

KUNSTSTOF OVERAL PUZZEL

Het ontwerpen van een educatieve
puzzel over kunststof voor
tweedejaars vmbo-leerlingen



Jop van Roosmalen

September 2015

Bachelor opdracht
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

In opdracht van Stichting C3

Colofon

Titel

Het ontwerpen van een educatieve puzzel over kunststof voor
tweedejaars vmbo-leerlingen

Student

Jop van Roosmalen

Studentnummer

S1113534

Opleiding

Bachelor Industrieel Ontwerpen

Onderwijsinstelling

Universiteit Twente

Einddatum

28 september 2015

Opdrachtgever

Stichting C3

Loire 150

2491 AK Den Haag

Beoordelingscommissie

Dr. Jelle van Dijk, UT-begeleider

Dr.Ir. G. Maarten Bonnema, UT-Examinator

Anne-Lotte Masson MSc., Bedrijfsbegeleider vanuit Stichting C3

Versie

Eindversie 21-09-2015

Samenvatting

Federatie NRK (Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) heeft behoefte aan een nieuwe leskoffer voor een voorlichtingsles aan scholieren van het vmbo. De oude leskoffer is namelijk gedateerd en sluit niet meer aan op de huidige manier van lesgeven, waarin de leerling zelf een steeds grotere rol krijgt. De opdracht om een nieuwe voorlichtingsles te ontwikkelen heeft de federatie NRK neergelegd bij Stichting C3. Stichting C3 is de brug tussen de chemische sector, onderwijs en jongeren. Stichting C3 heeft een opzet gemaakt voor de voorlichtingsles. In die opzet gaan leerlingen interactief aan de slag met de lesstof met een puzzel. Het ontwerpen van deze puzzel is het onderwerp van dit verslag. Eerst is de opgave geanalyseerd. In de analyse wordt er gekeken wie de gebruikers zijn, wat de gebruikscontext is, welke stof en hoe deze stof het beste aangereikt kan worden. De kenmerken van de doelgroep en hun capaciteiten zijn met behulp van bureauonderzoek en observaties opgesteld. Datzelfde is gedaan voor de gastdocent. Daarnaast zijn er scenario's opgesteld en is de stof bekeken. Om meer achtergrond te krijgen van het leerproces en speelactiviteiten is er gebruik gemaakt van het leermodel van Kolb, het constructivisme en de reversal theory van Apter. Op deze manier is er een kader gedefinieerd waarin een educatief spel functioneert. Daarnaast is gekeken welke vormgevingskenmerken volstaan. Deze analyse vormt het theoretisch kader voor de verdere ontwikkeling van de puzzel. Er zijn verschillende ideeën uiteengezet. Hieruit is met de opdrachtgever een keuze gemaakt welke verder uitgewerkt is tot concepten. In de concepten is er een vertaalslag gemaakt naar een mogelijke uitvoering. De werking van bedachte mechanismes is onderzocht met een functioneel prototype. Op basis hiervan zijn aanbeveling opgesteld.

Summary

The Dutch Federation of Rubber and Plastics Industry (NRK) needs a new lesson setup for promotional talks for second year students of the lower secondary professional education. The old lesson setup is outdated and no longer fits the current way of teaching, in which the pupil plays a more central role. The task of developing a new lesson setup has been outsourced to Stichting C3. Stichting C3 forms a link between the chemical industry, education and the youth. Stichting C3 has made a design for a new lesson setup. In the new setup, pupils are encouraged to work interactively with the theory through solving a puzzle. The design of this puzzle is the subject of this report. First the problem is analyzed. In the analysis, we look who the users are, what the context of use is, the substance and how the theory can best be formatted. The characteristics of the target group and their abilities are described using desk research and observations. The same is done for the guest lecturer. Scenarios are made and the theory is examined. To acquire more knowledge on learning and playing, the learning model of Kolb, constructivism and the reversal theory of Apter are used. Also, it was investigated which design features you should use. This analysis forms the theoretical framework for the design of the puzzle. Several designs were made. Together with Stichting C3 some designs were chosen to develop further into concepts. During this development a translation towards a physical product design was made. Of this new design some mechanisms were tested in a functional prototype. These tests form the basis of recommendation for further development.

Voorwoord

Dit project is uitgevoerd als een bachelor opdracht voor de bachelor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. In deze opdracht wordt de kennis en vaardigheden die in de bachelor zijn opgedaan in de praktijk gebracht. In dit geval is dit een ontwerpopdracht geweest voor Stichting C3.

Voor mijn bachelor opdracht heb ik een ontwerpvoorstel gemaakt voor een educatief spel over kunststoffen. Dit spel zal als lesmiddel gebruikt worden in een les voor tweedejaars vmbo-leerlingen. Dit spel heb ik ontwikkeld in opdracht van Stichting C3. Hierbij wil ik Stichting C3 bedanken voor het faciliteren van de opdracht. Anne-Lotte Masson heeft mij begeleid. Haar wil ik bedanken voor de leuke en interessante gesprekken en de prettige samenwerking. Ook Pauline Sloet die af en toe heeft meegekeken, wil ik bedanken. De Stichting C3 opende deuren die anders voor mij gesloten zouden zijn.

Vanuit de universiteit ben ik begeleid door Jelle van Dijk. Hem wil ik bedanken voor het verbreden van mijn horizon. Met zijn feedback heeft hij voor mij de lat telkens een stukje hoger gelegd en heeft hij mijn blik verder doen reiken.

Tijdens mijn stageperiode heb ik ook een aantal dagen mogen werken bij NRK. Hier wil ik Eric Schutjes, Wijnand Hollander en Jac Gofers bedanken die feedback gaven over het project.

Ook het Olympus College in Arnhem, het Markland College in Zevenbergen en Shell ben ik dankbaar. Zij hebben mij uitgenodigd om een dagje mee te kijken.

Daarnaast wil ik Faes Cases in Reusel bedanken. Zij hebben me op weg geholpen bij de vertaalslag naar een fysiek product.

Inhoudsopgave

Colofon	3	7.1.5 Faes Cases	23
Samenvatting	4	7.1.6 Conclusie	24
Summary	5	8. Idee Stichting C3	25
Voorwoord	6	8.1.1 Conclusie	26
Inhoudsopgave	7	9. Programma van eisen	27
1. Inleiding	8	10. Idee ontwikkeling	28
2. Gebruikers	10	10.1 Combineren	28
2.1 De tweedejaars vmbo-leerling	10	10.2 Nieuw voorstel: Kunststof Kubus	32
2.1.1 Persona	11	10.2.1 Laag 1: Soorten	32
2.2 De NRK-medewerker	11	10.2.2 Laag 2: Toepassing	32
2.3 De gastdocent	11	10.2.3 Laag 3: Recycling	33
2.4 De docenten	12	10.2.4 Laag 4: Grondstoffen	34
2.5 Conclusie	12	10.2.5 Laag 5: Bewerking	34
3. Gebruikscontext	13	10.3 Implementatie overige leerdoelen	35
3.1 Omgeving	13	10.4 Conclusie	35
3.2 Context	13	11. Concepten	36
3.3 Scenario	13	11.1 Concept Mio	36
3.4 Conclusie	14	11.1.1 Laag 1: Soorten sorteren	37
4. Didactiek	15	11.1.2 Laag 2: Eigenschappen toekennen	38
4.1 Algemeen	15	11.1.3 Laag 3: Recycling	39
4.2 Constructivisme	15	11.1.4 Laag 4: Grondstoffen	40
4.3 Kolb	15	11.1.5 Laag 5: Sleutel maken	41
4.4 Conclusie	15	11.2 Concept T-loc	42
5. Leerdoelen	17	11.3 Evaluatie concepten	44
5.1 Voorkennis	17	11.3.1 Concept Mio	44
5.2 Leerdoelen vanuit Stichting C3	17	11.3.2 Concept T-loc	44
5.3 Verhouding: les en puzzel	19	11.3.3 Evaluatie	44
5.4 Conclusie	19	11.4 Conclusie	44
6. Spel	20	12. Testfase	45
6.1 Reversal theory	20	12.1 Functioneel prototype	45
6.2 Voorbeelden reversal theory	21	12.2 Functionele test	47
6.3 Reversal theory toepassen	21	12.2.1 Knikkerspel met blokkades	47
6.4 Conclusie	21	12.2.2 Knikkerspel met doolhof	47
7. Vormgeving	22	12.2.3 Knikkerspel met mageneten	48
7.1.1 Speels versus serieus	22	12.2.4 Sleutel maken	48
7.1.2 Kunststof	22	12.3 Voorstel gebruikstest	48
7.1.3 Website	22	12.4 Conclusie	49
7.1.4 Budget	23	13. Conclusie en aanbevelingen	50
		13.1 Aanbevelingen	50
		13.2 Reflectie	50
		Referenties	52
		13.2.1 Figuren	52

1. Inleiding

Bedrijven uit de kunststofindustrie geven voorlichtingslessen op scholen voor promotiedoeleinden. Hiervoor heeft de overkoepelende federatie, Federatie NRK (Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie), een leskoffer beschikbaar gesteld. Deze leskoffer ondersteunt bedrijven bij het geven van de voorlichtingsles. De voorlichtingsles heeft als doel de zichtbaarheid van kunststoffen, rubbers en composieten te vergroten. Jongeren moeten inzicht krijgen in de toepassingen van kunststof, het nut van dit materiaal en uiteindelijk de kunststofindustrie. Daarnaast wil NRK meegeven dat het gebruik van kunststof duurzaam kan zijn. De voorlichtingsles heeft dus drie belangrijke functies:

1. Introductie in de wereld van kunststof
2. Het nut van kunststof benadrukken
3. Affectie met het materiaal kunststof creëren

Federatie NRK (Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie) wil een nieuwe lesopzet. De oude lesopzet, zie Figuur 1, sluit namelijk niet meer aan op de huidige manier van lesgeven. In de nieuwe leeromgeving is de leraar iemand die het leerproces begeleidt in plaats van leidt: leerlingen hebben een grotere bijdrage en de lessen zijn meer multimediaal dan voorheen (Kerpel, 2014). De nieuwe leskoffer moet meer aansluiten op deze nieuwe trend.



Figuur 1 De oude leskoffer van Federatie NRK

Stichting C3 is door NRK ingeschakeld om de nieuwe les te ontwikkelen. Stichting C3 is een schakel tussen de chemische sector en de jongeren.

Stichting C3 maakt onafhankelijke en wetenschappelijk verantwoorde informatie behapbaar voor jongeren.

Stichting C3 heeft besloten om een nieuwe leskoffer te ontwikkelen, met als doelgroep tweedejaars vmbo-leerlingen. Vmbo staat voor 'voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs'. Omdat er binnen het vmbo verschillende niveaus zijn, is deze doelgroep nog heel breed, zie ook Bijlage D. Daarom wordt de doelgroep verder ingekaderd tot de theoretische-, gemengde- en kaderberoepsgerichte leerweg. In praktijk komt het namelijk voor dat deze drie leerwegen in de onderbouw in dezelfde klas zitten.

De doelgroep is door NRK en Stichting C3 gekozen, omdat deze groep meer dan 50% (CBS, 2015) van de (toekomstige) Nederlandse bevolking vertegenwoordigt. Ook zit er in deze doelgroep een groot deel potentiële werknemers van de kunststofindustrie. Na de bijbehorende mbo-opleiding kunnen de leerlingen bijvoorbeeld aan de slag als procesoperator, zie Bijlage D. (Stichting C3, 2014)

Voor deze doelgroep is het belangrijk dat de les afwisselend is, dat ze iets mogen doen, dat er een spelelement inzit, dat de expert vanuit de industrie een belangrijke rol speelt en dat er vooral veel visualisatie gebruikt wordt. Om de les aantrekkelijk te maken wordt er gewerkt met filmpjes en een fysieke puzzel. Omdat Stichting C3 een relatief grote puzzel voor ogen heeft, is er voor gekozen om per klas 5 puzzels te verstrekken. Dit betekent dat de leerlingen in groepjes aan een puzzel gaan werken. De keuze om een spel te integreren ligt voor de hand; Leerlingen worden intrinsiek gemotiveerd als ze een spel spelen (Malone & Lepper, 1987). Deze educatieve puzzel zal de leerlingen de lesstof op een interactieve manier toetsen, het principe hierbij is learning by doing.

Volgens Van Dale is een puzzel een raadsel of moeilijke opgave die als tijdverdrijf opgelost wordt (Van Dale Uitgevers, 2014). Een spel is een bezigheid ter ontspanning volgens vaste regels met elementen als verbeelding, competitie, behendigheid, inzicht en kans. Om de puzzel beter op de doelgroep aan te laten sluiten wordt er daarom gekozen om spelelementen aan de puzzel toe te voegen.

Het is nog niet duidelijk hoe de puzzels gedistribueerd zullen gaan worden. Het huidige plan is om een set landelijk of regionaal beschikbaar te stellen. Een aantal vaste medewerkers zullen getraind worden om met de leskoffer te werken. Deze vaste medewerker zal de medewerker vanuit de kunststofindustrie (gastdocent) bijstaan in het

geven van de voorlichtingsles en verantwoordelijk zijn voor het onderhoud en het vervoer van de koffer. Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat de leskoffer goed onderhouden, vakkundig toegepast en frequent gebruikt wordt.

Doel Bacheloropdracht

Het doel van deze bachelor eindopdracht is het ontwerpen van een educatieve puzzel over kunststoffen voor tweedejaars vmbo-leerlingen. Het doel van de bacheloropdracht is behaald wanneer er een plan voor een prototype op tafel ligt, waarmee, geïntegreerd in het lespakket, een gebruikstest uitgevoerd kan worden bij de tweedejaars vmbo-leerlingen.

De educatieve puzzel is een spel met daarin verschillende opgaven die de theorie in de les in praktijk moeten brengen. De puzzel moet de theorie op een speelse manier aanbieden om zodoende de leerlingen te enthousiasmeren voor het onderwerp kunststof. De puzzel moet gebruikt kunnen worden in groepjes van vijf leerlingen en moet goed aansluiten op de les van Stichting C3.

Aanpak

In deze bachelor opdracht is de volgende hoofdvraag met de bijbehorende deelvragen geformuleerd:

Wat is een mogelijke ontwerp oplossing voor een educatieve puzzel die kennis over kunststoffen overdraagt aan tweedejaars vmbo-leerlingen?

1. Welke eisen stelt de doelgroep tweedejaars vmbo-leerlingen aan het ontwerp?
2. Welke overige belanghebbenden (naast tweedejaars vmbo-leerlingen) zijn er en wat zijn hun belangen bij de puzzel?
3. Hoe kun je met spelelementen ontwerpen?
4. Hoe kunnen de educatieve doelen in het spel geïntegreerd worden?
5. Wat zijn aandachtspunten opdat de educatieve puzzel in zijn gebruikssituatie past?

De hoofdvraag zal beantwoord worden met het beantwoorden van de deelvragen en het ontwerptraject dat daarop volgt. De deelvragen worden opgenomen in de analyse. Een gedeelte van de analyse wordt uitgevoerd door een bureauonderzoek en contact met de opdrachtgever (vragen 1 tot en met 5). Om dichterbij de doelgroep te staan en een kwalitatief beter ontwerp te maken wordt er ook contact gezocht met de doelgroep (vragen 1, 2 en 4). De analyse vormt een theoretisch kader voor het ontwerp. Dit theoretisch kader dient als tool en is geen

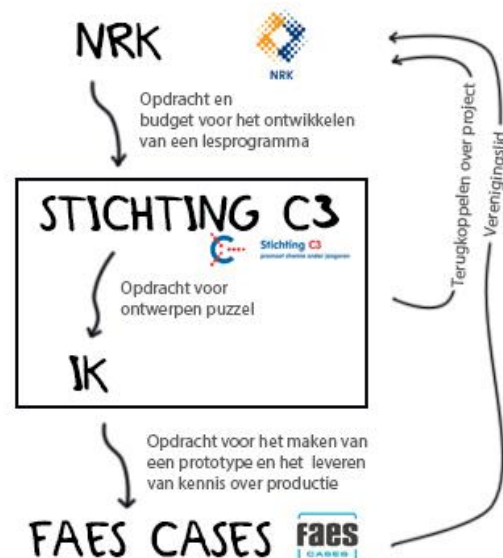
eindproduct. Het theoretisch kader zal daarom ook vertaald worden in een programma van eisen.

Stichting C3 heeft veel informatie en ervaring ter beschikking. Naast de informatie van Stichting C3 is er contact gezocht met een VMBO school. In de eerste maand is er een contactmoment met de doelgroep geweest. In dit contactmoment is informatie ingewonnen worden over de doelgroep en de context (vragen 1, 2 en 4).

Na de analysefase komt de ontwerpfase. De ontwerpfase moet leiden tot het prototype. Het ontwerpen is een Iteratief proces waarin steeds nieuwe ideeën en oplossingen worden bedacht en beoordeeld.

De ontwerpen komen tot stand aan de hand van het programma van eisen. De uiteindelijke conceptkeuze zal in een werkoverleg tussen Stichting C3 en NRK, gerealiseerd worden.

De laatste stap is het maken van een plan voor een prototype. Hiervoor zal het ontwerp misschien nog iets aangepast moeten worden. Voor het maken van een prototype-klaar ontwerp, wordt er samengewerkt met kofferproducent Faes Cases.



Figuur 2 Organogram

2. Gebruikers

In het kunststofspel zijn een aantal gebruikers betrokken. Deze gebruikers kun je in verschillende groepen indelen: De tweedejaars vmbo-leerlingen (de doelgroep en primaire gebruiker), de NRK medewerker (secundaire gebruiker), de gastdocent (secundaire gebruiker) en de docent (tertiaire gebruiker). In dit hoofdstuk wordt elke groep verder gekarakteriseerd. Uit deze omschrijving volgen eisen die worden opgenomen in het programma van eisen.

2.1 De tweedejaars vmbo-leerling

Zoals beschreven in de introductie bestaat de doelgroep uit tweedejaars vmbo-leerlingen van de theoretische-, gemengde- en kaderberoepsgerichte leerweg.

De doelgroep is onderzocht aan de hand van een literatuurstudie. Voor de literatuurstudie is er gebruik gemaakt van 2 rapporten over de vmbo-leerling. Deze rapporten gaan niet over de tweedejaars vmbo-leerlingen in het bijzonder: Het rapport van *CPS, onderwijsontwikkeling en advies* uit 2006 gaat over het gehele VMBO. Het rapport van Hiteq is juist gericht op derde en vierdejaars. Toch zijn uit de rapporten interessante aandachtspunten naar voren gekomen. Naast de literatuurstudies, zijn er twee scholen bezocht, met in totaal 4 klassen. Tijdens dit bezoek zijn er verschillende gesprekken gevoerd en is er geobserveerd.

Bij het bezoeken van twee scholen is het opgevallen dat de klassen over het algemeen minder groot zijn dan bij havo of vwo; er zitten ongeveer 25 leerlingen in een klas. Omdat dit aantal kan variëren, wordt er uit gegaan van een klas van 30 leerlingen. Met een bezetting van 5 puzzels per klas betekent dit dat 5 à 6 leerlingen de puzzel moeten kunnen maken.

De doelgroep bestaat voornamelijk uit jongeren tussen de 13 en 14 jaar. Tussen 10 en 16 jaar komen de jongeren in de puberteit. Naast lichamelijke veranderingen veranderen de jongeren ook mentaal. In de puberteit gaan de jongeren op zoek naar hun identiteit. Dit doen ze door zich van anderen af te zetten en zich aan te passen aan leeftijdsgenoten. Dit resulteert veelal in gedrag met de volgende kenmerken (Praktijk voor leer- en gedragsadviezen, g.d.; JMOuders, g.d.):

- Egocentrisme
- Onzekerheid, somberheid, verlegenheid
- Opstandigheid

- Introvertie

Een voorbeeld: Tijdens het bezoek aan de scholen wilde een van de leerlingen geen veiligheidshelm opdoen omdat dan zijn haar door de war ging en hij de helm niet cool vond. De rest van de leerlingen deden vervolgens de veiligheidshelm ook niet op. Groepsgedrag en ijdelheid zijn dan ook vormen van gedrag die zichtbaar zijn in de klas.



Figuur 1 Foto van een school

De achtergronden en capaciteiten van vmbo-leerlingen zijn heel divers (Hamstra & van den Ende, 2006). Zo sprak ik een leerling die thuis met zijn vader allemaal spelletjes maakte. In korte tijd kreeg ik de indruk dat deze leerling wat meer in de lesstof geïnteresseerd was dan anderen, aangezien andere leerlingen juist heel erg druk en luidruchtig waren. Tussen de twee scholen waren er ook grote verschillen. Een school lag in Arnhem-Zuid, hier waren de leerlingen over het algemeen wat mondiger. De andere school ligt in Zevenbergen, de leerlingen waren hier iets rustiger. Ook tussen de klassen op een school merk je een groot verschil. Sommige klassen zijn drukker dan anderen.

Op het vmbo brengen de docenten structuur aan in de lesstof. De leerlingen zijn zelf minder goed in het scheiden van hoofd- en bijzaken. De lesstof dient stap voor stap aangereikt te worden anders ontstaat er een informatie overload en wordt het leerproces verstoord. (Groeneveld & van Steensel, 2009; Hamstra & van den Ende, 2006)

De leerlingen prefereren *doen* en *uitproberen* boven *lezen*. Ook hebben ze veelal de voorkeur voor uitleg en plaatjes boven tekst. In de Chocolate Challenge kwam dit duidelijk naar voren. Hier moesten de leerlingen in het praktijk gedeelte een aantal verschillende handelingen doen. Wat ze moesten doen stond punt voor punt uitgeschreven in korte zinnen. De leerlingen keken niet uit zichzelf naar die uitleg, maar vroegen meteen “wat moeten we doen?”. Je zou de leerlingen dus gemakzuchtig kunnen noemen.

De respondenten in het onderzoek van Groeneveld et al. (2009) geven aan dat ze graag samenwerken. Dit doen ze vooral voor de gezelligheid. Er is een

kleine groep die liever niet samenwerkt omdat dat ten koste gaat van de resultaten.

Tijdens de bezoeken viel op dat een aantal leerlingen nergens zin in had en de sfeer naar beneden haalde. Stichting C3 noemt dit verschijnsel de 10 % likers, 10 % haters en de 80 % in between. Dit wil zeggen dat tien procent van de leerlingen het van te voren al leuk vindt, tien procent van de leerlingen het nooit wat gaat vinden en dat je 80 procent van de leerlingen kunt overhalen om het leuk te vinden. Anders gezegd de 80 procent in between moet getriggerd worden.

