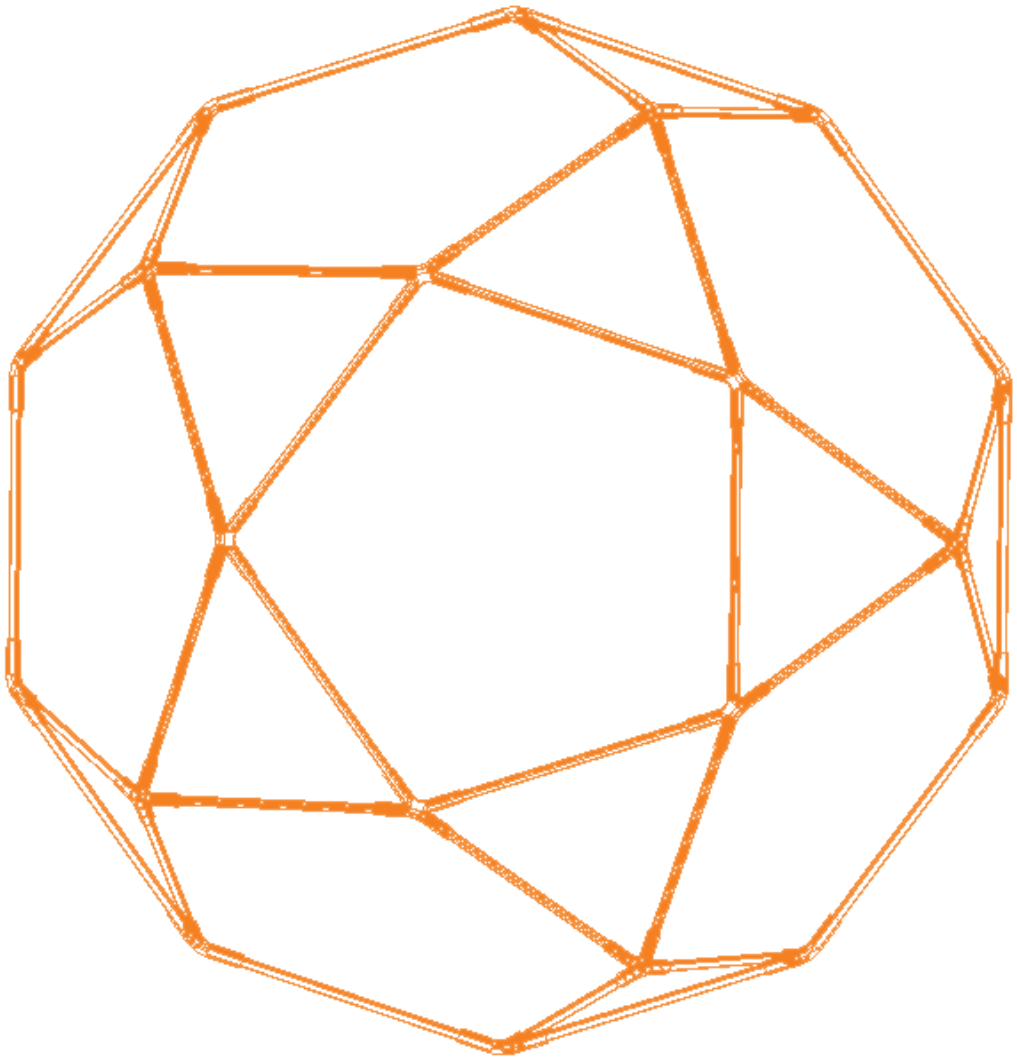
HET ONTWERPEN VAN EEN LICHTGEWICHT SPEELMEUBEL



Bacheloropdracht

Opdrachtgever	**DRS22**
Student	**Willem-Jan Rensink**
Studentnummer	**s1372912**
Begeleider UT	**Jeroen Beeloo**
Begeleider UT 2	**Matthijn de Rooij**
Begeleider DRS22	**Ed van Hinte**

26 juni 2015

Bacheloropdracht

Het ontwerpen van een lichtgewicht speelmeubel

Opdrachtgever	**DRS22**
Student	**Willem-Jan Rensink**
Studentnummer	**s1372912**
Begeleider UT	**Jeroen Beeloo**
Begeleider UT 2	**Matthijn de Rooij**
Begeleider DRS22	**Ed van Hinte**

26 juni 2015

INHOUD

Inhoud 3

Samenvatting 4

Summary 5

1. Inleiding 7

2. Analyses 9

2.1 Context Analyse 10
2.2 Doelgroep Analyse 12
2.3 Marktanalyse 15
2.4 Constructie Analyse 18
2.5 Programma van Eisen 22

3. Ideeën 23

3.1 Indeling 24
3.2 Mogelijke Ideeën 25
3.3 Conclusie 28

4. Concepten 29

4.1 Concept Klimboom 30
4.2 Concept Klim Iglo 33
4.3 Conceptkeuze 36

5. Detail 39

5.1 Balken Structuur 40
5.2 Buizen Structuur 43
5.3 Bijvoeglijke Panelen 45
5.4 Materiaalkeuze 48
5.5 Toetsing aan de Eisen 51

6 Conclusie 53

Bronnen 56

Samenvatting

In dit verslag wordt het proces beschreven waarin het ontwerp van een lichtgewicht speelmeubel is uitgewerkt. Voor het meubel staan materiaal- en energiebesparing centraal. Dit ontwerpproces beantwoord hiervoor de vraag: “Hoe kan een speelmeubel voor kinderen ontworpen worden om lichtgewicht geconstrueerd te worden, terwijl het ook veilig en leuk blijft voor kinderen?”

Het speelmeubel is onderdeel van het interieur voor een lichtgewicht woning, bedacht door de stichting DRS22 in het project 3XNIX. Deze woning, en daarbij haar interieur, worden ontworpen om zo veel mogelijk materiaal en energie te besparen, in een poging een duurzamer leven op te bouwen. Het speelmeubel dient als deel van deze woning waar de kinderen zich kunnen vermaken, en kan gebruikt worden om te laten zien hoe lichtgewicht interieur ontworpen kan worden.

In het begin is er onderzoek gedaan naar het speelgedrag van kinderen, de huidige speelmogelijkheden en mogelijke manieren om lichtgewicht te construeren. De mogelijkheden die het onderzoek aandroegen zijn geanalyseerd en verwerkt in verschillende ideerichtingen. Op deze manier is een beeld gevormd over de mogelijkheden en wensen rond het ontwerp. De ideerichtingen focussen zich op vormgeving, constructie of speelgedrag. De ideeën vormden twee concepten: een Klim Iglo en Klimboom. Beide maakten het mogelijk voor de kinderen het speelmeubel te beklimmen, of er binnenin te spelen. De Klim Iglo is hiernaast ook aanpasbaar en uitbreidbaar, waardoor het interessanter wordt en blijft voor de kinderen. Hij is in detail uitgewerkt, waarbij dieper is ingegaan op de opbouw, individuele onderdelen en materialen, Hierna is het ontwerpvoorstel op conceptniveau is gepresenteerd.

Het uiteindelijke ontwerp is een buizenframe, in de vorm van een koepel, waar panelen in geklemd worden. De buizen leiden de krachten naar de grond, de panelen geven kinderen de vrijheid van inrichting. De panelen zijn namelijk naar eigen wens te plaatsen, en bieden hierdoor mogelijkheden tot uitbreiding. Kinderen hebben zo een meubel om mee, op en in te spelen. Het ontwerp moet nog op verschillende vlakken getest en verbeterd worden, zoals produceerbaarheid of kostenschatting, voor het een realiseerbaar product is..

Summary

This essay describes the design proces for a lightweight piece of play furniture. Saving materials and energy are essential for this proces. For this, the essay will answer the question: “How can play furniture for children be designed in such a way, that is is lightweight and at the same time safe and fun for children?”

This piece of play furniture is part of the interior for a lightweight home, envisioned by the orginization DRS22 in the 3XNIX project. This home and its interior are designed to save as much materials and energy as possible, in order to build a more durable excistence. Play furniture serves as a way for the children in this home to enjoy themselves and will serve as an example to show how lightweight interior can be accomplished.

At the start the children, their play behaviour and possible ways for lightweight construction were investigated. The possibilities presented by this research were analyzed and processed into different directions for ideas. By doing this, the possibilities and wishes for the design were given solid form. The directions for ideas split off into form, construction an play behaviour. The ideas shaped into two concepts: the Climbing Igloo and Climbing Tree. Both gave children the possibility to climb them and play inside them. The Climbing Igloo also had the advantage of being adjustable and expandable, making it more interesting for the children. It was then worked out in detail, focussing on structure, individual parts and materials. This gave the possibility to present the design proposal on concept level.

The final design is a frame of tubes in the form of a dome, with panels clamped inside it. The tubes direct the forces to the ground, the panles give the children freedom of arrangement. This is because the panels can be placed freely and give the possibility to expand. Now children have a piece of furniture to play with, on and in. The design has to be evaluated on a number of fields, like frabrication and costs, before it can become a feasible product.

1. INLEIDING

De mensheid consumeert teveel en de westerse wereld leeft niet duurzaam genoeg. We hebben niet door wat onze acties betekenen voor de toekomst, tot het te laat is. Om dit te verhelpen worden er tegenwoordig veel pogingen gedaan een duurzamer leven te creëren. DRS22, een non-profit stichting gevestigd in Den Haag, draagt hier ook een steentje aan bij. Deze stichting houdt zich bezig met het begeleiden van ontwerpers in hun weg naar succes met interessante en wereldverbeterende projecten, zoals project 3XNIX.

In 3XNIX bekijkt DRS22 de mogelijkheden om lichtgewicht woningen te bouwen. Woningen behoren tot de minst efficiënte objecten op het gebied van energiebesparing en gewichtsbesparing. Binnen dit onderzoek ontwerpt de stichting lichtgewicht meubels voor die woningen. Denk bijvoorbeeld aan een lichtgewicht badkamer, keuken, of... speelmeubel. Dit is een lichtgewicht speelplek binnenshuis, waar kinderen van veel verschillende leeftijden zich mee vermaken. In dit verslag staat het ontwerpproces beschreven van dit speelmeubel, en wordt duidelijk waarom het past binnen het onderzoek 3XNIX.

Het idee voor een speelmeubel is ontstaan bij een workshop over lichtgewicht construeren. Er is naar de inrichting van de kamers gekeken, vooral wat het betekent om in een lichtgewicht omgeving te wonen. Vanuit de beschikbare ruimte binnen de kamers zijn er meubels bedacht waar je op kan klimmen. Dit zou leuk zijn voor kinderen die daar wonen. Net als bij het overkoepelende onderzoek moet hierbij materiaal en energie worden bespaard. Het gewicht van het meubel is hiervan een makkelijk te meten afgeleide. Uiteindelijk wil 3XNIX aan de buitenwereld presenteren wat er mogelijk is op het gebied van materiaal- en energiebesparing. Het speelmeubel wordt dan als voorbeeld van een efficiënte constructie gebruikt.

Het speelmeubel is ontworpen gedurende een periode van 12 weken. Om de tijd goed te gebruiken is er een planning gemaakt. Deze planning staat in bijlage A.

Bij de analyses is gekeken welke eisen en wensen belangrijk zijn voor het ontwerpen van het speelmeubel. Dit is gedaan door lichtgewicht constructies, speelgedrag van kinderen en speelmeubels te analyseren. Hierdoor is een breed beeld geschetst van de mogelijkheden en zijn mogelijke ideerichtingen bedacht. De ideefase geeft aan welke ideerichtingen optimaal zijn, waarbij sommigen worden uitgewerkt als concept. De concepten zijn in de conceptfase uitgewerkt, waarbij een eindconcept is gekozen aan de hand van het programma van eisen. In de detailleringsfase is het eindconcept uitgewerkt, vooral op het gebied van de individuele onderdelen en hun materialen. Deze detaillering zorgt voor een eindtoetsing aan het programma van eisen en wensen. Uiteindelijk is er geconcludeerd of het doel van het project is gehaald met een analyse van het ontwerp, waarbij aanbevelingen en een reflectie zijn gedaan.

2. ANALYSE

Voordat het speelmeubel wordt ontworpen, zijn er een aantal analyses uitgevoerd op het gebied van lichte constructie, speelgedrag van kinderen en speelmeubels. Ze geven meer informatie over de huidige situatie en ontwikkelingen op het gebied van lichtgewicht speelmeubels. Hiervoor is eerst gekeken naar de context: het project 3XNIX en de doelgroep. De doelgroep is vervolgens onder de loep genomen om een beter beeld te krijgen van hun belangen. Hierna is een marktanalyse gedaan, om de huidige speelmeubels te evalueren. Hierbij is ook gekeken naar de methoden om constructies lichter te maken.

2.1.1 Waarom lichtgewicht bouwen?

Het concept “lichtgewicht bouwen” trok de aandacht van Ed van Hinte bij het schrijven van “Lightness; the inevitable renaissance of minimum energy structures”[1]. Hierbij bleek dat de westerse wereld tegenwoordig te overvloedig leeft, als een obesitaspatiënt in de samenleving. We gebruiken en verbruiken overal meer grondstoffen dan nodig, zo ook in de bouw. Het boek vertelt dat bouwafval 35% van de afvalberg in Nederland bezet. Daarbij toont huidig onderzoek aan dat de helft van het Europese wegvervoer bouwgerelateerd is[2]. Met zware materialen bouwen kost veel energie, zowel in transport als constructie. Lichtgewicht bouwmaterialen en constructiemethodes voorkomen veel van dit energieverlies, waardoor de milieubelasting en afval drastisch gereduceerd kunnen worden.

Het maken van een lichtgewicht brug is een voorbeeld van dit lichtgewicht bouwen. In Rotterdam zijn er bruggen van vezelversterkt kunststof, ook wel composietbruggen genoemd (figuur 1). In onderzoek is gespeculeerd dat het onderhouden van de levenscyclus van deze bruggen minder energie zal kosten dan voorheen[3]. Door het lichte gewicht kan de brug ook getransporteerd worden, zodat het mogelijk is de onderdelen vooraf al te produceren.

Ondanks kleine successen, zoals de composietbrug, blijft de toepassing van lichtgewicht bouwen veelal afwezig. Er begint slechts langzaam het besef te komen dat we materiaal en energie moeten besparen. DRS22 startte een project op om een lichtgewicht rijtjeshuis te ontwerpen, project 3XNIX. Vanaf de oprichting in 2011 houdt de stichting zich hier mee bezig. Met de resultaten wil DRS22 laten zien wat er mogelijk is op het gebied van lichtgewicht bouwen. Voor het lichtgewicht rijtjeshuis moet er nu een speelmeubel ontworpen worden dat binnen het onderzoek past. Hiervoor is het belangrijk een goed beeld te krijgen van het huidige concept lichtgewicht wonen.

(Fig 1) Een composietbrug in Rotterdam

2.1.2 Het Schaalmodel

Een rijtjeshuis is gekozen om een helder doel op te stellen: proberen een normale, maar lichtgewicht leefomgeving te creëren. De oplossingen die hierbij gevonden worden kunnen bruikbaar zijn bij het bouwen van andere lichtgewicht woningen. Er wordt rekening gehouden met een minimale hoeveelheid materiaal en inspanning tijdens de bouw, de gebruiksperiode en de veranderingen in de tijd. Bewoners kunnen het lichtgewicht huis zien als een gebruiksvoorwerp, ook omdat de woning is ontweropen zodat het makkelijk aan te passen is aan veranderende levensomstandigheden.

Het huidige concept heeft een model op de schaal van een poppenhuis, 1:12 (figuur 2). Op deze manier kan je de problemen tegenkomen in het klein. Zo laat DRS22 zien waar ze heen willen met het concept: je ziet wat er verder uitgewerkt moet worden en hoe individuele delen binnen het geheel passen.

De woning hangt aan holle pilaren, zodat de trekkracht verdeeld kan worden. Deze pilaren zijn gemaakt van staal, om druk- en knikspanningen te verdelen. Hierbij wordt de wanddikte zo dun mogelijk gehouden om het gewicht zo laag mogelijk te houden.

Balken, gemaakt van hout en schuim, liggen op de zuilen. Aan deze balken worden de wanden gehangen, die uit twee lagen textiel bestaan waar schuim tussen is aangebracht. Bij het dak is gebruik gemaakt van dezelfde combinatie van textiel met schuimvulling, welke wordt vastgemaakt aan een nokbalk of het frame. De schuimvulling wordt vervolgens verbeterd door materialen toe te voegen, die meer eigenschappen aan de wand geven. Denk hierbij aan warmtegeleiding, vochtweerstand of het absorberen van geluid.

Op de balken liggen de vloerplaten. Deze zijn opgebouwd uit een op stijfheid ontworpen schuimpaneel. De vorm zorgt voor draagkracht, maar biedt boven en onder ruimte voor kabels en leidingen, die afgedekt zijn met luiken. De kabels en leidingen zijn hierdoor overal toegankelijk, zodat de woning vrije indelingsmogelijkheden heeft.

De woning wordt zonder kamers ontworpen. Door het lichte gewicht kan er een dynamische leefomgeving worden gemaakt. Kamers die los van het huis moeten worden gekocht zijn een onderdeel hiervan. Hierdoor worden de individuele kamers gebruiksobjecten. Voor het speelmeubel betekent dit vrijheid van locatie: ofwel binnen een individuele ruimte, ofwel in de gemeenschappelijke ruimte.

(Fig 2) Modelhuis met de schaal 1:12

2.1.3 De Belanghebbenden

Kinderen zijn de primaire gebruikers van het speelmeubel. Zij zijn de voornaamste belanghebbenden die het ontwerop zullen gebruiken. De kinderen moeten zich verleid voelen om alleen of met anderen met het ontwerp te spelen. Vanuit DRS22 is de eis gekomen dat kinderentijdens hun hele basisschooltijd gebruik kunnen maken van dit speelmeubel; een leeftijd van 3 tot 12 jaar.

De ouders van deze kinderen zijn de secundaire gebruikers. Zij willen het beste en veiligste voor hun kind en zijn de mensen die het speelmeubel kopen. Ze willen hun kinderen iets geven dat goed voor ze is. Hiervoor hebben ze herkenbaarheid of verzekering door een keurmerk of vertrouwd advies nodig.

Toekomstige ontwikkelaars zijn belangrijk voor het project 3XNIX. DRS22 presenteert het speelmeubel als mogelijk voorbeeld van een lichtgewicht constructie, als een “proof of concept”. Dit betekent dat het product presenteerbaar en begrijpelijk moet zijn. Het moet informeren over de mogelijkheden van lichtgewicht constructies.

2.1.4 Conclusie

Het probleem, de context en de doelgroep zijn vastgesteld. Lichtgewicht constructies zijn een belangrijke volgende stap in de bouw, om materialen en energie te besparen. Het volledige kader van het project 3XNIX is bekeken. Hierbij is de huidige situatie van het lichtgewicht rijtjeshuis, waarvoor het speelmeubel ontworpen wordt, nader bekeken. Er moet rekening gehouden worden met deze omgeving en de belanghebbenden: kinderen, hun ouders en de ontwikkelaars. Alle drie hebben zij invloed op het ontwerp van het speelmeubel. Hiervoor zal er verder onderzoek worden gedaan naar de kinderen, de huidige speelgoed- en speeltoestellenmarkt en het lichtgewicht construeren.

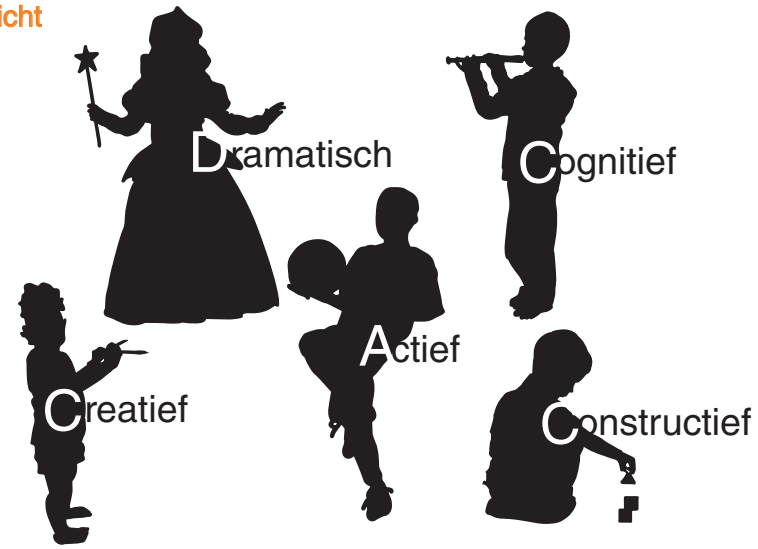
2.2.1 Speelgedrag van Kinderen

Er wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten speelgedrag van kinderen[4]: cognitief, actief, constructief, dramatisch en creatief speelgedrag **(figuur 3)**. Deze speelsoorten hoeven elkaar niet uit te sluiten, want de kinderen kunnen meerdere doelen voor ogen hebben.

Actief speelgedrag is spelen met beweging als doel. De manieren waarop kinderen dit doen verschilt tussen de geslachten. De jongens spelen wilder spel, meisjes hebben meer structuur. Actieve spellen kunnen zowel veel als weinig regels hebben, waarbij oudere kinderen meer behoefte krijgen aan regels. Sporten die de kinderen beoefenen vallen ook onder actief speelgedrag.

Bij constructief speelgedrag worden objecten gebruikt om structuren te maken. Oudere kinderen maken complexere structuren met meer objecten. Het duidelijkste voorbeeld hiervan is het bouwen met blokken. Vervormbaarheid is een soort constructief speelgedrag die vaak onderschat wordt, vaak gedaan met zand of klei[5]. De kinderen hebben hierbij meer vrijheid. Als kinderen ouder zijn gaan ze meer experimenteren, zodat ze in hun constructies zelfs elektronica kunnen toepassen.

Dramatisch speelgedrag is het doen alsof je iemand anders bent, zoals bij het spelen van vadertje en moedertje. Nadoen, overdrijven en bedenken hoort allemaal bij dit speelgedrag. Kinderen gebruiken hun ervaringen op het gebied van taal, symboliek en sociale vaardigheden. De omgeving, of voorwerpen daarin, worden hiervoor gebruikt. Opvallend is dat kinderen open ruimtes prefereren boven gesloten ruimtes[5]. Dramatisch speelgedrag is belangrijk voor de sociale ontwikkeling van het kind, omdat het voor kinderen belangrijk is interactie aan te gaan met anderen.



(Fig 3) Verschillende soorten speelgedrag

Creatief speelgedrag bestaat normaal uit originele en eigen uitdrukkingen van kinderen op bijvoorbeeld papier. Het kind houdt zich aan zijn eigen regels, zonder zich druk te maken wat anderen er van vinden. Het nut van de creatie is niet het doel, maar wordt belangrijker naarmate ze ouder worden. Kleien, verven, maar ook muziek maken vallen onder deze categorie.

Cognitief speelgedrag prikkelt de hersenen tijdens het spel. Kinderen leren door dit speelgedrag op verschillende manieren denken. De twee belangrijkste ontwikkelingen bij cognitief spelen zijn ruimtelijk inzicht en fijne motoriek. Dit speelgedrag heeft vaak een specifiek aantal personen nodig. Lezen of puzzels maken kan meestal maar met één persoon. Spelletjes spelen of muziek maken is leuker met meer.

2.2.2 Speelgedrag per Leeftijd

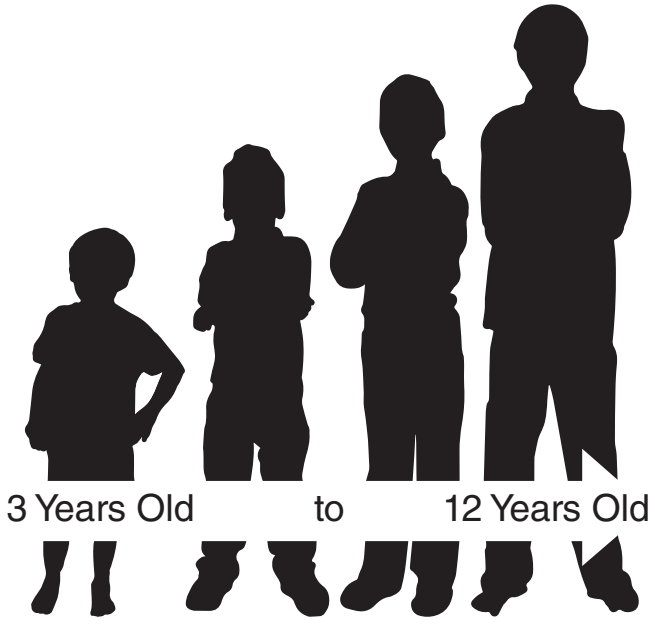
Kinderen vertonen afhankelijk van hun leeftijd verschillend spelgedrag; er vindt veel ontwikkeling plaats tijdens hun basisschool periode (figuur 4). Om een beter beeld hiervan te krijgen zijn er leeftijdscategorieën opgesteld en geanalyseerd[6]. Het resultaat is een overzicht van het speelgedrag en hoe het speelmeubel dit gedrag kan bevorderen.

