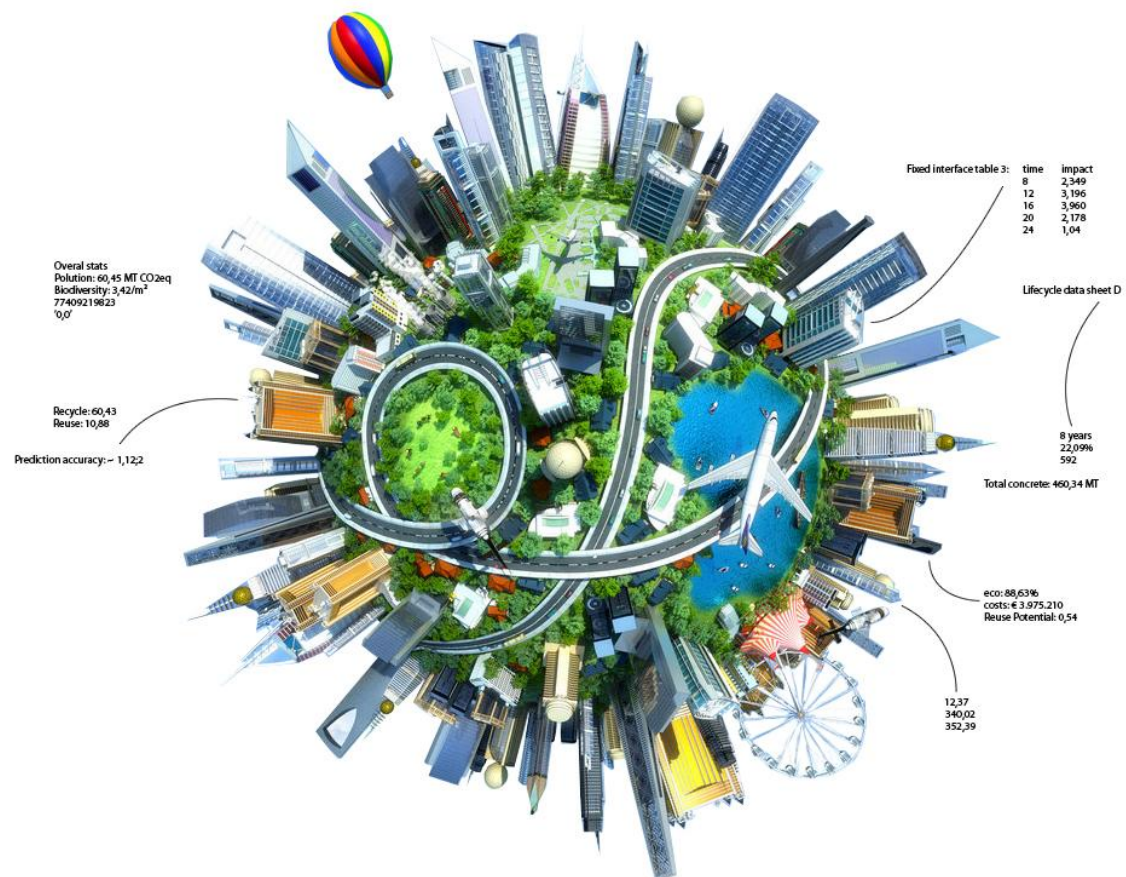


Measuring the Ecological and Economic Impact of Transformable Building

A bachelor research by Tjark van de Merwe
University of Twente, Industrial Design
Enschede, The Netherlands

4th January 2011





Measuring the Ecological and Economic Impact of Transformable Building

Printed in Enschede, the Netherlands, 2011
© University of Twente

Tjark van de Merwe
tjarkvandemerwe@gmail.com
Cover illustration by mrhahn98, deviantart

Inhoudsopgave

Table of contents

i	<i>English Summary</i>	6
ii	Definities en begrippen	8
iii	Afkortingen	8
1	Inleiding	9
2	Opdracht omschrijving	10
2.1	Doelstelling	10
2.2	Vraagstelling	10
2.3	Aanpak	11
3	IDF (Industrieel Demontabel Flexibel)	12
3.1	Werkplaats IDF	12
3.2	IDF bouw	12
3.3	LCA	13
3.4	LCA in de bouw	14
3.5	Allocatie	16
3.6	Transformatiecapaciteit	19
3.7	De-assemblage potentieel	21
3.8	Hergebruik potentieel	23
3.9	Conclusie IDF bouw	25
4	Gebruikers	26
4.1	Type gebruikers	26
4.2	Toeleverancier	26
4.3	Bouwbedrijf of architect	27
4.4	Opdrachtgever of ontwikkelaar	27
4.5	Informatiestroom	27
5	Programma van Eisen voor de ontwikkeling van het instrument	29
6	Conceptontwikkeling	31
6.1	Aanpak	31
6.2	Ontwerpkader	31
6.3	Methode	33
6.4	Opbouw in Excel	33
6.5	Main sheet	34
6.6	Result sheet	39
6.7	Development sheet	40
6.8	Info sheet	42
7	Gebruikerstest	43
7.1	Doel	43
7.2	Vorbereiding	43
7.3	Resultaten	44
7.4	Evaluatie	46

8	Optimalisatie	47
8.1	Methode	47
8.2	Interface	52
9	Conclusies en Aanbevelingen	54
Appendix A – Interview deelnemers werkplaats IDF		57
Appendix B – Overzicht gebruiksinterface		59
Appendix C – Digitale versie van het instrument		63

I English Summary

The main report is written in Dutch, hereby an English summary. For more information or to download the tool you can visit <http://www.utwente.nl/ctw/gtbcenter/Projects/>

Introduction

Transformable building is making a structure adapt to the changing needs of the user. Small adaptations like temporary protection against the summer sun and large building overhauls both belong in the domain of transformable building.

Transformable building not only gives more freedom to the user, but it is also more environmentally friendly and cheaper. This however is hard to measure, and it is even more difficult to predict. The theory of dr. Elma Durmisevic provides a framework for scientific modeling of transformable buildings. A tool has been developed allowing users to easily measure and predict the transformation potential within building concepts. This tool should have the possibility to analyze the transformability of a building and the benefits concerning costs and ecological impact.

Initial costs and eco impact

The costs of a traditional non-transformable building are complex, yet it is clear that all materials, energy and effort must be paid. The sums of these costs are the total initial building costs. Materials, energy and effort also impact the ecology at the building site, material extraction sites and to certain extend even the coffee cup of the builder impacts the environment on behalf of the building.

When one studies the above inventory of activities long enough, one will find the total initial costs and eco impact of creating a building. This impact can be fully allocated to the building. Every investment, every brick will be used only for this building until it is destroyed. When one builds a flexible building, this differs. Every investment can possibly be reused and therefore have a longer lifespan. The total initial impact remains the same, but only a part should be allocated to the first building. To predict how to allocate the materials, energy and effort to a flexible building, a new tool has been developed.

Tool setup

The main purpose of the tool is to generate a value that indicates for how long a certain part of a structure, for instance a roof element, will be used in a specific building. The roof element can be first used for a housing system, but after five years the building will be reconfigured into an office block. Because it is a transformable building, the roof element can be reused in this office block. The costs of this roof element must be split between the house and the office block depending on the functional life of the roof element after the transformation.

To estimate this functional life after the transformation, different parameters must be determined, this is done as follows;

User input	Subcategory	Final output
Technical life	Reuse Potential	Transformation Capacity
Project duration		
Interface type	Disassembly Potential	
Damage type		
Disassembly time		
Disassembly effort		
Disassembly sequence		

Technical life: indicates how long a building element will be able to fulfill its function under the projects circumstances.

Project duration: answers the question how long the element needs to fulfill its function in the project.

Interface type: allows users to differentiate between a fixed and a demountable interface

Damage type – Disassembly effort: all indicate how much effort successful replacing the element will cost

Disassembly sequence: the flexibility of the subject depends on relations between other building components and their flexibility, this is assessed in 'disassembly sequence'

In the end the reuse and disassembly potential is estimated. Reuse potential describes the technical and functional use of the object after it has been used in the project. For instance, will the roof element still be useable after it has been on top of the housing system for five years? If so, then the element will receive a positive reuse potential score.

Disassembly potential describes the ease of transformation of a given element.

These two parameters combined generate the Transformation Capacity of the element, indicating how much of the element will be used in future projects. This way the costs and ecological impact of the element can be allocated to the current building.

The future of the tool

The building industry evolves and so does the knowledge concerning transformable building. The measuring tool is completely written in *MS Excel* and can be adapted to new insights, expanded to provide more detailed information or readjusted to fit specific purposes. As more projects will use the tool, the final result will become more accurate and clear, but it remains a simulation tool. It only gives abstract and theoretical information about possibilities. This data can be used as a design guideline or frame of reference, but never as a model for the true outcome of a system. However every step in the direction of transformable building is worthwhile.

II Definities en Begrippen

Systeem:	Samenstelling van bouwcomponenten en onderdelen.
Flexibiliteit:	Aanpasbaarheid van een bouwelement aan wisselende eisen, bijvoorbeeld verschillende gebruiksscenario's, weersverandering en wisselende functionaliteit.
Duurzaam:	Van dit brede begrip wordt in dit rapport enkel de milieu kant belicht. Hierbij wordt de ecologische impact van een systeem als parameter gebruikt voor duurzaamheid.
Kosten:	Hierbij wordt verwezen naar initiële kosten van een project. Bij een systeem wordt er enkel gekeken naar de materiaal-, fabricage- en transportkosten.
Ecologische impact:	De invloed van een onderdeel, systeem of gebouw op het milieu. Om dit vast te stellen wordt er gebruik gemaakt van <i>LCA</i> methodiek.
Economische impact:	De kosten van een onderdeel, systeem of gebouw.
Functionele eenheid:	Afgebakende hoeveelheid van een omschreven functie.
Toekomst waarde:	De resterende hoeveelheid functievervulling na de functionele eenheid en de daarbij horende financiële en ecologische voordelen.

III Afkortingen

BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
DGBC	<i>Dutch Green Building Council</i>
DP	<i>Disassembly Potential</i> De-assemblage Potentieel
GUI	<i>General User Interface</i>
IDF	Industrieel/Individueel Duurzaam Flexibel
IM	Interface Moeilijkheid
LCA	<i>Lifecycle Assessment</i>
LEED	<i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>
RP	<i>Reuse Potential</i> Hergebruik Potentieel
TC	<i>Transformation Capacity</i> Transformatie Capaciteit

1 Inleiding

Dit rapport is opgesteld in het kader van de Bachelor Eindopdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De Bachelor Eindopdracht is een afsluitend onderzoek van de bachelorfase van een studie. Een student werkt hier samen met het bedrijfsleven en de universiteit aan een opdracht in een periode van minimaal drie maanden.

In dit verslag wordt de aanpak en uitkomst beschreven van een opdracht voor een groep bouwbedrijven in Twente die samenwerken in de Pioneering werkplaats IDF, een onderdeel van het Innovatie Platform Twente. In samenwerking met deze bedrijven en de Universiteit Twente is er instrument ontworpen dat eenvoudig de transformatie capaciteit van een gebouw kan weergeven. Dit wordt in dit verslag vanaf de opdracht omschrijving tot aan de gebruiksevaluatie en optimalisatie omschreven.

Deze opdracht is eind 2009 en in het eerste half jaar van 2010 uitgevoerd aan de Universiteit Twente door Tjark van de Merwe. De opdracht is vanuit de Pioneering werkplaats IDF inhoudelijk begeleid door dr. Elma Durmisevic en vanuit de Universiteit Twente ondersteund door ir. Marten Toxopeus.

Dit verslag is gericht op een doelgroep met een basiskennis van bouwsystemen en levenscyclus analyse. Het instrument zelf is ontwikkeld in het Engels, de verslaglegging is op de samenvatting na geheel in het Nederlands.

Veel leesplezier toegewenst.

Tjark van de Merwe

2 Opdracht Omschrijving

De opdracht opgesteld door de opdrachtgever dr. Elma Durmisevic luidde:

“Ontwikkel een instrument in MS Excel dat door de deelnemers van de werkplaats IDF gebruikt kan worden om de milieu-impact van IDF bouwen in kaart te brengen.”

2.1 Doelstelling

Het doel van deze opdracht is het ontwikkelen van een instrument als toevoeging aan de in ontwikkeling zijnde Building Component Database, een database met bouwcomponenten die beoordeeld worden op duurzaamheid, comfort en kosten. Dit wordt gedaan door het uitwerken van het onderdeel duurzaamheid op gebouwniveau.

Dit onderwerp wordt uitgewerkt door de ontwikkeling van een instrument voor de werkplaats IDF waarmee de eigenschappen van IDF bouwen inzichtelijk gemaakt worden.

Het instrument zal aan de eisen van de verschillende gebruikers moeten voldoen:

- het zal de IDF bouwer in staat moeten stellen om zijn ontwerpen objectief te evalueren en hierdoor te verbeteren;
- het zal de opdrachtgever een instrument moeten geven om inzicht te krijgen in de bouwconcepten die hem worden aangeboden;
- het instrument zal de toekomstige ontwikkelaars van de Building Component Database een referentiekader en opzet geven voor verdere ontwikkeling.

Het instrument moet dus gebruikt kunnen worden als evaluatiemethode, communicatiemiddel en als kader voor verdere ontwikkeling.

Omdat ontwikkeling en toegankelijkheid een belangrijke rol spelen in deze opdracht, is gesteld dat het instrument in *MS Excel* moet worden uitgewerkt. Het instrument kan zo door iedereen aangepast worden door nieuwe inzichten en er kan meer informatie worden toegevoegd.

2.2 Vraagstelling

Op dit moment is het mogelijk de milieu-impact of levenscycluskosten van een gebouw vast te stellen, er zijn hiervoor veel instrumenten beschikbaar en de afgelopen jaren is er veel ontwikkeld op dit vlak. In deze opdracht gaat het er ook niet om een volgende *GreenCalc* of BREEAM te ontwikkelen, maar om de koppeling te maken tussen IDF bouwen en de LCA methodiek. Dit is iets wat tot op heden nog niet gedaan is.

Dit vormt de hoofdvraag van deze opdracht:

Hoe kunnen de eigenschappen van IDF bouwen inzichtelijk gemaakt worden voor de werkplaats IDF?

Deze hoofdvraag bevat de aanname dat de IDF bouwmethodiek iets toevoegt aan de bouw waarvan de impact niet in kaart te brengen is met de huidige LCA instrumenten. Om hierop een helder antwoord te geven zullen de volgende deelvragen beantwoord worden:

1. Waarin onderscheidt IDF bouw zich?

Wat is IDF bouw?

Wat is traditionele bouw?

Hoe wordt de impact van traditionele bouw in kaart gebracht?

Wat ontbreekt er aan de huidige LCA methodiek voor IDF bouw?

Op het moment dat duidelijk is wat het verschil is van IDF bouw ten opzichte van traditionele bouw, is het de vraag hoe de consequenties hiervan het beste inzichtelijk gemaakt kunnen worden door middel van een instrument.

2. Wat zijn de eisen en wensen die de werkplaats IDF stelt aan een evaluatie-instrument?

Wie zijn de gebruikers?

Welke informatie willen de gebruikers?

Welke informatie hebben de gebruikers?

Nu de eisen en wensen van de gebruikers bekend zijn, zal er onderzocht worden wat de beste manier is om de gewenste informatie te verkrijgen.

3. Wat is de architectuur van het instrument?

Wat is de gewenste output?

Hoe komt de output tot stand?

Welke informatie dient als input?

Nu de input en output van het systeem zijn gedefinieerd, zal de berekening worden uitgewerkt.

4. Wat zijn de benodigde reken stappen?

De architectuur zal vervolgens op een geschikte wijze vertaald moeten worden naar de gebruikers.

5. Wat is een geschikte invulling van deze elementen?

Wat is een goede representatie van de output?

Wat is een goede representatie van de input?

Hoe wordt de onderliggende methodiek duidelijk?

2.3 Aanpak

Het beantwoorden van de eerste deelvraag, *‘Waarin onderscheidt IDF bouw zich?’* zal gedaan worden door een literatuurstudie naar IDF bouw, traditionele bouw en LCA instrumenten en door gesprekken met deelnemers van de werkplaats IDF en experts op het gebied van duurzame bouw op de Universiteit Twente.

In deze gesprekken zal ook deelvraag twee, *‘Wat zijn de eisen en wensen die de werkplaats IDF stelt aan een evaluatie-instrument?’* beantwoord kunnen worden. Nadat de eisen van de verschillende gebruikers in kaart zijn gebracht zal de architectuur van het instrument ontwikkeld kunnen worden. De gewenste output dient hierbij als basis om deelvraag drie, *‘Wat is de architectuur van het instrument?’* te beantwoorden. Zodra de relatie tussen de in- en output bekend is zal deelvraag vier, *‘Wat zijn de benodigde rekenstappen?’* beantwoord worden aan de hand van een theoretisch model, dit zal de uitkomst zijn van een literatuurstudie en een experts interview over IDF bouw.

Om vervolgens deze architectuur te vertalen naar een handige *GUI* en hiermee deelvraag vijf, *‘Wat is een geschikte invulling van deze elementen?’* te beantwoorden zal er allereerste een literatuurstudie gedaan worden naar richtlijnen voor het ontwerpen van een *GUI*. Met deze informatie zal een concept uitgewerkt worden, een gebruikerstest met dit concept zal het ontwerp evalueren en er zal een tweede versie van het ontwerp gemaakt worden.

De tweede versie zal onderworpen worden aan een gebruikerstest waarna er aanbevelingen gedaan zullen worden voor verdere verbeteringen.

3 Industrieel Demontabel Flexibel

De vraag om een instrument te ontwikkelen is ontstaan binnen een groep bedrijven en onderzoekers die zich bezig houden met IDF bouw. In dit hoofdstuk zal een antwoord gegeven worden op deelvraag 1, 'Waarin onderscheidt IDF bouw zich?'. Allereerst zullen de werkplaats IDF, en IDF bouwen behandeld worden. Vervolgens zal er ingezoomd worden op LCA methodiek voor traditionele bouw om uiteindelijk vast te kunnen stellen wat er ontbreekt aan de huidige LCA methodiek om IDF bouw te beoordelen.

3.1 Werkplaats IDF

De afkorting 'IDF' staat voor individueel of industrieel, flexibel en demontabel. Dit zijn de speerpunten van IDF bouw. De werkplaats IDF heeft als doel het ontwikkelen van nieuwe producten voor de bouw die industrieel geproduceerd worden, duurzaam zijn en flexibel gebruikt kunnen worden. Het is een samenwerkingsverband van negen bouw gerelateerde bedrijven en twee kennisinstellingen¹ in de regio Twente. In de groep bedrijven bevinden zich zowel toeleveranciers, bouwers als opdrachtgevers. Er wordt gewerkt vanuit de overkoepelende stichting Pioneering², een onderdeel van het cluster bouw van het innovatieplatform Twente. De algemene doelstelling van het innovatieplatform is het bij elkaar brengen van overheid, ondernemingen, onderwijs en onderzoek. Het doel van Pioneering is hierbij ervoor te zorgen dat innovatie ook daadwerkelijk leidt tot nieuwe bedrijvigheid en werkgelegenheid in de Twentse bouw.

De werkplaats IDF is een van de negen werkplaatsen binnen Pioneering. Hier volgt een korte beschrijving van de drie speerpunten van de werkplaats.

3.2 IDF bouw

Industrieel/Individueel

Productie en assemblage van bouwcomponenten worden door middel van industriële prefabricage zoveel mogelijk onder geconditioneerde omstandigheden uitgevoerd, dit om kosten te drukken en de kwaliteit van het eindproduct te verbeteren. Hierbij wordt gestreefd naar het creëren van gebouwen die afgestemd zijn op de individuele wensen van de gebruiker. Ook wat betreft vormtaal wordt er gezocht naar locatiespecifieke oplossingen, dit mede om de stigmatisering van systeem/module bouw de kop in te drukken.

Duurzaam

De producten van de werkplaats IDF worden geacht een positieve bijdrage te leveren aan duurzaamheid. Dit heeft mede te maken met het laatste punt, flexibiliteit. Maar ook de milieu-impact (van bijvoorbeeld materialen) moet zo klein mogelijk blijven.

Flexibel

Een gebouw moet kunnen reageren op de veranderende wensen van de gebruiker, op de omgeving waarin het is gebouwd en op toekomstige toepassingen als het niet meer dit gebouw moet zijn. De vernietiging van een onderdeel of systeem van het gebouw terwijl dit nog niet aan vervanging toe was wordt hierbij gezien als een ontwerpfout. Flexibele bouw heeft niet enkel een duurzamer gebouw als resultaat, maar ook een comfortabel en goedkoop gebouw.