2.1.1 Persona

Het bovenstaande is samengevat in een persona. Een persona is een verhaaltje over een fictief persoon, deze persoon is een archetypische gebruiker. Een persona kan gebruikt worden als communicatiemiddel en tool voor het verdere ontwerpproces. De gegevens over de doelgroep worden als het ware verwerkbaar (Calabria, 2004).

Tijdens het bezoek aan de twee scholen was een duidelijk verschil tussen jongens en meisjes te zien in de klas: de jongens en meisjes werkten in aparte groepen. Het verschil was ook te zien in de vrijetijdsbesteding; waar de jongens het liefste gamen in hun vrije tijd, zitten de meisjes liever op social media. In beiden groepen zitten sportliefhebbers. Er is ervoor gekozen om één persona uit te werken.

Alexander (14 jaar, man) zit in het tweede jaar van het vmbo. Waarschijnlijk gaat hij in de bovenbouw de theoretische leerweg vervolgen. School vindt hij over het algemeen maar stom. Hij heeft moeite met leren uit boeken en bovendien snapt hij het onderwerp nooit in een keer. Vooral bij NaSk (natuur-scheikunde) en Wiskunde kan hij zich niet goed concentreren. Veel liever staat hij een balletje te trappen met zijn vrienden. Ook andere sporten vindt hij leuk, want hij heeft gemerkt dat hij nieuwe sporten en bewegingen gemakkelijk oppikt. Kon hij daar maar wat mee doen op school. Alexander vindt school vooral leuk vanwege zijn vrienden. Hij is goed bevriend met Michael, ook al kijkt hij wel een beetje tegen hem op. Iedereen kan het namelijk goed vinden met Michael, hij krijgt dan ook veel aandacht. Hun vriendschap is gebaseerd op wat ze allemaal samen doen. Wat kunststof is weet hij niet. Plastic zegt hem wel wat, alleen hij is hier niet zo geïnteresseerd in. Hij wil vooral spellen spelen op zijn Playstation. Het liefst online tegen zijn vrienden, dit kan hij urenlang volhouden. Alexander is nog

niet bezig met wat hij later wil doen. Een ding wil hij wel en dat is geld.

2.2 De NRK-medewerker

De secundaire gebruiker is zowel de NRK-medewerker als de gastdocent. Vanuit de NRK worden er medewerkers beschikbaar gesteld die gaan meedraaien in het 'Kunststof Overal'-project. De NRK-medewerker dient als ondersteuning van de gastdocent en zorgt voor de distributie, het onderhoud en het juiste gebruik van de leskoffer. Hoe vaker hij de leskoffer gebruikt, hoe beter hij weet hoe hij deze moet inzetten. Doordat de medewerker verantwoordelijk is voor de koffer, kan deze in de gaten houden of er niets mis mee is. Omdat de leskoffer een mobiel object is, zijn het gewicht en de afmetingen beperkt. Het gewicht wordt vastgesteld op 25 kilo en de afmetingen op 30 bij 60 bij 90 cm.

2.3 De gastdocent

De gastdocent is een medewerker van een bedrijf uit de kunststofindustrie. Deze gastdocent geeft een voorlichtingsles op een middelbare school. Het kan voorkomen dat deze gastdocent meerdere vmbo klassen op een dag les geeft. De gastdocent kan over didactische vaardigheden beschikken, maar uitgangspunt is dat de gemiddelde gastdocent hier niet over beschikt. Het is de bedoeling dat de leskoffer de gastdocent helpt bij het geven van de les.

Het is nog niet zeker of de NRK-lidbedrijven moeten gaan betalen voor het gebruik van de leskoffer. Evenzo moet het bestaan van de leskoffer wel gepromoot worden onder de bedrijven. Om de leskoffer interessant te maken voor de bedrijven moet de leskoffer een succes onder de doelgroep zijn, oftewel de leskoffer moet handelen vanuit de interesses van een VMBO leerling. Daarnaast moet de medewerker de ruimte krijgen om over zijn eigen bedrijf en werk te vertellen. Zodoende kan de medewerker naamsbekendheid genereren voor zijn bedrijf en leerlingen enthousiasmeren over zijn beroep.

Voor de bedrijven is het aantrekkelijk dat de doelgroep tweedejaars VMBO leerlingen zijn, want deze leerlingen moeten in dat jaar een keuze voor een sector maken. Door ze te informeren en enthousiasmeren kan het bedrijf ervoor zorgen dat meer leerlingen voor de sector techniek kiezen.

2.4 De docenten

De tertiaire gebruiker van de leskoffer zijn de docenten op de middelbare scholen. De docenten nodigen de gastdocenten uit of gaan op hun aanbod in, zodoende komt een voorlichtingsles tot stand en op dat moment komt de docent in aanraking met de leskoffer.

Het eerste dat opvalt, is dat er in de onderbouw van de vmbo geen scheikundedocenten zijn. Het vak NaSk komt het meest in de buurt van het vak Scheikunde. Echter is het de wens van C3 dat de gastles ook in andere lessen gebruikt kan worden. Dit creëert de eis dat de gastles en puzzel gebruikt moet kunnen worden door mensen zonder een bèta achtergrond.

Voor de docent en de school is de gastles kosteloos, op de lestijd na dan. De voorlichtingsles kan gepromoot worden via vakbladen, internet, beurzen etc. Om de gastles goed te kunnen promoten zal de leskoffer een belangrijke rol spelen, aangezien deze goed te presenteren is. De leskoffer moet er dus zeer aantrekkelijk uitzien, ook voor de docenten.

2.5 Conclusie

In de gebruikersanalyse zijn er een aantal verschillende gebruikersgroepen geïdentificeerd. De verschillende groepen gebruikers stellen de volgende eisen aan het ontwerp:

Primaire gebruiker; de tweedejaars vmbo-leerling
1. Het spel is gericht op tweedejaars vmbo-leerlingen van de theoretische-, gemengde- en kaderberoepsgerichte leerweg 2. Het kunststofspel moet gemakkelijk te gebruiken zijn a. Knoppen indrukken b. De tekst moet goed te lezen zijn i. Lettertype leesbaar ii. Lettergrootte minimaal 9pt iii. Er moet een groot contrast zijn tussen de letters en de achtergrond 3. Het spel is afwisselend 4. Het spel is hufteerproof a. Alleen wat je aan mag raken is niet afgeschermd b. Het spel zit robuust in elkaar 5. Het spel moet geschikt zijn om te spelen met 5 à 6 tweedejaars vmbo-leerlingen 6. De lesstof dient stap voor stap aangereikt te worden 7. Het spel is op doen gericht 8. De leerlingen moeten door het spel gemotiveerd worden 9. De opdrachten zijn helder en duidelijk
Secundaire gebruikers; de NRK-medewerker en de

gastdocent
1. Het spel hoeft je bij normaal gebruik niet schoon te maken 2. Je moet het spel kunnen optillen a. Het spel mag niet zwaarder zijn dan 25 kg 3. De uiterste afmetingen zijn 900x600x300 mm
Tertiaire gebruikers; de docenten op de scholen
1. De leskoffer is te gebruiken door niet bèta mensen 2. De leskoffer ziet er aantrekkelijk uit

3. Gebruikscontext

De gebruikscontext bestaat uit de fysieke omgeving, de context en de handelingen van/met de leskoffer. In dit hoofdstuk worden eerst de omgeving en de context beschreven. Hierna volgt een analyse van de handeling door middel van het maken van een scenario.

3.1 Omgeving

De voorlichtingsles zal gegeven worden in een klaslokaal op een middelbare school in de beschikbare lestijd van ongeveer vijftig minuten. De aanwezige voorzieningen variëren per middelbare school en klaslokaal. Zijn er bijvoorbeeld individuele tafels die gemakkelijk te verplaatsen zijn, of zijn er enkel grote tafels? Ook de aanwezigheid en de hoeveelheid stopcontacten kan verschillen per klaslokaal.

3.2 Context

De leskoffer met daarin het kunststofspel, zal gebruikt worden voor een voorlichtingsles over kunststoffen. De initiële lesindeling, te zien in Figuur 2, laat zien dat het puzzelspel nauw verweven is in de les. Niet alleen qua het behalen van leerdoelen, maar ook qua tijd. Er zal er dus opgelet moeten worden dat de puzzel ongeveer 20 minuten duurt met hier bovenop 5 minuten ingecalculerde uitloop. Mede gelet op de (drukke) doelgroep zal het gebruik van de puzzel gestroomlijnd moeten worden; zodra de leerlingen de puzzel krijgen moeten ze zo min mogelijk afhankelijk zijn van acties van anderen.

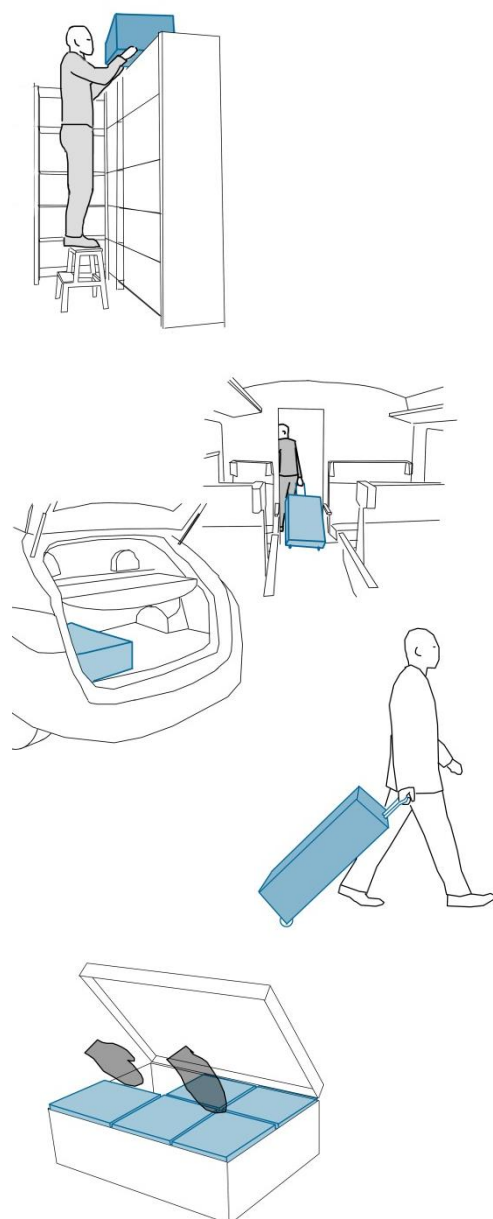
Tijd	Wat	Wie
0-10	Introductie kunststoffen (incl. filmpje over soorten kunststoffen en productieproces)	Gastlesgever
10-35	Kunststofspel	Leerlingen Gastlesgever loopt actief rond door de klas
35-40	Ervaringen n.a.v. spel en toelichting kunststofcirkel	Gastlesgever en leerlingen
40-45	Rol bedrijf/gastlesgever in kunststofcirkel	Gastlesgever
45-50	Ruimte voor uitloop/ vragen uit de klas/ quiz website kunststofoveral.nl	Leerlingen

Figuur 2 Lesopbouw. Slide uit de presentatie van Stichting C3 (opgenomen in de bijlagen)

3.3 Scenario

In deze alinea wordt er een scenario geschetst van alle handelingen die de NRK-medewerker en de gastdocent verrichten met de leskoffer. De volgende stappen zijn gedefinieerd, zie ook Figuur 3.

1. Voordat de gastdocent/NRK-medewerker naar de school vertrekt, haalt hij de koffer uit de opslag.
2. Om met de leskoffer bij de school te komen moet de gastdocent/NRK-medewerker met de auto of het openbaar vervoer reizen. Ook moet hij gemakkelijk de leskoffer door gebouwen kunnen manoeuvreren. En het kan ook voorkomen dat er geen lift in een gebouw aanwezig is.
3. Tijdens de les deelt de gastdocent de klas in 5 groepen. Elke groep krijgt een eigen kunststofspel.
4. De groepen verdelen onderling de rollen en gaan aan de slag met de puzzels.



Figuur 3 Scenario

3.4 Conclusie

De leskoffer wordt het merendeel van de tijd niet gebruikt. De leskoffer moet dus handig opgeborgen kunnen worden. Daarnaast moet de leskoffer kortstondig te tillen en over grotere afstanden te verplaatsen zijn. De leskoffer moet in de auto meegenomen kunnen worden. Een wens is dat de leskoffer met de trein mee kan. Deze voorwaarden stellen eisen aan de leskoffer met betrekking tot de afmetingen, gewicht en de kracht die benodigd is om de leskoffer handmatig te verplaatsen.

Daarnaast is het geven van een voorlichtingsles niet de corebusiness van een bedrijf. De hoeveelheid moeite en onderhoud die door het jaar heen in de leskoffer gestoken wordt, dient dus minimaal te zijn.

Het kan voorkomen dat een leskoffer meerdere keren op een dag gebruikt gaat worden. Dat moet ook mogelijk zijn.

De analyse naar de gebruikscontext resulteert in een aantal eisen. Een aantal eisen zoals; gemakkelijk in onderhoud, handig op te slaan en handig te transporteren, kwamen al naar voren uit de analyse van de gebruikers. De volgende eisen worden toegevoegd.

Gebruikscontext
1. Het spel moet in een voorlichtingsles over kunststoffen gebruikt kunnen worden a. Het spel is in een standaard klaslokaal te spelen b. Het spel is voor meerdere vakken interessant c. Het spel duurt ongeveer 25 minuten 2. De leerlingen moeten het spel zoveel mogelijk zonder actie van buitenaf kunnen spelen

4. Didactiek

Het doel van deze bachelor eindopdracht is het ontwerpen van een educatieve puzzel. In deze alinea wordt onderzocht welke didactische elementen van belang zijn voor het ontwerpen van de educatieve puzzel. Er zijn verschillende theorieën in de literatuur te vinden die beschrijven hoe het leerproces werkt. In dit hoofdstuk worden het constructivisme en het model van Kolb beschreven. Met deze twee theorieën krijg je gemakkelijk een breed begrip betreffende het leerproces.

4.1 Algemeen

Het leerproces in het spel bestaat uit twee delen, namelijk snel doorzien hoe het spel werkt en het leren over kunststoffen. Als het gebruik van het spel te ingewikkeld is, leidt dit alleen maar af van het leerdoel. Het gebruik van het kunststofspel moet dus inzichtelijk maar ook uitdagend genoeg zijn, opdat de leerlingen zelf kunnen ontdekken hoe het werkt. Of, de spelvorm moet al bekend zijn onder de leerlingen, op deze manier kunnen leerlingen ook een ingewikkelder spel spelen.

4.2 Constructivisme

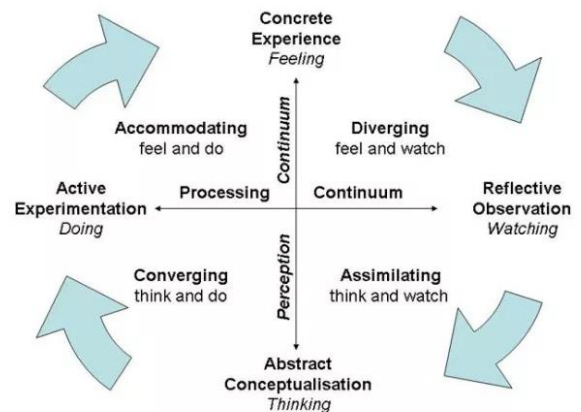
In het constructivisme bouwen leerlingen geleidelijk aan een correct beeld van complexe begrippen op basis van interpretaties van eigen ervaringen. Ze construeren denkschema's met aan de top het complexe begrip en aan de basis concrete, specifieke begrippen (Vaan & Marell, 2006). De leerlingen linken abstracte begrippen en concepten als het ware aan voorkennis (de kapstok). Als je een 'leeg' begrip gebruikt, heb je kans dat leerlingen het begrip zelf gaan invullen en dit kan leiden tot misconcepties. Daarnaast stelt het constructivisme dat leren een sociale aangelegenheid is (Lazonder, 2013).

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.1, hebben vmbo-leerlingen de docent nodig om structuur aan te brengen in de lesstof. Het autonoom laten spelen van een educatief spel is dus een risico, omdat de leerlingen dan zelfstandig nieuwe begrippen vormen over kunststof en dit kan leiden tot misconcepties. Dit risico kan verkleind worden door het spel waterdicht te maken en te handelen vanuit de voorkennis van de leerlingen. Echter, kans op interpretatie fouten blijft en je wilt de leerlingen ook wel een beetje uitdagen. Daarom is het van belang om door middel van een evaluatie de

begripsvorming bij te sturen. Bovendien kan in de evaluatie de lesstof nog verder worden uitgediept.

4.3 Kolb

Een andere theorie is het leermodel van Kolb. Kolb stelt dat er vier fasen zijn die iedereen moet doorlopen om iets te leren. Daarnaast stelt Kolb dat er vier leerstijlen bestaan (Hoogeveen & Winkels, 2004). Deze leerstijlen zijn gebaseerd op de vier fasen, zie Figuur 4.



Figuur 4 *Het model van Kolb*

Iedereen heeft een bepaalde voorkeursleerstijl. Zo zijn er mensen die graag eerst de theorie willen weten voordat ze het toepassen, terwijl anderen liever proberen om het meteen toe te passen. Zoals beschreven in hoofdstuk 2.1 houden vmbo-leerlingen vooral van 'doen' en 'proberen'. Het overgrote deel van de vmbo-leerlingen zit dus in de accommodating kwadrant van de theorie van Kolb. Hier speelt het spel op in; de leerlingen gaan actief bezig met de puzzel en moeten zelf dingen uitproberen. Met een strategie uitproberen ben je er volgens Kolb nog niet. Een klassieke evaluatie na het spel kan de leerlingen verder helpen met het begrijpen van wat ze zojuist gedaan hebben. Voorkeur is echter dat de leerlingen zo gemotiveerd worden door het spel dat ze zelf op zoek gaan naar fouten, deze evalueren, en vervolgens tot een nieuwe oplossing komen en deze uitproberen. Door de leerlingen te enthousiasmeren met een interessant spel zal dit proces, door de motivatie, haast automatisch gaan.

4.4 Conclusie

Er zijn twee verschillende didactische theorieën geanalyseerd. Het constructivisme stelt dat mensen leren door een denkschema op te bouwen, waarin nieuwe kennis aan oude kennis gelinkt wordt. Vmbo-leerlingen hebben moeite met het zelf structureren van informatie. Het model van Kolb

beschrijft vier fasen die men moet doorlopen voordat je iets leert; doen, ervaren, observeren en reflecteren en abstracte begripsvorming. De volgende eisen worden toegevoegd.

Didactiek

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Na het spel volgt een (klassikale) evaluatie2. Het merendeel moet visueel worden uitgelegd3. Er mogen alleen korte zinnen worden gebruikt4. Moeilijke woorden moeten vermeden worden5. Abstracte, onbekende begrippen moeten uitgelegd worden |
|--|

5. Leerdoelen

Om van het spel te leren moet deze educatief zijn en educatieve doelen bevatten; de leerdoelen. Met het spelen van het spel dienen de doelen behaald te worden. In dit hoofdstuk komt naar voren welke leerdoelen gehaald dienen te worden.

Voordat de leerdoelen geschetst worden, komt aan bod welke voorkennis vmbo-leerlingen hebben van kunststof. Daarna worden de leerdoelen gepresenteerd die opgesteld zijn door Stichting C3. Vervolgens wordt gepresenteerd hoe de voorlichtingsles, de puzzel en de website kunnen samenwerken om deze leerdoelen te halen.

5.1 Voorkennis

Scheikunde wordt in de onderbouw van het voortgezet onderwijs tezamen met het vak natuurkunde gegeven in de vorm van het vak NaSk. In het begin van het vak NaSk heeft Natuurkunde duidelijk de overhand. In hun tweede jaar hebben de leerlingen dus weinig tot geen voorkennis van het onderwerp kunststof.

Er zijn verschillende uitgevers die leermethodes voor het vak NaSk aanbieden. Voor deze bachelor opdracht is gekeken naar het boek NaSk 1-2 vmbo-t/havo van de leermethode van ThiemeMeulenhoff. In dit boek is te zien dat het vak NaSk vooral een introductie is van basisbegrippen en fenomenen. Er wordt niet diep ingegaan op specifieke onderwerpen. Wat interessant is om te zien, is dat het boek duidelijk in stappen is opgedeeld. Zo begint elk hoofdstuk met verkennen, gevolgd door ontdekken, begrijpen, verklaren en berekenen, verdiepen, onderzoeken en afsluiten.

In de bovenbouw kunnen de vmbo-leerlingen onder andere kiezen voor de vakken NaSk1 en NaSk2. Na het bestuderen van de syllabus van NaSk1 en NaSk2 kun je concluderen dat NaSk 2 onofficieel scheikunde is en dat er in NaSk1 nauwelijks scheikunde aan te pas komt. Specifiek gekeken naar kunststoffen, wordt in NaSk 1 verteld waarvoor kunststoffen gebruikt kunnen worden. NaSk 2 vertelt wat meer over wat voor kunststoffen er zijn en hoe ze gemaakt worden (College voor examens, 2013a/2013b).

