit als resultaat een EPC van 0,75 ($0,696 * 1,1$).

6.2. Toetsing APM Terminals te Rotterdam

In onderstaande tabel is de toetsing van APM Terminals uitgewerkt. De laatste twee kolommen (uitvoering en invloed) hebben betrekking op het project.

Tabel 8: Duurzaamheidsindicatoren toetsing APM Terminals

Indicator	Omschrijving	Norm	Uitvoering	Invloed Witteveen+Bos
Energie	CO ₂ emissiereductie.	Energieprestatie verbetering (percentage). Verbeterde energieprestatie t.o.v. de wettelijke eis, de EPC.	31% hogere score dan EPC.	De keuzes voor de installaties hebben hieraan bijgedragen. Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Keuze voor energiezuinige apparatuur. Denk aan verlichting, liften, etc.	Buitenverlichting opgeladen door zonne-energie. Automatisch aan- en uitschakeling. Energiezuinige aandrijving.	Energiezuinige verlichting.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Toepassen van duurzame energie. Bio-, wind-, water-, zonne-, bodem en geometrische energie.	Haalbaarheidsonderzoek toepassen duurzame energie. 10% reductie CO ₂ -uitstoot door gebruik duurzame energie.	Er is geen gasaansluiting. Verwarming door een elektrisch aangedreven warmtepomp die is aangesloten op een aquifer. Koeling door een warmte-koude opslag. Minimaal 90% warmte terugwinning op de ventilatie. Terugwinning van warmte uit douchewater en de ICT ruimte.	Omdat er geen gasaansluiting was, moest er een ander oplossing komen. W+B heeft zich verdiept in het terugwinnen van warmte.
	Waarborgen thermische kwaliteit gebouwgeschil. Het beperken van de energievraag.	Thermografisch onderzoek van het ontwerp.	Gevels, vloer en dak allen R _c 4,5 m ² K/W. Buitenzonwering op alle gevels behalve noordwest gevel. HR ⁺⁺ glas.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Submeteringen energieverbruik.	Monitoringssysteem om het energiegebruik te registreren tijdens de gebruiksfase.	Diverse meters.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
Water	Waterverbruik.	Waterkranen, urinoirs, toiletten en douches die minder drinkwater verbruiken dan standaardvoorzieningen. Toilet max. spoelvolumen 4 liter, urinoir max. 1,5 liter.	Toegepast.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Watermeter.	Monitoringssysteem voor het waterverbruik plus lekdetectie.	Toegepast.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.

	Recycling van water.	De toepassing van opvang en hergebruik van grijs afvalwater of regenwater en het gebruik van drinkwater verminderen.	Geen hergebruik van water, hier is wel naar gekeken.	Hergebruik was niet rendabel (veel douches) en kent de nodige risico's tijdens de aanleg hiervan.
Materialen	Bouwmaterialen.	Gebruik van materialen met een lage milieu-impact gedurende volledige levenscyclus van het gebouw.	Materiaalberekening uitgevoerd. Tegelwerk Cradle to Cradle gecertificeerd. Buitenmateriaal is Rockpanel gemaakt van vulkaansteen.	Grote invloed W+B. Een eigen ambitie heeft hiertoe geleid.
	Robuust ontwerpen.	Maatregelen ter bescherming van blootgestelde gebouwdelen en terreininrichting t.b.v. minimaliseren vervangingsfrequentie.	Coating buiten in verband met het zeeklimaat. Begane grond en eerste verdieping vies door gebruik, hiervoor zijn eisen gesteld aan de materialen.	Logische denkwijze.
Afval	Afvalmanagement.	Efficiënt grondstofgebruik bevorderen door zinvol en effectief afvalmanagement. Afval minimaliseren, recyclen en scheiden.	Breeam-nl oplevercertificaat als doel, dergelijke zaken liggen bij de aannemer voor de bouwplaats.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
Vervuiling	Klimaatverandering.	Stimuleren van het gebruik van koudemiddelen met een lage bijdrage aan het broeikaseffect (koel- en waterpompsystemen).	Warmte-koude opslag.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
Transport	Aanbod openbaar vervoer	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van een goed OV-net.	Door ligging is de afstand naar het station en de bewoonde wereld groot. Deels zijn er wel bussen voor het personeel.	Geen invloed.
	Afstand tot basisvoorzieningen.	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van lokale voorzieningen.	Niet mogelijk door locatie.	Geen invloed.
	Fietsfaciliteiten.	Stimuleren van gebouwgebruikers om op de fiets te komen. Aanwezigheid van veilige voetgangers- en fietstoegangroutes.	Fietspaden en pondje. Fietsenstalling met E-bike aansluiting.	W+B heeft aangereikt iets met de vrije buitenruimte te doen. Deze is nu groen ingericht.
Landgebruik	Hergebruik van land.	Het stimuleren van hergebruik van al ontwikkelde grond en het realiseren van bouwprojecten op een locatie met een lage ecologische en landschappelijke waarde.	Geen dubbel grondgebruik.	Geen invloed.

	Verontreinigde bodem.	Bouwprojecten realiseren op locaties met verontreinigde bodem in plaats van op locaties met schone bodems.	De Maasvlakte 2 bevindt zich op een natuurgebied.	Geen invloed.
	Aanwezigheid van planten en dieren.	Het stimuleren van het treffen van maatregelen om planten en dieren die aanwezig zijn op de bouwlocatie te beschermen en te behouden.	Voorzieningen voor vleermuizen in de gevel.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
Onderhoud	Onderhoudsgemak.	Het stimuleren van het ontwerpen van een gebouw en van (gebouw)installaties die gedurende hun gehele levenscyclus op een eenvoudige wijze kunnen worden onderhouden.	Gevelbeplating heeft een standaard kleur, waardoor deze makkelijk te vernieuwen is. Aannemer staat 10 jaar garant voor onderhoud (Build & Maintain). Installaties zijn goed toegankelijk en los van de constructie, waardoor goed te vernieuwen.	Gevelbeplating is door W+B voorgesteld. De keuze voor de installaties is tevens door W+B voorgesteld. Dit is een ontwerp dat vaker door W+B wordt gedaan.
Gezondheid	Licht en verlichting.	Voorzien in voldoende daglichttoetreding en vrij uitzicht, het tegengaan van lichthinder, het toepassen van hoogfrequentie fluorescente verlichting en het eenvoudig en toegankelijk kunnen regelen van de verlichting.	Voldoende daglicht en uitzicht. Verlichting kantoorruimten 9 W/m ² en overige ruimten 7,5 W/m ² . Regeling met aanwezigheids- en daglichtschakeling.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Luchtkwaliteit.	Mogelijkheid tot natuurlijke ventilatie. Het stimuleren van interne luchtkwaliteit door voldoende luchtverversing voor elke ruimte door aanvoer schone buitenlucht en afvoer gebruikte binnenlucht.	Installaties zorgen voor een schone omgeving voor de gebruiker. Ventilatielucht mechanisch toe- en afgevoerd. Er zijn ramen die geopend kunnen worden.	W+B heeft veel aandacht besteed aan installaties en regelbaarheid.
	Warmtehuishouding.	Een goed thermisch comfort door toepassing dynamische thermische gebouwsimulaties en het voorzien in voldoende mogelijkheid voor temperatuurregeling (warmte en koeling).	Individueel regelbare installaties.	W+B heeft veel aandacht besteed aan installaties en regelbaarheid.
	Geluid.	Door een goede geluidisolatie en geluidwering het zo veel mogelijk voorkomen van geluidhinder en	Bewuste keuze voor beton in verband met dempen van geluiden en trillingen	Voorstel W+B.

		geluidoverlast.		
	Toegankelijkheid.	Zorgen voor bruikbaarheid van het gebouw voor zoveel mogelijk doelgroepen.	Bij calamiteiten met chemische stoffen moet het gebouw volledig kunnen worden afgesloten voor 90 minuten.	Geen invloed.
Management	Omgevingsmanagement.	Het bij het ontwerpproces betrekken van relevante belanghebbenden (onder wie gebouwgebruikers, bedrijven, bewoners en de lokale overheid) ter vergroting van lokale betrokkenheid en het sociale aspect.	Groene ruimten in de omgeving met beplanting met lage waterbehoefte.	Voorstel W+B.
	Externe partijen.	Betrokkenheid, goede communicatie en interactie met externe partijen. Integraal proces.	Partijen waren de opdrachtgever en Witteveen+Bos. Veel samengewerkt met de opdrachtgever om de behoeften voor het gebouw te achterhalen.	Voorstel van W+B was om eerste grondig naar het PvE te kijken. W+B heeft ook het voorstel tot Breeam-nl certificering gedaan.
	Prestatieborging.	Het stimuleren van een goede manier van prestatieborging van installaties, zodat een optimale werking onder gebruikscondities wordt geborgd.	Monitoringssystemen.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Bouwplaatsmanagement.	Het stimuleren van het verantwoord beheren van de bouwplaats en zijn invloed op de omgeving (prestatiecontracten) en daarnaast milieubewust materiaalgebruik, beperking van energiegebruik en vervuiling.	Bouwplaatsmanagement voortgevloeid uit Breeam-nl.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
	Levenscyclus kostenanalyse.	Het stimuleren dat een levenscyclus kostenanalyse uitgevoerd wordt om het ontwerp en de uitvoering over de hele levenscyclus van het gebouw, inclusief onderhoud en beheer, te optimaliseren.	Rapportage levenscycluskosten gemaakt.	Keuzes zijn voortgevloeid vanuit Breeam-nl.
Innovatie	Innovaties duurzaam bouwen.	Toepassen van duurzaam innovatieve producten, concepten, systemen en methoden voor de bouw.	Installaties klimatiseringssysteem, gebruik van BIM modellen (analyse akoestiek en windhinder).	Invloed W+B. BIM wordt al veelvuldig gebruikt. Bewust nagedacht over klimatiseringssysteem.