Kinderen spelen rond 3 jaar veel alleen, ook als ze met elkaar spelen. Deze kinderen hebben veel dramatisch spel met de objecten om hen heen, zoals poppen. Objecten worden hierbij anders gebruikt dan bedoeld, zoals een banaan als telefoon. Het speelgedrag toont voor het eerst het verschil in hun geslacht aan: meisjes spelen liever met poppen en jongens liever met auto's. Hun actieve speelgedrag wordt beter, omdat ze hun grove en fijne motoriek onder controle krijgen. Hierdoor worden hun constructieve vaardigheden beter en kunnen ze hun eerste constructies maken. Ook knippen, plakken en andere creatieve gedragingen zijn dan mogelijk. De interesse hierbij zit hem vooral in het manipuleren van het medium, niet in het eindresultaat.

4 - 5 jaar is de periode waarop kinderen meer samen spelen, waardoor dramatisch spelgedrag zich uitbreidt. Fantasie en realiteit zijn nog wel lastig te onderscheiden. Er vertoont zich meer en beter gecoördineerd actief spel: klimmen, rennen en hinkelen komen vaak voor. Constructief speelgedrag groeit rond deze tijd uit tot dominant speelgedrag. Er is meer gevoel voor detaillering in bouwwerken en creatieve maaksels, waar vaardigheden met nieuwe gereedschappen zorgen voor nieuwe creaties.

Rond 6 - 8 jaar gaan kinderen meer samenwerken in spel. In de middenbouw blijven kinderen fysiek speelgedrag vertonen, waarbij ze meer vaardigheden leren. Het spel wordt ruiger en brengt meer risico´s met zich mee, waardoor regels belangrijk worden. Verstoppertje, tikkertje en sport zijn hier voorbeelden van. Geslachten beginnen uit elkaar te groeien. Creatief speelgedrag verandert door verfijndere motoriek: er wordt meer op detail gelet. Logica wordt gebruikt voor probleemoplossing. Kinderen beginnen zich met bekende figuren te identificeren, waarop ze steeds meer hun dramatisch spel baseren. Constructief speelgedrag blijft zijn aantrekkingskracht behouden doordat het fijne motoriek, hand-oog coördinatie en planning combineert. Door de ontwikkeling op deze gebieden worden complexere constructies gemaakt.

Kinderen van 9 - 12 jaar blijven hun vaardigheden ontwikkelen met dezelfde spelletjes die ze daarvoor ook speelden, waardoor ze voorspelbaar en saai kunnen worden. Ze zoeken naar nieuwe activiteiten die hen uitdagen. Hierdoor beginnen echte hobby's te ontstaan en vormen de kinderen hun voorkeuren voor speelgedrag. De kinderen krijgen interesse in eigen producten maken uit ruwe materialen, zoals houtbewerking. Ook hebben ze vaker behoefte aan alleen zijn. Sommig speelgedrag wordt gezien als kinderachtig en kan hierdoor alleen nog maar in privésituaties worden gedaan en buiten het zicht van volwassenen[4].



(Fig 4) Ontwikkeling van kinderen in de basisschool

2.2.3 Interview Dak Kindercentra

Om te controleren of de gevonden informatie actueel is, is er een interview gehouden met de buitenschoolse opvang Dak kindercentra. Dak kindercentra biedt kinderdagverblijven, peuterspeelzalen en buitenschoolse opvang voor- en na schooltijd. De vragenlijst is ingevuld en afgestemd met pedagogische medewerkers die werkzaam zijn op de kinderdagverblijven en buitenschoolse opvanglocaties. Hierdoor is een beter beeld neergezet van het speelgedrag van de kinderen. Het interview is te vinden in **bijlage B**.

Uit het interview blijkt dat kinderen in de onderbouw veel spelen met het aanwezige speelgoed en van actief speelgedrag houden. Er is veel overlap tussen de dingen die jongens en meisjes doen. Kinderen hebben soms de neiging niet samen te spelen, maar wel hetzelfde te doen. Dak observeert dat naarmate de kinderen ouder worden, hun spel meer regels en structuur heeft. Zowel jonge als oude kinderen kunnen ook alleen spelen. Richting de bovenbouw beginnen de jongens en meisjes uit elkaar te groeien en is er behoefte aan afgezonderde ruimtes. Jongens en meisjes gaan verschillende dingen doen en spelen minder samen.

Een speelmeubel moet volgens Dak tegen een stootje kunnen. Kinderen hebben de neiging speelmeubels anders gebruiken dan bedoeld. Kinderen moeten iets te ontdekken hebben. Het mag geen snel slijtend oppervlak of kleinere afbreekbare onderdelen hebben; kinderen knoeien en klimmen immers op het meubel. Het meubel moet hiervoor gemakkelijk schoon te maken zijn

(Fig 5) Axi speelhuisje, basis voor de scenario's

2.2.4 Scenario's

Er is veel informatie verzameld over het speelgedrag van kinderen. Om deze informatie concreter te maken zijn er gebruiksscenario's gemaakt. Om de mogelijke levensloop van een speelmeubel weer te geven, is voor de vier gemaakte scenario's hetzelfde speelhuisje gebruikt **(figuur 5)** met dezelfde hoofdpersonen: Pieter en Eline. Elk van de vier scenario's gebruikt een ander leeftijd voor de hoofdpersonen en laat zo verschillend gebruik zien. De scenario's zijn te vinden in **bijlage C**.

Uit de scenario's zijn een aantal dingen naar voren gekomen. Ouders spelen een belangrijke rol voor jonge kinderen. Ze moeten hun kinderen kunnen controleren, waarvoor ze visie en toegang nodig hebben. Een speelhuisje geeft toegang tot alle soorten speelgedrag. Voor de vormgeving betekent dit een neutrale vormgeving die opties open houdt. Kinderen spelen er in, omheen of op. Onbedoeld gebruik komt voor, waardoor stevigheid of schoonmaakbaarheid belangrijk zijn. Door de jaren heen veranderen de afmetingen en speelstijl van de kinderen. Hierbij is aanpasbaarheid of uitbreidbaarheid van het speelmeubel belangrijk.

2.2.5 Conclusie

Met het onderzoek dat gedaan is naar het speelgedrag van kinderen is in dit hoofdstuk een helder beeld neergezet. De verschillende soorten speelgedrag zijn beschreven, maar ook de manier waarop de verschillende leeftijden met dit speelgedrag omgaan. Er is een breed scala aan mogelijkheden binnen het spel van kinderen. Het speelmeubel moet proberen zo veel mogelijk van deze soorten spel te faciliteren, voor zo veel mogelijk leeftijden. Er is ook er een interview gehouden met de buitenschoolse opvang Dak kindercentra. Zijn bevestigingen veel conclusies die getrokken zijn uit de onderzoeken. Aan de hand van de gegevens zijn gebruiksscenario's opgesteld, waarmee werd gekeken hoe speelmeubelen gebruikt kunnen worden. Hierdoor werd het gedane onderzoek aan elkaar verbonden en is het beeld concreter geworden.

2.3.1 De Toestellen Markt

Op de huidige markt zijn al veel speeltoestellen en -meubels die op hun manier de kinderen proberen te vermaken. Door middel van een marktanalyse zijn vele verschillen tussen deze objecten bekeken en de eventuele voor- en nadelen afgewogen.

Kindermeubilair is meubilair specifiek voor kinderen: de afmetingen, vorm (figuur 6), kleuren of plaatjes zijn voor kinderen. Bij plaatjes zijn herkenbare dingen, zoals Disney figuren, belangrijk om de aandacht te trekken. Sommig kindermeubilair heeft alleen nut binnen het spel van kinderen, zoals kinderkeukens (figuur 7). Deze meubels bevorderen dramatisch speelgedrag, maar zijn slechts interessant voor een kleine leeftijdsgroep.

Speelwanden en speeltafels zijn interactieve delen aan een muur of tafel. Ze geven kinderen cognitieve of constructieve uitdagingen door puzzels (figuur 8) of bouwblokken (figuur 9). Ze zijn maar kort leuk, waardoor ze alleen in openbare ruimtes worden gebruikt, waar de kinderen er maar kort interactie mee hebben. Een ander soort speeltafel is een sporttafel, zoals een pingpongtafel (figuur 10). Deze zijn vooral voor oudere kinderen interessant, die hun motoriek onder controle hebben. Ze verliezen sneller de interesse van jonge kinderen.

Speeltoestellen worden vaak op publieke speelplaatsen gevonden. Actief speelgedrag wordt voornamelijk gestimuleerd door het toevoegen van allerlei obstakels (figuur 11). Er kan op diverse manieren mee gespeeld worden en blijft lang interessant. Speeltoestellen kunnen ook speelhuisjes bevatten (figuur 12). Speelhuisjes worden zowel privé als publiek gebruikt om op te klimmen of in te spelen. Ze liggen het dichtst bij het speelmeubel dat ontworpen wordt voor het project, en geven dan ook veel mogelijkheden: actief en dramatisch speelgedrag, maar ook een plek voor kinderen om alleen te zijn.

(Fig 6) Boot Bed

(Fig 7) Kinderkeuken

(Fig 8) Kralenwand

(Fig 9) Lego Bouwtafel

(Fig 10) Pingpong Tafel

(Fig 11) Klimnet

(Fig 12) Standaard speelhuisje

2.3.2 De Speelgoed Markt

Om te kijken hoe een brede doelgroep kan worden aangesproken is hun speelgoed bestudeerd. Hierbij is het speelgoed in verschillende categorieën verdeeld. De analyse geeft aan wat de verschillende soorten speelgoed te bieden hebben, met eventuele voor- en nadelen.

De twee bekendste voorbeelden van constructief speelgoed zijn blokken **(figuur 13)** en Lego **(figuur 14)**, maar er is meer zoals Knex of domino stenen. Dit speelgoed heeft de breedste doelgroep. Dit komt door de vrijheid die het biedt. Hierdoor zijn beide geslachten geïnteresseerd in constructief speelgoed, al spelen jongens er vaker mee dan meisjes, voornamelijk omdat het spel vaak weinig sociaal is.

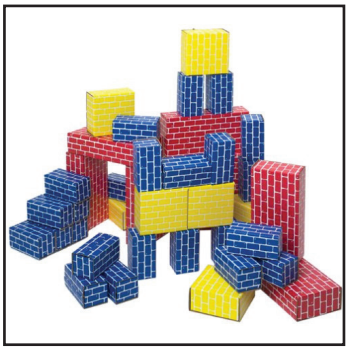
Dramatisch speelgoed bestaat voornamelijk uit props, zoals verkleedkleren **(figuur 15)** of nep-gebruiksvoorwerpen **(figuur 16)**. Props zijn hierbij in het spel niet altijd wat ze in de realiteit zijn[5]. Dit speelgoed is niet nodig om dramatisch speelgedrag mogelijk te maken.

Miniatuur speelgoed ligt tussen constructief en dramatisch speelgoed in. Kinderen hebben controle over meerdere personages en hun omgeving en maken samen met anderen het verhaal. Voor jongens komt dit meestal neer op auto's, ridders of soldaten **(figuur 17)** met conflict in het spel. Bij meisjes komt het vaak neer op sociaal spel met poppen in een huisje of boerderij **(figuur 18)**. Na de onderbouw wordt het vaak als kinderachtig gezien.

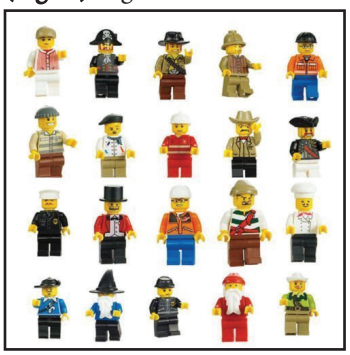
Creatief speelgoed komt vaak neer op de dingen die door kinderen gebruikt worden in creatief speelgedrag, zoals krijt, potloden of strijkkralen **(figuur 19)**. Jongens en meisjes demonstreren in gelijke mate creatief speelgedrag, dat naarmate ze ouder worden minder wordt. Toch is het speelgoed voor veel leeftijden interessant. Zij die er mee doorgaan doen dit vaak in één richting, zoals kleien óf tekenen.

Cognitief speelgoed bestaat uit boeken, spelletjes en muziekinstrumenten die cognitieve vaardigheden bevorderen. Het verschil tussen de leeftijdsgroepen zit in het niveau van de objecten. Boeken worden lastiger, spelletjes uitdagender en instrumenten groter of ingewikkelder. Het nadeel is dat het door een vast aantal personen gebruikt kan worden (boeken door één kind, spelletjes juist met meerdere).

(Fig 13) Blokken



(Fig 14) Lego



(Fig 15) Verkleedkleren

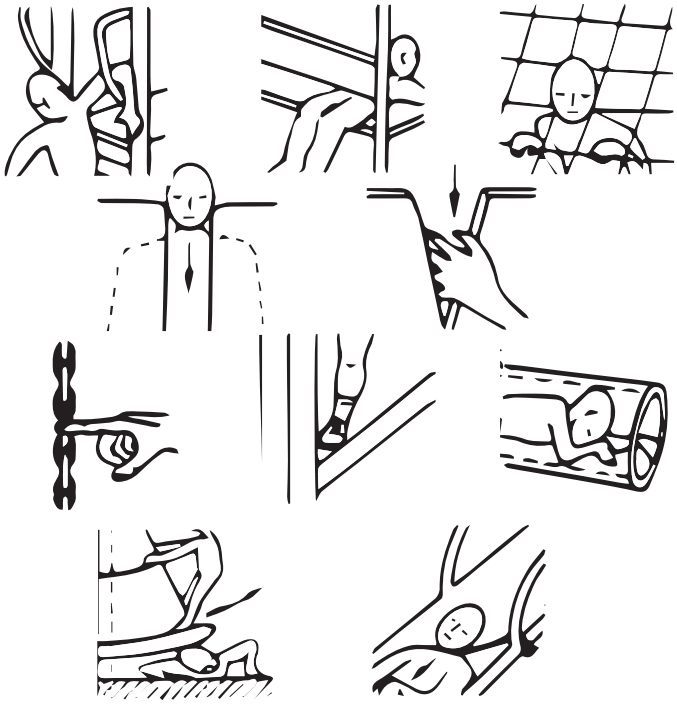
(Fig 16) Speelgoed Telefoon

(Fig 17) Speelgoed Soldaten

(Fig 18) Poppenhuis

(Fig 19) Strijkkralen

(Fig 20) Beknelling van ledematen



2.3.3 Interview Pragma International Trading

Voor meer informatie over het ontwerpen van speelhuisjes, vooral duurzaamheid en ontwerp voor kinderen, is een interview afgelegd met Pragma International Trading. Zij willen speelgoed ontwikkelen dat goed is voor kinderen en het milieu. Tijdens het interview zijn hun methodes hiervoor besproken. Zie **bijlage D** voor het gehele interview.

Pragma vertelde dat klanten geen extra geld over hebben voor duurzaamheid en de overheid hier geen subsidie voor verstrekt. De prijs is hierdoor erg belangrijk. Soms kunnen prijs en duurzaamheid wel samen gaan. Cradle to Cradle maakt het mogelijk materialen te hergebruiken, wat ook goedkoper is dan nieuwe materialen. In het interview werd ecoboard genoemd, een volledige gerecycled en recyclebaar materiaal. Het Lean & Green principe is een andere duurzame methode, waarbij alles on demand geproduceerd en opslagruimte bespaard wordt.

Kinderen en hun ouders zijn ook besproken. Beide kunnen irrationele dingen doen of wensen. Voor de kinderen zijn daardoor over de jaren regels en richtlijnen opgesteld voor speelgoed en speeltoestellen. Pragma maakt daarvoor gebruik van de Europese normering EN 71, speciaal gericht op speelgoed in privé gebruik. Hiernaast wil Pragma een grote groep kinderen bereiken door een modulair speelhuisje te bouwen. Zo groeit het speelhuisje mee met de kinderen en blijft het interessant.

2.3.4 Regels, voorschriften en afmetingen

Er bestaan regels en voorschriften voor het ontwerpen van speeltoestellen. Hier is nader naar gekeken om een idee te krijgen wat belangrijk is bij het ontwerpen. Hiervoor zijn de Europese handleiding voor het ontwerpen van speelgoed[7] en de Nederlandse handleiding voor het ontwerpen van speelterreinen[8] gebruikt.

Bij deze regels richt de aandacht zich voornamelijk bij de afmetingen van de onderdelen. Kritieke punten bij speeltoestellen zijn beknelling van de ledematen en bezering door vallen **(figuur 20)**. De kans hierop wordt geminimaliseerd door de regels van de genoemde handleidingen. De meeste regelgeving is specifiek gericht op bepaalde toestellen, en wordt ook alleen gebruikt als het relevant is voor het speelmeubel.

De afmetingen van speeltoestellen zijn belangrijk voor de veiligheid. Deze afmetingen zijn afhankelijk van de doelgroep, kinderen van 3 tot 12 jaar oud. Stevigheid is ook een belangrijk onderdeel van veiligheid, waarbij het gewicht van het kind centraal staat. Voor deze gegevens zijn de BMI-grafieken van het Amerikaanse National Center for Health Statistics gebruikt, vindbaar in **bijlage E**. Deze gegevens geven inzage in de krachten en afmetingen waar mee gehouden moet worden.

2.3.5 Conclusie

Er zijn veel mogelijke soorten speelmeubels en speelgoed bestudeerd in dit hoofdstuk. Opvallend zijn de overeenkomsten tussen het ontwerp van deze objecten en de eerder onderzochte manieren waarop kinderen spelen. Er is een duidelijker beeld geschapen met de mogelijkheden om de speelmanieren te bevorderen en de potentiële nadelen bij elk van deze manieren. Door het interview met Pragma International Trading zijn andere belangrijke zaken aan het licht gekomen, zoals de productie, het vervoer en de veiligheid van een speelmeubel. Er is hierdoor nader gekeken naar de regels omtrent veiligheid, waarmee bij het ontwerpen van speeltoestellen rekening gehouden moet worden.

2.4.1 Principes van Lichtgewicht

Objecten die we maken ontstaan uit een proces dat een materiaal in een bruikbare vorm verandert. Het proces, het materiaal en de vorm zijn samen de drie-eenheid van technologie[1]. Dit idee staat ook centraal bij lichtgewicht construeren; een vlieger is niet uit beton gehouwen. De drie-eenheid leert dat lichtheid behaald wordt door een combinatie van de drie elementen, maar niet noodzakelijk elk element apart. Aluminium heeft een hoge dichtheid, maar wordt toch gebruikt voor vliegtuigen. Andere eigenschappen zorgen ervoor dat het materiaal ideaal is om het vliegtuig te laten vliegen. Veel ontwikkelingen binnen de onderdelen van deze drie-eenheid zijn al eeuwen bezig. Zes belangrijke principes kunnen gecombineerd worden met de drie-eenheid voor het ontwerpen van lichtgewicht constructies[9]:

1. Vermijd de concentratie van krachten in constructiedelen.
2. Trek kan belasting beter opvangen dan druk, als het materiaal daar goed in is.
3. Kies de materialen op 'hun expertise'. Lamineer en componeer.
4. Vang de krachten op waar nodig.
5. Gebruik systematiek, ordening en hiërarchie voor beter resultaat.
6. Simpele en flexibele productie is goedkoper zonder mallen.

2.4.2 het Zware Verleden van Construeren

Nu de algemene principes en de drie-eenheid van lichtgewicht construeren zijn gedefinieerd, kan er gekeken worden naar de manier waarop deze ideeën in het verleden zijn toegepast. Met de simpele methoden die toen ter beschikking waren werden complexe problemen opgelost. De principes en structuren kunnen nog goed gebruikt worden bij lichtheid. Hieruit kan gekeken worden naar de mogelijke toepassingen van die manieren op het huidige probleem. Op de volgende drie pagina's staan toepassingen nader beschreven

(Fig 21) Overkoepeling gemaakt met geraamte-bouw

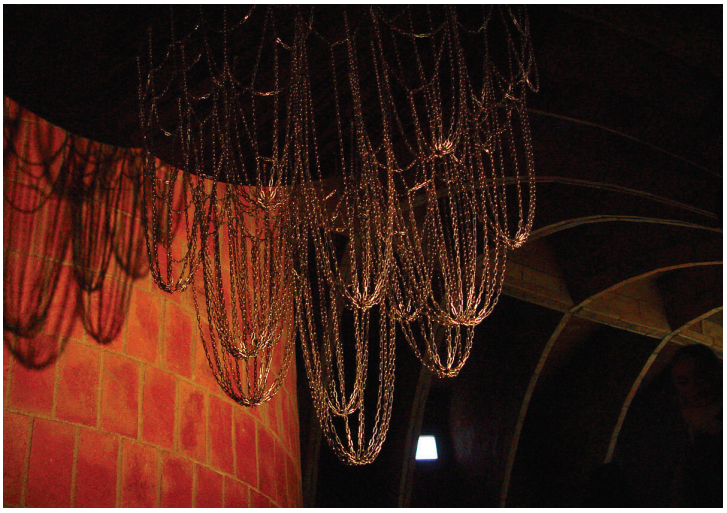
Vroeger leefden veel volkeren een nomadisch bestaan. Zij moesten veel reizen, waardoor lichte bezittingen belangrijk waren. De eerste tenten stammen uit deze tijd. Ze licht zijn en kunnen uit elkaar worden gehaald[10]. Een tent uit die tijd bestond uit niets meer dan een geraamte met een doek of huid er overheen. Geraamtes vangen nog steeds bij veel constructies het grootste deel van de krachten op (figuur 21), omdat deze dan beter weggeleid worden. De toepassing wordt niet alleen bij bouwwerken gebruikt, maar ook bij andere constructies, zoals auto's. Het is immers gemakkelijk op te bouwen en kost minder materialen dan andere constructies.

(Fig 22) Egyptische tekeningen van composiet bogen

Composieten zijn gecomineerde materialen. Een goed composiet neemt de goede eigenschappen van beide materialen over, waardoor het een verbetering is ten opzichte van de individuele materialen. De eerste producten waarbij composieten werden toegepast zijn de composiet bogen (figuur 22). Deze werden vroeger van hout, bot en pees gemaakt. Bot nam drukkrachten

op, hout buigkrachten en de pees trekkrachten. Koolstofvezel is tegenwoordig een composiet dat wordt geprezen om zijn eigenschappen. De koolstofvezels kunnen trekkrachten opnemen, de hars ertussen nemen de drukkrachten op. Hierdoor is het een stevig en toch licht materiaal.

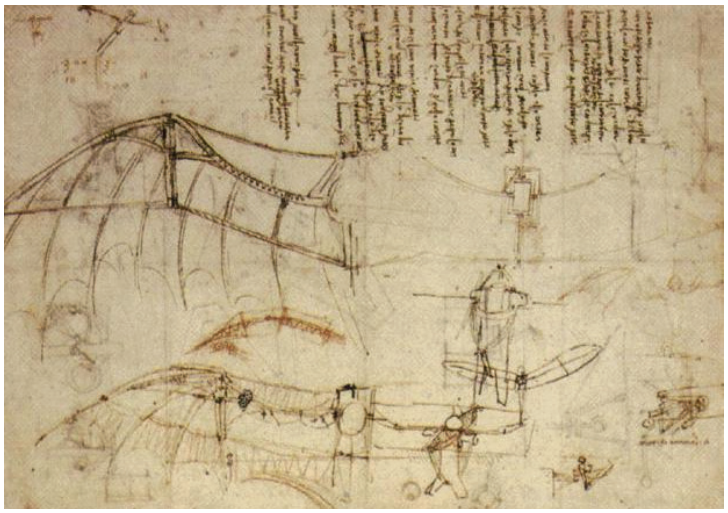
(Fig 23) Hangende constructie van Gaudí voor kettinglijn



De vroeger gebruikte geraamtes zijn vervangen na het nomadische bestaan. Woningen hoefden niet meer meegenomen te worden en opgestapelde stenen gaven meer stevigheid. Bij grotere constructies als bruggen bleef het gewicht nog wel van belang, omdat deze bouwwerken niet onder hun eigen gewicht mochten instorten. De structuur werd hiervoor verbeterd door (lucht)bogen, die de krachten van het gebouw goed naar de grond geleiden. Kettinglijnen zijn hiervoor een ideale vorm voor bogen. Deze kan men vinden door gewichtjes aan touwtjes te maken, waarbij de zwaartekracht de drukkrachten van het gebouw moest nabootsten. Zo werd onder andere de cathedraal van Barcelona ontworpen (figuur 23).

Driehoeken, of een veelvoud daarvan zoals zeshoeken, zijn een ander voorbeeld van efficiënte constructies. Deze vormen zijn in de natuur terug te vinden, zoals bij de structuur van een honingraat. De zeshoek is in het twee dimensionale vlak de meest efficiënte structuur, maar met de derde dimensie erbij is dat een veertienhoek. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in schuim.