¹ Deelnemende bedrijven: 4D Architects, Hodes Bouwsystemen, De Woonplaats, Raab Karcher, VanDijk, Winkels Techniek, Plegt-Vos, Twinta, De Groot Vroomshoop. Deelnemende kennisinstellingen: Universiteit Twente, Saxion

² <http://www.pioneering.nl/>

De bedrijven in de werkplaats proberen allemaal op hun eigen manier binnen hun vakgebied invulling te geven aan deze doelen. Er lopen op het moment vier projecten waarbij de bedrijven bezig zijn om in een praktijkcase producten te ontwikkelen die IDF gemaakt worden.

Probleem

Het probleem dat de bedrijven in de werkplaats IDF tegenkomen is dat het moeilijk is om inzicht te krijgen in de precieze voordelen van de toepassing van de IDF principes in een project. De speerpunten zijn helder, maar het is moeilijk te voorspellen wat de precieze winst is met betrekking tot duurzaamheid of kosten. Dit is echter wel belangrijk bij het communiceren van een idee naar een opdrachtgever, het beoordelen van concepten binnen een ontwerpteam of het onderling vergelijken van verschillende alternatieven.

3.3 Life Cycle Assessment

Een *life cycle assesment* of LCA is een instrument waarmee de duurzaamheid van een product uitgedrukt kan worden. Hierbij analyseert een LCA de levenscyclus van het product door middel van een cradle to grave benadering. Alle stromen van materiaal en energie die helpen bij de totstandkoming, het functioneren en de afdanking van het product worden in kaart gebracht. Vervolgens wordt de milieu-impact van dit gebruik van materiaal en energie berekend.

Een lifecycle assesment wordt gedaan in de volgende stappen^{3,4}.

Goal and scope

Het doel van de LCA wordt vastgesteld. Het onderzoeksgebied wordt afgebakend en het te onderzoeken object wordt omschreven door middel van een functionele eenheid. In een functionele eenheid wordt het object omschreven als het uitvoeren van een functie, met bepaalde eisen voor een bepaalde tijd. Bijvoorbeeld, tien personen een jaar lang iedere dag vijftig kilometer vervoeren binnen een uur. Het object dat hiermee omschreven wordt kan een bus zijn, of een trein, enzovoort. Het is nu wel mogelijk om deze functiedragers met elkaar te vergelijken.

Om het doel en de reikwijdte van een LCA vast te stellen zijn er drie vragen van belang⁵:

1. Wat is het doel van het onderzoek en binnen welke maatschappelijke context valt het onderzoek? Bijvoorbeeld commerciële of beleidsmatige doelstellingen.
2. Op welke basis moet de vergelijking plaats vinden? Betreft het een specifieke levensfase en welke eenheden en grootheden zijn van toepassing.
3. Wat is de specifieke vraag waar de levenscyclusanalyse een uitkomst voor kan genereren? In hoeverre biedt het uitvoeren van een levenscyclusanalyse qua productsysteem, ruimte, tijd en aard van de productie en consumptie antwoorden voor het bovenliggende maatschappelijke vraagstuk.

Life cycle inventory

Het in de eerste stap afgebakende onderzoeksgebied wordt opgedeeld in zo klein mogelijke eenheden. Vervolgens worden de milieu-ingrepen voor deze eenheden in kaart gebracht. Hierbij zijn milieueffecten de gevolgen van deze ingrepen. De milieu-ingrepen beschouwen enkel een fysische onttrekking of toevoeging aan het milieu als gevolg van het product.

Life cycle impact assessment

In deze stap worden de milieu-ingrepen omgezet in milieueffecten. Hierbij is de huidige stand van de kennis op dit gebied een belangrijke maatstaf voor accurate. Hierdoor is het belangrijk dat er een recente versie gebruikt wordt van de gebruikte software of database.

³ gebruikt citaten uit Civieltechnische Milieukunde, D.C.M. Augustrijn & A.G. Entrop, 2010

⁴ ISO 14040 en ISO 14044, 2010

⁵ Bras-Klapwijk e.a., 2003

In deze fase wordt bijvoorbeeld de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij alle processen opgeteld en omgezet in een indicator voor het effect op het broeikaseffect of de aantasting van de ozonlaag. Hierbij geeft een karakteriseringsmodel het verband weer tussen een ingreep en de bijbehorende verandering van de indicator van de geselecteerde effectcategorie. In het ene geval is een milligram al voldoende om veel schade toe te brengen, terwijl in andere gevallen tonnen nodig zijn om een merkbaar effect te geven. Deze verhoudingen zijn van grote invloed op de score het bestudeerde product of alternatief.

Vervolgens worden deze resultaten inzichtelijk en voor vergelijk geschikt gemaakt door ze te wegen aan de hand van een referentieproduct of het resultaat uit te drukken in milieukosten⁶. Hiervoor zijn de effecten ten opzichte van elkaar ook gewogen, dit is locatie/opdracht specifiek.

Interpretation

De laatste stap in het doorlopen van een LCA-studie is de interpretatie van de resultaten. Een aspect dat bij deze laatste hoort, is de onzekerheidsanalyse. In hoeverre kunnen de ingevoerde variabelen afwijken en wat is het effect van deze afwijking op de resultaten?

Hiernaast zit er ook nog stuk onzekerheid in de methode en de gebruikte weegfactoren en heeft de normalisatie een grote invloed op het eindresultaat. Het is in deze fase belangrijk om hierop terug te blikken en deze mogelijke onzekerheden te herkennen en te erkennen.

3.4 Life Cycle Assessment in de bouw

In de Nederlandse bouwwereld zijn op het moment drie toonaangevende LCA methodes.

Het Amerikaanse LEED

Ontwikkelaar: U.S. Green Building Council, 1998

Doel: Verbeteren van de prestaties van een gebouw op het gebied van energie besparing, water efficiëntie, CO₂ uitstoot reductie, kwaliteit van het binnen klimaat en het beheer van grondstoffen.

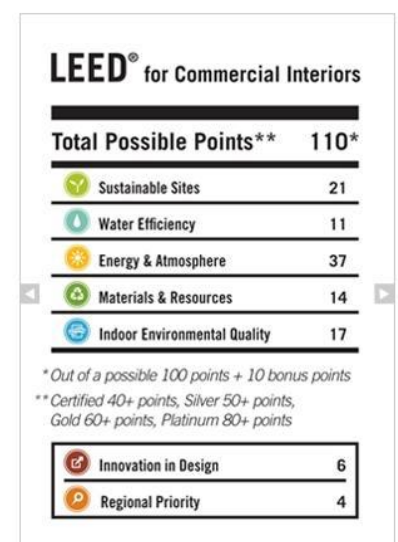
Richt zich hierbij op het ontwerp van een gebouw.

Invoer: Negen hoofdparameters worden bepaald aan de hand van vaste eisen en of daaraan wordt voldaan.⁷

Uitkomst: Enkele indicator in het bereik van 1 tot 100 punten, dat wordt vertaald naar een metaal.

De indicator bestaat uit 7 afzonderlijke scores die afhankelijk van het soort project gewogen worden.

Voor/nadelen: Een enkele indicator geeft als beoordelings mechanisme weinig informatie. Het proberen op te werken van de score kan een motivator zijn voor het gebruik van meer duurzame technieken of materialen. Als ontwerp handleiding en inventaris van mogelijkheden om een gebouw meer duurzaam te maken is dit daarom een geschikt instrument. De toegang tot het gebruik van het instrument is beperkt aangezien enkel een gecertificeerd iemand dit instrument mag gebruiken om een label te verstrekken. Dit voorziet in een objectieve beoordeling, hoewel dit eigenlijk het doel van het instrument voorbij schiet, het is immers een ontwerp handleiding en niet een beoordelingsinstrument, toch wordt het zo wel gebruikt.⁸



Figuur 1 LEED onderdelen en weging

⁶ TWIN-model, NIBE 2002

⁷ Voorbeeld LEED eisen en vertaling naar punten: http://www.youtube.com/watch?v=So2FvWd_sUw

⁸ LEED score als voorbeeld: <http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2010/5/1/Benedictine-Monastery-Receives-Highest-LEED-Score/>

Het Engelse BREEAM

Ontwikkelaar: Building Research Establishment, nu ook in Nederlandse ontwikkeling door de Dutch Green Building Council

Vergelijkbaar met LEED, ook negen categorieën waarin gescoord wordt aan de hand van criteria. Een weging van deze categorieën die zich vertaalt in een enkel eindscore. Door de Nederlandse ontwikkeling en de wat meer internationale scope van BREEAM is data waarschijnlijk beter afgestemd op de situatie hier in Nederland. Ook worden initiatieven hier in Nederland, zoals IFD bouw sneller geïmplementeerd in dit instrument.⁹

Volgens de DGBC is dit internationaal het meest gebruikte instrument. Het is gratis te downloaden en de informatie voorziening rondom dit instrument is beter gestructureerd. Hierdoor is dit een meer geschikt instrument om in Nederland te gebruiken als ontwerp richtlijn dan LEED.

Het Nederlandse GreenCalc

Ontwikkelaar: Stichting Sureac, 1997

Doel: Kwantificeren van de duurzaamheid van een gebouw in een hoofd parameter of deel parameters.¹⁰

Invoer: Wizard waarmee het gebouw gemodelleerd wordt

Uitkomst: Verborgene duurzaamheidskosten in verschillende effect categorieën.

Voor/nadelen: Het modeleren van het gebouw gaat erg eenvoudig, er zit veel informatie al voorgeprogrammeerd dit zorgt voor een enorme reductie in invoerhandelingen. Door de meer op maat gemaakte invoer van data is het meer zeggend dan de hiervoor behandelde instrumenten op het gebied van een evaluatie instrument. Het is anders in gebruik als ontwerper omdat de richtlijnen vertaald worden naar kosten in plaats van concrete criteria.

Het werken met standaard modules van materialen en gebruiksscenario's geeft niet een geheel exact beeld van het te evalueren ontwerp, de vraag is echter of dit mogelijk en of zinvol is.

Milieueffectcategorie	Equivalent eenheid	Schaduw prijs [€ / kg equivalent]
Uitputting abiotische grondstoffen – ADP	Sb eq	€ 0,16
Uitputting biotische grondstoffen – BDP	Sb eq	€ 0,16
Klimaatverandering – GWP 100 j.	CO ₂ eq	€ 0,05
Aantasting ozonlaag – ODP	CFK-11 eq	€ 30
Humane toxiciteit – http	1,4-DCB eq	€ 0,09
Zoetwater aquatische ecotoxiciteit – FAETP	1,4-DCB eq	€ 0,03
Terrestrische ecotoxiciteit – TETP	1,4-DCB eq	€ 0,06
Fotochemische oxydantvorming – POCP	C ₂ H ₂ eq	€ 2
Verzuring – AP	SO ₂ eq	€ 4
Vermesting – EP	PO ₄ eq	€ 9

Figuur 2 Berekening schaduw prijs zoals gedaan in BREEAM en GreenCalc

Evaluatie

Een van de bovenstaande LCA's zou in gebruik kunnen worden om een bouwconcepten te vergelijken of om de ontwerper te helpen in het ontwikkelproces. Hier ontstaat echter een probleem; IDF bouw richt zich erg op de herbruikbaarheid en aanpasbaarheid van een gebouw, systeem of component. En hiermee op het hergebruik van al het materiaal en de energie dat gebruikt is bij de totstandkoming van dit systeem. Nu is het moeilijk om te voorspellen hoeveel materiaal en energie er hergebruikt kan worden. En de LCA's die zich richten op de traditionele bouw bieden geen mogelijkheden om dit goed in kaart te brengen, of om hier de voor- en nadelen van te analyseren. Daarnaast wordt door alle effecten onder één noemer te plaatsen het gebruik van het eindresultaat, de indicator, erg moeilijk. Greencalc bied hierbij nog het meeste mogelijkheden omdat het model vrij eenvoudig op een aspect te richten is en de uitvoer vrij gedetailleerd is.

⁹ http://www.wiki.dgbc.nl/index.php?title=Mat_X_IFD, 2010

¹⁰ Reader Greencalc+, Civieltechnische Milieukunde, Bram Entrop, 2009

3.5 Allocatie

Het voordeel van IDF bouw zit hem in het hergebruik van materiaal en energie. Dit komt omdat de levensduur van een gebouw verlengd kan worden doordat het gemakkelijk is aan te passen. Of doordat systemen of onderdelen na demontage hergebruikt worden in een nieuw gebouw. In beide gevallen voorkomt IDF bouw het wegwerpen van materiaal en energie en het klinkt aannemelijk dat dit voordelen oplevert. Deze voordelen zijn op twee manieren te omschrijven:

Voorkomen producten en verdeelde impact

Het hergebruiken van producten voorkomt het maken van nieuwe producten die deze functie zouden moeten vervullen. Bij het ontwerpen van een herbruikbaar product ontwerp je de mogelijkheid om het product meerdere keren in te zetten. Hiermee wordt de productie van nieuwe producten voorkomen. Een product dat dit principe toepast is bijvoorbeeld de statiegeldfles. Iedere keer dat een fles wordt ingeleverd en hergebruikt voorkomt dit de productie van een nieuwe fles en hiermee ook het gebruik van nieuwe materialen, energie en geld.

De impact van de voorkomen producten zou nu kunnen worden afgehaald van de impact van het herbruikbare product, zoals te zien in figuur 3.

Figuur 3 Voorbeeld Allocatie voorkomen producten

			
DRIE MAAL - De twee producten hiernaast worden vergeleken bij een volgende functionele eenheid; drie maal 1,5l cola bewaren en distribueren. De totale impact van de statiegeldfles voor deze functionele eenheid is 100. Die van de wegwerpfles is 120, de statiegeldfles is waarschijnlijk beter. Als er gekeken wordt naar voorkomen producten, kan er voor iedere keer dat de een fles hergebruikt wordt ook 40 van de impact afgehaald worden. Elke keer voorkomt men namelijk de productie van een wegwerpfles	Statiegeldfles 1 Impact:100	Wegwerpfles 1 Impact:40	
	Statiegeldfles 1	Wegwerpfles 2 Impact:40	
	Statiegeldfles 1	Wegwerpfles 3 Impact:40	
	Σ Voorkomen producten	100 impact -20 impact	120 impact 0 impact
EEN MAAL - De twee producten hiernaast worden vergeleken bij een volgende functionele eenheid; een maal 1,5l cola bewaren en distribueren. De totale impact van de statiegeldfles voor deze functionele eenheid is 100. Die van de wegwerpfles is 40. Wanneer je echter rekening houdt met de mogelijkheid om de statiegeldfles her te gebruiken zijn verschillende mogelijkheden. Of het meenemen van de producten die voorkomen worden en of het verdelen van de impact over het toekomstige gebruik.	Statiegeldfles 1 Impact:100	Wegwerpfles 1 Impact:40	
	Statiegeldfles 1		
	Statiegeldfles 1		
	Σ Voorkomen producten Verdeelde impact	100 impact -20 impact 33 impact	40 impact 0 impact 40 impact

Allocatie

Het toewijzen van een impact aan een product bij een gegeven functionele eenheid is allocatie. Bij het uitvoeren van een lifecycle assesment speelt allocatie een belangrijke rol. In het voorbeeld van de flessen is het mogelijk de impact van de fles op verschillende manieren toe te wijzen aan de functionele eenheid. Het belangrijkste is het creëren van een realistisch beeld.

Allereerst zal het principe van voorkomen producten onderzocht worden aan de hand van de volgende vragen:

Voorkomt hergebruik van een product de productie van het product zelf?

Dit klinkt als een logische benadering, iedere keer dat een product hergebruikt wordt hoeft dat zelfde product namelijk niet gemaakt te worden.

Hoe worden deze voorkomen producten meegenomen in de vergelijking?

De impact van dit product is bekend (100, zie voorbeeld x), het is echter niet realistisch om de impact dan maar op 0 te zetten op het moment dat het een keer hergebruikt wordt. Ook levert het product dan zelfs een negatieve impact, een positieve bijdrage vanaf het derde gebruik. Dit is niet correct aangezien er nog steeds grondstoffen en energie gebruikt zijn om het product te maken. Hergebruik beschouwen als het voorkomen van het product is onrealistisch, een andere benadering zal geprobeerd worden.

Voorkomt hergebruik de productie van een vergelijkbaar product dat niet ontworpen is voor hergebruik?

Dit is gedaan in het voorbeeld door te zeggen dat voor iedere keer dat een statiegeldfles hergebruikt wordt de productie van een fles zonder de hergebruikcapaciteit bespaard wordt.

Hoe worden deze voorkomen producten meegenomen in de vergelijking?

Dit geeft in het voorbeeld een minder positief beeld dan het voorkomen van het product zelf. Dit aangezien de impact van het alternatief kleiner (40 ten opzichte van 100) is dan de impact van het product zelf. Allereerst is er het probleem dat de keuze van het voorkomen product moeilijk is en veel verschil maakt, dit zorgt voor een hoge onbetrouwbaarheid van de data. Vervolgens is er het zelfde probleem bij het meenemen van deze producten in de berekening als bij het voorkomen van het product zelf. Hergebruik beschouwen als het voorkomen van nieuwe producten is moeilijk te vertalen naar een te gebruiken methode.

Het verdelen van de impact over de totale functionele capaciteit van een product is een tweede mogelijke aanpak. Bij voorkomen producten wordt er altijd een vergelijking opgesteld, het hergebruik scenario wordt dan uitgezet tegen een mogelijk scenario waarin steeds nieuwe producten worden gemaakt. Bij allocatie door middel van het verdelen van de impact over de functionaliteit van het product is enkel het hergebruik scenario relevant. Er moet ingeschat worden hoe vaak een product hergebruikt kan worden. Met deze informatie kan gesteld worden hoeveel van het functionele leven gebruikt wordt voor het uitvoeren van deze functionele eenheid. Bijvoorbeeld, een fles kan drie maal hergebruikt worden, dit betekent dat er dus een derde van de totale functionaliteit gebruikt wordt voor de functionele eenheid; 'een maal 1,5l cola bewaren en distribueren.'. De impact van deze functionele eenheid is dus ook gelijk aan een derde van de totale impact van de fles.

Allocatie door het verdelen van de impact over het functionele leven lijkt een realistische benadering te geven. Er is altijd sprake van een negatieve impact, maar naarmate het product voor de functionele eenheid minder van zijn totale functionele mogelijkheden gebruikt gaat de impact omlaag.

In dit voorbeeld wordt de impact verdeelt aan de hand van functionele mogelijkheden; de fles kan drie maal gebruikt worden, dus hoeft er aan een enkel gebruik maar een derde van de impact

toebedeeld worden. Er zijn nog meer mogelijkheden om de impact toe te wijzen, een veel gebruikte manier is de economische waarde.

Functionele ruimte

Allocatie door middel van functievervulling lijkt vrij helder maar het omvat veel informatie, zo kan het vervullen van een functie ook gemeten worden aan de hand van economische waarde, gebruiksduur of volume. Om de problematiek helder te krijgen volgt hier een op IDF bouw gericht voorbeeld.

Figuur 4 Voorbeeld Allocatie aan de hand van Functie

Flexibele Façade – Er is een flexibele façade ontwikkeld, deze façade kan gemakkelijk van de gevel gehaald worden en weer worden hergebruikt in een andere configuratie of een ander gebouw.

In het voorbeeld word deze façade op drie manieren gebruikt.

A. Allereerst wordt de façade vijf jaar lang gebruikt in een woning.

Waarde woning: €200.000

Gebruikte tijd: 3 personen gem. 16 uur per dag

B. Vervolgens wordt de woning hergeconfigureerd en gaat de façade nog eens twee jaar mee.

Waarde woning: €300.000

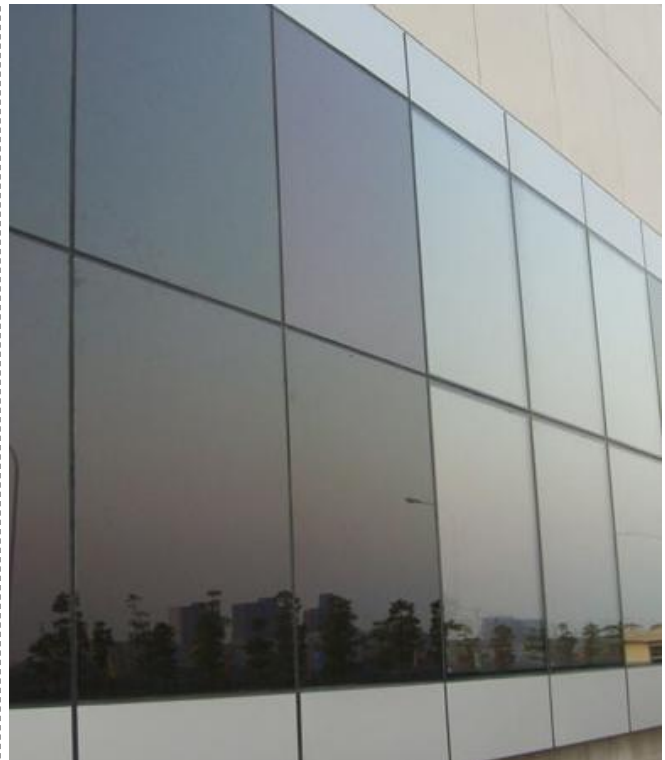
Gebruikte tijd: 5 personen gem. 12 uur per dag

C. Na deze twee jaar wordt de woning toch afgebroken, de façade wordt verplaatst naar een klaslokaal waar het nog drie jaar dienst doet.