5.2 Leerdoelen vanuit Stichting C3

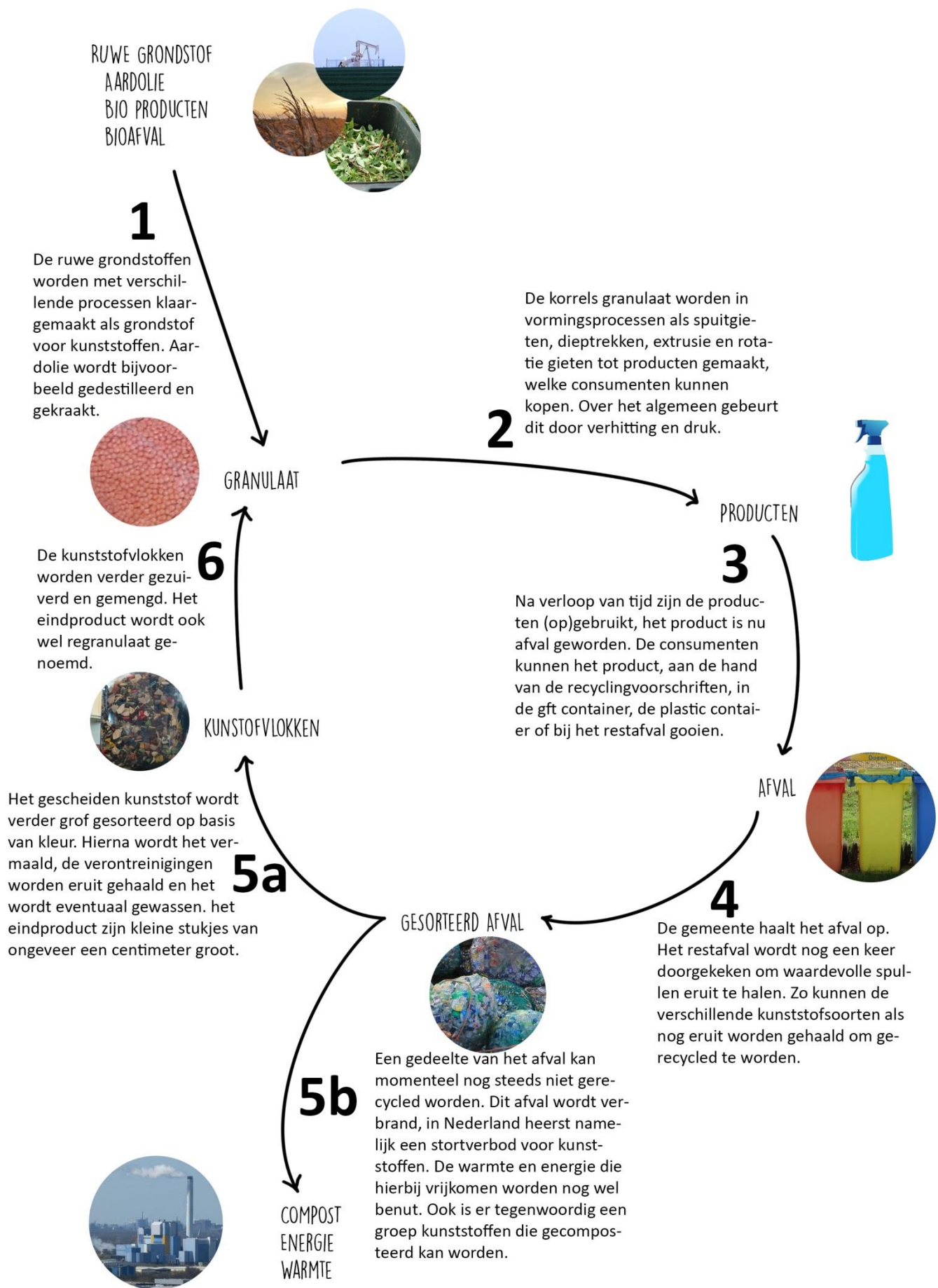
De eerste kolom van Tabel 1 toont welke leerdoelen Stichting C3 wilt verwezenlijken. De tweede kolom vertaalt deze leerdoelen naar voorbeelden.

Weten van het bestaan van kunststoffen	
Minstens 2 productgroepen kunnen noemen	Hiermee wordt rubber, kunststof of composiet bedoeld
Minstens 2 grondstoffen kunnen noemen	Bijvoorbeeld aardolie, gerecycled kunststof en biomassa
Minstens 3 toepassingen kunnen noemen	Bv. Autoband, verpakking, flesje
Minstens 2 voordelen van kunststof kunnen noemen	Bv. Licht van gewicht, gemakkelijk vormbaar
Weten dat kunststof wordt geproduceerd in de procesindustrie	
Kunststofketen in grote lijnen kunnen vertellen	Grondstof >> Bewerken >> Vormen >> Gebruiken >> Recycling

Tabel 1 *Leerdoelen*

Voor het spel is gekozen om het qua onderwerpen meer op de consumenten te richten. Op deze manier kunnen de leerlingen de nieuw opgedane kennis ook thuis toepassen. Een groot deel van de kunststofstroom in Nederland is business to business en gaat niet door de handen van een consument. Een overzicht van hoe de kunststofcirkel ten opzichte van consumenten eruit ziet is te zien in Figuur 1. Het echt technische verhaal over moleculen, atomen en onderlinge krachten wordt niet in het spel aangehaald. De leerlingen krijgen deze stof zelf in de bovenbouw, zie bijlage B.

Leerdoelen	Concreet
------------	----------



Figuur 1 *Kunststofcirkel voor consumenten*

5.3 Verhouding: les en puzzel

Stichting C3 en NRK hebben al eerder een gezamenlijk project opgezet over kunststoffen voor tweedejaars vmbo-leerlingen, namelijk de website www.kunststofoveral.nl. De website bevat informatie, opdrachten, filmpjes, maar ook instructies voor docenten, zie Figuur 2. Het is belangrijk om te bekijken hoe het kunststofspel de les en de website kan aanvullen. De kracht van een les is het in korte tijd overdragen van relatief veel informatie. Echter, deze informatie komt niet altijd volledig aan. Daar liggen kansen voor het kunststofspel. Volgens Kolb zal de boodschap beter onthouden worden, wanneer leerlingen met behulp van het kunststofspel ook met de theorie actief aan de slag gaan (Hoogeveen & Winkels, 2004). Daarnaast kan er affectie voor het onderwerp gecreëerd worden door op deze manier de theorie aantrekkelijk te maken. De website kan gezien worden als verdieping op de voorlichtingsles en leskoffer.



Figuur 2 De website www.kunststofoveral.nl met daarin informatie, opdrachten en instructies

- c. Minstens 2 grondstoffen kunnen noemen
 - i. Aardolie
 - ii. gerecycled materiaal
 - iii. biomassa
- d. Minstens 3 toepassingen kunnen noemen
 - i. Bv. Autoband, verpakking
- e. Minstens 2 voordelen van kunststof kunnen noemen
 - i. Bv. Licht, gemakkelijk vormbaar
- f. Weten dat kunststof wordt geproduceerd in de procesindustrie
- g. Kunststofketen in grote lijnen kunnen vertellen
 - i. Grondstof >> Bewerken >> Vormen >> Gebruiken >> Recycling

5.4 Conclusie

De voorkennis van tweedejaars vmbo-leerlingen vraagt om een introductie in de kunststofindustrie. De gestelde leerdoelen voor de puzzel zullen daarom gaan over datgene wat kunststof is, hoe het eruit ziet en waarvoor het gebruikt wordt. De website en de voorlichtingsles zelf kunnen wel gebruikt worden als verdieping. De volgende nieuwe eisen kunnen worden opgenomen:

Leerdoelen
1. Met het spelen van het kunststofspel moeten de leerdoelen behaald worden a. Weten van het bestaan van kunststoffen b. Minstens 2 productgroepen kunnen noemen i. Rubber ii. kunststof iii. composiet

6. Spel

In de inleiding werd al verteld dat een puzzel doelgericht is en een spel meer om het proces draait. In dit hoofdstuk staat de vraag: ‘Wat maakt een spel leuk om te spelen?’ centraal. Voor het beantwoorden van deze vraag is de reversal theory van Apter gebruikt. Met het beantwoorden van deze vraag kunnen spelelementen doelgerichter ontworpen worden.

6.1 Reversal theory

Op basis van de reversal theory van Apter heeft Mathieu van Gielen (Gielen en Van Leeuwen, 2014) een voorstel geschreven voor het ontwerpen van speelactiviteiten, zie Bijlage G. De reversal theory stelt dat elke actie het gevolg is van een samenspel van vier domeinen, zie Tabel 2. Elk domein bevat twee *motivational states*, waarvan één per keer dominant is. Alle stemmingen die men heeft kunnen verklaard worden aan de hand van de vier dominante *motivational states*. In 2.1.1 werd Alexander bijvoorbeeld in een persona omschreven. De dominante motivational states van Alexander in deze persona zijn:

- Playful, Alexander vindt het leuker om spelenderwijs te leren
- Rebellious, dit uit zich bijvoorbeeld in zijn pubergedrag
- Mastery, Alexander vindt het leuk om iets onder de knie te krijgen en de beste in iets te zijn
- Self, hij is onzeker over zichzelf

Als men van de ene dominante *motivational state* in de andere overgaat, spreekt men van een reversal (stemmingswisseling), vandaar de naam reversal theory.

Domein	Motivational state
Means-ends	Serious (telic) – playful (paratelic); Dit betekent dat men doelgericht bezig is of juist heel veel plezier haalt uit het proces.
Rules	Conforming – rebellious Dit betekent dat men plezier haalt uit het volgen van de regels of juist plezier haalt door er tegenin te gaan.

Transactions	Mastery – sympathy; Dit betekent dat men plezier haalt uit zichzelf te trainen of juist samen iets te ondernemen.
Relationships	Self – other; Dit betekent dat je of heel erg met jezelf bezig bent of juist met andere.

Tabel 2 De vier domeinen van de reversal theory

Met de combinatie van de vier dominante *motivational states* kan verklaard worden, waarom je soms zin hebt om hele harde muziek te draaien, terwijl je anders er juist geïrriteerd van raakt. Zo kun je dus ook gericht elementen ontwerpen die speelse reacties en emoties oproepen. Hiervoor moet je deels weten voor welke state je wilt ontwerpen en heb je arousal (opwindings) nodig.

Uit het stuk van Mathieu van Gielen komt ook naar voren dat arousal een essentieel element is voor speelactiviteiten. Echter wordt arousal als vervelend geïnterpreteerd als men in de serious state is. Arousal wordt dus verschillend ervaren aan de hand van hoe veilig iemand zich voelt. Om vervelende ervaring te voorkomen is het verstandig om het arousal niveau gemiddeld te houden in een situatie die veel tussen de playful en serious state switcht. De volgende principes kun je gebruiken om arousal op te wekken (Gielen en Van Leeuwen, 2014):

- exposure to arousing stimulation (e.g. at a rock concert),
- fiction and narrative (stepping in the shoes of characters),
- challenge (any type of competition or skill),
- exploration (finding the unknown),
- negativism (rebellious behavior),
- facing danger (playing with the sense of control),
- cognitive synergy (embracing ambiguity).

6.2 Voorbeelden reversal theory

Om meer inzicht in de reversal theory te krijgen worden er een drietal spellen geanalyseerd.



Figuur 3
*Rubik's
cube*

De Rubik's cube is een denkpuzzel. Het doel is om de vlakken in één bepaalde kleur te krijgen. In dit proces ben je heel doelgericht bezig. Een klein beetje arousal ontstaat door het gebruik van de felle kleuren.

Tags: Telic, arousal door vervullen van doelen en door felle kleuren



Figuur 4
*Krokodil
met
kiespijn
spel*

In het 'Krokodil met kiespijn' spel moeten spelers om de beurt een tand indrukken. Als je pech hebt, is de tand die je indrukt de gevoelige tand en klapt de krokodil dicht. Arousal ontstaat door het gevoel van gevaar.

Tags: Paratelic, self, arousal door gevoel gevaar



Figuur 5
Saboteur

In saboteur ben je een dwerg of een saboteur. Maar gedurende het spel blijft je karakter anoniem. Een aantal spelers zal om te winnen de vooruitgang in het spel proberen tegen te houden. Daarnaast probeer je zelf de winnaar te worden.

Tags: Paratelic, Rebellious, Sympathy

de serious- en self state. Aan de andere kant is het wel de bedoeling dat de leerlingen speels leren, hiervoor worden dus spelelementen toegevoegd.

6.4 Conclusie

Volgens de reversal theory van Apter heeft het samenspel van vier afwisselende motivational states invloed op ervaringen. Door middel van vormgeving en een bepaalde gameplay kun je leerlingen naar een andere staat brengen en hiermee het leerproces stimuleren.

6.3 Reversal theory toepassen

Je kunt de reversal theory op meerdere manieren toepassen. Allereerst zijn de *motivational states* een nuttig hulpmiddel voor het observeren van gedrag. Eenzelfde prikkel kan namelijk tot verschillende reacties leiden afhankelijk van de dominante *motivational states*. Wanneer het spel onder de doelgroep getest wordt, kan op de *motivational states* teruggegrepen worden. Van tevoren kun je al voorspellen welke *motivational states* goed werken voor een spel, het spel kan dan ook door middel van de *motivational states* gekenmerkt worden, zoals bijvoorbeeld in hoofdstuk 0 gedaan is.

Ten tweede kun je de reversal theory gebruiken om te beoordelen hoe je de leerlingen kunt enthousiasmeren. Door een competitief element toe te voegen kun je de vmbo-leerlingen bijvoorbeeld motiveren, want pubers willen zichzelf graag bewijzen. De leerlingen worden dan doelgericht en zelfbewust, ze gaan dan dus over in

7. Vormgeving

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt voor de vormgeving. In principe zijn er geen voorwaarden met betrekking tot de vormgeving opgesteld. Natuurlijk moet de vormgeving bij de doelgroep aansluiten en is het bedoeld voor promotiedoeleinden. Echter, datgene wat bij de doelgroep aansluit is een breed en subjectief begrip.

Wel kan er wel gekeken worden met welke elementen gespeeld kan worden en waar op ingehaakt kan worden. Ook kan worden gekeken naar de beperkingen op basis van het budget en productieprocessen. Het is de bedoeling dat het kunststofspel in een koffer geïntegreerd wordt en dat deze bij Faes Cases geproduceerd wordt.

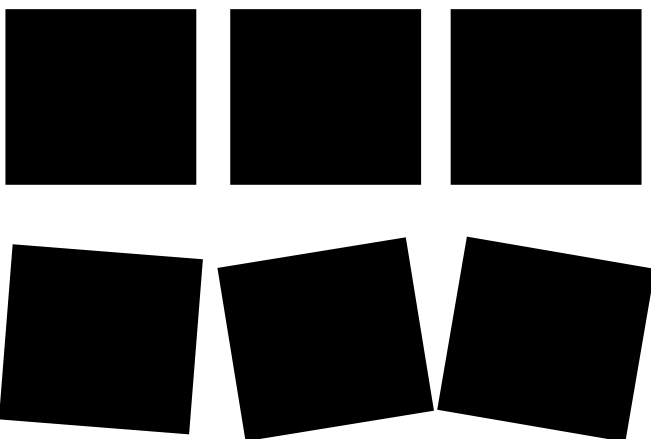
7.1.1 *Speels versus serieus*

Een puzzel is veelal doelgericht en serieus. Door spelelementen toe te voegen wordt een puzzel meer playful. Hier kan ook met de vormgeving van de graphics en de tekst gespeeld worden. Dat je met de vormen een verschil kunt maken kun je zien in **Error! Reference source not found.**



Figuur 6 *Hard vs zacht*

De plaatsing en oriëntatie van elementen spelen ook mee. Boven in Figuur 7 zijn de vormen heel statisch, terwijl onder, puur door plaatsing, de blokken er dynamischer en speelser uit zien.



Figuur 7 *Statisch tegenover dynamisch*

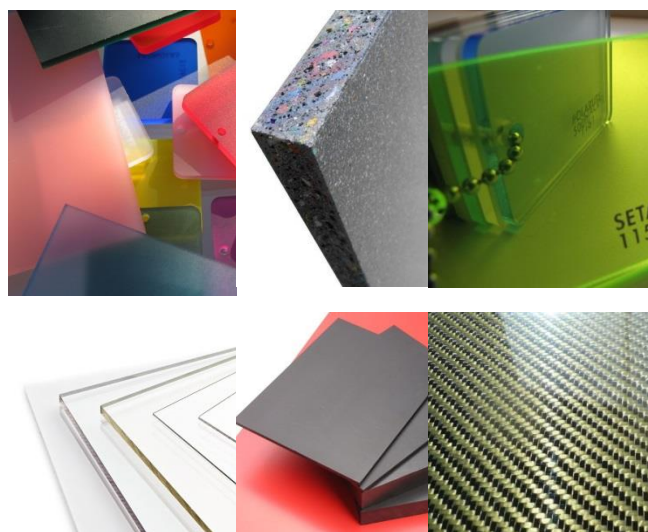
Een algemene manier om kleuren te omschrijven is door de tint, verzadiging en helderheid te noemen. Kleuren met een hoge verzadiging en hoge helderheid (de primaire, secundaire en tertiaire kleuren) vallen meer op dan kleuren met lagere waarden. Deze kleuren verhogen de arousal en de kans op spel. Kleuren met lagere verzadiging en helderheid kunnen gebruikt worden als achtergrondkleur in het ontwerp. Door kleuren goed te kiezen kan aandacht goed gefocust worden op datgene dat belangrijk is.

7.1.2 *Kunststof*

Het spel moet kunststof, rubber en composieten promoten. Deze materialen kunnen daarom in het spel gebruikt worden. Op deze manier is er een concreet voorbeeld voor handen waar de gastdocent naar kan verwijzen, om kunststof in context te brengen voor leerlingen.

Een bijkomend voordeel van het includeren van concrete kunststoffen in het spel is dat de leerlingen direct met het materiaal bezig zijn en daarmee in aanraking komen. Zeker aangezien kunststoffen veel verschillende eigenschappen hebben, kan dit helpen bij de beeldvorming van de leerling over kunststof.

Kunststof is een veelzijdig materiaal en kent vele uitstralingen. Dit is uitermate geschikt om een showcase te maken. Met het gebruiken van felle en chique uitstralingen kan de aandacht getrokken worden. Het kan ook mooi zijn om gladde en glanzende oppervlakten te gebruiken. Hierbij dien je wel rekening te houden met het feit dat vetvlekken en beschadigingen sneller te zien zijn.

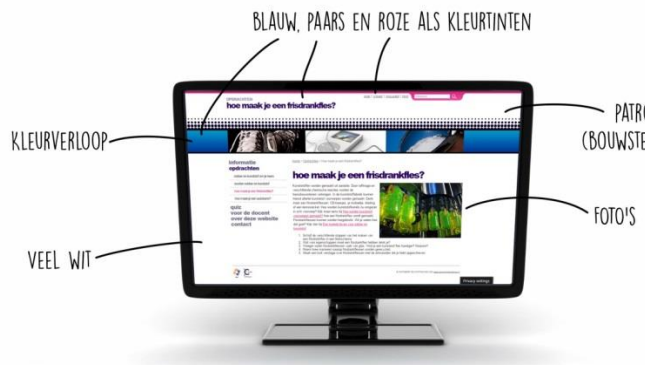


Figuur 8 *Opvallende kunststoffen*

7.1.3 *Website*

NRK en Stichting C3 zien graag een koppeling met de website. Het zou mooi zijn als leerlingen aan de vormgeving van het spel (of de website) kunnen zien dat die twee bij elkaar horen. Nu is de website

vooral een 2D grafische vormgeving en het spel een echt 3D product, dus directe overeenkomsten zijn wat moeilijker te bewerkstelligen. Eventuele informatievlakken en vraagvlakken kunnen misschien wel worden vormgegeven in dezelfde stijl. In Figuur 9 zijn de beeldelementen van de website te zien. Wat opvalt, is dat ondanks het kleurgebruik de website er redelijk statisch uitziet.



Figuur 9 De beeldelementen van de website www.kunststofoveral.nl

7.1.4 Budget

Het budget speelt niet direct mee in de vormgeving, al sluit het wel bepaalde vormgevingsmethoden uit. Voor het ontwikkelen en maken van het spel is 20.000 euro inclusief BTW gereserveerd. Het maken van ingewikkelde spuitgietmatrijzen wordt hiermee uitgesloten. In een later stadium kunnen de mogelijkheden uitgezocht worden.

7.1.5 Faes Cases

Faes Cases, de toekomstige producent van de leskoffer, verkoopt kunststofkoffers, aluminium koffers, profielkoffers en 'tassen'. In dit project is vooral naar de kunststofkoffers en de profielkoffers gekeken, omdat deze van kunststof (kunnen) zijn.

De kunststofkoffers zijn onderverdeeld in een budget- en een quality line. Er is hierbij een verschil in robuustheid, gebruiksgemak en esthetiek. In de budget line is de uitstraling iets meer basaal, maar dit heeft als voordeel een lage prijs. Het is de vraag of het verstandig is om in te leveren op de kwaliteit, aangezien je een overtuigender verhaal verkoopt met goed materiaal.



Figuur 10 Van boven naar beneden: Budget-, quality line en profielkoffer van Faes Cases

In de profielkoffer kun je kunststof panelen toepassen. De profielen zijn van aluminium en zorgen voor de stevigheid van de koffer. Een profielenkoffer is net iets steviger dan een kunststofkoffer.

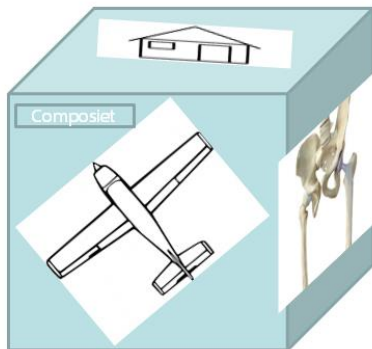
7.1.6 *Conclusie*

In de vormgeving zal er op gelet moeten worden dat de puzzels uitnodigen tot spelen. Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van felle, heldere kleuren, de plaatsing en de vorm van elementen. De leskoffer zelf kan prima van kunststof gemaakt worden. Wel moet er goed gekeken worden naar het budget. De producent Faes Cases, heeft een aantal koffers die prima als basis gekozen kunnen worden. Er moet goed gelet worden op de kwaliteit; de behuizing geeft de eerste indruk, bovendien moet er met de koffers gereisd worden.

8. Idee Stichting C3

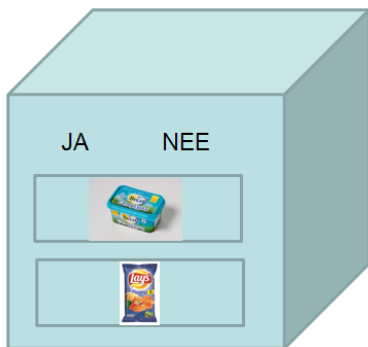
Voordat deze bachelor opdracht begon had Stichting C3 al een mogelijke invulling voor de puzzel bedacht. Het idee bestond uit een puzzel, bestaande uit 5 puzzels in de vorm van kubussen die als een soort Matroesjka (Russische pop) in elkaar gestapeld zijn. Als je de eerste puzzel oplost kun je pas bij de tweede puzzel en deze oplossen. Elke puzzel heeft zijn eigen thema en je kunt ze pas na elkaar spelen.