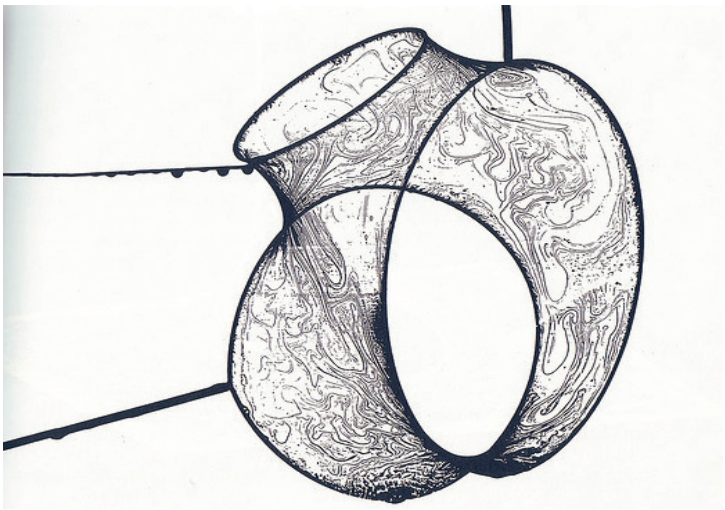
(Fig 24) De vliegmachine van Leonardo da Vinci



Ontwerpers worden vaak beïnvloed door de natuur. Leonardo da Vinci werd geïnspireerd door de vleugels van vleermuizen, en ontwierp naar aanleiding daarvan zijn vliegmachines (figuur 24). Deze ontwerpstrategie heet biomimetica. Dit is een manier om de natuur te imiteren om zo toepassingen te vinden of te verbeteren. Het heeft invloed op zowel vormals materiaal. De Mercedes-Benz Bionic is dankzij biomemetica geïntroduceerd. Dit is een auto gebaseerd op de koffervis (figuur 25). Door zijn vorm en structuur heeft de auto een lage wrijvingscoëfficiënt, die in combinatie met zijn lichte gewicht zorgde voor een zuinigere auto.

(Fig 25) Mercedes-Benz Bionic, gebaseerd op een koffervis

(Fig 26) Ideale vorm in een frame door zeepbellen

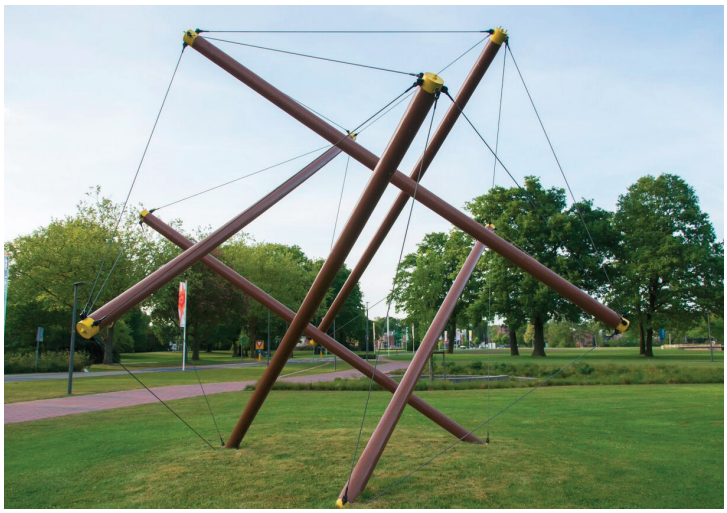


Bruggen op trekspanning ontstonden in Zuid-Amerika, gebouwd van touw. Dit waren instabiele bruggen, geschikt voor een klein aantal personen. Later pas zijn grote bruggen ondersteund door trekspanning, bijvoorbeeld bij ophaalbruggen. In de 19e eeuw kwam er een doorbraak door stalen kabels. Hierdoor werd trekspanning belangrijk voor de spanwijdte van bruggen.

Trekspanning kan ook gebruikt worden in textiel. F. Otten focuste zich als eerste op vrije vormen, bepaald met behulp van zeepbellen[11]. Een gesloten frame wordt in de zeep gedompeld, waarna de zeep het minimale benodigde oppervlakte aanneemt om het frame te vullen **(figuur 26)**. Deze vormen zijn ideaal om trekkrachten op zich te nemen door de eigenschappen van zepen zijn efficiënt in materiaalgebruik en energiekosten **(figuur 27)**.

(Fig 27) Toepassing van trekspanningen in textiel

(Fig 28) Tensegrity structuur op de Universiteit



R.B. Fuller was een voorloper op lichtgewicht bouwen. Hij heeft het “Dymaxion house” ontworpen; een poging om maximaal resultaat te halen uit minimale hoeveelheden energie en materiaal. Het huis is 12 meter hoog en 15 meter breed, maar weegt slechts 2720 kilo, met interieur. Fuller ontwikkelde ook het idee voor “Dymaxion Transport”: een auto met drie wielen. Deze auto voor maximaal 11 personen haalde 150 kilometer per uur met een verbruik van slechts 6,25 liter per 100 kilometer.

Fuller ondervond dat trek- en drukkrachten te weinig in harmonie gebruikt werden, maar dat gebouwen vooral gebaseerd zijn op het laatste. Hij ontwikkelde een constructie die beide krachten optimaal zou benutten: samendrukking in korten staven en trekspanningen in kabels. Deze combinatie van Tension en Intergrity werd “Tensegrity” genoemd **(figuur 28)**.

Ondanks veel vondsten op het gebied van construeren, is het enige succes dat Fuller uiteindelijk kreeg de geodetische koepel. Dit is een bolvormige constructie die zichzelf draagt. Door de structuur wordt materiaal bespaard en geeft het veel ruimte. Voor de opbouw van de koepel kan zowel hout als staal worden gebruikt, waarbij het eerste het voordeel heeft dat het eigen gewicht lager is. De stangen die de koepel vormen zijn met elkaar verbonden door naven, die de stangen verbinden zoals spaken een wiel.

(Fig 29) Gebouwen van karton door Shigeru Ban

Karton is stevig door meerdere lagen (versnipperd) papier. Het werd oorspronkelijk als verpakkingsmateriaal gebruikt, maar is sindsdien veel verbeterd. Het kan tot 100% uit gerecycled materiaal gemaakt worden en 1 tot 7 keer worden hergebruikt[12]. Dit maakt het materiaal duurzaam. Het is een licht en flexibel en biedt toch stevigheid. Hierdoor proberen mensen er meubels of zelfs gebouwen van te maken **(figuur 29)**. Karton kan op verschillende manieren bewerkt en gemaakt worden, waardoor het veel mogelijkheden biedt.

2.4.3 Conclusie

Door de eeuwen heen is er op veel verschillende manieren gebruik gemaakt van toepassingen van het lichtgewicht construeren. Geraamte-bouw, structuren, composieten, trekspanning-bouw, biomimetica, karton, tensegrity en dymaxion zijn relevante voorbeelden voor het ontwerpen van (speel)meubels. Met de zes principes achter deze methodes moet tijdens het ontwerpproces rekening gehouden worden. De twee manieren om materiaal te besparen zijn efficiënte structuren of efficiëntere materialen te kiezen. Om lichtgewicht te construeren moet er tijdens de ontwerpfase gestreefd worden deze te optimaliseren.

2.5 Programma van Eisen en Wensen

Tijdens de analyses zijn conclusies getrokken over de eisen die door verschillende partijen aan het speelmeubel worden gesteld. De belangrijkste eisen zijn beknopt samengevoegd met een beschrijving waarom deze belangrijk zijn voor de speelmeubel (figuur 30).

Eisen vanuit de opdrachtgever (DRS22)	1 Kan binnen het concept van de lichtgewicht woning geplaatst worden.
	2 Kinderen van de 3 - 12 jaar kunnen zich vermaken met het meubel.
	3 Minimaal 8 jaar meegaan onder normaal gebruik.
	4 Een volwassene óf twee kinderen kunnen het speelmeubel verplaatsen.
	5 De prijs is maximaal 1000 euro.
	6 De maximale hoogte is 2,70 meter.
Eisen vanuit de primaire doelgroep (kinderen)	7 Kan door één kind gebruikt worden.
	8 Kan door meerdere kinderen gebruikt worden.
	9 Daagt uit tot actief speelgedrag, met name klimmen.
Eisen vanuit de secundaire doelgroep (ouders)	10 Één persoon kan de speelmeubel in elkaar zetten.
	11 Het kind is altijd zichtbaar van buiten.
	12 Het kind moet in elk geval bereikbaar zijn voor volwassenen.
	13 Kan vervoerd worden in een auto.
Eisen vanuit de veiligheid (certificering)	14 Bevat geen afbreekbare onderdelen.
	15 Bevat geen uitstekende onderdelen.
	16 Mag geen giftige stoffen voor de kinderen bevatten.
	17 Voorkomt beknelling lichaamsonderdelen van kinderen.
	18 Verbrandt niet bij directe blootstelling aan potentiële vuurhaarden.
Wensen	Buiten te gebruiken.
	De vorm van de speelmeubel is bewerkbaar.
	Makkelijk recyclebaar óf bestaat uit gerecycled materiaal.
	Makkelijk schoon te maken óf hoeft niet schoongemaakt te worden.
	Er is mogelijkheid tot uitbreiding.
	Daagt uit tot dramatisch speelgedrag, met name als omgeving.
	Daagt uit tot creatief speelgedrag, met name tekenen of schilderen.
	Daagt uit tot constructief speelgedrag.

(Fig 30) Programma van Eisen en Wensen

3. IDEEËN

Het programma van eisen vat de resultaten uit de analyses samen in een aantal belangrijke punten. Deze resultaten worden verwerkt in de idee generatie. Dit hoofdstuk beschrijft hoe de ideeën tot stand zijn gekomen en wat ze geworden zijn. De ideeën zijn breed gebleven om alle opties open te houden. Ze worden in drie categorieën verdeeld, waarna voor de categorieën de beste opties zijn opgesteld. Hierdoor kan een gegronde beslissing worden gemaakt over de concept keuze.

3.1 Indeling in Categorieën

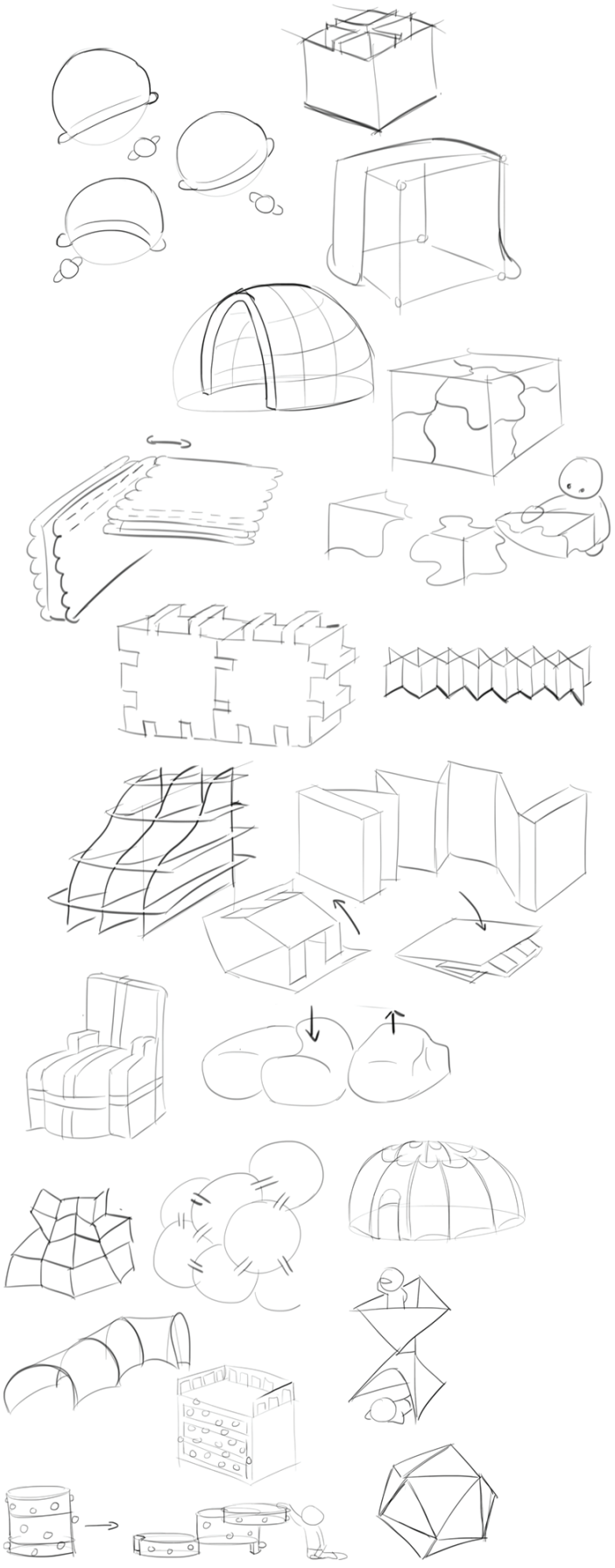
Er zijn meerdere opties voor lichtgewicht speelmeubels onderzocht in de analyse fase. Om een goed beeld te krijgen van de mogelijke richtingen voor de ideeën, is er bij de idee generatie een mind-map gemaakt van alle uitgezochte mogelijkheden en ontwerprichtingen, zie **bijlage F**. Hierdoor zijn de ideeën breed gebleven, waarbij de focus op speelgedrag, lichtgewicht en vormgeving is. Hiervoor is een combinatie van schetsen en modelletjes **(figuur 31)** gebruikt. Tijdens het schetsen en modelleren waren er drie categorieën waarin de verschillende ontwerpen passen: ideeën vanuit constructie, speelgedrag of vormgeving.

Tijdens de analyse van speelgedrag is het belang van constructieve speelgedrag naar voren gekomen. Dit speelgedrag is dynamisch en vrij, waardoor het over de gehele basisschool interessant blijft; lego is hier een goed voorbeeld van. Om deze eigenschappen te benutten geven ideeën uit de categorie “speelgedrag” de mogelijkheid al spelend je eigen meubels te maken. Dit is gedaan door verschillende bouwstenen en verbindingen die een bouwwerk kunnen vormen. Hierdoor focussen mogelijke concepten zich voornamelijk op constructief en creatief spel. De verschillen tussen de ideeën zitten in de vormgeving en verbindingsmethoden van de bouwstenen.

Een andere belangrijke insteek voor het ontwerpen van het speelmeubel is constructie bij het interieur van een huis. Een groot deel van de analyse onderzocht lichte structuren en materialen. De ideeën die hier op zijn gebaseerd vormen de categorie “constructie”, waarbij verschillende ideeën zijn gebaseerd op verschillende structuren en materialen. Materiaalbesparing is niet gerelateerd met speelgedrag van kinderen, waardoor veel van de ideeën geen spel zullen uitlokken. De ideeën werken bij een gecontroleerde omgeving, maar worden onveilig en instabiel bij onbedoeld gedrag.

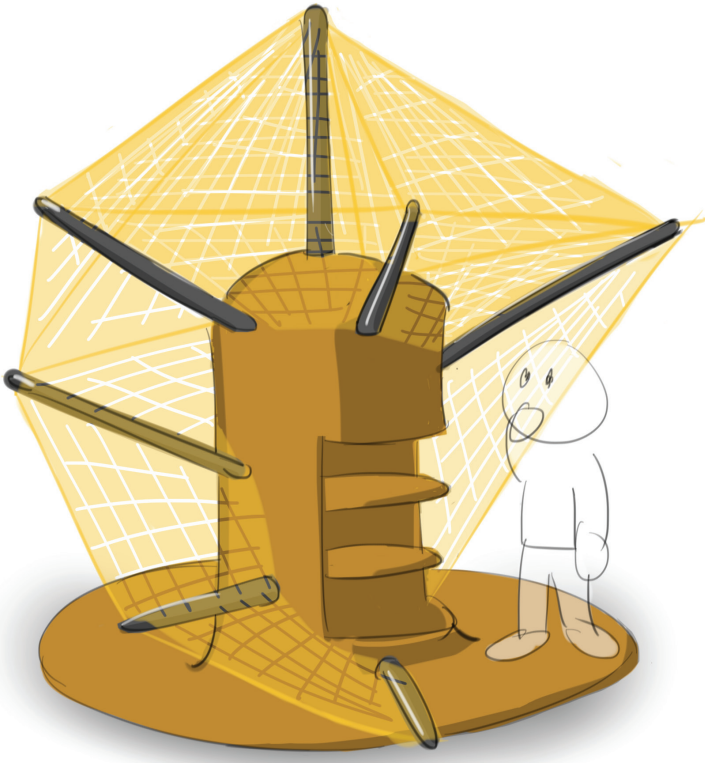
Ideeën van de categorie “vormgeving” focussen op een vorm die uitlokt tot zowel actief als dramatisch spel. Dit is gebaseerd op de functie van standaard speelhuisjes, die uitlokken tot verschillende gedragingen zoals klimmen of vadertje en moedertje spelen. Hierdoor blijft het interessant voor een brede leeftijdsgroep. De bedachte ideeën verschillen in vorm en functie, die elkaar aanvullen. Vorm lokt immers uit tot interactie, als een boom die uitlokt tot klimmen. Ideeën in de categorie hebben door hun vorm meerdere functionaliteiten. De verschillen tussen de ideeën zitten in deze vorm of functionaliteiten.

(Fig 31) Compilatie van schetsen



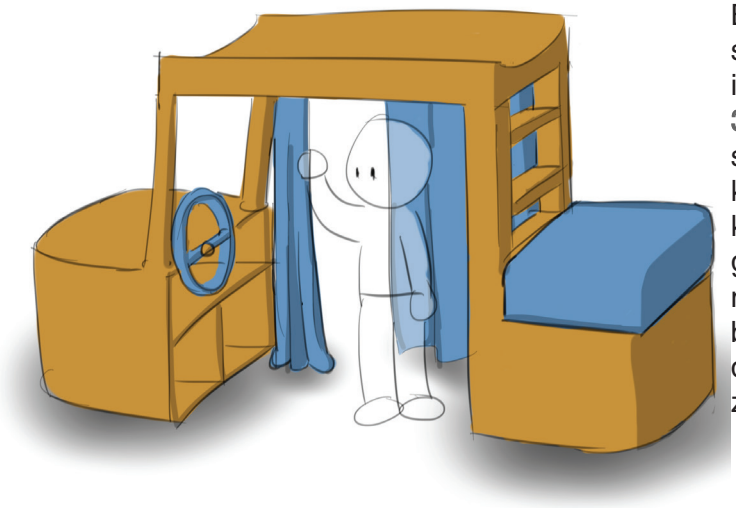
3.2.1 Klimboom

(Fig 32) Klimboom



Kinderen triggeren actief of constructief te spelen is lastig door hun brede hoeveelheid interesses. Jonge kinderen intrigeren met een speelmeubel betekent niet dat hetzelfde speelmeubel oudere kinderen ook interesseert. Om deze reden is er rekening gehouden met verschillend gebruik. Het eerste idee is een klimboom (figuur 32). Bomen worden door kinderen vaak gebruikt als klimplaats, vooral als een boom zich daar goed voor leent. Het idee van een klimboom speelmeubel bouwt verder op dit idee, door een veilige klimboom voor binnen te maken. De takken zijn met netten verbonden, waarmee de constructie zichzelf en de kinderen draagt. Op jongere leeftijd wordt de boom gebruikt om in te spelen, op oudere leeftijd om in te relaxen. Door de spanwijdte van de takken moet de basis van de boom breed worden, anders valt hij om. De stam van de klimboom kan gebruikt worden om speelgoed in op te slaan. Hierdoor krijgt de boom een extra functie.

(Fig 33) Speelauto Meubel



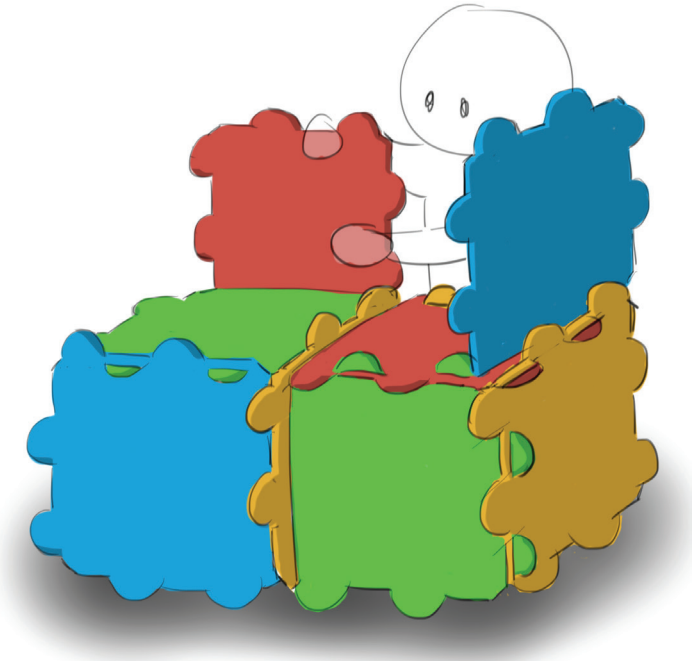
3.2.2 Speelauto Meubel

Bij dit idee is er vooral rekening gehouden met het speelgedrag van jongere kinderen. Het speelmeubel is een herkenbaar product, een speelauto (figuur 33), dat naast actief speelgedrag ook dramatisch speelgedrag uitlokt. Het gordijn zorgt ervoor dat kinderen zichzelf gedeeltelijk van de buitenwereld kunnen afsluiten en in privé spelen. Vanaf 7 jaar geven kinderen minder om de vormgeving van het meubel, en zal deze geen functie meer hebben binnen hun spel. Door de simpele vormgeving van de speelauto worden de individuele onderdelen als zitplek of opslagplaats gebruikt.

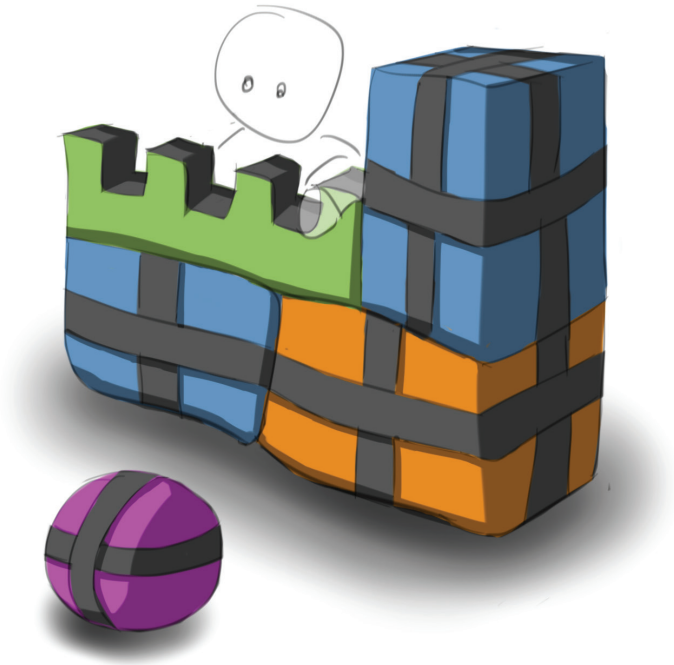
3.2.3 Planken met lock-in verbinding

Een andere benadering is het gebruik van platen als constructiemateriaal (figuur 34). Met de platen kan dan een eigen vorm gemaakt worden, al is deze afhankelijk van de gebruikte aansluitingsmethode. In dit geval wordt er gebruik gemaakt van spleten in platen waar de kinderen andere platen in schuiven. Hierdoor staan verbonden platen altijd in een hoek van 90 graden van elkaar en blijven vormen beperkt. De platen moeten stevig zijn om het gewicht van de kinderen te houden, omdat er op geklommen kan worden. Stevige platen geven ook stevigheid aan de verbindingen. Om stevigheid te behouden moet de beweegruimte van de spleten klein zijn, maar dat is lastiger voor de kinderen om te gebruiken. Dit levert het gevaar op dat de planken niet goed worden verbonden en de constructie instabiel wordt.

(Fig 34) Platen met lock-in



(Fig 35) Stof met klittenband



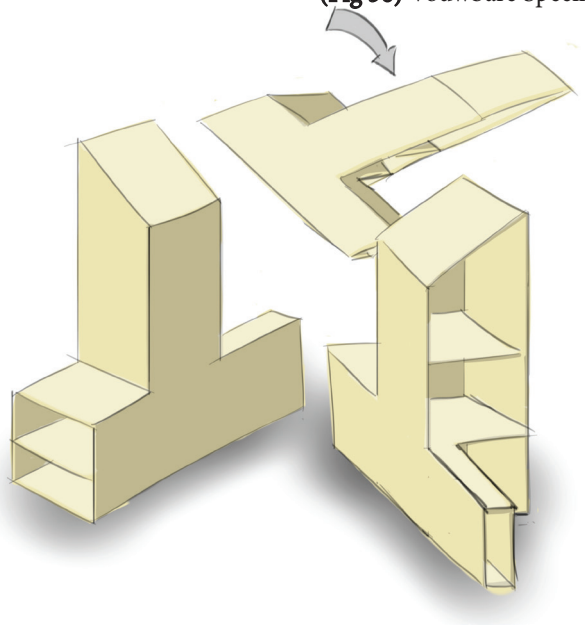
3.2.4 Stof met klittenband

Constructie is een belangrijke speelvorm voor kinderen, omdat het een vrije speelvorm is. Dit concept probeert deze vrijheid te optimaliseren. Het bestaat uit blok-achtige vormen stof met zachte vulling (figuur 35). Deze kunnen kinderen naar wens aan elkaar vast maken door klittenband. Het klittenband van de ene stof zal aan andere stof kleven, waardoor de vormen aan elkaar vast blijven zitten. Hierdoor zijn er veel verschillende bouwwerken mogelijk. De vormen kunnen ook op zichzelf gebruikt worden: met een klittenband bal kan bijvoorbeeld ook gevoetbald worden. Klittenband blijft helaas ook aan andere dingen dan alleen de stoffen vormen zitten. Het eerder genoemde voetbal kan daardoor niet op sokken gespeeld worden of blijft het aan de grond plakken.