Waarde klaslokaal: €100.000

Gebruikte tijd: 30 personen gem. 6 uur per dag

Na deze tien jaar gaat de façade kapot en wordt het vernietigd.



Façade
Impact:100

Woning

5 jaar

Waarde woning: €200.000

3 pers. 16 uur per dag

Herconfiguratie

2 jaar

Waarde woning: €300.000

5 pers. 12 uur per dag

Klaslokaal

3 jaar

Waarde woning: €100.000

30 pers. 6 uur per dag

De impact van de façade zou verdeeld moeten worden over de drie scenario's. Om de impact op een juiste manier te verdelen moet een verhouding gekozen worden tussen de drie scenario's die de werkelijke toegevoegde waarde van de façade gebruikt. De economische waarde van het gebouw wordt bepaald door allerlei parameters die buiten de façade om spelen, dit levert dus niet een juiste deelsleutel op.

De hoeveelheid gebruikers die de façade gebruiken levert al een ietwat eerlijker beeld op, het zou omschreven kunnen worden als de functionaliteit van de façade. Hiermee wordt de façade echter tekort gedaan, aangezien wanneer hij geen gebruikers beschermd vervult hij nog steeds zijn functie, hij vormt nog steeds de schil van het gebouw. Eigenlijk is enkel de tijd dat de façade de schil vormt

van een gebouw van belang. Want het gaat om het feit dat de façade voor een bepaalde tijd een bepaald oppervlakte bedekt.

Dit geldt voor veel bouwcomponenten en systemen, de tijd dat een wand, een vloer of een trap in een bepaald gebouw staat ten opzichte van de totaal mogelijke tijd dat dit systeem in een gebouw kan staan is de allocatie verhouding. Dit bepaald hoeveel van de grondstoffen en energie die in het onderdeel gestopt zijn moeten worden toegewezen aan dat specifieke gebouw of scenario. Voor het voorbeeld betekend dit het volgende.

Figuur 5 Uitwerking voorbeeld Allocatie aan de hand van Functie

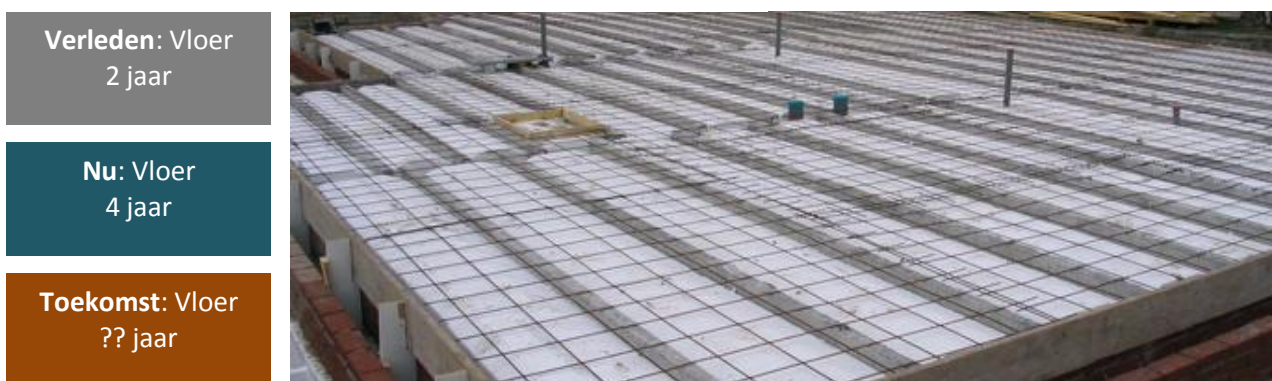


3.6 Transformatie Capaciteit

Het toewijzen van impact door middel van het verdelen van de impact over het totale functionele leven van het product is met de huidige LCA's mogelijk. Wanneer een ontwerper terugkijkt naar zijn product en ziet hoe het is gebruikt is, zoals in het voorbeeld met de façade, is een LCA van het product voldoende om aan te geven hoeveel impact iedere functie heeft gehad.

Het probleem met IDF bouw is het feit dat het moeilijk is om in te schatten wat toekomstige gebruiksscenario's zijn.

Figuur 6 Toekomstig gebruik



Om het toekomstige gebruik van een bouwsysteem of component in te kunnen schatten is er door Elma Durmisevic een model ontwikkeld¹¹. Dit model gaat uit van drie parameters:

De-assemblage Potentieel, de mate waarin een samenstelling van materialen, componenten of systemen weer uit elkaar gehaald kan worden.

Hergebruik Potentieel, de mogelijkheid om het materiaal, component of systeem weer in te zetten.

¹¹ Elma Durmisevic, Transformable Building Structures, 2006

Transformatie Capaciteit, de hoeveelheid functionele inzetbaarheid van een materiaal, component of systeem ten opzichte van een functionele eenheid.

Uiteindelijk bepaalt de transformatie capaciteit hoeveel tijd de vloer in voorbeeld x nog gebruikt kan worden na zijn functionele leven van vier jaar. De transformatie capaciteit is als volgt opgebouwd:

Figuur 7 Opbouw transformatie capaciteit

Transformatie Capaciteit	=	Deassemblage Potentieel	x	Hergebruik Potentieel
		Interface type		Technische levensduur
		Interface geometrie		Functionele levensduur
		Assemblage sequentie		Functionele eenheid

De transformatie capaciteit wordt bepaald door het gemak waarmee het component gede-assembleerd kan worden en de hergebruik mogelijkheden van dat component.

Wanneer de transformatie capaciteit bijvoorbeeld 50% is, betekent dit dat de helft van de verwachte levensduur gebruikt is na het uitvoeren van een zekere functie. De andere helft is nog klaar voor gebruik of is al gebruikt in een eerder stadium van de levenscyclus.

Figuur 8 Voorbeeld transformatie capaciteit

Vloersysteem – De transformatie capaciteit zal in dit voorbeeld aangeven hoeveel van de impact van de vloer gealloceerd moet worden op de blauwe functionele eenheid; 4 jaar lang een vloer zijn. Hiervoor is de vloer al 2 jaar lang in een andere situatie gebruikt, en de vloer zal mogelijkerwijs hierna nog gebruikt worden.

Verleden: Vloer
2 jaar

Nu: Vloer
4 jaar

Toekomst: Vloer
?? jaar



Na het uitvoeren van een LCA is de niet toegewezen impact van de vloer 200. Dit is de totale impact van de winning van de grondstoffen, het transport, de productie, het gebruik, het onderhoud en de afdanking van de vloer.

De impact van de blauwe functionele eenheid is: $(4 \text{ jaar} / \text{totale functionele levensduur} \times 200) = (4 / (4 + 2 + ??)) \times 200 = ??$
Of, de impact van de blauwe functionele eenheid is: de transformatie capaciteit x 200

De transformatie capaciteit wordt als volgt bepaald:

De-assemblage Potentieel, benodigde informatie:
 Interface type: met wat voor een soort verbinding zit de vloer vast aan zijn omgeving?
 Interface geometrie: hoe toegankelijk zijn bovenstaande verbindingen?
 Assemblage sequentie: in welke volgorde en met welke relaties is het gebouw waarin dit vloersysteem zit opgebouwd?

Hergebruik Potentieel, benodigde informatie:
 Technische levensduur: hoe lang zou dit vloersysteem technisch gezien zijn functie kunnen vervullen?
 Functionele levensduur: hoe lang is de functie van deze vloer nodig?
 Functionele eenheid: hoe lang wordt het vloersysteem gebruikt in deze functionele eenheid?

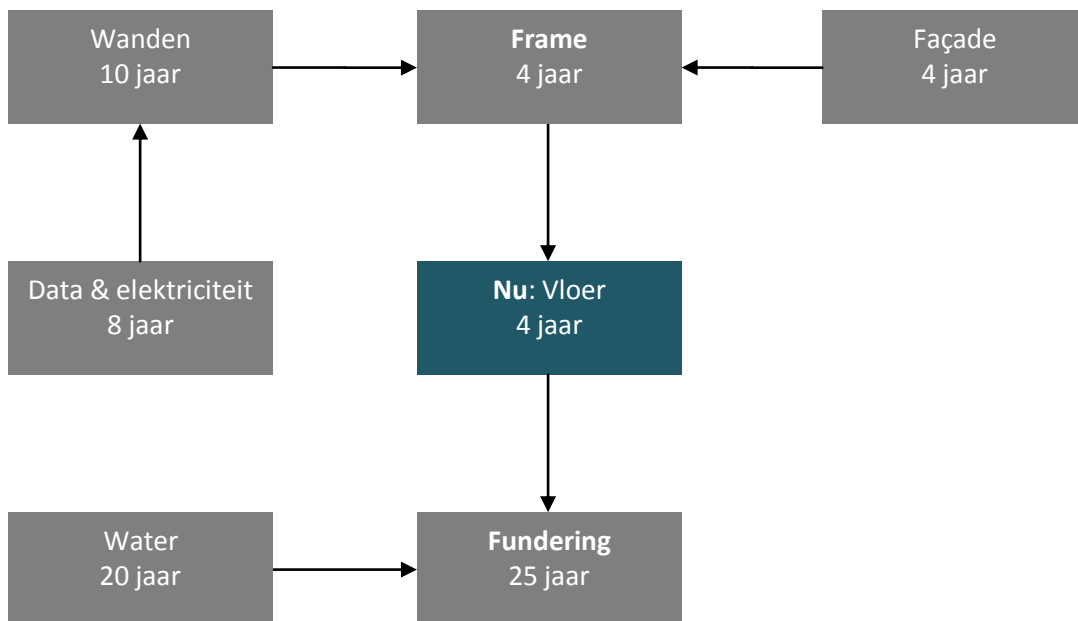
Transformatiecapaciteit(0-1) = De-assemblage Potentieel(0-1) x Hergebruik Potentieel (0-1)

3.7 De-assemblage Potentieel

De onderdelen waaruit het de-assemblage potentieel (DP) bestaat zijn duidelijk, het type, de geometrie van de interfaces en de assemblage sequentie. Gegevens van het systeem alleen zijn nu dus niet meer genoeg, de context van het systeem moet nu ook in kaart gebracht worden. Deze context bepaald nu voor een groot deel hoeveel van de totale impact op de gebruikte functionele eenheid toegewezen wordt.

Om nu verder te gaan met het voorgaande voorbeeld, het berekenen van de transformatie capaciteit van de vloer zijn de gegevens van aanliggende systemen nodig. Het vloersysteem bevindt zich in een web van andere systemen, dit ziet er als volgt uit:

Figuur 9 Overzicht systemen en interfaces



Het de-assemblage potentieel geeft aan hoe gemakkelijk een systeem uit de totale assemblage gehaald kan worden. In dit geval betekend dit; hoe gemakkelijk kan ik na vier jaar de vloer weer uit deze samenstelling halen? Dit is een vraag die niet in de huidige LCA instrumenten beantwoord kan worden, hierin wordt namelijk niet op deze manier gekeken naar een systeem. De door dr. Elma Durmisevic ontwikkelde theorie maakt onderscheid tussen verschillende variabelen die een invloed hebben op het de-assemblage potentieel.

Interface type

Het onderscheid tussen verschillende interfaces wordt als volgt¹² gemaakt:

1. *Direct, no additional material*
2. *Indirect, additional fixing element*
3. *Indirect, independent third component*
4. *Direct, dependent third component*
5. *Direct, additional fixing device*
6. *Indirect, third chemical*
7. *Direct, between two premades*
8. *Direct, chemical*

- bijv: een oplegging
bijv: een core waaraan systemen onafhankelijk verbonden worden
bijv: een verbindingsstuk dat twee elementen onafhankelijk verbind
bijv: een verbindingsstuk dat een vaste sequentie voorschrijft
bijv: boutverbinding
bijv: lijmen (geen hergebruik/recycling)
bijv: onlosmakelijk aan elkaar klikken (geen hergebruik op dit niveau)
bijv: bekabeling in beton gegoten (geen hergebruik/recycling)

¹² Elma Durmisevic, Transformable Building Structures, pagina 183

De elementen worden gescheiden op de volgende manieren:

- Losmaakbaarheid, of de verbinding weer los te maken is en hoe gemakkelijk dit gaat.
- Direct/indirect, of de verbinding direct invloed heeft op beide componenten of dat ze indirect verbonden zijn via een derde component.
- Afhankelijk/onafhankelijk, assemblage sequentie gebonden of onafhankelijk van de assemblage sequentie.

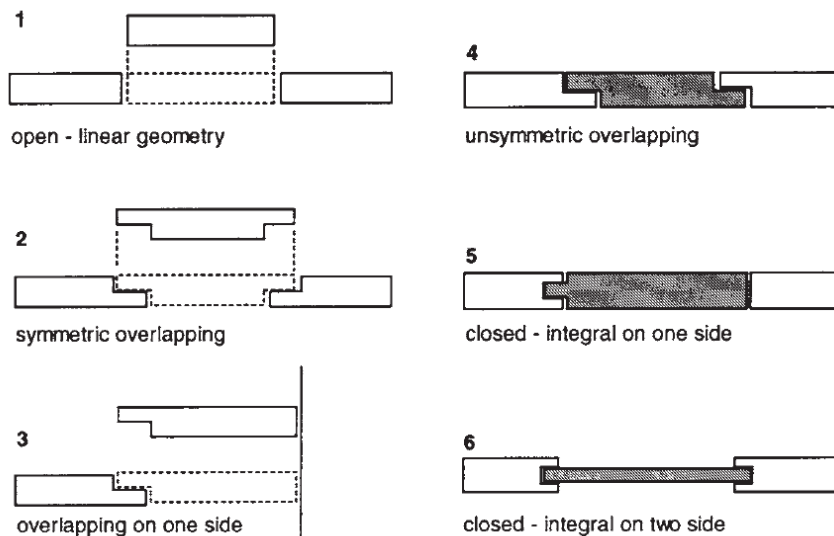
Ieder verbindingstype heeft zijn eigen waardering meegekregen tussen de 0 en 1. Een directe chemische verbinding heeft hierbij weinig hergebruik waarde en scoort 0,1 en een indirecte onafhankelijke verbinding scoort 0,9 aangezien de verbinding de-assemblage van de componenten gemakkelijk maakt.

Interface geometrie

Naast verschillende type interfaces is de geometrie van de interface ook van belang. De geometrie beïnvloed namelijk de assemblage volgorde en dus ook het gemak waarmee iets weer uit elkaar gehaald kan worden. Er worden in de literatuur zes verschillende interface geometriën geïdentificeerd¹³:

1. *Open, linear geometry*
2. *Symetric overlapping*
3. *Overlapping on one side*
4. *Unsymmetric overlapping*
5. *Closed integral on one side*
6. *Closed integral on two sides*

bijv: een doos op een plank, kan er zo af geschoven worden
bijv: gestapelde blokken, het bovenste blok moet eerst weg
bijv: gestapelde blokken, nu maar aan een kant overlappend
bijv: dakpannen, in een richting te de-assembleren
bijv: kliklaminaat, in een richting moeilijk te de-assembleren
bijv: een ingeklemde staaf, beide richtingen vast



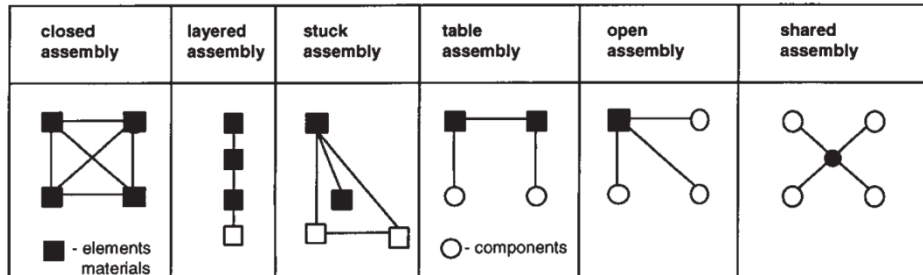
Figuur 10 Interface geometrie

Iedere geometrie is gewaardeerd tussen de 0 en 1. Interface geometrie beïnvloed het deassemblage potentieel in dezelfde mate. Wanneer een interface wel gemakkelijk los te maken is, maar het onderdeel alsnog aan twee zijden zit ingeklemd moet een groot deel van de constructie alsnog afgebroken worden. Om een flexibele interface te ontwerpen moet dus zowel het type interface als de geometrie van deze interface goed ontworpen worden.

¹³ Elma Durmisevic, Transformable Building Structures, pagina 178

Assemblage sequentie

Dit is al enkele keren genoemd in de voorgaande paragrafen, de volgorde waarin onderdelen worden geplaatst wordt namelijk ook erg beïnvloed door het type en de geometrie van de gekozen interfaces. Er zijn verschillende typen assemblages:



Figuur 11 Assemblage typologie

Ook hierin kan weer onderscheid gemaakt worden tussen assemblage methoden die het de-assemblage potentieel negatief en positief beïnvloeden. Een *open* of *shared assembly* is hierbij weer beter dan een *closed* of *layered assembly*. De assemblage sequentie bepaald de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende onderdelen en dus ook in hoeverre het de-assemblage potentieel van het ene onderdeel doorwerkt op het volgende onderdeel. Het voorbeeld van de vloer is verder uitgewerkt in figuur 12.

3.8 Hergebruik Potentieel

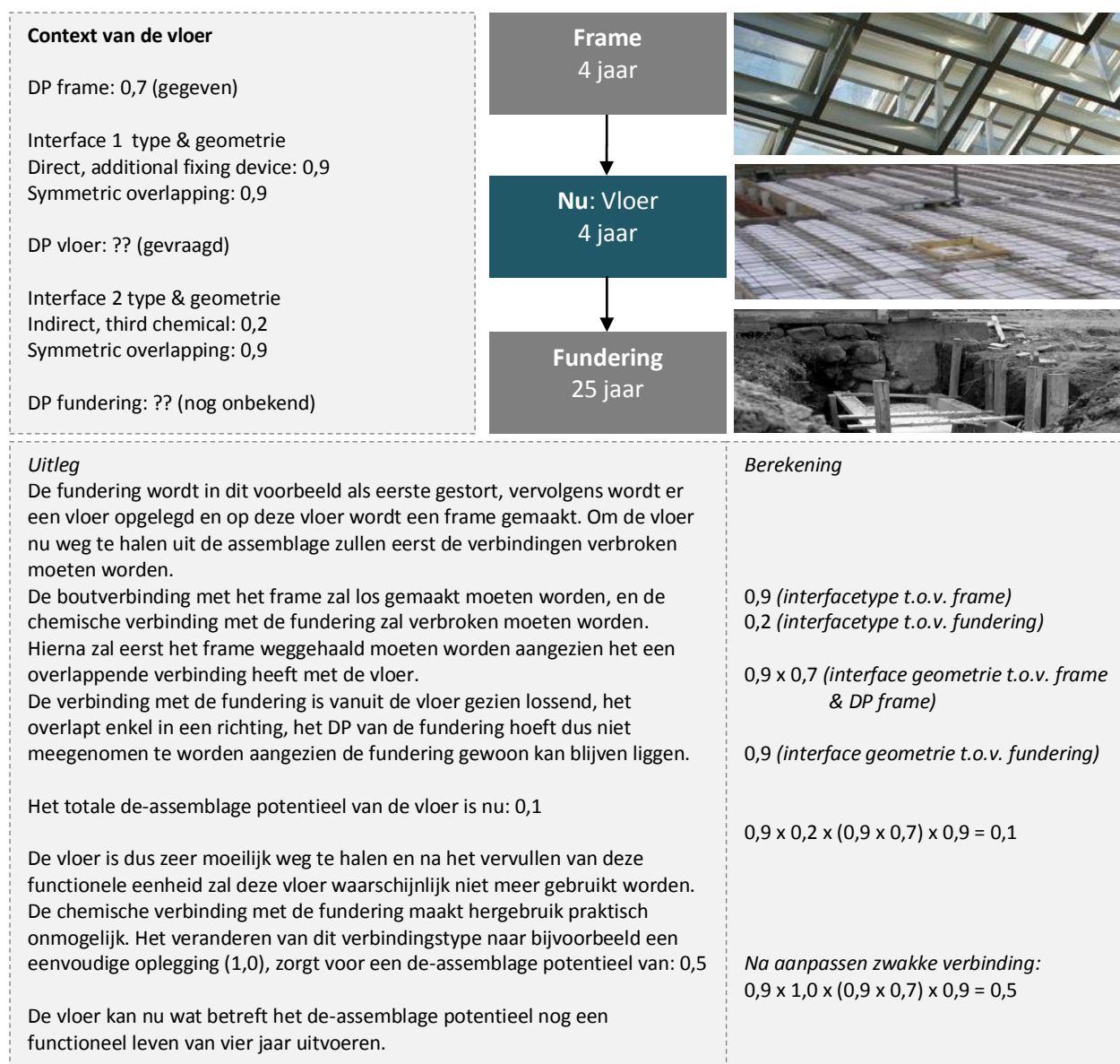
Het de-assemblage potentieel gebruikte de gebouwde context om aan te geven wat de herbruikbaarheid van een systeem, onderdeel of materiaal is. Het hergebruik potentieel kijkt naar de chronologische context. De onderdelen waaruit het hergebruik potentieel is opgebouwd zijn de technische levensduur en de functionele levensduur. Deze twee levensduren bepalen de maximale gebruiksduur van het product. Dit wordt vervolgens vergeleken met de functionele eenheid die onderzocht wordt om te kunnen inschatten hoelang het product na deze functionele eenheid nog ingezet kan worden.