Flexibiliteit	Gebouw.	Stimuleren dat het gebouw zo wordt ontworpen, dat deze met minimale ingrepen aangepast kan worden op ontwikkelingen in de markt of de maatschappij.	Vrije gebouwindeling door open vloeren en kolomloos zijn. Opties tot uitbouw zijn meegenomen.	Voorstel W+B. Dit heeft ook tot de keuze voor beton geleid.
Levensduur denken	Kringloop.	Stimuleren van flexibel en demontabel bouwen.	Cradle to Cradle tegels en Rockpanel. Veel prefab (gunstige bouwtijd en afval). Gevelconstructie met repetitie.	Invloed W+B.
Kennisdeling	Overdracht en delen van kennis.	Het gebouw en het terrein kennis over milieukwesties overdragen aan gebruikers en bezoekers van het gebouw.	Alleen intern.	Hier zou W+B in de toekomst nog iets mee kunnen doen (leercurve).

APM Terminals is een duurzaam gebouw (Breeam-nl Very Good) zonder dat er gebruik is gemaakt van bijzondere innovaties. Juist door te kiezen voor standaard materialen en de constructie slim te gebruiken (demping van geluid en trillingen) is er een bijdrage geleverd aan duurzaam bouwen.

6.3. Case studie: Berkel Milieu te Zutphen

Nieuwbouw Berkel Milieu op Revelhorst IV te Zutphen had vooraf grote ambities op het gebied van duurzaamheid met als voorbeeld het nieuwe gemeentehuis van Bronckhorst¹². Uiteindelijk blijkt dat er beperkte keuzes zijn gemaakt door de opdrachtgever op het gebied duurzaam bouwen. De kosten zijn hiervan een belangrijke oorzaak. Duurzame keuzes worden wel gemaakt op bijvoorbeeld het gebied van energie. Reden is dat de investeringen hierin terugverdiend kunnen worden. Als tool voor duurzaam bouwen is er bij dit project gebruik gemaakt van SimaPro.



Figuur 11: Bird's eye view Berkel Milieu

¹² Meest duurzame gebouw van Nederland. Een passief gebouw dat 64% minder energie verbruikt dan een standaard kantoorgebouw.

Indeling

Het kantoor van Berkel Milieu bestaat uit meerdere functies (industrie, kantoor, bijeenkomstruimten, installatievoorzieningen en opslag) en omvat 790 m² BVO. De begane grond bestaat uit:

- Kantooruimten
- Bijeenkomstruimte / kantine
- Gemeenschappelijke entree
- Centrale gang
- Gemeenschappelijk verkeersruimten, trap en lift
- Sanitaire voorzieningen
- Was- en kleedruimten
- Technische ruimte (verwarming, koeling)
- Fietsenstalling

De eerste verdieping bestaat uit:

- Kantooruimten
- Vergaderruimte
- Centrale gang
- Gemeenschappelijke verkeersruimten, trap en lift
- Dataroom (industrie functie)
- Sanitaire voorzieningen

Ontwerp

Aan de hand van een negental onderwerpen zijn keuzes gemaakt in de afweging tussen duurzaamheid en kosten. In het bijgevoegde overzicht (figuur 12) zijn de varianten beoordeeld op vier criteria.

skelet	beton   	hout +63k€ / LCC +61k€ / -46 kCO ₂	Inholz  +113k€ / LCC +109k€ / -83 kCO ₂
isolatie	bouwbesluit   	extra +17k€ / LCC +25k€ / -3 kCO ₂	excellent  +37k€ / LCC +57k€ / -7 kCO ₂
sedum	nee    	ja +65k€ / LCC +62k€ / +4 kCO ₂	
gevel	rockpanel 		metselwerk met sandwichpanelen    -30k€ / LCC -35k€ / +20 kCO ₂
kozijnen	aluminium  + 2-voudig	hout   + 3-voudig -22k€ / LCC +23k€ / -405 kCO ₂	hout/aluminium  + 3-voudig +16k€ / LCC +48k€ / -392 kCO ₂
verwarming/koeling	HR-ketel met koelunit 		warmtepomp    +8k€ / LCC -11k€ / -21 kCO ₂
warmteterugwinning	kruisstroom 	warmtewiel   +2k€ / LCC -3k€ / -117 kCO ₂	warmtebuffer  +10k€ / LCC +19k€ / -145 kCO ₂
verlichting	TL aan/uit 	TL intelligent  +9k€ / LCC -36k€ / -300kCO ₂	LED aan/uit  +43k€ / LCC -19k€ / -120kCO ₂
verharding	betonklinkers open  		asfalt  +15k€ / LCC -11k€ / -106kCO ₂

 Goedkoopste investering

 Best practice

 Goedkoopste over 30 jaar

 Duurzaamste

Figuur 12: Overzicht keuzes kantoor

De opdrachtgever heeft als basis de variant “best practice” gekozen met enkele aanpassingen en kanttekeningen. Voor de negen onderwerpen waren dat de volgende keuzes:

1. Standaard constructie van staal en beton
2. Isolatie conform het bouwbesluit
3. Standaard dakbedekking (geen sedum)
4. Gevelbekleding van Rockpanel
5. Kozijnen van hout, uitgevoerd met 3 dubbel glas
6. Verwarming/koeling met behulp van een warmtepomp
7. Warmteterugwinning met warmtewiel
8. Verlichting TL intelligent schakelen met dim
9. Verharding terrein waar mogelijk waterdoorlatende betonstraatstenen

Het komt erop neer dat alle gemaakte keuzes afhankelijk zijn van het budget. Er zijn vier duurzame keuzes gemaakt: kozijnen (- € 22.000), verwarming/koeling (+ € 8.000), warmteterugwinning (+ € 2.000) en verlichting (+ € 9.000). Deze duurzame keuzes leveren uiteindelijk geen extra kosten op. Met een extra investering van € 250.000 zou 250 ton aan CO₂ uitstoot worden tegengegaan.

Bij het project van Berkel Milieu is er met alternatieven voor duurzaamheid gewerkt. De alternatieven zijn op een duidelijke manier gepresenteerd met daarbij weergegeven de waarden. De opdrachtgever had een duurzaamheid wens, maar beschikte nog over onvoldoende kennis om duidelijke eisen te stellen. Er was een duidelijk budget, duurzame keuzes moesten of betaalbaar zijn of gecompenseerd worden door elders minder kosten te maken.

Voor Witteveen+Bos was dit het eerste project dat gebruik heeft gemaakt van SimaPro. Hiervoor geldt net als Breeam-nl dat dit nog in een leertraject zit over hoe dit toe te passen binnen het ontwerpproces. Het aanreiken van alternatieven met daaraan gekoppeld de gevolgen heeft wel een positieve uitwerking gehad op het schetsen van de mogelijkheden. Getallen en berekeningen zijn voor een opdrachtgever van weinig waarde.

Tabel 9: Resultaten energieprestatiegegevens Berkel Milieu

Post	Grootheid	Energiepost	Eenheid
Verwarming	$Q_{\text{prim;verw}}$	224.881	MJ
Ventilatoren	$Q_{\text{prim;vent}}$	53.369	MJ
Warmtapwater	$Q_{\text{prim;tap}}$	15.333	MJ
Pompen	$Q_{\text{prim;pomp}}$	16.215	MJ
Koeling	$Q_{\text{prim;koel}}$	39.486	MJ
Bevochtiging	$Q_{\text{prim;bev}}$	0	MJ
Verlichting	$Q_{\text{prim;vl}}$	109.616	MJ
Comp. PV-cellen	$Q_{\text{prim;pv}}$	0	MJ
Comp. WKK	$Q_{\text{prim;comp;wk}}$	0	MJ
	$Q_{\text{pres;woon}}$	0	MJ
Totaal	$Q_{\text{pres;tot}}$	458.901	MJ
	$Q_{\text{pres;toel}}$	583.827	MJ

In tabel 9 zijn de resultaten van de energieprestaties weergegeven. Voor het kantoorgebouw geldt een EPC-eis van 1,1 (Bouwbesluit 1 januari 2009). Met $Q_{\text{pres;tot}} / Q_{\text{pres;toel}}$ van 0,787 geeft dit als resultaat een EPC van 0,87 ($0,787 \cdot 1,10$). Het kantoorgebouw heeft een totale CO₂-emissie van 28.131 kg.

6.4. Toetsing Berkel Milieu te Zutphen

In onderstaande tabel is de toetsing van Berkel Milieu uitgewerkt. De laatste twee kolommen (uitvoering en invloed) hebben betrekking op het project.