In de eerste puzzel moet je 6 kunststof monsters met een eigen vorm in een vormpje klikken. Indien dit goed gedaan is, opent de kubus zich. De bedoeling is om de monsters te matchen met hun toepassing. Zo kan een stukje composiet bijvoorbeeld worden gedrukt in de vorm van een vliegtuigvleugel.



Figuur 11 *Kubus 1 (zie ook bijlage A)*

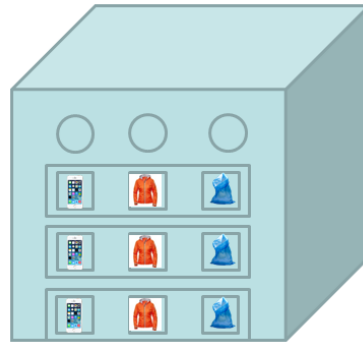
Kubus 2 heeft als thema recycleren. Op elke zijde van de kubus staan plaatjes en schuifjes. De plaatjes beelden kunststof producten af en door de schuifjes naar de goede plek te schuiven (wel te recycleren/niet te recycleren) wordt de puzzel opgelost. Als alle schuifjes op de goede plek staan opent de kubus zich en kan de weg worden vervolgd naar de volgende kubus.



Figuur 12 *Kubus 2 (zie ook bijlage A)*

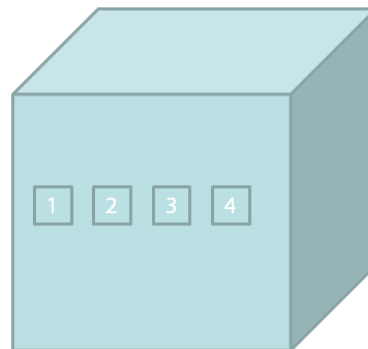
Het thema van kubus 3 is grondstoffen. De leerlingen moeten hier producten matchen met

bijbehorende grondstoffen. Door drie ringen per zijden op de goede plek te draaien opent de kubus.



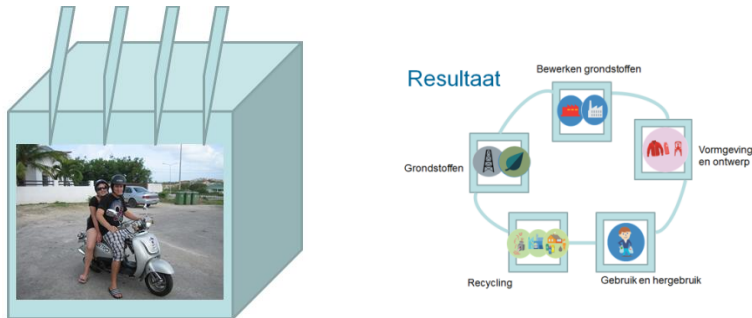
Figuur 13 *Kubus 3 (zie ook bijlage A)*

Kubus 4 heeft als onderwerp het productieproces. Om deze kubus te openen moet een cijfercombinatie worden ingevuld. Deze cijfercombinatie kan worden verkregen door een mini-spel te spelen op de website kunststofoveral.nl. Op deze manier wordt er een link gelegd met de website.



Figuur 14 *Kubus 4 (zie ook bijlage A)*

De vijfde kubus gaat over de rol in de maatschappij. Uiteengezet wordt waarom kunststoffen zo belangrijk zijn en welke functies ze kunnen vervullen, bijvoorbeeld het mogelijk maken van bescherming (helm). Door met verschillende pinnen de verschillende rollen in foto's aan te wijzen wordt de puzzel opgelost. Daarnaast zitten er een aantal 'miniaturen' in de kubus waarmee een opstelling kan worden gebouwd. De opstelling representeert de levenscyclus van een kunststof product, van grondstof tot aan recycling.



Figuur 15 *Kubus 5 en de miniatures (zie ook bijlage A)*

8.1.1 Conclusie

In het idee van Stichting C3 zitten een aantal hele sterke punten. Zo wordt de lesstof mooi gefaseerd verteld. De levenscyclus van kunststof is in vijf delen opgedeeld en elk deel is verwerkt in een aparte puzzel. De lesstof kan zo op een goede manier worden overgedragen aan de leerlingen. Bovendien zijn de puzzels afwisselend en beeldend. Doordat je pas met de volgende kubus verder kunt gaan bij het oplossen van de huidige kubus, ligt de focus op het oplossen van één kubus per keer.

Echter, er zijn ook een aantal uitdagingen. Zo wordt in kubus 4 een code ingevoerd die met een minigame op de telefoon gespeeld moet worden. Het is de vraag of dit wel de beste aanpak is en of dit geen enorme chaos in het klaslokaal creëert bij het pakken van de smartphone. Bovendien beschikken niet alle leerlingen over een smartphone.

Ook is het de vraag of de leerlingen wel genoeg arousal opwekt. Oftewel: worden de leerlingen intrinsiek gemotiveerd of ervaren ze het als een verplichting. De minigame kan wel heel dynamisch zijn, want in de overige kubussen is weinig dynamiek te vinden.

Daarnaast moet er voor elke kubus apart een slotmechanisme bedacht en gefabriceerd worden. Dit is een kostbaar proces dat vermoedelijk niet binnen het budget past. Bovendien neemt een dergelijk mechanisme veel ruimte in beslag. In het oorspronkelijke plan dat de buitenste kubus 25 x 25 cm zou zijn, zou de binnenste kubus niet heel groot meer zijn.

9. Programma van eisen

Aan de hand van de analyses die zijn uitgevoerd is het volgende Programma van Eisen opgesteld. Het programma van eisen dient als beoordelingstool en communicatietool. Later kunnen eisen iets verfijnd worden.

Het programma van eisen is opgedeeld in een aantal delen.

Algemeen

1. Het spel moet geproduceerd kunnen worden voor 20.000 euro inclusief BTW
2. Het product moet kunststof in een goed daglicht stellen
 - a) Het spel is robuust
 - b) Het spel is visueel aantrekkelijk

Eisen met betrekking tot de primaire doelgroep

3. Het spel is gericht op tweedejaars vmbo-leerlingen van de theoretische-, gemengde- en kaderberoepsgerichte leerweg
4. Het kunststofspel moet gemakkelijk te gebruiken zijn
 - a) Knoppen indrukken
 - b) De tekst moet goed te lezen zijn
 - i) Lettertype leesbaar
 - ii) Lettergrootte minimaal 9pt
 - iii) Er moet een groot contrast zijn tussen de letters en de achtergrond
5. Het spel is afwisselend
6. Het spel is hufterproof
 - a) Alleen wat je aan mag raken is niet afgeschermd
 - b) Het spel zit robuust in elkaar
7. Het spel moet gespeeld kunnen worden door 5 à 6 leerlingen
8. Het spel is vooral op doen gericht
9. De leerlingen moeten door het spel gemotiveerd worden
 - a) Spelelementen erin
 - b) Felle kleuren
10. De opdrachten zijn helder en duidelijk

Eisen met betrekking tot de secundaire gebruiker

11. Het spel hoeft je bij normaal gebruik niet schoon te maken
12. Je moet het spel kunnen optillen
 - a) Het spel mag niet zwaarder zijn dan 25 kg
13. De uiterste afmetingen zijn 900x600x300 mm

Eisen met betrekking tot de tertiaire gebruiker

14. De leskoffer is te gebruiken door niet bèta mensen

15. De leskoffer ziet er aantrekkelijk uit

Eisen met betrekking tot de gebruikssituatie

16. Het spel moet in een voorlichtingsles over kunststoffen gebruikt kunnen worden
 - a) Het spel is in een standaard klaslokaal te spelen
 - b) Het spel is voor meerdere vakken interessant
 - c) Het spel duurt ongeveer 25 minuten
17. De leerlingen moeten het spel zoveel mogelijk zonder actie van buitenaf kunnen spelen

Eisen met betrekking tot de leerdoelen

18. Met het spelen van het kunststofspel moeten de leerdoelen behaald worden
 - a) Weten van het bestaan van kunststoffen
 - b) Minstens 2 productgroepen kunnen noemen
 - i) Rubber
 - ii) kunststof
 - iii) composiet
 - c) Minstens 2 grondstoffen kunnen noemen
 - i) Aardolie
 - ii) gerecycled materiaal
 - iii) biomassa
 - d) Minstens 3 toepassingen kunnen noemen
 - i) Bv. Autoband, verpakking
 - e) Minstens 2 voordelen van kunststof kunnen noemen
 - i) Bv. Licht, gemakkelijk vormbaar
 - f) Weten dat kunststof wordt geproduceerd in de procesindustrie
 - g) Kunststofketen in grote lijnen kunnen vertellen
 - i) Grondstof >> Bewerken >> Vormen >> Gebruiken >> Recycling

Didactische eisen

19. Na het spel volgt een (klassikale) evaluatie
20. Het merendeel moet visueel worden uitgelegd
21. Er mogen alleen korte zinnen worden gebruikt
22. Moeilijke woorden moeten vermeden worden
23. Abstracte, onbekende begrippen moeten uitgelegd worden

10. Idee ontwikkeling

Dit hoofdstuk beschrijft hoe vanuit verschillende ideeën een richting is gekozen. De gekozen ideerichting zal verder worden uitgewerkt in hoofdstuk 10.2.

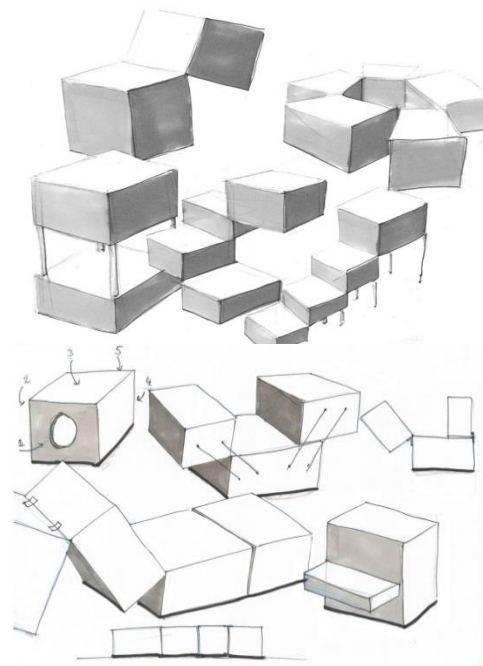
Tijdens en na de analyses zijn er verschillende ideerichtingen bedacht, zie bijlage H. Deze ideerichtingen variëren van een rollenspel met een multitouch-tafel tot het maken van kunststof producten in een minifabriekje.

De verschillende ideeën zijn gepresenteerd in een bespreking met Stichting C3. Per idee is doorgesproken wat de plus- en minpunten zijn, zie Tabel 3 en Tabel 4. Er is gekeken naar de haalbaarheid en of het spel aan zou kunnen slaan bij de doelgroep.

Uit deze bespreking kwam naar voren dat ideerichtingen 1 (Spaceteam), 2 (Kunststofketen) en 3 (Cryptex) niet de voorkeur hadden. Stichting C3 wil liever fysieke puzzel die gelijk opvalt, daarmee vallen 1 en 2 af. Bij idee-richting 3 is het de verwachting dat deze niet goed zou aarden bij de doelgroep: De cryptex lijkt teveel op een denkpuzzel. De overige ideeën werden positief ontvangen, maar de ideeën bieden niet genoeg mogelijkheden tot afwisseling. Om afwisseling te realiseren, de leerstof opgesplitst te kunnen worden om informatie overload te voorkomen, is er gekozen om het spel in 5 puzzels op te delen. Daarom zijn idee-richtingen 4 (Voel en sorteer), 5 (Hap), 6 (Doolhof) en 7 (Blokkenbaan) samen met (een aangepaste) ideerichting 2 gecombineerd tot één spel. Het idee kunststofketen is er bij betrokken onder voorbehoud dat er geen vuur benodigd is.

10.1 Combineren

Er is dus gekozen voor een spel bestaande uit vijf verschillende puzzels. Deze puzzels moeten zowel fysiek, als in spelverloop gecombineerd worden. In een vormstudie is er gekeken naar hoe je vijf puzzels fysiek met elkaar kunt combineren tot 1 spel, zie Figuur 16. Eén van de opties is nestelen, zoals in het idee van Stichting C3 (zie hoofdstuk 8). Met nestelen wordt de buitenste puzzel of heel groot, of de binnenste heel klein. Aangezien je vijf spellen (keer 5 puzzels) moet vervoeren naar een klas zijn de uiterste afmetingen beperkt. De binnenste afmetingen zijn ook beperkt; hoe kleiner, hoe minder indruk je maakt op de leerlingen, bovendien kunnen er niet 5 a 6 leerlingen een kleine puzzel oplossen. Daarom valt nestelen als combinatiemethode af.



Figuur 16 *Vormstudie*

Het is een optie om de vijf afzonderlijke puzzel door de klas te laten rouleren, hierdoor heb je van elk speltype maar eentje nodig. Echter moet je de spellen dan zo maken dat elk ongeveer even lang duurt, anders moeten de leerlingen op elkaar wachten en wordt het onrustig. Daarnaast brengt het rouleren ook onrust mee welke je wilt voorkomen. Daarom heeft ook deze optie niet de voorkeur.

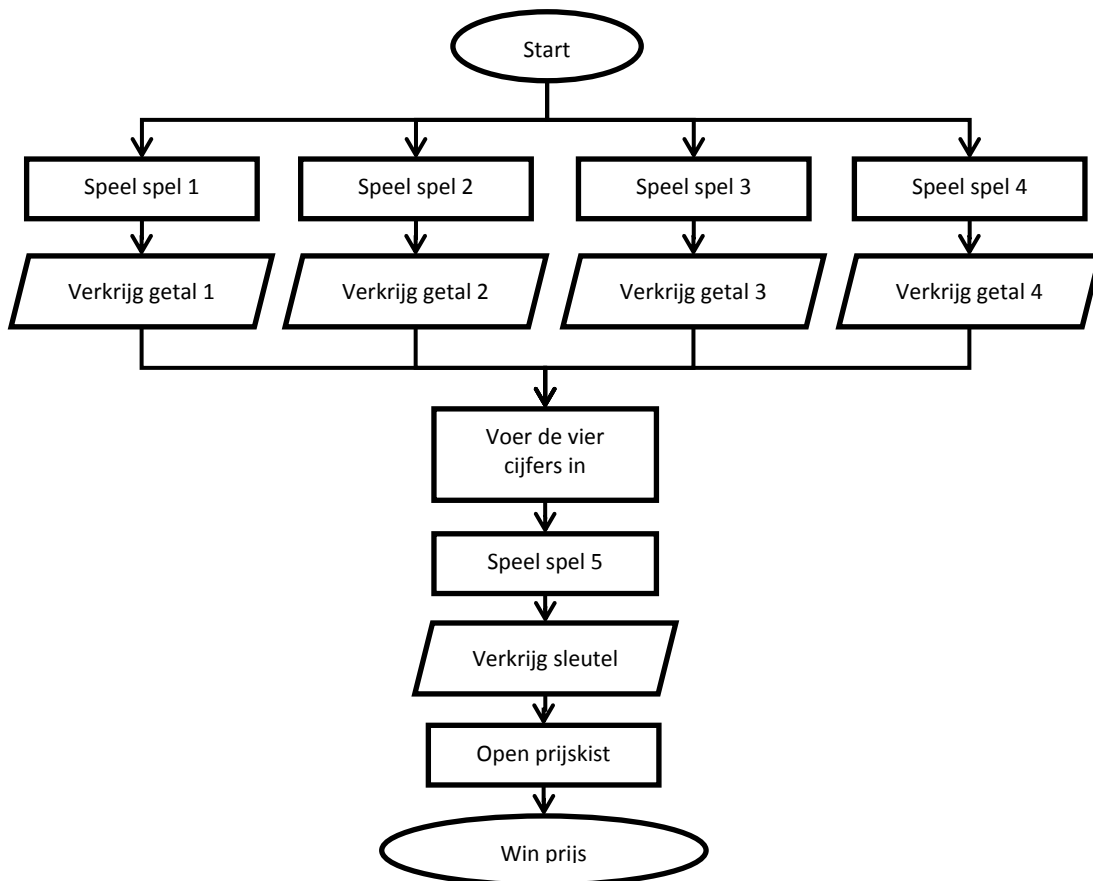
Naast fysiek combineren moet er ook gekeken worden naar hoe de puzzels in elkaar overgaan; Op dit moment zijn het namelijk nog een aantal losse puzzels. Door het nestelen in het idee van Stichting C3 (zie hoofdstuk 8) moesten de leerlingen eerst een puzzel oplossen voordat ze de volgende puzzel verkregen. Hiermee is een duidelijk spelverloop in gebouwd. Helaas is nestelen niet mogelijk. Daarom is er een idee voorgesteld welke de leerlingen ook direct motiveert: De groep die het eerste alle puzzels oplost wint een prijs. Door dit competitieve element toe te voegen, krijgen de leerlingen de kans om hun klasgenoten te verslaan. De leerlingen worden intrinsiek gemotiveerd om hun best te doen en de speellagen een voor een goed op te lossen. Ze gaan heel doelgericht te werk en raken haast in een serieuze staat. Toch is het ook de bedoeling om de leerlingen in een speelse staat te brengen, hier moet in de gameplay en de vormgeving rekening mee gehouden worden.

Dit idee is concreet gemaakt door de vijfde laag te vergrendelen met een viercijferige combinatieslot. Met het correct oplossen van de eerste vier lagen worden de vier cijfers verkregen. Als de vijfde laag ook goed opgelost wordt verkrijgt men een sleutel waarmee men de prijskist kan openen. Het

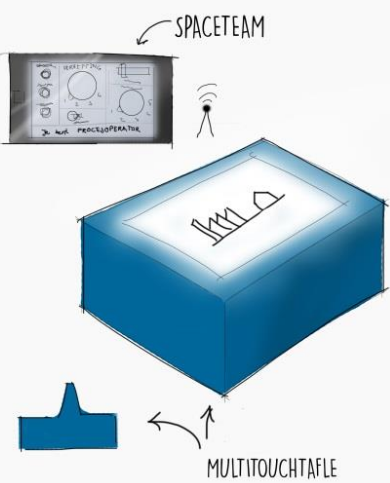
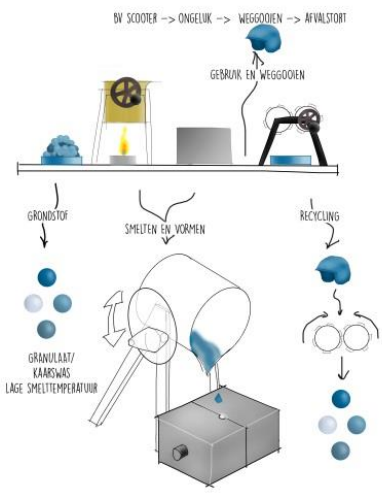
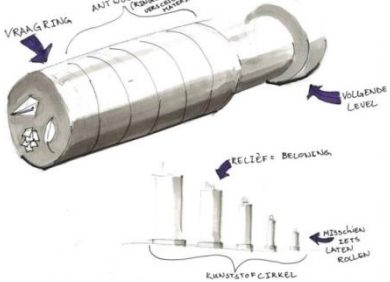
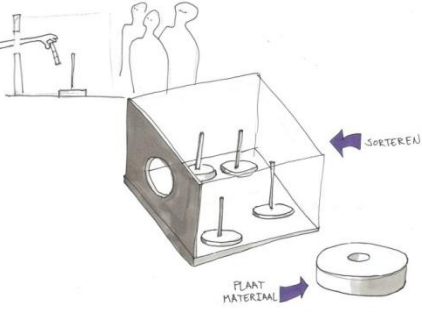
bovenstaande is met een flowchart in schema gebracht. De flowchart is opgebouwd uit drie verschillende bouwblokken, zie Figuur 17. Er zijn blokken waarin de gebruiker een actie moet ondernemen, blokken waarin de gebruiker een keuze heeft en input en output blokken. De blokken hangen samen door pijlen. Door middel van pijlen volgen vanaf de start, is te zien hoe een spel gespeeld wordt. In Figuur 18 is de flowchart van het gehele spel te zien, deze flowchart gaat in vanaf dat de groepen gemaakt zijn en de afzonderlijke groepjes de puzzel hebben.