Technische levensduur

De periode waarin een product zijn functie technisch gezien kan vervullen is de technische levensduur. Na het product kapot gaat is de technische levensduur geëindigd. Intensiteit van gebruik, materiaal, geometrie en het milieu waarin het product gebruikt wordt zijn belangrijke parameters voor de technische levensduur.

Functionele levensduur

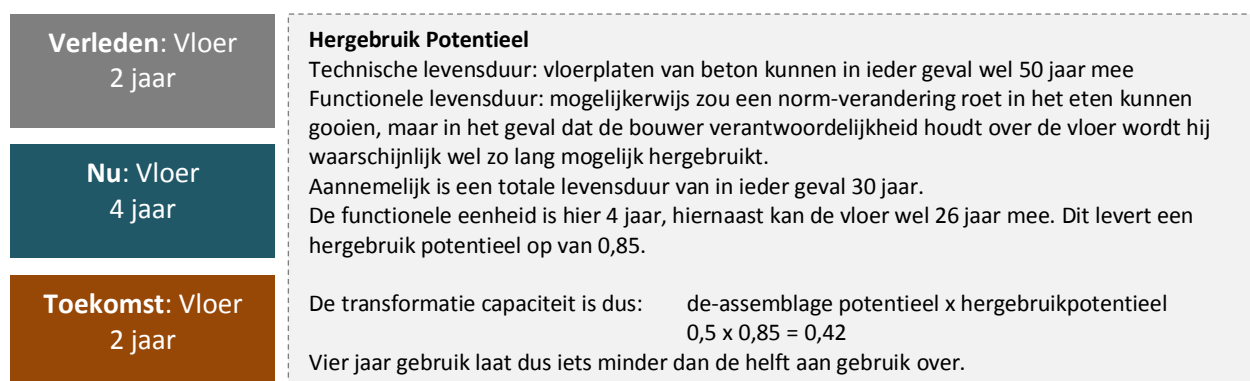
De periode waarin de functie van het product gebruikt gaat worden is de functionele levensduur. Deze levensduur wordt soms afgebakend door de technische levensduur, op het moment dat het product kapot gaat wordt het niet meer toegepast. Vaak wordt een product echter eerder niet meer gebruikt, door de komt van een volgende generatie, een nieuwe interface, norm of stijl. Ook is het hergebruik erg afhankelijk van de persoon die de verantwoordelijkheid draagt voor het product. Wanneer het in de strategie van een bedrijf wordt opgenomen om een product na gebruik weer terug te nemen en opnieuw in te zetten is hergebruik waarschijnlijker dan wanneer het lot van het product in handen ligt van de consument. Het is moeilijk te voorspellen, maar of de technische levensduur of de functionele levensduur bakent de maximale levensduur van het product af.



Figuur 12 Voorbeeld vloer assemblage sequentie

Functionele eenheid

Na het bepalen van de maximale levensduur van een product kan de functionele eenheid vergeleken worden met deze levensduur. Dit bepaald vervolgens hoe veel waarde er nog in het product zit buiten de functionele eenheid en dus ook hoeveel van de impact van dit product gealloceerd moet worden aan deze functionele eenheid.



Figuur 13 Voorbeeld hergebruik potentieel

Nu kan de totale impact toegewezen worden, aangezien de transformatie capaciteit en de totale impact van het vloersysteem bekend zijn.

Te Alloceren Impact	=	Totale Impact	x	Transformatie Capaciteit
116	=	200	x	(1 - 0,42)

Figuur 14 Impact allocatie

3.9 Conclusie IDF bouw

In dit hoofdstuk is de problematiek rondom het in kaart brengen van de voordelen van IDF bouw uitgezet. Er kan nu een antwoord gegeven worden op de volgende vragen:

1. Waarin onderscheidt IDF bouw zich?

Wat is IDF bouw?

IDF bouw is een bouwmethodiek die zich richt op hergebruik of herconfiguratie van materialen, componenten en systemen.

Wat is traditionele bouw?

De traditionele bouw richt zich vaak op één gebruiksscenario en zet hiervoor een gebouw neer. Aan het einde van dit scenario is het vaak moeilijk om deze gebouwde ruimte of gebruikte onderdelen weer te gebruiken. IDF bouw onderscheidt zich van traditionele bouw door al rekening te houden met toekomstige gebruiksscenario's.

Hoe wordt de impact van traditionele bouw in kaart gebracht?

Er zijn vele instrumenten om de milieu-impact of lifecycle kosten van een gebouw in kaart te brengen. Greencalc, LEED en BREEAM zijn populaire programma's. Deze programma's richten zich op een breed scala aan indicators om een gebouw te beoordelen.

Wat ontbreekt er aan de huidige LCA methodiek voor IDF bouw?

Het is logisch dat hergebruik van materialen en onderdelen een positieve bijdrage heeft op de milieu-impact of de kosten van een gebouw. Het is mogelijk om dit hergebruik mee te nemen in een LCA, in BREEAM wordt er zelfs gewerkt aan een speciale set IFD effecten. Het is echter pas mogelijk om dit mee te nemen op het moment dat er bekend is wat de hergebruik of herconfiguratie mogelijkheden zijn. De mogelijkheid om dit exact in kaart te brengen ontbreekt. Elma Durmisevic omschrijft in haar onderzoek een methode om de 'transformatie capaciteit' van een gebouw te berekenen. Deze methode is geschikt om in te kunnen schatten wat de waarde is van materialen, componenten of systemen na een bepaald functioneel leven. Het toevoegen van allocatie aan de hand van deze transformatie capaciteit zal de impact van IDF bouw beter weer geven.

4 Gebruikers

De methode om de voordelen van IDF bouw mathematisch in kaart te brengen aan de hand van de transformatie capaciteit moet vertaald worden naar een gebruiker. In dit hoofdstuk zal er uitgezet worden wat de verschillende gebruikers zijn. Van iedere groep gebruikers zal er onderzocht worden welke informatie ze graag willen hebben en wat ze als invoer kunnen geven.

4.1 Type gebruikers

Binnen de werkplaats IDF zijn er verschillende partijen betrokken. Toeleveranciers van bouw materialen en componenten, bouwbedrijven of architecten die huizen ontwerpen en bouwen, en opdrachtgevers. Dit zijn de primaire gebruikers van het instrument, hier ligt de vraag naar verduidelijking van de voordelen van IDF bouw.

Naast deze groep primaire gebruikers zal er nog een tweede groep gebruikers met het instrument in aanraking komen. De secundaire gebruikers van het instrument zullen de mensen zijn die het mogelijk nog verder gaan ontwikkelen. Ook deze groep heeft zijn eigen set eisen en wensen. Allereerst zullen de primaire gebruikers verder uitgelicht worden, hetgeen deze gebruikers van het instrument verwachten staat voorop, maar ook zal er onderzocht worden welke informatie ze kunnen geven. Om in contact te komen met alle groepen zijn er drie interview sessies¹⁴ gehouden, hiernaast is er op algemene IDF vergaderingen gesproken over de ontwikkeling van dit instrument.

4.2 Toeleverancier

De toeleverancier levert materialen of onderdelen aan voor de systemen waar een bouwbedrijf een gebouw uit construeert. In de werkplaats IDF vervult Raab Karcher deze rol.



Figuur 15 Toeleverancier

Een toeleverancier wil een juiste aansluiting met de bouwende partijen. Hiervoor is een vraag nodig vanuit de bouwbedrijven, deze kunnen informatie vragen over, kwaliteit, prijs, eco impact, interfaces. De toeleverancier heeft hierin ook een adviserende rol. De bouwbedrijven zetten hun eisen uit en de toeleverancier komt dan met de beste invulling.

Het instrument wordt in eerste instantie op systeemniveau opgebouwd, hierbij heeft de toeleverancier ogenschijnlijk niet veel in te brengen. Maar om uiteindelijk op dit niveau te kunnen werken moet de informatie wel vanuit de toeleverancier gegeven kunnen worden. Ook bij het evalueren van verschillende mogelijkheden zijn de variaties vaak verschillende materiaalkeuzes of configuraties. De toeleverancier speelt hierin een belangrijke rol. In de gesprekken met toeleveranciers is gebleken dat ze veel algemene kennis hebben van de algemeen beschikbare oplossingen. Voor nadere informatie wordt er toch vaak nog extern geïnformeerd.

¹⁴ Zie appendix A voor het interview

4.3 Bouwbedrijf of architect

Dit is de primaire gebruiker van het instrument. Het gaat erom dat een gebouwconcept beoordeeld en geëvalueerd kan worden. Om de juiste aansluiting te vinden op deze gebruiker zal er aangesloten moeten worden op zijn referentiekader. In de gesprekken die zijn gevoerd met verschillende bouwbedrijven komt naar voren dat ze hun eigen concept erg goed kennen en benaderen vanuit de opbouw van het concept. Wanneer er gesproken wordt over het concept staat de assemblage centraal.

Het bouwbedrijf is geïnteresseerd in de transformatie capaciteit, de kosten, de ecologische impact, hergebruik waarde en het comfort van zijn concept. Het bouwbedrijf krijgt veel van zijn informatie over materialen vanuit de toeleverancier, de informatie die het bouwbedrijf hier aan toevoegt is informatie over de interfaces, integratie en de opbouw.

Omdat ieder bouwconcept anders is moet er gezocht worden naar een generieke omschrijving van de bouwelementen. Ook moeten bedrijven de mogelijkheid hebben om eigen onderdelen toe te voegen aan het instrument.

4.4 Opdrachtgever

De opdrachtgever heeft de informatie vanuit de daadwerkelijke eindgebruiker van het concept. De opdrachtgever vertaalt de wens vanuit de gebruiker naar een pve voor het bouwbedrijf. De opdrachtgever geeft na de bouw of het gebouw aan de eindgebruiker, beheert het zelf of het blijft eigendom van het bouwbedrijf.

De opdrachtgever heeft behoefte aan een overzicht waaruit blijkt welk concept voor hem het voordeligste is. Hierbij zijn de initiële kosten, zowel als de lifecycle kosten belangrijk. Ook speelt de ecologische impact van een ontwerp een steeds belangrijkere rol.

4.5 Ontwikkelaar

De ontwikkelaar van het instrument is een student aan de universiteit Twente, maar anderen zouden ook betrokken kunnen raken bij de ontwikkeling van het instrument. Om het instrument geschikt te maken voor open en langdurige ontwikkeling moet het flexibel en inzichtelijk zijn. De ontwikkelaar moet de methode, de input en de output kunnen veranderen zonder de structuur te beschadigen. Dit vereist een goede informatie overdracht om de ontwikkelaar de structuur te laten begrijpen.

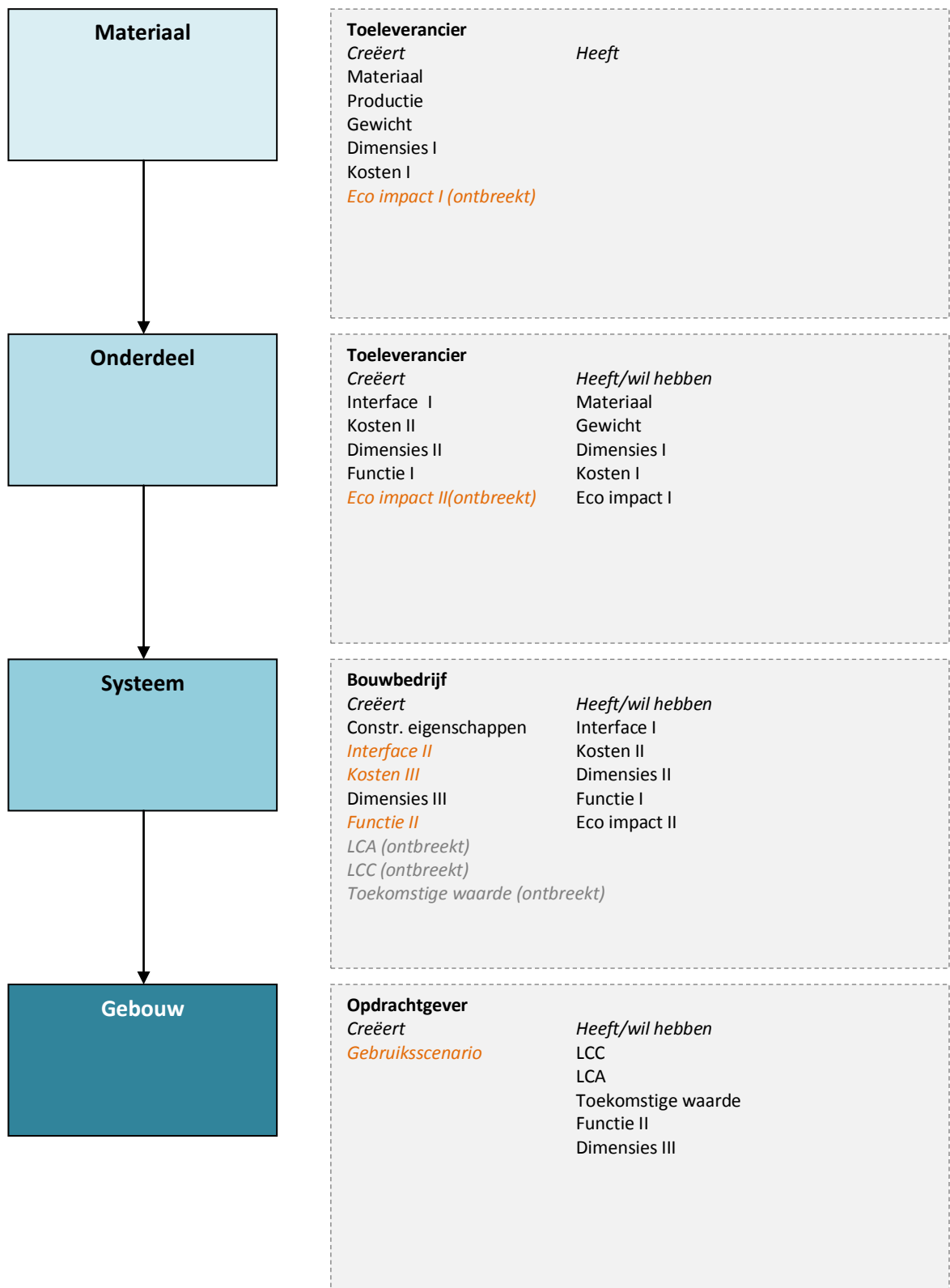
4.6 Informatiestroom

Figuur 16 geeft een model van de informatiestromen.

Dit overzicht is opgesteld aan de hand van interviews¹⁵ met betrokken bedrijven. Aan de hand van een gesprek met Raab Karcher is er bijvoorbeeld vastgesteld dat een toeleverancier vaak weinig informatie heeft over de ecologische impact van een materiaal. Wanneer een bedrijf met de vraag zou komen naar een milieuvriendelijker materiaal voor isolatie, dan hebben ze wel natuurlijke materialen op voorraad, maar specifieke life-cycle informatie ontbreekt. Dit betekent dat wanneer er een volgende stap wordt gemaakt in het productieproces, er geen informatie beschikbaar is met betrekking tot de ecologische impact aangezien de startsituatie al niet bekend is.

In dit overzicht is met oranje aangegeven welke onderdelen gebruikt kunnen worden als input voor het instrument. De ontbrekende, grijze onderdelen kunnen worden aangevuld door output vanuit het instrument.

¹⁵ Zie Appendix A voor het interview



Figuur 16 Informatie uitwisseling tussen gebruikers

5 Programma van eisen

Alle eisen en wensen van de verschillende gebruikers voor het instrument. Achter iedere eis staat hoe het gekwantificeerd en beoordeeld kan worden.

5.1 Eisen Toeleverancier

De toeleverancier moet op een eenvoudige manier de ecologische impact van zijn producten in kaart kunnen brengen. De levering van producten gaat dan samen met de levering van informatie. Dit resulteert in de volgende eisen voor de invoer en de uitkomst van het instrument:

- 1.1 Gemakkelijk de ecologische impact van zijn materiaal in kaart brengen
 - 1.1.1 Niet meer kennis nodig dan hij nu heeft (zie 3.5 informatiestroom)
 - 1.1.2 Snel uit te voeren zijn (max. 30 minuten)
 - 1.1.3 Te gebruiken na korte instructies (gebruikstest)
- 1.2 Gemakkelijk de ecologische impact van zijn onderdeel in kaart brengen
 - 1.2.1 Niet meer kennis nodig dan hij nu heeft (zie 3.5 informatiestroom)
 - 1.2.2 Snel uit te voeren zijn (max. 30 minuten)
 - 1.2.3 Te gebruiken na korte instructies (gebruikstest)
- 1.3 Inzichtelijk informatie communiceren naar bouwbedrijf (gebruikstest)

Achter iedere eis staat hoe het gekwantificeerd en getest kan worden. Korte instructie zal een mondelinge en visuele handleiding zijn van ongeveer 5 minuten hetgeen tijdens een gebruikstest uitgevoerd kan worden.

5.2 Eisen Bouwbedrijf

Het bouwbedrijf moet zijn bouwconcept in kunnen voeren in het instrument. Dit vereist aanpasbaarheid van het instrument. Hiernaast moet het instrument informatie geven over de implicaties van de ontwerpkeuzes, dit moet eenvoudig uit te lezen zijn door de bouwer. Dit resulteert in het volgende eisenpakket:

- 2.1 Gemakkelijk de LCA, LCC en Toekomstige waarde van het concept in kaart brengen
 - 2.1.1 Niet meer kennis nodig dan hij nu heeft (zie 3.5 informatiestroom)
 - 2.1.2 Snel uit te voeren zijn (max. 30 minuten)
 - 2.1.3 Te gebruiken na korte instructies (gebruikstest)
 - 2.1.4 Inzicht in de gebruikte methodiek (gebruikstest)
 - 2.1.5 Aan te passen op eigen concept (gebruikstest, zie 3.3)
 - 2.1.5.1 Eigen systemen toevoegen (het instrument moet genoeg vrijheid geven dat de gebruiker binnen een half uur zijn eigen systemen heeft toegevoegd)
 - 2.1.5.2 Weging verschillende parameters aanpassen
- 2.2 Output transformatiecapaciteit (zie 3.5)
- 2.3 Output kosten (zie 3.5)
- 2.4 Output ecologische impact (zie 3.5)
- 2.5 Evaluatie concept (de gebruiker moet eenvoudig de sterke en zwakke punten in zijn ontwerp kunnen aangeven met betrekking tot transformatie capaciteit)
 - 2.5.1 Evaluatie interfaces (naast algehele concept informatie moet er ook op het niveau van enkele interfaces gezegd kunnen worden of het juist ontworpen is)
 - 2.5.2 Vergelijken verschillende concepten (daarnaast moeten verschillende concepten met elkaar vergeleken kunnen worden)

5.3 Eisen Opdrachtgever

De opdrachtgever krijgt concept informatie van de bouwer. Het instrument zou de opdrachtgever moeten helpen om het juiste concept te selecteren. Dit vertaald zich naar de volgende eisen:

- 3.1 Gemakkelijk inzicht hebben in concept (de opdrachtgever kan de voor en nadelen van een concept op zijn eigen situatie toepassen)
 - 3.1.1 Niet meer kennis nodig dan hij nu heeft (zie 3.5)
 - 3.1.2 Snel concept kunnen beoordelen (gebruikstest)
- 3.2 Objectieve resultaten (onderbouwing vanuit theorie, controle vanuit externe partij)

5.4 Eisen Ontwikkelaar

De ontwikkelaar moet het instrument kunnen aanpassen afhankelijk van nieuwe inzichten, veranderen eisen en uitbreiding van de methode. De volgende aanpassingen moeten mogelijk zijn:

- 4.1 Mogelijkheid om elementen toe te voegen zonder de methode te beschadigen
 - 4.1.1 Toevoegen nieuwe parameters
 - 4.1.2 Verwijderen bestaande parameters
 - 4.1.3 Aanpassen methode
 - 4.1.4 Aanpassen parameters (namen, karakterisatie, keuzes)
- 4.2 Inzicht in gebruikte formules/structuur
- 4.3 Overzetten van input naar een nieuwe versie/bestand (evaluatie door: eigen ervaring, mogelijk een gebruikstest)

6 Concept ontwikkeling

De eisen en wensen van de gebruikers zullen vertaald worden naar een methode. De methode koppelt de invoer van de gebruiker aan de gewenste output. De interface om deze bewerking mogelijk te maken zal gemaakt worden in MS Excel. Na het maken van deze interface zal er een eerste gebruikstest uitgevoerd worden, hierbij zullen drie bouwbedrijven hun systeem invoeren door middel van het instrument.