Tabel 10: Duurzaamheidsindicatoren toetsing Berkel Milieu

Indicator	Omschrijving	Norm	Uitvoering	Invloed W+B
Energie	CO ₂ emissiereductie.	Energieprestatie verbetering (percentage). Verbeterde energieprestatie t.o.v. de wettelijke eis, de EPC.	21% hogere score dan EPC.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Keuze voor energiezuinige apparatuur. Denk aan verlichting, liften, etc.	Buitenverlichting opgeladen door zonne-energie. Automatisch aan- en uitschakeling. Energiezuinige aandrijving.	Warmte terugwinning met warmtewiel. Intelligente verlichting, wel TL.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Toepassen van duurzame energie. Bio-, wind-, water-, zonne-, bodem en geometrische energie.	Haalbaarheidsonderzoek toepassen duurzame energie. 10% reductie CO ₂ -uitstoot door gebruik duurzame energie.	Houtgestookte centrale met als doel energie neutrale locatie.	Geen invloed.
	Waarborgen thermische kwaliteit gebouwgeschil. Het beperken van de energievraag.	Thermografisch onderzoek van het ontwerp.	Isolatie conform het Bouwbesluit, wel drie dubbel glas. Verwarming en koeling met behulp van een warmtepomp.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Submeteringen energieverbruik.	Monitoringsysteem om het energiegebruik te registreren tijdens de gebruiksfase.	Deels toegepast.	Geen invloed.
Water	Waterverbruik.	Waterkranen, urinoirs, toiletten en douches die minder drinkwater verbruiken dan standaardvoorzieningen. Toilet max. spoelvolumen 4 liter, urinoir max. 1,5 liter.	Toegepast.	Geen invloed.
	Watermeter.	Monitoringsysteem voor het waterverbruik plus lekdetectie.	Toegepast	Geen invloed.
	Recycling van water.	De toepassing van opvang en hergebruik van grijs afvalwater of regenwater en het gebruik van drinkwater verminderen.	Niet toegepast.	Niet naar gekeken.
Materia- len	Bouwmaterialen.	Gebruik van materialen met een lage milieu-impact	Gevelbekleding Rockpanel. Houten kozijnen.	Invloed W+B. Door aanreiken van keuzes met

		gedurende volledige levenscyclus van het gebouw.		betrekking tot duurzaam.
	Robuust ontwerpen.	Maatregelen ter bescherming van blootgestelde gebouwdelen en terreininrichting t.b.v. minimaliseren vervangingsfrequentie.	Niet toegepast.	Geen invloed.
Afval	Afvalmanagement.	Efficiënt grondstofgebruik bevorderen door zinvol en effectief afvalmanagement. Afval minimaliseren, recycleren en scheiden.	Afvalmanagement is vooral gericht op het bedrijfsproces van Berkel Milieu.	Geen invloed.
Vervuiling	Klimaatverandering.	Stimuleren van het gebruik van koudemiddelen met een lage bijdrage aan het broeikaseffect (koel- en waterpompsystemen).	Warmtepomp en warmtewiel.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
Transport	Aanbod openbaar vervoer	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van een goed OV-net.	Revelhorst IV ligt buiten het centrum maar is goed bereikbaar via het OV.	Geen invloed.
	Afstand tot basisvoorzieningen.	Het erkennen en stimuleren van ontwikkelingen in de nabijheid van lokale voorzieningen.	Bedrijventerrein.	Geen invloed.
	Fietsfaciliteiten.	Stimuleren van gebouwgebruikers om op de fiets te komen. Aanwezigheid van veilige voetgangers- en fietstoegang-routes.	Er is een fietsenstalling naast het kantoorgebouw geplaatst.	Geen invloed.
Landgebruik	Hergebruik van land.	Het stimuleren van hergebruik van al ontwikkelde grond en het realiseren van bouwprojecten op een locatie met een lage ecologische en landschappelijke waarde.	Bedrijventerrein Zutphen, indeling naar aanleiding van processen. Alle activiteiten van Berkel Milieu bijeengebracht.	Geen invloed.
	Verontreinigde bodem.	Bouwprojecten realiseren op locaties met verontreinigde bodem in plaats van op locaties met schone bodems.	Bedrijventerrein.	Geen invloed.
	Aanwezigheid van	Het stimuleren van het	Geen maatregelen	Geen invloed.

	planten en dieren.	treffen van maatregelen om planten en dieren die aanwezig zijn op de bouwlocatie te beschermen en te behouden.	toegepast.	
Onderhoud	Onderhoudsgemak.	Het stimuleren van het ontwerpen van een gebouw en van (gebouw)installaties die gedurende hun gehele levenscyclus op een eenvoudige wijze kunnen worden onderhouden.	Geen speciale maatregelen.	Geen invloed.
Gezondheid	Licht en verlichting.	Voorzien in voldoende daglichttoetreding en vrij uitzicht, het tegengaan van lichthinder, het toepassen van hoogfrequentie fluorescente verlichting en het eenvoudig en toegankelijk kunnen regelen van de verlichting.	TL verlichting (8,7 W/m ²) in plaats van led. Aanwezigheidsdetectie.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Luchtkwaliteit.	Mogelijkheid tot natuurlijke ventilatie. Het stimuleren van interne luchtkwaliteit door voldoende luchtverversing voor elke ruimte door aanvoer schone buitenlucht en afvoer gebruikte binnenlucht.	Natuurlijke en mechanische ventilatie.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Warmtehuishouding.	Een goed thermisch comfort door toepassing dynamische thermische gebouwsimulaties en het voorzien in voldoende mogelijkheid voor temperatuurregeling (warmte en koeling).	Elektrische warmtepomp met mechanische toe- en afvoer.	Door aanreiken van keuzes met betrekking tot duurzaam.
	Geluid.	Door een goede geluidisolatie en geluidwering het zo veel mogelijk voorkomen van geluidhinder en geluidoverlast.	Het kantoorgebouw heeft een staal met betonnen skelet. Het is in een hoek van het terrein geplaatst, zodat de geluidslast minimaal is.	Geen invloed.
	Toegankelijkheid.	Zorgen voor bruikbaarheid van het gebouw voor zoveel mogelijk doelgroepen.	Volgens Bouwbesluit.	Geen invloed.
Management	Omgevingsmanagement.	Het bij het ontwerpproces betrekken van relevante belanghebbenden (onder	Communicatie met de relevante belanghebbende gebeurt alleen wanneer dat	Geen invloed.

		wie gebouwgebruikers, bedrijven, bewoners en de lokale overheid) ter vergroting van lokale betrokkenheid en het sociale aspect.	noodzakelijk is.	
	Externe partijen.	Betrokkenheid, goede communicatie en interactie met externe partijen. Integraal proces.	De samenwerking verloopt stroef. De projectleider bezit weinig ervaring. De indeling van het terrein wordt continu gewijzigd.	Geen invloed.
	Prestatieborging.	Het stimuleren van een goede manier van prestatieborging van installaties, zodat een optimale werking onder gebruikscondities wordt geborgd.	Volgens Bouwbesluit.	Geen invloed.
	Bouwplaats-management.	Het stimuleren van het verantwoord beheren van de bouwplaats en zijn invloed op de omgeving (prestatiecontracten) en daarnaast milieubewust materiaalgebruik, beperking van energiegebruik en vervuiling.	Ligt bij de aannemer.	Geen invloed.
	Levenscyclus kostenanalyse.	Het stimuleren dat een levenscyclus kostenanalyse uitgevoerd wordt om het ontwerp en de uitvoering over de hele levenscyclus van het gebouw, inclusief onderhoud en beheer, te optimaliseren.	Financiën beperkten duurzaam bouwen. W+B heeft keuzes aangereikt met betrekking tot duurzaam met daarin de investering en de LCC.	Invloed W+B.
Innovatie	Innovaties duurzaam bouwen.	Toepassen van duurzaam innovatieve producten, concepten, systemen en methoden voor de bouw.	Grondstoffen rotonde.	Geen invloed, dit heeft betrekking op het bedrijfsproces.
Flexibiliteit	Gebouw.	Stimuleren dat het gebouw zo wordt ontworpen, dat deze met minimale ingrepen aangepast kan worden op ontwikkelingen in de markt of de maatschappij.	Hier is geen extra aandacht aan besteed.	Geen invloed.
Levens-duur denken	Kringloop.	Stimuleren van flexibel en demontabel bouwen.	Niet toegepast.	Geen invloed.
Kennis-	Overdracht en delen	Het gebouw en het terrein	Kennis met betrekking tot	Ligt bij de opdrachtgever.

deling	van kennis.	kennis over milieukwesties overdragen aan gebruikers en bezoekers van het gebouw.	SimaPro is intern gedeeld.	
--------	-------------	---	----------------------------	--

Berkel Milieu was een project met vooraf een grote ambitie op het gebied van duurzaam bouwen. Er was de ambitie voor een dergelijk gebouw als de gemeente Bronckhorst, maar blijkbaar heeft de opdrachtgever zich daar onvoldoende in verdiept. Vele opties vielen af met name doordat het budget geen ruimte liet. Door de ambitie op het gebied van duurzaam bouwen is hier goed over nagedacht en zijn verscheidene alternatieven aangedragen. De keuzes op het gebied van duurzaam bouwen zijn echter gemaakt op basis van de kosten.

6.5. Conclusie

Bij beide projecten is aan de duurzaam bouwen ambitie tot op zekere hoogte voldaan. Dit komt doordat ook allerlei andere factoren bepalend zijn voor de beslissingen die worden gemaakt. Bij het project APM Terminals heeft de focus voornamelijk op het sociale domein gelegen. De focus lag op de mensen die in het gebouw kwamen te werken. Voor Berkel Milieu speelde het economische domein een groot belang. De duurzame keuzes die zijn gemaakt zullen zich in de loop der tijd terug verdienen. Voor beide projecten geldt dat er geen balans is tussen alle drie de domeinen.

6.5.1. APM Terminals

Bij APM Terminals is tijdens het voorlopig ontwerp een Breeam-nl certificering Excellent als doel gesteld. Dit doel is niet gehaald, het is uiteindelijk een Breeam-nl certificering Very Good geworden (het betreft een tijdelijk certificaat voor de ontwerpfase). Belangrijke redenen hiervoor waren de ligging in een voormalig natuurgebied en de afstand naar het dichtstbijzijnde OV. Factoren die niet waren te beïnvloeden.

Toch heeft de Breeam-nl ambitie bijgedragen aan een duurzaam kantoorgebouw. Op het gebied van installaties heeft dit project de nodige duurzame winst behaald en door de focus op de gebruiker lijkt een prettige werkomgeving te zijn gecreëerd. Het gebruik van Breeam-nl heeft een bijdrage geleverd door geen oplossingen voor te schrijven, maar waarden als resultaat te eisen (functioneel specificeren). Waarden die hoger liggen dan bij het Bouwbesluit.

Het was de eerste keer dat Breeam-nl door Witteveen+Bos gebruikt werd bij een project. Dit kan als een barrière gezien worden, doordat het gebruik van Breeam-nl zich nog aan het begin van de leercurve bevindt. Ook de pas late keuze voor het toepassen van Breeam-nl heeft er aan bijgedragen dat er geen systematische aanpak was voor duurzaam bouwen en dat er enigszins achter de feiten aan werd gelopen.

