

Rethink Construction

TBWK-V15AFO-14

Titelpagina

◆ AFSTUDEERDER

Naam: Rick Ebbers
Studentnummer: 1651048
Adres: Hagedoorn 48, 7041 JV te
's-Heerenberg
E-mail: Rick.ebbers@student.hu.nl
Telefoonnummer: 06 - 134 560 69
Opleiding: Bouwkunde

◆ AFSTUDEERAANBIEDER

Bedrijf: Factory Zero
Adres: Ameidsedam 2, 6917 AG te Spijk
Contactpersoon: Jan Willem van de Groep
Functie: Directeur
E-mail: Janwillem@factoryzero.nl
Telefoonnummer: 06 - 209 677 48

◆ HOGESCHOOL UTRECHT

Instituut: Instituut gebouwde omgeving (IGO)
Opleiding: Bouwkunde
Cursus: TBWK-V15AFO-14
Adres: Padualaan 99, 3584 CH te Utrecht
Eerste begeleider: Rogier Laterveer
E-mail: Rogier.laterveer@hu.nl
Telefoonnummer: 06 - 144 340 89
Tweede begeleider: Joost Hoornweg
E-mail: Joost.hoornweg@hu.nl
Telefoonnummer: 06 - 146 358 49



Voorwoord

De bouwsector veranderd op dit moment razendsnel. Is het niet onder druk van beter, goedkoper en gewilder dan is het wel om de afnemende populatie vaklieden of de adaptie van technologie vanuit andere factoren waardoor het gewoon kan.

Die veranderingen hebben vanuit het perspectief van Factory Zero alles te maken met de mogelijkheden om de arbeidsproductiviteit fors te verhogen. Zonder een stijging daarvan zijn we als bouwsector domweg niet in staat om antwoorden te vinden op de grote maatschappelijke vraagstukken die op het bordje van de sector liggen. Onder andere op het gebied van energiebesparing in combinatie met gezond en comfortabel wonen. Factory Zero heeft namelijk de overtuiging dat alle inwoners van Nederland binnen 20 jaar in een energieneutraal huis kunnen wonen. Daarnaast heeft ze de ambitie om binnen 5 jaar de grootste concurrent van het fossiele energiebedrijf te worden. Wij leveren immers de meest duurzame vorm van energie; bespaarde energie. De overtuiging is dat we dat alleen voor elkaar krijgen door een forse industrialisatieslag. Daarvoor is het noodzakelijk om radicaal te innoveren. Productiviteitsverbeteringen van een factor 5 tot 10 liggen in het verschiet binnen het marktsegment dat Factory Zero bediend.

Ook het ontwerp- en engineeringsproces gaat veranderen. Samen met partners uit de toeleverende industrie bedenken we concepten met een grote modificeerbaarheid voor zowel ontwerpers als de klant. Design krijgt dan betekenis vanuit twee dimensies. Gevelsystemen, daksystemen en energiesystemen die als kant en klare modules worden

geproduceerd (niveau 1) en in gemodificeerde vorm (niveau 2) worden geassembleerd op de bouwplaats. Een plek die wij liever met de industriële term 'site' betitelen.

Rick heeft vooral gekeken naar de manier waarop het ontwikkelproces van niveau 1 vorm te geven. Hij is zich echter ook bewust geweest dat de modificatie mogelijkheden van niveau 2 pas mogelijk worden als die op niveau 1 worden mee ontworpen en geëngineerd. Wij hebben Rick gevraagd om te onderzoeken of een benadering als Systems Engineering daarvoor geschikt zou zijn.

Rick heeft als eerste onderzocht of we daarmee niet wat te direct stuurden op één benadering. Uiteindelijk is hij uitgekomen op een benadering die verschillende design- en engineeringmethoden combineert. Een verdienstelijke bijdrage aan de ontwikkeling van Factory Zero. Het feit dat we Rick een baan hebben aangeboden met de mogelijkheid om deze benadering in de toekomst naar de praktijk te vertalen spreekt in die zin boekdelen.

Ik wens u veel leesplezier bij een scriptie die menig bouwkundige wellicht wat doet fronsen. Het is echter een oefening binnen een nieuwe bouwpraktijk die (hopelijk) ook snel de curricula van Hogescholen zal moeten bereiken.

Jan Willem van de Groep

Directeur Factory Zero b.v.

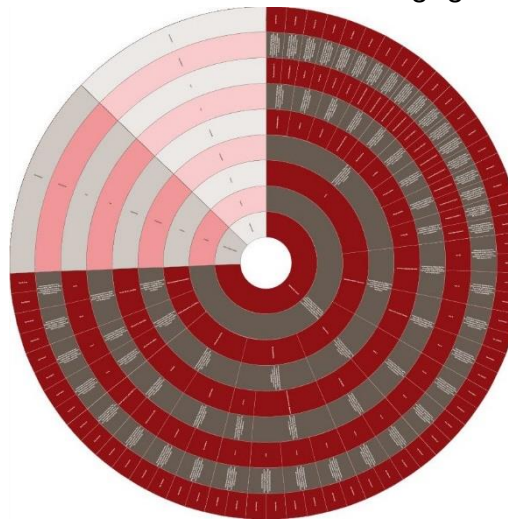
Samenvatting

De cultuur op de woningmarkt is verschoven van een aanbodcultuur naar een vraagcultuur. De bewoners weten nu steeds beter wat ze willen hebben en houden hier sterker aan vast. De bouwsector wordt nog gedomineerd door een traditionele taakcultuur en kan daarmee slecht aan de vraag voldoen. Industrieel vervaardigde elementen kunnen een antwoord zijn op de vraag. Wel vraagt dit om een innovatieve, systematische aanpak van techniek en het proces.

Om deze systematische aanpak te kunnen starten dienen enkel onderzoeken uitgevoerd te worden. Informatie waar behoefte naar is zijn de volgende punten:

- ❖ De ontwikkeling van 'generaties'
- ❖ Ontwikkeling van cultuur
- ❖ Verschillende procesmethoden
- ❖ De meest geschikte procesmethode
- ❖ Proces uitgedrukt in modellen
- ❖ Proces- en Productontwikkelingsplan
- ❖ Toepassing in het ontwikkelproces

Dit onderzoek laat zien welke ontwikkelingen gaande zijn en wat de ontwikkeling binnen Factory Zero is. Hierbij is een omschrijving gegeven van de generaties 0 (traditioneel), 1 (nu gaande) en 2, waarvoor het proces verbeterd dient te worden. Cultuur blijkt een belangrijke factor. De cultuur bij de eindgebruiker is sterk veranderd en de bouwsector dient hier op in te spelen om markt te blijven houden. Industrialisatie is daarvoor noodzakelijk.



Om deze verandering mee te kunnen nemen bij de ontwikkeling van industrieel vervaardigde componenten, is het zaak een procesmethode te nemen welke bij industrialisatie past. Hier zijn vele methoden voor, komende uit uiteenlopende sectoren. Een analyse van deze methoden resulteert in Systems Engineering met aspecten uit StageGate, UCD en APQP, om het proces te optimaliseren.

Het Systems Engineering model, als hier verkleind weergegeven, biedt de mogelijkheid het gehele product gedeconponeerd in kaart te brengen, eisen vast te stellen aan componenten en (design)opties naast elkaar weer te geven. Door het model digitaal te gebruiken, heeft het de mogelijkheid naar wens te groeien, te krimpen en accenten te leggen. Afhankelijk van de behoefte binnen het ontwikkelproces.

Het model dient als basis voor een plan. Dat plan helpt het ontwikkelteam van introductie van de te ontwikkelen bouwoplossing(product) langs de doelstelling en het tijdspad met als basis een cyclisch ontwikkelproces.

Tijdens de ontwikkeling wordt het proces opgedeeld in Thema's. Om daar bij te helpen, is per themacyclus een hand-out opgesteld met

daarop alle relevante informatie voor het specifieke thema.

Tijdens de ontwikkeling kan het Systems Engineering model vervolgens aangevuld worden tot het product gereed is. Dan biedt het model ook de mogelijkheid te dienen als een morfologisch overzicht, waarmee met de klant een totaalproduct samen te stellen is. Deze werkwijze creëert meer toegevoegde waarde voor de klant waardoor de klanttevredenheid significant kan stijgen.

Summary

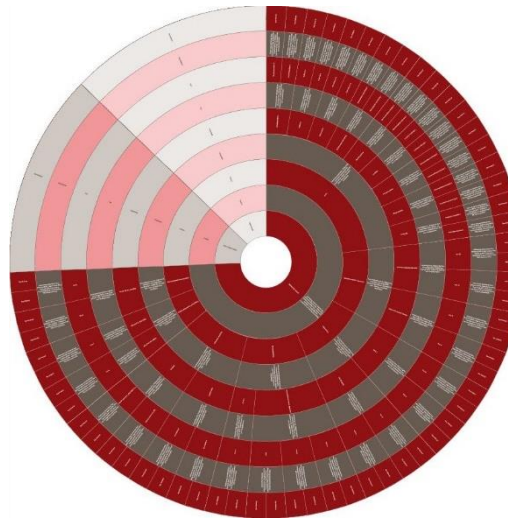
Culture on the housing market is shifted from a supply culture to a demand culture. The residents now know better what they want and stick to it more strongly. The construction sector is still dominated by a traditional task culture and can therefore meet the demand poorly. Industrially manufactured elements can be an answer to the question. However, this requires an innovative, systematic approach to technology and the process

In order to start this systematic approach, research should be carried out. Information that is needed are the following topics:

- ❖ The development of 'generations'
- ❖ Development of culture
- ❖ Different process methods
- ❖ The most suitable process method
- ❖ Process expressed in models
- ❖ Process and Product Development Plan
- ❖ Application in the development process

This research shows what developments are going on and what the development is within Factory Zero. A description is given of the generations 0 (traditional), 1 (now going) and 2, for which the process has to be improved.

Culture is an important factor. End-user culture has changed dramatically, and the construction industry must respond to this change in order to keep market. Industrialization is necessary for this.



In order to take this change into the development of industrially manufactured components, it is a matter of taking a process that fits industrialization. There are many methods, coming from different sectors. An analysis of these methods results in Systems Engineering with aspects from StageGate, UCD and APQP, to optimize the process.

The system engineering model, as displayed reduces here, offers the ability to map the entire product decomposed, to determine requirements for components and showing (design) options side by side. By using the model digitally, it is possible

to grow, to shrink and accentuate as desired. Depending on the need within the development process.

The model serves as a basis for a plan. That plan helps the development team from introducing the to be developed building solution (product), along the target and time path as a basis for a cyclical development process.

During the development, the process is divided into Themes. To help with this, a hand-out has been prepared per theme-cycle with all relevant information for the specific theme. During the development, the Systems Engineering model can then be completed

until the product is ready. Then the model also offers the opportunity to serve as a morphological overview, which enables the customer to compile a total product. This method creates added value for the customer, which can significantly increase customer satisfaction.

Inhoud

Titelpagina.....	1
Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
Summary.....	4
Inhoud.....	5
Inleiding.....	7
• Aanleiding.....	7
• Probleemanalyse.....	8
• Doelstelling.....	8
• Vraagstelling.....	9
Praktijkvraag.....	9
Kennisvraag.....	9
Competentievraag.....	9
Hoofdvraag.....	9
• Werkwijze.....	9
• Leeswijzer.....	10
Begrippenlijst.....	11
Ontwikkeling van generaties.....	13
• Generatie 0.....	13
• Generatie 1.....	13
• Generatie 2.....	14
• Ontwikkelproces.....	14

• Casus.....	15
• Cultuur.....	16
Cultuur in de bouw.....	16
Cultuur van de eindgebruiker.....	16
Systems Engineering model.....	18
• Verschillende methoden.....	18
Basis Systems Engineering model.....	18
• Factory Zero GEN2 SE model.....	21
Werking van het model.....	23
Het model aanpassen.....	24
Proces- en product ontwikkelingsplan.....	25
• Projectplan generatie 0.....	25
Projectbeheersing.....	25
• Procesplan Generatie 1.....	26
Stappenplan generatie 1.....	26
• Procesplan.....	27
Productontwikkelingsplan.....	27
• Invloed van de bewoner.....	29
• Generatie 2.....	30
Fasering.....	30
Thematisering.....	30
• Integratie.....	31
Front-Loading.....	31

Factory Zero productontwikkelingsproces.....	33	• Factory Zero Systems Engineering Model	48
• Vormgeving geïntegreerd plan	34	• (Deel)onderzoeken.....	48
Proces- en productontwikkelingsplan	34	Action Research Generatie 1	48
Hand-outs productontwikkeling thema's	35	Action Research BIPV	48
• Propositie	36	Methoden Procesbeheersing.....	48
Personalisatie.....	37	Projectrisico's	48
• Personalisatie in het ontwerp.....	37	Factory Zero VEE-modellen	48
Doelgroepen	37	Factory Zero Systems Engineering Model.....	48
• Apple iPhone	37	Bewoners bij renovatie	48
• IKEA Keuken	38	Prototyping	48
• Personalisatie Dakelement.....	39	Analyse proces-, project- en product ontwikkelingsplan	48
Stijlen	39	Invulling proces- en product ontwikkelingsplan	48
Kleuren	40	Expert gesprekken	48
Het product	40	• Proces- en productontwikkelingsplan.....	48
Conclusie en aanbevelingen	41	Ontwerputgangspunten	48
Procesmethoden.....	41	Lijst betrokken partijen.....	48
Systems Engineering	41	Systems Engineering Model.....	48
Proces- en product ontwikkelingsplan	42	Factory Zero Huisstijlhandboek.....	48
Cultuur	42	Hand-outs Productontwikkeling Thema's	48
• Aanbeveling.....	43		
Toepassing onderzoek.....	43		
Verder onderzoek	43		
Bibliografie.....	44		
Bijlagen	48		

Inleiding

◆ AANLEIDING

Een derde van de totale CO₂-uitstoot is afkomstig van de gebouwde omgeving (Gerder & Beurskens, 2010). Daarnaast wordt 42% van de totale primaire energie verbruikt door woning- en utiliteitsbouw (Bilsen & Rademaekers, 2009). Veel van deze energie gaat verloren door gebrekkige isolatie en verouderde of inefficiënte apparatuur. Om een adequate aanpak te ontwikkelen zal het aanbod veel meer gedomineerd moeten gaan worden door industriële oplossingen voor wonen en werken voor zowel bestaande- als nieuwbouw. Wanneer die niet gebeurt, blijven te dure oplossingen, met slechte prestaties geproduceerd worden waardoor de noodzakelijke energietransitie niet snel genoeg gaat. Om de daarvoor benodigde innovatieslag te maken, zijn nieuwe systematische benaderingen nodig van zowel processen als techniek.

De product ontwikkelende bedrijven ondervinden ook een verschuiving in de markt. Waar eerst volstaan kon worden met de basiseisen op gebied van kwaliteit, wordt de vraag vanuit de markt steeds groter naar hogere kwaliteit. Om deze te kunnen bieden, in combinatie met een scherpe prijs, is de ontwikkelindustrie zelf aan een ontwikkeling toe. Deze ontwikkeling is te kenmerken als New Product Development en richt zich op het verhogen van de kwaliteit van een product door verbetering van het ontwikkelproces. (Takeuchi & Nonaka, 2009)

Door deze innovatieslag zijn meer mogelijkheden om het eindproduct aan te passen naar de specifieke eindgebruiker. Deze dient daarvoor wel eerder in het proces betrokken te worden dan wat nu gebruikelijk is en zal daardoor een grotere

rol gaan spelen in het gehele proces. Dit vraagt om een nieuwe manier van communicatie. (Van de Groep, 2016)

Door deze verandering in denk- en productiewijze, zal een verschuiving optreden in de beheersaspecten GROTİK (Geld, Risico, Organisatie, Tijd, Informatie, Kwaliteit). Op dit moment spelen vooral Geld, Tijd en Organisatie een belangrijke rol door wat 'projectdenken' wordt genoemd. Hierbij wordt elk afzonderlijk gebouw als een individueel project gezien. Efficiëntie van de productie met als gevolg een effectieve leercurve is daardoor minimaal. Er zal echter een verschuiving plaatsvinden ten gevolge van de industriële vervaardiging. Hierbij wordt niet meer in projecten gedacht, maar wordt het 'productdenken'. Dan is een bouwobject niet langer een project, maar is het een assemblage van een product vanuit een bouwstroom. Ook betekent dit dat verschillende beheersaspecten, als tijd, geld, kwaliteit en risico, beter te controleren zijn, doordat het product kan worden geoptimaliseerd in een relatief korte tijd. Het gevolg is dat niet tijd en geld dominant zijn maar kwaliteit en communicatie.

Denken in systemen betekent ook een verschuiving in verantwoordelijkheden. De System Integrator is de sturende partij en beheerst zowel het supply-network-system (upstream), als de hele downstream kant vanaf propositieontwikkeling: verkoop, assemblage op de bouwplaats en services. Dit vraagt om nieuwe, aanbodgerichte contractvormen, een ander type (productontwikkeling) organisatie, de integratie van procesplannen (upstream) met product ontwikkelingsplannen (downstream) en een, voor de bouw, nieuwe manier van communiceren tussen alle betrokken partijen, gecoördineerd door de System Integrator.