6.1 Aanpak

Allereerst zal de methode ontworpen worden, de methode vormt de koppeling tussen de invoer van de gebruikers en de gewenste informatie. Deze methode gebruikt als basis het in hoofdstuk twee beschreven model ontwikkeld door Elma Durmisevic. Het programma van eisen bepaald de richtlijnen voor de gewenste informatie.

Na de ontwikkeling van deze methode zal dit vertaald worden naar een user interface. Deze interface zal op verschillende niveaus benaderd worden. Allereerst op bestandsniveau, vervolgens op sheetniveau en uiteindelijk zullen de segmenten in een sheet ontworpen worden.

Handleiding voor de ontwikkeling van de GUI zijn de eisen van de gebruikers, hierbij zal gebruik gemaakt worden van het boek 'Engineering Psychology and Human Performance' van C.D. Wickens en J.G. Hollands om de eisen op een juiste manier te vertalen naar het ontwerp.

6.2 Ontwerpkader

Het instrument zal uiteindelijk een groot segment van bouwonderdelen, systemen en gebouwen moeten beoordelen op kosten, milieu-impact en transformatiecapaciteit. Bij het ontwikkelen van de concepten is er in overleg met de opdrachtgever gekozen om allereerst een applicatie op gebouwniveau te ontwikkelen. Hierbij gericht op het aspect transformatie capaciteit (TC) en de vertaalslag naar ecologische impact en kosten.

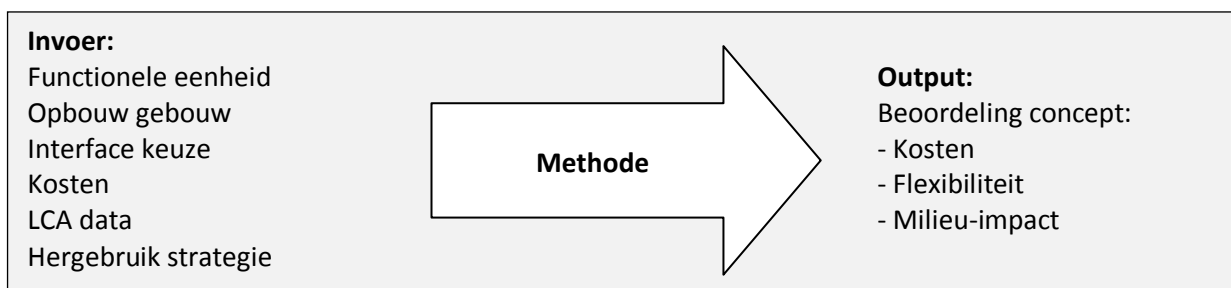
	Material	Part	Component	System	Building
Costs					
Eco Impact					
TC					

Figuur 17 Toespitsing concept

Na de ontwikkeling en optimalisatie van een concept op gebouw niveau kan dit vertaald worden naar onderliggende niveaus. Dit zal niet binnen deze opdracht behandeld worden.

6.3 Methode

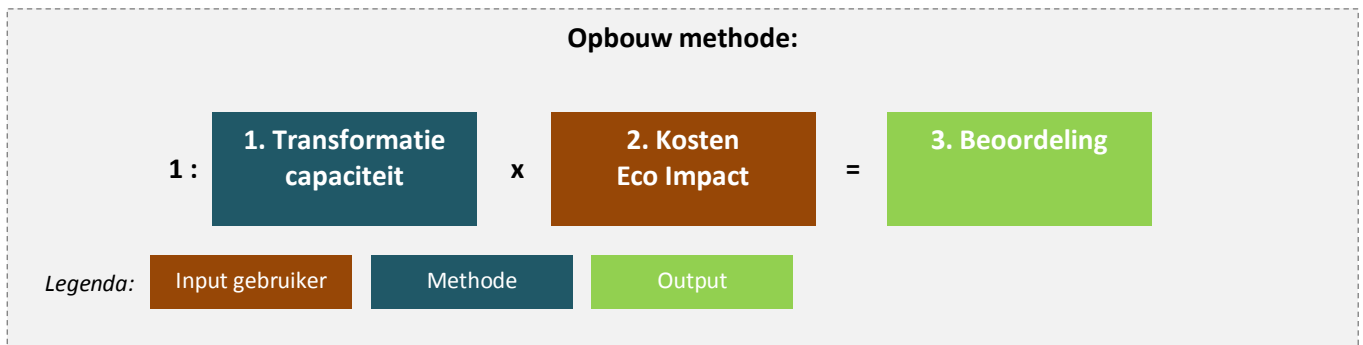
De methode moet de input van de gebruiker koppelen aan de gewenste informatie, namelijk:



Figuur 18 Koppeling input en output door methode

Rekenmethode

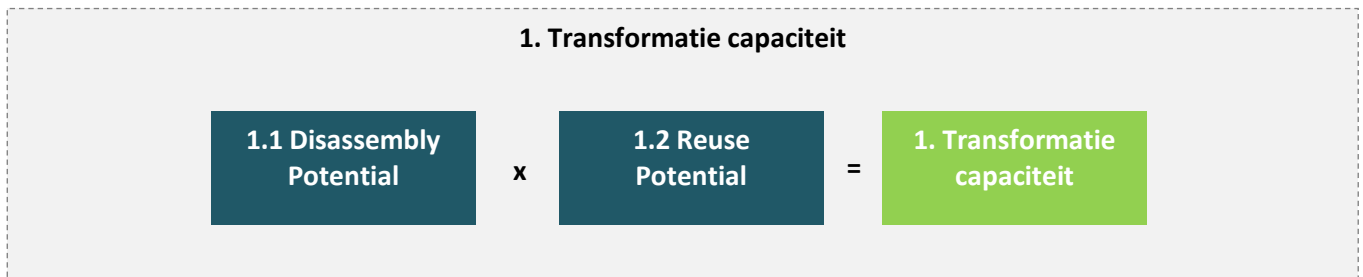
Het beoordelen en waarderen van bouwconcepten is het belangrijkste doel van het instrument. Voor het beoordelen van IDF concepten wordt de allocatietechniek beschreven in hoofdstuk twee gebruikt. Door middel van deze aanpak ziet het model er als volgt uit:



Figuur 19 Opbouw methode

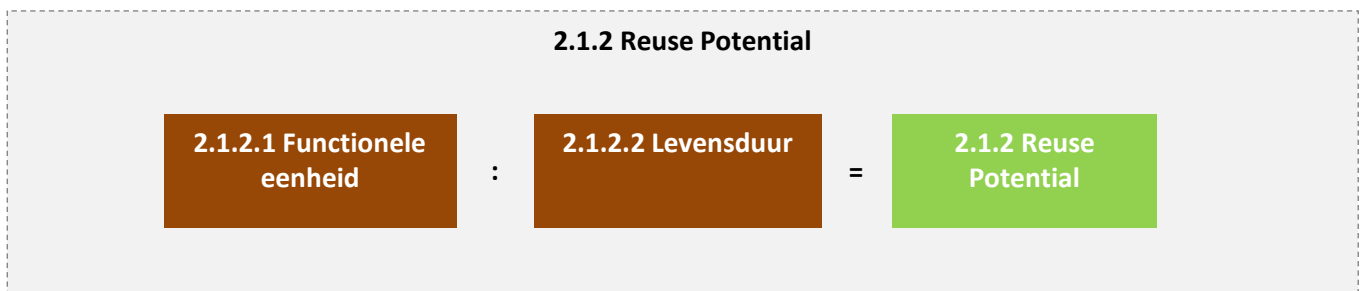
De inverse van de transformatiecapaciteit maal de kosten of de ecologische impact geeft aan hoeveel daarvan toegewezen moet worden¹⁶.

Het bepalen van de transformatiecapaciteit gaat als volgt:



Figuur 20 Opbouw totale functionele leven

De transformatie capaciteit opgebouwd uit het Disassembly Potential en het Reuse Potential. Het Reuse Potential is nu weer als volgt opgebouwd:

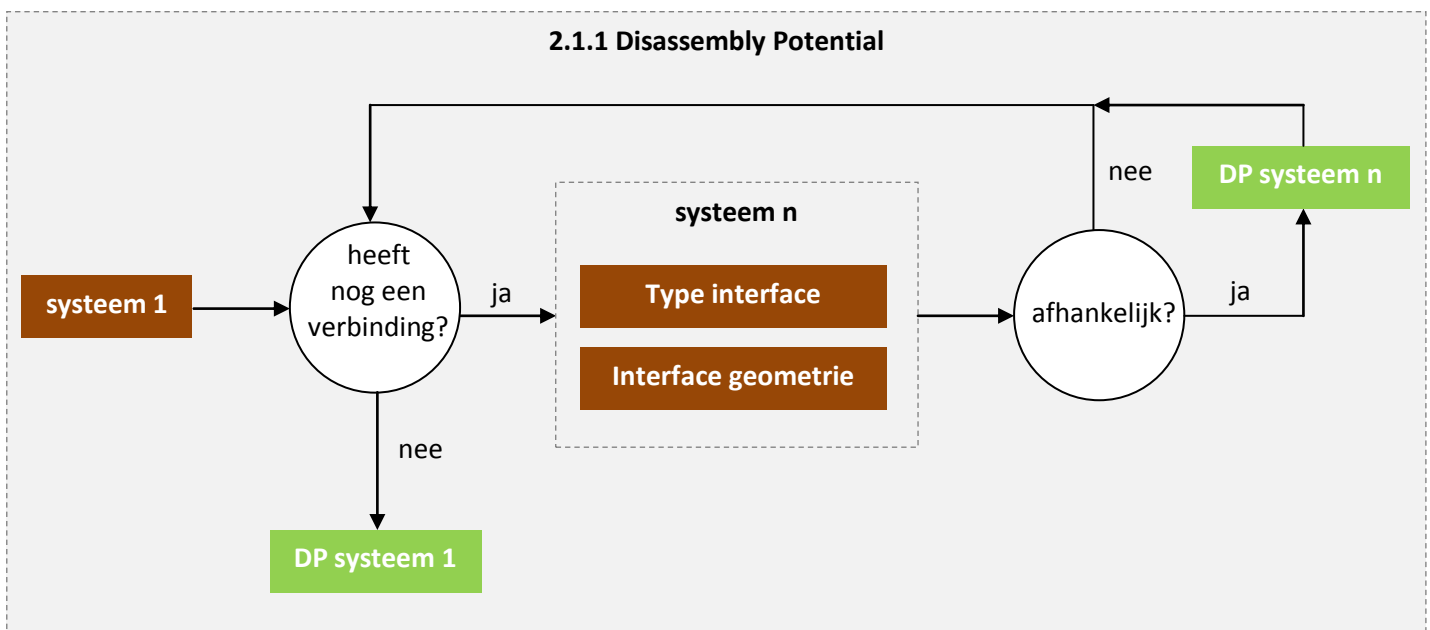


Figuur 21 Opbouw hergebruik potentieel

De functionele eenheid ten opzichte van de levensduur van een product bepaald het Reuse Potential. Hierbij wordt de levensduur van een product bepaald door zowel de technische, functionele en economische levensduur van een product. De gebruiker moet in de eerste versie van dit instrument zelf een inschatting maken van deze waarde. Later kan door het toevoegen van meer parameters deze informatie door het instrument zelf bepaald worden.

¹⁶ zie paragraaf 2.5

Het bepalen van het Dissassembly Potential is wat moeilijker:



Figuur 22 Opbouw de-assemblage potentieel

Per systeem (systeem 1 in het voorbeeld) wordt er gekeken of het een verbinding aangaat met andere systemen (systeem n in het voorbeeld). Zo ja dan wordt het type en de geometrie van de interface gebruikt als parameters voor het beoordelen van de interface.

Vervolgens wordt er gecheckt of systeem 1 afhankelijk is van systeem n, dit heeft te maken met de assembly sequence. Wanneer systeem n eerst moet worden weggehaald om systeem 1 uit de assemblage te verwijderen moet het de-assemblage potentieel van systeem n meegenomen worden voor het de-assemblage potentieel van systeem 1. Zo zijn de assemblage potentiëlen van de verschillende systemen onderling afhankelijk.

6.4 Opbouw in Excel

Nu in het model alle parameters uitgewerkt zijn tot het niveau van invoer en resultaat, kan het model opgebouwd worden in Excel. Allereerst zal de hoofdarchitectuur ontwikkeld worden, hierna zullen de afzonderlijke componenten uitgewerkt worden.

Hoofdarchitectuur

In het instrument zijn verschillende type data, invoermogelijkheden en uitvoer gegevens. Om hier overzicht in te bewaren zal dit op een bepaalde manier gescheiden moeten worden.

Excel heeft verschillende mogelijkheden om data overzichtelijk te scheiden en te navigeren binnen deze data. Communicatie tussen verschillende documenten is mogelijk, nadeel is dat alle documenten bij elkaar gehouden moeten worden. Het navigeren op een sheet is vrij gemakkelijk en het kan nog verbeterd worden door het toevoegen van knoppen die naar bepaalde delen van de sheet linken. Een nadeel hiervan is dat de gebruiker alsnog gemakkelijk verdwaald kan raken op een sheet en dat er zogenaamde macro's geschreven moeten worden om deze navigatie mogelijk te maken. Een veel gebruikte manier om data te scheiden in Excel is door verschillende sheets te openen in een bestand.

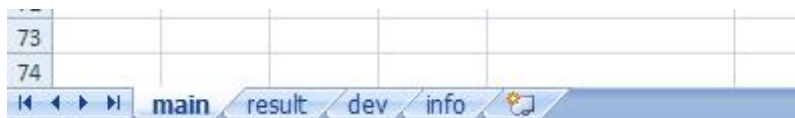
Het gaat er uiteindelijk om dat de gebruiker zich kan oriënteren in het instrument. Het liefste moet de gebruiker enkele geconfronteerd worden met informatie die hem aangaat. Als de gebruiker een bepaald element zoekt moet hij dit zo snel mogelijk hebben gevonden. Hierbij is voornamelijk de *situational awareness* belangrijk, de gebruiker moet weten waar hij zich bevindt en wat hij moet doen om ergens te komen.

Belangrijke principes bij het oriënteren en zoeken in een interface zijn:

1. Naar mate het aantal elementen toeneemt neemt de zoektijd evenredig toe¹⁷.
2. Het maakt weinig uit of de elementen ver uit elkaar geplaatst zijn of dicht bij elkaar liggen, de zoektijd blijft ongeveer gelijk¹⁸.
3. Training en automatisme spelen een grote rol bij zoektijd en oriëntatie.¹⁹

Wanneer data per gebruiker per sheet is verdeeld wordt het aantal elementen gereduceerd tot het aantal dat de gebruiker nodig heeft. Ook is men bekend met het gebruiken van verschillende sheets in een Excel bestand. Binnen de sheet zal de data geclusterd worden in de volgorde waarin gebruikers het moeten invullen of aanpassen. Hierbij gebruik makend van de leesrichting (links naar rechts, boven naar beneden).

De onderverdeling van de sheets met de corresponderende gebruiker is nu als volgt:



Figuur 23 Onderverdeling tabs in Excel

Main (gebruiker: Ontwerper): eerste sheet die open is, hier geeft de gebruiker input en krijgt hij de beoordeling van zijn gebouw te zien.

Result (gebruiker: Opdrachtgever): deze sheet geeft op een printbaar formaat de belangrijkste uitkomst van het model weer met toelichting voor een opdrachtgever.

Dev (gebruiker: Ontwikkelaar): hier staat de data 'achter' de methode, de karaktersatie van de parameters, de lijsten met keuze mogelijkheden en de berekeningen.

Info (gebruiker: allen): informatie betreffend het gebruik en de ontwikkeling van het instrument staat hier.

6.5 Main sheet

Doel: Vertaling methode naar de ontwerper, invoer van informatie, verstrekken van informatie.

De onderdelen die de gebruiker moet invoeren in de *main sheet* zijn:

- Functionele eenheid
- Levensduur systeem
- Welke systemen gebruikt worden
- Interface type
- Interface geometrie
- Kosten
- Ecologische Impact

Aangezien er voor is gekozen om alle elementen voor een gebruiker op een sheet neer te zetten, zullen al de bovenstaande onderdelen op een sheet geplaatst worden.

Om de gebruiker zoveel mogelijk houvast te bieden bij het invullen van het instrument is het handig om een toepasselijke analogie te gebruiken bij het invullen van het instrument. In de gesprekken met de ontwerpers kwam al naar boven dat ze hun producten en het bijbehorende bouwproces heel goed kennen en daar graag naar refereren. De gebruikte methodiek gebruikt voornamelijk de systemen waaruit het gebouw bestaat als kapstok voor alle data. Als uitgangspunt bij het ontwerpen van de *main sheet* is daarom het bouwen van een gebouw gekozen. De ontwerper gaat de systemen

¹⁷ Drury & Clement, 1978; Treisman & Gelade, 1980

¹⁸ Drury & Clement, 1978; Teichner & Mocharnk, 1979

¹⁹ Fisk, Oransky, & Skedsvold, 1988

neerzetten in de volgorde waarin ze geplaatst worden, dit geeft direct al informatie wat betreft de assemblage sequentie.

Om de ontwerper houvast te geven bij het uitzetten van de systemen is er voor gekozen om hem keuzes te laten maken uit een lijst met daarin abstracte systeem omschrijvingen.



Figuur 24 Selectie systeem

Onder het onderwerp assembly sequence kan de gebruiker zijn gebouw opbouwen. In totaal zijn er elf stappen en dus elf mogelijke systemen, deze kunnen in elke volgorde gekozen worden. Deze systemen zijn gekozen samen met Elma Durmisevic, deze lijst kan later nog uitgebreid worden. Nu is de lijst als volgt:

1 Frame	basis, later blijkt dat het systeem 'fundering' ontbreekt deze is in versie 2 toegevoegd
2 Floor	vloersysteem, verdiepingen worden niet direct meegenomen
3 Roof	dak, wordt soms ook als vloer gebruikt
4 Envelope open	open delen in de buiten of dragende muur
5 Envelope closed	gesloten delen in de buiten of dragende muur
6 Partitioning open	open delen in de binnenmuur
7 Partitioning closed	gesloten delen in de binnenmuur
8 Electricity and Data	bekabeling
9 Water	wateraan sluiting
10 Sewage	riolering
11 Climate control	klimaat systemen

Uiteindelijk maakt het niet uit welke naam de systemen hebben zolang de gebruiker de systemen maar op een juiste manier verbindt en de juiste eigenschappen meegeeft. Een handige naamgeving draagt hier wel aan bij.

Na het kiezen van de systemen zal de gebruiker de systemen aan elkaar moeten koppelen. Ieder systeem kan verbonden worden met een systeem dat daarvoor geplaatst is, de assemblage sequentie is hierbij dus van belang. Onder ieder systeem kan de gebruiker de relaties aangeven die dit systeem aangaat met mogelijke andere systemen. Om zo weinig mogelijk gegevens op een sheet te hoeven zetten kiest de gebruiker enkel de systemen waar het 'hoofdsysteem' van die kolom een relatie mee heeft.

Nadat de relatie is gedefinieerd kunnen er eigenschappen aan gegeven worden. Zowel het interface type als de geometrie kan nu worden aangegeven.



Figuur 25 Selectie interface geometrie en typologie

In de bovenstaande figuur is weer de assemblage sequentie te zien, nu met de relaties die het systeem aangaat eronder. De gebruiker kiest weer uit een lijst het interfacetype en de geometrie en krijgt direct terugkoppeling over de invloed van deze keuze op het de-assemblage potentieel van de verbinding. Het is zo dat de verbinding twee kanten heeft, de vloer rust in dit geval op het frame, dit heeft ook een effect op de vloer. In de methode wordt dit aangeduid met het meenemen van het DP van het aanliggende systeem in het geval van afhankelijkheid²⁰. In het instrument is deze afhankelijkheid weergegeven door middel van het grijze vlak. Hier staan de relaties die gekozen zijn onder een systeem verderop in de assemblage en die vast zitten aan het hoofdsysteem van die kolom.