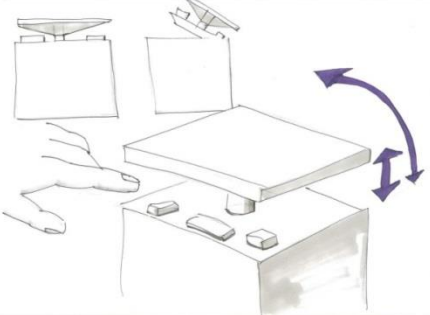
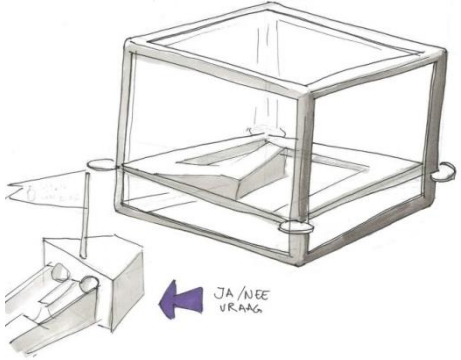
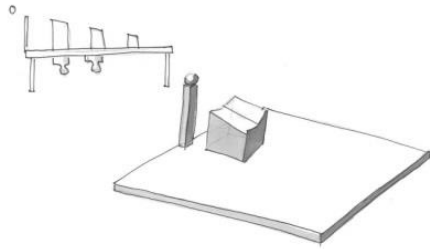
Figuur 17 De drie verschillende bouwblokken voor een flowchart



Figuur 18 Het stroomdiagram van heel het spel

Ideerichting	Korte omschrijving	Kracht	Onvoldane eisen
1 	Spaceteam - Met een smartphone en/of een multi-touch tafel spelen de leerlingen een rollenspel. Voorbeelden van rollen zijn afvalverwerker, fabrieksmedewerker, consument etc.	• Veel mogelijkheden met animatie • Rollenspel • Motivatie door het doorbreken van de highscore	14 De leskoffer is te gebruiken door niet bèta mensen 15 De leskoffer ziet er aantrekkelijk uit 16.a) Het spel is in een standaard klaslokaal te spelen
2 	Kunststofketen - De leerlingen doorlopen het leven van een kunststof product. Ze bedienen zelf ook een minifabriekje en recyclen het product ook weer tot grondstof.	• Tastbaar de kunststofcirkel doorlopen • Iets maken	14 De leskoffer is te gebruiken door niet bèta mensen 16.a) Het spel is in een standaard klaslokaal te spelen
3 	Cryptex - De leerlingen moeten antwoorden op de goede positie draaien. Hiermee lossen de leerlingen de cryptex op.	• Iets om vast te houden • Duidelijk wat het doel is	5 Het spel is afwisselend 7 Het spel moet gespeeld kunnen worden door 5 à 6 leerlingen
4 	Voel en sorteer - Eén leerling voelt en de rest ziet de monsters. Door middel van omschrijven en communiceren, moeten de monsters op de goede plek terecht komen..	• Interactief met elkaar • Je moet echt voelen	5 Het spel is afwisselend 6 Het spel is hufteerproof

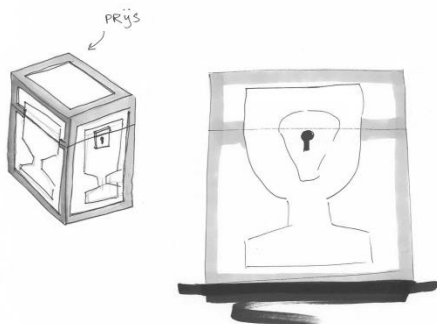
Tabel 3 Ideeën (Deel 1)

Ideerichting	Korte omschrijving	Kracht	Onvoldane eisen
5 	Hap - De leerlingen moeten de goede antwoorden bij een vraag indrukken. Drukken ze een verkeerd antwoord in dan klap de deksel dicht.	• Om veel antwoorden daadwerkelijk te kunnen indrukken moet er samengewerkt worden • Spannend, want dreiging van dichtklappen	5 Het spel is afwisselend
6 	Doolhof - De leerlingen moeten met teamwork een plateau kantelen om zodoende een balletje door een doolhof met vragen te loodsen. Elk hoekpunt wordt door een ander teamlid bediend.	• 4 leerlingen moeten gecontroleerd samenwerken (Sympathy) • Uitdaging om het balletje te besturen (Mastery) • Dynamisch (Arousal)	5 Het spel is afwisselend 7 Het spel moet gespeeld kunnen worden door 5 à 6 leerlingen
7 	Blokkenbaan - De leerlingen moeten blokken op de goede plek schuiven om een baan te creëren en een balletje te laten rollen.	• Logisch redeneren • Iets bouwen • Dynamische knikkerbaan	5 Het spel is afwisselend

Tabel 4 Ideeën (deel 2)

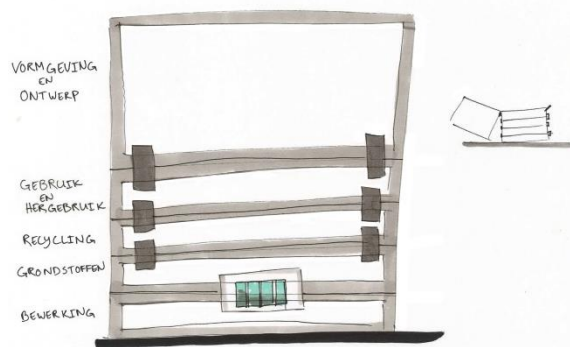
10.2 Nieuw voorstel: Kunststof Kubus

Het nieuwe voorstel bestaat dus uit vijf spellen en een prijskoffer. De klas wordt in vijf groepen verdeeld. Elke groep krijgt een spel en strijdt onderling wie als eerste de schatkist kan openen, zie Figuur 19. Deze groep krijgt namelijk een prijs, bijvoorbeeld een rubbereendje of een ander leuk kunststofproduct.



Figuur 19 De prijskoffer of 'schatkist'

Elk spel bestaat uit vijf (puzzel)lagen die elk een eigen spelvorm en onderwerp bevat, zie Figuur 20a. In plaats van dat de lagen in elkaar zitten, liggen de lagen op elkaar. De puzzels zijn verbonden met scharnieren en clipjes. Als je een puzzel klaar hebt, klap je de laag naar achter en komt de volgende puzzel tevoorschijn, zie Figuur 20b. De laatste puzzel is met een cijferslot vergrendeld. In elke laag kun je een cijfer verdienen voor het openen van de laatste laag. De laatste laag is niet echt een puzzel. In deze laag kun je een sleutel maken, met deze sleutel kun je de schatkist openen.



Figuur 20 a) vooraanzicht; b) laag klapt weg

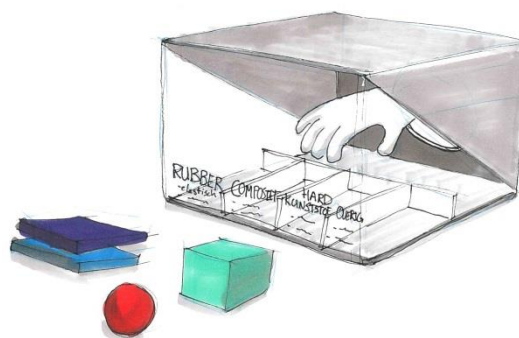
De volgorde van de puzzels is logisch bepaald. In laag 1 wordt gevoeld wat een kunststof is. In laag 2 komt hier kennis van de stofeigenschappen bij, oftewel antwoord op de vraag: waarom je een kunststof zou willen toepassen? In laag 3 leren de leerlingen vervolgens dat je kunststof kunt recycleren en in laag 4 komt recycling terug als een van de

grondstoffen. In de vijfde laag gaan de leerlingen grondstof omzetten in een product.

10.2.1 Laag 1: Soorten

In deze laag ontdekken de leerlingen welke vormen van kunststof er zijn. In het spel staat voelen en communiceren centraal. Een leerling mag verschillende monsters voelen, deze leerling ziet de materialen niet, zie Figuur 21. De rest van het groepje kan de materialen wel zien. Eveneens ziet de rest van het groepje een aantal bakjes waar de monsters in gesorteerd moeten worden. Deze bakjes hebben verschillende labels, zoals hard kunststof, rubber en overig, zie Tabel 5. Per label staan er ook kernwoorden bij. Doordat de leerling communiceert wat hij voelt, kan de rest vertellen in welk bakje hij de monster moet leggen. De leerlingen kunnen het eerste goede cijfer verdienen door bijvoorbeeld het aantal monsters in een gegeven bakje te tellen, zie bijlage J voor een flowchart. Met deze laag is leerdoel 18.b) *Minstens 2 productgroepen kunnen noemen* behaald.

Er is gekozen om niet de indeling thermoplast, thermoharders en thermoharders te gebruiken, omdat dit abstracte begrippen zijn en er tussen deze groepen niet altijd zichtbare verschillen zijn. Deze indeling behoort meer tot verdiepende informatie met betrekking tot stofeigenschappen. Op de website wordt deze indeling wel gemaakt.



Figuur 21 Laag 1: Soorten

Bakje of pijler	Label
Kunststof	• Hard • licht • verschillende kleuren
Rubber	• Elastisch • zacht
Geen kunststof	

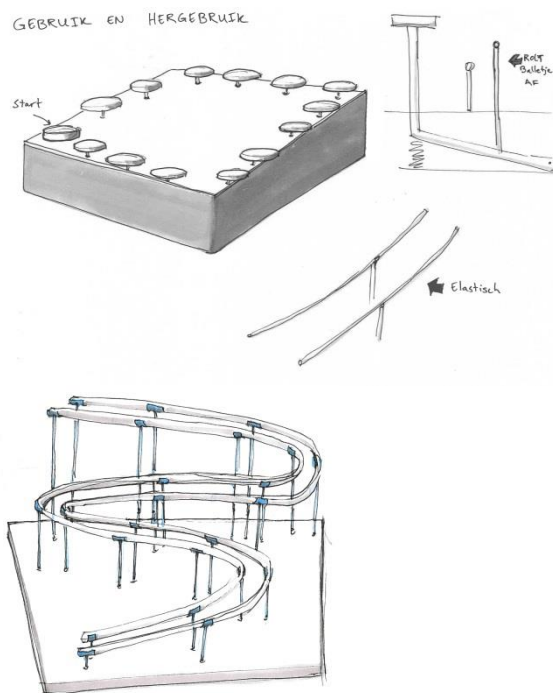
Tabel 5 Productgroepen met labels

10.2.2 Laag 2: Toepassing

Het idee van het dichtslaan in ideerichting 5 is vervangen door een knikkerachtbaan. De keuze

voor een knikkerachtbaan moet het realiseren van het spel realistischer maken. Nog steeds moeten meerdere leerlingen verschillende knoppen tegelijkertijd indrukken. De achtbaan is namelijk nog oneffen; sommige rails steken uit, zie Figuur 22. Door de juiste knoppen in te drukken wordt de baan egaal. Druk je de verkeerde knop in, dan wordt de baan alleen maar meer oneffen.

In deze laag ontdekken de leerlingen welke karakteristieken (voordelen) kunststof heeft. Vanwege de doelgroep is er gekozen om te focussen op een herkenbaar product, bijvoorbeeld een waterflesje. De centrale vraag in deze laag kan dan zijn: Wat is de reden voor het gebruik van kunststof voor een waterflesje (in plaats van glas)? De goede knoppen komen overeen met de juiste karakteristieken en vice versa, zie Tabel 6. Worden alle knoppen niet tegelijkertijd ingedrukt, dan valt het balletje door zijn snelheid van de baan. Het te verdienen cijfer is bijvoorbeeld het aantal ingedrukte knoppen of het cijfer bij een gat waar het balletje in rolt, zie Figuur 24 en Figuur 26 en bijlage K voor een flowchart. Met deze laag is leerdoel 18.e) *Minstens 2 voordelen van kunststof kunnen noemen* behaald.



Figuur 22 Laag 2: Toepassing

Correct	Niet correct
1. Hygiënisch	1. Zwaar
2. Isolerend	2. Lelijk
3. Weerbestendig	3. Onhandig
4. In alle kleuren	4. Duur
5. Licht, maar ook sterk	5. Afbreekbaar
6. Goedkoop	6. Roesten
7. Ingewikkelde vormen	7. Rotten

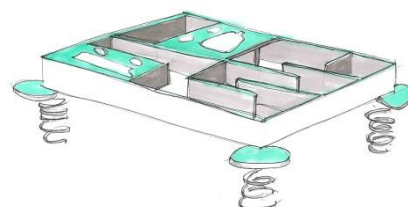
mogelijk	8. Geleidt elektriciteit
8. Grote aantallen gemakkelijk te maken	9. Hittebestendig
9. Duurzaam	10. Krasbestendig
10. Recyclebaar	11. Gaat zomaar kapot

Tabel 6 Stofeigenschappen van kunststof

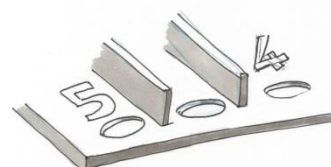
10.2.3 Laag 3: Recycling

Hoe kunststof gescheiden moet worden komt in deze laag naar voren. Om dit voor de leerlingen persoonlijk te maken, speelt dit product in op het afval van consumenten. De leerlingen leren dus hoe ze zelf het afval kunnen scheiden, zie Tabel 7 voor de afvalgroepen. Om het makkelijker te maken, worden in de productfoto's de logo's van Plastic Heroes, bioplastic en een gewoon recycling symbool getoond. Er kan overwogen worden om ook nog de milieustraat in dit rijtje toe te voegen. In de milieustraat kunnen de kunststof voorwerpen gescheiden worden die niet met de Plastic Heroes meekunnen. Plastic Heroes is namelijk alleen voor verpakkingen bedoeld.

De puzzel bestaat uit een kantelbaar platform met doolhof, zie Figuur 23. Op bepaalde plekken wordt de doolhof van het zicht afgeschermd met een plaatje: De leerlingen moeten een keuze maken waar ze een bepaald kunststof product in weggooien. Dit doen ze door het platform te kantelen en zodoende een knikker in een gekozen opening te laten rollen. Van de mogelijke openingen vervolgt er maar eentje de doolhof naar de volgende vraag, de rest van de openingen laten de knikker door het platform heen vallen. Het platform kan alle richtingen op kantelen door het in de hoekpunten naar beneden te drukken. Het is de bedoeling dat elk hoekpunt door een andere leerling bemand wordt. Als alle vragen goed beantwoord worden, rolt de knikker door een gat met het cijfer, zie Figuur 24. Dit is het derde cijfer van de cijfercombinatie, zie ook bijlage L voor een flowchart. Met deze laag is leerdoel 18.d) *Minstens 3 toepassingen kunnen noemen* behaald.



Figuur 23 Platform met doolhof en 4 drukpunten

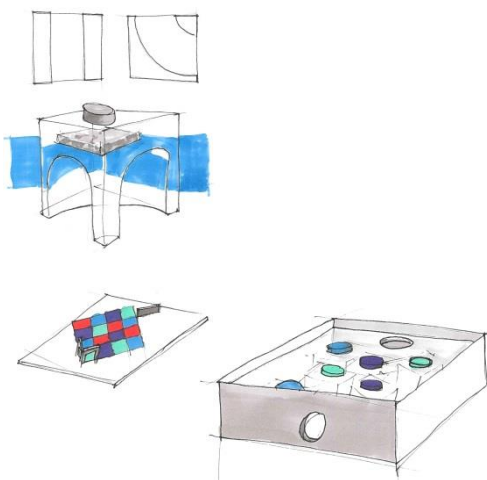


Afvalgroep	Voorbeeld product
Plastic	• Boterkuipje • waterflesje (met logo)
GFT	• Pen • Bioafvalzak • Plantenpot (met logo)
Rest	• Tuinstoel • chips zak

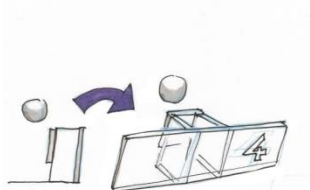
Tabel 7 *Afvalgroepen met bijbehorende producten*

10.2.4 Laag 4: Grondstoffen

Deze laag laat zien welke grondstoffen in producten verwerkt zitten. De leerlingen moeten met blokken een knikkerbaan van begin tot eind vormen. De blokken zijn doorzichtig. In de blokken zit een compartiment met aardolie, biomassa of gerecycled plastic. De blokken worden over een plaat geschoven. Op deze plaat staan verschillende productfoto's afgebeeld. Als de leerlingen de grondstoffen goed matchen met de producten, dan ontstaat de knikkerbaan, zie Tabel 8. De blokken worden geschoven met behulp van magneten. Het gat waar het balletje inrolt is het vierde cijfer van de cijfercombinatie, zie ook Figuur 25 en bijlage M voor een flowchart. In deze laag wordt leerdoel 18.c) *Minstens 2 grondstoffen kunnen noemen behaald.*



Figuur 25 *Laag 4: Grondstoffen*



Figuur 26 *Gat met cijfer*

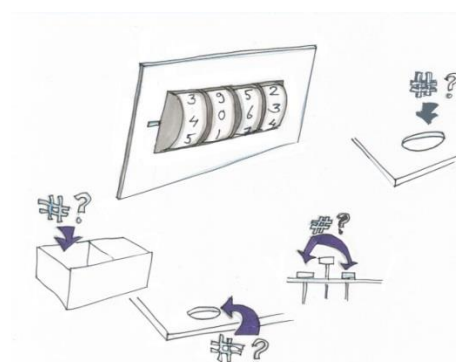
Grondstof	Voorbeeld product
aardolie	
mais en aardappel	• Pil • Verpakking (seedling)
gerecycled	• Dixy • T shirt

Tabel 8 *Grondstoffen met bijbehorende producten*

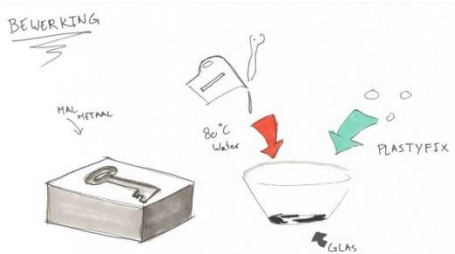
10.2.5 Laag 5: Bewerking

De laatste laag kan geopend worden met behulp van de vier verkregen cijfers. Door deze cijfers achter elkaar in een cijferslot in te voeren, kunnen de leerlingen bij de inhoud van deze laag komen, zie Figuur 27. In deze laag zit een kitje om een sleutel van te maken. Dit kitje bestaat uit een mal, een thee-ei en polycaprolacton granulaat, zie Figuur 28. Polycaprolacton is een kunststof dat al bij 60-80 graden smelt. Kortom het smelt in heet water van een koffieautomaat. Dit maakt het een ideaal materiaal om de leerlingen in contact te laten komen met het productieproces van kunststoffen. Door het granulaat te verwarmen en het in een malletje te duwen kunnen de leerlingen namelijk een sleutel maken. Met de sleutel kunnen de leerlingen proberen om de schatkist te openen. Het groepje dat dit als eerste lukt heeft gewonnen, zie ook bijlage N voor een flowchart.

Deze laag vervult deels leerdoel 18.f) *Weten dat kunststof wordt geproduceerd in de procesindustrie.* De leerlingen krijgen te maken met het productieproces van een kunststof. Echter, dit is een versimpelde versie waar de leerlingen zelf een enkel product maken. In de verdere les kan hier op aangehaakt worden, hoe het in het echt in zijn werk gaat en dat je dan niet efficiënt is om één product per keer te maken.



Figuur 27 *De vier cijfers vormen een cijfercombinatie*



Figuur 28 *Het sleutel-maak-kitje*

10.3 Implementatie overige leerdoelen

Eis 18 omvat welke leerdoelen behaald moeten worden. De implementatie van een aantal leerdoelen zijn reeds in hoofdstuk 10.2 benoemd. Leerdoelen 18.a), 18.d) en 18.g) komen in deze paragraaf aan bod.

Leerdoel 18.a) *Weten van het bestaan van kunststoffen* wordt gedekt in de gehele les en ook met het spelen van de kunststofpuzzel.

Leerdoel 18.d) *Minstens 3 toepassingen kunnen noemen*. Wordt ook gedekt door laag één, twee en vier. In deze lagen worden verschillende vormen en toepassingen van kunststof getoond.

Leerdoel 18.g) *Kunststofketen in grote lijnen kunnen vertellen* wordt deels door gedekt. In het idee van C3 komen eerst de afzonderlijke leerstof over kunststoffen aanbod en daarna over de kunststofcirkel. In het huidige voorstel komt de kunststofcirkel minder als eenheid naar voren. Echter, de verschillende fasen van de kunststofcirkel komen wel terug. Zo wordt er verteld waarom je in een product kunststof zou gebruiken, welke materialen dit zijn, welke grondstoffen je hierbij nodig hebt, dat je het kunt recycleren en een beetje hoe het gemaakt wordt. In de verdere les kan er worden teruggekoppeld hoe de verschillende processen zich tot elkaar verhouden. In de terugkoppeling kan de kunststofcirkel vertoond worden en de verschillende fasen kunnen dan refereren naar de verschillende speellagen.

10.4 Conclusie

Er zijn een aantal ideeën gegenereerd. Deze ideeën spelen in op samenwerken, vragen beantwoorden en spelverloop. Uit deze ideeën is met Stichting C3 een vijftal verschillende puzzels herleid. Deze puzzels functioneren elk anders. Op deze manier is het oplossen van de puzzel afwisselend en blijft het spel vernieuwend. De vijf puzzels samen vormen een spel. Per klas zullen er vijf spellen ingezet

worden. Dit betekent dat er in de leskoffer 25 puzzels moeten komen.

In het nieuwe voorstel behandelt elke puzzel-laag een ander thema. Op deze manier kan er bij elk thema goed stil gestaan worden en wordt de kans op een informatie overload kleiner. Ook is er in het nieuwe voorstel een competitief element ingebracht. Door dit element toe te voegen worden de leerlingen serieuzer. Ze werken doelgerichter en voelen zich eerder een team. Op deze manier worden de leerlingen dus intrinsiek gemotiveerd.

De twee boodschappen van NRK zitten niet direct in het spel verweven. De leerlingen leren over recycleren en over de voordelen van kunststof. In de evaluatie die de gastdocent met de leerlingen na het spel heeft, kan hier nog verder op ingehaakt worden.

Met behulp van een flowchart is het spelverloop schematisch vastgelegd. De flowchart kan in een later stadium helpen met het maken van een handleiding. In het volgende hoofdstuk wordt het voorstel uit dit hoofdstuk uitgewerkt in concepten.

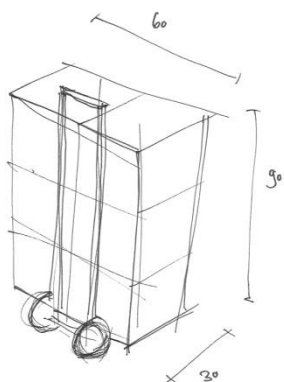
11. Concepten

In dit hoofdstuk wordt het idee Kunststof Kubus verder uitgewerkt. De puzzels zullen worden gehuisvest in een koffer van Faes Cases. Dit is de wens van NRK. De verschillende conceptrichtingen zijn gebaseerd op de koffers en verschillende mogelijkheden vanuit Faes Cases. Eerst wordt gekeken hoe de leskoffer en de behuizing van de puzzels eruit kunnen zien, daarna wordt het binnenwerk besproken. Uiteindelijk zijn de concepten beoordeeld op kosten, omvang, haalbaarheid, uitstraling en mogelijkheden en wordt er een concept gekozen.

De spellen worden geïntegreerd in een kunststofkoffer. De maten van de koffers kunnen verschillen, het spelverloop zal echter nagenoeg hetzelfde blijven. Daarom is ervoor gekozen om eerst een binnenwerk te ontwerpen. Later kan aan de hand van de afmetingen en het soort koffer er altijd nog dingen veranderd worden.

11.1 Concept Mio

De basis van dit concept is het kunnen vervoeren van alle vijf de spellen en de prijskoffer op één trolley. Door de spellen op een trolley te binden, wordt het gewicht en de ruimte van een overkoepelende leskoffer bespaard. De maten van een redelijk grote trolley zijn vastgelegd op 30 bij 60 bij 90 cm. Aangezien je 6 koffers kwijt moet (vijf spellen met prijskoffer) is twee bij drie een mogelijke efficiënte stapelmanier, zie Figuur 29. Dit betekent dat de puzzels en de prijzenkoffer afzonderlijk 30 bij 30 cm bij 30 cm mogen zijn. Het speelvlak van elke puzzel-laag is dus maximaal 30 bij 30 cm.