❖ PROBLEEMANALYSE

Door innovaties in zowel de productietechnieken als processen in de bouw, treedt een verschuiving op in wat voorheen als standaard werd beschouwd. Het productontwikkelingsproces speelt hierbij een belangrijke rol en dient beter in de hand gehouden te worden. Wat hiervan de invloed is op de traditionele bouw, op de productie, op de processen en op de betrokken partijen, is onduidelijk en dient onderzocht te worden. Daarnaast vindt een trendverandering plaats met betrekking tot de invloed van de eindgebruiker. Waar voorheen een aanbodmarkt was, vormt zich nu een vraagmarkt. De eindgebruiker wil een zekere mate van vrijheid hebben om een product of woning naar eigen wens aan te passen en zo te personaliseren. Hier moet de bouw voor open gaan staan, wat een enorme impact zal hebben op communicatiestromen binnen het proces.

Een manier om dit voor elkaar te krijgen is het denken in systemen. Een woning is daarbij niet een object, maar een woonsysteem. Het maakt daarmee onderdeel uit van een stedenbouwkundig systeem en bestaat, op zijn beurt, uit onder anderen een gevel-, dak- of installatiesysteem. Door alle processen te laten beheren door een System Integrator, kan het overzicht bewaard worden en worden de verschillende systemen optimaal geïntegreerd.

Factory Zero wil deze taak als System Integrator op zich nemen. Hiervoor hebben zij een netwerk van partners samengesteld welke allen met eenzelfde gedachtegang samen willen werken aan het verbeteren en goedkoper produceren van woningbouwrenovaties. Hierbij brengt elke partner zijn eigen specialiteit en kennis mee om een totaalproduct op te leveren. Aan Factory Zero de taak deze partners en de eindgebruiker aan elkaar te verbinden en ieders

ideeën te bundelen tot een totaalsysteem. Daarmee ontstaan echter ook enkele complicaties. Waar kunnen, of willen de eindgebruikers invloed op uit oefenen en hoe verlopen dan de communicatie- en de informatiestromen. Hiervoor dienen de overheersende beheersaspecten, tijd en geld, minder dominantie te krijgen. Nieuwe instrumenten zijn dan nodig om dit probleem vast te pakken.

❖ DOELSTELLING

De doelstellingen voor het onderzoek zijn het analyseren van de veranderingen in de beheersaspecten door de systematische aanpak van woningbouw(renovatie) door middel van industrieel vervaardigde elementen. Vervolgens dienen instrumenten ontwikkeld te worden om deze systematische aanpak te kunnen faciliteren en vast te leggen. Dit betekent vooral de verschuiving van verantwoordelijkheden te analyseren en vast te leggen in een proces- en product ontwikkelingsplan met de bijbehorende contractvorming. In dit plan worden communicatie- en informatiestromen vastgelegd tussen de upstream en downstream partijen, beheerst door een System Integrator. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de installaties, de gevel en het dak. In dit onderzoek wordt de focus toegespitst op de ontwikkeling van de dakmodule. De aanpak is daarna ook geschikt om te gebruiken voor de andere modules die Factory Zero aan het ontwikkelen is.

VRAAGSTELLING

De centrale vraagstelling is een combinatie van 3 vragen: de praktijkvraag, gesteld door Factory Zero, de kennisvraag, gesteld door het lectoraat Building Future Cities en de competentievraag van de competentiekaart Bouwkunde. Hieronder volgen de vragen:

Praktijkvraag

Hoe ziet een geïntegreerd procesplan (upstream) en productplan (downstream) en de productontwikkelingsorganisatie eruit, waarbij de eindgebruiker wordt meegenomen in de productontwikkeling van de dakmodule, waarbij het ontwikkelingsproces wordt gecoördineerd door de System Integrator?

Kennisvraag

Wat draagt een cultuurverandering bij aan betere resultaten van projecten, op het gebied van geld, tijd, kwaliteit, duurzaamheid en tevredenheid?

Competentievraag

Op basis van een globaal projectplan een definitief projectplan maken. Bepalen van de gevolgen van de gekozen contractvorm op de werkzaamheden van de participanten. De projectorganisatie opstarten, bewaken en sturen alsmede de resultaten van de leden van het projectteam toetsen aan het projectplan.

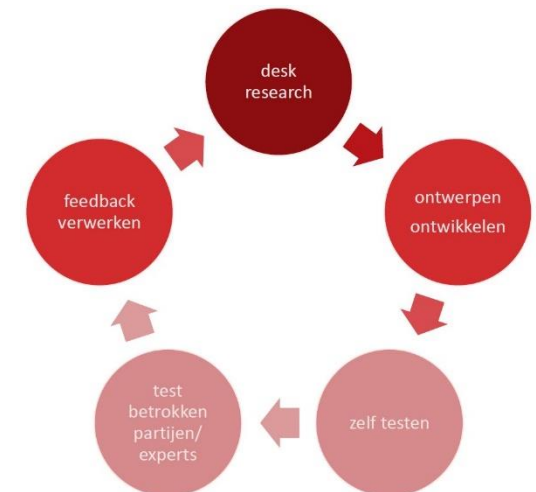
Hoofdvraag

Hoe ziet een geïntegreerd procesplan (upstream) en productplan (downstream) en de

productontwikkelingsorganisatie eruit, waarbij de eindgebruiker wordt meegenomen in de productontwikkeling van de dakmodule, waarbij het ontwikkelingsproces wordt gecoördineerd door de System Integrator? Wat zijn de gevolgen van een cultuurverandering hierop en hoe zien de aspecten geld, tijd, kwaliteit, duurzaamheid en tevredenheid hierdoor uit?

WERKWIJZE

De werkwijze tijdens de zoektocht naar antwoord op de gestelde vragen is gedaan door veel deskresearch uit te voeren. Gezien de cultuur in de bouw erg traditioneel is en Systems Engineering nog geen referenties kent in de bouw, is slechts een beperkt referentiekader beschikbaar. Hierdoor zullen aan de hand van de deskresearch



Afbeelding 1: Schematisering werkwijze onderzoek

verschillende onderdelen worden uitgewerkt en vervolgens getoetst door deze te bespreken met betrokken partijen en experts. Aan de hand van de feedback kan het ontworpen onderdeel verder worden uitgewerkt, aangepast of opnieuw ontworpen worden. In Afbeelding 1 is deze werkwijze uitgewerkt.

Naast deskresearch en gesprekken met experts, is er ook onderzoek gedaan naar het ontwikkelproces van de eerste generatie door Action Research. Door mee te werken in het ontwikkelproces is er inzicht gekregen hoe een ontwikkelproces in zijn werk gaat en kan ook vastgesteld worden waar verbeteringen aangebracht kunnen worden aan de hand van relevante literatuur. Een verslag van dit Action Research is opgenomen in bijlage Action Research Generatie 1.

♦ LEESWIJZER

Dit afstudeeronderzoek is zo opgebouwd dat de te doorlopen stappen tot een advies voor het aanpakken van de hoofdvraag logisch gevolgd kan worden. Om de daarvoor benodigde begrippen duidelijk te krijgen, is na deze leeswijzer een begrippenlijst opgenomen. Hierin worden de belangrijkste begrippen uit dit onderzoek omschreven.

De uitwerking van het onderzoek start met een analyse van de generaties renovaties. Hier wordt begonnen met de huidige situatie: Generatie 0. Vervolgens wordt op de eerste en tweede generatie ingegaan. Dan wordt de casus omschreven als de modelwoning Zevenhuizen te Hattem.

Cultuur speelt in dit onderzoek een grote rol. Nadat de modelwoning is toegelicht, wordt op de cultuur in de bouw en de cultuur bij de eindgebruiker ingegaan, waar vervolgens een gewenste cultuur uit gevonden wordt.

Het volgende hoofdstuk is gericht op het product ontwikkelingsproces en begint met verschillende procesmethoden, waarna een keuze wordt gevormd en het Systems Engineering model wordt opgebouwd en uitgelegd.

Nadat het systeem vorm heeft gekregen kan ingegaan worden op de sturing van de productontwikkeling middels een proces- en product ontwikkelingsplan. Hierbij wordt allereerst begonnen met de huidige methode. Vervolgens wordt het proces van de eerste generatie omschreven, komende uit Action Research en vervolgens wordt vorm gegeven aan de uitwerking van het geïntegreerde proces- en product ontwikkelingsplan.

De eindgebruiker speelt een belangrijke rol bij deze productontwikkeling. Tijdens het onderzoek naar Cultuur is gevonden dat de eindgebruiker behoefte heeft antwoord te krijgen op de 'vraag'. Personalisatie mogelijkheden zijn een oplossing om hier aan tegemoet te komen. Hier is dan ook een hoofdstuk aan geweid.

Het onderzoek wordt afgesloten met een conclusie, waarin de algemene conclusie uit het onderzoek wordt omschreven door antwoord te geven op de hoofdvraag van het onderzoek. Verder wordt afgesloten met aanbevelingen naar de opdrachtgever: Factory Zero, wat aangeraden wordt met dit onderzoek te doen en waar verder onderzoek raadzaam is.

Begrippenlijst

Tijdens het onderzoek komen verschillende begrippen naar voren. Begrippen zijn daarbij gevoelig voor interpretatie. Om deze interpretatie eenduidig te krijgen voor dit onderzoek, worden deze begrippen in dit hoofdstuk opgenomen.

- ❖ *Nul op de meter (NOM)*
Nul-op-de-meter staat voor een woning, wat (onder gemiddelde omstandigheden en bij gemiddeld gebruik) per jaar evenveel energie opwekt als dat verbruikt wordt. (Opstelten, 2007) (RVO, 2017)
- ❖ *Systems Engineering (SE)*
Een interdisciplinaire benadering en een middel, wat zich richt op het realiseren van succesvolle kwaliteitsproducten door bedrijfsdoelen, technische behoeften en de behoeften van alle stakeholders in het oog te houden. (INCOSE, 2017)
- ❖ *Systeemdenken*
Systeemdenken houdt in dat verschillende elementen van een oplossing samen één geheel systeem vormen. Door het denken in systemen, kunnen de gestelde (functionele-, prestatie- en regelgeving-)eisen op een gestructureerde manier benaderd worden. Hierdoor kan op een overzichtelijke manier worden samengewerkt met de betrokken partij en worden voorzien in de klantbehoeften (ProRail, 2015)
Het is een benadering vanuit het geheel, waardoor de eigenschappen van de delen beter begrepen kunnen worden. Er wordt gekeken naar de gehele context, waardoor elk onderdeel zijn plaats kent in het geheel en het doel. (Leuftink, 2017)
- ❖ *System Integrator*

Een System Integrator verzorgt informatie en communicatiestromen tussen verschillende partijen om verschillende componenten en subsystemen samen te brengen tot een totaal systeem. Het is de drijvende kracht achter Systems Engineering. (Kremer, 2016)

- ❖ *Upstream*
Het supply-network, bestaande uit verschillende schalen van leveranciers van componenten, producten, halffabricaten en grondstoffen.
- ❖ *Downstream*
De partijen van de propositiehouder tot aan de eindgebruiker. Deze kunnen bestaan uit de verkopers, de monterende partijen en de onderhoudspartijen.
- ❖ *Total Home Make Over*
Het totaalpakket van energie-, gevel- en dakmodule van Factory Zero. De Supply-network is als volgt opgebouwd:

Nr.	Omschrijving	Tier
1	Total Home Make Over	
2	Module	
3	Product	First
4	Component	Second
5	Part	Third
6	Raw Material	Fourth

(Factory Zero, 2016)

- ❖ *Generatie 0 (GEN0)*
Generatie 0, of GEN0, is de nul waarde van aangeboden dakrenovaties en bestaat uit weinig industrieel vervaardigde elementen.
- ❖ *Generatie 1 (GEN1)*
De eerste generatie Factory Zero dakrenovatiemodules waarbij is gekeken naar de integratie van producten op de huidige markt tot de first tier van het supply-network. (Factory Zero, 2016)
- ❖ *Generatie 2 (GEN2)*
De tweede generatie Factory Zero dakrenovatiemodules waarbij tot op grondstofniveau wordt gekeken naar samenwerking en productintegratie. (Factory Zero, 2016)
- ❖ *GROTIK*
Een afkorting voor de beheersaspecten van bouwprojecten. Geld (begroting), Risico (risicoplan), Organisatie (project/productorganisatie), Tijd (planning), Informatie (informatieplan, communicatieplan) en Kwaliteit (kwaliteitsplan). (Stuive, 2014)
- ❖ *Cultuur(verandering)*
Cultuur bepaalt in grote mate hoe gemeenschappelijk wordt gedragen, wat de waarden en normen zijn en hoe de omgang met een taak, organisatie of buitenwereld is. (Digital-architecture, 2013) Onder druk van innovaties zal blijken dat bestaande culturen aangepast dient te worden. Deze aanpassingen in een cultuur wordt ook cultuurverandering genoemd.
- ❖ *Glas-glas PV-panelen*
Glas-glas PV-panelen zijn de panelen die het meest toegepast worden. Ze bestaan uit gedoopte silicium

tussen lagen van glas. Het silicium dopen van de silicium zorgt voor de opwekking van energie. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen mono- en polykristallijne panelen. (Ouwehand & Papa, 2014)

- ❖ *Dunne-film PV*
Dunne-film PV oplossingen zijn fotonvoltaïsche opwekkingspanelen waarbij de opwekker een dikte heeft van 1/100 van een menselijke haar. Door dit actieve materiaal af te zetten op een flexibele kunststof, in plaats van op glas, biedt het mogelijkheden een flexibel toepasbaar paneel te maken. Hiervan zijn verschillende mogelijkheden en oplossingen. (Solliance, 2016)
- ❖ *Klant*
Wanneer in dit onderzoek wordt verwezen naar de klant, wordt de afnemer van het product bedoeld. Dit zijn in eerste instanties aannemingsbedrijven of woningbouwcorporaties. Dit zullen geen particuliere partijen zijn.
- ❖ *Eindgebruiker*
Wanneer in het onderzoek wordt verwezen naar de eindgebruiker wordt de bewoner van de te renoveren woning bedoeld. Deze moet het product gaan gebruiken gedurende een langere periode en heeft baat bij de functionele en esthetische eigenschappen van het product.

Ontwikkeling van generaties

Binnen productontwikkeling zijn verschillende generaties te onderscheiden. Een generatieverschil kenmerkt zich door de toepassing van totaal nieuwe producten en productietechnologieën in combinatie met procesvernieuwing. Bij het dakelement kan onderscheid worden gemaakt tussen 3 generaties waar een duidelijk verschil te onderscheiden is. Hieronder worden de verschillen en de ontwikkelingen uitgewerkt.

◆ GENERATIE 0

Alle ontwikkelingen starten bij een uitgangspunt. Voor dit onderzoek geldt generatie 0 als een uitgangspunt. Deze generatie staat, zoals in de Begrippenlijst staat omschreven, voor een dakelement welke nu veel toegepast is. Hierbij wordt wel fabrieksmatig geproduceerd, maar wordt dit gedaan door



timmerlieden. Hier wordt het houten raamwerk met de hand in elkaar gezet, vervolgens folies en isolatie geplaatst en wordt het element afgetimmerd met beplating. In Afbeelding 2 is een voorbeeld van een dergelijk dakelement te zien. (Unilin, 2016) (Plegt-Vos, 2016)

Afbeelding 2: Foto dakelement Plegt-Vos

Tijdens de inkoop van materialen wordt contact opgenomen met een groothandelaar en wordt een grote partij ingekocht. Vervolgens wordt het

element op een tijdrovende methode in elkaar gezet en ontstaan veel mogelijkheden voor fouten of maatintoleranties. Ook neemt het materiaal, hout, veel kwaliteitsrisico's mee, welke voor problemen kunnen zorgen, of onbruikbaar materiaal. Personalisatie van de buitenafwerking is hier slechts in een kleine mate in mogelijk. Het element wordt, op de bouwplaats, afgewerkt met fels dakplaten of met dakpannen, maar op beide systemen worden mono-kristallijne PV-panelen gemonteerd, waardoor de afwerking slechts beperkt in zicht is. De binnen afwerking kan wel naar wens aangepast worden, afhankelijk van de leverende partij. (Van Der Ree Doolaard, 2010) (Plegt-Vos, 2016)

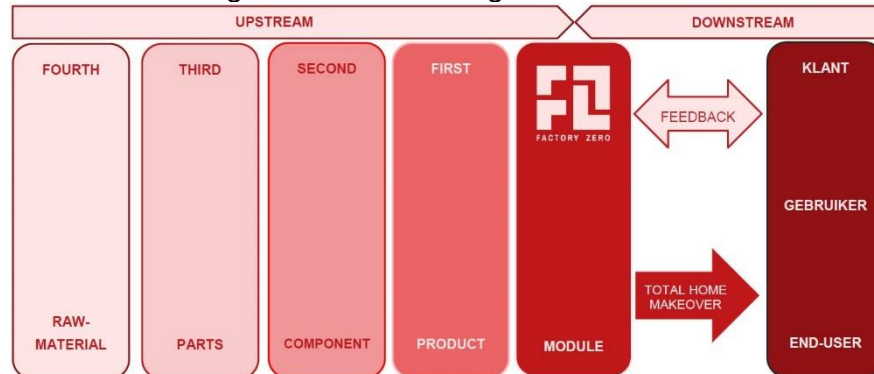
Wel biedt een hand getimmerd dakelement optimale mogelijkheden voor het plaatsen van dakkapellen en dakramen. Deze kunnen simpelweg door de timmerman verwerkt worden in het element zonder dat al te veel rekening gehouden hoeft te worden met maatvoering. De elementen kunnen aangepast worden op het dakkapel of dakraam.