Voordeel van Breeam-nl is dat het richtlijnen geeft voor allerlei indicatoren van duurzaam bouwen. Het kan gezien worden als een checklist die afgelopen worden. Hierdoor wordt er aan alle indicatoren wel aandacht besteed. Verder bood het budget van dit project de ruimte om beslissingen te kunnen maken op het gebied van duurzaam bouwen.

Al met al kan het project van APM Terminals gezien worden als een succesvol project op het gebied van duurzaam bouwen. Van de duurzaamheidsindicatoren zijn de meeste indicatoren meegenomen

tijdens het ontwerpproces en uiteindelijk ook op een bepaalde manier in het ontwerp verwerkt. De doelstelling is niet volledig behaald, maar toch zijn er veel duurzame beslissingen genomen die niet zouden worden genomen bij een standaard kantoorgebouw. Een EPC die 31% lager is dan de eis in het Bouwbesluit toont dit al aan.

6.5.2. Berkel Milieu

Berkel Milieu kende in eerste instantie de duurzaamheidsambitie om een dergelijk gebouw te maken als het nieuwe gemeentehuis van Bronckhorst. Dat is een passief gebouw dat 64% minder energie verbruikt dan een standaard kantoorgebouw. Het bleek te ambitieus, zeker gezien het budget dat voor handen was. Wat betreft duurzaamheid is de meeste aandacht uitgegaan naar het afvalverwerkingsproces om deze energieneutraal te maken.

Er is gekeken naar het reduceren van de CO₂ uitstoot en daarvoor is SimaPro gebruikt. Met Simapro kunnen de verschillende stappen van LCA worden doorlopen. Nadeel van SimaPro is dat er alleen naar losse elementen kan worden gekeken en niet naar het gebouw als geheel. Het scheelt bijvoorbeeld in onderhoud wanneer een kozijn zich onder een afdak bevindt, dit kan bij SimaPro niet worden meegenomen.

Van verschillende keuzeopties zijn diverse varianten berekend met deze tool. De gevolgen en de kosten zijn vervolgens voorgelegd aan Berkel Milieu, waarna beslissingen werden gemaakt. Belangrijke barrière die steeds terugkwam was het budget. Duurzaam bouwen betekent soms investeren in de toekomst, maar dan moeten er op dat moment ook de financiële middelen voor zijn. Dit heeft geleid tot een beperkt aantal keuzes met betrekking tot duurzaam bouwen.

De kansen voor dit project lagen voornamelijk bij het afvalverwerkingsproces van Berkel Milieu, dit staat verder los van het kantoorgebouw. Het kantoorgebouw was hieraan ondergeschikt en vanwege het afvalverwerkingsproces werd de terreinindeling nogal eens gewijzigd.

Een 21% lagere EPC dan de eis in het Bouwbesluit toont aan dat het een duurzaam gebouw betreft. Toch komt het niet in de buurt van de ambitie van 64% (gemeentehuis Bronckhorst), maar deze kan ook als onrealistisch gezien worden. De duurzaamheidsindicatoren zijn grotendeels meegenomen tijdens het ontwerpproces, echter het budget beperkte initiatieven om duurzaam te bouwen. De onrealistische ambitie geeft ook de onervarenheid van de opdrachtgever weer en dat was te merken tijdens het ontwerpproces, de communicatie en interactie tussen de verschillende partijen is moeizaam verlopen.

7. Procesmodel duurzaam bouwen Witteveen+Bos

In dit hoofdstuk is een procesmodel ontwikkeld die Witteveen+Bos zal ondersteunen bij duurzaam bouwen. Het procesmodel is opgebouwd aan de hand van de duurzaamheidsindicatoren voor het ontwerpproces en geeft tevens de verantwoordelijkheden weer.

Allereerst zal het ontwerpproces worden uitgezet en zal er worden aangegeven wanneer toepassingen van duurzaam bouwen moeten worden geïntegreerd (7.1). Vervolgens zal het procesmodel worden weergegeven (7.2).

7.1. Ontwerpproces

Het ontwerpproces is opgedeeld in vier delen, namelijk structuur-, voor-, definitief en technisch ontwerp (SO, VO, DO en TO). Voor het ontwerpproces bevindt zich de projectdefinitie waar het Programma van Eisen (PvE) wordt bepaald. Na het ontwerpproces volgt de uitvoering (figuur 13).



Figuur 13: Ontwerpproces

7.1.1. Projectdefinitie

De projectdefinitie is bepaald voor het duurzaamheidsniveau van het project. Door duidelijke doelen te stellen en daar ook haalbare waarden aan te koppelen kan er gericht met het ontwerpproces aan de slag worden gegaan. De case studies tonen een ambitie voor duurzaam bouwen die pas later werd ingevoerd en een te ambitieus doel dan wat het budget toeliet.

Daarnaast is het van belang om een aantal speerpunten van duurzaam bouwen te stellen waarop de focus ligt. Het is niet mogelijk om op alle drie de P's (People, Planet, Profit) het maximale resultaat te behalen. De keuze voor het ene aspect zal invloed hebben op de andere aspecten. Juist door een speerpunt te kiezen, kan er iets bijzonders worden gecreëerd en kan dit bijdragen aan innovaties van duurzaam bouwen.

In principe is het management al gestart voor de projectdefinitie. Terwijl teams gevormd zijn en er gezamenlijk is gekeken naar het PvE, zal er gekeken moeten worden naar het soort management dat gevoerd zal gaan worden. Er zullen keuzes moeten worden gemaakt hoe er met de omgeving en externe partijen om zal worden gegaan.

7.1.2. Structuurontwerp

In het structuurontwerp ligt het accent op de functionele analyse van het PvE, de consequenties daarvan voor de opzet van de hoofdstructuur van het bouwwerk en de inpassing van een ruimtelijke vertaling van het programma in terrein en omgeving. Indicatoren die goed belicht moeten worden tijdens deze fase zijn landgebruik en transport.

Bij het kiezen van de locatie kan gekozen worden voor hergebruik van land of juist de keuze voor een verontreinigde bodem. Er dient rekening te worden gehouden met planten en dieren. Met de keuze voor de locatie wordt ook meteen een aantal items van transport vastgelegd. Denk aan het aanbod van het OV en de afstand tot basisvoorzieningen.

7.1.3. Voorontwerp

In het voorlopige ontwerp wordt een aantal zaken voorlopig vastgesteld. Zo wordt het voorlopig architectonisch beeld bepaald en wordt de voorlopig ruimtelijke structuur vastgelegd door middel van een analyse van het functioneel ruimtelijk PvE. Ook worden de technische en klimatologische uitgangspunten geformuleerd op basis van een analyse van het PvE.

Tijdens het voorontwerp zal de nodige aandacht moeten worden besteed aan energie, gezondheid (licht, lucht, warmte, geluid, toegankelijkheid), water en vervuiling. Indicatoren die nauw met elkaar in verband staan en waarbij slimme benaderingen een positieve invloed hebben op duurzaam bouwen.

Daarnaast zullen de eerste keuzes gemaakt worden op het gebied van materiaal. Mogelijkheden tot hergebruik of het kiezen voor materialen met een lage milieu-impact. Ook onderhoudsgevoeligheid is een indicator om aandacht aan te besteden. Tijdens het voorontwerp dient al vanuit de levensduur gedacht te worden om zo bij te dragen aan de flexibiliteit van het gebouw en afval tijdens de sloop te beperken.

7.1.4. Definitief en technisch ontwerp

In de definitieve ontwerpfase ontstaat een volledig beeld van het project als ruimtelijk concept en de technische realiseerbaarheid ervan, maar ook het PvE krijgt aan het eind van deze fase een definitieve status. Het definitief ontwerp kent in feite dezelfde opbouw als het voorlopig ontwerp maar is alleen veel gedetailleerder. Het definitief ontwerp wordt gevolgd door de technische uitwerking van het plan. De nadere technische uitwerking vindt plaats ten behoeve van diverse aanvragen en vergunningen bij de (lokale) overheid en de nutsbedrijven, de aanbesteding en de prijsvorming.

Tijdens deze twee laatste stappen van het ontwerpproces zal duidelijk worden of de vooraf gesteld doelstellingen met bijbehorende waarden ook daadwerkelijk zullen worden gehaald. Eventueel zijn nog wijzigingen nodig wanneer doelstellingen niet worden gehaald.

7.2. Procesmodel

In tabel 11 is het procesmodel weergegeven die gekoppeld is aan duurzaamheidsindicatoren die ontwikkeld zijn in dit onderzoek. De duurzaamheidsindicatoren zijn weergegeven in de eerste kolom. Het procesmodel geeft overzichtelijk weer wanneer de duurzaamheidsindicatoren door het ontwerpteam onder de aandacht moeten worden gebracht, of er maatregelen moeten worden genomen en wanneer er voldaan moet worden aan de duurzaamheidsindicatoren (proces kolom). In de laatste kolom zijn de verschillende partijen en hun verantwoordelijkheden weergegeven.