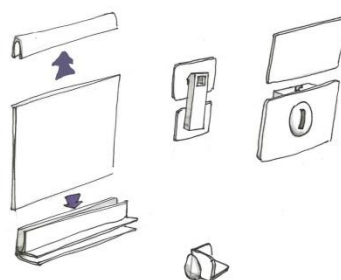
Figuur 29 Trolley met 2 x 3 koffers

Voor de uitvoering van dit concept is de Mio koffer gekozen, zie Figuur 30, omdat deze in elke maat te maken is. De Mio koffer is een profielenkoffer, dit

betekent dat er verschillende panelen bij elkaar worden gehouden met behulp van aluminium hoek- en sluitprofielen, zie Figuur 31. Ter bescherming van de hoeken en voor extra stevigheid, worden er hoekprofielen over de randen heen geplaatst. Doordat deze aan de panelen vast gepopnageld worden, blijft alles bij elkaar. Naast hoekjes, profielen en panelen, behoren scharnieren, sloten en sluitingen ook tot de standaard onderdelen. Door de panelen en profielen op een kleinere of grotere maat af te zagen, maak je een kleinere of grotere koffer.



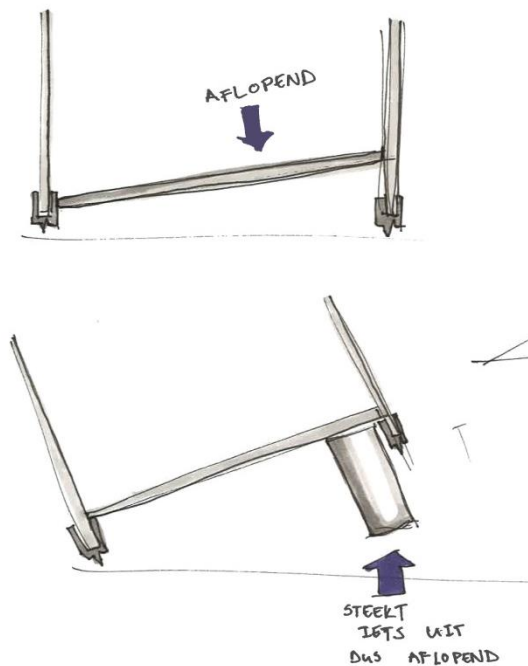
Figuur 30 De Mio koffer van Faes Cases



Figuur 31 Onderdelen van een profielenkoffer

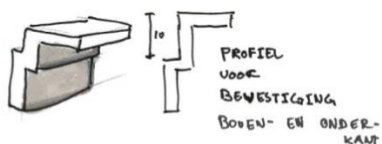
In drie van de vijf lagen wordt een balletje of knikker gebruikt. De diameter van deze knikker bepaalt de minimale hoogte van deze lagen. Het balletje moet namelijk vrij kunnen rollen. Later in dit hoofdstuk wordt bepaald hoe dit werkt. Een knikker is normaal 15 mm in doorsnede. Voor de kunststofpuzzel wordt gekozen voor een knikker of stuiterbal van 27 mm. Met deze maat valt het balletje meer op.

In dit concept is de beschikbare ruimte in de afzonderlijke puzzels beperkt. Om de ruimte zo efficiënt mogelijk te gebruiken zijn er een aantal oplossingen bedacht. In de lagen met een knikker moet een verloop zitten, een verloop neemt echter ruimte in beslag, hierdoor is een uitstekend voetje aan de onderkant aangebracht. Als het spel op tafel wordt gezet dan staat deze door het voetje scheef en loopt deze af, zie Figuur 32.



Figuur 32 Twee manieren van aflopend maken

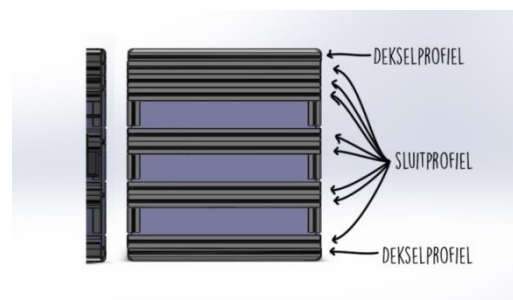
Omdat in sommige lagen knoppen uitsteken is ervoor gekozen om de onder- en bovenkant van een laag iets naar binnen te laten vallen. Hierdoor kunnen de knoppen van de laag eronder in de holte van de laag erboven steken. Het uitstekende voetje voor de afloop valt op deze manier ook mooi weg. Een holte met een diepte van 1 cm volstaat. Aangezien de sluitprofielen twee centimeter hoog zijn, betekent dit dat de onderkant en bovenkant ter hoogte van het sluitprofiel zitten. Om dit te bewerkstelligen kunnen bijvoorbeeld aparte beugeltjes gemaakt worden. Deze beugeltjes hebben aan een kant dus een trap vorm, daar waar ze over de sluitprofielen heen vallen. Deze beugeltjes kunnen ook gepopnageld worden. Door aan elke zijde twee beugels te plaatsen wordt er een stevig draagvlak gecreëerd voor de onder en bovenkant.



Figuur 33 Beugeltjes voor bevestiging boven- en onderkant

Eén spel bestaat uit vijf puzzel-lagen. Door elke puzzel in een aparte koffer te stoppen gaat er veel ruimte verloren en moet er een systeem worden bedacht opdat je de koffers kunt nestelen. Voor nestelen zijn standaardonderdelen te verkrijgen. Faes Cases gebruikt hier onder andere een rubberen mannetjes en vrouwtjes voetje voor. Een mannetjes voetje heeft een uitstulping welke in de

uitsparing van het vrouwtje valt. Echter neemt dit ook extra ruimte in beslag. Bovendien is het nog steeds niet direct duidelijk dat de vijf koffers bij elkaar horen. Daarom is een iets andere opstelling bedacht. Alleen de buitenste lagen krijgen een deksel en dus een dekselprofiel. Door in de binnenste speellagen geen dekselprofiel maar aan de twee kanten een sluitprofiel te gebruiken, nestelen de vijf lagen als ware het een koffer is, zie Figuur 34. De bovenste vier lagen liggen los op elkaar, alleen de onderste twee lagen zitten nog met een scharnier en hangslot aan elkaar vast. Om de afzonderlijke puzzels met elkaar te nestelen kan wel een voetje gebruikt worden.



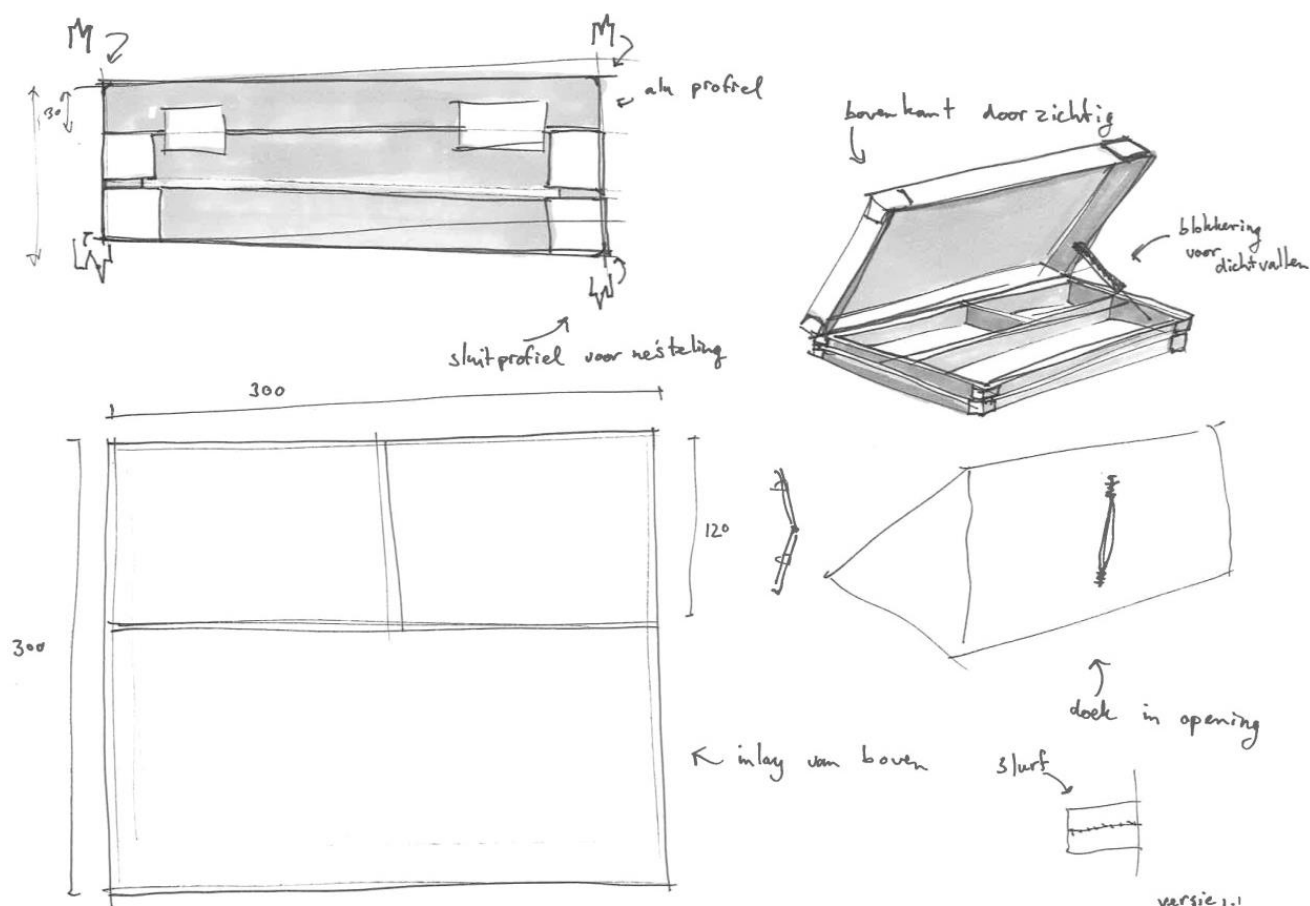
Figuur 34 Eén puzzel

Een nadeel van de Mio koffer is de prijs: Een lege koffer kost al gauw 200 euro. Deze prijs is exclusief het binnenwerk. Dit komt omdat het, ondanks de standaard onderdelen, maatwerk is.

Op basis van de Mio koffer is er in dit stadium een solidworks model gemaakt. Aan de hand van dit model kan goed de werking van de verschillende spellen getoond worden.

11.1.1 Laag 1: Soorten sorteren

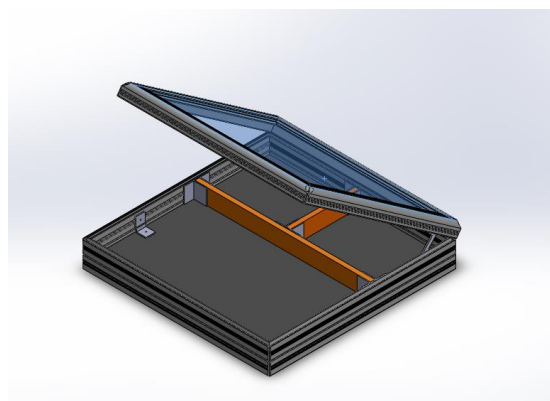
In de eerste puzzel 'Soorten' is er één iemand, de voeler, die niet ziet wat hij voelt. Deze puzzel nam in zijn originele staat veel ruimte in beslag. De puzzel kan ook niet veel kleiner; Volgens Dined (2015) is de gripomtrek voor 95p in 2004 namelijk 150 mm. Dit betekent dat als je voor 95 procent van de Nederlandse bevolking tussen de 20 en 30 jaar een opening die groot genoeg is wilt faciliteren, moet deze groter dan 150 mm zijn. Oftewel, een compromis moet gesloten worden tussen een kleine maat voor vervoer en een grotere maat voor gebruik. Dit compromis is gesloten door de eerste laag als een koffer te laten functioneren, zie Figuur 35. De opening die ontstaat als de deksel open klapt, wordt afgeschermd met een doek. De voeler kan zijn hand steken door de doek. De rest van het team kan meekijken door de transparante deksel. Om te zorgen dat de deksel niet dichtklapt of te ver openklapt kan er een gasveer of zekering ingebouwd worden. De vakjes kunnen gevormd



Figuur 35 Laag1

worden door aan de binnenkant panelen en hoekprofielen te maken.

Het binnenwerk van de eerste laag bestaat uit verschillende muren. Deze muren hebben als functie om het koffervlak te verdelen in meerdere compartimenten. In totaal heb je een compartiment voor ongesorteerd en de compartimenten voor de verschillende soorten. Daarnaast moeten er nog per bakje een label komen. Dit label heeft als functie om de leerlingen te vertellen wat er in elke compartiment thuis hoort. Naast de vakkenverdelers heb je dus een transparante deksel en een doek.



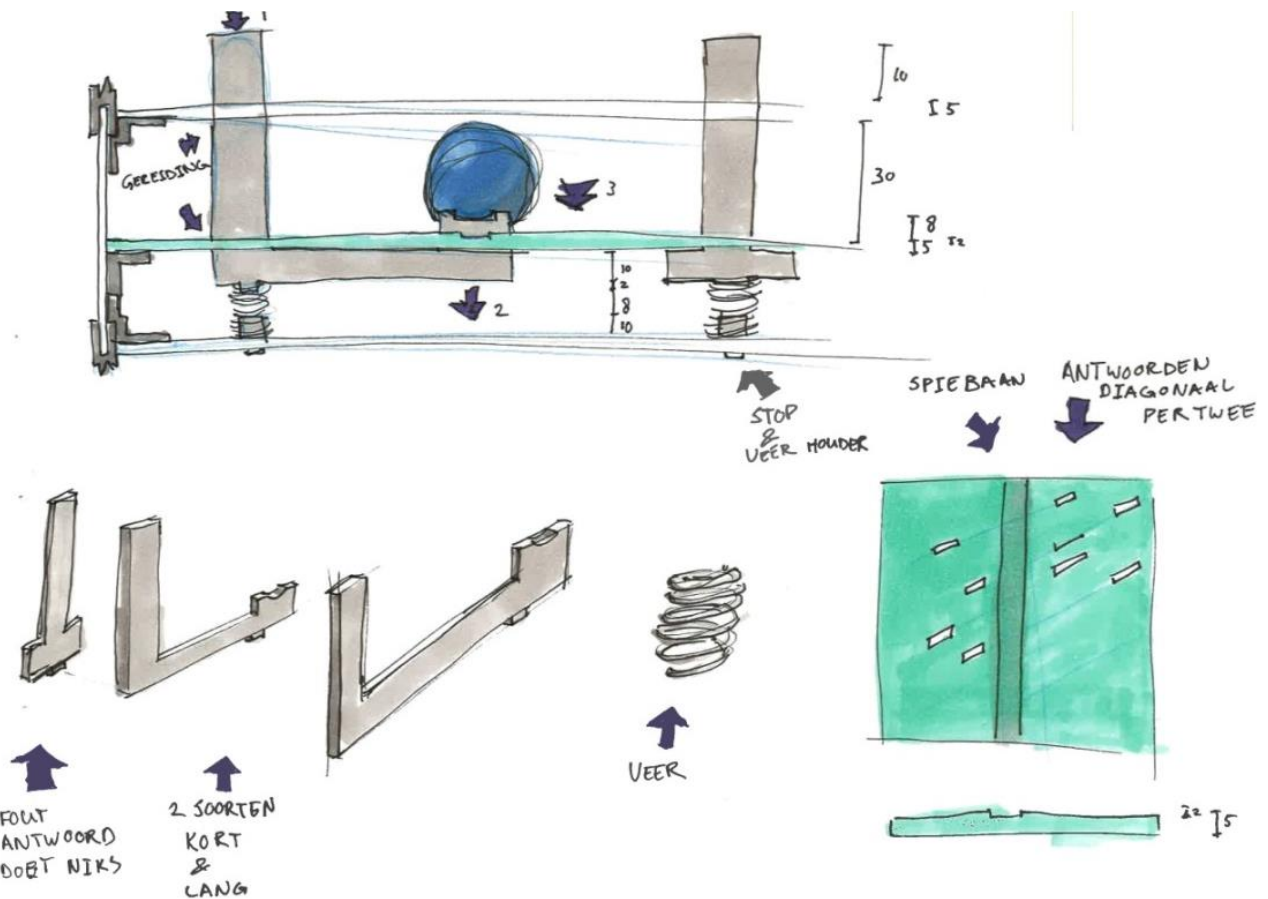
Figuur 36 Laag 1: Met verschillende compartimenten en een transparante deksel. Het doek mist nog.

11.1.2 Laag 2: Eigenschappen toekennen

Deze puzzel-laag heeft drie horizontale platen. Over de middelste horizontale loopt het balletje, in deze plaat is de knikkerbaan aangebracht, zie Figuur 37.

De knikkerbaan wordt onderbroken door acht blokkades. De blokkades zijn het uiteinde van hefbomen. In totaal zijn er zestien hefbomen, de helft van de hefbomen is dus niet verbonden met een blokkade. Als je deze hefbomen indrukt, verandert er niets aan het speelbord. Deze hefbomen komen overeen met het beantwoorden met een fout antwoord. Als leerlingen deze hefboom indrukken zal dit resulteren in een te hoog aantal ingedrukte knoppen en klopt het cijfer voor de cijfercombinatie niet. De vraag en de antwoorden kunnen op de middelste plaat (speelbord) gedrukt worden.

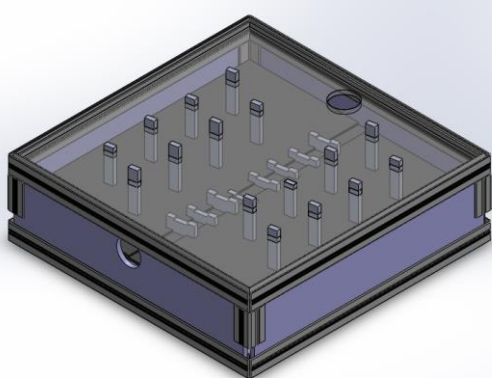
Er is gekozen voor een speelbord met een rechte baan voor de knikker. De baan is een 2mm diepe geul in het speelbord, hier rolt de knikker doorheen. In het speelbord zitten voor de rest nog uitsparingen voor de blokkade en de hefboom.



Figuur 37 Laag 2

Er zijn drie soorten hefboomen; een hefboom zonder blokkade, eentje met een korte arm en eentje met een lage arm, zie Figuur 37. Door twee verschillende lengtes in de armen te gebruiken kan er gespeeld worden met de plaatsing van de knoppen, maar blijven het totaal aantal verschillende onderdelen toch klein, zie Figuur 38. De hefboomen worden gemaakt uit 5 mm kunststof plaatmateriaal opdat deze stevig genoeg zijn.

Naast de hefboomen worden er in deze laag drukveren gebruikt. De drukveren dienen de hefboomen na afloop weer terug omhoog te duwen. Deze veren hebben een hoogte van ongeveer 30 mm.



Figuur 38 Laag 2

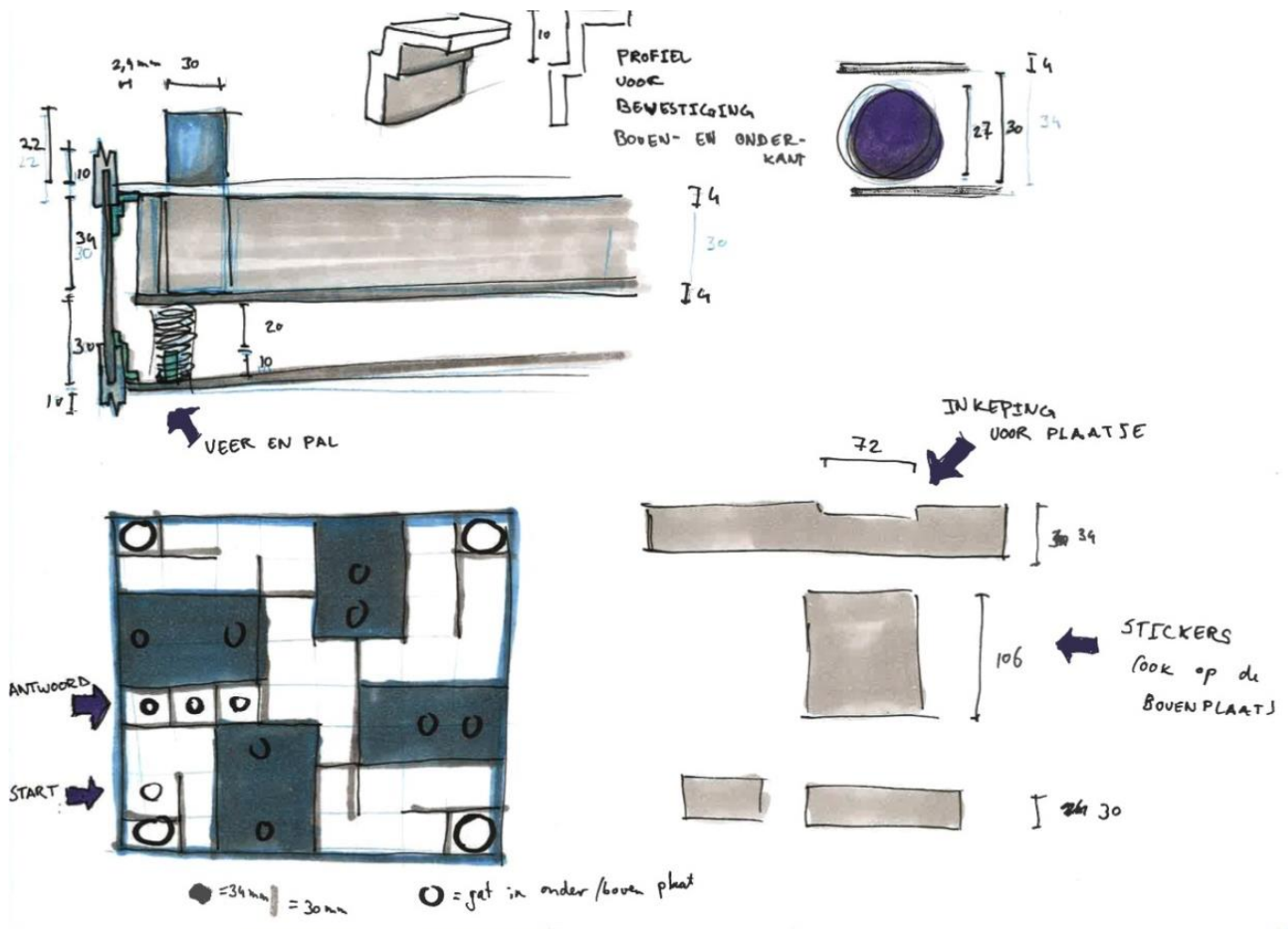
In de bovenplaat zit een uitsparing voor het balletje en meerdere uitsparingen voor de knoppen. De bovenplaat en de onderplaat samen zorgen voor de geleiding van de knoppen; ze zorgen ervoor dat de knoppen niet scheef gaan. De bovenplaat staat in direct contact met de gebruiker en wordt alleen aan de zijkanten ondersteund. De bovenplaat moet dus een beetje robuust zijn.