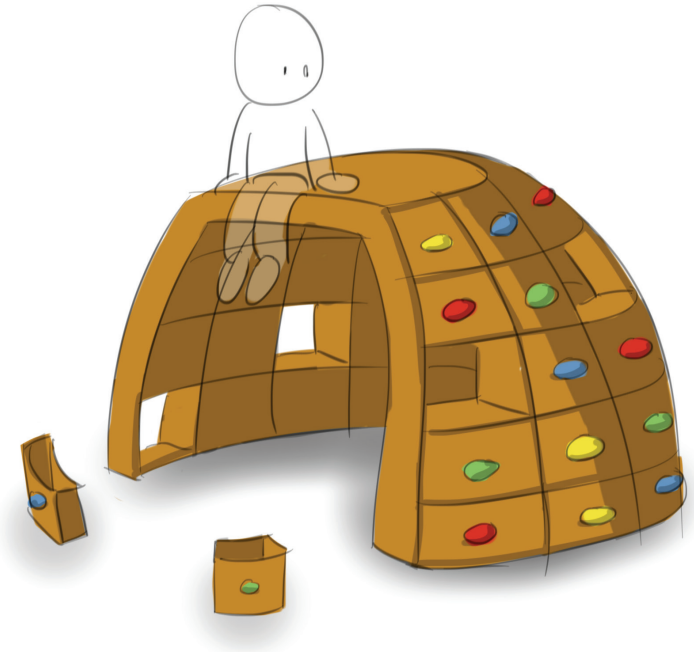
3.2.5 Vouwbare Speelkast

Bij de categorie Constructie vielen veel ideeën af doordat ze niet praktisch, niet veilig of niet leuk zijn. De vouwbare speelkast (figuur 36) is echter wel een mogelijkheid. Deze kast bestaat uit karton, waarbij uit grote platen het profiel voor de kast wordt gesneden. Hierna worden vouwranden toegepast, waardoor de hele constructie in één keer, of meerdere delen in meerdere keren, tot speelkast wordt gevouwen. Hierdoor is het licht en makkelijk verplaatsbaar. Door het fragiele materiaal en de vouwconstructie is het enkel bedoeld om spullen in te bewaren en op te zitten. Het vormt hierdoor weinig spelende interactie met de kinderen.

(Fig 36) Vouwbare Speelkast



(Fig 37) Klim Iglo



3.2.6 Klim Iglo

Een andere manier om een brede leeftijdsgroep aan te spreken is een neutraal gevormd meubel. Dit meubel kan dan uitgebouwd worden om kinderen van specifieke leeftijden aan te spreken. Bij dit idee is er gekozen voor een Klim Iglo (figuur 37). Dit is een speelmeubel met een afgeplatte halve bol als vorm. Hierdoor worden de krachten goed naar de grond geleid. Het frame is opgezet door in elkaar geschoven planken, waardoor vierhoekige gaten ontstaan in het meubel. Deze gaten worden opgevuld met laden, waar de kinderen speelgoed in kunnen bewaren. De laden hebben een dubbele functie, omdat hun handvatten ook gebruikt worden om op de iglo te klimmen. Jonge kinderen kunnen samen in en op de iglo spelen, oudere kinderen kunnen zich terugtrekken in de iglo om alleen te zijn. Het idee geeft veel vrijheid, omdat de gaten niet alleen gebruikte kunnen worden voor laden, maar ook voor andere voorwerpen. Hiermee kan een kind de iglo naar wens uitbreiden of veranderen.

3.3 Conclusie

Er moet een keuze gemaakt worden welke ideeën geschikt zijn als concept. De eisen waaraan niet voldaan wordt zijn per concept weergegeven in een tabel **(figuur 38)**. Hierbij zijn een aantal eisen dik gedrukt: deze eisen kunnen niet verholpen worden zonder de basis van het concept te veranderen. Een speelauto is bijvoorbeeld alleen voor jongere kinderen leuk, omdat oudere kinderen niet meer met auto's spelen. In overleg met de opdrachtgever is gekeken naar de dingen die elk idee te bieden heeft. De ideeën van de categorie "speelgedrag" zijn goed in het overbrengen van constructief speelgedrag, maar kunnen bij jongere kinderen voor gevaren zorgen: ze geven immers veel vrijheid. Ouders hebben hier geen toezicht op. De lock-in verbinding bezorgt per definitie uitstekende onderdelen. Een meubel bestaande uit bouwblokken brengt te veel nadelen met zich mee. De vouwbare speelkast zorgt, door zijn vouwbaarheid, voor instabiliteit en kans op beknelling.

De Klimboom en Klim Iglo zijn hierdoor de ideeën die als concepten uitgewerkt worden. Hun onvoldane eisen zijn te verhelpen. Bij de klimboom worden de eisen veroorzaakt door de enorme ruimte die hij inneemt. De focus bij dit concept ligt op het terugbrengen van zijn grootte. De Klim Iglo moet actief speelgedrag uitlokken en verplaatsbaar zijn, wil het aan de eisen voldoen.

Idee	Onvoldane Eisen
Klimboom	Een volwassene óf twee kinderen kunnen de speelmeubel verplaatsen
	Kan vervoerd worden in een auto
Speelauto	**Kinderen van 3-12 jaar kunnen zich vermaken met de meubel**
Planken met lock-in verbinding	**Het kind is altijd zichtbaar van buiten**
	Bevat geen uitstekende onderdelen
Stof met klittenband	Kan binnen het concept van de lichtgewicht woning geplaatst worden
	Het kind is altijd zichtbaar van buiten
	Daagt uit tot actief speelgedrag
Vouwbare Speelkast	**Voorkomt beknelling van lichaamsonderdelen van kinderen**
	Daagt uit tot actief speelgedrag
Klim Iglo	Het kind is altijd zichtbaar van buiten
	Een volwassene óf twee kinderen kunnen de speelmeubel verplaatsen

(Fig 38) Tabel met onvoldane eisen per idee. Vetgedrukte eisen zijn in strijd met de gedachte achter het idee

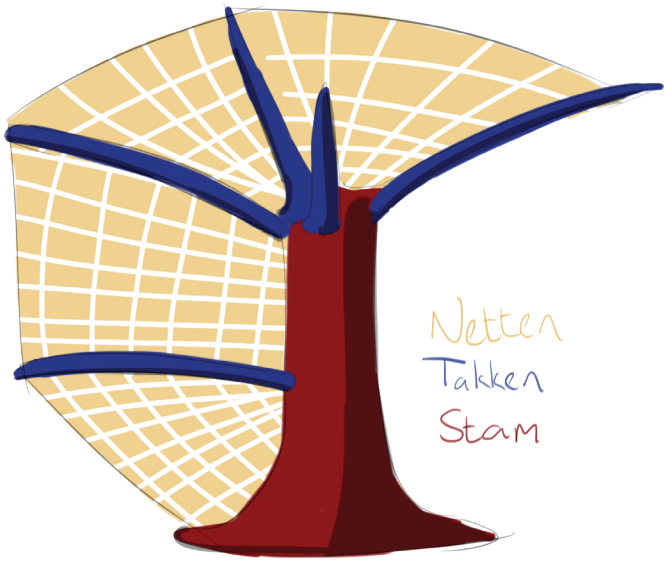
4. CONCEPTEN

De twee gekozen ideeën uit de ideefase worden verder uitgewerkt tot concept. Dit betekent dat de gedachte die achter deze ideeën schuilt wordt uitgebreid tot een ontwerp, waarvan het duidelijk moet zijn hoe alles werkt. Er moet een duidelijk beeld van beide concepten komen. Aan het einde van deze fase zal er, aan de hand van het programma van eisen, besloten worden welk van de concepten tot eindontwerp zal worden uitgewerkt.

4.1.1 Concept Klimboom

De gedachte bij de Klimboom is het uitlokken van speelgedrag door zijn vorm: een boom. Het concept bestaat uit drie delen: de stam, de takken en de netten **(figuur 39)**. De stam wordt gebruikt als de basis van de structuur. Hij leidt de drukkrachten naar de grond, waardoor de stam het steunvlak van de boom is, zodat hij niet omvalt wanneer kinderen aan de uiteinden van de takken zitten. De netten zijn het klimonderdeel, waar de kinderen kunnen spelen. Dit moet uitdagend zijn voor de kinderen, maar ook veilig blijven. Netten geven vrijheid bij het klimmen en voorkomen dat kinderen er doorheen vallen. De takken geven vorm aan de netten, zodat er op geklommen kan worden en het het geheel esthetisch beter uitziet.

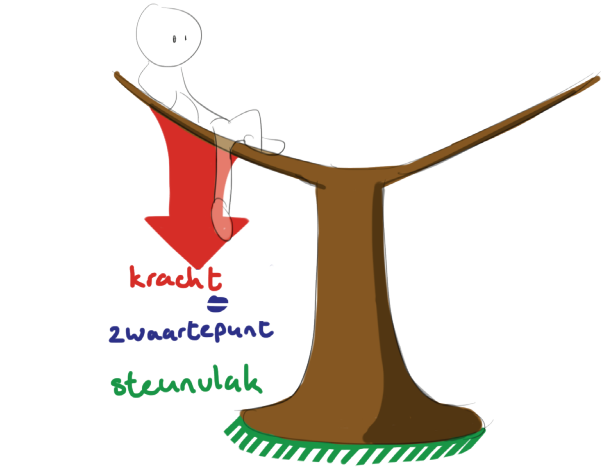
(Fig 39) Opbouw van de Klimboom

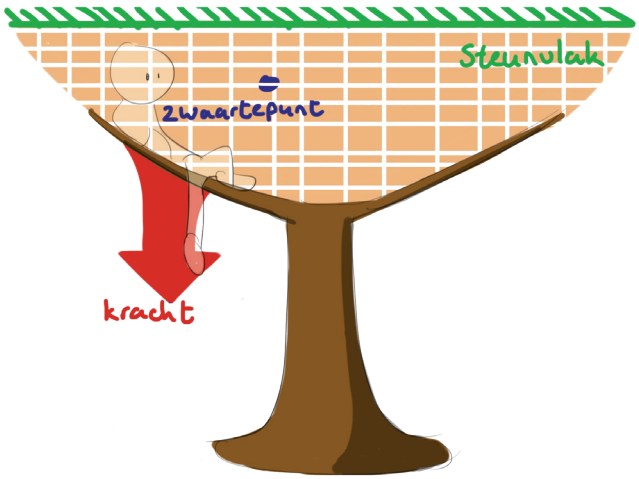


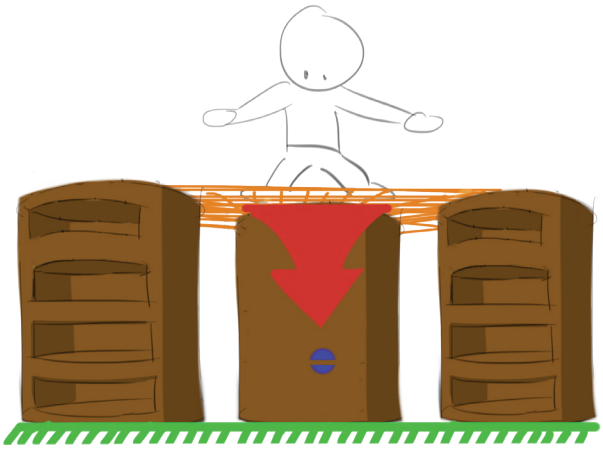
Voor het klimmen worden alleen de netten gebruikt. Er kan maar aan één kant geklommen worden, waardoor de andere kant gebruikt kan worden voor toevoegende functies. Ook de stam laat nog veel ruimte over voor bijkomende functies, bijvoorbeeld speel- of opbergplekken. Deze zijn nodig voor de jongere kinderen, aangezien een 3-jarige nog niet in de boom kan klimmen.

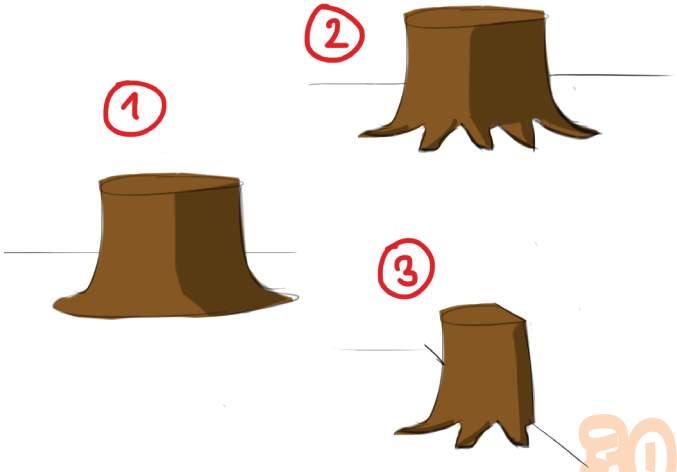
4.1.2 Ideeën voor Takken

Door de brede spanwijdte van de Klimboom is het mogelijk voor kinderen aan het uiteinde van de takken te zitten. Hierdoor zit het zwaartepunt niet boven het steunvlak, en heeft de Klimboom een kans om te vallen **(figuur 40)**. Dit wordt voorkomen met een breder steunpunt, maar hierdoor is de boom lastiger te verplaatsen. Er zijn drie mogelijkheden om dit probleem op te lossen:



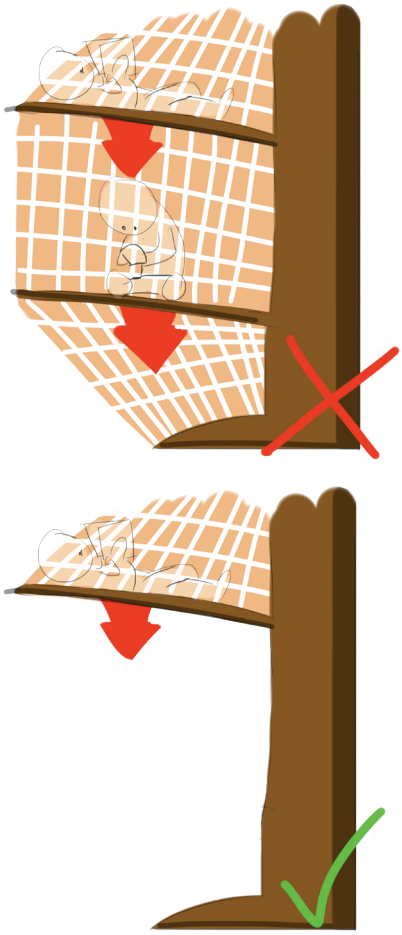






(Fig 40, 41, 42, 43) Zwaartepunten en steunvlakken

De netten ophangen aan het plafond is een mogelijkheid. De spanwijdte van de takken wordt het steunvlak, zodat het zwaartepunt zich niet meer op het steunvlak bevindt (figuur 41). Hierdoor is het klimmen belast op trekbelasting in plaats van drukbelasting; in de analyses was geconstateerd dat dit ook voordelig is voor materiaalbesparing. Hierbij komt er meer spanning op de netten te staan. Om deze te verminderen, dragen de netten elkaar niet meer (figuur 44 & 45).



(Fig 44 & 45) Het krachtenspel bij netten die elkaar wel of niet dragen

Een tweede mogelijkheid is het weghalen van de takken. De stammen zijn dan de enige klimbare onderdelen. Er kunnen in dit geval netten tussen individuele stammen gehangen worden (figuur 42), waarbij het zwaartepunt altijd tussen de stammen ligt. Deze oplossing neemt veel ruimte in beslag, zodat er weinig ruimte is voor andere meubelen.

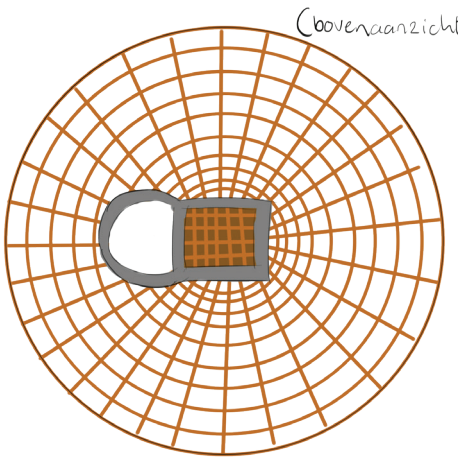
De derde oplossing is het huidige massieve steunvlak veranderen naar stangen. Hierbij kan er voor gekozen worden slechts een halve boom te ontwerpen (figuur 43) om nog meer ruimte te besparen. Deze oplossing is beter dan de anderen, omdat hij niet afhankelijk is van een stevig plafond, of veel beschikbare ruimte.

4.1.3 Het Klimmen

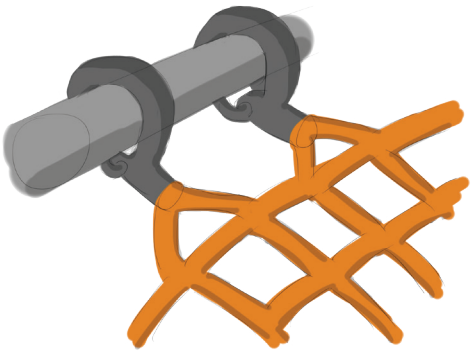
Nu de boom gehalveerd is worden de netten niet meer rondom de boom gespannen. De stam zelf wordt dan gebruikt om de boom te beklimmen, omdat deze de drukkrachten goed kan opnemen. Hierdoor wordt het iets gevaarlijker de boom te beklimmen, vooral voor jongere kinderen die de fysieke vaardigheden nog niet beheersen. Daarom is de toevoeging van de netten apart gezet van de stam, zodat ouders zelf kunnen bepalen wanneer hun kinderen de boom ook kunnen beklimmen.

Klimmen moet veilig en makkelijk zijn. De netten zullen tot een hoogte van 2,2 meter gehangen worden, om het klimmen interessant te houden. Er moet een manier zijn om binnen de netten te komen: ze zitten afgesloten van de buitenwereld. Hiervoor is een stalen, ronde opening toegevoegd in de netten (figuur 46), die boven het klimbare deel van de stam komt te hangen.

Aan het uiteinde van de netten zijn haken toegevoegd (figuur 47), zodat ze aan de stam en takken gezet kunnen worden. De haken moeten beveiligd zijn om tijdens het klimmen niet los te raken. Door de haken kunnen ouders de netten van de boom halen, wanneer zij niet willen dat hun kinderen gaan klimmen.



(Fig 46) De opening in de netten

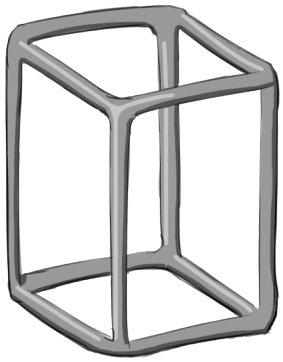


(Fig 47) De haken van de netten

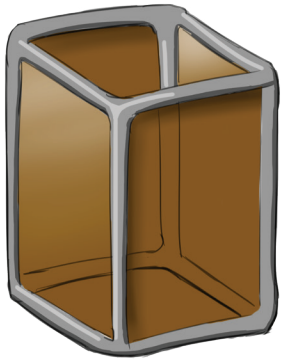
4.1.4 De Stam

De structuur van de stam wordt een geraamte-structuur (figuur 48). De geraamte-structuur is licht en kan de drukkrachten verwerken. Tussen de staven van het geraamte kan textiel worden gespannen (figuur 49). Hiermee krijgt de stam het uiterlijk dat bij een stam hoort, maar wordt het ook een speel- of opslagplek. Op het geraamte wordt een net gespannen om aan te sluiten bij de netten die boven de stam hangen (figuur 50).

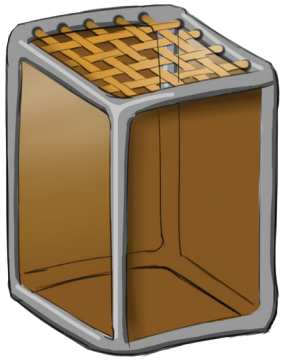
(Fig 48) Geraamte van stangen



(Fig 49) Geraamte met textiel

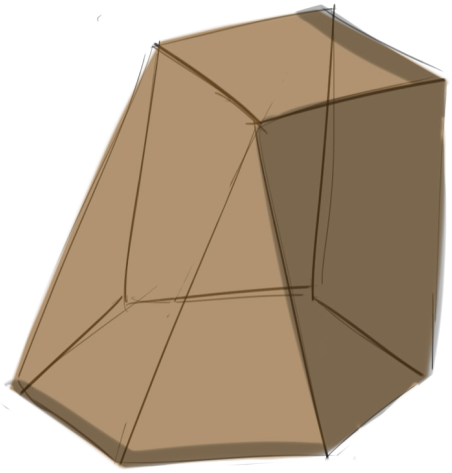


(Fig 50) Geraamte met netten

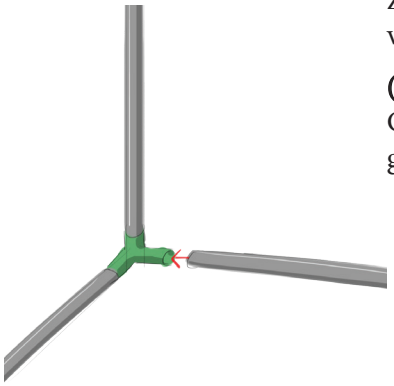


De stam is één van de belangrijkste kenmerken van een boom, en essentieel om een uitstraling over te brengen. Een ronde vorm is lastig maakbaar met geraamte-bouw. Er is gekozen voor een hoekige stam, zoals een kubus of zeshoek. Voor de klimbaarheid is het voordelig als een kant schuin loopt, om vallen te voorkomen. De hoogte van de stam wordt anderhalve meter, zodat het voor elke leeftijd uitdagend blijft. De onderkant van de stam wordt zeshoekig en de bovenkant vierkant, waarbij een van de zijkanten schuin toeloopt (figuur 51). Op deze zijkant wordt dan een net gespannen om het klimmen te versimpelen.

Het geraamte van de stam blijft te groot voor makkelijke opslag. Dit wordt opgelost door de stangen met connectiepunten te verbinden (figuur 52). Deze verbindingen worden losgemaakt als het geraamte uit elkaar gehaald moet worden. Zo kan de volledige klimboom in een kleine ruimte, zoals een personenauto, neergelegd worden.



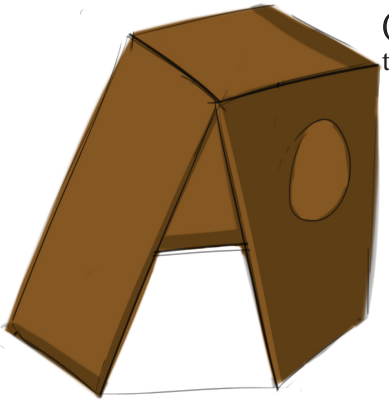
(Fig 51) Geraamte met zeshoek en vierkant in de vorm



(Fig 52) Connectiepunten van het geraamte

4.1.5 Speelplek

De boom moet voor kinderen tot 6 jaar oud ook leuk zijn. De hoogte van de stam, anderhalve meter, is geschikt om in te spelen. De driehoekige zijdes naast de klimkant worden gebruikt als ingang. De overige wanden bestaan uit textiel, waarbij in één van de wanden een rond raam uitgesneden wordt (figuur 53). Het net aan de bovenkant dient dan als dak. Op latere leeftijd dient deze speelplek als opslagplek. Aan de wanden van de stam zijn zakjes toegevoegd, waar kinderen spulletjes kunnen bewaren.

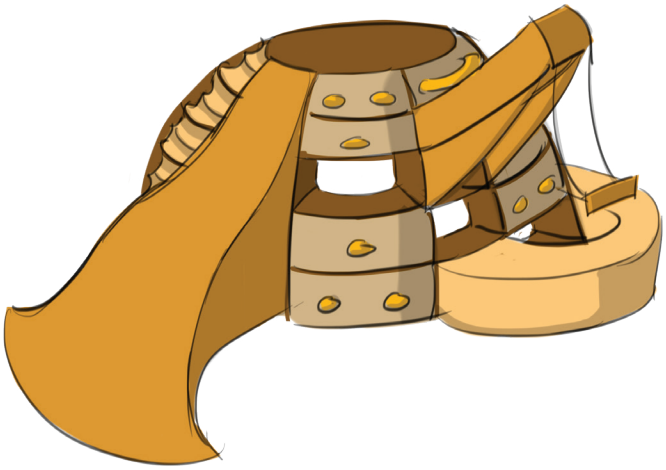


(Fig 53) Uitsnedes in het textiel voor de speelplek

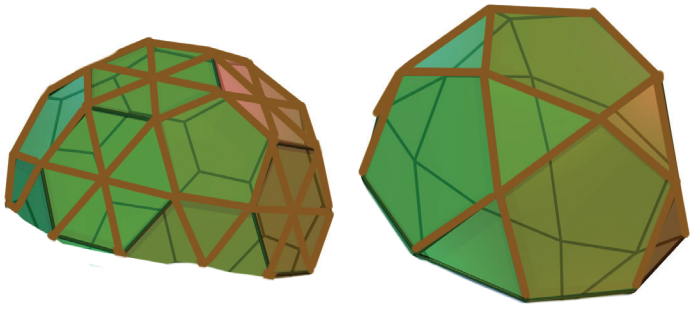
4.2.1 Concept Klim Iglo

Het idee achter de Klim Iglo was met een neutrale vorm een meubel met diverse functies te ontwerpen. Dit is gedaan door een geraamte te maken, waarbij extra functies worden toegevoegd in de openingen van het geraamte **(figuur 54)**, waardoor ouders en kinderen meer vrijheid om het meubel zo te maken als zij zelf willen.