Al deze onderdelen zorgen voor een verhoging van de kosten. De dagelijkse productie van elementen is beperkt, er gaat veel arbeid mee gemoeid, materialen worden niet optimaal ingekocht (handelsmaten, dus afval) en er is weinig contact met de materiaalleverancier. Doordat enkel wordt gewerkt met mensen, is de kans op fouten groot, wat risico en dus risicoverrekeningen met zich meebrengt. Dit alles resulteert in een duidelijk uitgangspunt voor verbeteringen en innovaties.

◆ GENERATIE 1

De eerste generatie, of GEN1, is de eerste Factory Zero generatie. Hier wordt gericht op een (deels) industrieel vervaardigd element welke is samengesteld uit producten op de huidige markt of met een kleine aanpassing hieraan. In het

supply-network wordt teruggegaan tot de 'first tier' of tot productniveau. (Factory Zero, 2016). In Afbeelding 3 is een overzicht met de verschillende niveaus waaronder onderscheid is gemaakt en de volgorde hierin.



Afbeelding 3: Visualisatie supply-chain Factory Zero

Tijdens de afstudeerperiode wordt vorm gegeven aan deze eerste generatie door tijdens verschillende overleggen de ideeën voor te leggen aan een team van experts van de betrokken partners. Deze partners zijn Kingspan, Ubbink, Renovatief, Solliance en Hanergy. Binnen dit ontwikkelproces heeft Factory Zero de rol als System Integrator. Zij brengen de ideeën op tafel en leiden de bijeenkomsten. Daarnaast maken zij een actielijsten voor de volgende bijeenkomsten.

Door mee te werken in de productontwikkeling van Generatie 1 is een goed beeld geschetst van productontwikkelingen op het gebied van samenwerking, communicatie en de koppeling met de techniek. Deze methode van werken staat bekend als Action Research. Onder Action Research wordt een gedisciplineerd onderzoeksproces, uitgevoerd door acties te ondernemen, bedoeld. Hierbij is het doel het verbeteren van het proces door ervaringen (Sagor, 2016). Het

ontwikkelingsproces is vastgelegd als bijlage Action Research Generatie 1.

◆ GENERATIE 2

De tweede generatie, of GEN2, is de tweede generatie Factory Zero producten. Bij deze generatie wordt verder terug in het supply-network gegaan als in de eerste generatie. Nu worden ook grondstofaanbieders benaderd om op die manier een geheel nieuw product op de markt te brengen waarin alle onderdelen met elkaar in verbinding staan en optimaal met elkaar samenwerkt. Door hier de nieuwste technologieën en grote personalisatie mogelijkheden aan toe te voegen, wordt een nieuwe standaard op de markt gezet. Naast de toepassing van het dak wordt voor de tweede generatie ook van het integreren van een All-air installatiemodule meegenomen. Deze module zal bekend komen de staan onder de afkorting AHPU. (Factory Zero, 2016)

Naast de ontwikkeling van de eerste generatie in het team van Factory Zero, loopt ook een traject waarbij verkennend wordt gekeken naar de tweede generatie dakmodule, waarbij als uitgangspunt het integreren van de zonopwekking in de dakelementen als basis is genomen. Samen met de Stroomversnelling en Solliance, worden enkele andere partners benaderd om inspiratie op te doen en de mogelijkheden te bekijken. Dit ontwikkelproces is eveneens opgenomen als bijlage Action Research BIPV.

◆ ONTWIKKELPROCES

De stap van generatie 0 naar generatie 1 wordt door Factory Zero gemaakt. Factory Zero heeft als doelstelling vastgelegd industrieel vervaardigde modules te ontwikkelen. Door deze doelstelling is de eerste stap gezet. Vervolgens wordt er tot

product-niveau samengewerkt in de keten om een product op de markt te introduceren. Deze partnerschappen leveren daarmee ook de input voor de stap van generatie 1 naar generatie 2. Daarbij wordt de keten vergroot tot een samenwerking op Raw-material niveau. Door deze uitbreiding van de keten, kan er ook een grotere integraliteit worden gegenereerd in de te ontwikkelen module. Verschillende onderdelen kunnen geïntegreerd worden en tot op grondstofniveau op elkaar afgestemd.

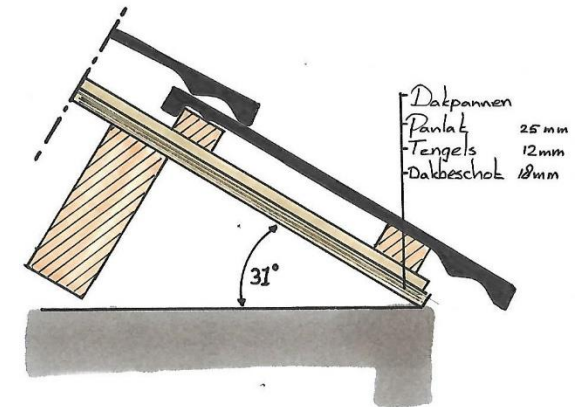
♦ CASUS

Doordat het te ontwikkelen product een bouwkundig product is, dient er een casus te worden gevormd om de ontwikkelingen in tekening weer te kunnen geven. Om deze casus te vormen is een jaren '70 rijtjeswoning, staande in Hattem gebruikt. Het betreft een woning aan de straat Zevenhuizen. In Afbeelding 5 is een 3D tekening weergegeven van deze woning.

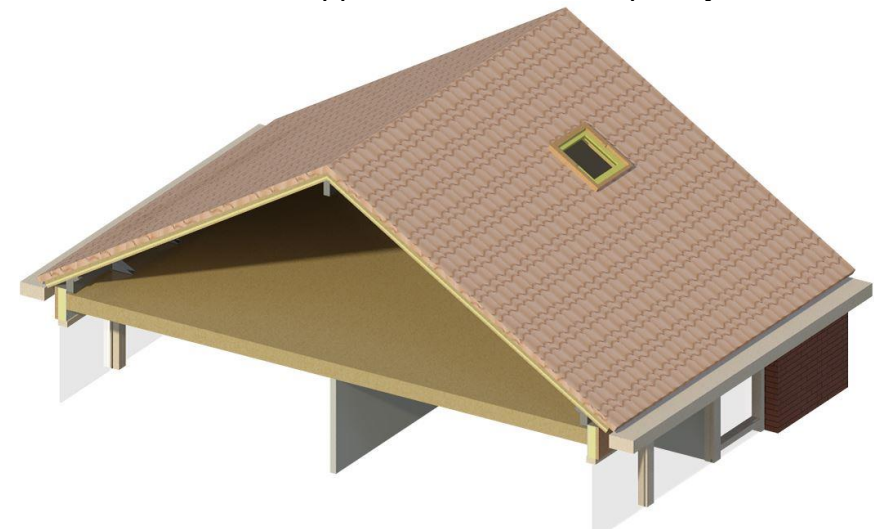


Afbeelding 5: Casuswoning Zevenhuizen te Hattem

De woning in Hattem betreft een vrij standaard jaren '70 rijtjeswoning met een schil, deels bestaande uit metselwerk en deels uit HSB-elementen in de voor- en achtergevel. Het dak bestaat uit een pannendak, gelegen op panlatten en tengels op het dakbeschot en wordt ondersteund door enkele gordingen. Het dak heeft daarbij een hellingshoek van slechts 31 graden. Met een breedte van 6,15 m' en een lengte van 4,08 m' is er een dakoppervlak van 25,1 m² per zijde.



Afbeelding 4: Detailweergave dak casuswoning



Afbeelding 6: Detailrender casuswoning Hattem

◆ CULTUUR

Cultuur bepaalt in grote mate hoe gemeenschappelijk wordt gedragen, wat de waarden en normen zijn en hoe de omgang met een taak, organisatie of buitenwereld is. (Digital-architecture, 2013) De ontwikkeling van een product door innovatie wordt in grote mate bepaald in hoeverre de betrokken open staan voor de ontwikkeling. Dit heeft te maken met de cultuur waarbinnen de ontwikkelingen zich voordoen.

Cultuur in de bouw

De cultuur in de bouw wordt gekenmerkt door een duidelijke taakcultuur. Het resultaat staat hierbij voorop. Dit zorgt voor een zeer gestructureerde cultuur met meetbare resultaten als doel. Ook neemt dit mee dat de bouw in essentie erg traditioneel en risicomijdend is ingesteld en zo weinig innoveert. Nu de bouwomgeving sterk aan het veranderen is naar hogere productie en industriële (element)vervaardiging, is goed te zien dat de cultuur in de bouw daarbij achterblijft. De bedrijven die zich wel tijdig aanpassen, zullen hier grote voordelen door ondervinden in de arbeidsmarkt. Hiervoor dient de nieuwe cultuur duidelijke eigenschappen hebben:

- ◆ Mogelijkheid tot vergroting capaciteit (afzet)
- ◆ Gericht op samenwerking
- ◆ Gericht op communicatie
- ◆ Een lange termijn focus
- ◆ Professioneler en duidelijker managementorgaan

Wanneer het bedrijf deze onderdelen laat instromen in de bedrijfscultuur, zal blijken dat het bedrijf toekomstbestendiger zal zijn en tot grotere innovaties in staat is. (Dolder & Pries, 2010)

Samenwerking dient het sleutelwoord te zijn in de nieuwe cultuur. Samenwerking binnen het bedrijf, maar ook met

andere bedrijven. Partnerschappen sluiten en aan deze partnerschappen werken. Voor samenwerking is namelijk vertrouwen nodig. Voor vertrouwen is begrip nodig en om elkaar te begrijpen, is kennis van elkaar nodig. (Pries, 2008)

Cultuur van de eindgebruiker

De cultuur bij de eindgebruiker, dus de bewoner van de woning, gaat ook door een verandering.

Tijdens de industriële revolutie in de 19^e eeuw, vertrokken veel mensen van het platteland naar de steden in de hoop hier een beter bestaan op te bouwen. Dit resulteerde in een woningnood. Om hier antwoord op te geven werden veel bouwprojecten opgestart. Er was een aanbodcultuur waar de mensen gretig gebruik van maakten. Woning waren nodig, er werd niet veel aangeboden en dus waren de gestelde esthetische en prestatie-eisen door de mensen beperkt. (Zembla, 2005)

Deze cultuur en markt om aanbod is aan het veranderen. Bewoners willen zich identificeren met hun woning en het eigen maken. Zij hebben in de loop der jaren een eigen wensenlijstje ontwikkeld welke ze aan woningen stellen. Er kan een grote aanbod zijn, maar als het niet voldoet aan de wensen, is er geen interesse. De bewoner stelt een vraag aan de hand van verschillende esthetische-, functionele en prestatie-eisen en kiest aan de hand daarvan uit het aanbod. Kortom: De cultuur bij de eindgebruiker is door de jaren heen veranderd van een aanbodcultuur naar een vraagcultuur. (Bouwend Nederland, 2013)

Door de vraagcultuur is het ontwerpen van een product sterk vermoeilijkt. Waar eerder de smaak van een groep mensen bekend was door deze in te delen in doelgroepen, gaat dat niet

meer op. Het loopt nu sterk uiteen en dat heeft invloed op het ontwerpproces. Smaken verschillen nu eenmaal.

De doelgroepen kunnen nog steeds ingedeeld worden, maar dat heeft nu meer invloed op functionele eisen als esthetische eisen. Om aan de opgave van de toekomst gehoor te kunnen geven, moet een antwoord gegeven worden op zowel de functionele eisen, als op de esthetische eisen. Door variaties in het product aan te brengen waar de eindgebruiker invloed op heeft, kan dit de markt aanzienlijk vergroten en zorgen voor een grotere tevredenheid van het toegepaste product. (Elk, 2017)

Systems Engineering model

VERSCHILLENDE METHODEN

Er zijn meerdere methodes waarop een project systematisch aangepakt kan worden. Systems Engineering is hier een voorbeeld van, echter dienen enkele andere systemen ook bekeken te worden voor een overzichtelijke aanpakmethode. Enkele voorbeelden hiervan zijn StageGate, DevOps, User Centered Design, Interaction Design en APQP. De systemen worden omschreven in bijlage Methoden Procesbeheersing. Door de verschillende systemen te analyseren is te zien dat er veel overeenkomsten zijn. De meeste systemen hebben als uitgangspunt dat de innovatie wordt versnelt door met een multidisciplinair team in een cyclisch proces te werken. Om die reden is communicatie en de manier van fasering cruciaal. De verschillen zitten in die fasering en communicatie naar de klant/gebruiker. De meest ideale situatie kan gevormd worden door de verschillende eigenschappen te combineren. Hiervoor dient wel een basis gevormd te worden. Voor de basis leent het Systems Engineering principe zich het meest. Het is volledig gericht op het in kaart brengen van het systeem en het inzichtelijk maken van de communicatie. Dit zal als basis dienen voor het proces- en productontwikkelingsplan. Aan dit Systems Engineering principe worden kenmerkende onderdelen toegevoegd van de overige methoden. Hieronder een opsomming van deze toevoegingen.

Principe	Meegenomen onderdeel
StageGate	Het cyclisch werken in een fase (stage) tot een volledige cyclus is doorlopen. Vervolgens bepaalt het management of er door wordt gegaan naar de volgende

	fase, of de cyclus in de huidige fase wordt hervat. Beeldspraak: of de <i>gate</i> wordt geopend voor de volgende fase.
UCD	UCD = Gebruiker Centraal. Daarbij is de eerste stap in het ontwikkelproces niet alleen de eigen doelstellingen, maar ook die van de eindgebruiker vaststellen. Vervolgens het Low- en High-fidelity prototyping, waardoor sneller gecommuniceerd en gevalideerd kan worden met de klant/ eindgebruiker. Verder het evalueren op gebruiker-niveau (User-driven) gelijk stellen aan het evalueren op expert-niveau (Expert-driven).
APQP	Het Quality Planning van APQP, waarbij controlemomenten centraal in de planning worden opgenomen als onderdeel van het ontwikkelproces.

Door deze combinatie te maken wordt een zo compleet mogelijk systeem ontwikkeld welke volledig aansluit op de productontwikkeling van Factory Zero. Deze methoden zullen worden verwerkt in het proces- en productontwikkelingsplan, welke naast dit document ook een bijlage vormt van het scriptie.

Basis Systems Engineering model

Het boek '*The Engineering Design of Systems*' (Sage, 2016) biedt een duidelijk overzicht in de te nemen stappen om een Systems Engineering model op te zetten. In dit boek wordt de productontwikkeling van een frisdrankmachine genomen. Dit

biedt goede inspiratie voor het ontwikkelen van het Factory Zero model. Daarnaast zijn er in de literatuur veel mogelijkheden te vinden voor het gebruik van het Systems Engineering modellen in de GWW-sector (Grond, Weg en Waterbouw). Daar wordt het model echter vooral gebruikt om het gehele project in behapbare onderdelen onder te kunnen brengen en op die manier een goed overzicht te verschaffen. (Vink, 2009) Systems Engineering is in dit geval een projectbeheersingsmodel. Voor Factory Zero zal het op een soortgelijke manier dienen. Het model zal inzicht bieden in de verschillende onderdelen, partners en producteigenschappen welke gebruikt worden in het product ontwikkelingsproces voor de volgende generatie dakmodules.