11.1.3 Laag 3: Recycling

Deze laag bestaat uit een doolhof met gaten erin. De doolhof is verend opgehangen in de behuizing. In de hoekpunten kan de doolhof naar beneden gedruwd worden, zie Figuur 39. Een aantal delen van de doolhof zijn aan de bovenkant afgedicht met een vraagplaatje, zie Figuur 40. Op het plaatje staat de vraag afgebeeld. Onder het plaatje lopen drie banen door, echter zijn twee van de drie banen onderbroken door een gat. Als de spelers het balletje in een van deze banen sturen, dan valt het balletje en moeten de spelers opnieuw beginnen.

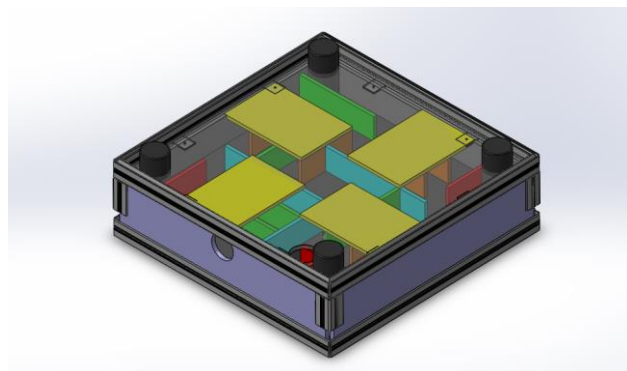
De doolhof is opgebouwd uit een plaat, vier knoppen, een aantal muurtjes en vier vraagplaatjes. In de plaat zitten groeven waar de muurtjes in gestoken kunnen worden. Daarnaast zitten er ook een aantal gaten in de plaat. De muurtjes hebben verschillende lengtes aangezien er verschillende banen gevormd moeten worden. De breedte van de banen en de hoogte van de muurtjes zijn beide 30 mm, hier kan een balletje van 27mm zonder

problemen doorheen rollen. Op de plaat zitten ook 4 knoppen gemonteerd, deze knoppen steken 25 mm boven de doolhof uit. Deze maat zorgt ervoor dat de knoppen niet onder de bovenplaat verdwijnen bij maximale indrukking.



Figuur 39 Laag 3

In de bovenplaat zit een uitspring voor het balletje en vier uitsparingen voor de knoppen. De uitsparingen voor de knoppen moeten groter zijn dan de doorsnede van de knoppen, opdat deze schuin kunnen staan als de doolhof aan een kant naar beneden wordt geduwd. Hetzelfde geldt voor de ruimte tussen de doolhof en de behuizing.

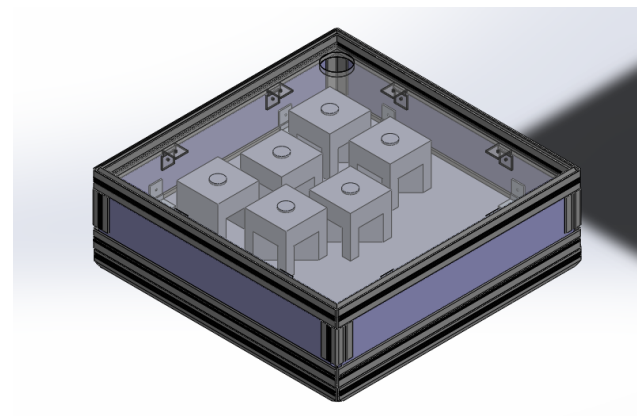


Figuur 40 Laag 3

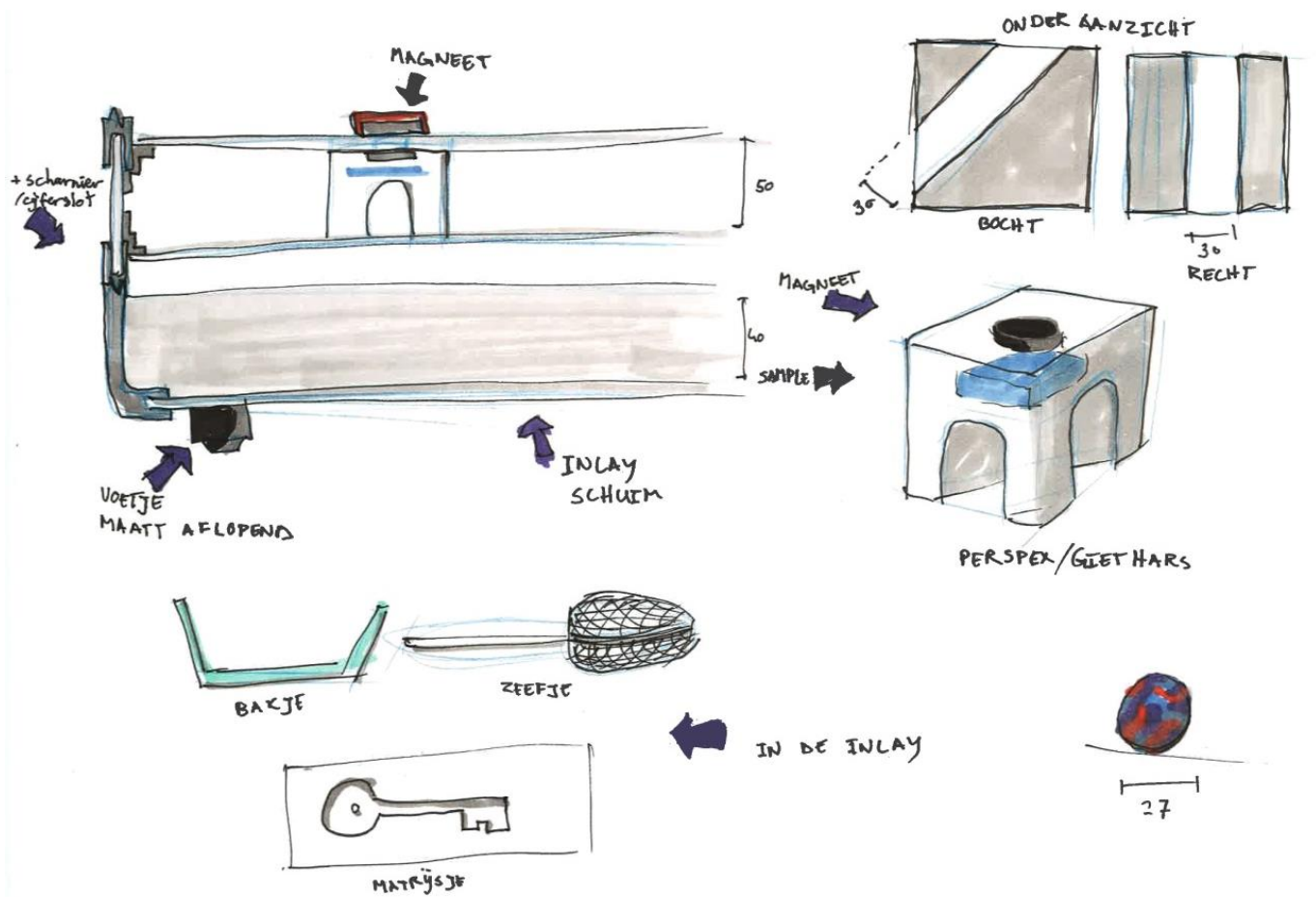
11.1.4 Laag 4: Grondstoffen

In deze laag matchen de leerlingen producten aan grondstoffen. Hiervoor worden verschillende blokken met monsters erin gemaakt. Deze blokken hebben uitsparingen die een knikkerbaan kunnen

vormen, mits ze goed gepositioneerd worden, zie Figuur 41. Als dit goed gebeurt, gaat de knikker via alle blokken, door een poortje met een cijfer. De blokken kun je, door de bovenplaat heen, verplaatsen met behulp van magneten. Op deze manier is de puzzel-laag netjes afgeschermd voor viezigheid en is er alleen een opening voor het balletje nodig.



Figuur 41 Laag 4



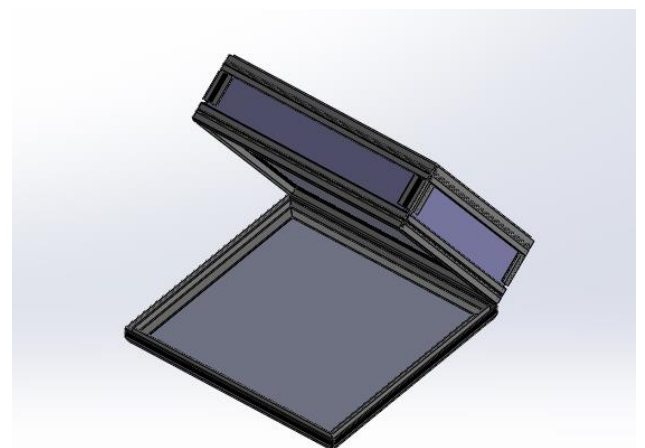
Figuur 42 Laag 4 en 5

Deze laag zit met scharnieren en een cijferslot vast aan de vijfde laag. Hierdoor kan de laag niet zomaar afgenomen worden en onder een helling gezet worden. Daarom moet in deze laag wel de onderplaat onder een hoek gemonteerd worden. Om te zorgen dat de blokken met de magneten vrij schuifbaar zijn, moet de interne hoogte overal gelijk zijn. De bovenplaat zal dus ook onder een hoek moeten komen.

Na verschillende iteraties is er een leuk verloop van een baan bedacht. Er zijn drie verschillende grondstofsoorten en per grondstofsoort zijn er twee blokken in het spel. Er kan gekozen worden tussen blokken met een rechte doorgang en blokken met een bocht. Door per soort grondstof één soort gang te kiezen kan erop worden aangestuurd dat er maar een route mogelijk is. Er is gekozen om alleen de juiste route te voorzien van afbeeldingen van producten, dit om de leerlingen niet misleiden en om het spelverloop te stroomlijnen. Door één soort grondstof wél een recht blok en een bochtig blok te geven, kun je twee alternatieve mogelijke routes generen. Door de indeling van de antwoorden kun je er voor zorgen dat beide routes bij hetzelfde poortje uitkomen.

11.1.5 Laag 5: Sleutel maken

Je kunt alleen bij de laatste laag als je de juiste cijfercombinatie invult. In de laatste laag zit een kitje om een sleutel mee te maken. Dit kitje zit netjes opgeborgen in de inlay van de onderste laag. Voor het maken van de sleutel is een matrijs, enkele polycaprolacton korrels en heet water (tussen de 60 en 80 °C) nodig. De korrels polycaprolacton kunnen week gemaakt worden in het hete water. Door het hete water centraal bij de gastdocent beschikbaar te maken, kan de docent toezicht houden of het proces wel veilig (rustig) verloopt en hoeft er niet per puzzel een waterkoker of iets dergelijks geleverd te worden.



Figuur 43 Laag 5

11.2 Concept T-loc

In het tweede concept vormt elk spel een trolley. De gastdocent neemt dus 5 trolleys mee, zie Figuur 44. De puzzels hebben nu minder restrictie qua afmetingen. Voor dit concept is de T-loc koffer van Faes Cases ideaal. Deze koffer is modulair en in meerdere maten en kleuren te krijgen. Hierdoor kun je voor elk spel een andere koffer met een andere hoogte nemen, maar zijn deze alsnog stapelbaar. De maten waaruit je kunt kiezen staan in Tabel 9.



Figuur 44 5 trolleys

Naam	Intern (mm)	Extern (mm)	Gewicht (kg)
T-loc I	273 x 383 x 75	296 x 396 x 105	1,3
T-loc II	267 x 383 x 127	296 x 396 x 158	1,5
T-loc III	266 x 382 x 180	296 x 396 x 210	1,8
T-loc IV	266 x 382 x 285	296 x 396 x 315	2,1
T-loc V	265 x 381 x 384	296 x 396 x 420	2,7

Tabel 9 De verschillende T-loc koffers

De T-loc dankt zijn naam aan zijn sluitingsmechanisme. Deze bevindt zich aan de voorkant en is in de vorm van een T. De sluiting is met één hand te bedienen en heeft drie standen; Dicht (L), open (O) en gefixeerd aan de laag erboven (C), zie Figuur 45. Door de sluiting te draaien, verandert de aangrijping en zijn functie, hierbij hoeft je bijna geen kracht te gebruiken. Het mooie van de T-loc koffer is dat er standaard trolleys bijgeleverd kunnen worden.



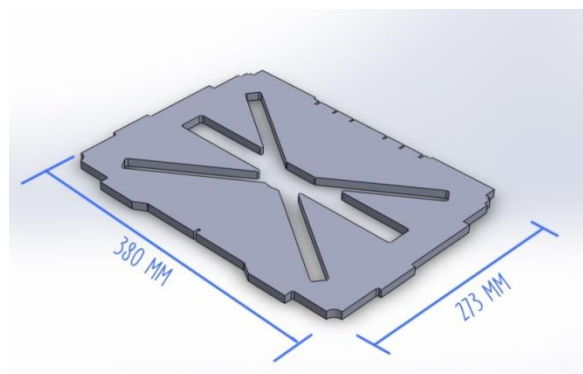
Figuur 45 Drie T-loc koffers met drie verschillende standen sluiting

De extra ruimte ten opzichte van het Mio concept, kan nuttig besteed worden: er is ruimte voor een opvangbakje in de koffer, waardoor er geen gat meer in de behuizing nodig is. De koffers kunnen dus helemaal afgesloten worden van buiten, waardoor er in opslag of tijdens transport niks uit kan vallen. Bovendien is er nu een vrij oppervlak op de binnenkant van de deksel. Dit oppervlak kan gebruikt worden voor extra informatie of voor bijvoorbeeld de vraagstelling, zie Figuur 47.

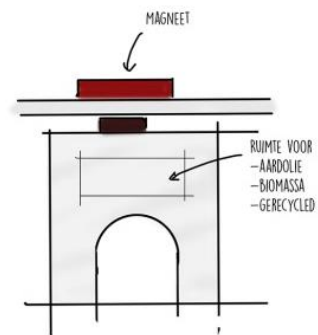
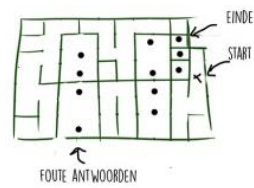
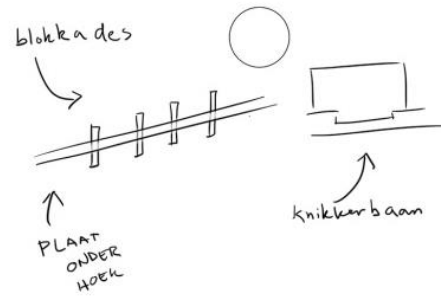
Daarnaast zijn er nog enkele verschillen, zie Figuur 47:

- De T-loc heeft geen mogelijkheid tot een transparante deksel. In plaats hiervan kan een geblindeerde zonnebril gebruikt worden om de 'voeler' het zicht te ontnemen in laag 1.
- In de lagen 2, 3 en 4 wordt een opvangbakje toegevoegd.
- Net als laag 4 loopt het spelbord in laag 2 en laag 3 standaard schuin af.
- Laag 4 en 5 zitten niet meer aan elkaar vast. De deksel van laag 5 zit nu met een cijferslot vast.
- De T-loc sluiting kun je in verschillende kleuren krijgen. Door elk spel zijn eigen kleur T-loc te geven, kun je identiteit voor de teams creëren.

Doordat de T-loc koffer een standaard koffer is, is deze goedkoper dan de Mio koffer. De kostprijs van een lege koffer wordt geschat op 60 euro. Echter zit er ook een keerzijde aan de T-loc koffers, voor stevigheid zijn er aan de binnen- en onderkant ribben en vernauwingen aangebracht. Hierdoor verlies je wat ruimte, zie ook Figuur 46.



Figuur 46 Schuimen inlay voor afvlakken onderkant



Figuur 47 Concept T-Loc

11.3 Evaluatie concepten

De twee concepten worden op basis van het programma van eisen met elkaar vergeleken. De eisen die niet behaald zijn worden hieronder weergegeven.

11.3.1 Concept Mio

1 Het spel moet geproduceerd kunnen worden voor 20.000 euro inclusief BTW

Eén lege koffer kost 200 euro. Aangezien 5 koffers (in ieder geval de onderdelen) nodig zijn voor een spel en 5 spellen voor een klas, zit je al aan $25 * 200 = 5000$ euro met alleen lege koffers. Naar schatting heb je nog anderhalf keer zoveel nodig voor het binnenwerk. Oftewel je kunt misschien 1 set maken, echter de wens is om meerdere sets te maken.

4 Het kunststofspel moet gemakkelijk te gebruiken zijn

Doordat je laag 2 en laag 3 eerst moet afnemen voordat je ze kan spelen, is dit concept niet heel gebruiksvriendelijk, ook is er geen bewaarplek voor het balletje.

7 Het spel moet gespeeld kunnen worden door 5 à 6 leerlingen

De afmetingen van het speelveld zijn 30 bij 30 cm, dit is aan de kleine kant voor 5 man.

10 De opdrachten zijn helder en duidelijk

Er is geen ruimte voor extra informatie of opdrachtformuleringen.

12 Je moet het spel kunnen optillen

De losse spellen kun je naar verwachting wel optillen. De trolley in zijn geheel is naar verwachting te zwaar.

13 De uiterste afmetingen zijn 900x600x300 mm

De minimale hoogte is ongeveer 327 mm. Dit resulteert in een trolley van ten minste 990 mm.

11.3.2 Concept T-loc

1 Het spel moet geproduceerd kunnen worden voor 20.000 euro inclusief BTW

Een T-loc kost leeg 60 euro. Dat betekent dat vijf inhoudsloze spellen $25 * 60 = 1500$ euro kost. Het binnenwerk wordt ongeveer even duur als het binnenwerk van de Mio geschat. Dit betekent dat een set op 8000 euro geschat wordt. Oftewel je kunt misschien 1 a 2 set(s) maken, echter de wens is om meerdere sets te maken.

12 Je moet het spel kunnen optillen

Losse puzzels kun je optillen, over het optillen van een spellen set op een trolley is nog niets bekend.

13 De uiterste afmetingen zijn 900x600x300 mm

De vijf spellen sets worden verdeeld over vijf

trolleys. Een trolley heeft naar verwachting een grondoppervlak van ongeveer 296 bij 396 mm en is ongeveer 684 mm hoog (2 T-loc I en 3 T-loc II).

11.3.3 Evaluatie

Uit de vergelijking komt concept T-loc beter naar voren. In Concept Mio moet je teveel inleveren vanwege de uiterste afmeting. Daardoor creëer je niet alleen een minder aanwezig spel, maar wordt het ook moeilijker om met 5 mensen tegelijk aan de puzzel te werken. Daarnaast werd er vanwege de afmetingen ook ingeleverd op het gebruiksgemak; je moet specifieke handelingen verrichten en er is geen plek voor uitleg. Omdat Concept Mio ook nog het duurdere concept is, is de keuze snel gemaakt. Een nadeel van concept T-loc zijn de afmetingen; de gastdocent moet namelijk met 5 trolleys reizen. Uit gesprekken met Stichting C3 en NRK kwam naar voren dat dit niet een heel groot probleem vormt. De kosten voor het huren van een busje neemt NRK graag voor lief. Dit nadeel is misschien zelfs ook wel een voordeel; door met vijf redelijke trolleys naar een school te gaan, heb je gelijk de interesse van de leerlingen te pakken.

11.4 Conclusie

Twee concepten zijn in dit hoofdstuk beschreven; concept Mio en concept T-loc. De concepten zijn grotendeels hetzelfde op afmetingen en kosten na. Uiteindelijk is het concept gebaseerd op de T-loc koffer gekozen. Het nadeel van dit concept is het meenemen van vijf trolleys. Dit nadeel is overkombaar en misschien heeft het zelfs een voordeel; door bij een klas met vijf trolleys aan te komen heb je gelijk de aandacht van elke leerlingen te pakken en wordt het een hele ervaring. Ook is er voor dit concept gekozen omdat de extra ruimte zorgt voor minder handelingen. De verschillende spellagen kunnen na openen van de deksel direct gespeeld worden. Je hoeft niet eerst de puzzel af te nemen.

De T-loc koffers zijn gemaakt om te stapelen, hier hoeft je geen extra attributen voor in te schakelen. Dankzij de T-loc sluiting gaat het stapelen ook heel gebruiksvriendelijk. Daarnaast komen de koffers in een keer uit de mal en heb je dus veel minder kosten aan productie. Deze koffers zijn iets ruimer dus de spellen kunnen zo vormgegeven worden dat alles binnen de koffers gebeurt en er geen gaten in de koffer nodig zijn. De deksel sluit de puzzels mooi af, dit voorkomt het verliezen van losse spelelementen zoals de knikker. De binnenkant van de deksel biedt ook een mooie plek voor informatie voorziening of vraagstelling.

12. Testfase

In het vorige hoofdstuk zijn er twee concepten besproken. Een aantal punten komt hieruit duidelijk naar voren. Vanwege sommige bewegende onderdelen is de haalbaarheid nog wel een discutabel punt, ook is het de vraag of de puzzels bij de doelgroep aanslaan. Daarom is er besloten om een functioneel prototype te maken. Met deze mock-up kunnen de volgende vragen bestudeerd worden:

1. Overall hoe ziet het eruit?

Laag 2

2. Zijn de uitsparing in de boven en onderplaat voldoende als glijlagers?
3. Hoe sterk moeten de veren zijn en waar moeten ze geplaatst worden?

Laag 3

4. Is een 2 mm diepe geul voldoende om muurtjes in te plakken?
5. Is een 2 cm uitslag over 30 cm voldoende? Oftewel bij welke helling rollen de balletjes het beste?
6. Hoe sterk moeten de veren zijn?