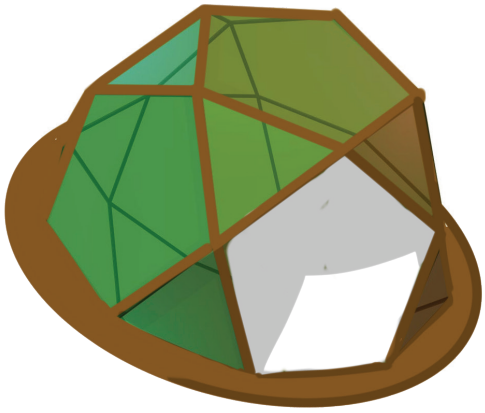
(Fig 54) Uitbreidbaarheid



De Klim Iglo heeft, zonder deze extra functies, twee interactie-mogelijkheden. De kinderen kunnen op de iglo klimmen of in de iglo spelen. Hierdoor wordt actief- en dramatisch speelgedrag ondersteund. De verplaatsbaarheid van de Klim Iglo is ook belangrijk, omdat de constructie nog niet opgeborgen en vervoerd kan worden.



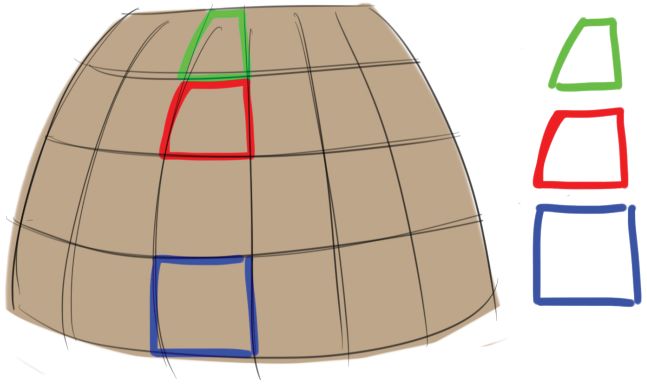
(Fig 56, 57, 58) Een afgeknotte icosaëder (links) en een icosidodecaëder (rechts). Bij de icosidodecaëder is een ingang en ring toegevoegd (onder)



4.2.2 Structuur

Als iemand een onderdeel aan de Klim Iglo toevoegt, moet hij de vrijheid krijgen deze overal te plaatsen. Een onderdeel wordt toegevoegd door het in een van de openingen van het geraamte te schuiven, maar de lichte bolling van de Klim Iglo geeft de openingen van het geraamte verschillende afmetingen **(figuur 55)**.

(Fig 55) Verschillende afmetingen van het geraamte



Dit is opgelost door de structuur van de Klim Iglo te veranderen. Er is een structuur gekozen met openingen van gelijke grootte. In de wiskunde is de naam voor deze structuren een Archimedisch lichaam. Dit zijn bol-achtige vormen gemaakt uit geometrisch basisoppervlaktes. Zo komt er een standaard maat voor de bijvoeg-onderdelen. Er zijn twee mogelijkheden:

De afgeknotte icosaëder is een basisvorm bestaande uit vijf- en zeshoeken. De zeshoeken van de vorm worden voor de Klim Iglo verdeeld in driehoeken, zodat er doorlopende lijnen in de structuur zijn **(figuur 56)**. Doorlopende lijnen zorgen voor minder onderdelen en maken assemblage simpeler.

De icosidodecaëder is een basisvorm bestaande uit drie- en vijfhoeken, die slechts de helft van de doorlopende lijnen van een icosaëder nodig heeft **(figuur 57)**. Het nadeel is dat het minder vlakken heeft, waardoor de krachten minder goed naar de grond worden geleid.

De simpelheid van een icosidodecaëder geeft meer voordelen dan rondere vorm van een icosaëder. Hierom is er voor het eerste gekozen. Een ingang wordt gemaakt door een vijfhoek weg te halen, waardoor een passeerbaar gat ontstaat.

Het geraamte wordt verstevigd door een ring waarin de koepel wordt geplaatst **(figuur 58)**. Hierdoor is het onmogelijk voor de koepel naar buiten uit te wijken, omdat de ring de structuur in plaats houdt. Deze ring wordt verdeeld in vijf delen, zodat hij makkelijk los en vast te maken is.

4.2.3 Bijvoeglijke panelen

Opslag is een van de bijvoeglijke mogelijkheden. Dit wordt gedaan door planken (figuur 59) of laden toe te voegen aan het paneel. Deze worden dan voornamelijk aan de zijkant van de koepel toegevoegd, omdat opslag aan de bovenkant onhandig is. Opslag kan zich zowel aan de binnen- als buitenkant van de koepel bevinden.

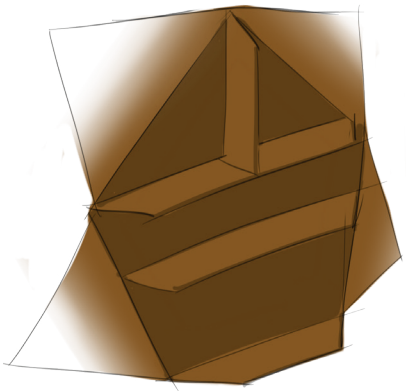
Actief speelgedrag kan goed bevorderd worden door de koepel. Toevoegbare panelen moeten voornamelijk het klimmen ondersteunen, door middel van bijvoorbeeld ladders (figuur 60) of andere klimonderdelen. De beklimbaarheid van de Klim Iglo is ook afhankelijk van de andere planken en hun positie.

Creatief speelgedrag kan bevorderd worden door bijvoorbeeld tekenen. Het is vrij simpel een krijtbord-paneel (figuur 61) te maken, zodat kinderen de vrijheid krijgen hun eigen vormpjes te maken. Dit idee kan ook worden toegepast op andere creatieve gereedschappen, zoals verf.

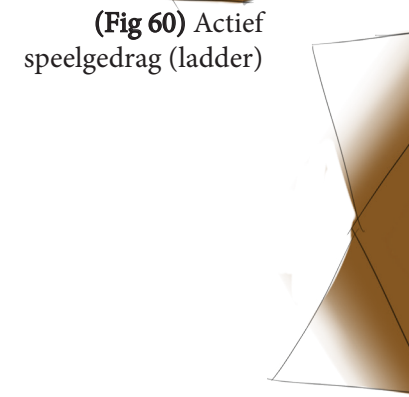
Cognitief Speelgedrag wordt bevorderd door toevoeging van puzzels of spelletjes (figuur 62) in de panelen. Hierdoor zijn nieuwe interactie mogelijkheden mogelijk, waardoor de Klim Iglo voor verschillende leeftijden interessant blijft.

Constructief speelgedrag is al bevorderd door de mogelijkheid panelen toe te voegen. Er zijn twee manieren om de Klim Iglo nóg constructiever te maken: kinderen de mogelijkheid geven meer panelen toe te voegen, of kinderen manipuleerbare onderdelen te geven (figuur 63). Beide manieren zorgen er voor dat kinderen meer vrijheid krijgen in het vormen van hun koepel.

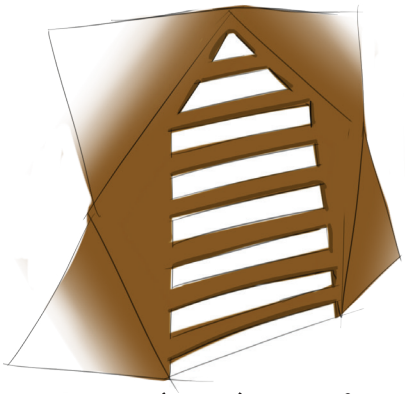
Dramatisch speelgedrag wordt bevorderd door van de koepel een object te maken, door de panelen vorm te geven als ramen of zelfs delen van een huis (figuur 64). Naast de vormgeving van de ruimte hebben dit soort panelen weinig praktische functies, maar maken ze de Klim Iglo aantrekkelijker.



(Fig 59) Opslagplek (planken)

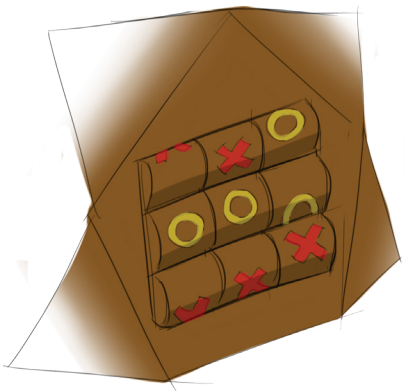


(Fig 60) Actief speelgedrag (ladder)

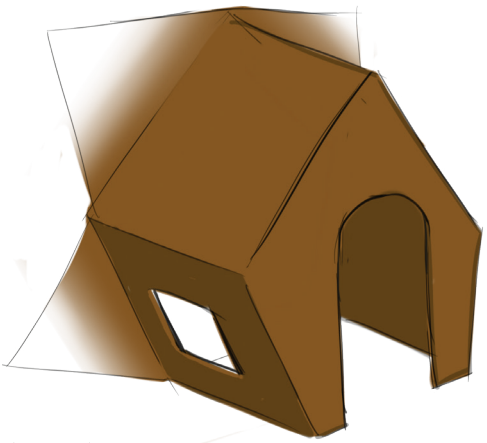


(Fig 61) Creatief speelgedrag (krijtbord)

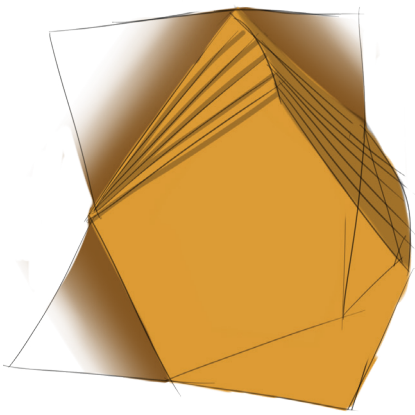
(Fig 62) Cognitief speelgedrag (spel)



(Fig 63) Creatief speelgedrag (manipuleerbaar object)

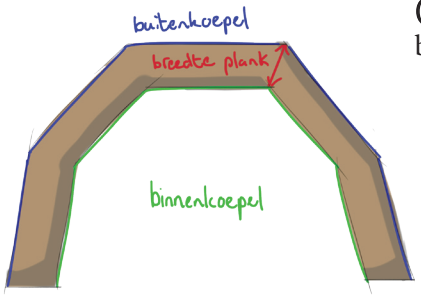


(Fig 64) Dramatisch speelgedrag (huisje)



4.2.5 Afbreken en Opbouwen

De iglo heeft twee belangrijke afmetingen: de binnenkoepel en buitenkoepel **(figuur 65)** De ruimte die hier tussen zit wordt gebruikt voor de bijgevoegde onderdelen. De binnenkoepel moet hoog genoeg zijn voor kinderen om in te spelen. Een hoogte van 1,20 meter is hiervoor geschikt. De buitenkoepel is hierdoor nog iets groter, afhankelijk van de breedte van de planken. Doordat de Klim Iglo ongeveer bolvormig is, wordt de buitenkoepel hij bijna twee maal zo breed als hoog.



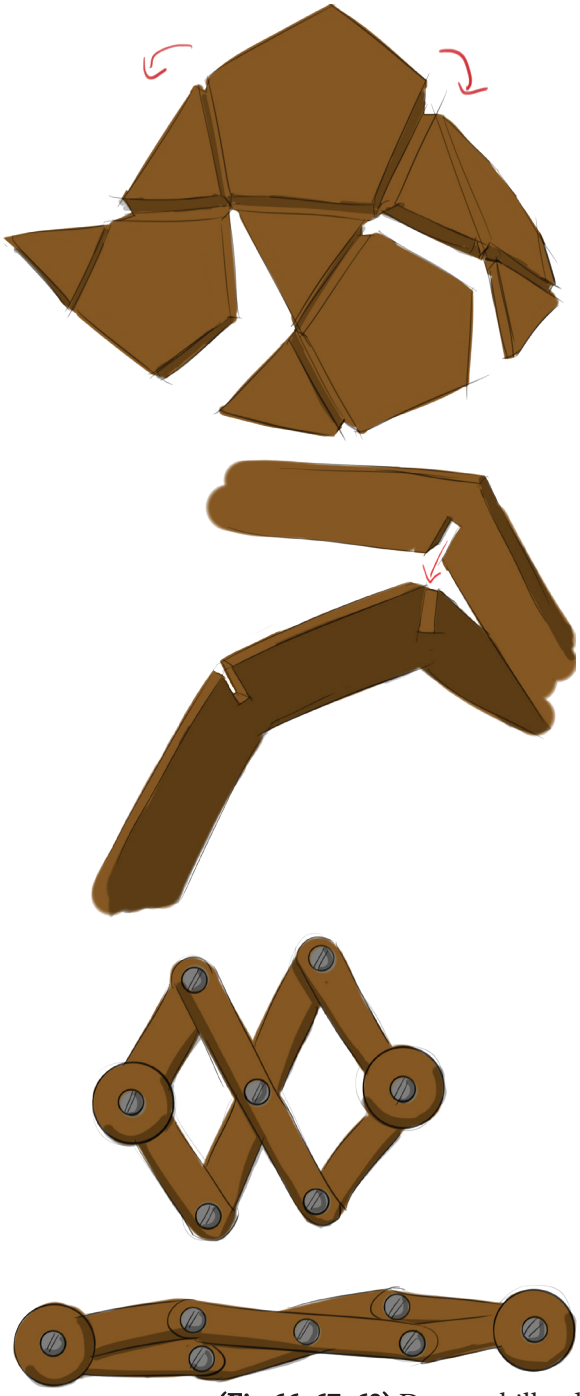
(Fig 65) Binnen- en buitenkoepel

De Klim Iglo moet makkelijk op te bouwen zijn, wat afhangt van de balken van de constructie. Een scharnierende connectie maakte de koepel vouwbaar. Hierbij wordt de koepel verdeeld in zijn drie- en vijfhoekige delen die op een twee-dimensionaal vlak verbonden worden met scharnieren **(figuur 66)**. Zo wordt het mogelijk de delen uit te vouwen tot een koepel. Door de plaatsing van de scharnieren rust de structuur voornamelijk op de drie- en vijfhoeken.

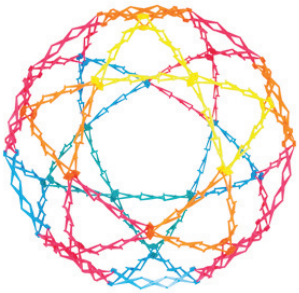
Er kan ook een lock-in verbinding worden gemaakt tussen de planken. Hierbij is de koepel verdeeld in zes balken die allemaal op verschillende punten met elkaar verbonden zijn door op de connectiepunten van twee balken uitsparingen te maken **(figuur 67)**. De verschillende delen van de ring om de koepel heen worden ook door middel van lock-in verbindingen aan elkaar gezet. Hierdoor kunnen ze de krachten blijven opnemen, maar ook makkelijk uit elkaar worden gehaald.

De koepel kan inklapbaar worden gemaakt. Dit is gedaan door de balken zelf scharnierpunten te geven, waardoor je ze kan invouwen **(figuur 68)**, gebaseerd op een “Hoberman Sphere” **(figuur 69)**. Hierdoor verdwijnen de openingen en wordt de koepel compacter. De uitgeklapte vorm wordt in elkaar gehouden door de panelen ertussen.

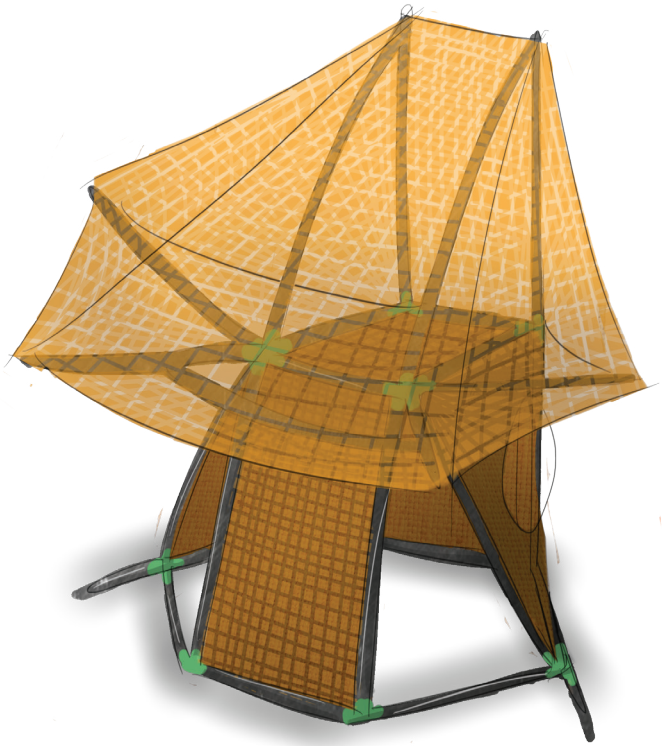
De lock-in verbinding is de meest simpele en compacte oplossing oplossing. Doordat ze compleet uit elkaar te halen te zijn, bespaart het meer ruimte dan opvouwen. Dit kost echter wel meer moeite dan bij de andere concepten. Het bestaat uit de minste onderdelen en heeft geen scharnierpunten die kunnen breken.



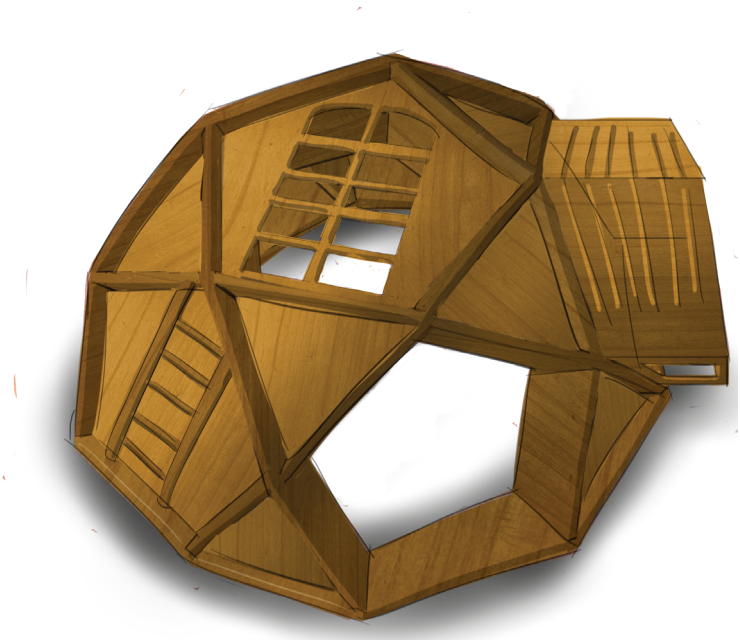
(Fig 66, 67, 68) De verschillende opbergmanieren voor de Klim Iglo



(Fig 69) Hoberman Sphere



(Fig 70) Eindconcept Klimboom



(Fig 71) Eindconcept Klim Iglo

4.3.1 Concept Vergelijking

Er wordt gekozen welk van de twee concepten wordt uitgewerkt tot eindconcept. Hiervoor worden beiden vergeleken door middel van het programma van eisen. Voor elk van de eisen is beschreven hoe goed de twee concepten deze eis vervullen.

Voor sommige van de eisen kan nog geen definitieve conclusie getrokken worden, omdat er nog niet nader gekeken is naar die specifieke eis. Hieronder staan de eisen waar nog niets over gezegd kan worden.

Minimaal 8 jaar meegaan onder normaal gebruik
De prijs van de speelmeubel is maximaal 1000 euro
Bevat geen afbreekbare onderdelen
Mag geen giftige stoffen voor de kinderen bevatten
Voorkomt beknelling lichaamsonderdelen van kinderen
Verbrandt niet bij directe blootstelling aan potentiële vuurhaarden

Kan binnen het concept van de lichtgewicht woning geplaatst worden
Beide concepten zijn lichtgewicht opgebouwd door geraamte-bouw. Beide meubels zijn groot, waardoor ze op het eerste oog niet licht lijken. Door materiaalkeuze en detaillering kunnen beide concepten hierop verrassen.
Kinderen van de 3 - 12 jaar kunnen zich vermaken met het meubel
De klimboom bestaat uit twee fases: de stam als speelplek voor de jonge kinderen en de netten als speelplek voor de oudere kinderen. De Klim Iglo geeft door de mogelijkheid functies toe te voegen speelplezier aan jong en oud.
Een volwassene óf twee kinderen kunnen het speelmeubel verplaatsen
Voor beide concepten is dit sterk afhankelijk van het gewicht van de individuele onderdelen. De concepten zijn uit elkaar te halen,

De maximale hoogte is 2,70 meter
De klimboom heeft een hoogte van 2,20 meter, waarbij het rekening houdt met lagere plafonds. De Klim Iglo heeft een hoogte niet hoger dan 1,50 meter en is beduidend kleiner.

Kan door één kind gebruikt worden
De Klimboom en de Klim Iglo bieden een speelplek voor kinderen. Hier kunnen ze makkelijk alleen spelen of lezen. De Klim Iglo is veelzijdiger door de optie bijvoeglijke onderdelen toe te voegen.
Kan door meerdere kinderen gebruikt worden
Kinderen kunnen in zowel de Klimboom als Klim Iglo op jongere leeftijd samen “binnen” spelen en op oudere leeftijd samen klimmen. Er is genoeg ruimte voor een kind of vier, al wordt dit minder op hogere leeftijden. De Klim Iglo is veelzijdiger door de optie bijvoeglijke onderdelen toe te voegen.
Daagt uit tot actief speelgedrag, met name klimmen
Beide concepten zijn te beklimmen, maar vooral de Klimboom nodig ertoe uit en ondersteunt het beter. Bij de Klim Iglo is de mogelijkheid tot klimmen sterk afhankelijk van de planken die in het geraamte zitten.

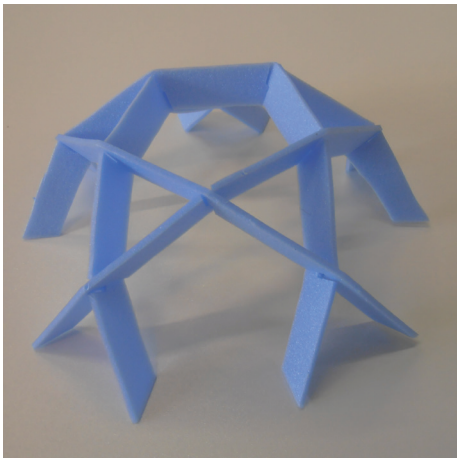
Één persoon kan de speelmeubel in elkaar zetten
Beide meubels zijn in- en uit elkaar te zetten. De Klimboom heeft hierbij stangen die verbonden moeten worden, doeken en netten die gespannen zijn. Veel onderdelen die weinig moeite kosten. De Klim Iglo heeft het houten geraamte dat in elkaar gezet moet worden en panelen die erop gelegd worden. Weinig onderdelen die veel moeite kosten
Het kind is altijd zichtbaar van buiten
De Klimboom is open, waardoor er altijd van buiten naar binnen gekeken kan worden. De Klim Iglo kan zó opgebouwd worden dat de binnenkant zichtbaar is, op de leeftijd waarvoor dit relevant is.
Het kind moet in elk geval bereikbaar zijn voor volwassenen
Bij de klimboom is de speelplek in de stam gemakkelijk te bereiken, maar de netten minder gemakkelijk. Bij de Klim Iglo is alles toegankelijk. Panelen kunnen er makkelijk weggehaald worden.
Kan vervoerd worden in een auto
De Klimboom bestaat uit veel kleine onderdelen, en is hierdoor makkelijk te vervoeren. De Klim iglo bestaat uit minder grote onderdelen, waardoor hij lastiger te vervoeren is.
Bevat geen uitstekende onderdelen
De Klimboom heeft uitstekende stangen om het steunpunt te vergroten waar kinderen over kunnen struikelen. De Klim Iglo heeft geen uitstekende onderdelen.

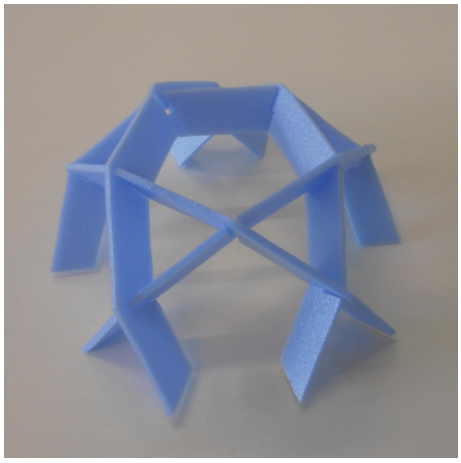
4.3.2 Concept Keuze

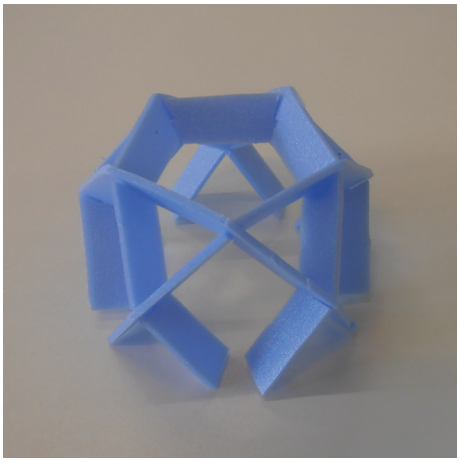
Uit de eisen blijkt dat beide concepten vergelijkbaar zijn in hun vervulling van de eisen. De Klim Iglo bevat geen uitstekende onderdelen, de Klimboom is makkelijker te vervoeren. Omdat de concepten zo vergelijkbaar zijn, is er gekeken naar de mogelijkheden van het concept buiten het programma van eisen om. De Klim Iglo is sterk door zijn veelzijdigheid. Door het aanpassen van zijn vorm wordt een brede doelgroep aangesproken. Hierdoor is de basisvorm echter neutraler en minder interessant. De Klimboom op zichzelf is interessant, maar niet te veranderen of uit te breiden. Hierdoor bereikt de Klimboom een kleinere doelgroep en blijft hij minder lang interessant. Om deze reden is er gekozen de Klim Iglo uit te werken.