Tabel 11: Procesmodel duurzaamheidsindicatoren

Legenda	
Onder de aandacht brengen (start) indicator	SI
Maatregelen nemen voor voldoen indicator	MI
Voldoen aan indicator	VI
Verantwoordelijk	V
Adviserend	A

	Proces					Verantw. partij				
	PvE	SO	VO	DO	TO	Opdrachtg.	Architect	Construct.	Bouwf. adv.	Install. adv.
Duurzaamheidsindicatoren										
Energie										
* CO2 emissiereductie	SI	MI	MI	VI		A	A		V	V
* Energiezuinige apparatuur		SI	MI	MI	VI					V
* Toepassen duurzame energie	SI	MI	VI			A	A	A	A	V
* Waarborgen thermische kwaliteit		SI	MI	VI		A			V	
* Meten energieverbruik		SI	MI	VI						V
Water										
* Beperken waterverbruik		SI	MI	VI						V
* Meten waterverbruik		SI	MI	VI						V
* Recycling water	SI	SI	MI	VI		A				V
Materialen										
* Keuze bouwmaterialen	SI	MI	VI				V	A	V	
* Robuust ontwerpen			SI	MI	VI		V			
Afval										
* Afvalmanagement					SI	A				
Vervuiling										
* Klimaatverandering		SI	MI	MI		A				V
Transport										
* Aanbod OV	SI	MI	VI			V				
* Afstand basisvoorzieningen	SI	MI	VI			V				
* Fietsfaciliteiten		SI	MI	VI		A	V			
Landgebruik										
* Hergebruik van land	SI	MI	VI			V				
* Verontreinigde bodem	SI	MI	VI			V				
* Aanwezigheid planten en dieren	SI	MI	VI			A	V			
Onderhoud										
* Onderhoudsgemak		SI	MI	VI		A	V			V
Gezondheid										
* Licht en verlichting	SI	MI	MI	VI		A	V		V	
* Luchtkwaliteit	SI	MI	MI	VI					V	V
* Warmtehuishouding	SI	MI	MI	VI			A		V	V
* Geluid	SI	MI	MI	VI			A		V	
* Toegankelijkheid	SI	MI	MI	VI			V			
Management										
* Omgevingsmanagement	SI	MI	MI	MI	M	V	A			
* Externe partijen	SI	MI	MI	MI	M	V	A			
* Prestatieborging		SI	MI	VI						V
* Bouwplaatsmanagement				SI	MI	V				
* Levenscyclus kostenanalyse	SI	MI	MI	VI	VI	V	A			A
Innovatie										
* Innovaties duurzaam bouwen	SI	MI	MI	VI		A	V		A	V
Flexibiliteit										
* Flexibiliteit van het gebouw	SI	MI	VI				V			
Levensduur denken										
* Kringloop	SI	MI	MI	VI			V		A	V
Kennisdeling										
* Overdracht en delen kennis	SI	MI	MI	MI	VI	A	V			V

7.2.1. Verantwoordelijke partijen

De verantwoordelijkheid over de duurzaamheidsindicatoren is verdeeld over vijf verschillende partijen: opdrachtgever, architect, constructeur, bouwfysisch adviseur en installatie adviseur. Hierbij is er een verschil gemaakt tussen een adviserende rol en een verantwoordelijke rol. Bij sommige indicatoren bezitten meerdere partijen de verantwoordelijke rol.

Opdrachtgever

De opdrachtgever wil dat het projectresultaat tot stand komt. De opdrachtgever moet doelstellingen formuleren en moet, als initiatiefnemer, bereid zijn om risico's te lopen. Communicatie is een van de belangrijkste taken van deze rol. De opdrachtgever houdt zich bezig met het controleren van het projectplan, monitort het project en maakt de beslissingen ten aanzien van tijd, geld, scope en ook duurzaam bouwen.

Architect

De architect ontwerpt het gebouw met een raming van de kosten. Het ontwerp van de architect bepaalt grotendeels de materialen en van hieruit ontstaan de eerste indelingen. De architect is verantwoordelijk voor de flexibiliteit van het gebouw. De architect creëert de ruimte en geeft vorm aan het bouwwerk.

Constructeur

De constructeur wordt ingeschakeld om de draagconstructie te ontwerpen en door te rekenen. Er wordt gekeken naar alle dragen delen, de kolommen, balken, vloeren en wanden. De constructeur bepaalt ook het materiaal dat gekozen wordt voor de draagconstructie.

Bouwfysisch adviseur

Het vakgebied bouwfysica omvat alle aspecten van het leef- en werkklimaat: akoestiek, daglichttoetreding, verkeerslawaaï en het thermisch gedrag van het gebouw. Het is de taak van de bouwfysisch adviseur om deze zaken tot een logisch en verantwoord geheel te smeden. De bouwfysisch adviseur berekent de thermische, hygrische, akoestische, brandtechnische en energetische aspecten van een bouwwerk. Het realiseren van comfortabel en energiezuinige gebouwen stelt hoge eisen aan de bouwfysica.

Installatie adviseur

Het werken als installatie adviseur vraagt om een intensieve samenwerking op technisch gebied (integraal ontwerpen). Dit gebeurt grotendeels met de bouwfysisch adviseur. Voor een goede samenwerking is een open houding een belangrijke voorwaarde, evenals gedrag waaruit het gericht zijn op samenwerking blijkt, zoals meedenken met andere partijen en rekening houden met de problematiek van andere disciplines.

7.2.2. Specialist duurzaam bouwen

Om te zorgen dat het procesmodel wordt toegepast en dat de ambitie duurzaam bouwen wordt uitgevoerd is een extra rol nodig binnen het projectteam. Doordat duurzaam bouwen nog niet volledig geïntegreerd is binnen de rollen zelf van het projectteam, dient het beheren en het uitvoeren van het procesmodel te worden gedaan door een specialist duurzaam bouwen.

De specialist duurzaam bouwen legt het procesmodel voor aan het projectteam en ziet toe op toepassing hiervan. Daarnaast houdt deze persoon zich bezig met ontwikkelingen op het gebied van

duurzaam bouwen en past wanneer nodig het procesmodel aan wanneer er innovaties zijn. De specialist duurzaam bouwen dient nauw betrokken te zijn met het projectteam, zodat er direct gestuurd kan worden op duurzame oplossingen.

8. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek behandeld. Conclusies worden beschreven in 8.1 en aanbevelingen in 8.2.

8.1. Conclusie

In deze conclusie wordt beoordeeld in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt. Per fase van het onderzoek (deelvragen) wordt in deze paragraaf de conclusie onderbouwd.

8.1.1. Literatuuronderzoek

Het onderzoek is gestart met een literatuuronderzoek waarbij er is gekeken naar wat duurzaam bouwen is en welke methoden er zijn van duurzaam bouwen. Door het samenvoegen van diverse theorieën is er inzicht verkregen over duurzaam bouwen en de drie aspecten 'people, planet, profit'. Duurzaam bouwen is een breed begrip en hierop kan nooit een 100% score omdat het ene aspect invloed heeft op het andere aspect. Het literatuuronderzoek heeft gezorgd voor een lijst van duurzaamheidsindicatoren die van toepassing zijn op duurzaam bouwen en op het ontwerpproces.

8.1.2. Tools duurzaamheid

De nodige tools zijn ontwikkeld om duurzaam bouwen te ondersteunen. Sommigen specifiek gericht op de bouw, andere ook gericht op het ontwikkelen van producten. De belangrijkste tools zijn behandeld en er is gekeken naar de fase van het bouwproces waarop de tool betrekking heeft plus de duurzaamheidsindicatoren die de tool behandelt. Ook hieruit is een lijst van duurzaamheidsindicatoren ontstaan.

8.1.3. Duurzaamheidsindicatoren

Het literatuuronderzoek en de tools duurzaamheid hebben een lijst van duurzaamheidsindicatoren opgeleverd. Vervolgens is deze lijst samen met een expert duurzaamheid doorgenomen om tot een lijst van duurzaamheidsindicatoren te komen die van toepassing zijn voor het ontwerpproces van Witteveen+Bos. De lijst met duurzaamheidsindicatoren is verder uitgewerkt met een norm per indicator om zo tijdens het casusonderzoek projecten van Witteveen+Bos te kunnen toetsen.

8.1.4. Casusonderzoek

Voor het casusonderzoek zijn twee projecten van Witteveen+Bos gebruikt waarbij er een ambitie was op het gebied van duurzaam bouwen. Bij de projecten zijn verschillende tools gebruikt ter ondersteuning van duurzaam bouwen. Er is bij de projecten gekeken naar de ambitie van het project, het werkelijke resultaat en de redenen waardoor het resultaat ontstaan is. Er is gekeken naar de methode die is toegepast, oorzaken voor wel of niet gemaakte keuzes op het gebied van duurzaam bouwen.

Het project van APM Terminals heeft tijdens het casusonderzoek beter gescoord op duurzaam bouwen dan het project Berkel Milieu. Bij Berkel Milieu was het budget de belangrijkste beperking voor duurzaam bouwen. APM Terminals bezat meer financiële mogelijkheden en het streven naar een Breeam-nl certificering heeft tot meer duurzame keuzes geleid.

8.1.5. Procesmodel

De lijst van duurzaamheidsindicatoren alleen is onvoldoende om Witteveen+Bos te begeleiden in duurzaam bouwen. Daarom is er een procesmodel ontwikkeld waarbij de duurzaamheidsindicatoren zijn gekoppeld aan het ontwerpproces en de verschillende partijen met bijbehorende verantwoordelijkheid. Het toepassen van het procesmodel bij projecten zal gebeuren met behulp van

een specialist duurzaam bouwen. Deze extra rol legt het procesmodel voor aan het projectteam en ziet toe op toepassing hiervan.

8.1.6. Conclusie

Het onderzoek is gestart met een probleemstelling gevolgd door een doelstelling van het onderzoek waarin wordt gesteld een bijdrage te leveren aan het verbeteren van duurzaam bouwen voor Witteveen+Bos tijdens het ontwerpproces van bouwprojecten. De doelstelling heeft uiteindelijk geleid tot de volgende hoofdvraag:

Welke duurzaamheidsindicatoren zijn van toepassing voor het ontwerpproces van Witteveen+Bos en hoe kunnen deze duurzaamheidsindicatoren verwerkt worden in een procesmodel?

Het onderzoek heeft geresulteerd in een procesmodel voor het ontwerpproces opgebouwd uit duurzaamheidsindicatoren die van toepassing zijn op bouwprojecten van Witteveen+Bos. Het procesmodel geeft aan wanneer een duurzaamheidsindicator gestart moet worden en wie ervoor verantwoordelijk is.