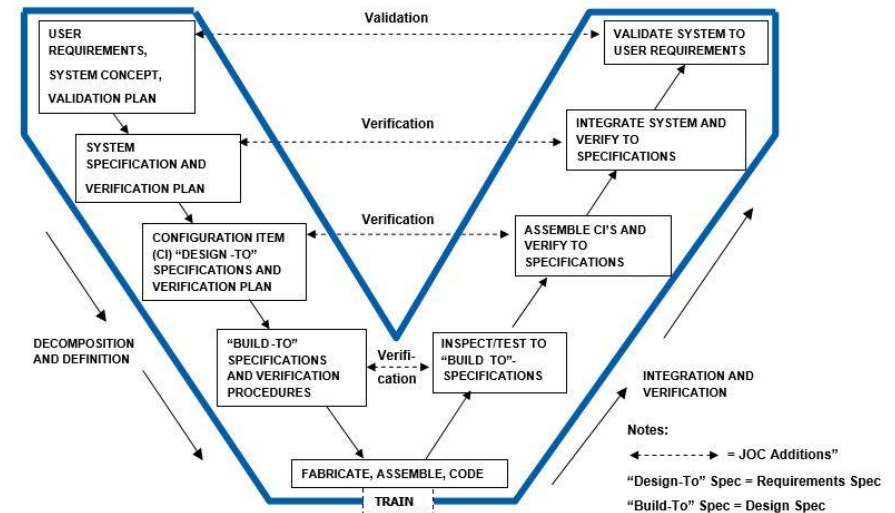
Het basissysteem begint bij een eindproduct. In het geval van Factory Zero een dakmodule. De specificaties van deze module komt voor uit de vraag van de klant of de eindgebruiker. Vervolgens zijn er verschillende producten nodig om het element te completeren en functioneel te maken. In Afbeelding 7 is dit proces weergegeven volgens het N²-Chart methode.

PV-panelen			- Benodigd vermogen - Beschikbaar oppervlak - Soort opwekpanelen	
	Sandwich panelen		- Benodigde afmeting - Benodigde vorm - Integratiemogelijkheden	
		Dakraam/ koepel	- Benodigde afmeting - U-waarde - ZTA-/ LTA-waarde	
Opwekking door zonlicht	Isolerende panelen	Daglichtopeningen	Dakmodule	- Afmetingen
			Energieopwekking op het dak - Isolatie waarde van het dak - Voldoende daglichtopeningen	Energieopwekking Isolatie Daglicht

Afbeelding 7: Systems Engineering N²-Chart Factory Zero GEN1

Deze manier van analyseren van het systeem is duidelijker te zien in het VEE-model. Hierin zijn de uitgangspunten een Work Breakdown Structure op te stellen van het systeem en dit

vervolgens gecontroleerd door het systeem weer op te bouwen.



Afbeelding 8: VEE-model (INCOSE, 2009)

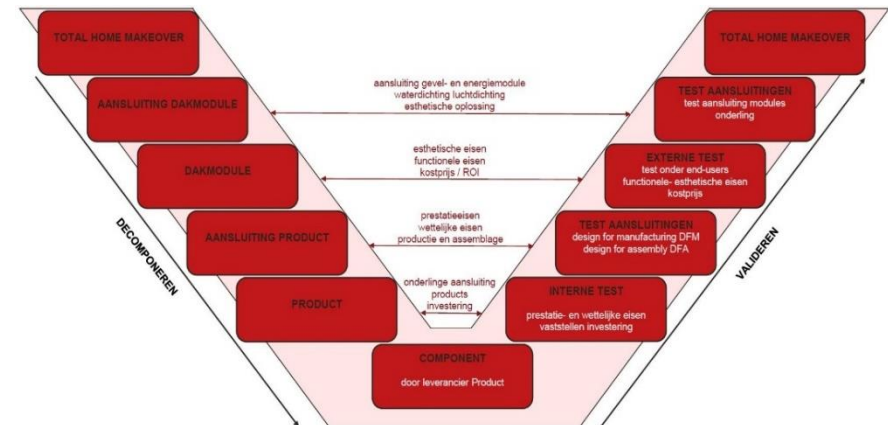
Als voorbeeld wordt het N²-Chart van Afbeelding 7 met deze werkwijze afgebroken en weer opgebouwd. Hierbij wordt het model verder gedeconponeerd en worden aan elke schakel eisen gesteld. Het startpunt in het model is de 'Factory Zero Total Home MakeOver' (THMO) en het eindpunt zijn de Componenten, welke door de Productleverancier wordt aangeleverd.

De opbouw van het model verloopt door de THMO te deconponeren met als focus de dakmodule. Aan elk onderdeel wordt een eis gesteld en vervolgens wordt de module weer opgebouwd door de deelproducten te toetsen aan de gestelde eisen. In onderstaande tabel staan de verschillende onderdelen opgenomen met de daaraan

gestelde eisen. De verdere uitwerking van deze eisen dient terug te komen in het productontwikkelingsplan.

Onderdeel	Eisen
Total Home MakeOver	Een totale aanpak voor een gehele woning bestaande uit een gevel-, dak- en energiemodule
Module aansluiting	De onderlinge modules dienen goed op elkaar aan te sluiten. Lettend op waterdichting, luchtdichting en esthetische aspecten.
Dakmodule	De dakmodule moet aansluiten op de wensen van de eindgebruikers. Deze eisen hebben betrekking tot de esthetische en functionele kwaliteit van het dak, afgezet tegen de kostprijs.
Aansluiting Products	De verschillende producten moeten goed aansluiten op elkaar. Afstemming op productiemethode en assemblagemethode zijn daarbij belangrijk. DFM en DFA.
Products	Verschiedende producten van het dak moeten op elkaar aansluiten. Deze moeten voldoen aan prestatie- en wettelijke eisen. Daarnaast moet de investering in verhouding zijn met de prestaties.
Component	De Componenten, waaruit een Product bestaat, moeten op elkaar aansluiten. Dit moet worden beoordeeld en gestuurd door de component leverancier.

Nu de verschillende stappen bekend zijn, kan het VEE-model worden opgesteld. Hierbij wordt aan de linker kant de Total Home MakeOver bovenaan gesteld. Vervolgens komen de eerder genoemde onderdelen hieronder te staan, met de gestelde eisen. Onderaan bij Components aangekomen wordt het model weer naar boven opgewerkt waar de toetsingsmethoden worden opgenomen om weer bij de THMO te eindigen. In Afbeelding 9 is het Factory Zero GEN1 VEE-model weergegeven. De vergrootte weergave is terug te vinden in bijlage Factory Zero VEE-modellen.



Afbeelding 9: Factory Zero Generatie 1 VEE-model

FACTORY ZERO GEN2 SE MODEL

Voor de eerste generatie is de N²-chart methode goed te gebruiken. Hier is relatief weinig keuzemogelijkheid en deze worden slechts terug gebracht tot productniveau. Echter wordt bij de tweede generatie terug gegaan tot aan de grondstoffen, of Raw-Materials. Hierdoor wordt het model vele malen groter en gecompliceerder. Naast deze verdieping, spelen design-options voor de eindgebruiker ook een rol. Deze heeft meer mogelijkheden om eigen aanpassingen door te voeren, welke ook opgenomen dienen te worden in het systeem. Een lineaire en rechthoekige vorm is dan niet meer overzichtelijk.

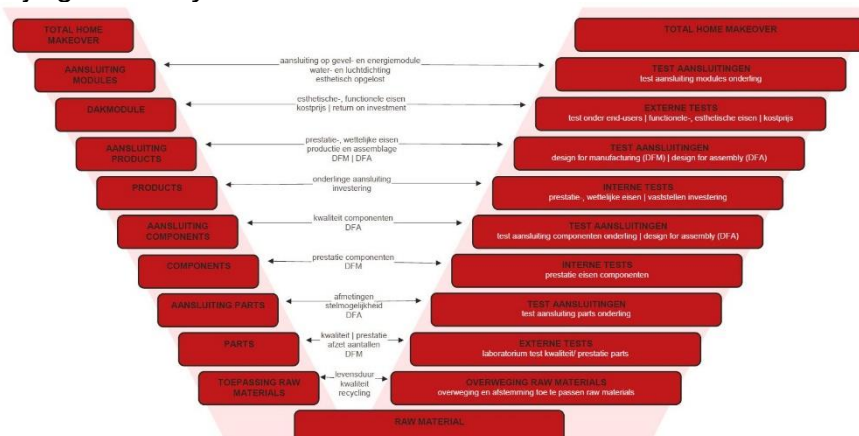
Het VEE-model is echter nog wel toe te passen. Hier wordt niet zozeer toegespitst op werkelijke producten, maar op de hoofdbenaming. Hierbij gaat het om de gestelde eisen aan de onderdelen bij decomponeren en het de toetsingsmethode bij het weer opbouwen van het product. Deze informatie is vooral relevant voor het opstellen van een proces- en productontwikkelingsplan. Om inzicht te krijgen in de onderdelen, wordt wederom een tabel opgesteld, gestart met de tabel van generatie 1, maar verder verdiept tot de grondstoffen.

Onderdeel	Eisen
Total Home Makeover	Een totale aanpak voor een gehele woning bestaande uit een gevel-, dak- en energiemodule
Module aansluiting	De onderlinge modules dienen goed op elkaar aan te sluiten. Lettend op waterdichting, luchtdichting en esthetische aspecten.
Dakmodule	De dakmodule moet aansluiten op de wensen van de eindgebruikers. Deze eisen hebben betrekking tot de

	esthetische en functionele kwaliteit van het dak, afgezet tegen de kostprijs.
Aansluiting Products	De verschillende producten moeten goed aansluiten op elkaar. Afstemming op productiemethode en assemblagemethode zijn daarbij belangrijk. DFM en DFA.
Products	Verschillende producten van het dak moeten op elkaar aansluiten. Deze moeten voldoen aan prestatie- en wettelijke eisen. Daarnaast moet de investering in verhouding zijn met de prestaties.
Aansluiting Component	De componenten, waaruit een product bestaat, dient goed op elkaar aan te sluiten. Hierbij wordt gekeken naar DFA. Afstemming is hierin cruciaal.
Component	De componenten dienen te functioneren naar de gestelde prestatie-eisen. Deze eisen kunnen per component sterk verschillen.
Aansluiting Part	Elk component bestaat uit verschillende Parts. Deze dienen op de juiste manier op elkaar aan te sluiten. Hier komt het wederom neer op DFA.
Parts	Elk Part dient te voldoen aan de gestelde prestatie-eisen. De algehele prestatie hangt af van de kwaliteit van de Parts. Hierbij dient ook gekeken worden naar kostprijs. Daarnaast moet het mogelijk zijn de Parts ook bij andere afnemers aan te

	kunnen bieden, zodat de Part-fabrikant voldoende afzet kan creëren.
Toepassing Raw Materials	De toegepaste grondstoffen bij de productie van de Parts is bepalend voor de kwaliteit. Hierbij dient ook gekeken te worden naar de toepassing van de materialen aan het eind van de levensduur.
Raw material	Manier van winnen van de grondstoffen is voor de grondstofleverancier en zal sterk verschillen per grondstof. Duurzaamheid en hernieuwbaarheid zijn gewenst.

Een belangrijk onderdeel is niet opgenomen in bovenstaande tabel. Dit is het onderdeel integratie. Deze is uit de onderdelen weggelaten omdat het een leidend uitgangspunt is. Deze controleert elk ander onderdeel en is een overkoepelend onderwerp. Uit de tabel kan voor de tweede generatie ook een VEE-model gevormd worden, zoals in Afbeelding 10 weergegeven. Een vergrootte weergave is terug te vinden in bijlage Factory Zero VEE-modellen.



Afbeelding 10: Factory Zero generatie 2 VEE-model

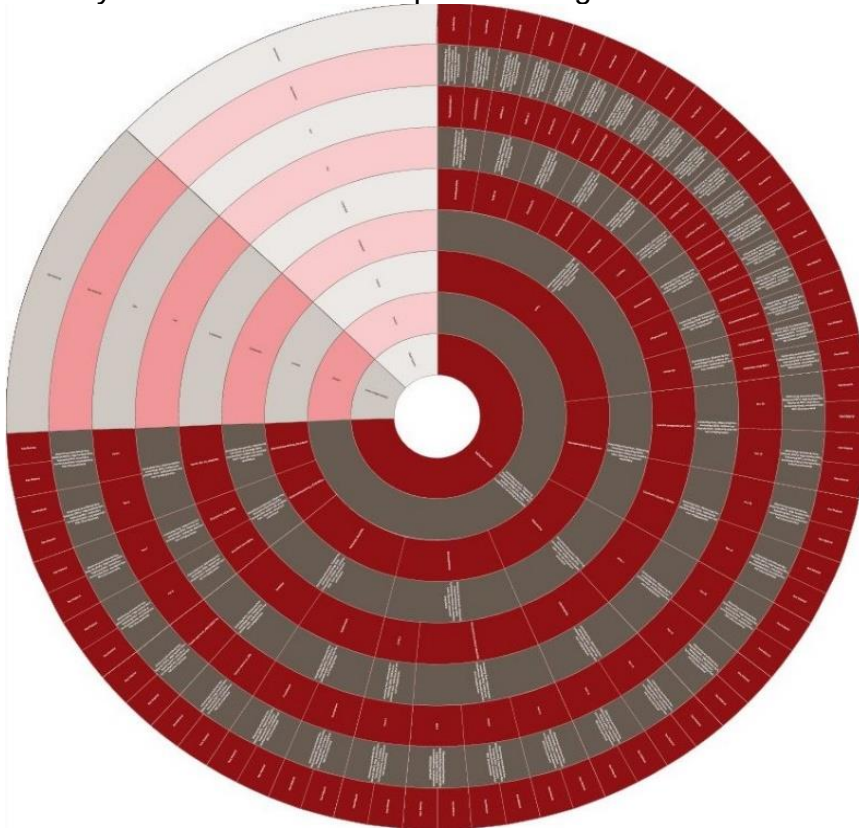
Nu is het zaak het gehele systeem in kaart te brengen. Hierbij worden namen, producten en onderdelen aan de termen gegeven. Hierdoor wordt overzichtelijk waaruit het dakelement gaat bestaan. Om tot een model te komen, wordt het voorgaande VEE-model als leidraad gebruikt. Vervolgens wordt ingevuld welke producten, componenten, parts en materialen er gebruikt kunnen worden. Echter wordt een deel van deze onderdelen pas duidelijk door het product te gaan ontwikkelen. Deze onderdelen dienen dan ook in een later stadium eenvoudig aan het model toegevoegd kunnen worden. Om die reden moet er een andere vorm aangenomen worden om alle gegevens te kunnen verwerken.

Nu is het zaak een model samen te stellen met de verschillende functionaliteiten gecombineerd. Deze functionaliteiten zijn:

- ❖ Mogelijkheid tot uitbreiden/ vergroten van het model
- ❖ Mogelijkheid om elementen uit te lichten
- ❖ De werking van het VEE-model (eisen stellen)
- ❖ De werking van het N²-Chart model (Lineair)
- ❖ Morfologisch overzicht

Doordat nog geen ervaringen in de bouwkunde zijn, waarbij het Systems Engineering model op deze manier is toegepast, is het 'Trial And Error' systeem gebruikt om tot een vorm en model te komen. Dit 'Trial And Error' systeem komt op een cyclisch proces neer: bedenken, ontwerpen, bekijken en aanpassen.

Het Model-ontwikkel proces is omschreven in bijlage Factory Zero Systems Engineering Model. Hier is te zien hoe de ontwikkeling van de vorm en inhoud van het Systems Engineering model steeds werd aangepast tot het ronde Factory Zero SE-model als op Afbeelding 11.



Afbeelding 11: Factory Zero Systems Engineering Model

Werking van het model

Nu het model vorm heeft gekregen en de informatie, voor zover bekend, hierin is aangevuld, kan de werking worden omschreven. Het lezen van het model kan op vijf methodes worden gedaan. Doordat het model op verschillende manieren gebruikt kan worden of worden gelezen, wordt ook de uitleg onderverdeeld in verschillende onderdelen. Deze onderdelen zijn:

- ❖ **Decomponeren**
Deze werking is te vergelijken met de linker vleugel van een VEE-model. Lees het model van binnen naar buiten. Elke rode ring beeldt een onderdeel van de module uit. De gestelde eisen aan een stap staan in de grijze ring.
- ❖ **Componeren en integreren**
Deze werking is te vergelijken met de rechter vleugel van een VEE-model. Lees het model van buiten naar binnen en bouw de module stap voor stap op. Daarbij wordt per stap gekeken of wordt voldaan aan de gestelde eisen in de grijze ringen.
- ❖ **Overzicht positie partners**
Door partners in te vullen, ontstaat een overzicht welke partners deelnemen aan de productontwikkeling en waar zij zich in het geheel bevinden. Ook kan zo gezien worden voor welke onderdelen (nog) geen partner is.
- ❖ **Overzicht mogelijkheden**
Doordat meerdere opties in het model naast elkaar kunnen worden gezet, kunnen mogelijkheden inzichtelijk gemaakt worden. Ook kan, door het ontbreken van een oplossing, nog onbekende onderdelen in kaart worden gebracht.
- ❖ **Morfologisch overzicht**

Wanneer het gehele model ingevuld is, kan het gezien worden als een morfologisch overzicht, waarbij samen met de klant een module opgesteld kan worden. Daarbij kan een overzichtelijke keuze in het model worden aangegeven.

Een uitgebreidere uitleg is te vinden in bijlage Factory Zero Systems Engineering Model.