5. DETAILS

De Klim Iglo is gekozen als eindconcept. In dit hoofdstuk wordt de detaillering op het concept toegepast, om zo alle vragen rond het concept te kunnen beantwoorden. Er is gekeken naar de volledige uitwerking van de structuur, materialen en individuele onderdelen. Aan het einde van deze fase is de speelmeubel klaar om gepresenteerd te worden aan de opdrachtgever als resultaat van de bacheloropdracht.







(Fig 72, 73, 74) Modelletjes met verschillende hoeken in de balken. Uiteindelijk is er voor de middelste gekozen

5.1.1 Structuurkeuze

De exacte vorm van de koepel is nog niet bepaald. Deze zit voornamelijk in de hoek van de balken. De hoek bepaalt de verhouding van de hoogte en breedte van de koepel. Er zijn modellen gemaakt om een beeld van de mogelijkheden te krijgen (figuur 72, 73 & 74) **met hoeken van 150°, 144° en 135°**. Bij een icosidodecaëder is de hoek tussen twee onderdelen 144°; deze hoek moet aangehouden worden om de vormen binnen het geraamte kloppend te houden. Dit zorgt ervoor dat de hoogte-breedte verhouding van de koepel ongeveer 1:2 wordt. Met een gewenste hoogte van 1,20 meter voor de binnenkoepel, zorgt dit ervoor dat de diameter van de koepel 2,40 meter is. Hierbij wordt de breedte van de balken nog opgeteld.

Om de huidige structuur van de Klim Iglo nader te bekijken, is er een model uitgewerkt in SolidWorks. Hierin worden de aparte onderdelen uitgewerkt en geassembleerd, zodat de fouten in het ontwerp gevonden worden. Met het model kunnen materialen worden gekozen, een schaalmodel worden gemaakt en krachtenberekeningen worden uitgevoerd.

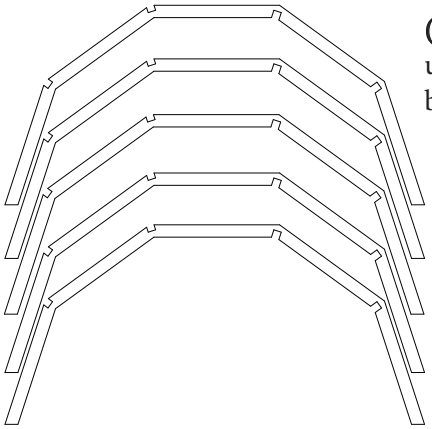
5.1.2 Balken structuur

Er is gekeken naar de ideale vorm van de balken in de structuur. Tijdens de conceptfase hadden de balken een platte, maar hoge vorm. Om de krachten op de balk beter op te nemen, is deze omgezet naar een dikkere en lagere vorm. Hierdoor verandert de grootte van de uitsparingen die de balken met elkaar verbinden.

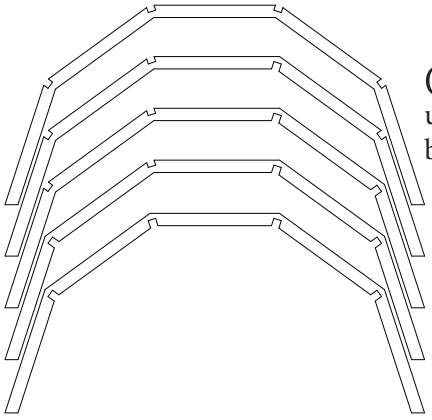
Om de krachten van alle kanten goed op te vangen, is het gewenst de balken een vierkante vorm te geven. Door de uitsparingen in de balken zorgt dit echter wel voor zwakke plekken. Er is gekozen de balken zó dik te maken, dat ze op het punt van de uitsparingen een vierkante doorsnede hebben.

(Fig 75) Dikkere balken

Op de plek waar twee balken over elkaar liggen, zorgen de uitsparingen ervoor dat ze elkaar vasthouden. Beide balken hebben hiervoor een uitsparing nodig, één boven en één onder. De verdeling van uitsparingen boven of onder over de balk kan op twee manieren gedaan worden: Er kunnen vijf gelijke balken gemaakt worden met twee uitsparingen boven en twee onder (figuur 76) of er kunnen vijf verschillende balken gemaakt worden, elk met een ander aantal uitsparingen boven en onder (figuur 77). Hoewel de vijf gelijke balken makkelijker te produceren zijn, maakt hun gelijkheid het lastig ze in elkaar te zetten: het kan alleen als alle balken tegelijkertijd vast worden gezet. Er is voor gekozen de vijf verschillende balken uit te werken.

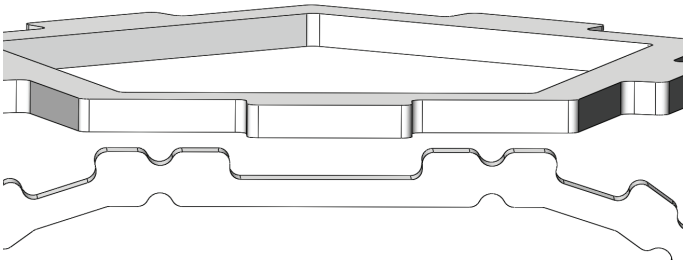


(Fig 76) Gelijke uitsparingen in de balken



(Fig 77) Verschillende uitsparingen in de balken

(Fig 78) Panelen passen in de uitsparingen

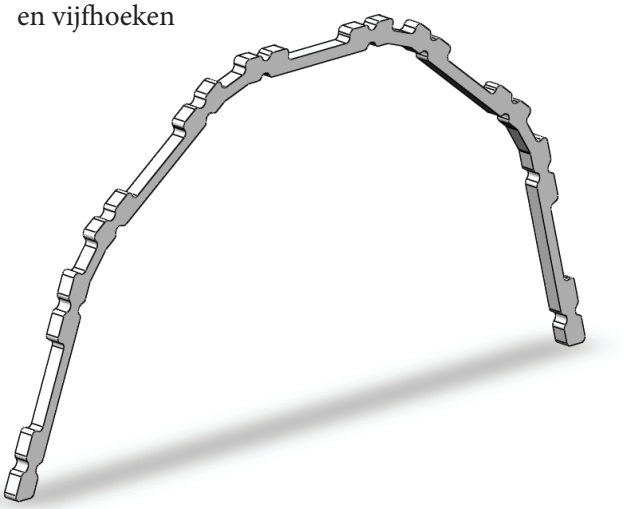


5.1.3 Uitsparingen

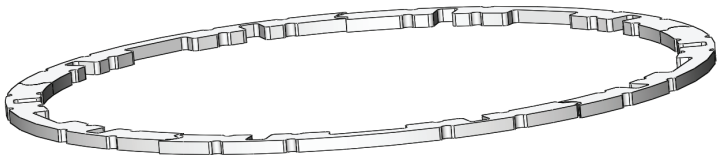
Er worden op de balken ook uitsparingen gemaakt voor de panelen. De panelen passen binnen de uitsparingen door uitstekende onderdelen (figuur 78). Op elk onderdeel van de balk rusten twee panelen: een driehoek en een vijfhoek. Er moet ruimte zijn voor beide. De uitsparingen die nodig zijn om de panelen vast te houden worden hiervoor verdeeld over de balk. Dit is gedaan door de vijfhoek-panelen één breed uitsteeksel te geven en de driehoek-panelen twee smallere uitsteeksels. De vorm van de uitsparingen zorgt dan voor een vaste verdeling van panelen, zodat er geen fouten gemaakt worden als de Klim Iglo wordt opgebouwd. De balken hebben dan uitsparingen voor drie onderdelen: de andere balken, de driehoek-panelen en de vijfhoek-panelen.

De uitsparingen kunnen door de meeste praktische machines niet met scherpe hoeken gesneden worden. Elke hoek in een uitsparing heeft een afronding nodig om gefreesd of gezagen te worden. De afrondingen zorgen vervolgens voor onstevigheid, omdat er minder contactoppervlak overblijft in de uitsparing om onderdelen vast te houden (figuur 79).

(Fig 79) Een balk met uitsparing voor andere balken, driehoeken en vijfhoeken



(Fig 80) De uiteindelijke ringvorm

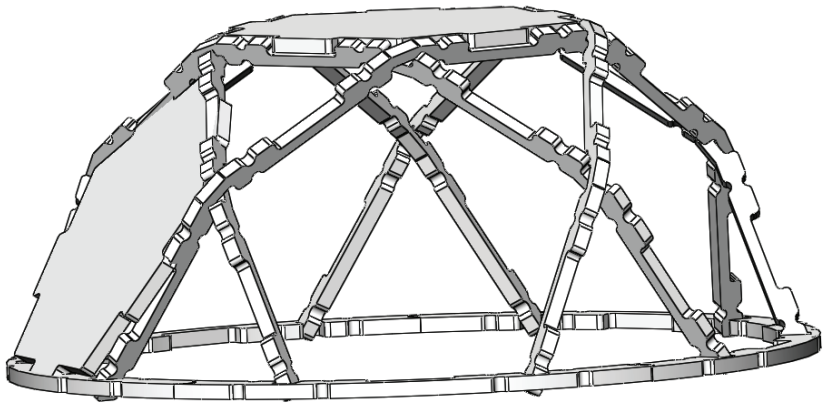


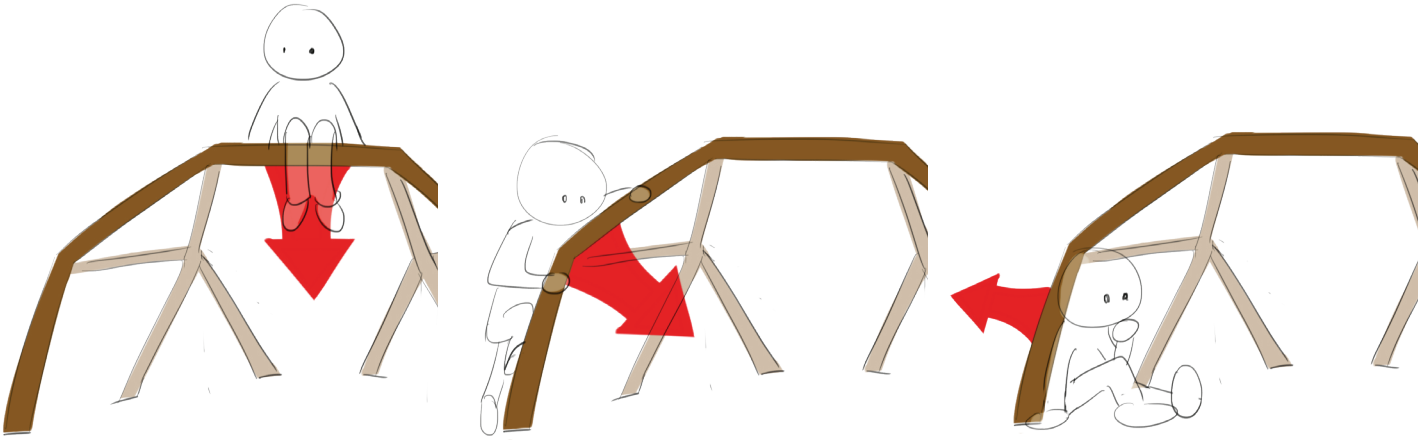
Behalven door de balken wordt het geraamte ook verstevigd door een omliggende ring (figuur 80). De ring bestaat uit vijf delen met een lock-in verbinding die ze bij elkaar houdt. De ring zorgt ervoor dat de structuur staande blijft door zich om het geraamte te klemmen met uitsparingen waar de balken in passen. Deze uitsparingen hebben dezelfde eisen als de balken: afgeronde hoeken en een doorsnede die bij de afrondingen vierkant is. De vorm van de ring wordt rond gemaakt, zodat de omtrek van de koepel cirkelvormig lijkt en vriendelijker overkomt.

5.1.4 SolidWorks Problemen

Er is een SolidWorks model gemaakt (figuur 81). Hierbij bleken al snel problemen aan de constructie te zijn. Hier bleek bijvoorbeeld pas hoe groot de balken zijn; ze kunnen onmogelijk makkelijk vervoerd worden. Er bleek ook dat de balken, als ze uit één stuk bestaan, uit een enorme plank hout gezaagd moeten worden. De balken verkleinen kan door ze uit meerdere kleinere balken te laten bestaan die aan elkaar vastgemaakt worden. Hiervoor is het wenselijk de balken op te delen in gelijke delen, maar door de opbouw van de balken betekent dit dat de opsplits-punten op de plek van de uitsparingen zit, waardoor het geraamte op die punten zwak wordt.

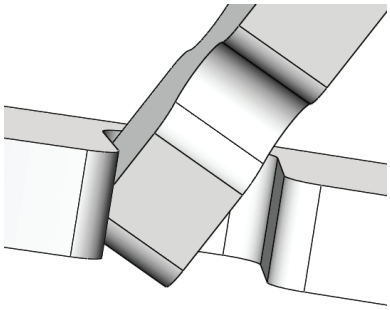
(Fig 81) Het SolidWorks model



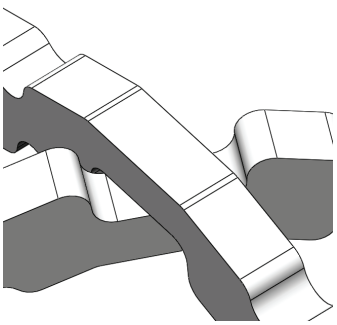


(Fig 85, 86, 87) Mogelijke richtingen van de krachten

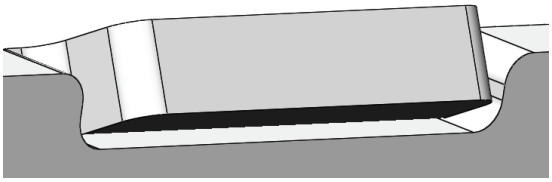
Om een icosidodecaëder te laten bestaan uit vijf balken, moeten de balken schuin gezet worden. De connecties komen hierdoor niet loodrecht op de balken te staan **(figuur 82 & 83)**, waardoor uitsparingen breder moeten worden dan gewenst, zowel in de balken als in de ring. Ook de panelen komen hierdoor niet goed op de balken te liggen **(figuur 84)**, zodat er op een klein oppervlak veel spanning komt. Hierdoor komt er speling in de uitsparingen en wordt het geraamte instabiel. Om dit op te lossen moet de balk in een tweede of zelfs derde dimensie bewerkt worden. Ook kunnen er extra materialen of onderdelen worden toegevoegd in de open ruimtes om het geraamte stabiel te houden. Dit is echter onhandig en in strijd met zowel de simpelheid van de structuur als de doelstelling van project 3XNIX



(Fig 82) Schuine balken zorgen voor spanning en instabiliteit in de ring



(Fig 83) Schuine balken zorgen voor te veel bewegingsvrijheid tussen die balken



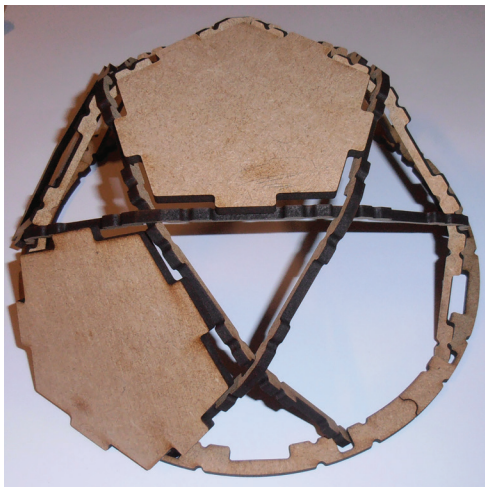
(Fig 84) Schuine balken zorgen voor spanning met de panelen

Ook de panelen hebben een probleem. Ze hangen in het geraamte, maar daardoor vangen ze slechts krachten in één richting op. Als de krachten uit een andere richting komen **(figuur 85, 86 & 87)**, vallen de panelen uit het geraamte. Dit is voornamelijk een probleem bij de panelen aan de onderkant, waar kinderen aan de binnenkant tegenaan leunen. Een oplossing is dat de panelen van twee kanten gesteund worden, door ze vast te zetten tussen de balken en ring. Dit maakt het opbouwen van het speeltoestel echter veel complexer.

Om los te komen van de restricties van SolidWorks, is er een 1:12 schaalmodel laser-gesneden uit MDF **(figuur 88)**. Het bleek lastig het model in elkaar te zetten zonder het uit elkaar te laten vallen. De structuur is pas stabiel wanneer alle vijf de balken op hun plek staan. Het eindproduct blijkt hiermee vrijwel onmogelijk op ze zetten zijn door één volwassene, waardoor het niet aan de eisen voldoet. Om dit probleem op te lossen moeten de balken op een andere manier aan elkaar verbonden worden.

5.1.5 Conclusie

De kracht van het eerste concept was de eenvoud, maar zelfs zonder de bovenstaande problemen heeft het geraamte een ingewikkelde structuur gekregen, waarvan het de vraag is of gebruikers hem zelfstandig kunnen opbouwen. Er is voor gekozen een nieuwe structuur te vinden, waar de bovengenoemde problemen niet in voorkomen.



(Fig 88) Schaalmodel Klim iglo

5.2.1 Buizen structuur

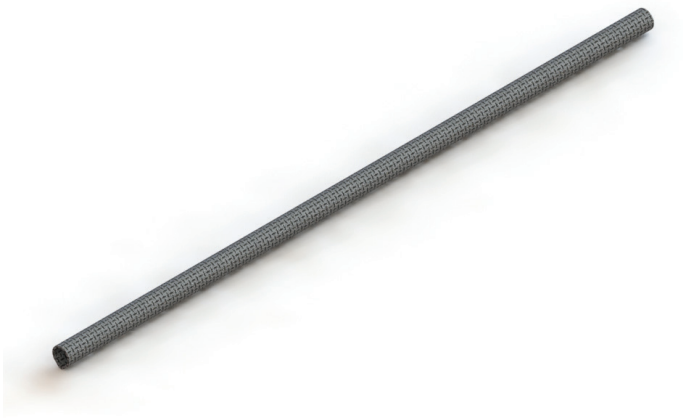
Om een andere oplossingsrichting te vinden is er naar de Klimboom gekeken. De stam van de Klimboom is opgebouwd uit buizen, die aan elkaar vastzitten door connectors. Dit principe is ook toepasbaar op de Klim Iglo. In plaats van balken bestaat het geraamte dan, net als de Klimboom, uit holle buizen en connectors. De ring zal hierbij ook uit deze buizen bestaan.

De buizen (figuur 89) worden hol gehouden om gewicht te besparen en 25mm dik. Ze houden dezelfde lengtes als de individuele delen van de balken: 850 mm. Hierdoor blijven de afmeting van het geraamte ongeveer gelijk. De connectors (figuur 90) verbinden de buizen op dezelfde plek waar de balken elkaar kruisden. De connectors worden zó vormgegeven dat ze dezelfde hoeken tussen de panelen te behouden en zo de vorm van het icosidodecaëder te behouden.

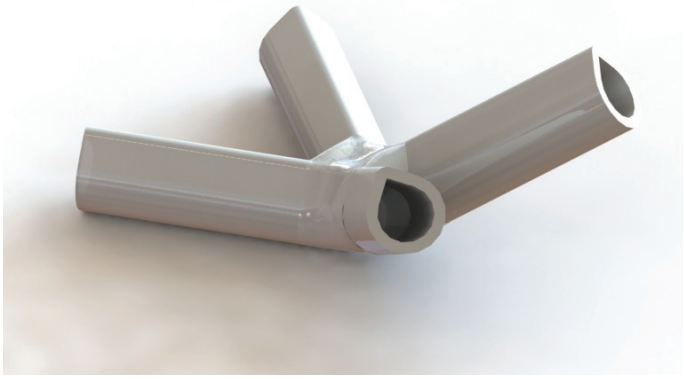
De buizen constructie is makkelijker in elkaar te zetten dan de balken constructie. De buizen zijn kleiner en bouwen voort op een systeem dat al bekend is bij de meeste mensen: standaard buizen met connectors. De vorm van de connectors kan de constructie in goede banen leiden, maar de gebruikers ook misleiden. De oriëntatie van de connectors is hier de oorzaak van (figuur 91). Een asymmetrisch vorm in de buizen helpt hierbij. Ze zorgen er dan voor dat ze maar op één manier in een connector gestopt kunnen worden, waardoor de connectors ten opzichte van elkaar de goede orientatie behouden.

Een tweede manier om het opbouwen van het geraamte simpel te maken is de oriëntatie aangeven met kleur (figuur 92). Doordat de buizen maar twee verschillende plaatsen in de connector geplaatst kunnen worden, kan met twee kleuren de hele structuur worden opgebouwd (figuur 93).

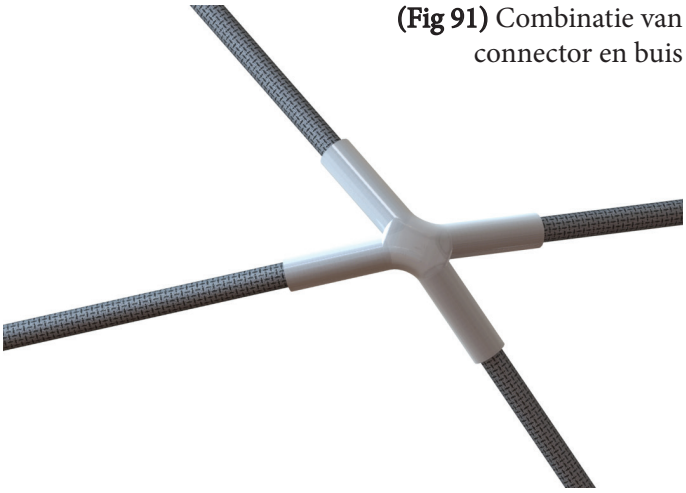
(Fig 89) Buis uit het geraamte



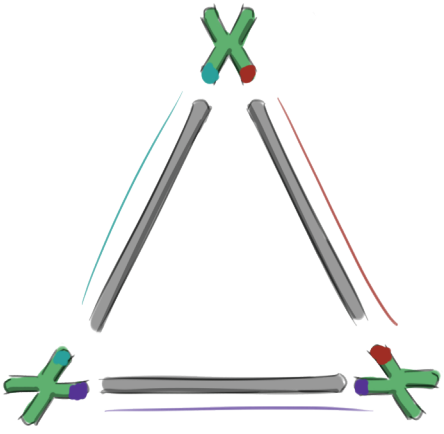
(Fig 90) Connector uit het geraamte



(Fig 91) Combinatie van connector en buis



(Fig 92) Kleuren en oriëntatie



(Fig 93) Het geraamte van het speelmeubel

5.2.2 Inklemmen van de Panelen

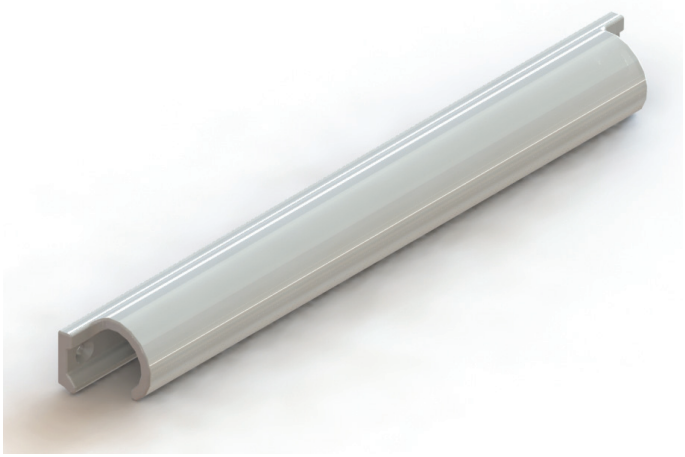
De panelen kunnen dezelfde afmetingen behouden, maar moeten op een andere manier vastgemaakt worden aan het geraamte. Uitsparingen in buizen maken is onverstandig, omdat dat de stevigheid van de buizen sterk zou verminderen. De panelen moeten zichzelf aan de buizen vast kunnen maken, zonder dat de buizen daarvoor aangepast hoeven te worden. Door de ronde vorm van de buizen is het mogelijk de panelen aan de buizen te bevestigen met elastische inklemmingen **(figuur 94)**. De buizen hoeven dan niet aangepast te worden om de panelen te dragen.

Om het inklemmen makkelijker te maken en het klimmen beter te ondersteunen, worden de inklemmingen loodrecht op de panelen gezet. Hierdoor zullen de panelen niet los komen tijdens het klimmen, terwijl het vanaf de andere kant ook krachten kan opvangen. Dit betekent echter dat de panelen maar op één manier vastgemaakt mogen worden **(figuur 95)**, en niet omgedraaid moeten zijn **(figuur 96)**, omdat ze anders de krachten niet meer goed opvangen. De buizen zijn echter halfrond, waardoor de panelen maar aan één kant van de buis kunnen worden ingeklemd. Als het halfronde gedeelte van de buis naar buiten wordt gekeerd, zullen de panelen alleen aan de buitenkant van het geraamte worden vastgemaakt.