In de afbeelding is er bij *Floor* een relatie aangegeven met het *Frame*, nu wordt bij *Frame* het de-assemblage potentieel meegenomen van *Floor*. Dus niet enkel van de verbinding, tussen de twee elementen, maar het totale DP van *Floor*. Dit omdat de vloer helemaal verwijderd moet worden alvorens het systeem uit de assemblage gehaald kan worden.

Onder ieder systeem staat vervolgens het DP van dat systeem.

Disassembly Potential	0,80	0,80
-----------------------	------	------

Figuur 26 Weergave van Disassembly Potential

Invoer van data is hier niet nodig, daarom zijn deze cellen anders opgemaakt. Een grijze achtergrond met hierop oranje letters. Vakken waar de gebruiker kan kiezen zijn totaal gevuld met oranje. Om mogelijk te refereren aan ervaring van de gebruiker zijn hiervoor de standaard opmaak instellingen gebruikt voor 'input' en 'calculation' cellen.

Disassembly Potential	0,80	0,80
Function		
Functional life (y)	10	10
Technical life (y)	75	75
Reuse Potential	0,87	0,87
Transformation Capacity	0,69	0,69
Impact		
Eco Impact Total	700	300
Eco Impact Functional Unit	215	92
Costs		
Total System Costs (€)	€ 45.000,00	€ 30.000,00
Costs Functional Unit	€ 13.800,00	€ 9.200,00

Figuur 27 Invoer gegevens en weergave allocatie

²⁰ zie 5.3 Methode

Vervolgens wordt de transformatie capaciteit uitgerekend. Met behulp van deze factor, een gegeven eco impact en kosten kan er gealloceerd worden.

Om de kans op fouten zo klein mogelijk te maken zijn de volgende technieken toegepast:

- Voorbeeld van actieve oranje en niet actieve grijze cellen. De grijze cellen onder *step 3* zullen oranje oplichten op het moment dat er een derde systeem gekozen is.

Figuur 28 Actieve en niet actieve cellen

Uitbreiding en aanpassing

Dit is zo opgebouwd dat wanneer er extra informatie wordt toegevoegd aan een lijst, dat deze lijst zich automatisch aanpast op de verandering en deze nieuwe informatie laat zien in de *main sheet*. Er zal dieper op deze techniek ingegaan worden in paragraaf 5.7

- Toevoegen van nieuwe parameters (ontwikkelaar)
- Verwijderen bestaande parameters (ontwikkelaar)
- Aanpassen methode (ontwikkelaar)
- Overzetten van data naar nieuwe versie (ontwerper)
- Aanpassen bestaande parameters (ontwerper)

Om dit gemakkelijk te kunnen uitvoeren op de *main sheet* zijn de volgende principes toegepast:

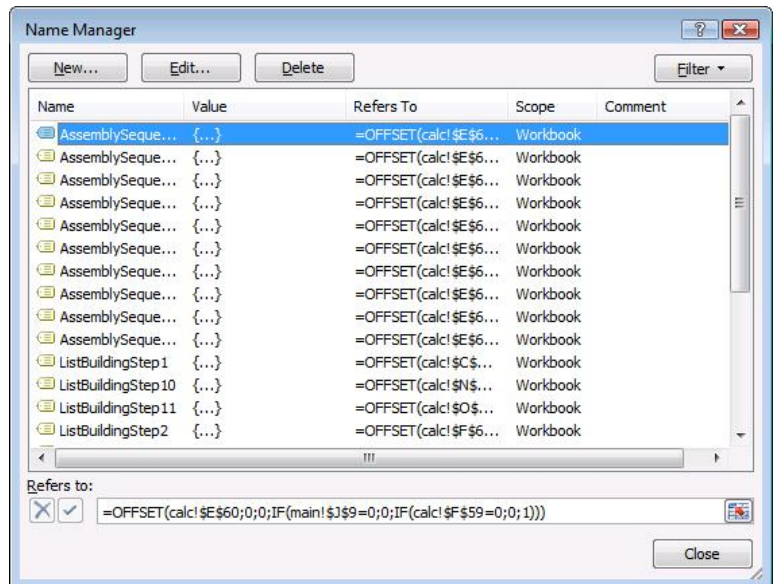
37

Modulariteit, de sheet is verdeeld in modules die ieder hun eigen functie hebben. De code in Excel is zo geschreven dat een module kan worden aangepast en gekopieerd kan worden zonder nog extra handelingen te hoeven uitvoeren. Het vastzetten van de juiste assen in de verwijzingen naar andere cellen zorgt er voor dat in beide richtingen de sheet flexibel is.

Berekeningen worden ook in gedeeltes uitgevoerd. Hierbij hoeft bij het aanpassen van een sheet enkel een stukje van de berekening te worden aangepast, bijvoorbeeld een extra verwijzing toevoegen aan een sub totaal.

Dynamische bereiken, waar mogelijk is het bereik van lijsten, totalen of verwijzingen dynamisch gemaakt. Dit betekent dat er binnen een bepaald bereik gezocht wordt naar data, bij het toevoegen van extra elementen wordt het bereik evenredig met het aantal nieuwe elementen vergroot.

Dynamische bereiken – Alle lijsten zijn dynamisch opgezet en passen zich automatisch aan op de toevoeging of verwijdering van data



Figuur 29 Dynamische lijsten in Excel

6.6 Result Sheet

Doel: presenteren resultaten, gericht op evaluatie en vergelijk van concepten, hoofdzakelijk gericht op opdrachtgever.

Voor de *result sheet* is gekozen voor een makkelijk printbaar formaat. Alle resultaten zijn op A4 formaat geclusterd weergegeven.

Toekomstige waarde

Het belangrijkste van dit instrument is de output van de toekomstige waarde van een gebouw. Deze toekomstige waarde is afhankelijk van het disassembly potential. De totale transformatiecapaciteit staat dan ook voorop, gewogen aan de hand van de kosten en de ecologische impact.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					

Project overview			
name:	Qbiz	Costs:	€31.000,-
date:	apr-10	Eco Impact:	2044
company:	Hodes Bouwsystemen		
project duration:	10 years	TC wght: costs	0,87
responsibility:	building company	TC wght: eco	0,59

Figuur 30 Weergave algemene project gegevens

Naast de TC worden de totale kosten, ecologische impact en algemene systeemspecificaties weergegeven. Vervolgens wordt er per systeem aangegeven wat de transformatiecapaciteit is, of het hergebruikt kan worden, wat de kosten zijn en wat de ecologische impact is.

9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

System overview				
name	TC	Reuse	Costs	Eco impact
1 Foundation	0,50	yes	€ 20.000	415
2 Frame	0,56	yes	€ 14.000	215
3 Floor	0,18	no	€ 75.000	761
8 Partitioning closed	0,00	no	€ 10.000	541

Figuur 31 Weergave systeem eigenschappen

De opdrachtgever heeft op deze manier inzicht in de sterke en zwakke punten van het gebouw. En de opdrachtgever kan per onderdeel zien wat de waarde is na de aangegeven functionele eenheid.

6.7 Development Sheet

Doel: het aansturen van de main sheet en het genereren van resultaten, deze sheet is gericht op de ontwikkelaar.

De rekenmethode zoals in de eerste paragraaf is omschreven is verwerkt in de *development sheet*, hiernaast bevat deze sheet ook alle lijsten met keuze mogelijkheden.

De algemene opmaak is een overzicht met daarin bijvoorbeeld een lijst of rekenmethode gevolgd door een stuk commentaar.

Commentaar – Na iedere lijst volgt er een oranje vlak met commentaar. Kleurcodes worden gebruikt om formules uit te leggen.

//comment 1 The above table is sorted as follows: column 1: system nr default column 2: system name input data* column 3: system sequence user input column 4-24: the assembly output data		formula used in output data: IF(COUNTIF(\$F\$10:F10; Q\$7)>=1; IF(F11=0; "" ; F11); IF(F10=0; "" ; F10)) IF system name is already used in a given range do output the cell in the previous table with row number +1 else output the cell in the previous table with row number this way selected systems will not be reused	the main sheet refers to the ou OFFSET(calc!\$F\$8;0;0;COUNTA(ca this dataoffset is stored in a lis this list variable is used in a de this is dynamic and will respon in range F8:F28
*referred to as: BuildListStepX			

Figuur 32 Commentaar in development sheet

Een groot overzicht van alle sheets uit het instrument is te vinden in Appendix B, hieronder volgt een illustratie van de ontwikkelde structuur in de *development sheet*.

Als basis voor de *development sheet* is een schema opgesteld van de bewerkingen die uitgevoerd moesten worden om het gewenste resultaat te bereiken. Hierbij is rekening gehouden met de volgende eisen:

Eisen Ontwikkelaar²²

- 4.1 Mogelijkheid om elementen toe te voegen zonder de methode te beschadigen
 - 4.1.1 Toevoegen nieuwe parameters
 - 4.1.2 Verwijderen bestaande parameters
 - 4.1.3 Aanpassen methode
 - 4.1.4 Aanpassen parameters (namen, karakterisatie, keuzes)
- 4.2 Inzicht in gebruikte formules/structuur
- 4.3 Overzetten van input naar een nieuwe versie/bestand

De *development sheet* bevindt zich direct tussen de *main sheet* en de *result sheet* en vormt het hart van het instrument. De *main sheet* verzamelt de input op een gebruiksvriendelijke manier, de *result sheet* maakt deze input mogelijk en genereert de output. In hoofdstuk 3.5 Methode is hier al op in gegaan.

Om deze methodiek te vertalen naar een werkend reken systeem is de functionaliteit als volgt vertaald naar benodigde tabellen:

1. Invoer systemen: de gebruiker moet de keuze hebben uit een aantal systemen, deze systemen hoeven niet gekarakteriseerd te worden. Het aantal en soort systemen moet eenvoudig aangepast kunnen worden.

²² Zie hoofdstuk 4 Programma van Eisen

2. Invoer van parameters: de gebruiker moet parameters aan de systemen kunnen toekennen. Deze parameters moeten gekarakteriseerd worden. Hierbij geldt ook dat men het aantal kan uitbreiden worden en de karakterisatie kan aanpassen.

3. Verzamelen eigenschappen: eigenschappen zoals functionele eenheid, kosten, ecologische impact moeten worden verzameld en verwerkt, dit kan dan terug gekoppeld worden.

4. Interfaces: er moet vastgesteld worden of er een verbinding is tussen bepaalde systemen. Dit zonder dat de interface van de *main sheet* daardoor teveel beperkt wordt.

5. Invoer interfaces: de invoermogelijkheden moeten worden gedefinieerd voor alle systemen wat betreft interfaces. Deze invoer moet zich aanpassen aan de gekozen systemen.

6. Verzamelen interfaces: er is nu vastgesteld of er een verbinding is, nu moeten alle eigenschappen die daaraan gekoppeld zijn kunnen worden uitgelezen. Dit zonder dat de interface van de *main sheet* daardoor beperkt wordt.

7. Algemeen: globale parameters die niet met invoer te maken hebben kunnen hier worden gedefinieerd.

In Tabel 1 zijn de basis onderdelen van de *development sheet* uitgezet en de samenwerking daartussen. Aan de hand van deze structuur is de sheet opgebouwd. 'Aan' betekent hier dat er vanuit de tabel of sheet informatie gegeven wordt aan een andere tabel, deze tweede tabel geeft, dit is weergegeven met 'Van'. De invoer van systemen (1) geeft informatie aan de *main sheet* (8). De *main sheet* krijgt dus informatie van de invoer systemen tabel.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Invoer systemen				Aan 4				Aan 8	
2	Invoer met waarde			Aan 3			Aan 6		Aan 8	
3	Eigenschappen		Van 3					Van 7	Aan 8	Aan 9
4	Interfaces	Van 1					Aan 6		Van 8	
5	Invoer Interfaces								Aan 8	
6	Verzamel Interfaces				Van 4			Van 7	Van 6	
7	Algemeen			Aan 3			Aan 6			
8	Main Sheet	Van 1	Van 2	Van 3	Aan 4	Van 5	Aan 6			
9	Result sheet			Van 3						

Tabel 1 Samenwerking onderdelen *development sheet*

Zoals geïllustreerd in Tabel 1 is er erg veel communicatie met de *main sheet*. Dit genereert een grote hoeveelheid afhankelijkheid. Het is daarom moeilijk om deze sheet flexibel te houden. Het bijkomende probleem is dat deze sheet het meeste gebruiksinteractie heeft.

Het vastzetten van de interface zodat er altijd naar vaste posities verwezen kan worden voor data is een eenvoudige oplossing. Maar dit heeft drie nadelen. De interface wordt enorm naar mate het aantal keuzes toeneemt omdat alles een vastgesteld vakje heeft. De gebruiker moet zoeken in plaats van dat je de methode laat zoeken. En als laatste ondermijnt het de flexibiliteit van het instrument.

Hierdoor is er gekozen voor wat meer complexe code. Nadeel hiervan is dat de programmeur nog geen idee had hoe dit te programmeren, en dat de communicatie naar derden van de code bemoeilijkt zou worden. Uiteindelijk is dit gelukt en valt het nog mee.

6.8 Info Sheet

Doel: voorziet de andere sheets als het nodig is van een toelichting, gericht op de input en de output van het instrument, niet zozeer op de methode.

Op het moment is de *information sheet* nog niet uitgewerkt, de volgende onderdelen staat op de lijst om meegenomen te worden in deze sheet:

- Voorbeeld van enkele interfaces en hun invoer
- Abstrahering interface typologieën Elma Durmisevic, vertaald naar invoer.
- FAQ, veel voorkomende problemen en hun oplossing

De toevoeging van deze elementen zal worden toegevoegd aan de aanbevelingen.

7 Gebruikerstest

Nu de eerste versie van het instrument is uitgewerkt is het tijd om er enkele mogelijke concepten mee te evalueren. Na deze test zal het instrument aan de hand van verbeterpunten verder uitgewerkt worden.

7.1 Doel

Het doel van deze test is het beoordelen van het instrument op de volgende onderdelen:

Eisen Bouwbedrijf²³

- 2.1 Gemakkelijk de LCA, LCC en Toekomstige waarde van het concept in kaart brengen
 - 2.1.1 Niet meer kennis nodig dan hij nu heeft (zie 3.5 informatiestroom)
 - 2.1.2 Snel uit te voeren zijn (max 30 minuten)
 - 2.1.3 Te gebruiken na korte instructies (gebruikstest)
 - 2.1.4 Inzicht in de gebruikte methodiek (gebruikstest)
- 2.2 Output transformatiecapaciteit (zie 3.5)
- 2.3 Output kosten (zie 3.5)
- 2.4 Output ecologische impact (zie 3.5)
- 2.5 Evaluatie concept (gebruikstest)
 - 2.5.1 Evaluatie interfaces
 - 2.5.2 Vergelijken verschillende concepten

Er zal gekeken worden of het instrument voldoet aan de bovenstaande eisen, hierbij wordt zowel invoergemak, relevantie van de output en inzicht in de methode beoordeeld. Het kunnen aanpassen van de methode wordt hierbij buiten beschouwen gelaten.

Enkel de *main sheet* wordt hierbij getest.

7.2 Voorbereiding

De deelnemende bouwbedrijven zijn Hodes, PlegtVos en VanDijk. Er is een afspraak gemaakt met een bij de werkplaats IDF betrokken deelnemer vanuit die bedrijven.

Deze bedrijven zijn gekozen omdat ze alle drie bezig zijn om flexibele bouwconcepten te ontwikkelen. Er is vanuit deze bedrijven vraag naar het instrument en de concepten die als input kunnen dienen zullen een realistisch beeld geven of het instrument naar behoren functioneert. Binnen een uur zal het instrument toegelicht worden, en zal het systeem worden ingevuld. Hierna zal het verloop van de test en het resultaat met de testpersoon besproken worden.

1. Inleiding en doelstelling

Allereerst zal het doel van het instrument besproken worden, en er zal aan de testpersonen gevraagd worden om een bouwconcept te selecteren. Vervolgens zal er enkel de opdracht gegeven worden om het concept in te voeren in het instrument.

2. Uitvoering

Vragen zullen beantwoord worden en als de persoon vast loopt zal de juiste richting gewezen worden. Deze dingen zullen direct worden vastgelegd en als basis dienen voor verbetering.

3. Evaluatie

Uiteindelijk zullen de resultaten bekeken worden, hierbij zullen vragen gesteld worden over het realisme van de uitkomst, toepassing binnen het bedrijf en de inzichtelijkheid van de methode.

²³ Zie hoofdstuk 4 Programma van Eisen

Alle antwoorden en opmerkingen zullen worden genoteerd.

7.3 Resultaten

Hieronder de belangrijkste resultaten chronologisch gerangschikt.

1. Inleiding en doelstelling

In de introductie werden er geen vragen gesteld of opmerkingen gemaakt.

2. Start

Na het uitleggen van het doel, zonder uitleg het instrument gegeven. Opstart problemen bij alle drie de bedrijven, problemen en aanbevelingen:

Probleem	Aanbeveling
Proefpersoon weet niet waar hij moet starten	'Start here' aanwijzing
Proefpersoon zoekt naar invoermogelijkheden en klikt op zichtbare tekstelementen	Een tekstelement is in een lege omgeving dus een duidelijke indicator voor invoer, standaard tekst/voorbeeldtekst in de invoervakken.
Het vak onder 'system en DP' trekt in eerste instantie de aandacht	'Assembly Sequence' meer naar voren brengen, het step 1, step 2...etc wordt al wel als handig ervaren.
Miskliks in de kleine oranje cel	Verwijderen kleine oranje cel of anders kleuren
Na het kiezen van een systeem de draad kwijt	Informatie in cel met keuze interface en geometrie
Miskliks bij het kiezen van het systeem waarmee een relatie wordt aangegaan	Uitsluiten gebruikte relaties
Cell met naam wordt wat klein gevonden	Maar een van de drie gebruikers over gehoord, zoom functie in excel bied oplossing. Mogelijk lettergrote opschalen.
Hoe een woning in te voeren die duidelijk bestaat uit samenvoegingen boven systeemniveau, voorbeeld eenvoudig wonen van VanDijk met een vast en flexibel systeem	Onderzoeken of hiërarchie kan worden toegevoegd, of op systeem niveau proberen op te lossen.

3. Invoer van het systeem

Na het succesvol invoeren van de eerste twee systemen kregen alle proefpersonen het instrument onder de knie en ging men verder met het compleet invullen van de sheet, in het algemeen lag het tempo nu hoog.

Probleem	Aanbeveling
Interface geometrie is moeilijk duidelijk te maken, open lineair wordt vertaald als 'Volledig herinzetbaar', RS	Anders formuleren, in plaats van het aangeven van een typering bijvoorbeeld het stellen van een vraag. Toevoeging infosheet is mogelijk niet genoeg
Verschil tussen envelope en partitioning en open en closed, dragend/niet dragend, wat te doen in het geval van een dubbele facade met verschillende functies?	Mogelijk gebruik andere terminologie, toevoeging info sheet zou ook veel kunnen helpen (<i>nog even onderzoeken</i>)
Het is niet duidelijk dat niet alles ingevuld hoeft te worden.	Aanwijzing/Wizard of standaard de 'no relation' optie
Climate Controll gebeurt door verschillende systemen	Scheiden cooling, heating en ventilation, aanbeveling BJ:'Ook mogelijk scheiden water en

	gas.'
Relaties met de omgeving/andere gebouwen	Toevoeging van een 'Extern/Base systeem'
Geen fundering	Toevoegen fundering
Soms vervalt men naar een ander niveau en dat veroorzaakt problemen	(nog even onderzoeken)
Verbindingen met zichzelf, het bijvoorbeeld aan elkaar koppelen van hetzelfde wandsysteem	Toevoegen dat systemen een verbinding met zichzelf kunnen aangaan en daardoor inflexibel worden
Wat in het geval van een verdieping, een 2 ^e vloersysteem, een 2 ^e wandsysteem	(nog even onderzoeken)
Geen trap	Toevoegen Trap
Interface geometrie heeft een verschillende impact op de twee kanten van een verbinding	Per systeem een andere impact voor interface geometrie

4. Invoer Reuse Potential

De systemen en de interfaces waren nu aangegeven. Er moest nu informatie gegeven worden over de technische en functionele levensduur.

Probleem	Aanbeveling
Grote verschillen in invoer technische levensduur tussen de verschillende proefpersonen	Vaste keuze mogelijkheden, duidelijke maximale levensduur
Veel tijd met het afzonderlijk invoeren van functionele levensduur per systeem	Mogelijkheid om 'project levensduur' aan te geven

5. Duidelijkheid methode

Uiteindelijk is gevraagd aan de proefpersoon hoe enkele waarden tot stand kwamen. Dit ging over het algemeen vrij goed. De vermenigvuldiging van elementen is duidelijk, enkel de functie van sommige output is nog niet helder.