Het model aanpassen

Het model is in eerste instantie niet bedoeld om op papier te gebruiken, maar om digitaal te gebruiken. Dit is, omdat het uitermate veel mogelijkheden in zich heeft om naar wens aan te passen. Het aanpassen kan op drie manieren. Hieronder een korte omschrijving van de werking. Een uitgebreidere uitleg is te vinden in bijlage Factory Zero Systems Engineering Model.

- ❖ Groeien
Het is mogelijk het model aan te vullen door het achterliggende Excel-sheet verder uit te breiden. Ook kunnen hier eenvoudig andere opties worden aangebracht. Het model past hier automatisch op aan. Het aanvullen van informatie zorgt er dus voor dat het model groeit.
- ❖ Krimpen
Door in het Excel-sheet het cijfer in de laatste kolom naar 0 te zetten, wordt een optie uit het model verwijderd, maar is de informatie nog wel aanwezig in het achterliggende Excel. Zo is het mogelijk om alleen één onderdeel van het model weer te geven zonder een nieuw model te maken. Het model kan zo dus krimpen.
- ❖ Accentueren

Als laatste optie is het mogelijk om onderdelen te accentueren. Wanneer meerdere opties in het model zijn weergegeven, kan een voorkeursoptie worden uitgelicht door het cijfer in de laatste kolom van het Excel-sheet op te hogen ten opzichte van de andere cijfers. Het aandeel in het cirkelvormige model wordt zo vergroot en wordt het element dus geaccentueerd.

Proces- en product ontwikkelingsplan

PROJECTPLAN GENERATIE 0

Traditioneel wordt elk bouwwerk en onderdeel van een bouwwerk als een afzonderlijk project gezien. Hiermee wordt de organisatie per project ook afzonderlijk bekeken en opnieuw opgezet. Dit kost tijd en geeft weinig ruimte voor innovatie en vooruitgang. Hierin is geen sprake van een geïntegreerd proces- en productontwikkelingsplan, maar wordt gewerkt met een los project- en een werkplan. Het projectplan is daarmee overkoepelend voor het gehele project en bestaat onder andere uit een werkplan voor de uitvoering. (WAM&VanDuren / WSi Bouwcombinatie, 2015)

Kenmerken voor een project zijn daarbij dat een project een duidelijk startpunt en eindpunt heeft. Een project is daarmee tijdelijk en eenmalig. Verder staat de projectorganisatie vooraf vast. Er is een vastgestelde opdrachtgever, aannemer en er zijn onderaannemers, waar de aannemer voor verantwoordelijk is. Allen staan vast in het UAV, contracten en het projectplan. (Grit, 2008)

Projectbeheersing

Een project wordt traditioneel beheerst door de projectleider. Deze communiceert met het projectteam en de opdrachtgever over de voortgang van het project. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van vijf onderwerpen welke ook wel beheersaspecten worden genoemd en zijn te onthouden met de afkorting GOTIK (Geld, Organisatie, Tijd, Informatie en Kwaliteit). De aspecten Geld, Tijd en Kwaliteit zijn daarin de belangrijkste onderwerpen

voor de opdrachtgever. Deze hebben betrekking tot hetgeen hij ontvangt aan het eind van het project. De leidende vragen zijn hiervoor:

- ❖ Wat krijg ik? (Kwaliteit)
- ❖ Wanneer krijg ik het? (Tijd)
- ❖ Wat gaat het kosten? (Geld)

De overige twee aspecten zijn van belang voor het proces en daarmee voor de projectleider en de uitvoerende partijen. Hier worden de volgende vragen gesteld:

- ❖ Hoe ga ik het organiseren? (Organisatie)
- ❖ Wie moet wat, wanneer weten? (Informatie)

Het vastleggen van deze informatie wordt gedaan in een traditionele planning (Tijd), een begroting (Geld), en een projectplan (Organisatie, Informatie) met een kwaliteit- en risicoplan (Kwaliteit). (Grit, 2008) (Interim Project Brouwer, 2017)

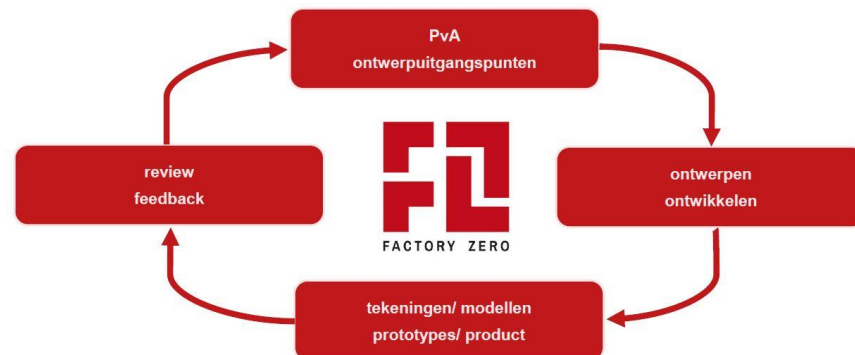


PROCESPLAN GENERATIE 1

De eerste generatie dakmodules wordt door Factory Zero aangeboden als een product. Dit houdt ook in dat de organisatie niet meer als project gezien kan worden, maar als een productontwikkelingsorganisatie met een bijbehorend proces- en product ontwikkelingsplan. Hierbij is het ontwikkelingsproces leidend tot een goed product.

Stappenplan generatie 1

Op dit moment wordt het product van generatie 1 ontwikkeld. Een omschrijving van dit proces is opgenomen in bijlage Action Research Generatie 1. Hiervoor wordt een proces doorlopen met als uitgangspunt de vooraf vastgestelde ontwerputgangspunten. Het proces vormt zich verder door verschillende bijeenkomsten te beleggen en hier de tussenontwerpen te bespreken en een plan te maken voor de ontwerpen van de volgende vergadering. Hierbij wordt wel een structuur gehanteerd, maar deze is niet vastgelegd in een document. Wanneer deze structuur geschematiseerd dient te worden zal deze de volgende vorm aannemen:



Afbeelding 12: Schematisering proces generatie 1

Elke cyclus draagt bij aan kennis en vormt op die manier de nieuwe input voor de volgende cyclus. De ontwerputgangspunten worden aangepast aan de nieuwe inzichten en er wordt een nieuw ontwerp ontwikkeld en uitgewerkt voor hij weer wordt beoordeeld en gereviewd.

Voor de tweede generatie dakmodules is de ambitie verder terug te gaan in de supply-chain. Hierdoor wordt het proces ook complexer en is het ontwikkelen zonder een vooraf vastgesteld plan vragen om problemen. Om hier verandering in aan te brengen, dient gekeken te worden wat een proces en product ontwikkelingsplan inhouden en hoe deze geïntegreerd kunnen worden om aan te sluiten op de productontwikkeling van Factory Zero.

◆ PROCESPLAN

Om de ontwikkeling van een product goed te laten verlopen, wordt een proces doorlopen. Dit proces kan per product verschillen. Wel dient bij elk product dit proces vastgelegd te worden. Ten eerste om zelf duidelijk te hebben wat het proces inhoudt en te kunnen plannen naar dit proces, maar ook om het goed te kunnen communiceren met de betrokken partijen. In een procesplan wordt antwoord gegeven op enkele hoofdvragen, waardoor het plan duidelijk wordt. Hieronder staan deze vragen opgenomen in een tabel met de bijbehorende omschrijving

Vraag	Omschrijving
Wat	Wat is het product wat ontwikkeld moet worden?
Waarom	Waarom moet dit product ontwikkeld worden. Wie heeft er baat bij (doelgroep)?
Hoe	Hoe wordt het product ontwikkeld? Wat is de werkmethode, welke fasering wordt gehanteerd en welke thema's komen aan bod?
Wie	Wie gaan het product ontwikkelen? Wie zijn de partners en wie zijn de stakeholder. Wat is ieders invloed en inbreng in de ontwikkeling?
Wanneer	Wanneer moet het product ontwikkeld zijn? Wat is het tijdsplan/ planning?

Een product ontwikkelingsplan is ook een procesplan, maar direct op de productontwikkeling gericht. Om de documenten voor alle partners klein te kunnen houden is hier een scheiding in aangebracht. Het procesplan is een overkoepelend plan waarin het gehele ontwikkelproces wordt weergegeven. In het product ontwikkelingsplan worden de processen voor de

productontwikkeling toegespitst op een specifieke fasering en thematisering. Door beide systemen samen te voegen, ontstaat er een hoofddocument met een proces op gebied van ketensamenwerking en deeldocumenten voor de productontwikkeling.

Productontwikkelingsplan

Gezien Factory Zero werkt aan de ontwikkeling van een productlijn, is het van belang deze ontwikkeling te coördineren in een ontwikkelingsplan. Dit plan kan verschillende vormen hebben, afhankelijk van het te ontwikkelen product. Veelal wordt dit toegepast voor relatief kleine producten of softwaresystemen. Hierdoor vormen zich tussen de acht en tien fasen:



Afbeelding 14: Fasering ontwikkelplan
Bron: (MECAS, 2008)

Afbeelding 14: Fasering ontwikkelingsplan
Bron: (Timmerije, 2016)

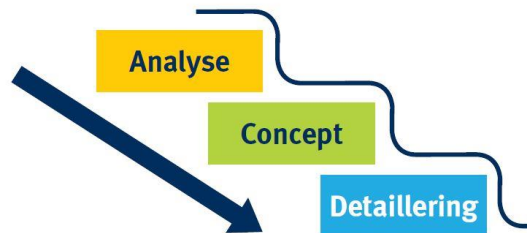
De fasering is niet alleen afhankelijk van het te ontwikkelen product, maar ook van de ontwikkelingsmethode. Hierin wordt onderscheid gemaakt in twee methoden: De watervalmethode en de iteratieve methode. (KvK, 2015)

De watervalmethode

De watervalmethode is te kenmerken aan een duidelijk, vooraf vastgesteld plan met een duidelijke fasering. Hierbij wordt een lineair proces doorlopen. Na afloop van een fase wordt de volgende fase opgestart tot afronding van de productontwikkeling. De te doorlopen fasen zijn hierin:

- ❖ De analysefase
- ❖ De conceptfase
- ❖ De detailleringsfase

Na de detailleringsfase kan het product worden opgeleverd. (KvK, 2015)



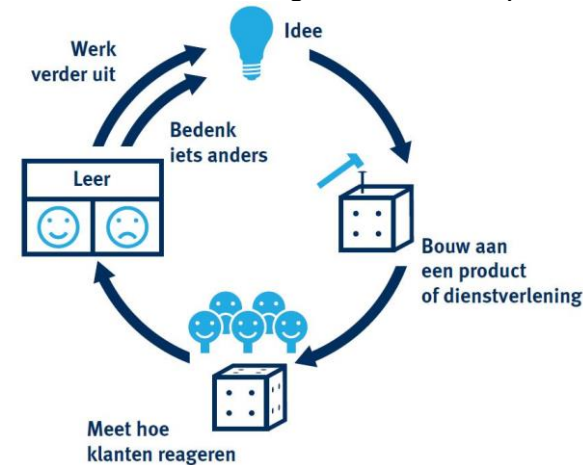
Afbeelding 15: De watervalmethode

De iteratieve methode

De iteratieve methode is een methode waarbij in een iteratief, of stapsgewijs proces wordt doorlopen waarin afwisselend wordt ontworpen en tussentijds getest om tot een product te komen. Tijdens de testfase kunnen ervaringen van eindgebruikers opgedaan worden en vervolgens meegenomen worden in de volgende cyclus in het iteratieve proces. In dit proces zijn ook drie fasen te onderscheiden:

- ❖ Ontwikkelen
- ❖ Meten
- ❖ Leren

Door cyclisch te werken, wordt de input voor elke cyclus uitgebreid en sluit het uiteindelijke product beter aan de wensen van de eindgebruiker aan. (KvK, 2015)



Afbeelding 16: De iteratieve methode

SCRUM-methode

Deze iteratieve methode is ook terug te zien in de SCRUM-methode. Deze methode heeft als uitgangspunt een zelfstandig, multidisciplinair team, waarbij alle partijen samen plannen, taken verdelen, doelen stellen en de gewonnen informatie onderling delen. Het belangrijkste uitgangspunt is dat alle benodigde kennis binnen dit team aanwezig is.

De methode heeft als uitgangspunt het programma van eisen van de opdrachtgever. Vervolgens wordt dit programma opgedeeld in verschillende doelstellingen en wordt hier in een kort iteratief proces door het team aan gewerkt. Een iteratieslag duurt daarbij gemiddeld tussen de twee en vier weken. Wanneer een bijeenkomst wordt belegd, zijn de hoofdvragen:

- ❖ Wat is er gedaan?
- ❖ Wat gaat er gebeuren?
- ❖ Waar wordt tegenaan gelopen?

Vooraf het bespreken van het laatste punt en het gezamenlijk oplossen hiervan biedt grote voordelen, doordat problemen hierdoor sneller worden opgelost. Openheid is van belang.

Door het werken met deze methode wordt er meer samenhang gecreëerd. Iedereen heeft de doelen duidelijk voor ogen en ziet het als een gezamenlijk doel. Elke iteratieslag, of 'sprint' worden de doelen nogmaals samengevat en wordt er aan een totaalplaatje gewerkt in plaats van aan een fase. Door het verwerken van meerdere fases in een *sprint* wordt gezorgd voor een sneller overzicht, betere aansluiting en een betere haalbaarheid van de doelen. (SCRUM, 2017)

❖ INVLOED VAN DE BEWONER

Om een product te ontwikkelen wat aansluit bij de markt, dient ook naar de eindgebruiker geluisterd te worden. Deze moet het product willen. Ook bij woningrenovaties is dit het geval. Voor een grootschalige aanpak is 70% bewonersparticipatie nodig. Om inzicht te krijgen wat nodig is om hier aan te kunnen voldoen zijn 5 projecten van de EnergieSprong en een afstudeeronderzoek van Eefje van der Werf geanalyseerd. Daarnaast is een flatrenovatieproject bezocht in Leiden, waar is gesproken met de projectleider. De omschrijvingen en analyses van deze 3 onderdelen zijn terug te vinden in bijlage Bewoners bij renovatie.

Concluderend uit dit onderzoek kan worden vastgesteld dat communicatie het belangrijkste onderdeel is. Door goed te communiceren kan het product beter aangesloten worden aan de wensen van de eindgebruiker. Door gebruik te maken van een bewonerspanel kan met een kleinere groep worden

gecommuniceerd, maar blijven de uitkomsten representatief voor de doelgroep. Wanneer een doelgroep of een project bekend is, kan eenvoudig bepaald worden welke mensen daarvoor als panel kunnen dienen. In het geval van Factory Zero is dit minder eenvoudig. In brede zin is, in eerste instantie, elke woning van een corporatie de doelgroep. Het communiceren met de corporatie is wel van belang, maar staat niet in verhouding tot de eindgebruiker. De corporatie wil een technisch product voor weinig geld, met goede prestaties en garanties. Voor de bewoner moet het een handig product zijn, met een duidelijke functie. Wat het kost, is enkel van belang wanneer het een huurverhoging tot gevolg heeft.

Om een advies uit te kunnen brengen op dit punt, is het samenstellen van een bewonerspanel een oplossing. Echter moet gerealiseerd worden dat deze representatief moet zijn. Om die reden is het raadzaam met de corporaties aangesloten aan de Stroomversnelling om tafel te gaan zitten en een plan van aanpak op te stellen om uit die groep van corporaties een panel van bewoners te selecteren. Daarbij is het van belang de bewoners bewust te maken van hun inbreng en voordeel in deelname aan het panel. Door dat duidelijk te hebben, zullen ze eerder geneigd zijn te reageren en actief deel te nemen. Daarnaast kan contact opgenomen worden met het overkoepelende orgaan van corporaties: Aedes (Aedes, 2017). Deze kunnen de geschikte corporaties aanwijzen welke misschien (nog) geen lid zijn van de stroomversnelling.

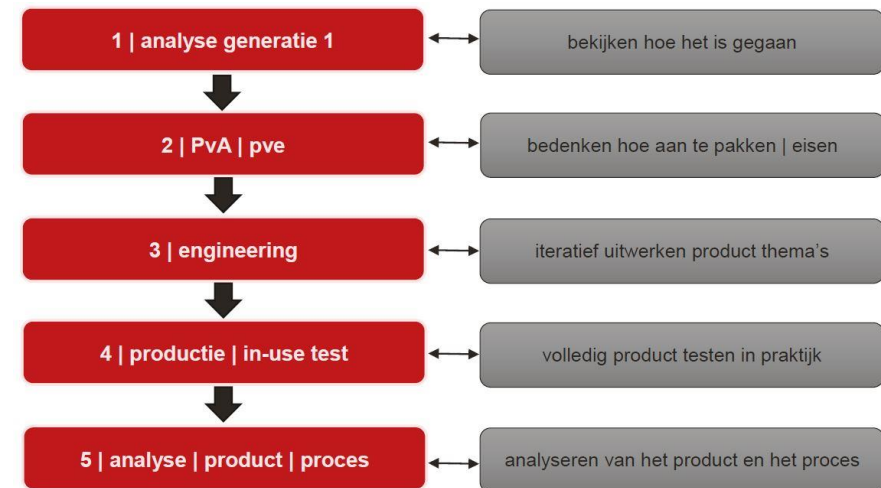
GENERATIE 2

Bij de tweede generatie dient het productontwikkelingsplan meer gestructureerd te verlopen dan bij de eerste generatie. Hier dient meer aandacht besteed te worden aan het proces, om zo tot grote ontwikkelingen en innovaties te komen. Ook doordat hier een groter aantal partijen bij betrokken is, is deze structuur van belang. Anders dan bij de eerste generatie, wordt bij de tweede generatie terug gegaan in de supply-chain tot en met de grondstoffen. Integratie van het proces- en productontwikkelingsplan zorgt hierin voor meer overzicht en afstemming.