Elke buis wordt vastgehouden door twee inklemmingen: van een driehoek en een vijfhoek-paneel. Dit betekent dat ze niet te breed mogen worden, en zó op de panelen worden geplaatst dat ze elkaar niet in de weg zitten **(figuur 97)**.

De inklemmingen moeten aan de panelen vastgemaakt worden. Deze verbinding zal veel krachten op zich nemen, omdat het de belasting van de planken naar de buizen leidt. De verbinding moet stevig zijn. Er is gekozen de gaten met schroefdraad in de inklemmingen en panelen te tappen, waardoor schroeven de twee onderdelen bij elkaar kunnen houden. De schroeven moeten buiten de inklemmingen gehouden worden, omdat ze anders niet vastgedraaid kunnen worden Hiermee kan de constructie veilig vast blijven zitten

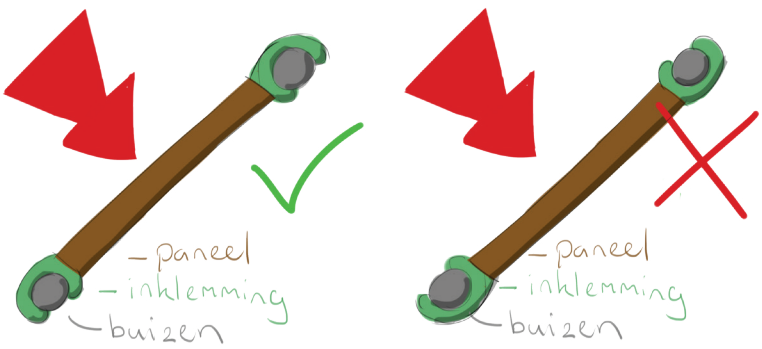
(Fig 94) Elastische inklemming



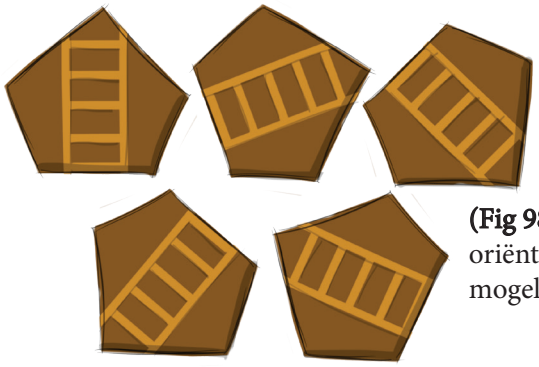
(Fig 97) Plaatsing van inklemmingen

5.2.3 Conclusie

De verandering van het concept is gedaan om de eerdere problemen op te lossen. De nieuwe constructie hoeft bijvoorbeeld niet uit grote planken hout gezaagd te worden. De verschillende onderdelen passen feilloos op elkaar, zodat belasting goed verdeeld wordt over de hele constructie. De panelen vangen van twee kanten krachten op, hoewel van de ene kant beter dan van de andere. Kinderen kunnen hierdoor tegen de panelen aanleunen. De voordelen van de buizen ten opzichte van de balken hebben ertoe geleid dat er met de buizen structuur verder wordt gewerkt.



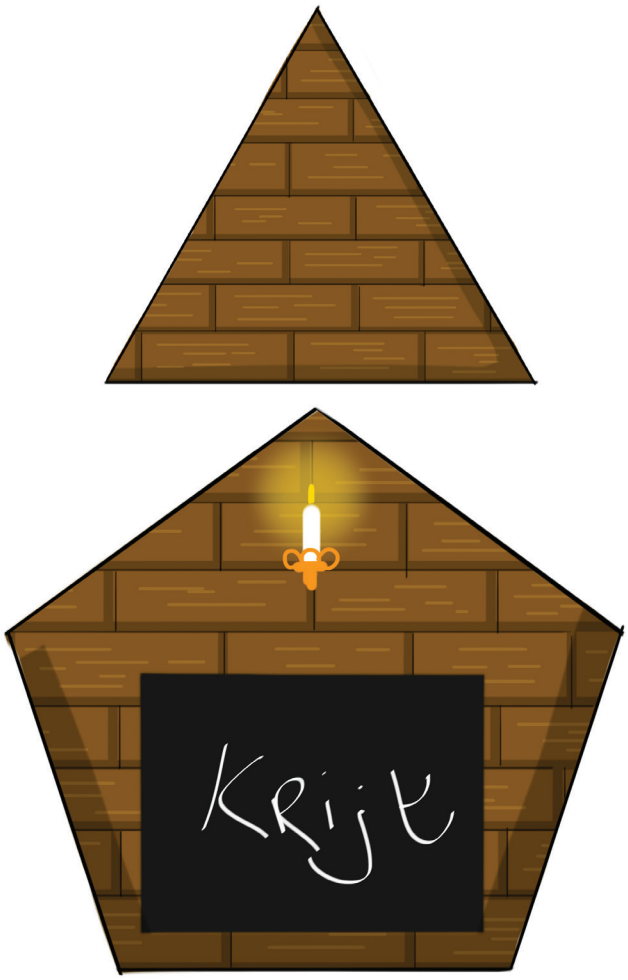
(Fig 95, 96) Hoe je wel (links) en niet (rechts) wil dat de krachten op de panelen komen, ten opzichte van de inklemmingen



(Fig 98) Vijf oriëntatie-mogelijkheden

5.3.1 Bijvoeglijke panelen

De bijvoeglijke panelen moeten genoeg variatie hebben om verschillende functies mogelijk te maken. Voorbeelden zijn de verschillende gaten die de panelen bevatten. Dit zorgt voor vormvariatie en maakt de speelmeubel klimbaar. Hiervoor is het belangrijk dat de panelen op vijf manieren georiënteerd kunnen zijn **(figuur 98)**. In elke oriëntatie moeten ze te beklimmen zijn. Hiervoor moeten de gaten in de panelen vijfhoekig of rond worden.



(Fig 99, 100) Tekeningen op de panelen: op een standaard driehoek-paneel (boven) en een vijfhoek-paneel (onder)

De afmetingen van de panelen zijn hiervoor belangrijk, aangezien de afmetingen beperkend of versterkend kunnen werken in de vormvariatie. In de huidige afmetingen hebben de driehoek-panelen zijdes van 850mm lang en de vijfhoekpanelen zijdes van 870mm lang. Voor de gaten en de klimbaarheid is ook de dikte van de panelen van belang. Deze is 35 mm, omdat ze dikker moeten zijn dan de buizen om ze in te klemmen.

5.3.2 Tekeningen Panelen

Zoals de panelen nu ontworpen zijn, hebben ze geen interessant uiterlijk. Een goede manier om ze een sprekender te maken is ze voorzien van kleur. Dit heeft direct een praktische functie in het spel van de kinderen, zodat de tekeningen op de panelen een extra functie geven aan de panelen. De tekeningen worden versterkt in combinatie met de gaten, en andersom. Een raam als uitsparing kan bijvoorbeeld verduidelijkt worden door een raamkozijn op het paneel te tekenen. De binnen- en buitenzijde van de panelen krijgen andere tekeningen, omdat ze een andere functie zullen hebben bij het spel.

Belangrijk blijft ook dat de tekeningen niet te dominant worden. Ook moet het geen warboel aan tekeningen worden. Om deze reden is ervoor gekozen de driehoekige panelen een standaard tekening te geven **(figuur 99)**. Deze creëren rust in de constructie. De vijfhoekige panelen krijgen sprekendere tekeningen die aansluiten bij de neutrale tekeningen van de driehoeken **(figuur 100)**.

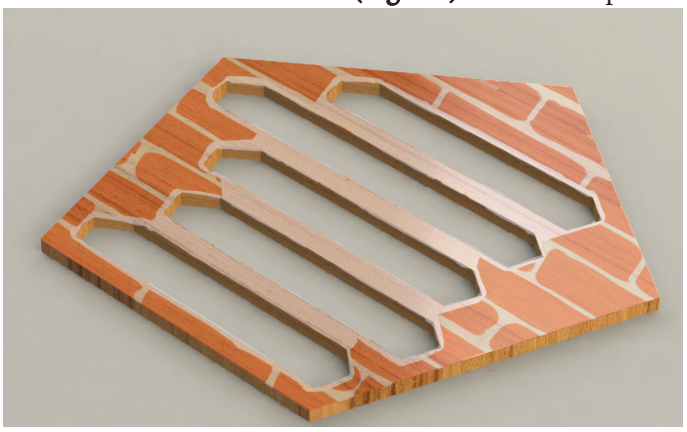
Op de panelen kunnen nog extra onderdelen worden toegevoegd. Deze kunnen klein zijn, zoals de toevoeging van planken, of groter worden, zoals een klein huisje dat je uit kan bouwen. Het probleem met de grotere constructies is hun gebruiksgemak. Ze zijn lastig te verplaatsen en vast te zetten, terwijl ze weinig extra's toevoegen. Hierom worden alleen kleinere uitbouwingen, zoals boekenplanken, toegevoegd aan de panelen.

5.3.3 Paneel Mogelijkheden

Er zijn veel mogelijkheden voor de panelen. Voor het concept zijn er uit deze mogelijkheden een aantal keuzes gemaakt voor elk van de vijf vijfhoek-panelen die nodig zijn voor de Klim Iglo, waarbij een poging is gedaan de diversiteit aan mogelijkheden weer te geven. Er zijn minder panelen dan vijfhoekige openingen, omdat er een opening moeten worden vrijgehouden waar kinderen in- en uit kunnen.

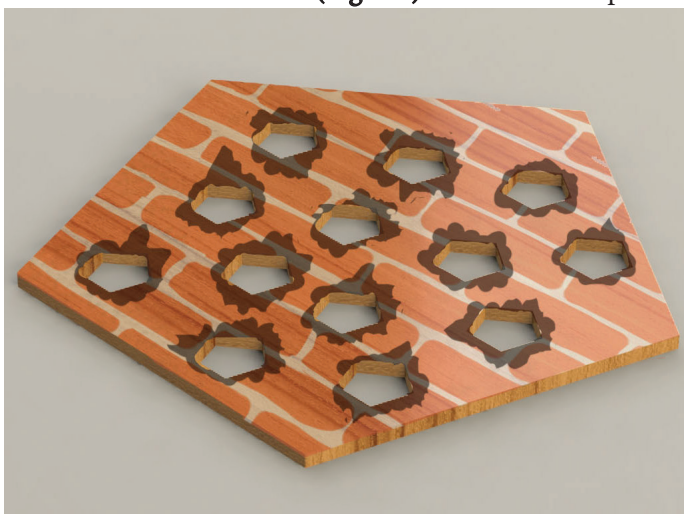
Driehoek-panelen
Er zijn tien driehoekpanelen in het geraamte. Om het beeld van de Klim Iglo rustig te houden hebben zij een standaard uitvoering. Aan de buitenkant is een tekening van een bakstenen muur, zodat de Klim Iglo het solide uiterlijk van een huis krijgt. Aan de binnenkant is dit een tekening van houten planken, om een gezellige uitstraling te krijgen.

(Fig 101) Het Ladder paneel

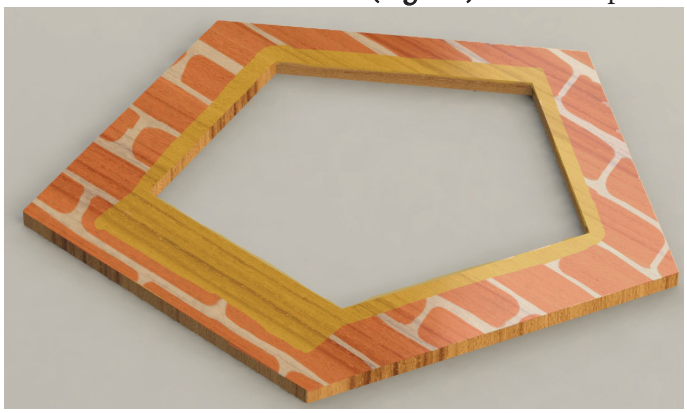


Ladder paneel (figuur 101)
Om de Klim Iglo te kunnen beklimmen zijn er ladder-vormen nodig. Deze bestaan uit zeshoekige gaten in het paneel die het klimmen mogelijk maken. De plaatsing van de trappen is hierbij het belangrijkst. Door de ladder anders te oriënteren, zal de beklimming ook anders worden. Er kan meer variatie in de beklimmings-mogelijkheden gebracht worden door de treden assymetrisch te maken. Deze vorm is in een tekening lastig te verantwoorden. Er wordt een abstractere vorm van gemaakt, zodat de kinderen er hun eigen draai aan kunnen geven

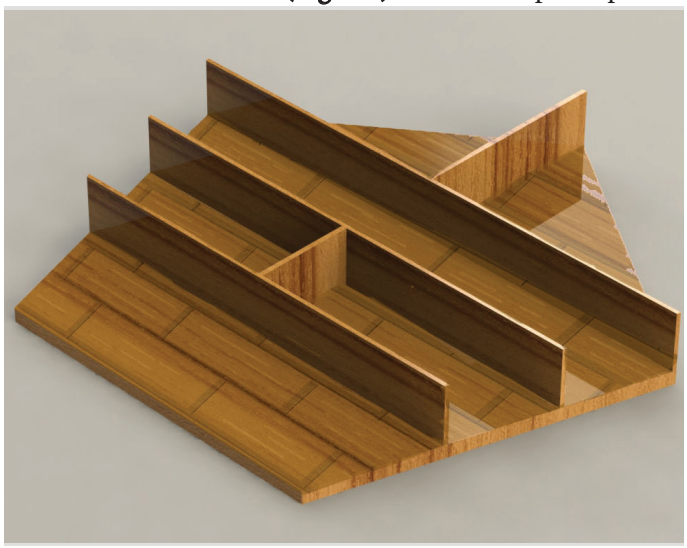
(Fig 102) Het Klimwand paneel



(Fig 103) Het Raam paneel



(Fig 104) Het Boekenplank paneel

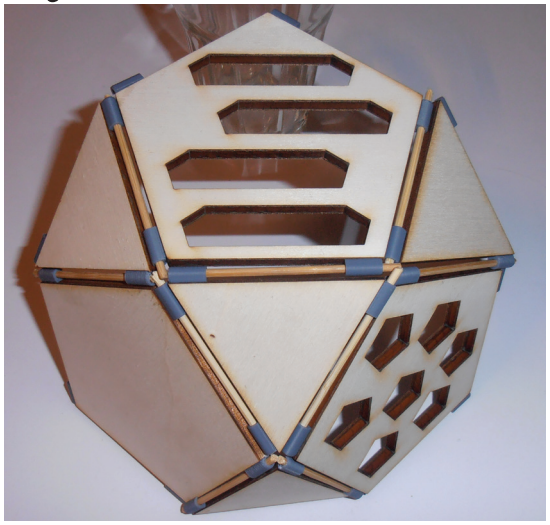


Klimwand paneel (figuur 102)
Dit paneel bestaat uit willekeurig verspreide kleine vijfhoekige uitsparingen. Anders dan bij de ladder kunnen de kinderen hier hun eigen pad vinden door de vele klim-mogelijkheden. De oriëntatie van het paneel maakt elke mogelijkheid een nieuw avontuur. Dit kan in de tekening bijvoorbeeld weergegeven worden als een muur met gaten. Bij de grootte van de gaten moet rekening gehouden worden met de grootte van kinderschoenen. Als het stavlak te dun is om in te staan kan het klimwand paneel niet gebruikt worden. Ook moet de afstand tussen de gaten klein genoeg zijn om ook de jongere kinderen een mogelijkheid te geven om te klimmen.

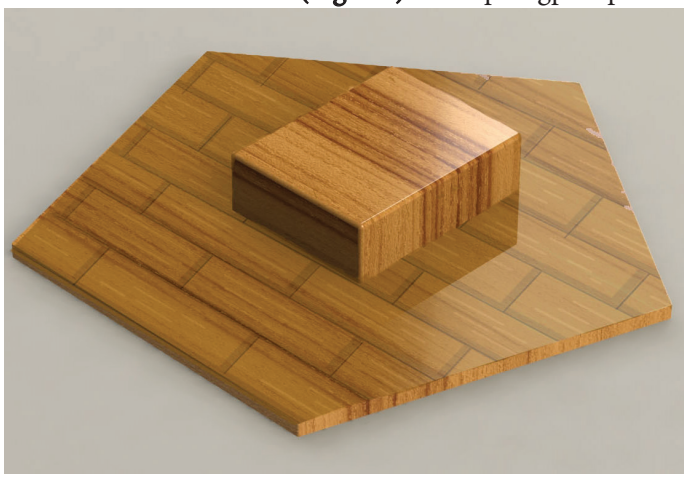
Raam paneel (figuur 103)
Om de Klim Iglo meer als een huisje te laten voelen is er een raam toegevoegd. Dit is niets meer dan een vijfhoekig gat in het midden. Bij het raam moet er rekening worden gehouden met de grootte: als deze te klein is bestaat er een kans dat kinderen vast komen te zitten in het gat. Om dit te voorkomen moet het gat voldoende groot zijn voor een vorwassene. De tekeningen aan beide kanten van het paneel laten weer zien dat het gaat om een raam, door een kozijn rond het gat te tekenen. Het kan eventueel worden uitgebreid met gordijntjes, om nog meer het gevoel van een raam te geven

Boekenplank paneel (figuur 104)
Het boekenplank paneel bestaat uit een aantal planken die met houtlijn aan het paneel zijn vastgemaakt. De stevigheid wordt vergroot door planken in horizontale én verticale richting te plaatsen. Zo kunnen belastingen uit verschillende richtingen beter worden opgevangen. Om de boekenplank praktisch te houden, is hier gekozen alle planken in één oriëntatie te leggen. Er kan ook voor gekozen worden om voor alle vijf de oriëntaties een plank toe te voegen, zodat de kinderen het in elk geval als boekenplank kunnen gebruiken.

(Fig 106) Het Schaalmodel



(Fig 105) Het Opbergplek paneel



Opbergplek paneel (figuur 105)
Er kunnen aan de panelen ook andere kleine toevoegingen worden gedaan dan boekenplanken. Hier is een voorbeeld van een bak waar de kinderen spullen in kunnen bewaren. Door een as in het midden van de bak draait hij mee met de oriëntatie van het paneel en kan hij altijd gebruikt worden

5.3.4 Schaalmodel

De onderdelen van de Klim Iglo zijn grotendeels bepaald. Om de structuur weer te testen is er weer een 1:12 schaalmodel gemaakt (figuur 106). De panelen zijn uit triplex gesneden, waaraan 3Dgeprinte inklemmingen zijn vastgemaakt. De panelen worden aan elkaar verbonden door saté-stokjes, die de buizen voorstellen. Door een aantal van deze panelen zo aan elkaar vast te maken is de structuur van de Klim Iglo nagebootst. Deze structuur is veel simpele op te bouwen dan de balken structuur, terwijl de resultaten van de structuur gelijk of beter zijn (hij staat steviger in elkaar). Om deze redenen is er besloten verder te gaan met deze structuur.

5.4.1 Materiaalkeuze

Materiaalkeuze bepaalt de stevigheid, lichtheid, produceerbaarheid en kosten van het ontwerp. Vooral stevigheid en lichtheid zijn belangrijk. Om een goede inschatting van de mogelijkheden te krijgen is er met CES Edupack gewerkt. In dit programma kunnen verschillende materialen met elkaar worden vergeleken op basis van hun materiaaleigenschappen. Hierdoor kan de focus veranderen per onderdeel en kunnen voor elk onderdeel geschikte materialen gevonden worden.

5.4.2 Buizen materiaal

De buizen van het geraamte zijn zeer belangrijk voor het overeind houden van het geraamte. Omdat de buizen hol zijn, zal het volume van het materiaal meevallen en kan de focus zich op de sterkte van het materiaal focussen. In CES zijn de dichtheid en sterkte tegen elkaar opgezet. Hiernaast is een limiet gestel op de prijs, namelijke maximaal 20 euro per kilo. Daaruit zijn drie materialen gehaald, zoals te zien is in **bijlage G**.

De drie materialen zijn Kevlar, Silica en Koolstofvezel. Uit een nadere analyse bleek dat Koolstofvezel, naast zijn sterkte, verreweg het beste krachten kon opnemen **(figuur 107)**. Koolstofvezel buizen zijn makkelijk te maken **(figuur 108)** door platen koolstofvezel op te rollen ver verstevigen met lijm. Het materiaal is sterk genoeg om zelfs met een kleine diameter alle krachten op zich te kunnen nemen. Er is gekozen om de koolstofvezel buizen een diameter van 25mm te geven. Hierdoor is het niet meer nodig vernauwingen toe te voegen.

(Fig 108) Koolstofvezel buizen

Price				
Price	* 18,8	-	25,2	EUR/kg
Physical properties				
Density	1,8e3	-	1,84e3	kg/m^3
Mechanical properties				
Young's modulus	225	-	245	GPa
Yield strength (elastic limit)	* 3,75e3	-	4e3	MPa
Tensile strength	4,5e3	-	4,8e3	MPa
Elongation	2	-	2,2	% strain
Compressive strength	* 4,9e3	-	5e3	MPa
Flexural modulus	* 225	-	245	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	4,5e3	-	4,8e3	MPa
Shear modulus	* 100	-	110	GPa
Bulk modulus	* 107	-	109	GPa
Poisson's ratio	0,01	-	0,2	
Shape factor	1			
Hardness - Vickers	660	-	810	HV
Fatigue strength at 10^7 cycles	* 3,83e3	-	4,08e3	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 1e-5	-	2e-5	

(Fig 107) Eigenschappen van Koolstofvezel

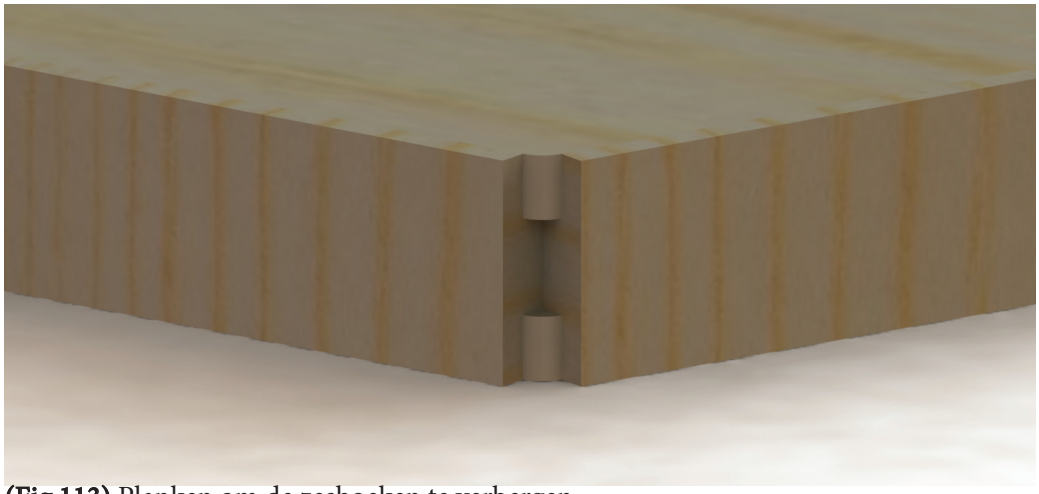
De connectors hebben hun eigen materiaal nodig. Koolstofvezel is niet geschikt, omdat de complexe vorm van de connectors hier niet uit gemaakt kan worden. De vorm kan het best (spuit)gegoten worden, waarbij verschillende kernen in de matrijs voor de vorm zorgen. Dit betekent dat het materiaal uit metaal of kunststof gevormd zal worden. In CES zijn de dichtheid en draagkracht weer tegen elkaar opgezet, deze keer met de eis dat de materialen (spuit)gegoten kunnen worden, zoals te zien is in **bijlage G**.

Drie mogelijke materialen zijn Aluminium, Titanium en Polyamide. Titanium heeft de beste sterkte / dichtheid verhouding, aluminium is het goedkoopst maar ook relatief zwaar, en polyamide vervult alles eisen goed. Hierom is gekozen voor de laatste. De verwachting is dat polyamide goed genoeg de krachten kan opvangen **(figuur 109)**. Kunststof connectors worden ook voor andere constructies, zoals tenten gebruikt **(figuur 110)**. De connectors worden spuitgegoten.

(Fig 110) Kunststof connectors

Price				
Price	* 6,18	-	6,81	EUR/kg
Physical properties				
Density	* 1,29e3	-	1,31e3	kg/m^3
Mechanical properties				
Young's modulus	* 8,96	-	11,2	GPa
Yield strength (elastic limit)	* 125	-	155	MPa
Tensile strength	* 126	-	154	MPa
Elongation	* 2,31	-	3,32	% strain
Elongation at yield	* 1,94	-	3,69	% strain
Compressive modulus	* 9,57	-	10,6	GPa
Compressive strength	* 160	-	176	MPa
Flexural modulus	* 7,88	-	9,44	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 188	-	229	MPa
Shear modulus	* 3,59	-	3,77	GPa
Shear strength	* 75,6	-	92,4	MPa
Bulk modulus	* 12,1	-	13,3	GPa
Poisson's ratio	* 0,354	-	0,368	
Shape factor	6,59			
Hardness - Vickers	* 39,9	-	44,1	HV
Hardness - Rockwell M	* 170	-	188	
Hardness - Rockwell R	* 170	-	188	
Hardness - Shore D	* 95	-	98,9	
Fatigue strength at 10^7 cycles	* 53,2	-	58,8	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,00854	-	0,00944	

(Fig 109) Eigenschappen van Polyamide



(Fig 113) Planken om de zeshoeken te verbergen

5.4.3 Panelen materiaal

De panelen zijn het de grootste onderdelen van de Klim Iglo en hebben de grootste invloed op het gewicht, waardoor lichtheid belangrijker wordt dan stevigheid. Toch moeten de panelen stevig genoeg blijven om op te klimmen. De dichtheid en buigkracht zijn tegen elkaar opgezet, omdat buigbelasting meer voor zal komen dan drukbelasting bij de panelen. Voor de lichtheid is een maximale dichtheid van 300 kg/m3 genomen om alleen lichte materialen mee te nemen, zoals te zien is in **bijlage G**.