Probleem	Aanbeveling
Data in output vak is niet duidelijk te plaatsen bij een van de proefpersonen	Symmetrische interface

6. Inzetbaarheid instrument

Na de evaluatie van de methodiek en interface is er met de proefpersonen gesproken over hoe ze dit instrument zouden inzetten. De volgende mogelijkheden werden genoemd door de gebruikers:

Inzet instrument	Notitie
Communicatie middel naar de opdrachtgever	Dit werd gezien als het hoofddoel van het instrument
Vergelijken verschillende concepten	Hierbij meer binnen het bedrijf vergelijken van concepten
Evalueren concepten	Wordt niet direct gezien als de manier waarop het instrument gebruikt gaat worden, is misschien ook meer een gevolg van bovenstaande toepassingen.

7.4 Evaluatie

Op alle vlakken is het instrument veel te verbeteren. Er waren tijdens het opstarten problemen met de interface, de bewoording was moeilijk en de resultaten waren onrealistisch. De test is in ieder geval zeer goed verlopen, en het instrument schept ondanks de gebreken goede verwachtingen. Men leert snel omgaan met de interface en binnen een kwartier heeft men een geheel bouwsysteem ingevoerd. De testpersonen zijn snel in staat om goede feedback te geven op de resultaten hetgeen duidt op inzicht in de methode.

Al met al is er in korte tijd veel inzicht gekregen in de werking van het instrument.

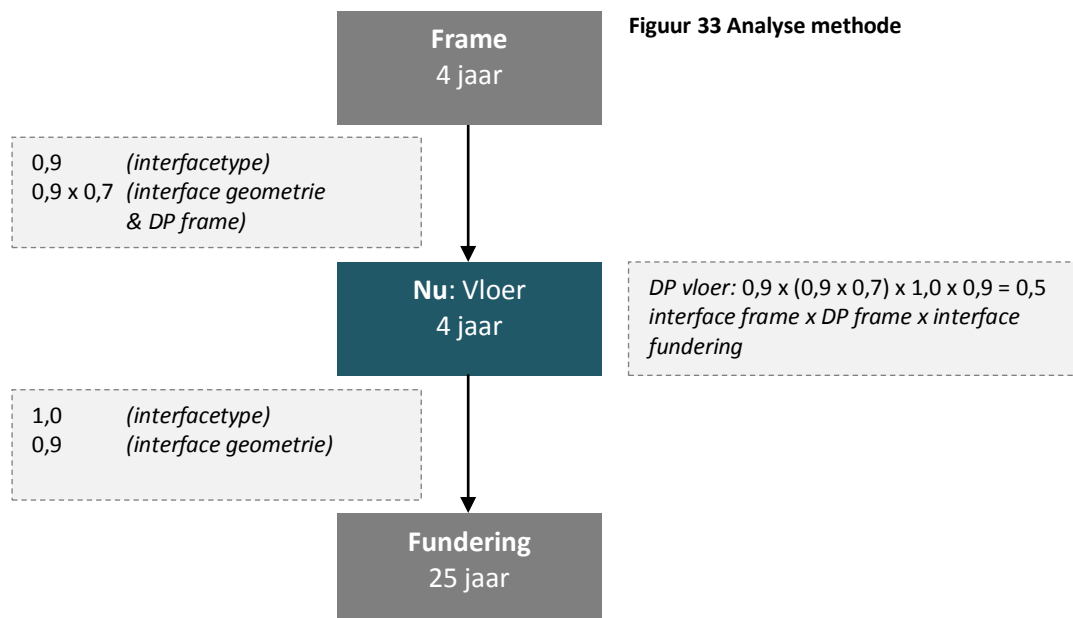
8 Optimalisatie

Nu de resultaten van de gebruikerstest bekend zijn kan er gewerkt worden aan een tweede versie van het instrument. Lang niet al het commentaar zal hierin verwerkt worden, maar enkele belangrijke onderdelen zullen worden uitgewerkt. Na deze optimalisatie rest er een iteratief proces van herevalueren en verbeteren. Dit zal hopelijk buiten deze bacheloropdracht om gebeuren, maar de eerste verbeteringen zullen in dit hoofdstuk beschreven worden.

8.1 Methode

De methode werkt nog niet goed, het meenemen van het indirecte disassembly potential gecombineerd met meerdere goede verbindingen levert een lage waarde op. Dit is bij sommige systemen, zoals Qbiz van Hodes, zo extreem dat een flexibel systeem zeer laag scoort. De waarden die aan de verschillende verbindingstypes zijn gekoppeld zijn mogelijk niet correct, maar de fout in de methode valt buiten de bandbreedte van een verkeerde variabele. Het probleem zit in de hoeveelheid informatie in een variabele.

Het volgende voorbeeld illustreert het probleem:



Om het de-assemblage potentieel te berekenen van de vloer wordt de verbinding van de vloer met alle systemen meegenomen. Hiernaast wordt ook het de-assemblage potentieel van alle systemen die allereerst verwijderd moeten worden voor de vloer wordt weggehaald meegenomen in de berekening. De verbindingen van de vloer zijn positief, toch scoort de vloer maar 50%, dit is in veel gevallen in de praktijk nog extremer gebleken. Het ontbinden van de termen de-assemblage potentieel, interface type en geometrie laat het werkelijke probleem zien.

DP vloer:	0,9	x	(0,9	x	0,7)	x	1,0	x	0,9	=	0,5
	type	x	geometrie		DP frame		type		geometrie		DP
	losmaakbaarheid		assemblage seq		losmaakbaarheid		losmaakbaarheid		assemblage seq		
	(in)direct				(in)direct		(in)direct				
	(on)afhankelijk				(on)afhankelijk		(on)afhankelijk				
					assemblage seq						
					losmaakbaarheid						
					(in)direct						
					(on)afhankelijk						
					assemblage seq						

Figuur 34 Fout in berekening DP

Losmaakbaarheid

De losmaakbaarheid van de verbindingen die de vloer aangaat met andere systemen moet meegenomen worden, in deze parameter zit ook weer veel informatie, namelijk; is de verbinding los te maken (gradiënt van eenvoudig tot niet mogelijk) en treed er schade op bij de-assemblage (gradiënt van geen schade tot sloop). Met beide factoren moet rekening gehouden worden.

(In)direct & (on)afhankelijk

Het systeem zit direct gekoppeld aan andere systemen of indirect via een derde component. Vaak wordt het derde component omschreven als een afzonderlijk systeem namelijk het frame. De systemen zitten vervolgens met een directe verbinding vast aan dit frame, het is hierdoor dubbelop om deze parameter in de interface keuze ook mee te nemen. Op het moment dat er een structuur ontstaat waardoor systemen indirect aan elkaar gekoppeld worden door een derde systeem zal het model positief moeten reageren door de gekoppelde systemen als onafhankelijke onderdelen te beschouwen.

De bonus die een indirecte of onafhankelijke verbinding krijgt wordt in het model vertaald als het niet meenemen van de transformatie capaciteit van de systemen waar het aan vast zit en vice versa. Hier is dus ook sprake van dubbele beloning of straffen, een slecht systeem krijgt een slecht beoordeelde parameter en het de-assemblage potentieel van een of meerdere andere systemen. Een van beide is voldoende, in dit geval is het meenemen van het DP van andere systemen een betere oplossing aangezien dit een dynamische waarde is.

Assemblage sequentie

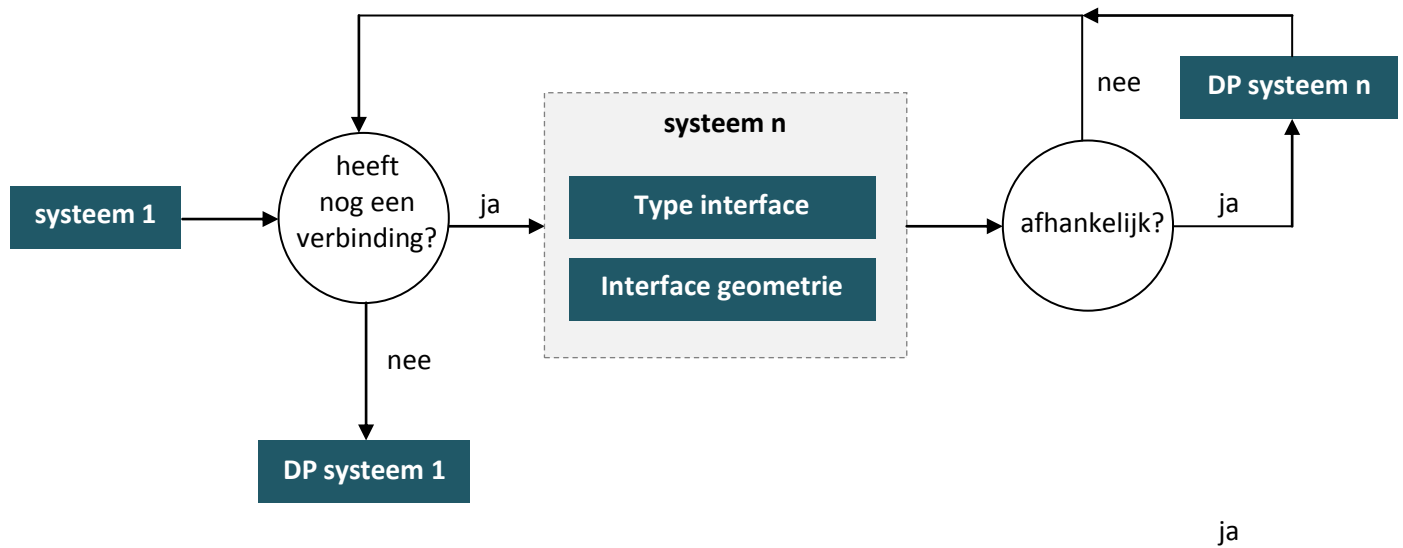
De geometrie van de interface bepaald de assemblage sequentie en de afhankelijkheid van de afzonderlijke systemen. Ook hier zit dus weer overlap tussen de verschillende parameters. Het meenemen van interface geometrie is overbodig wanneer de afhankelijkheid en assemblage volgorde van systemen al zijn vastgelegd.

Indirect DP

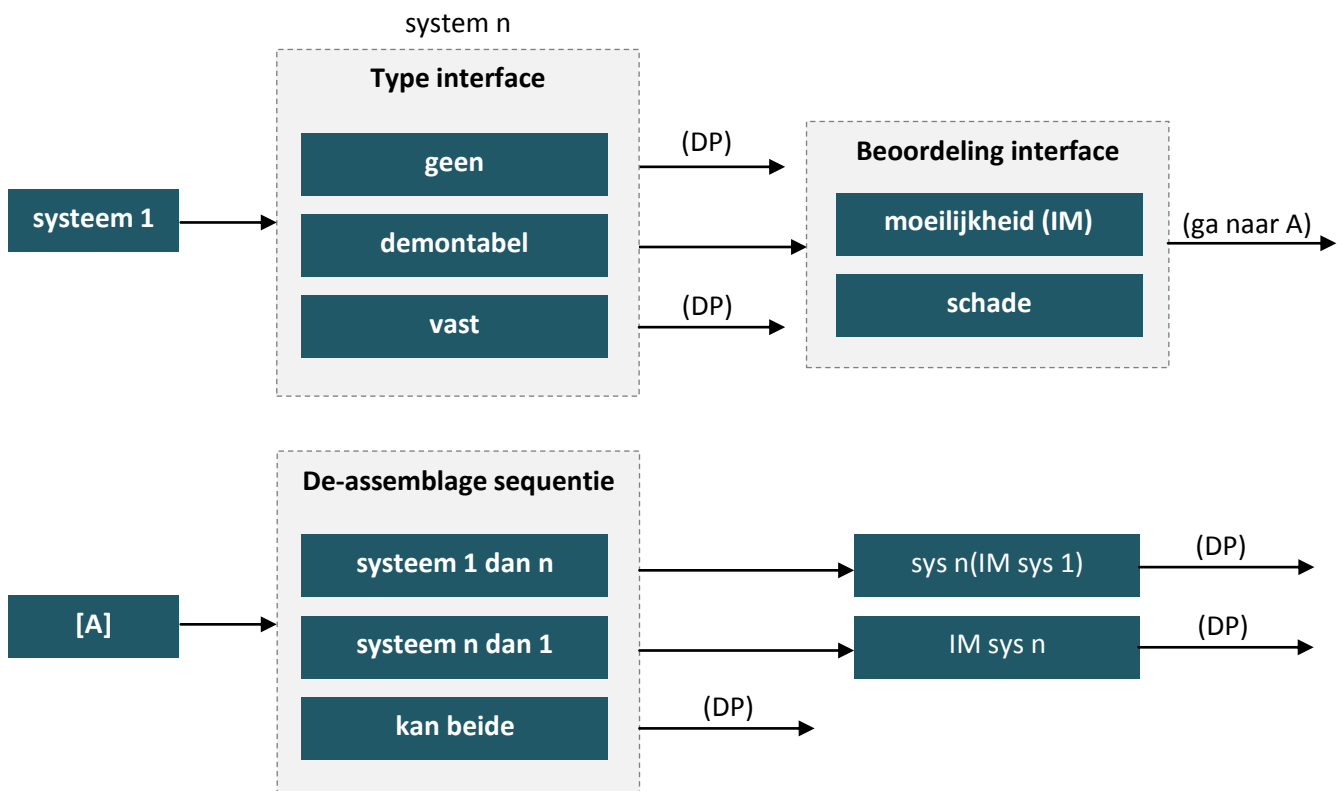
Het meenemen van het de-assemblage potentieel van systemen waar een systeem, bijvoorbeeld het vloersysteem, een relatie mee heeft is ook nog incorrect. Het de-assemblage potentieel wordt namelijk opgebouwd uit de verbinding met de vloer, deze is al meegenomen, en uit de schade die optreedt bij het losmaken van een verbinding die geen contact heeft met de vloer, iets wat het DP van de vloer niet beïnvloed. Het DP bevat dus te veel informatie om mee te nemen zonder dubbele gegevens te verwerken. Wat meegenomen moet worden is de mogelijkheid om de verbinding los te maken, wanneer systemen van elkaar afhankelijk zijn is de losmaakbaarheid van beide systemen belangrijk.

De verandering in het rekenmodel van de methode is te zien in figuur X. De informatie die de keuze van het interface type en geometrie bevatte is nu het gevraagde. Ook is de dubbele informatie uit het systeem gehaald.

Het oude model is:



Het nieuwe model is:



De beoordeling van het nieuwe systeem

Criteria	Oude methode	Nieuwe methode
Objectiviteit	De input is objectief, er worden aantoonbare gegevens gevraagd, de beoordeling van de input is subjectief.	De input is grotendeels objectief, de beoordeling van de input is grotendeels objectief.
Gebruiksgemak	Moeilijk om precies de juiste omschrijving te vinden van de interface, de abstrahering is moeilijk voor de gebruiker.	Gemakkelijker, minder opties, groter verschil, duidelijke bewoording.
Foutmarge	Mogelijke fout in: Verkeerde input Beoordeling input Gebruikte rekenmethode (zeker fout)	Mogelijke fout in: Minder grote kans op... ...verkeerde input ...beoordeling input De gebruikte rekenmethode kan nog steeds onjuist zijn

De nieuwe methode is zeer waarschijnlijk geen perfecte methode, de uitkomst blijft een grove benadering van de werkelijkheid, maar er zijn wel enkele duidelijke verbeterpunten ten opzichte van de oude methode:

Het dubbel laten meetellen van eigenschappen is uit het systeem gehaald, dit is de belangrijkste verbetering ten opzichte van het oude model.

De invoer van data gebeurt op een meer gebruiksvriendelijke manier. De gebruiker hoeft niet te kiezen uit een lijst met variabelen waarbij het moeilijk is om onderscheid te maken tussen de verschillende onderdelen. In plaats daarvan wordt de definitie van de interface verdeeld in deelvragen, wanneer die beantwoord worden is het effect van de interface op de herbruikbaarheid van het systeem helder.

Dit uit elkaar halen van elementen komt ook de aanpasbaarheid van de methode ten goede. Door dit op een gestructureerde manier op te zetten kan er eenvoudig meer data toegevoegd worden aan de methode. Ook wordt de resolutie van de input groter door het toevoegen van meer elementen. De uitkomst lijkt betrouwbaar maar de beoordeling van de verschillende parameters zit er altijd naast, de gebruiker kiest wellicht een verkeerde parameter, de werkelijke situatie wijkt af van de keuze mogelijkheden, er zijn talloze gevallen waarin de uitkomst waarschijnlijk niet overeenkomt met de werkelijkheid.

De foutmarge is dus nog steeds groot, aangezien veel gegevens nog steeds ingeschat moeten worden. De eenvoud van de input en de kwaliteit van de interface zouden er voor moeten zorgen dat de data toch zo correct mogelijk is.

Dit verschil tussen de werkelijkheid en de uitkomst is moeilijk te voorspellen.

Het nieuwe model richt zich eenduidiger op de hoofdlijn, de-assemblage. Verdere ontwikkeling zal hierdoor gemakkelijker gaan, aangezien de invloed van de variabelen op de-assemblage duidelijker is.

Ook zal er nog een tweede dimensie toegevoegd worden aan het systeem, verantwoordelijkheid, hierbij staat het voorop wie uiteindelijk de verantwoordelijkheid draagt voor het systeem na de-assemblage. In hergebruik kwesties maakt dit namelijk een groot verschil of iets daadwerkelijk hergebruikt gaat worden.

Nieuwe parameters

De parameters zullen wel opnieuw gekarakteriseerd worden. Elma Durmisevic heeft bij de karakterisatie voor haar methode gebruikt gemaakt van fuzzy logics. Een uitbreiding op boolean logics, hierbij kan naast of iets waar of onwaar is, iets ook een beetje waar zijn. In plaats van: "Het is koud, dus zet de verwarming aan." is het dan: "Het is een beetje koud, dus zet de verwarming een beetje aan."

Bij de karakterisatie van de verschillende parameters kan iets dus een beetje invloed uitoefenen op het de-assemblage potentieel. De waarden zijn gedefinieerd tussen de 0 en 1. Deze benadering zal gehandhaafd worden in dit model. Natuurlijk is het zo dat gedeeltelijke de-assemblage, of een kans op de-assemblage moeilijk te vertalen is naar de realiteit. De-assemblage is een onzekerheid, maar in het geval dat er sprake is van de-assemblage dan gebeurd dat ook en dan maakt het niet uit of het een chemische- of schroefverbinding is geweest. Het demontage potentieel omschrijft echter nog steeds de mogelijkheid tot demontage. Nu kijkt de eindverantwoordelijke er naar of de voordelen en mogelijkheden van demontage boven een bepaalde grens uitkomen. Als deze drempel gehaald wordt dan besluit hij het systeem uit de assemblage te halen en opnieuw in te zetten.

Het model zal deze drempel nu meenemen. Het demontage potentieel zal nog steeds als een getal tussen de 0 en 1 omschreven worden, maar de gebruiker zal hierbij door middel van een drempelwaarde aangeven wanneer hij of zij besluit iets te demonteren.

Interface type	Karakterisatie
Geen (default)	1,0
Demontabel	1,0
Vast	0,0

Demontabel/Schade	Karakterisatie
Beide systemen	1,0
Systeem X	1,0
Systeem Y	1,0
Schade aan interface	0,8
Geen schade	1,0

Demontabel/Schade/%	Karakterisatie
Reparatie	0,8
Gedeeltelijke reparatie	0,6
Geen reparatie	0,0

Dit zijn een dimensionale variabelen. De vraag of een interface zich leent voor demontage is in dit geval gemakkelijk te beantwoorden. Er zijn echter ook twee dimensionale array's, het gemak waarmee een verbinding los te maken is en de kosten die hiermee gemoeid zijn ten opzichte van de kosten die gemaakt worden voor het opnieuw produceren van het product.

Om snel de kosten in te schatten van de-assemblage is een model nodig dat de schaalgrootte van het omschreven systeem gebruikt. De kosten worden ingeschat door middel van de parameters tijd en arbeid.

Demontabel/Tijd&Arbeid	1 of 2 personen	3 tot 5 personen	Meer dan 5 personen
Binnen een dag	$1 \times 1,5 = 1,5$	$1 \times 4 = 4$	$1 \times 10 = 10$
Binnen een week	$5 \times 1,5 = 7,5$	$5 \times 4 = 20$	$5 \times 10 = 50$
Meer dan een week	$15 \times 1,5 = 22,5$	$15 \times 4 = 60$	$15 \times 10 = 150$

Wanneer dit meer is dan de waarde van het systeem gedeeld door de kosten van 1 dag werk dan heeft hergebruik economisch gezien geen zin.