Het casusonderzoek heeft aangetoond dat een leidraad voor duurzaam bouwen leidt tot een hogere waardering voor duurzaam bouwen. Door de hoger gestelde eisen van Breeam-nl moesten er bij APM Terminals meer duurzame keuzes worden gemaakt dan door de eisen van het Bouwbesluit wordt aangestuurd. Hogere eisen op het gebied van duurzaam bouwen zorgen voor een meer duurzaam gebouw. Het ontwikkelde procesmodel draagt hieraan bij doordat de duurzaamheidsindicatoren die hogere eisen voor duurzaam bouwen bezitten en er ook duidelijk wordt aangegeven wanneer er gestart moet worden met een indicator en wie er verantwoordelijk is voor een indicator.

8.2. Aanbevelingen

Witteveen+Bos is een organisatie dat zich bezig houdt met het 'wat' en niet het 'hoe'. Het is geen organisatie die allerlei strikte werkwijzen voorschrijft aan het personeel, het draait om het resultaat dat geleverd wordt. Typerend voor de werkwijze van Witteveen+Bos is de multidisciplinaire projectaanpak: specialisten uit verschillende sectoren werken gezamenlijk aan de oplossing van complexe vraagstukken.

8.2.1. Bewustzijn en bewustwording

Een belangrijk aandachtspunt bij het ontwikkelen van duurzaamheid is bewustzijn en bewustwording. Dit is van toepassing op meerdere niveaus en in meerdere stadia:

- Draagvlak in de organisatie is essentieel bij implementatie. Onderdeel van draagvlak ontwikkelen is het samen ontwikkelen van richtlijnen en het delen van succesvolle projecten. Dit delen van succesvolle projecten kan bijvoorbeeld door tijdens lunchlezingen te vertellen over de projecten. Indicatoren welke de duurzaamheid van een project weergeven dienen zo vroeg mogelijk bekend te zijn. Hiermee wordt een vroege samenwerking en continue afstemming tussen het ontwerpteam en duurzaamheidsexperts gestimuleerd (Ding, 2008).
- Het begrip duurzaam ontwikkelt zich nog altijd. In vele wetenschappelijke instellingen over de hele wereld wordt geprobeerd om dit begrip meetbaar te maken. Maar er is veel discussie onder experts wat duurzaam is. Dit heeft te maken met voortschrijdend inzicht over de effecten van

vervuiling en hinder op mens, dier en milieu. Maar ook de afweging tussen duurzaamheidsaspecten kan veranderen. De organisatie dient het duurzaamheidsbeleid weloverwogen op te stellen en regelmatig te vernieuwen.

- Beloftes die worden gedaan, dienen ook waargemaakt te worden. In contractbepalingen is vooraf vastgelegd wat de consequenties zijn van het slechter presteren dan is afgesproken. In plaats van dit alleen negatief te benaderen, kan een opdrachtgever het ook positief benaderen en een bonus beschikbaar stellen wanneer de opdrachtnemer beter presteert dan afgesproken is.

8.2.2. Kennisdeling

Duurzaam bouwen bevindt zich in een leercurve en om hierin te groeien is kennisdeling een belangrijke maatregel. De kennis om er iets mee te kunnen zit bij de organisatie zelf en is vaak impliciet aanwezig. Om deze kennis expliciet te maken zodat deze gemakkelijk gedeeld kan worden zal Witteveen+Bos aan kennismanagement moeten doen.

Witteveen+Bos heeft ontwerpprincipes voor duurzame ontwikkeling opgesteld. Activiteiten die betrekking hebben op deze ontwerpprincipes zijn gebundeld in het Platform Duurzaamheid. Doelstellingen zijn het vergroten van het duurzaamheidsdenken, het ontwikkelen van innovatieve duurzame concepten en het stimuleren van discussies. Dit onderzoek zal aansluiting maken bij de ontwerpprincipes voor duurzame ontwikkeling en het Platform Duurzaamheid, zodat duurzaam bouwen zich bedrijfsbreed verder zal ontwikkelen.

Wiki duurzaam bouwen

Om het voor alle medewerkers mogelijk te maken projectinformatie te vinden over duurzaam bouwen zal Witteveen+Bos een informatieplein moeten ontwikkelen, een (interne) Wiki. Dit is een online digitale ruimte dat een platform vormt waarop allerlei informatie en eventueel bestanden te vinden zijn. Het is een centraal over internet toegankelijke plek met projectinformatie met betrekking tot duurzaam bouwen. Iedereen die toegang heeft tot deze Wiki kan pagina's aanmaken en/of wijzigen. De tekst wordt door de deelnemers onderhouden. Het doel is dat de kwaliteit van de informatie toeneemt doordat iedereen informatie gaat verzamelen en plaatsen. Informatie kan worden aangevuld met links en afbeeldingen.

Ambitieboek afdeling Gebouwen

Dit onderzoek is uitgevoerd bij de afdeling Gebouwen van Witteveen+Bos. Daarom zullen de resultaten van dit onderzoek tevens verwerkt worden in het ambitieboek van de afdeling Gebouwen. De afdeling zal vervolgens zelf de duurzaamheidsambitie regelmatig dienen te vernieuwen.

9. Reflectie

Tijdens dit hoofdstuk wordt er kritisch gekeken naar het uitgevoerde onderzoek en de resultaten. Hiermee kunnen de in de conclusie getrokken resultaten beter op waarde geschat worden.

9.1. Reflectie onderwerp

Duurzaam bouwen is een breed en complex begrip. Er zijn zoveel factoren die betrekking hebben op duurzaam bouwen dat er geen eenduidige lijn in te trekken is. Dat maakt het interessant om over te discussiëren, maar ook lastig om concreet mee aan de slag te gaan. Het kaderen van het onderwerp heeft daardoor ook enige tijd in beslag genomen.

Waar eerst het idee ontstond om naar losse elementen te kijken, zodat meer diepgang van data mogelijk was, bleek er de behoefte te zijn om een gebouw als een geheel te benaderen. De tools ter ondersteuning van duurzaam bouwen schieten hierin tekort doordat ze zijn opgebouwd uit die losse elementen. Juist het combineren en integreren van elementen kan een extra toevoeging zijn aan duurzaam bouwen.

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van richtlijnen voor een werkwijze duurzaam bouwen. Echter is Witteveen+Bos niet de organisatie dat medewerkers een werkwijze voorschrijft. Het ontwerpproces kent vaste rapportagemomenten, hoe deze tot stand komen ligt bij de medewerkers, het draait om het resultaat. Het doel en de hoofdvraag lijken daarom niet geheel bij de organisatie aan te sluiten.

Het onderwerp is afgebakend door de focus te leggen op het ontwerpproces en te kijken naar nieuwbouw van utiliteitsbouw. Desondanks kan het altijd nog gezien worden als een breed onderwerp. Dat resulteerde in een breed zoekgebied voor het literatuuronderzoek. Er is hierdoor veel tijd besteed aan het literatuuronderzoek en achteraf gezien bleek veel informatie niet nodig.

9.2. Reflectie methode

Aan de hand van het literatuuronderzoek en de tools voor ondersteuning van duurzaam bouwen is een eerste lijst ontstaan met indicatoren voor duurzaam bouwen. Vervolgens is binnen het kader van dit onderzoek een lijst ontstaan met indicatoren voor duurzaam bouwen. De lijst is opgesteld in samenwerking met een expert op het gebied van duurzaamheid van Witteveen+Bos. Toch door de breedte van het begrip is het moeilijk vat te krijgen op duurzaam bouwen. Indicatoren zijn met elkaar verbonden en kunnen op diverse manier worden ondergebracht.

Het doel van de case studies was om meer diepgang aan dit onderzoek toe te voegen. Dit is deels gelukt, doordat de case studies tot nieuwe conclusies hebben geleid. Deels waren er conclusies die vooraf te verwachten waren, maar die tevens door dit onderzoek zijn onderbouwd. Ondanks dat er twee projecten zijn gebruikt en het in beide gevallen kantoorgebouwen betreft, waren het twee verschillende projecten. Met name de verschillende grote en het budget van de projecten zorgden voor wisselende resultaten.

9.3. Reflectie resultaten

Het brede en complexe begrip duurzaam bouwen zorgt ervoor dat er geen 'harde' resultaten zijn aan het eind van dit onderzoek. Duurzaam bouwen heeft te maken met bewustwording en het delen van kennis. Keuzes worden veelal gemaakt aan de hand van minimale eisen. Het gebruik van bijvoorbeeld

Breeam-nl stelt hogere eisen, maar draagt niet bij aan innovatie. Het stellen van vernieuwende en ambitieuze duurzaamheidsdoelen, bijvoorbeeld Cradle to Cradle, kan leiden tot innovaties op het gebied van duurzaam bouwen.

9.4. Conclusie reflectie

Dit onderzoek is voor Witteveen+Bos een volgende stap binnen de leercurve van duurzaam bouwen. Het is niet het antwoord op de vraag hoe je duurzaam bouwen moet, maar daar is ook geen specifiek antwoord op. De kracht van duurzaam bouwen zit in de complexiteit van het begrip. Alles staat met elkaar in verbinding. Ook people, planet en profit zijn aspecten die niet los van elkaar te zien zijn.

Misschien vooraf een te verwachten conclusie, maar het draait bij duurzaam bouwen vooral om bewustwording en het delen van kennis. Het starten van een Wiki duurzaam bouwen zou vernieuwend zijn voor Witteveen+Bos. Het maakt het onderwerp interactief voor medewerkers en zal zo een groter draagvlak creëren.