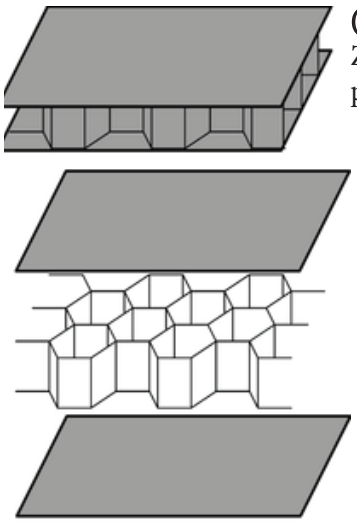
De twee mogelijkheden zijn balsahout en palmhout. Balsahout heeft de beste eigenschappen van de twee, maar valt onder de categorie zacht hout. De betekent dat het makkelijk bewerkbaar is, maar ook snel vergaat. Om deze reden is er toch voor palmhout gekozen. Deze houtsoort is ook goedkoper dan balsa hout en sterk genoeg **(figuur 111)**.

(Fig 111) Eigenschappen van Palmhout

Price				
Price	* 0,502	-	1	EUR/kg
Physical properties				
Density	250	-	480	kg/m^3
Mechanical properties				
Young's modulus	4	-	6	GPa
Yield strength (elastic limit)	* 11,1	-	13,5	MPa
Tensile strength	18,5	-	22,5	MPa
Elongation	* 1,25	-	1,53	% strain
Compressive strength	17	-	21	MPa
Flexural modulus	3	-	5	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	34	-	42	MPa
Shear modulus	0,2	-	0,3	GPa
Shear strength	* 9,5	-	11,6	MPa
Bulk modulus	* 0,21	-	0,31	GPa
Poisson's ratio	0,2	-	0,3	
Shape factor	5,5			
Fatigue strength at 10^7 cycles	* 10,3	-	12,5	MPa
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0112	-	0,0159	
Radial shrinkage (green to oven-dry)	3,4	-	6	%
Tangential shrinkage (green to oven-dry)	3,3	-	6,3	%
Volumetric shrinkage (green to oven-dry)	10,3	-	12,4	%
Work to maximum strength	40,6	-	49,6	kJ/m^3

Zoals de panelen ontworpen zijn, hebben ze een dikte iets dikker dan die van de buizen, om ze te kunnen inklemmen. Voor het het materiaal zou het echter betekenen dat de panelen erg zwaar worden. Om deze reden is er gekozen voor een sandwichconstructie. Beide kanten van de panelen bestaan uit dunne planken palmhout van 5mm, waartussen een zeshoek-structuur van 15mm karton komt **(figuur 112)**. De zes-hoek structuur is ideaal om de krachten van de ene plank naar de andere door te geven. Op deze manier blijven de planken dik, maar worden ze veel lichter.

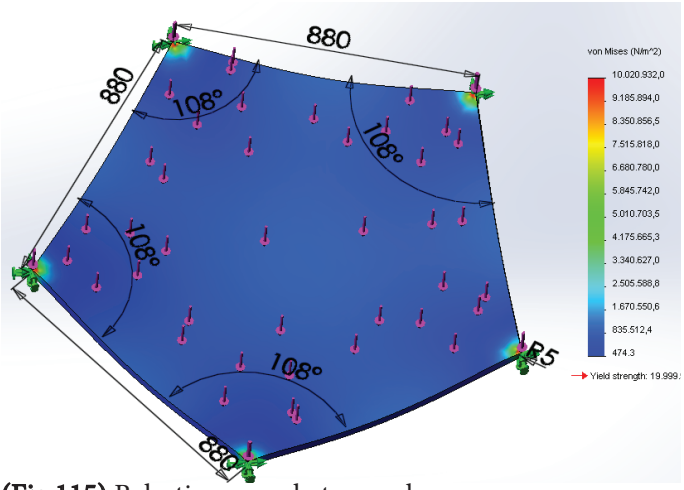
Aan de zijkant van de panelen is de zeshoek-structuur blootgesteld. Hierdoor zijn deze delen makkelijk kapot te maken en kunnen de inklemmingen niet worden vastgemaakt aan de panelen. Om deze reden worden planken aan de zijkanten van de panelen gemaakt, om de zeshoek-structuur onzichtbaar te maken **(figuur 113)**. Deze planken worden ook toegevoegd in eventuele gaten in de panelen. De plank bestaat uit een dikker en dunner deel, zodat het beter aansluit op de panelen en steviger vastgemaakt kan worden. Ze worden ook gemaakt van palmhout.



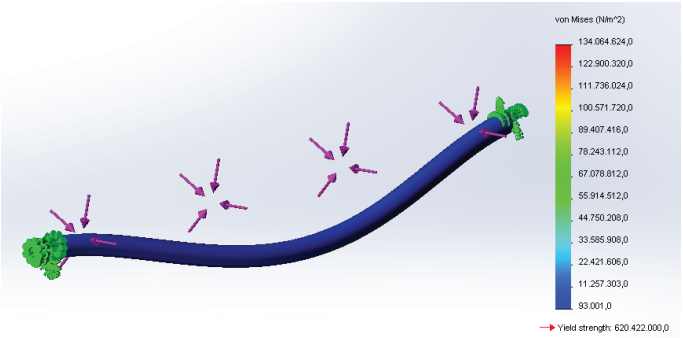
(Fig 112) Zeshoek panelen

Aan de panelen worden ook de inklemmingen vastgemaakt. Deze worden gefabriceerd uit hetzelfde materiaal als de connectors van de buizen: polyamide. Ze hebben zeer vergelijkbare eisen. De inklemmingen worden verbonden met de panelen door schroeven met een dikte van 5mm (figuur 114). De bredere vijfhoek-inklemmingen zullen vier van deze schroeven bevatten, de smallere driehoek-inklemmingen twee.

De technische tekeningen van alle standaard onderdelen staan in bijlage H.



(Fig 115) Belastingen op het paneel



(Fig 116) Belastingen op de buis

(Fig 114) Schroeven van 5mm

5.4.4 Sterkte Berekeningen

De huidige materialen en vormgevingen zijn gekozen om het voor kinderen mogelijk te maken het speelmeubel te beklimmen. In SolidWork worden op verschillende onderdelen simulaties uitgevoerd om te bepalen of die onderdelen hier geschikt voor zijn.

De gehele Klim Iglo berekenen is te veel voor een programma als SolidWorks. Om deze reden zijn er twee onderdelen uitgekozen waar de krachtberekeningen op worden uitgevoerd. Dit zijn de twee onderdelen die de meeste krachten zullen opnemen: het palmhouten paneel en de koolstofvezel buis. Op beide individuele onderdelen is een buigkracht van 1000N gezet: het gewicht van één volwassene of twee kinderen. Omdat dit een extreme situatie is, is de maximaal gewenste doorbuiging 10mm.

In de SolidWorks database zitten er geen materiaaleigenschappen voor palmhout. Om deze reden is er voor de meest vergelijkbare houtsoort gekozen: balsa hout. Op een balsahouten paneel is vervolgens een kracht van 1000N gezet, waarbij alle hoekpunten werden vastgezet om de inklemmingen na te bootsen (figuur 115). De maximale doorbuiging is 5.33mm.

In de SolidWorks database zitten er geen materiaaleigenschappen voor koolstofvezel buizen. Er is gekozen om de eigenschappen van een vergelijkbaar materiaal te gebruiken: gelegeerd staal. Op een stalen buis in een kracht van 1000N gezet, waarbij beide uiteindes waren ingeklemd om de connectors na te bootsen (figuur 116). De maximale doorbuiging is 0.18mm.

Hoewel voor beide krachtberekeningen materialen zijn gebruikt die zwakker zijn dan hun werkelijke materialen, is voor beide materialen de buiging minder dan 10mm gebleven en is de draagkracht niet overschreden. De huidige materialen en onderdelen zijn dus voldoende sterk om problemen te voorkomen.

5.5.1 Toetsing aan de eisen

Nu de verschillende onderdelen zijn uitgewerkt wordt het gehele ontwerp getoetst aan het programma van eisen. Ook wordt er gekeken naar de wensen waaraan wél is voldaan. Zo wordt gekeken of de Klim Iglo een succesvol ontwerp is geworden.

Kan binnen het concept van de lichtgewicht woning geplaatst worden
De Klim Iglo maakt gebruik van lichtgewicht constructietechnieken en materialen. Er is met de opdrachtgever gesproken en het geheel is met zijn visie afgesteld.
Kinderen van de 3 - 12 jaar kunnen zich vermaken met het meubel
Voor de hele leeftijdsgroep zijn er interessante dingen toegevoegd aan de speelmeubel. Jonge kinderen gebruiken het als een plek om te spelen, oudere kinderen kunnen het gebruiken om mee te spelen en de oudste kinderen gebruiken het als plek voor zichzelf.
Minimaal 8 jaar meegaan onder normaal gebruik
Er is geen reden te denken dat de Klim Iglo geen 8 jaar mee zal gaan. De materialen zijn stevig en kunnen de belastingen van klimmende kinderen opvangen. Geen van de materialen zal makkelijk vergaan.
Een volwassene óf twee kinderen kunnen de speelmeubel verplaatsen
In **bijlage I** staat een gewichtsanalyse. Hieruit blijkt dat het totaalgewicht 99,1 kilogram is. Dit is voor veel mensen teveel om te dragen over korte afstanden, maar de individuele onderdelen wegen maximaal 10,88 kilogram. Dit is wel mogelijk
De prijs is maximaal 1000 euro
In **bijlage J** staat een prijsanalyse. Hierin wordt geschat dat de Klim Iglo rond de €750 zal kosten.
De maximale hoogte is 2,70 meter
De Klim Iglo zit ver onder deze hoogte: een hoogte van ongeveer 1,50 meter. Dit is gebaseerd op het gemaakte SolidWorks model.
Kan door één kind gebruikt worden
De kinderen kunnen de speelmeubel op elke manier gebruiken die ze wensen, aangezien het vooral een plek is om te spelen, ook om alleen te spelen.
Kan door meerdere kinderen gebruikt worden
Er is genoeg plaats voor meerdere kinderen om te spelen, vooral op jongere leeftijd. Er kan hierdoor met meerdere kinderen gespeeld worden.
Daagt uit tot actief speelgedrag, met name klimmen
De Klim Iglo heeft verschillende onderdelen waar de kinderen op kunnen klimmen. Hoewel de focus niet op het klimmen ligt, is het zeker mogelijk te klimmen.
Één persoon kan het speelmeubel in elkaar zetten
De verschillende onderdelen zijn klein en hebben simpele verbindingen. Er zijn veel onderdelen, maar met genoeg tijd is het goed mogelijk voor één persoon de Klim Iglo in elkaar te zetten.
Het kind is altijd zichtbaar van buiten
HDe Klim Iglo kan op een dusdanige manier worden opgebouwd dat dit het geval is. Deze eis is vooral relevant voor jongere kinderen, die zelf de Klim Iglo niet in elkaar zetten.
Het kind moet in elk geval bereikbaar zijn voor volwassenen
De opening is groot genoeg voor volwassenen om doorheen gaan. In het geval dat de ingang geblokkeerd is, kunnen de verschillende panelen makkelijk uit het geraamte worden gehaald.
Kan vervoerd worden in een auto
De speelmeubel kan in vele verschillende delen uit elkaar gehaald worden, waardoor hij goed opgeborgen kan worden in een auto.
Bevat geen afbreekbare onderdelen
Alle onderdelen zijn stevig en worden niet makkelijk afgebroken.
Bevat geen uitstekende onderdelen
De speelmeubel bevat geen uitstekende onderdelen die in de weg zitten bij het spel van een kind.
Mag geen giftige stoffen voor de kinderen bevatten
De onderdelen die gebruikt zijn om de Klim Iglo op te bouwen bevatten geen giftige componenten
Voorkomt beknelling lichaamsonderdelen van kinderen
Er zijn geen kleine gleuven, aflopende hoeken of samenkomende punten in het ontwerp. Alles is makkelijk uit elkaar te halen, mocht een kind vast komen te zitten.
Verbrandt niet bij directe blootstelling aan potentiële vuurhaarden
Alleen het palmhout heeft de mogelijkheid makkelijk te branden bij potentiële vuurhaarden. Dit kan voorkomen worden door een vuurwerende laag lak over het palmhout te smeren.

5.5.2 Voldane wensen

Buiten te gebruiken
De Klim Iglo kan buiten gezet worden. Hij moet niet te lang buiten staan, omdat palmhout maar een beperkte weerstand tegen vocht heeft.

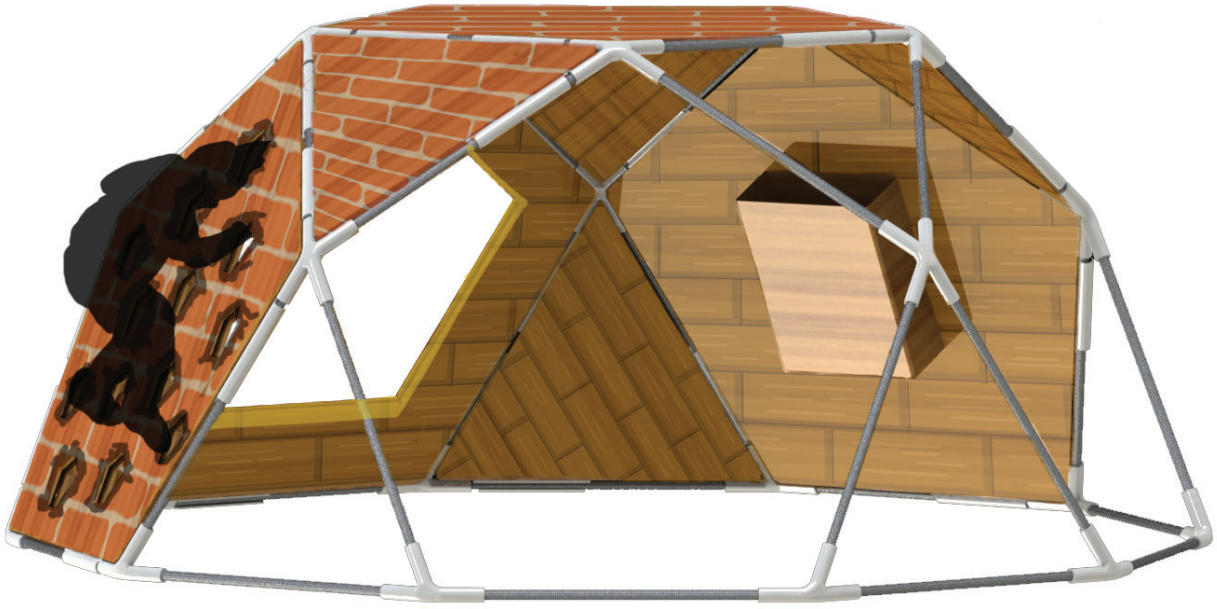
Makkelijk schoon te maken
Volwassenen kunnen makkelijk bij de verschillende onderdelen komen. De meeste onderdelen kunnen zelfs goed losgehaald worden. De Klim Iglo is hierdoor makkelijk schoon te maken.

Er is mogelijkheid tot uitbreiding
Er zijn veel mogelijkheden om de panelen vorm te geven. Er kunnen makkelijk extra ontwerpen worden gemaakt die als uitbreidingsmogelijkheden voor de speelmeubel dienen.

Daagt uit tot dramatisch speelgedrag, met name als omgeving
Door de tekeningen op de panelen en de ruimte die de speelmeubel geeft is er veel mogelijk wat betreft dramatisch speelgedrag.

Daagt uit tot creatief speelgedrag, met name tekenen of schilderen
Op de panelen kunnen dingen worden toegevoegd die uitdagen tot creatief speelgedrag, waarvan het krijtbord een goed voorbeeld is.

Daagt uit tot constructief speelgedrag
De Klim Iglo kan naar eigen wens worden opgebouwd. De panelen worden geplaatst en georiënteerd zoals de kinderen dat willen. Dit valt onder constructief speelgedrag.



(Fig 117 & 118) Eindtekeningen

6. CONCLUSIE

In dit hoofdstuk worden de conclusies over het hele project getrokken. Hiervoor is er kort samengevat wat er met het ontwerp is bereikt. Hierna worden aanbevelingen gedaan over verdere mogelijkheden van de Klim Iglo en een zelfreflectie over de resultaten van de opdracht.

6.1 Conclusie

De bacheloropdracht bedroeg het ontwerpen van een speelmeubel binnen het concept van lichtgewicht bouwen, een ontwerpend onderzoek waar de opdrachtgever DRS22 mee bezig is. Hierbij waren de eisen vanuit de opdrachtgever dat de speelmeubel klimbaar moest zijn, en interessant moest blijven voor een leeftijdsgroep van 3 - 12 jaar. Hiervoor bleek het tijdens de analyses nodig dat de kinderen de speelmeubel als speelgoed, maar ook als speelplek kunnen gebruiken. De interactie met de speelmeubel is vooral gefocust op actief en constructief speelgedrag, terwijl dramatisch speelgedrag de speelmeubel als omgeving gebruikt.

Uit de ideefase zijn veel verschillende ideeën naar voren gekomen. Deze focussen zich op speelgedrag, vormgeving en constructie. Samen met de opdrachtgever is gekeken naar de ideeën die kans van slagen hadden: de Klimboom en Klim Iglo. Beide concepten richten zich op klimmen en geven de mogelijkheid tot een speelplek. Na de conceptfase bleek dat de veelzijdigheid van de Klim Iglo doorslaggevend was; deze is verder uitgewerkt.

De uiteindelijke Klim Iglo is gevormd naar een icosidodecaëder, waarbij de ribben een geraamte vormen en de vlakken worden gemaakt door panelen. Het geraamte is opgebouwd uit koolstofvezel buizen, die verbonden zijn door Polyamide connectors. Het geraamte is door de vele buizen makkelijk op te bouwen, maar blijft door de structuur en het materiaal toch stevig. De panelen bestaan uit sandwichpanelen met palmhouten planken die een kartonnen zeshoek-structuur omvatten. Ook de zijkanten van de panelen bestaan uit palmhouten planken.

Om de speelmeubel interessant te houden, bevatten de panelen tekeningen die het geheel een interessant uiterlijk geven. Deze tekeningen versterken het spel van de kinderen. Ook worden er gaten aan de panelen toegevoegd, die de panelen te beklimmen maken, waarmee actief speelgedrag wordt uitgelokt. De panelen zijn vrij plaatsbaar, waardoor kinderen hun eigen meubel maken. Dit bevordert constructief speelgedrag.

Het uiteindelijke concept is stevig en lichtgewicht opgebouwd. Het voldoet aan de eisen die opgesteld zijn in de conceptfase, waarbij het ook veel van de gestelde wensen meeneemt.

6.2 Aanbevelingen

Mocht er ooit interesse zijn de speelmeubel op de markt te brengen, dan is het verstandig meer en grondigere tests uit te voeren op de Klim Iglo. Deze tests kunnen zijn in de vorm van stevigheid, duurzaamheid, gewicht, produceerbaarheid of prijsbepaling. Hoewel sommige van deze dingen onderzocht zijn, is dit voornamelijk oppervlakkig gebeurd en worden er geen definitieve conclusies aan verbonden.

Een tweede aanbeveling is een manier vinden om het concept aan kinderen te laten zien, en het liefst door hen te laten testen. Op deze manier kunnen er gevaren en verbeterpunten geconstateerd worden die je van tevoren niet kan bedenken. Kinderen zijn onvoorspelbaar. Ook leraren of ouders kunnen een blik werpen op het concept, en uitleggen waarom het wel of niet voor hun kinderen geschikt zou zijn.

Een laatste aanbeveling is het inkaderen van de mogelijkheden. In dit verslag is slechts een kleine fractie van de mogelijkheden van de panelen bestudeerd. Bij de uitwerking moet een ontwikkelaar zelf kiezen of de huidige richting wordt aangehouden of dat een compleet nieuwe richting wordt ingeslagen.

6.3 Reflectie

Het voornaamste probleem bij dit ontwerptraject was de tijdsdruk. In het begin, bij de analysefase, was de druk nog onder controle. Er is goed de tijd genomen om alle aspecten van de speelmeubel onder de loep te nemen. Hierdoor konden er in de ideefase verschillende, maar doordachte ideeën worden neergezet. Rond deze tijd werd het duidelijk dat de tijd niet overvloedig was. Hierdoor moest er snel naar een einde toe gewerkt worden, waardoor tunnelvisie ontstond. Er werden niet de goede vragen bij concepten gesteld, waardoor er langzaam veel fouten in kwamen te zitten. Dit resulteerde in de realisatie dat het concept anders aangepakt moest worden, waar toen nog maar weinig tijd voor over was.

Ik heb veel geleerd van deze bacheloropdracht. Hoewel ik al drie jaar aan het ontwerpen ben, heb ik veel nieuwe methodes geleerd om problemen aan te pakken. Een van de voornaamste dingen was de mogelijkheid voort te bouwen op de ontwerpen van anderen: je hoeft niet alles zelf te bedenken. Vooral kijken naar andere ontwerpers is iets wat we tijdens de studie maar weinig leren. Naast het ontwerpen heb ik veel geleerd over organisatie. Je bent tijdens zo'n opdracht veel op jezelf aangewezen, maar blijft toch een zeker verantwoordelijkheid houden tegenover je opdrachtgever. Plannetjes maken, en onderbouwen, is belangrijker dan ooit.

Wat me het meeste heeft verbaasd is hoeveel ik heb gehad aan de mensen waarmee ik over mijn opdracht sprak. Niet alleen de begeleiders, maar ook vrienden of familie zijn waardevolle bronnen van advies. Vooral toen ik vast zat, hielpen zij het probleem van een andere kant te bekijken.

Ik ben tevreden met het uiteindelijke concept, al had ik graag gehad dat er meer tijd was de details uit te werken. Het idee als geheel werkt zoals ik dat wilde, maar individuele onderdelen kunnen nog onbekende fouten bevatten. Eigenlijk had ik meer willen, en misschien wel moeten, testen. De tijdsdruk die achter het project stond heeft dat helaas onmogelijk gemaakt.

BRONNEN

Referenties

[1] Hinte, E. v., & Beukers, A. (2005). Lightness: The Inevitable Renaissance of Minimum Energy Structures Rotterdam: 010 publishers.

[2] Ras, P., & Jacobs, M. (2014, Mei 6). Helft Europees wegvervoer bouwgerelateerd. Retrieved from Centraal Bureau Statestiek: www.cbs.nl

[3] Schutte, W., Said, M., & Blom, K. (2011, Februari). Rotterdam omarmt composiet brug in duurzaam beleid. Retrieved from Rotterdam: www.rotterdam.nl

[4] Johnson, J. E. (1998). Play Development from Ages Four to Eight. In D. Bergen, Play from Birth to Twelve and Beyond: Contexts, Perspectives, and Meanings (pp. 146-159). New York: Taylor & Francis.

[5] Herrington, S., Lesmeister, C., Nicholls, J., & Stefiuk, K. (2010). 7C's: An Informational Guide to Young Children's Outdoor Play Spaces. Consortium for Health, Intervention, Learning and Development (CHILD).

[6] Therrell, J. A. (2002). AGE DETERMINATION GUIDELINES: Relating Children's Ages To Toy Characteristics and Play Behavior. U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC).

[7] Europese Unie. (2009). RICHTLIJN 2009/48/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD betreffende de veiligheid van speelgoed. LUXEMBURG: BUREAU VOOR OFFICIËLE PUBLICATIES DER EUROPESE GEMEENSCHAPPEN.

[8] Ministerie van Economische Zaken. (2001). Veiligheid van Speelterreinen. Brussel: ir. Jan Deconinck.

[9] Hinte, E. v. (n.d.). 3XNIX MODELHUIS. Retrieved from DRS22: http://www.drs22.nl/projecten/3xnix-2 modelhuis

[10] Hatton, E. (1979). The tent book . Boston: Houghton Mifflin Co. .

[11] Frei, O. (1962). wo volume classic put out by the Institute for Lightweight Structures (now out of print illustrating thousands of innovative ideas. The MIT Press: Cambridge and London.

[12] Durance, D. (2009). survey of cardboard.

figuren

[figuur 1] www.rotterdam.nl

[figuur 5] www.thystoys.nl

[figuur 6 - 19] www.amazon.com

[figuur 22 - 25] www.en.wikipedia.org

[figuur 26] c2.staticflickr.com

[figuur 29] www.en.wikipedia.org

[figuur 69] www.hobberman

[figuur 108] stablwallcarbonfiber.com

[figuur 110] www.anda-plastic.com

[figuur 112] www.en.wikipedia.org

[figuur 114] www.laptopscrewsdirect.com