Om ook het overzicht tijdens het proces te behouden, wordt het concept 'fasering' nogmaals bekeken. Door de gedane analyses is een mogelijkheid gevonden dit efficiënter in te delen. Een voorstel hiervoor is het indelen op thema's in plaats van een uitgebreide fasering.

Fasering

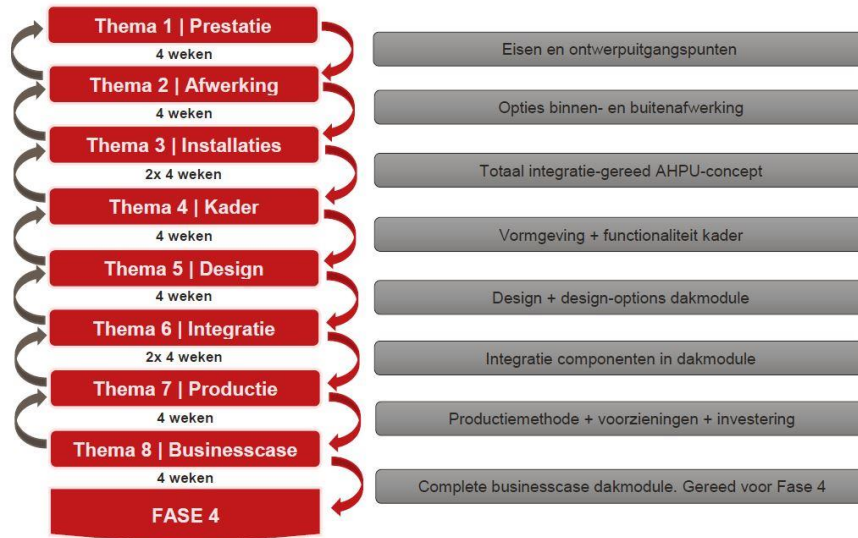
Zoals uit de omschrijving van de SCRUM methode is gebleken, wordt er bij een cyclisch werkende productontwikkeling meerdere fases in een cyclus behandeld. Wanneer dan de ontwikkeling opgedeeld wordt in fases, wordt het proces onoverzichtelijk. Daar dient een andere methode op gevonden worden. In feite kunnen veel fases worden samengevat als een Engineeringfase. Door deze verandering kan goed gezien worden welk thema's besproken worden en kan de uitwerking hiervan in één fase worden uitgewerkt. Hierdoor zal er niet steeds terug gegrepen moeten worden naar verschillende fases. Door deze verandering blijven slechts vijf fases over, zoals gevisualiseerd in Afbeelding 17.



Afbeelding 17: Indeling fasering productontwikkelingsproces

Thematisering

Doordat het proces niet langer onderverdeeld zal worden in fases, is het van belang een andere onderverdeling aan te brengen, om op die manier het overzicht te kunnen behouden. Voor de productontwikkeling van een dakmodule is het onderverdelen in thema's een oplossing. Dit biedt tevens een mogelijkheid de doelstellingen en eisen vast te leggen per thema, waardoor dit ook overzichtelijker gemaakt kan worden. Daarbij komt kijken dat het opdelen in relevante thema's in de juiste volgorde van groot belang is. Deze verdeling is voor de dakmodule opgezet en weergegeven in Afbeelding 18.



Afbeelding 18: Schematische weergave onderverdeling thema's

◆ INTEGRATIE

Integratie van het procesplan met het productontwikkelingsplan is een belangrijke stap in het ontwikkelingsproces waardoor de beide plannen optimaal op elkaar afgestemd worden. Het iteratieve proces biedt hierbij mogelijkheden het procesplan mee te nemen in het proces van de productontwikkeling. Hiermee wordt het procesplan geen vaststaand document meer, maar wordt het een levend en lerend document wat aangepast en uitgebreid wordt per iteratieslag. Nu dient de ontwikkeling wel duidelijk worden weergegeven in een schema.

Front-Loading

Wanneer er naar de literatuur wordt gekeken biedt het artikel 'The effect of 'frond-loading' problem-solving of product

development performance' een invulling voor het schema. (Thomke & Fujimoto, 2000)

In het artikel wordt ingegaan op het systeem Front-Loading. Het systeem heeft betrekking op de probleemoplossingscyclus van productontwikkeling. Het probleem in de ontwikkeling van een product wordt hierbij gesteld als de lading (Load). Front-Loading is daarbij een principe de problemen van de ontwikkeling naar voren halen in het ontwikkelproces, waardoor ontwikkeltijd en kosten worden verminderd en er een betere aansluiting op de markt kan worden gerealiseerd.

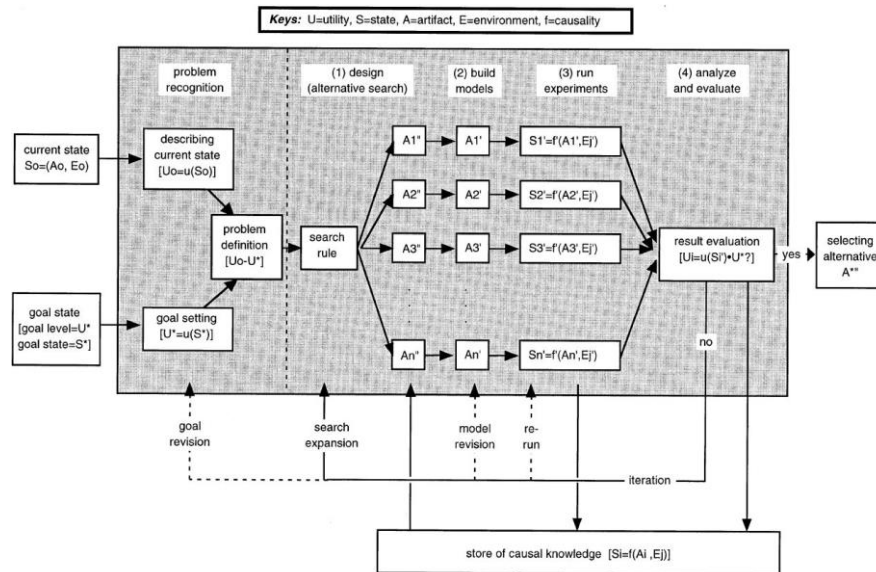
Om Front-Loading te realiseren kan op twee methoden worden gewerkt:

- ◆ Project to Project Knowledge Transfer
Hierbij wordt specifieke informatie en kennis met betrekking tot de probleemoplossing overgedragen van het ene project naar het volgende project.
- ◆ Rapid Problem Solving
Hierbij wordt met korte cyclussen gewerkt. daarbij wordt gebruik gemaakt van de verschillende moderne technologieën als Computer-Aided Engineering (CAE), waarbij met computersimulatieprogramma's een product of delen van het product kunnen worden getest zonder dat het geproduceerd hoeft te worden. In de User Centered Design wordt deze methode Low-Fidelity prototyping genoemd. Daarnaast kan er gebruik worden gemaakt van Rapid Prototyping, waarbij kleine (deel)producten worden geprototyped om testen op uit te voeren.

Het gaat bij deze methode om het verhogen van de kwaliteit van het product in een kortere omlooptijd. Deze kwaliteit is in het proces te meten als:

- ❖ Load-Time, de benodigde tijd om een product van concept tot marktgereed te ontwikkelen.
- ❖ Productiviteit, de productiviteit van het ontwikkelteam.
- ❖ Product kwaliteit, de fysieke kwaliteit van het eindproduct.

Deze onderdelen worden opgenomen in een model van Thomke.

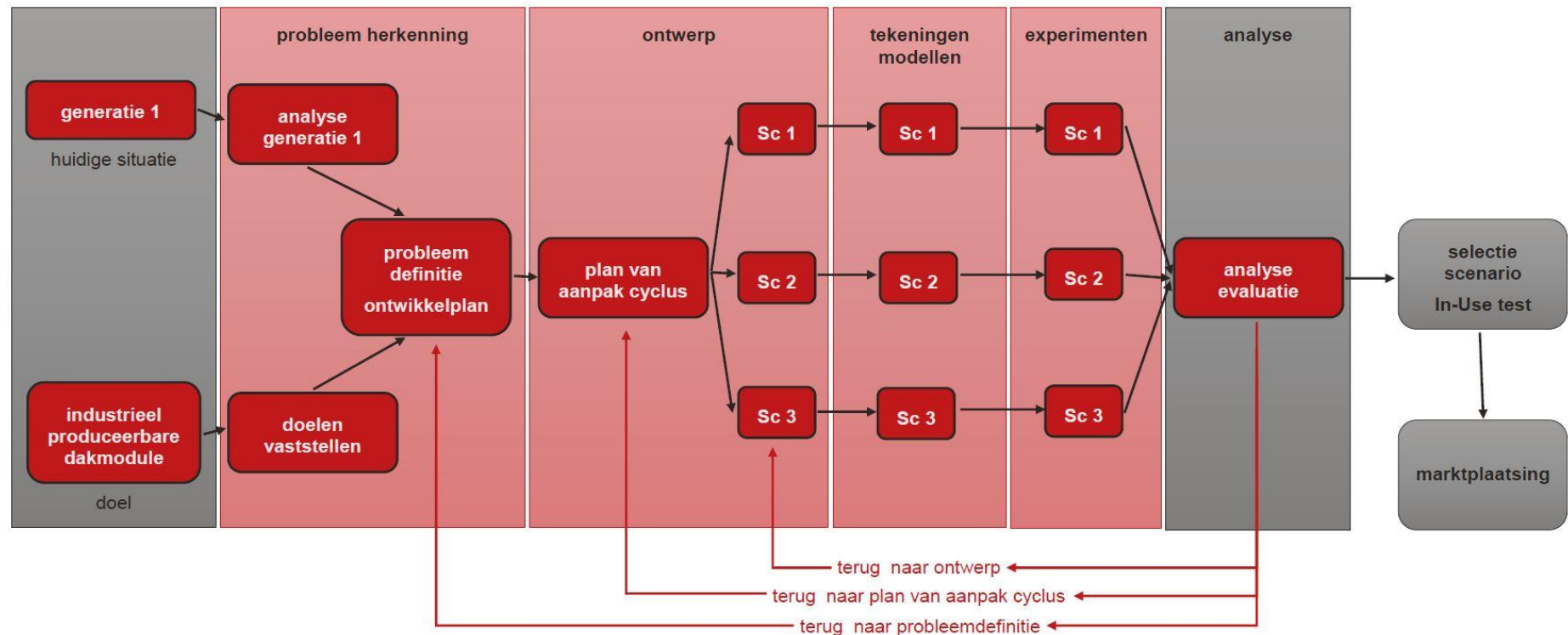


Afbeelding 19: Product development model van Thomke (Thomke, 2000)

Dit schema van Thomke heeft als uitgangspunt eerst de huidige situatie te bestuderen en doelen vast te stellen. Vervolgens wordt de probleemstelling opgesteld en wordt het ontwikkelproces gestart. Hierbij kan worden gewerkt aan verschillende scenario's of design options. Vervolgens wordt het systeem geanalyseerd. Afhankelijk van de uitkomst van de analyse kan terug worden gegaan tot het opnieuw stellen van de doelen, het opnieuw engineeren van het product of kan verder worden gegaan met de plaatsing in de markt.

Factory Zero productontwikkelingsproces

Door te kijken naar het Thomke model, kan een model worden opgesteld voor de productontwikkeling van Factory Zero. Hierbij worden de verschillende principes van Front-Loading overgenomen. In Afbeelding 20 staat dit weergegeven.



Afbeelding 20: Factory Zero productontwikkeling schema. Naar ontwerp Thomke

De stappen worden in dit schema als volgt doorlopen:

- ❖ Er wordt met de eerste generatie gestart. De huidige situatie dient als input voor ontwikkelpunten voor de tweede generatie.
- ❖ Het doel dient vastgezet te worden. Dit is een industrieel produceerbare dakmodule.
- ❖ Vervolgens start de probleemherkenning. Dit is de start van de Engineeringfase. In deze stap wordt de eerste generatie geanalyseerd, de doelstellingen hieraan bijgevoegd en samen tot een probleemdefinitie uitgewerkt. Dit is het ontwikkelplan waarna het plan van aanpak wordt opgesteld.
- ❖ Het volgende onderdeel omschrijft het ontwerpproces. Hierin wordt een plan van aanpak voor de cyclus opgesteld. Vervolgens worden scenario's opgesteld.
- ❖ De daarop volgende stap is de uitwerking van de scenario's. Deze scenario's worden uitgewerkt met tekeningen en modellen.
- ❖ Nadat de tekeningen en modellen zijn uitgewerkt, worden experimenten, dus tests, uitgevoerd om de kwaliteit van de scenario vast te stellen.
- ❖ Hierop volgend worden de uitkomsten geanalyseerd en geëvalueerd. De uitkomsten hiervan vormen de aanleiding tot de volgende stap.
- ❖ Wanneer het product nog niet naar wens is, kan terug worden gegaan naar het ontwerp, het plan van aanpak of de probleemdefinitie om de cyclus opnieuw te beginnen. Dit wordt bepaald aan de hand van de analyse van het ontwikkelde product.
- ❖ Wanneer het product wel naar wens is, kan het beste scenario geselecteerd worden, In-use tests worden uitgevoerd en het product in de markt gezet.

❖ VORMGEVING GEÏNTEGREERD PLAN

Om het ontwikkelproces van de eerste naar de tweede generatie in goede banen te leiden is een geïntegreerd proces- en productontwikkelingsplan opgesteld. Dit plan is te vinden in bijlage Proces- en productontwikkelingsplan.

Het plan is opgesteld door het ontwikkelproces van de eerste generatie bij te wonen. Een verslaglegging van deze ontwikkeling is opgenomen in bijlage Action Research Generatie 1. Door aan deze ontwikkeling deel te nemen zijn ervaringen opgedaan welke niet in de opleiding Bouwkunde aan bod komen. Het ontwikkelen van een product is een nieuwe ervaring en is een andere manier van werken als tot nu toe gewend. Daardoor dient de gehele productontwikkeling als ervaring en worden deze ervaringen gebruikt om het ontwikkelproces voor de volgende generatie te sturen. Naast het Action Research zijn ook enkele documenten geanalyseerd. Deze analyses zijn opgenomen in bijlage Analyse proces-, project- en product ontwikkelingsplan.

Proces- en productontwikkelingsplan

Het proces- en productontwikkelingsplan in de bijlage bestaat uit twee onderdelen: Het 'Proces- en product ontwikkelingsplan' en de 'Hand-outs Productontwikkeling Thema's'. Hierbij is het plan zelf het leidende document. In het plan wordt uiteraard begonnen met de toelichting van de doelstelling. Hier wordt het product voorgesteld met de uitgangspunten. Ook de doelstelling voor de beschikbare tijd is hierin opgenomen. Er is echter geen planning meegenomen. Doordat in een cyclisch proces wordt gewerkt is dit niet relevant. Wanneer er wel een doelstelling voor marktintroductie wordt gegeven en een leidraad in de productontwikkeling, is dit voldoende om het proces te sturen.

Vervolgens wordt het proces beschreven. Het gaat om een cyclisch proces waarbij de eerste generatie dakmodule als eerste input wordt genomen. Vervolgens worden de klassieke iteratieve stappen doorgelopen: Plannen, Ontwikkelen, Testen en Leren. In het plan zijn deze stappen omschreven.

Na de omschrijving van het proces wordt ingegaan op de fasering en thematisering. Zoals eerder genoemd in dit document is de thematisering leidend in de productontwikkeling en dit dient in het plan ondersteund te worden.

Nu kan dieper op de productgegevens ingegaan worden. De omschreven onderdelen zijn de verschillende productniveaus, de ontwerpuitgangspunten, de actoren en een introductie naar het Factory Zero Systems Engineering Model.

De communicatie is in de gehele ontwikkeling van belang, en hiervoor is een hoofdstuk gereserveerd in het plan. In dit hoofdstuk is de structuur van de organisatie weergegeven, samen met de overlegstructuur. Vervolgens wordt ingegaan op de getekende overeenkomsten, NDA, GPA, CPA en PPA. Van deze documenten wordt een erg compacte samenvatting gegeven, omdat de originele documenten juridisch Engels zijn en dus voor sommigen mogelijk lastig te lezen.