Referenties

- Abidan, N.Z. (2009). *Investigating the awareness and application of sustainable construction concept by Malaysian developers*. Elsevier Ltd.
- Agentschap NL (2010). *Hoe kan een overheid via duurzaam inkopen Cradle to Cradle stimuleren? Als het gaat om milieu en leefomgeving*. Agentschap NL.
- American Society of Heating (2004). *Integrated design for sustainable buildings*. ASHRAE Journal.
- Biswas, T., T. Wang & R. Krishnamurti (2009). *Framework for sustainable building design*. Carnegie Mellon University, School of Architecture.
- Biswas, T., T. Wang & R. Krishnamurti (2008). *Integrating sustainable building rating systems with building information models*. CAADRIA.
- Braungart, M. & W. McDonough (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. New York, North Point Press.
- Braungart, M. & W. McDonough (2006). *Cradle to cradle design: creating healthy emissions - A strategy for eco-effective product and system design*. Journal of Cleaner Production.
- Braungart, M. & W. McDonough (2007). *Cradle to cradle: Afval = voedsel*. Amersfoort.
- Breyer, C. & G. Knies (2009). *Global energy supply potential of concentrating solar power*. Proceedings Solar Paces 2009.
- Chen, Y., G.E. Okudan & D.R. Riley (2009). *Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings*. Elsevier Ltd.
- Cole, R. (1998). *Emerging trends in building environmental assessment methods*. Building Research and Information.
- Cole, R. (2000). *Building environmental assessment methods: assessing construction practices*. Construction Management & Economics.
- Ding, G.K.C. (2007). *Sustainable construction: The role of environmental assessment tools*. Elsevier Ltd.
- Duijvestein, C.A.J. (2011). *De tetraëder van duurzaam bouwen*. Delft, BOOM milieukundig onderzoeken ontwerpburo.
- Dyer, W.G. Jr & A.L. Wilkins (1991). *Better stories, not better constructs, to generate better theory; A rejoinder to Eisenhardt*. The Academy of Management Review.
- Eisenhardt, K.M. (1989). *Building theories from case study research*. The Academy of Management Review.

Eisenhardt, K.M. & M.E. Graebner (2007). *Theory building from cases: Opportunities and challenges*. Academy of Management Journal.

Elkington, J. (2004). *Enter the Triple Bottom Line*. Elkington.

GBCI (2009). Sustainable building technical manual part II: Pre-design issues.

Hal, A. van (2004). *Bouwen met ambitie*. Boxtel Aeneas.

Herk, S. van (2003). *Meer ontwerpruimte voor bouwers? Een analyse van de mogelijkheid en maatschappelijk wenselijkheid bij de aanbesteding van weginfrastructurele projecten in Nederland*.

John, G., D. Clements-Croome & G. Jeronimidis (2004). *Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world*. Elsevier Ltd.

Kaan, H. (2007). *Passiefhuizen in internationaal perspectief: fors potentieel energiebesparing passief bouwen*. ECN.

Lewis, M. (2004) *Integrated design for sustainable buildings*. Building for the future, ASHRAE journal.

Martens, P. (2005). *Duurzaamheid: Wetenschap of fictie?* Universiteit Maastricht.

PeGO (2009). *Stevige ambities, klare taal! Definiering van doelstellingen en middelen bij energieneutrale CO₂-neutrale of klimaatneutrale projecten in de gebouwde omgeving*. Creatieve Energie, Energietransitie.

Ruyven, M. van (2008). *Win win in duurzame bouw*. Rotterdam: Royal Haskoning.

San-Jose, J.T., R. Losada, J. Cuadrado & I. Garrucho (2006). *Approach to the quantification of the sustainable value in industrial buildings*. Elsevier Ltd.

SEV (2007). *Leren door te demonstreren, de oogst van zeven jaar industrieel, flexibel en demontabel bouwen*. Line-Up Media services, Boxtel.

Stichting Bouwkwiteit (2011). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken*.

Tan, Y., L. Shen & H. Yao (2010). *Sustainable construction practice and contractors' competitiveness - A preliminary study*. Elsevier Ltd.

U.S. Environmental Protection Agency (2010). Green Building, basic information.
<http://www.epa.gov/greenbuilding/index.htm>

Verhagen, H. (2011). *De Duurzaamheidsrevolutie. Hoe mensen organisaties en organisaties mensen veranderen*.

Verschuren, P. & H. Doorewaard (2005). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Uitgeverij Lemma BV, Utrecht.

Wang, N., Y. Chang & C. Nunn (2007). *Lifecycle assessment for sustainable design options of a commercial building in Shanghai*. Elsevier Ltd.

Wentzel, P.L., A.L.M. Eekelen & J.J. Rip (2005). *Hogere Bouwkunde: 10 Ontwerpen*. Utrecht: ThiemeMeulenhoff.

Wijnen, G. & P. Storm (2007). *Projectmatig werken*. Utrecht: Het Spectrum b.v.

Williams, K. & C. Dair (2006). *What Is Stopping Sustainable Building in England? Barriers Experienced by Stakeholders in Delivering Sustainable Developments*. Wiley InterScience.

Witteveen+Bos (2010). *Special duurzaamheid*. Deventer.

World Commission on Environment and Development (1987). *Brundlandt report, Our Common Future*. United Nations.

Yin, R.K. (2003). *Case Study Research. Design and Methods*. SAGE Publications.

Bijlage 1 - Profiel Witteveen+Bos

Witteveen+Bos levert advies- en ingenieursdiensten voor projecten in de sectoren water, infrastructuur, milieu en bouw. Typerend voor de werkwijze is de multidisciplinaire projectaanpak. Opdrachtgevers zijn overheden, het bedrijfsleven, industrie en verschillende soorten samenwerkingsverbanden. Witteveen+Bos werkt vanuit acht vestigingen in Nederland en acht in het buitenland. Het bedrijf staat voor deskundig, betrouwbaar en betrokken.

Mensenwerk

Ruim 900 medewerkers zijn specialisten die hun kwaliteit kwijt kunnen in hun werk. Partnership is voor hen het sleutelwoord. Partnership met de opdrachtgevers en met Witteveen+Bos. Ook persoonlijke en inhoudelijke ontwikkeling staan centraal want het werk vraagt steeds om nieuwe kennis en nieuwe verantwoordelijkheden. Witteveen+Bos is een bedrijf waar medewerkers zich thuis voelen, waar kwaliteit hoog in het vaandel staat en dat graag een stapje extra zet, niet alleen voor de opdrachtgevers maar ook voor onze medewerkers.

Missie

Witteveen+Bos levert adviezen en ontwerpen op het gebied van water, infrastructuur, milieu en bouw. Topexpertise wordt ingezet om complexe vraagstukken op te lossen en Witteveen+Bos is een betrokken partner voor opdrachtgevers. Er wordt gehecht aan onafhankelijkheid en de bedrijfscultuur, waarin elke medewerker het beste uit zichzelf haalt, de talenten ten volle benut en maximale klantwaarde biedt.

Visie

Witteveen+Bos wil een advies- en ingenieursbureau van topklasse zijn. Het handelen wordt gedreven door een gezonde dosis ambities. De ambitie om te groeien als organisatie en als personen, om te excelleren op het vakgebied en om te groeien als ondernemende adviseurs en ingenieurs. Ook heeft Witteveen+Bos de ambitie om maatschappelijke vraagstukken en zaken zodanig aan te pakken, dat de aanpak ertoe doet en daadwerkelijk iets betekent voor de samenleving.

Bijlage 2 - Factory of the Future

Bronnen: www.factoryofthefuture.nl en www.witteveenbos.nl



Factory of the Future (een nu nog virtuele fabriek) heeft duurzaamheid hoog in het vaandel. Zowel voor het gebouw als voor het productieproces worden Cradle to Cradle principes ingezet om zo efficiënt en nuttig mogelijk met grondstoffen om te gaan. De grootste uitdaging ligt daarbij in het verduurzamen van productieprocessen. Deze processen vragen een grote hoeveelheid water en energie.

Definitie product en proces

Witteveen+Bos had binnen dit project de mogelijkheid om het product en het proces te definiëren. Daarbij was het zaak voorbij de grenzen van het gebouw en het perceel te kijken en na te denken over een groot en abstract systeem: de keten. Zo ontstond de vraag of het mogelijk is niet alleen de interne proceskringlopen te sluiten, maar ook de grote externe kringlopen. Is dit mogelijk met de toepassing van bestaande duurzame technieken en wat is de impact van die technieken op de schaal van een fabriek? Witteveen+Bos ontwikkelde met het consortium een model dat inzicht geeft in de complexiteit van de keten rond de fabriek.



Figuur 14: Factory of the future model

Model

Het model toont de gebruiker de plekken waar zich problemen voordoen en stelt de gebruiker in staat hiervoor duurzame oplossingen aan te dragen. Daarbij laat het model rond de locatie van de

fabriek de impact qua vierkante meters van de gekozen oplossing zien. Zo moet blijken of de inzet van een windmolen voor het opwekken van energie een goede oplossing is, afgezet tegen de energiebehoefte van het proces. Het model geeft aan hoe groot het windmolenpark zal zijn, maar velt hierover geen oordeel. Dat is aan de gebruiker zelf, die zich bewust wordt van de impact van zijn keuzes en handelingen.

Duurzame keten

Voor de consortiumpartners is een van de belangrijkste inzichten, dat een kwalitatief goede, duurzame keten uiteindelijk positief bijdraagt aan de kwaliteit van het product dat binnen de fabriek geproduceerd wordt. Het gaat verder dan de scope van het eigen proces: door gebruik te maken van het model wordt inzicht verkregen in de problematiek rondom dat proces. Zo kan een toeleverancier een op zichzelf kwalitatief goed product leveren, dat in het productieproces gebruikt wordt als grondstof. Als deze toeleverancier tegelijkertijd een bijproduct produceert met een hoge milieubelasting, slaat dat toch terug op de uiteindelijke kwaliteit van het eindproduct.

Toekomst

De volgende stappen in het project van de Factory of the Future moeten leiden tot concrete projecten, uiteindelijk zal er concreet een fabriek worden gerealiseerd. Er dienen zich mogelijkheden aan binnen verschillende industriële sectoren. Het is van belang om in projecten het model te toetsen en verder aan te scherpen met de input van bestaande en nieuwe partners. De verwerkelijking van de duurzame fabriek van de toekomst is niet eenvoudig en vergt intensieve samenwerking.