Drempelwaarde

De drempelwaarde is iets dat door de belanghebbende ingevoerd kan worden. Normaal gesproken is het voor een gebruiker aantrekkelijk wanneer hij geld bespaard door hergebruik. Het huidige model omschrijft de transformatiecapaciteit van een systeem als een factor die vertaald kan worden naar tijd. Een transformatiecapaciteit van een half betekent dat het systeem nog een keer voor een gelijke tijdsduur ingezet kan worden. Als dit echter meer kost dan dat het oplevert, dan is dit voor de gebruiker hoogst waarschijnlijk oninteressant behalve als er andere waarde dan monetaire waarde in het spel is.

De gebruiker zou middels een drempelwaarde aankunnen geven of hij systemen wil hergebruiken afhankelijk van de waarde van het systeem.

8.2 Interface

In Appendix B is een overzicht te zien van de interface. Op de bijgeleverde CD-rom is het instrument te vinden. Ook is het te downloaden via: <http://www.utwente.nl/ctw/gtbcenter/Projects/>

De interface heeft een ontwikkeling doorgemaakt naar een geheel aanpasbare, overzichtelijke structuur. Om enkele ontwerplijnen te volgen staan hier enkele visuele indicaties:

Versie 1.1

Load bearing				
Name:	<insert name here>			
Assembly Sequence:	Parallel	zet het vorige onderdeel vast?		
System	Parallel	step 2	step 3	
Type of connection	Horizontal	Indirect, independent third component	Indirect, independent third component	1
Interface geometry	Open Lineair	Symetric, overlapping	Open Lineair	1
Transformation Capacity	0.03		1	1
Reuse Potential	0.8		0.8	0.8
Functional life (y)	10	10	10	10
Technical life(y)	50	50	50	40
Efficiency	0.23		0.23	0.23
Eco Impact	46		46	46
Total EI Load Bearing	184			

Vaste positionering, weinig informatie, zowel input als output, veel informatie op een hoop, kleurgebruik tussen input en vaste cellen. Een ruwe concept versie.

Versie 2.0

Building				
Name:		<insert name here>		
Assembly sequence		step 1	step 2	step 3
Relations		2 Envelope	1 Load Bearing	5 Infill
Other system	1 Load Bearing	2 Envelope	2 Envelope	2 Envelope
Type of connection	3 Indirect, independent third component	0.90	3 Indirect, independent third component	0.90
Interface geometry	1 Open Lineair	1.00	1 Open Lineair	1.00
Other system	5 Infill	5 Infill	1 Load Bearing	
Type of connection				
Interface geometry				
Other system	3 Material Services	3 Material Services	3 Material Services	
Type of connection			4 Direct, dependent third component	0.60
Interface geometry			4 Asymmetric overlapping	0.40
Other system	4 Data Services	4 Data Services	4 Data Services	
Type of connection			8 Direct, chemical	0.10
Interface geometry			6 Closed, integral two sides	0.10
Disassembly Potential	0.90		0.01	0.24
Function				
Functional life (y)	5	5	5	4
Technical life (y)	100	100	50	30
Reuse Potential	0.95		0.90	0.87
Transformation Capacity	0.86		0.01	0.21
Impact				
Eco Impact Total	100		200	50
Eco Impact Functional Unit	15		198	40

Kruisverbanden, meer informatie, maar rustigere opmaak.

Versie 2.5

Building

Name: <insert name here>

step 1

Assembly sequence

1 Frame

Relations

System	DP
2 Floor	0,09
6 Partitioning open	0,40

step 2

2 Floor

System	DP
1 Frame	0,70
1 Direct, no additional material	
3 Overlapping on one side	
Subtotal Disassembly Potential	0,70

System	DP
3 Roof	0,32
6 Partitioning open	0,40

step 3

3 Roof

System	DP
2 Floor	0,80
1 Direct, no additional material	
2 Symetric, overlapping	
Subtotal Disassembly Potential	0,80

System	DP
6 Partitioning open	0,40

Geen informatie wordt wit, veel overbodige informatie eruit. Duidelijke trap structuur.

Versie 4.1

Project factsheet

project name: Qbiz

date: apr-10

company: Hodes Bouwsystemen

project duration: 10 years

responsibility: building company

LCA tool: Simapro

Simapro indicators are valid, note:

Identical weighting factors must be used.

No lifecycle information must be used

Project results

TC wght: costs	0,87
TC wght: eco	0,59
Total costs:	€110.000,-
Disassembly costs:	€8000,-
Allocated costs:	€23.000,-

€31.000,-

Total Eco Impact:	3470
Disassembly Eco Impact:	150
Allocated Eco Impact:	1894

Building

Assembly sequence

1 Foundation

2 Frame

3 Floor

Indicators

Impacts	
costs:	select from list...
eco impact:	
Reuse	
Technical life (y):	select from list...

Impacts	
costs:	select from list...
eco impact:	
Reuse	
Technical life (y):	select from list...

Impacts	
costs:	€5000 - €10000
eco impact:	322
Reuse	
Technical life (y):	25

Output

Reuse Potential	0,0
Disassembly Potential	1,0
Transformation Capacity	0,5

Reuse Potential	0,0
Disassembly Potential	0,7
Transformation Capacity	0,0

Reuse Potential	0,6
Disassembly Potential	0,3
Transformation Capacity	0,2

Relations

2 Frame is connected to:	
1 Foundation	
interface type:	Fixed

3 Floor is connected to:	
1 Foundation	
interface type:	Fixed
damage:	None
damage type:	Repairable
da. time:	within a day
da. effort:	2-5 persons
da. sequence:	independent

Woorden en kleuren vragen om input, vaste informatie en output bovenaan, algemene kolom breedte. Dubbel zo veel variabelen, namen bij invoercellen, toch in het algemeen minder informatie en een betere oriëntatie door nog meer visuele herhaling en scheiding. Ook geen verschillende lettergroottes en het kleurgebruik is van de vlakken naar de letters verschoven.

De nieuwe interface ziet er zo uit als beschreven bij 'versie 4.1', de stijl waarin dit is opgebouwd is doorgezet in alle andere sheets.

9 Conclusie & Aanbevelingen

Het instrument is ontwikkeld aan de hand van zowel een theoretisch kader als door het doen van experimenten. De theorie van dr. Elma Durmisevic en gesprekken met de gebruikers hebben de basis gevormd waarop het concept is ontwikkeld. Dit concept is aan de hand van een gebruikerstest verder ontwikkeld. Het ontworpen instrument vormt een basis waaruit verder ontwikkeld kan worden. Een van de belangrijkste eigenschappen van het instrument zelf is dan ook aanpasbaarheid en transparantie.

Door het doen van gebruikerstesten en de daarop volgende verbetering was het noodzakelijk om het instrument flexibel in te richten om snelle aanpassingen mogelijk te maken. Dit is ten dele gelukt; in de latere stadia van het ontwikkelproces is veel aandacht gegeven aan de verbetering van het instrument op dit punt.

Het instrument is in staat om vanuit een vrij invoerveld data te sorteren en bewerken. Lijsten kunnen eenvoudig worden aangepast, de methodiek kan vrij veranderen en nieuwe parameters kunnen worden toegevoegd. Dit alles terwijl de interface eenvoudig en intuïtief blijft.

Een aanbeveling met betrekking tot flexibiliteit is het aanpasbaar maken van de interface, want die is op enkele gebieden nog begrensd. De algemene opmaak van de interface is nog niet geheel flexibel geprogrammeerd. Er zou een stuk van de interface, bijvoorbeeld de grootte van de 'verbinding' invoer blokken (zie figuur 36), flexibel gemaakt kunnen worden door in de *development* sheet het ontwerp van een blokje vast te leggen, hetgeen gekopieerd wordt naar de *main sheet*.

2 Frame is connected to:

1 Foundation	
interface type:	Demountable
damage:	None
damage type:	select from list...
da. time:	more then a week
da. effort:	5+ persons
da. sequence:	main system first

Figuur 35 Verbinding invoer blok

In de ontwikkeling van het instrument is de manier waarop een bouwsysteem wordt ingevoerd verandert. Eerst werd er gewerkt met geabstraheerde omschrijvingen van interfaces. Hierbij zat veel informatie in een enkele keuze, deze informatie is echter uit elkaar gehaald en is vertaald naar keuzemogelijkheden die dichterbij de gebruiker staan. Dit heeft meer gebruiksgemak en een overzichtelijke structuur opgeleverd. Een nadeel hiervan is dat de directe link met de gebruikte publicatie, 'Transformable Building Structures' door Elma Durmisevic, is weggenomen. Het vertalen van de eenvoudige input naar de classificaties zoals in de literatuur omschreven is wel mogelijk en dit kan toegevoegd worden aan het instrument. Ook zou de resolutie van de invoer beter afgestemd kunnen worden om alle verschillen duidelijk te krijgen.

De rekenmethodiek zal ook nog aangevuld moeten worden. De gebruikte methodiek werkt en demonstreert de mogelijkheden van het instrument. Zelfs voor de verbetering van de methodiek waren de gebruikers al enthousiasme over de resultaten. En het instrument bleek conform verwachtingen te werken. Ondanks het feit dat hier veel aandacht aan is geschonken is het nog wel een van de zwakste punten van het instrument. De gebruikte methodiek is nog vrij eenvoudig, het geeft informatie over de transformatie capaciteit van een systeem en gebouw. De gebruikte parameters en de berekening zijn nog vrij conceptueel. Evaluatie aan de hand van praktijk cases zal meer inhoud moeten geven aan de methode.

Belangrijke verbeteringen van de methodiek zouden zijn:

- Verbetering van de omgang met flexibiliteit binnen de functionele eenheid. Nu is enkel gekeken naar toekomst waarde van IDF bouw, maar binnen de functionele eenheid kan ook

sprake zijn van transformatie. Dit is een belangrijke eigenschap van IDF projecten en zou meegenomen moeten worden in de methode. Uiteindelijk kan er dan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende transformatie scenario's.

- Verbetering van het kostenmodel, door middel van toevoeging van lifecycle kosten bovenop investeringskosten en de implementatie van tijdvoorkeur. Dit zal een realistischer beeld geven van de kosten. Hierdoor worden de gegevens meer relevant voor de praktijk.
- In de resultaten sheet worden de resultaten minimaal weergegeven. Het geeft de basis parameters weer van het totaal en per systeem. Betere visualisatie van het systeem en een indicatie van verbeterpunten binnen het gebouw zouden belangrijke informatie kunnen geven aan een bouwbedrijf of architect.

Appendix A - Interview met deelnemers van de werkplaats IDF

Inventarisatie bouwcomponenten database

datum

Versie 1.00, 18-02-09

Ingevuld door:

Aanwezig bij het interview:

Bedrijf:

Beschrijving:

Contact persoon:

Contact informatie in database (ja/nee) zo ja, email
telefoon
website
adres

1. Op welk terrein zijn jullie bezig met innovatie?

.....
.....
.....
.....

2. Hoe kwamen jullie tot innovatie, wat is de drijfveer?

.....
.....
.....
.....

3. Waar zien jullie mogelijkheden in de toekomst?

.....
.....
.....
.....

4. Op welk terrein willen jullie je profileren?

.....
.....
.....
.....

5. Hoe kijken jullie aan tegen duurzaamheid, wat is jullie interpretatie van duurzaamheid?

.....
.....
.....
.....

6. Wat zijn volgens jullie de verantwoordelijkheid van een producent/ontwerper met betrekking tot de volledige levenscyclus van het product? Bijvoorbeeld 'groene' materialen of reuse/downcycling van onderdelen? (mogelijk onderzoek gedaan)

.....
.....
.....
.....

7. Op de universiteit komt er een toekomst/techpark, dit biedt de mogelijkheid om 1:1 prototypes te maken van nieuwe bouwinnovaties en bouwconcepten. Zien jullie mogelijkheden om hier aan mee te werken?

.....
.....
.....
.....

Overige notities

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Appendix A - Interview met deelnemers van de werkplaats IDF

Product

Versie 1.00, 18-02-09
Ingevuld door:
Bedrijf:

datum

volgnummer (/)

Product naam:

Functie(s)

Productfase (nu in gebruik/uitontwikkeld, maar niet op de markt/prototype/idee), waarom in deze fase?

Dimensies (vast/variabel): l max/min: / b max/min: / h max/min: /

Kostprijs:

Materialen

Processen (productie/transport)

Mechanische eigenschappen (isolatie/brandbestendigheid/stijfheid/sterkte)

Monster beschikbaar (ja/nee), zo ja beschrijving:

Beoordeling

Score	slecht	zwak	matig	goed	zeer goed
o Gebouw					
Interfaces	(vast verbinding)	(eenmalig los)	(losneembaar)	(extra mogelijk)	(flexibel)
Hergebruik	(sloop)	(gedeeltelijk sloop)	(verbouwen)	(aanpasbaar)	(multifunctie)
Energie (use)	(hoog verbruik)	(laag verbruik)	(beetje selfmade)	(self support)	(meer uit dan in)
Energie (embodied)	(kW/kg)	(kW/kg)	(kW/kg)	(geen energie nodig)	(meer uit dan in)
Industrialisatie (assembly)	(on site, lang)	(on site, snel)	(prefab, traag)	(prefab, snel)	(prefab, plof)
Comfort	(vervelend in gebruik)	(moeilijk in gebruik)	(neutraal)	(goed in gebruik)	(prettig in gebruik)
o Systeem					
Interfaces	(vast verbinding)	(eenmalig los)	(losneembaar)	(extra mogelijk)	(flexibel)
Hergebruik	(sloop)	(gedeeltelijk sloop)	(verbouwen)	(aanpasbaar)	(multifunctie)
Energie (use)	(hoog verbruik)	(laag verbruik)	(beetje selfmade)	(self support)	(meer uit dan in)
Energie (embodied)	(kW/kg)	(kW/kg)	(kW/kg)	(geen energie nodig)	(meer uit dan in)
Industrialisatie (assembly)	(on site, lang)	(on site, snel)	(prefab, traag)	(prefab, snel)	(prefab, klik)
Comfort	(vervelend in gebruik)	(moeilijk in gebruik)	(neutraal)	(goed in gebruik)	(prettig in gebruik)
o Component					
Interfaces	(vast verbinding)	(eenmalig los)	(losneembaar)	(extra mogelijk)	(flexibel)
Hergebruik	(niets terug)	(verbranding)	(downcycling)	(up cycling)	(reuse)
Energie (use)	(hoog verbruik)	(laag verbruik)	(beetje selfmade)	(self support)	(meer uit dan in)
Energie (embodied)	(kW/kg)	(kW/kg)	(kW/kg)	(geen energie nodig)	(meer uit dan in)
Industrialisatie (assembly)	(on site, lang)	(on site, snel)	(prefab, traag)	(prefab, snel)	(prefab, klik)
Comfort	(vervelend in gebruik)	(moeilijk in gebruik)	(neutraal)	(goed in gebruik)	(prettig in gebruik)
o Materiaal					
Interfaces	(vast verbinding)	(eenmalig los)	(losneembaar)	(extra mogelijk)	(flexibel)
Hergebruik	(niets terug)	(verbranding)	(downcycling)	(up cycling)	(reuse)
Energie (embodied)	(kW/kg)	(kW/kg)	(kW/kg)	(geen energie nodig)	(meer uit dan in)
Industrialisatie (productie)	(handwerk)	(laag verbruik)	(beetje selfmade)	(self support)	(automatisch)
Comfort	(vervelend in gebruik)	(moeilijk in gebruik)	(neutraal)	(goed in gebruik)	(prettig in gebruik)

Appendix B - Overzicht interface

Main sheet: Leeg

TransformationInde0.6leeg - Microsoft Excel

Start Invoegen Pagina-indeling Formules Gegevens Controleeren Beeld

Klembord Knippen Plakken Opmaak kopiëren/plakken

Lettertype Calibri 11 A

Uitlijning Teksttoetsen

Stijlen Voorwaardelijke Opmaak opmaak - alt tabel - Standaard Neutraal Goed Ongeldig

Cellen Invoegen Verwijderen Opmaak

Berekenen AutoSom - Doornemen - Sorteren en filteren - Zoeken en filteren - selecteren -

Project factsheet

project name: insert name...
date: add date...
company: insert name...
project duration: select from list...
responsibility: select from list...

LCA tool: select from list...

Project results

TC weight: costs	1
TC weight: eco	1
Total costs:	€0,-
Disassembly costs:	€0,-
Allocated costs:	€0,-
Total Eco Impact:	0
Disassembly Eco Impact:	0
Allocated Eco Impact:	0

Building

Assembly sequence

Indicators

Output

Relations

main dev result info mainOLD

100%

Main sheet: Ingevuld met testcase 'Groene Bouwlab'

TransformationIndeo06LabTest - Microsoft Excel

Start Knippen Kopieren Plakken Opmaak kopiëren/plakken Klembord Invoegen Pagina-indeling Formules Gegevens Controleeren Bred Teksttoetsgroep Tekstverwijderen Tekstverwijderen Opmaken opmaak - alt tabel - Stijlen Goed Ongeldig Voorwaardelijke Opmaken opmaak - alt tabel - Getal

Project factsheet
project name: Groene Bouwlab
date: 5-1-2011
company: UT
project duration: 3 years
responsibility: Building company

LCA tool:
Sinapro
*Sinapro indicators are valid, note:
Identical weighting factors must be used.
No lifecycle information must be used*

Project results
TC wight: costs 0.74
TC wight: eco 0.69
Total costs: €134.000.-
Disassembly costs: €5.400.- }
Allocated costs: €38.000.- }
€43.400.- }
Total Eco Impact: 306
Disassembly Eco Impact: 19
Allocated Eco Impact: 114
} 133

Building

Assembly sequence	1 Foundation	2 Frame	3 Floor	4 Roof	5 Electricity and Data
Indicators	Impacts costs: €20000 - €50000 eco impact: 155 Reuse Technical life (y): 50	Impacts costs: €10000 - €20000 eco impact: 43 Reuse Technical life (y): 25	Impacts costs: €5000 - €10000 eco impact: 12 Reuse Technical life (y): 15	Impacts costs: €10000 - €20000 eco impact: 17 Reuse Technical life (y): 10	Impacts costs: €1000 - €2000 eco impact: 22 Reuse Technical life (y): 10
Output	Reuse Potential 0.9 Disassembly Potential 0.7 Transformation Capacity 0.7	Reuse Potential 0.9 Disassembly Potential 0.8 Transformation Capacity 0.7	Reuse Potential 0.9 Disassembly Potential 0.9 Transformation Capacity 0.7	Reuse Potential 0.8 Disassembly Potential 0.9 Transformation Capacity 0.7	Reuse Potential 0.8 Disassembly Potential 0.9 Transformation Capacity 0.7
Relations	2 Frame is connected to: 1 Foundation interface type: Demountable damage: None da time: within a week da effort: 2-5 persons da sequence: main system first	2 Frame is connected to: 1 Foundation interface type: Demountable damage: None da time: within a week da effort: 2-5 persons da sequence: main system first	3 Floor is connected to: 2 Frame interface type: Demountable damage: Interface damage damage type: Repairable da time: within a day da effort: 2-5 persons da sequence: main system first	4 Roof is connected to: 2 Frame interface type: Demountable damage: Partly repairable damage type: within a week da time: 1-2 persons da effort: 1-2 persons da sequence: main system first	5 Electricity and Data is connected to: 3 Floor interface type: Demountable damage: None da time: within a day da effort: 1-2 persons da sequence: Independent

select system...

select system...

select system...

select system...

select system...

main dev result info manOLD

Appendix B - Overzicht interface

Development sheet: Systeem tabel met uitleg en daaronder de karakterisatie en variabelen sheet.

TransformationIdeo.GLabTest - Microsoft Excel

Start Invoegen Pagina-indeling Formules Gegevens Controleeren Beeld Uitlijning

Knippen Kopieëren Plakken Opmaak kopiëren/plakken

Callibri B I U A A' Lettertype

Standaard Goed Ongeldig Stijlen

Voorwaardelijke Opmaak opmaak als tabel

Invoegen Verwijderen Opmaak

Doornemen Wisen Sorteren en Zoeken en filteren selecteren Bewerken

Calculation

1 Systems

0 select system...

1 Foundation

2 Frame

3 Floor

4 Roof

5 Envelope open

6 Envelope closed

7 Partitioning open

8 Partitioning closed

9 Electricity and Data

10 Water

11 Sewage

12 Climate control

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

1283

1284

1285

1286

1287

1288

1289

1290

1291

1292

1293

1294

1295

1296

1297

1298

1299

1300

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315

1316

1

Development sheet: Uitlees tabel 6

62

Appendix C - Digitale versie instrument

Dit instrument is ook te vinden op:

<http://www.utwente.nl/ctw/gtbcenter/Projects/>