Vervolgens wordt er aandacht besteed aan de kwaliteit- en risicobeheersing. Er wordt een omschrijving weergegeven van de verschillende methoden van testen en prototyping, afkomstig uit het onderzoek naar prototyping in bijlage Prototyping. Dit wordt opgevolgd door een omschrijving van de mogelijke risico's en de bijbehorende beheersmaatregelen. Een uitgebreidere risicoanalyse is weergegeven in bijlage Projectrisico's. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een omschrijving van de af te geven garanties en de verantwoordelijkheden.

Een gedetailleerder omschrijving en verantwoording van het Project- en productontwikkelingsplan is terug te vinden in bijlage Invulling proces- en product ontwikkelingsplan.

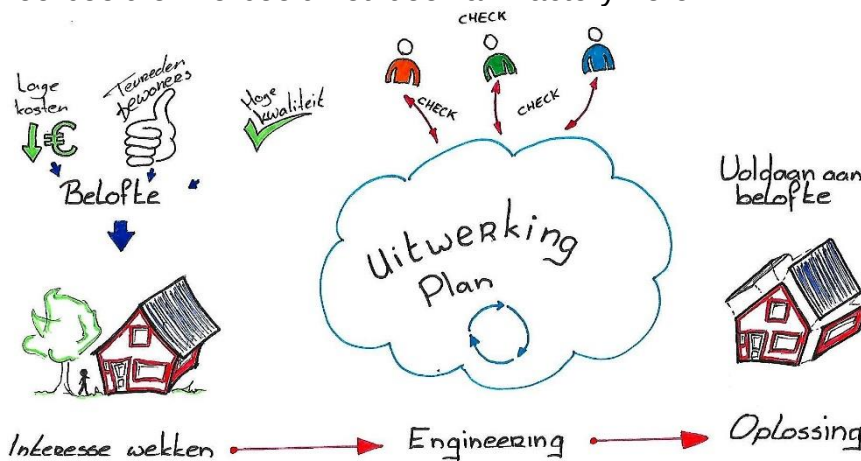
Hand-outs productontwikkeling thema's

Hoewel het proces- en productontwikkelingsplan al een samenvatting van verschillende onderdelen is, blijft het een schrijven van 20 pagina's welke de partners niet geheel mee zullen nemen. Daarom is het van belang de relevantere informatie nog meer te bundelen. Om dit te realiseren, is een oplossing gezocht voor de productontwikkeling op zich, wat neerkomt op de derde fase: de Engineering fase, met de onderverdeling in Thema's. Wanneer naar een gewone vergadering wordt gekeken, wordt hier een agenda aangeboden van 1 of 2 A4 papieren. Dit is een handzaam formaat en schrikt niet af tot lezen. Dit principe wordt meegenomen in de Hand-Outs.

De Hand-Outs zijn documenten van maximaal 2 A4 papieren per thema. Hierin is de meest relevante informatie voor dat thema opgenomen en wordt een beknopte doelstelling weergegeven. Door het zo beknopt te houden, kunnen de documenten eenvoudig worden uitgewisseld en mogelijk aangepast, zonder dat het totale procesplan onder handen genomen dient te worden. Nu wordt slechts de Hand-Out meegenomen en is alle informatie aanwezig welke nodig is. Het procesplan blijft leidend en krijgt dankzij de Hand-Outs een hogere lading.

♦ PROPOSITIE

Bij het ontwikkelen van een product is het van belang in het oog te houden hoe het product in de markt wordt gezet. Focus ligt hierbij op de klant én op de eindgebruiker. Bij woningrenovatie is bewonersparticipatie namelijk een belangrijk aspect. De meerderheid dient met het plan in te stemmen voordat tot uitvoering overgegaan kan worden. De propositie dient hier op afgestemd te worden door eenvoudige, maar kloppende uitleg. Voorbeelden werken hier goed bij en zijn weer te geven in eenvoudige tekeningen. (Management Goeroes, 2014) Onderstaande afbeelding is hiervan een voorbeeld en verbeeld het idee van Factory Zero.



Afbeelding 21: Propositieafbeelding Factory Zero

Te zien is dat er interesse wordt gewekt voor een belofte te doen van lagere kosten, tevreden bewoners door een hoge kwaliteit. Vervolgens wordt tot engineering overgegaan. Hier wordt het plan uitgewerkt en meerder malen gecheckt met het bewonerspanel. Tot slot wordt de oplossing geboden, welke voldoet aan de belofte.

Personalisatie

Zoals in het onderdeel Cultuur van de eindgebruiker op pagina 16 is omschreven, is bij de eindgebruiker een duidelijke vraagcultuur ontstaan. Wanneer een product ontwikkeld wordt, dient hier rekening mee gehouden te worden, doordat het product dan beter aan kan sluiten bij de wensen van de eindgebruiker en daardoor eerder gekozen zal worden dan andere, soortgelijke, producten. Aan deze vraagcultuur kan antwoord gegeven worden door de eindgebruiker de mogelijkheid te geven het product naar wens aan te kunnen passen.

◆ PERSONALISATIE IN HET ONTWERP

Deze personalisatiemogelijkheden zijn echter ingewikkelder dan het klinkt. Het is niet een kwestie van kleur en vorm aanpassen, wanneer het gaat om een dakmodule. Wanneer dit aangeboden zou worden, kan elke woning dusdanig verschillen dat dit niet mooi meer is. Het straatbeeld wordt dan een grote chaos. Daardoor moet gekeken worden naar het eindproduct en de doelgroep.

Doelgroepen

In het verleden kon gekeken worden naar een doelgroep en was eenvoudig vast te leggen wat de wensen van deze doelgroep was. Hierdoor was het voor een ontwerper makkelijk een design aan te houden wanneer er een eenduidige doelgroep was. Echter is hier een verandering in voorgekomen, waardoor het onderscheiden van een design in doelgroepen niet meer zo duidelijk is. De doelgroepen hoeven niet veranderd te zijn, maar het verschil in smaak is niet meer te onderscheiden. In iedere doelgroep verschillen de smaken

dusdanig van elkaar dat hier niet langer een bepalende factor in te vinden is. Dit bemoeilijkt het productontwikkelingsproces. Om hier vorm aan te geven, kan gekeken worden naar grote bedrijven welke werken aan productontwikkelingen op grote schaal voor een uiteenlopende markt. Voorbeelden zijn de Apple iPhone en de keukens van IKEA. (Elk, 2017)

◆ APPLE IPHONE

Wanneer er gekeken wordt naar de iPhone van Apple zijn er verschillende onderdelen die opvallen en goed vergeleken kunnen worden met een dakmodule. Als eerste is de iPhone te verkrijgen in verschillende generaties, maar binnen een generatie is de telefoon altijd exact hetzelfde. De klant kan wel kiezen uit een klein aanbod van kleuren. Verder zijn er geen aanpassingen aan de telefoon mogelijk. Tot op dit moment is elke generatie producten van de iPhone exact hetzelfde, op een variatie in kleur (3 tot 5 mogelijkheden) na, zoals weergegeven in Afbeelding 22. Veel personalisatie mogelijkheid is hier nog niet, maar de gedetailleerde vormgeving en afwerking is van het grootste belang. Daar heeft Apple echter wat op gevonden. Vele mensen wensen de telefoon goed te beschermen. Dit wordt gedaan door de telefoon in een hoesje te pakken wat hem beschermt tegen vallen en stoten. Uitgangspunt hierbij is dat het hoesje exact past. (Buxton, 2007)



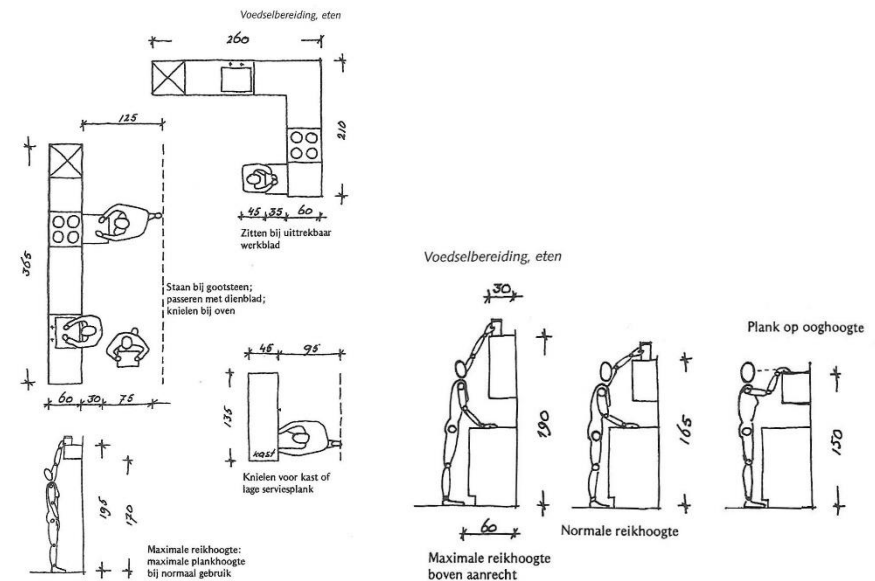
Afbeelding 22: Kleuren iPhone 7. Bron: (9to5mac, 2016)

Door de grote variëteit aan mogelijkheden, is een totaal nieuwe markt ontstaan. De hoesjes kunnen sterk verschillen in design en functionaliteit. Het design kan eenvoudig aangepast worden in kleur, en vorm, maar de functionaliteit kan inspelen op de effectiviteit van de telefoon, naast de hoofdfunctie beschermen. Zo zijn er hoesjes op de markt te vinden met geïntegreerde oplossingen voor uitbreiding van de accucapaciteit of met een geïntegreerde telefoonsteun. De mogelijkheden zijn groot en af te stemmen op de behoefte. (Apple, 2017)

◆ IKEA KEUKEN

Ook kan er gekeken worden naar de keukens van IKEA. Deze worden op grote schaal industrieel vervaardigd en zijn een groter en bepalender product als de iPhone van Apple en biedt daardoor een ander inzicht in de productontwikkeling. Niet alleen is de afmeting groter, maar ook de levensduur. Waarbij de meeste mensen een telefoon na 2 jaar afdanken, gaat de keuken 19 jaar mee (Lettinga, 2016).

De uitgangspunten van de keukens zijn vrij eenvoudig. De functie is bepalend en is het bereiden gerechten met het opslaan van bijbehorende producten. Afmetingen voor een keuken staan ook vast.



Afbeelding 23: Standaardafmetingen keuken (Haak, 2005)

Variatie hierin is te maken in de samenstelling van de kastjes, soort en kleur van het aanrechtblad en vorm en kleur van de kastdeurtjes. De kleursamenstellingen voor de kasten zijn onderverdeeld in categorieën.

- ❖ Hoogglans
- ❖ Strak en Modern
- ❖ Landelijk
- ❖ Houtlook
- ❖ 'Overige designs'

Elke categorie is weer onderverdeeld in 3 tot 6 kleuren. Door deze grote variëteit te combineren met een keuzemogelijkheid uit vele kleuren en vormen greepjes, kranen en vele mogelijkheden aan werkbladen, biedt IKEA de klanten de mogelijkheid een geheel eigen product te maken, met als uitgangspunt de industriële vervaardiging in eigen fabriek, waar alle productieprocessen volledig geautomatiseerd en op elkaar afgestemd zijn. (IKEA, 2017)(IKEA, 2014)

Door deze methode kan elke keuken totaal verschillend samengesteld zijn, maar op exact dezelfde manier industrieel geproduceerd zijn. Een goed voorbeeld van toepassing van DFM. Het ontwerp is zo in elkaar gezet dat het veel mogelijkheden heeft, maar ook geheel is afgestemd op de industriële productie. (Wijnands, 2017)

❖ PERSONALISATIE DAKELEMENT

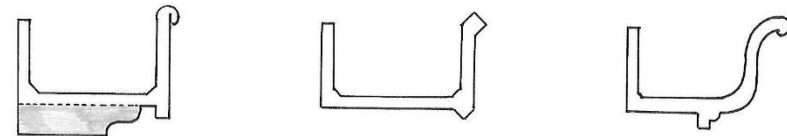
Nu kijkend naar het dakelement, bieden beide werkwijzen goede inspiratie om te personaliseren. Echter gaat het nu om een element met meer technisch en vaststaand oppervlak, met een langere levensduur van 50 jaar. Door de functionaliteit van het dak: beschermen en opwekken van elektriciteit, staat een groot deel van het ontwerp vast. Het grootste deel van het oppervlakte wordt bepaald door een waterkerende, isolerend

oppervlakte. Hier kan een kleurverschil in aangebracht worden. Verder wordt het grootste deel van deze dakpanelen ingevuld met PV. Deze kan nog niet gepersonaliseerd worden door een kleur aan te passen.

Daardoor blijven nog maar enkele onderdelen over welke geschikt zijn om te personaliseren. Dit zal neerkomen op 'het kader': De goot, de nok en de dakrand ter plaatse van de kopgevel. Bij elk kan het materiaal of de productiewijze verschillen, waardoor ook het uiterlijk sterk kan verschillen. Dit is niet wenselijk. Het gehele kader dient een eenheid te zijn, ook met de andere woningen.

Stijlen

Om goed in de markt te passen en niet te veel te investeren in mallen of matrijzen, is het aangeraden de producten en personalisatiemogelijkheden te beperken tot drie stijlen. Uit deze vormen kan gekozen worden door de klant, welke een keus maakt voor een geheel blok, straat, wijk of project. Dit is te vergelijken met de keukenkastjes van IKEA. De mogelijke stijlen hierin zijn natuurlijk op allerlei manieren in te vullen. Hiervoor dient nog onderzoek gedaan te worden. In Afbeelding 24 enkele voorbeelden.



Klassiek

Modern

Rustiek

Afbeelding 24: Voorbeeldweergave verschillende gootstijlen

Daarnaast blijft altijd de mogelijkheid dat de klant een eigen vorm wil hebben. Dit is mogelijk, tegen meerkosten. De kosten voor het maken van een matrijs of mal wordt op de klant

verhaald en verrekend over het aantal objecten. Wel is de mal daarna eigendom van Factory Zero en biedt het de mogelijkheid bij volgende projecten de designs uit te breiden.

Kleuren

De laatste personalisatieslag ligt bij de eindgebruiker. Hier liggen de mogelijkheden om een variatie aan te brengen in kleur. Wel dienen de kleuren aan te sluiten bij de materialisatie, de productiewijze en de kleuren onderling. Hierdoor moet er goed gekeken worden naar de iPhone van Apple. Deze heeft geen grote variëteit aan kleuren, waardoor de productie en inkoop afgestemd kunnen worden op die specifieke kleuren. Dit is goed toe te passen op het dakelement. Wanneer hier drie of vier kleurmogelijkheden worden aangeboden, heeft elk persoon wel een voorkeur en kan het dak daarop aangepast worden. Daarnaast is de inkoop van materiaal daarop af te stemmen. Een kanttekening bij deze personalisatie is de aanpassingsmogelijkheid. Wanneer de mogelijkheid wordt geboden een kleur op een later moment aan te passen, kan de goot geen grotere lengte hebben dan de woning. Verder levert deze aanpassing ook afval op. Idealiter zou de goot terug gezonden worden naar een opslaglocatie en op een ander project toegepast worden. Remontage bespaart daarmee in kosten en afvalproductie.



Afbeelding 25: Kleuren. Bron: Microsoft Word

Het product

Wanneer deze principes gevolgd worden, is een product ontstaan welke optimaal is te personaliseren. Het element is door de klant aan te passen naar een stijl. Hierdoor krijgen alle woningen wel dezelfde stijl, maar daardoor ontstaat ook een eenduidigheid in het blok, de straat of de wijk. Vervolgens ligt er nog een design option bij de eindgebruiker. Deze kan het dak op kleur aanpassen. Hiervoor krijgt de eindgebruiker keuze uit drie of vier kleuren, welke onderling ook aansluiten. Hierdoor kan elk dak een eigen kleur krijgen, maar zijn alle woningen wel een geheel. Of deze keus bij de eindgebruiker ligt, blijft een keuze voor de klant, maar de mogelijkheid wordt bij het product geboden. Echte grote personalisatie mogelijkheden zullen toegepast kunnen worden in de gevelmodule.

Conclusie en aanbevelingen

Afsluitend op het onderzoek kan antwoord worden gegeven op de hoofdvraag:

‘Hoe ziet een geïntegreerd procesplan (upstream) en productplan (downstream) en de productontwikkelingsorganisatie eruit, waarbij de eindgebruiker wordt meegenomen in de productontwikkeling van de dakmodule, waarbij het ontwikkelingsproces wordt gecoördineerd door de System Integrator? Wat zijn de gevolgen van een cultuurverandering hierop en hoe zien de aspecten geld, tijd, kwaliteit, duurzaamheid en tevredenheid hierdoor uit?’