Grote inzetbaarheid

De principes en het model van de Factory of the Future zijn te gebruiken in veel projecten. Waterzuiveringen, havens en woonwijken kunnen ook gezien worden als 'fabrieken'. Een woonwijk heeft immers ook een energiebehoefte en huishoudelijk afval kan worden gezien als 'product'. Het model van de Factory of the Future is in te zetten om ook voor dit soort projecten te onderzoeken hoe de grote, externe kringlopen gesloten kunnen worden.

Bijlage 3 - Geïnterviewden

Met onderstaande personen is de tabel met het overzicht van de duurzaamheidsindicatoren voor dit onderzoek (tabel 5, hoofdstuk 5) besproken. De tabel is rij voor rij doorlopen, waarbij steeds is gekeken naar de invulling van deze duurzaamheidsindicatoren bij het project. Daarnaast is ook steeds de vraag gesteld in hoeverre Witteveen+Bos invloed heeft gehad op de gemaakte keuzes en hoe deze tot stand zijn gekomen.

APM Terminals

Om meer te weten te komen over de projectdefinitie en het ontwerpproces van APM Terminals is er voor dit project met verschillende personen gesproken van Witteveen+Bos die betrokken waren bij het project:

Tabel 12: Geïnterviewden APM Terminals

Naam	Kennis en vaardigheden
Ir. M.T. (Maarten) Veerman	Duurzaamheid, Breeam-nl, Cradle to Cradle, BIM, Factory of the Future, Witteveen+Bos Lab
Dr. ir. I.S. (Inge) Blom	Adviseur duurzaamheid, LCA met SimaPro, Breeam-nl Nieuwbouw expert, kernteam duurzaamheid
Ing. G.A. (Gert) Segers	Projectleiding installaties, klimaatinstallaties en duurzame energiesystemen, bouwfysica
Ing. P. (Peter) van Velden	Elektrotechniek, installaties gebouwen, verlichting

Berkel Milieu

Om meer te weten te komen over de projectdefinitie en het ontwerpproces van Berkel Milieu is er voor dit project met verschillende personen gesproken van Witteveen+Bos die betrokken waren bij het project:

Tabel 13: Geïnterviewden Berkel Milieu

Naam	Kennis en vaardigheden
Ing. W.J. (Wiert Jan) van Wilsem	Haalbaarheidsonderzoeken duurzame energie en energiebesparing, klimaatinstallaties en duurzame installaties, kernteam energie, thema trekker 'Energiebesparing industrie en gebouwen'
Msc. D.J. (Dirk) de Kramer	Sector milieu, klimaat en energie, LCA met SimaPro, CO ₂ analyses, Cradle to Cradle
Ing. P. (Paul) Drewes	EPC berekeningen, taskforce BIM

Bijlage 4 – Methodologie literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek is gestart met het verkennen van bestaande inzichten en theorieën over duurzaam bouwen. In eerste instantie is er gezocht naar duurzaam bouwen in het algemeen. Hierdoor zijn de verschillende invalshoeken met het opdelen in de drie of vier domeinen aan het licht gekomen. Het doel van het literatuuronderzoek was om door middel van meerdere bronnen duurzaamheidsindicatoren op te stellen.

Tijdens een volgende fase van het literatuuronderzoek is er specifiek gekeken naar de criteria ontwerpproces en methoden voor duurzaam bouwen. Onder andere via VROM en Green Buildings zijn er voor het ontwerpproces meerdere duurzaamheidsindicatoren naar voren gekomen. Het zoeken naar methoden voor duurzaam bouwen hebben onder andere geleid tot Life Cycle Assessment (LCA), Trias Energetica en Cradle to Cradle.

Belangrijke zoekwoorden tijdens het literatuuronderzoek waren in eerste instantie duurzaam bouwen (sustainable construction) en duurzame ontwikkeling (sustainable development). Later zijn hier bouwproces (construction process), ontwerpproces (design process) en methoden (methods) aan toegevoegd.

Sites

<http://linux188.utsp.utwente.nl/>

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.springerlink.com>

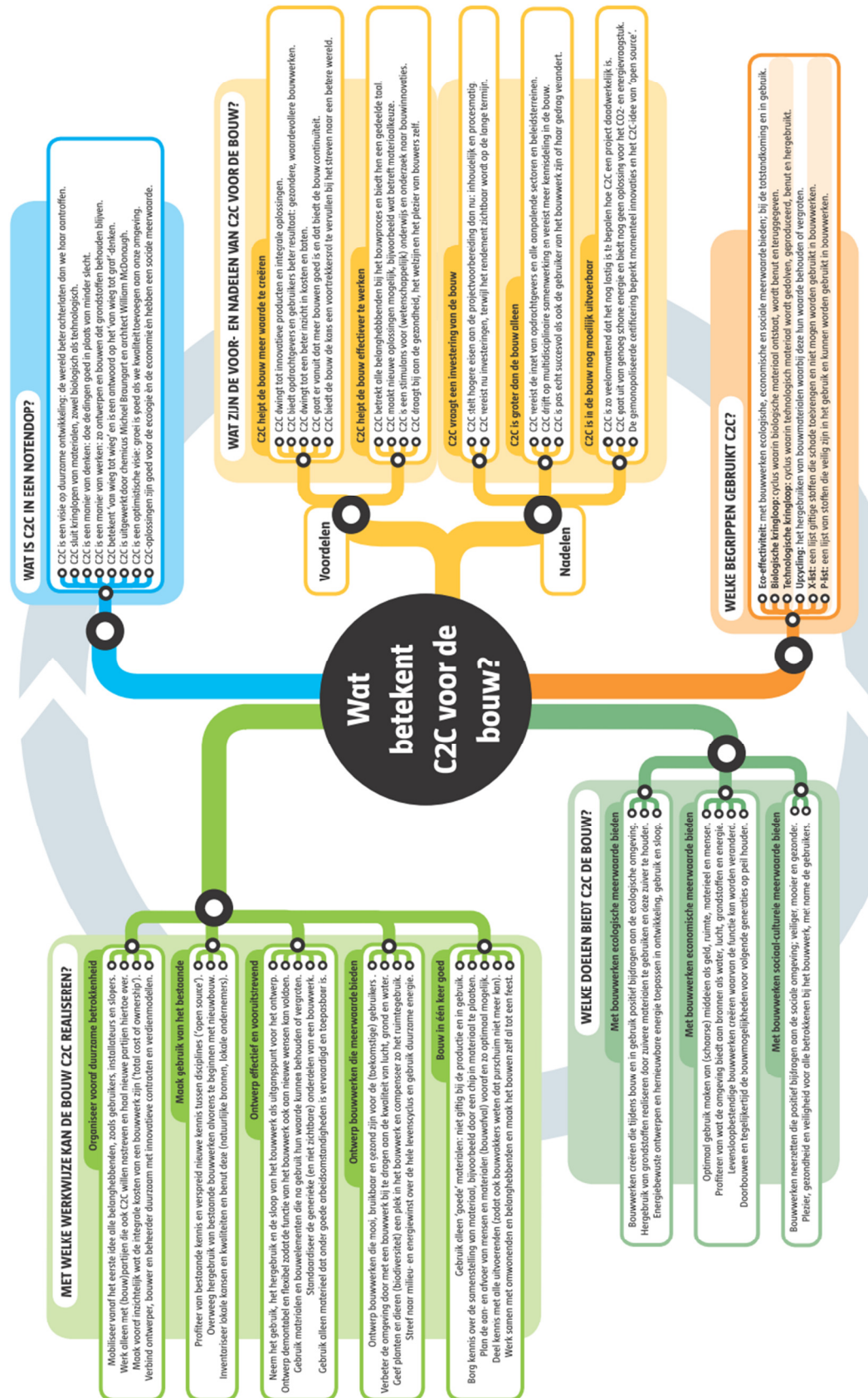
<http://ieeexplore.ieee.org>

<http://jiem.org>

<http://scholar.google.nl/>

Bijlage 5 - De C2C kaart voor de bouw

Bron: Agentschap NL (2009)



Figuur 15: De C2C kaart voor de bouw

Bijlage 6 - BIM

BIM wordt internationaal meestal begrepen als Building Information Model en wordt in het Nederlands vaak vertaald als Bouw Informatie Model. Het centrale idee achter BIM is een digitaal driedimensionaal gebouwmodel waarin alle gegevens ten behoeve van het ontwerp-, bouw- en beheerproces zijn geïntegreerd en waarmee door alle betrokken partijen in dat proces wordt gewerkt. In de afgelopen jaren zijn bouwbedrijven, ontwerp bureaus en andere partijen in de branche in toenemende mate gebruik gaan maken van BIM.

Inhoud

Een informatiemodel van een bouwwerk omvat allereerst de samenstelling van het bouwwerk (de decompositiehiërarchie) en de eigenschappen van de onderdelen, zoals afmetingen, materialen, e.d. Het 3D-model voegt daar de vormen en posities aan toe. Daarbij kan gebruikgemaakt worden van dynamische en zogenaamde intelligente objecten. Het informatiemodel bevat gegevens die aangeven wat een object is, zodat computerprogramma's objecten op elkaar kunnen laten reageren. Dit kan er voor zorgen dat bij wijzigingen alle objecten waarop een wijziging invloed heeft reageren en dat dit allemaal in de databank wordt bijgehouden. Bij traditioneel ontwerpen veroorzaken de wijzigingen vaak fouten die weer gecorrigeerd moeten worden, daardoor is het zeer arbeidsintensief en dus kostenbepalend. Ook wordt het gedetecteerd wanneer er ontwerpfouten worden gemaakt in locatie en/of afmetingen van bouwonderdelen. Een ander groot voordeel is dat het risico op verschillen tussen constructie, bouwkundig en installatie afneemt doordat alle onderdelen in 1 model worden geïntegreerd.

Door de structuur van de software kan bij een BIM ook calculatie- en rekensoftware worden gekoppeld aan het model. Ook is het mogelijk om een factor tijd en kosten mee te nemen (4D, respectievelijk 5D). Hierdoor wordt het mogelijk om de opbouw en de kosten van een gebouw of constructie te visualiseren en te analyseren.