Om een eenduidig antwoord te geven worden de verschillende onderdelen in de vraag stuk voor stuk beantwoord. Vervolgens worden aanbevelingen geformuleerd, waarin mogelijke acties, volgend op dit onderzoek, worden aanbevolen.

Procesmethoden

De bouwsector moet sterk veranderen door een veranderende cultuur bij de gebruikers en strengere duurzaamheidsnormen. Dit vraagt om een innovatieve, systematische aanpak van technieken en processen. Voor het sturen van een proces zijn meerdere procesmethoden uit verschillende sectoren te vinden. Enkele voorbeelden hiervan zijn geanalyseerd en gebleken is dat veel overeenkomsten te vinden zijn. Zo gaan de meeste methoden uit van een cyclisch proces met een multidisciplinair team. Het is dus zeer van belang te kijken naar de verschillen.

Systems Engineering is een van die methoden en richt zich op het vaststellen van behoeften en deze overzichtelijk maken in modellen. Door deze methode te combineren met enkele punten uit andere methodes, kan de meest geschikte methode voor de productontwikkeling van Factory Zero samengesteld worden. Hierdoor komen de principes van Systems Engineering samen met principes uit StageGate, User Centered Design en APQP.

Systems Engineering

Doordat de productontwikkeling bij Factory Zero zeer dynamisch wordt uitgevoerd, is een statisch model niet geschikt. Het model moet aangevuld en aangepast kunnen worden naargelang de productontwikkeling vordert. De standaard Systems Engineering modellen zijn hier niet geschikt voor. Na een zoektocht naar een goede vorm, is een rond model het resultaat geworden. Door in het model een verbinding te maken met Excel, biedt het model de mogelijkheid alle Systems Engineering principes toe te passen en het model aan te passen naar wens.

Door de Systems Engineering methoden N²-chart en VEE-model te volgen, is het ronde model opgebouwd wat het proces begeleidt en kan groeien, krimpen en accentueren naar wens. Groeien, doordat nieuwe producten en partners eenvoudig aan het model toegevoegd kunnen worden, krimpen, doordat onderdelen welke niet worden behandeld uit het visuele model gehaald kunnen worden, maar wel in de achterliggende data blijven staan en accentueren, doordat bij verschillende opties een voorkeursoptie uitgelicht kan worden ten opzichte van de andere opties.

Zo is het model een uitstekend hulpmiddel voor de System Integrator (Factory Zero) om het product ontwikkelingsproces op een systematische en innovatieve wijze te coördineren.

Proces- en product ontwikkelingsplan

Nu de methode gekozen is, kan het proces- en product ontwikkelingsplan opgesteld worden aan de hand van de verkregen informatie. Hierbij wordt allereerst gekeken naar andere procesplannen en naar een bouwkundig projectplan. Hieruit worden de relevante onderdelen genomen en samengesteld tot een geïntegreerd proces- en product ontwikkelingsplan voor de ontwikkeling van de dakmodule.

Om dit plan structuur te geven, wordt de lezer in verschillende hoofdstukken meegenomen in de productontwikkeling. Er wordt een doelstelling geformuleerd en het te ontwikkelen product wordt geïntroduceerd. Dit wordt verschillende afspraken omtrent kwaliteit en risico's en er wordt een fasering en thematisering aangebracht.

Uit de analyse van de SCRUM-methode is naar voren gekomen dat in een cyclisch proces meerdere fases in een cyclus meegenomen worden. Om die reden is de fasering relatief kort gehouden tot 5 hoofdfases, waarbij fase 3 de gehele engineering van de dakmodule inhoudt. Om een verdere structuur aan te brengen in de derde fase, is uit een procesplan het onderverdelen in Thema's overgenomen. Nu worden de ontwikkelcycli onderverdeeld in meerdere thema's, waarbij het StageGate-principe de begrenzing aangeeft om de productontwikkeling te sturen.

Het plan is vervolgens zo opgezet dat de algemene doelstelling, afspraken om contractvorming (NDA, GPA, CPA, PPA), kwaliteitsafspraken en risico's opgenomen zijn in het hoofdbestand. Vervolgens is er een bijlage toegevoegd met

meerder Thema-Hand-Outs. Zo heeft een partner slechts een Hand-Out nodig per ontwikkelcyclus, welke aan het begin van elke cyclus wordt aangevuld met nieuwe inzichten of informatie.

Cultuur

Natuurlijk moet het plan worden afgestemd op de klant, gebruiker en de bouw. Hier speelt cultuur een grote rol. Cultuur bepaalt hoe gemeenschappelijk wordt gedacht en gedragen. Deze cultuur is in de laatste jaren sterk aan het veranderen. Waar eerst een aanbodcultuur domineerde, is nu een vraagcultuur ontstaan. Een bewoner weet steeds beter wat hij wil en wijkt hier minder snel van af. Het is dus zaak hier in mee te gaan en personalisatiemogelijkheden aan te bieden.

Naast de cultuur bij de eindgebruiker, is de cultuur in de bouw een ander struikelblok. De bouw is traditioneel ingesteld en geneigd niet verder te kijken dan eigen taken. Om aan te sluiten op de markt, dient in de bouw gericht te worden op communicatie en samenwerking en de mogelijkheid hebben de productie sterk te vergroten.

Wanneer de cultuurverandering wordt doorgezet, heeft dit veel voordelen. De gebruikers van de woning verlangen een duurzame woning, wat gerealiseerd kan worden door industrieel ontwikkelde modules. Door deze industriële aanpak is de kwaliteit beter te garanderen, worden risico's verminderd en wordt de bouwtijd drastisch verminderd. Deze argumenten samen vormen een verlaging van de kostprijs.

Wanneer vervolgens de bewoner mee wordt genomen in het ontwikkelproces, door een bewonerspanel aan te stellen en hier de (deel)producten aan te toetsen, is de aansluiting van het product op de bewoner beter te garanderen. Biedt daarnaast een mogelijkheid tot personalisatie aan voor zowel

de klant als de eindgebruiker en de tevredenheid van de renovatie zal sterk verbeterd zijn.

❖ AANBEVELING

Komend uit het onderzoek zijn er enkele punten ter aanbeveling voor uitvoering bij het ontwikkelproces en enkele punten waar het van wordt aanbevolen verder uit te zoeken. Hieronder worden deze punten genoemd.

Toepassing onderzoek

- ❖ Allereerst afronden van het product ontwikkelingsproces van de eerste generatie. Deze kan vervolgens User-driven getest worden in een In-Use test. De evaluaties van deze tests zullen dienen als de input voor de eerste fase van de product ontwikkeling generatie 2.
- ❖ Vervolgens kan, na het doorlopen van de eerste en tweede fase van productontwikkeling, de derde fase: Engineering worden opgestart. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het proces en productontwikkelingsplan en de bijbehorende hand-outs.
- ❖ Tijdens deze productontwikkeling kan gebruik worden gemaakt van het Systems Engineering model. Deze dient, zoals omschreven, naast een communicatiemodel als meerdere doeleinden. Wel dient in acht worden genomen dat het model goed bijgewerkt dient te worden om zijn functie volledig te behouden.

Verder onderzoek

- ❖ Het is raadzaam om contact op te nemen met bekende corporaties en de overkoepelende organisatie Aedes. Hierbij is het doel het samenstellen van een representatief bewonerspanel om de User-driven toetsing mee uit te voeren.
- ❖ In het Systems Engineering model is nu enkel de dakmodule ingevuld. Voor de productontwikkeling dient hier ook de gevelmodule ingevuld te worden. De iCEM module kan ook ingevuld worden en dienen als een Option naast de geïntegreerde AHPU-module.
- ❖ De personalisatie is een belangrijk onderdeel om het product aan te kunnen bieden. Hier dient verder onderzoek naar gedaan te worden. Gekeken kan worden naar de verschillende stijlen en kleuren. Daarnaast is het hoofdzaak te kijken of het kader, in de gebruiksfase, uitwisselbaar is. Een consequentie kan zijn, dat het kader een vaste afmeting heeft, gelijk aan de woning. Daardoor kunnen onderdelen per woning worden uitgewisseld en naar wens van de gebruiker worden aangepast. Om te voorkomen dat de weggenomen onderdelen als afval beschouwd wordt, dient onderzocht te worden of deze geschikt zijn voor remontage.

Bibliografie

- 9to5mac. (2016, Juli 21). *The many (possible) colours of the iPhone 7 shown in mockups*. Retrieved from 9 to 5 mac: <https://9to5mac.com/2016/07/21/iphone-7-colors-video-gallery/>
- Aedes. (2017). *Aedes Vereniging van Woningcorporaties*. Retrieved from Aedes: <https://www.aedes.nl/>
- Apple. (2017). *Design; Create beautiful experiences*. Retrieved from Developer Apple Design: <https://developer.apple.com/design/>
- Bilsen, & Rademaekers. (2009). *Study on the Competitiveness of the EU eco-industry*. Brussel: Ecorys.
- Bouwend Nederland. (2013). *De toekomst van de Woningmarkt*. Regio Noord: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
- Buxton, B. (2007). *Sketching User Experiences*. San Francisco: Elsevier.
- Digital-architecture. (2013). *Ondernemingstyperingen uit Architectuurcontext*. Retrieved from digital-architecture: [http://www.digital-architecture.net-scripts-Ondernemingstypering%20uit%20architectuurcontext.doc](http://www.digital-architecture.net-scripts/Ondernemingstypering%20uit%20architectuurcontext.doc)
- Dolder, A. v., & Pries, F. (2010). *De allernieuwste cultuur in de bouw*. Utrecht: Lectoraat Nieuwe cultuur in de bouw Hogeschool Utrecht.
- Elk, A. v. (2017, April 07). Het belang van personalisatie bij een ontwerp. (R. Ebbers, Interviewer)
- Factory Zero. (2016). *Factory Zero, The Plan*. Spijk: Factory Zero.
- Gerder, J., & Beurskens, L. (2010). *Monitor schoon en zuinig stand van zaken*. |ECN-beleidsstudies.
- Grit, R. (2008). Beheersing van projecten in de praktijk. In R. Grit, *Project management* (pp. 66 - 69). Groningen: Noordhoff Uitgevers.
- Grit, R. (2008). Het project. In R. Grit, *Project management* (pp. 18 - 32). Groningen: Noordhoff Uitgevers.
- Haak, A. (2005). *De Menselijke Maat*. Amsterdam: IOS Press B.V.
- IKEA. (2014, Maart 25). *IKEA US Growth Plans Create Opportunity for US Suppliers*. Retrieved from YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=30-mrpdDaQg>
- IKEA. (2017). *Keukenkasten en deuren*. Retrieved from IKEA Keukens: <http://www.ikea.com/nl/nl/catalog/categories/departments/kitchen/24254/>
- INCOSE. (2009, Augustus 26). *System of Systems Engineering*. Retrieved from INCOSE:

- http://oldsite.incose.org/hra/past_events/INCOSEHRAChapterPresentation_SoSEandFoSE_JOC_090826.pdf
- INCOSE. (2017). *That is Systems Engineering*. Retrieved from International Council of Systems Engineering: <http://www.incose.org/AboutSE/WhatIsSE>
- Interim Project Brouwer. (2017). *GROTIK*. Retrieved from Interim Project Brouwer: <http://interim-project.nl/index.php/fm-wiki/88-gotik>
- Kremer. (2016). *System Integrator*. Retrieved from Kremer installatietechniek: <http://www.kremer.nl/diensten/industriële-automatisering/system-integrator/system-integrator.html>
- KvK. (2015). Publicatie wegwijzer productontwikkeling. In Kamer van Koophandel, *Publicatie wegwijzer productontwikkeling* (p. 16). KvK.
- KvK. (2015). Publicatie wegwijzer productontwikkeling. In Kamer van Koophandel, *Publicatie wegwijzer productontwikkeling* (pp. 17, 18). KvK.
- Lettinga, G. (2016). *Lange levensduur keukenapparaten kost geld*. Retrieved from Marktonderzoek INretail: <https://www.inretail.nl/kennis-en-inspiratie/lange-levensduur-keukenapparaten-kost-geld/>
- Leuftink, T. (2017). *Systeembenadering*. In T. Leuftink, *Soft Selection Methodology* (p. 18). Bronckhorst: Bronckhorst Instituut.
- Management Goeroes. (2014, Januari 14). *Propositie*. Retrieved from Managementgoeroes: <https://www.managementgoeroes.nl/management-begrippen/propositie/>
- MECAS. (2008). *Product-ontwikkelingsplan*. Retrieved from MECAS: <http://www.mecas.nl/index.php?page=productontwikkelingsplan&hl=nl>
- Opstelten, I. (2007). *Bringing an engery neutral built environment in the Netherlands under control*. Helsinki, Finland: Clima2007.
- Ouwehand, J., & Papa, T. (2014). *Duurzame energietechniek*. Academic Service.
- Plegt-Vos. (2016, 04). Foto bedrijfsbezoek Plegt-Vos. Langeveen, Overijssel, Nederland.
- Plegt-Vos. (2016). *Plegt-Vos GLOW_NOM-oplossing Techniek*. Hengelo (OV): Plegt-Vos. Retrieved from Plegt-Vos.
- Pries, F. (2008, 12). *Nieuwe Cultuur in de bouwketen*. Retrieved from De Bouw Vernieuwt: <http://www.debouwvernieuwt.nl/details/kennis?kennis=164&name=Nieuwe+cultuur+in+de+bouwketen>
- ProRail. (2015). *Handboek Systems Engineering*. ProRail.

- RVO. (2017). *Wettelijke/ gecertificeerde begrippen*. Retrieved from Rijksdienst voor Onderdemend Nederland: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/begrippenlijst/wettelijke/gecertificeerde-begrippen>
- Sage, A. P. (2016). *The Engineering Design of Systems. Models and methods*. Hoboken New Jersey: John Wiley & Sons.
- Sagor, R. (2016). *Guiding School Improvement with Action Research*. Retrieved from ASCD: <http://www.ascd.org/publications/books/100047/chapters/What-Is-Action-Research%C2%A2.aspx>
- SCRUM. (2017). *Scrum in beeld*. Retrieved from Agile Software Development: <http://www.scrum.nl/site/Wat-is-Scrum-agile-scrum>
- Solliance. (2016). *What is Thin film PV?* Retrieved from Solliance EU: <http://solliance.eu/dunne-film-pv-algemeen-eng/?lang=nl>
- Stuive, R. (2014). Processmanagement. In R. Sruive, *Processmanagement* (p. 275). Groningen: Noordhoff Uitgevers b.v.
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (2009). *The New Product Development Game*. Cambridge: Harvard Business Publishing.
- Thomke, S. (2000). *The Effect of "Front-Loading" Problem-Solving on Product*, 131.
- Thomke, S., & Fujimoto, F. (2000). The Effect of "Front-Loading" Problem-Solving on Product. *Elsevier Science*.
- Timmerije. (2016). *8-fasen productontwikkelingsplan*. Retrieved from Timmerije B.V.: <http://www.timmerije.nl/8-fasen-productontwikkelingsplan/>
- Unilin. (2016). *Sandwich elementen*. Retrieved from Unilin for smart living: <http://www.unilininsulation.com/nl/Dakelementen/Hellend-dak/Sandwich-elementen/>
- Van de Groep, J. (2016, november). (R. Ebbers, Interviewer)
- Van Der Ree Doolaard, T. (2010). Inkoop en projectmanagement bij grote bouwprojecten. (R. Ebbers, Interviewer)
- Vink, E. (2009). *Systems Engineering in de praktijk*. De Bilt: TUDelft.
- WAM&VanDuren / WSi Bouwcombinatie. (2015). *Project Werkplan Transformatie BAT-Complex tot gemeentehuis Zevenaar*. Zevenaar: WAM&VanDuren bouwgroep.
- Wijnands, M. (2017, Mei 22). Productontwikkeling. (R. Ebbers, Interviewer)

Zembla (Director). (2005). *Documentaire over de woningnood*
[Motion Picture].

Bijlagen

♦ FACTORY ZERO SYSTEMS ENGINEERING MODEL

♦ (DEEL)ONDERZOEKEN

Action Research Generatie 1

Action Research BIPV

Methoden Procesbeheersing

- ♦ Systems Engineering
- ♦ StageGate
- ♦ DevOps
- ♦ User Centered Design
- ♦ Interaction Design
- ♦ APQP

Projectrisico's

Factory Zero VEE-modellen

Factory Zero Systems Engineering Model

Bewoners bij renovatie

Prototyping

Analyse proces-, project- en product ontwikkelingsplan

Invulling proces- en product ontwikkelingsplan

Expert gesprekken

- ♦ Jan Sterkenburg

- ♦ Jasper Klomps
- ♦ Alfred van Elk
- ♦ Johan Wessels
- ♦ Patrick Theelen
- ♦ Gudo Ebbers
- ♦ Mathieu Wijnands

♦ PROCES- EN PRODUCTONTWIKKELINGSPLAN

Ontwerputgangspunten

Lijst betrokken partijen

Systems Engineering Model

Factory Zero Huisstijlhandboek

Hand-outs Productontwikkeling Thema's