Laag 4

7. Werkt het principe met de magneten?
8. Kun je de onderplaat nog voldoende zien met de magneten?

Laag 5

9. Kun je een sleutel maken uit polycaprolacton met behulp van een mal?

12.1 Functioneel prototype

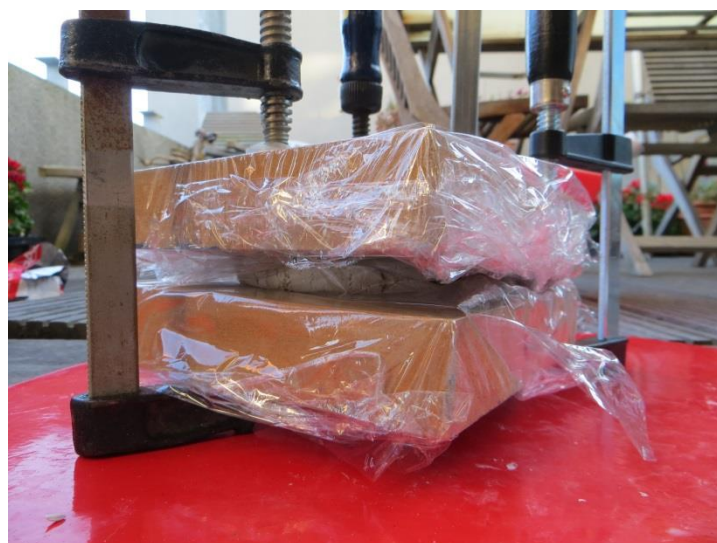
Het functioneel prototype is vervaardigd uit laser gesneden kunststofplaten. Dit is gedaan in het Fablab in Den Haag. Er is in mindere mate gelet op hoe het prototype eruit ziet. Er is meer gelet op het integreren van de functies die getest moeten worden.

Van de tweede en derde laag is een functioneel prototype gemaakt, zie Figuur 50 en Figuur 51. Hier zitten de meest spannende mechanismen in. Daarnaast is er ook een test blok van de knikkerbaan uit laag 4 gemaakt, zie Figuur 48. Hiermee wordt getest of het principe op basis van de magneten goed werkt.

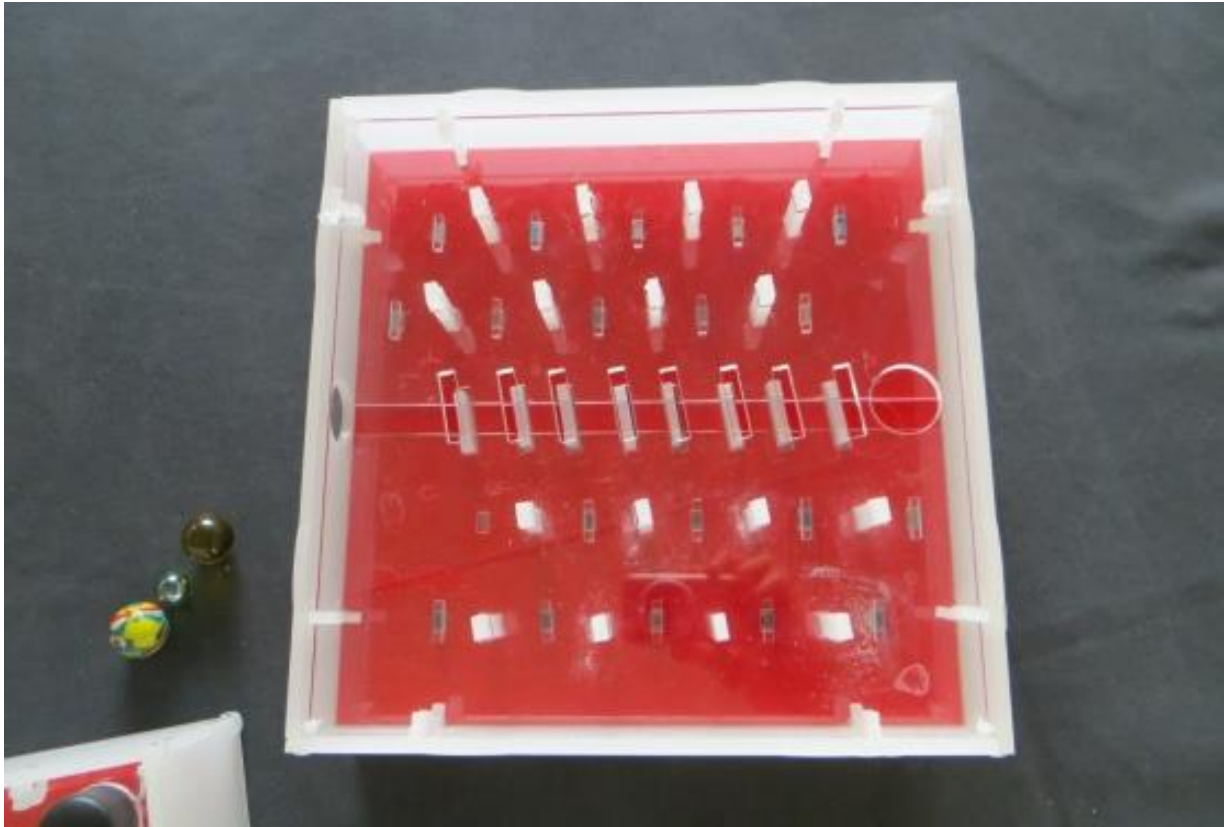


Figuur 48 *Functioneel prototype uit laag 4*

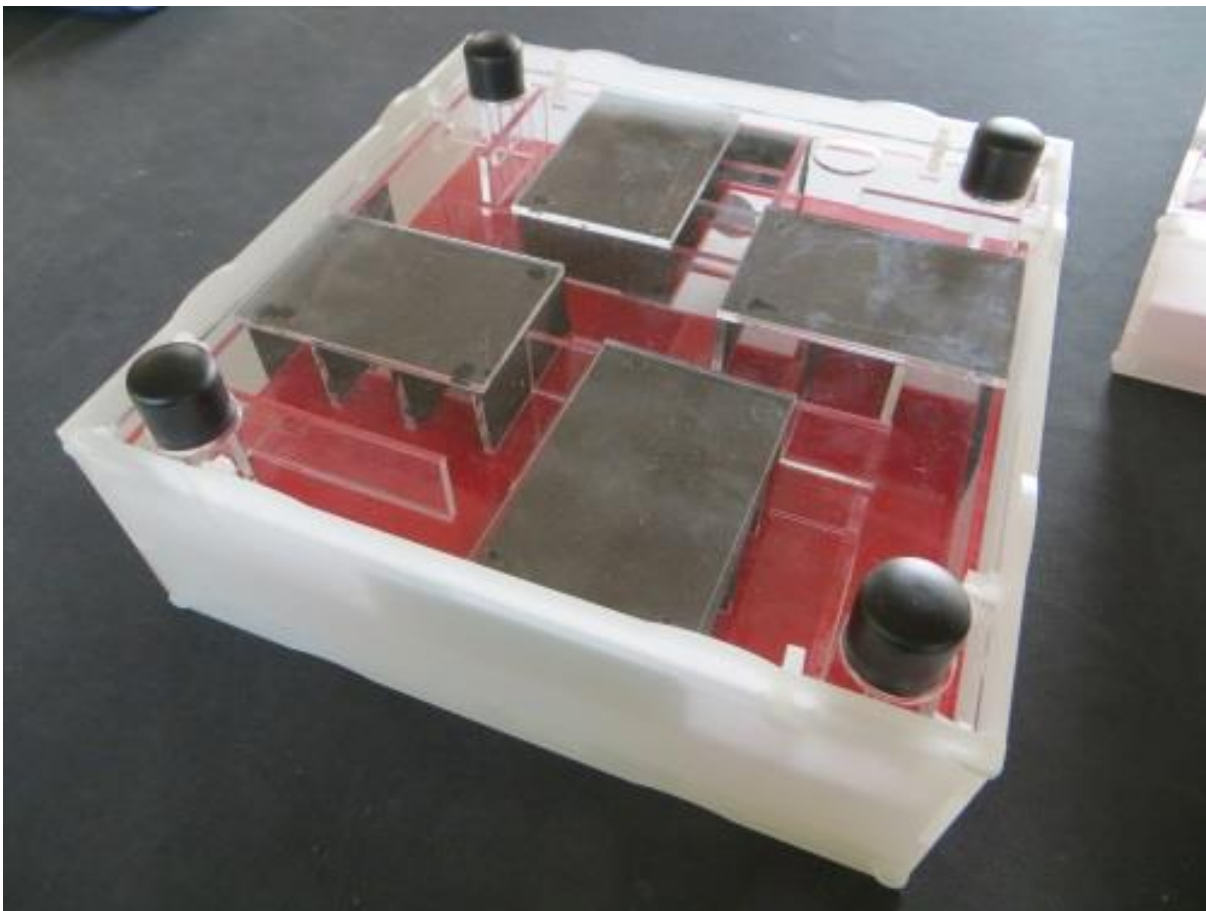
Los van het fablab zijn er verschillende testen met het materiaal polycaprolacton uitgevoerd. Hiervoor is met boetseerlei een afdruk van een sleutel gemaakt, zie Figuur 49. Hier na is geprobeerd om de afdruk te gebruiken als mal waar het polycaprolacton in gedrukt wordt.



Figuur 49 *Het maken van de mal*



Figuur 50 *Functioneel prototype: Laag 2*



Figuur 51 *Functioneel prototype: Laag 3*

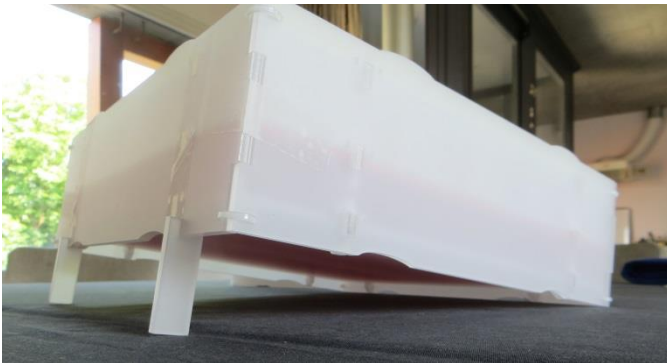
12.2 Functionele test

Met de functionele prototypes zijn de negen punten getest.

12.2.1 Knikkerspel met blokkades

In deze laag was het de vraag hoe sterk de veren moeten zijn, waar deze geplaatst moeten worden en of de onder- en bovenplaat voldoende de knoppen begeleiden.

In het functionele prototype is er voor de vering gebruik gemaakt van twee soorten elastiekjes en een soort drukveer. Alle knoppen worden afzonderlijk geveerd. Tussen de twee soorten elastieken was weinig verschil te voelen. De meest slappe elastieken waren al sterk genoeg om de knoppen weer terug naar boven te duwen. De drukveren waren redelijk stug. Je hebt flink wat kracht nodig om deze in te drukken. Bovendien zaten deze bij de goede antwoorden niet recht onder het duw gedeelte, om de krachten op te vangen. Gebleken is dat het aangrijpingspunt van de veer wel beter onder het duw-punt kan liggen. De boven- en onderplaat geleiden de knoppen goed. De platen waren 5 mm dik en tussen de platen zit 30 mm.



Figuur 52 *Opstelling gebruikt om de verschillende hellingshoeken te testen*

Met dit prototype is ook getest hoe groot de hellingshoek moet zijn. Er is gebleken dat een verloop van 1 cm over een afstand van 30 cm al voldoende helling is. Wel is er gebleken dat de knikker zo langzaam gaat rollen dat dit ten koste van de arousal gaat. Daarom wordt als richtlijn een verloop van 2,5 cm over 30 cm aangenomen, welke gelijk staat aan een hellingshoek van ongeveer $4,8^\circ$. Het is gebleken dat de knikkers beter rollen dan de stuiterbal, simpelweg omdat de knikkers een perfectere cirkelvorm hebben en ze iets zwaarder zijn, zie Figuur 53 voor de testknikkers en stuiterbal.



Figuur 53 *Twee knikkers en een stuiterbal zijn gebruikt voor het testen*

Door het testen van de functie vielen er ook nog een aantal extra dingen op. Zo is het nu niet echt duidelijk dat de uitstekende delen drukknoppen zijn. Hier moet nog een plaatje overheen, bijvoorbeeld zoals in Figuur 54. De stevigheid van de drukknoppen was wel voldoende. Ook was de vorm van de baan een beetje saai. Deze was gewoon recht. Er kan meer arousal opgewekt worden door een vrijere vorm qua baan te nemen. Daarnaast werkte de blokkades niet zoals bedoeld is. De bedoeling is dat de knikker uit de baan schiet als deze tegen de blokkade aan komt. Dit gebeurde niet van wege te weinig snelheid, de te flauwe hoek van de blokkade ten opzichte van de loop van de baan en een te diepe geul. Met deze drie waarden kan nog gespeeld worden. In het prototype mist een aflopende rand die de knikker naar het gat toe leidt, waardoor de knikker niet uit zichzelf naar de rand toe rolt. In het prototype was er ook geen rekening gehouden met speling voor de knoppen, een laser heeft namelijk een bepaalde dikte en onnauwkeurigheid. Hierdoor moesten alle pasfittingen iets bijgevijsd worden.



Figuur 54 *Drukknop*

12.2.2 Knikkerspel met doolhof

In deze laag is het veermechanisme en het assembleren van de doolhof getest. De vraag is namelijk hoe diep de muurtjes verzonken moesten staan voor voldoende stevigheid.

De veertjes doen het goed, ze zijn wel aan de stijve kant. Ook zijn de veren met hun doorsnede van 9 mm, redelijk smal, hierdoor hebben ze de neiging om te knikken, zie Figuur 55. Vooral in de doolhof mogen er wat bredere veren ingezet worden. Door wat minder stijve en bredere veren in te zetten wordt verwacht dat het gebruiksplezier vergroot wordt.



Figuur 55 *Doorsnede van laag drie*

De uitslag die het platform kan maken is in dit prototype 20 mm. Door deze uitslag te vergroten wordt het spel dynamischer.

Het doolhof is ingesteld op een knikker met een diameter van 27 mm. Deze maat zorgt ervoor dat alles er groot en lomp eruit ziet. Hierdoor lijkt de doolhof ook van een simpel niveau. Door de beperkte buitenmaat en de grote van de knikker was er ook weinig ruimte voor extra's. De arousal kan bijvoorbeeld verhoogt worden door bijvoorbeeld een slalom te maken van gaten. Hierdoor wordt dit spel leuker om te spelen. Het voorstel is om een kleine knikker te gebruiken, opdat er meer gangen en relatief bredere gangen met hindernissen gemaakt kunnen worden.

In dit prototype zit de onderplaat er scheef in, het balletje rolt dus al een kant op. Echter mist hier, net als in laag twee, nog een aflopende rand.

12.2.3 Knikkerspel met mageneten

In deze laag wordt het magneetprincipe getest. Daarnaast wordt er gekeken of de onderplaat nog voldoende te zien is.



Figuur 56 *Bovenaanzicht, twee magneten in plaats van een*

Voor het testen van het magneetprincipe zijn er magneetjes aangeschaft. Al snel bleek dat er misschien wel sterkere magneten nodig waren, dit terwijl de gebruikte magneetjes redelijk sterk waren. De aanname dat elk blok een magneet krijgt, bleek verkeerd. Uit de test bleek al snel dat je dan niet kan draaien. Een magneet kan in de draaikant weinig krachten overbrengen. Een oplossing is om twee magneten per blok te gebruiken. Hierdoor kunnen de draaikrachten op het blok wel overgedragen worden, zie Figuur 56.

Figuur 56 laat ook zien dat de blokken het zicht op de onderplaat wegnemen. Dit is een discutabel punt, omdat om de opdracht te kunnen vervullen je de onderplaat moet kunnen zien.

12.2.4 Sleutel maken

Het materiaal polycaprolacton is gemakkelijk te bewerken. Het materiaal is wel taai, dit betekent dat je veel kracht moet uitoefenen om het verdeeld over een mal te krijgen. Er kan ervoor gekozen worden om een ouder type sleutel te dupliceren, de zogenaamde lever lock key te zien in Figuur 57. Deze sleutels hebben grovere vormen.

Met klei is het nog niet gelukt om een mooie replica van een kleine sleutel te maken. Wel is er gemerkt dat vanwege de taaiheid van het materiaal er veel ruimtes in de matrijs opgenomen moeten worden, waarheen het overtollige materiaal weg kan vloeien. Ook blijkt dat het materiaal, vanaf een dikte van 1 mm, stijf genoeg is om als eenmalige sleutel te dienen.



Figuur 57 *Een voorbeeld van een lever lock key*

12.3 Voorstel gebruikstest

Het functionele gedeelte is getest. Wat nu nog mist is testen hoe de spellen werken op de leerlingen. Dit wordt getest in het uiteindelijke prototype.

Voordat dit prototype gemaakt wordt, is het benodigd om te kijken of de vraagstelling duidelijk is en de opdrachten niet te moeilijk zijn. Hiervoor is een lo-fi prototype een heel handig hulpmiddel. Met een lo-fi prototype kan een kwalitatieve gebruikstest uitgevoerd worden. Met behulp van de uitkomsten van de kwalitatieve test kunnen (basale) fouten uit de opdrachten gehaald worden en de opdrachten een beetje meer bijgesteld worden in de richting van de vmbo-leerling. Wegens het tijdsframe waarin de koffer ontwikkelt wordt is er voor het uitvoeren van deze test geen tijd gevonden. In dit verslag is daarom uiteengezet hoe je een dergelijke test kunt uitvoeren zonder dit ook daadwerkelijk te doen.

In de soorten puzzel moeten de leerlingen verschillende monsters scheiden op basis van eigenschappen. De monsters moeten ze in het bakje doen met de overeenkomstige kernwoorden.

Dit spel kan getest worden door een groepje een zak monsters te geven en te vragen wat ze voelen. De uitkomsten van dit gesprek kunnen dan dienen als de kernwoorden. Bovendien kan er gekeken worden of er überhaupt een verschil wordt gevoeld tussen bijvoorbeeld plexiglas en normaal glas. Aan de hand daarvan kunnen er goede monsters geselecteerd worden.

In het toepassingenspel moeten de leerlingen aangeven waarom ze een frisdrankfles van kunststof zouden maken. Ze moeten hierbij de eigenschappen van het kunststof kunnen oprakelen. Voor dit spel kan er getest worden welke verwoording van karakteristieken ze iets zegt (bijvoorbeeld het abstracte woord duurzaam) en of ze überhaupt in staat zijn om karakteristieken te kunnen noemen. Om dit spel te testen kunnen er allemaal kaartjes met materiaaleigenschappen erop gemaakt worden. De leerlingen moeten de kaartjes sorteren op juist en onjuist.

Het derde spel gaat over kunststof afval juist sorteren. Dit spel gebeurt op basis van plaatjes van producten. Om de leerlingen te helpen staan op deze plaatjes van producten ook de logos over het voorschrift van weggooien. Hier kan getest worden of de leerlingen deze logo's herkennen, of na het spelen van het spel (en een beetje uitleg) de logo's kunnen verklaren. Als dat zo is heeft het spel het leerdoel gehaald.

In de vierde laag moeten de leerlingen grondstoffen aan producten knopen. Hier is het de vraag of de leerlingen aardolie, gerecycled plastic en biomassa wel als zodanig herkennen. Daarnaast is het de vraag of de leerlingen uit de producten de grondstoffen kunnen herleiden. Tot slot is het de vraag of de leerlingen begrijpen dat er een knikkerbaan uit moet komen. Dit kan getest worden door een speelveld met productfoto's te maken. Daarnaast moeten er kaartjes gemaakt worden met elementen van de knikkerbaan en de ruwe grondstof erop. Door de leerlingen dan een netwerk te laten aanleggen met als beperking dat de grondstoffen moeten matchen met de producten, kan er gekeken worden of ze het concept begrijpen.

In de vijfde laag moeten de leerling een sleutel maken door polycaprolacton in heet water te verwarmen en in een mal te drukken. Er kan gekeken worden of de leerlingen zelfstandig en rustig dit proces aankunnen.

Door bovenstaande test uit te voeren kan gekeken worden of de concepten werken. Aan de hand hiervan kunnen de concepten en opdrachten aangepast worden.

12.4 Conclusie

Met de functionele prototypes kunnen de beoogde functies goed getest worden. Uit de test zijn een aantal voorwaarden gekomen. Deze voorwaarden zouden als technische specificatie in het programma van eisen opgenomen kunnen worden.

De blokkades in laag 2 werken nog niet naar behoren; de knikker komt tegen deze blokkades tot stilstand in plaats van dat deze uit de baan vliegt. Met deze laag is het hellingspercentage getest. Het is gebleken dat een hellingspercentage van 4,8° een goed uitgangspunt is. Verder is het verstandig om nog iets aan de vormgeving van de knoppen te doen. Deze zien er nu nog niet als drukknoppen uit. De mechanismes werkten voor de rest wel. Er kan nog gekeken worden naar de stijfheid van de veer.

Het magneetprincipe van laag 4 werkt niet naar wens. In combinatie met het weinige zicht levert dit mogelijk alleen maar frustratie op. Dit terwijl het een van de moeilijkere puzzels in het spel is. Daarom wordt er voorgesteld dat de leerlingen gewoon met de handen de blokken kunnen optillen en verplaatsen. De leerlingen kunnen dan op hun gemak de blokken en de onderplaat van alle kanten bekijken. Als ze iets willen veranderen in hun oplossing dan gaat het op deze manier veel sneller. Het voorstel is dat van de magneten en bovenplaat wordt afgezien.

Een sleutel maken met behulp van polycaprolacton kan. Het materiaal is snel genoeg week en hard snel genoeg uit, als het materiaal uitgehard is, is het stijf genoeg om een slot te openen. Alleen is het nog niet gelukt om een matrijs te maken. Hier moeten nog stappen in gezet worden. Een van de bestuursleden van NRK heeft aangeboden deze mal te willen maken. Door hem te contacteren zou er gekeken worden naar vervolgstappen in dit proces.

In dit hoofdstuk zijn een aantal uitgevoerde tests beschreven en de resultaten gepresenteerd. Deze resultaten kunnen worden gebruikt voor de detaillering van het gekozen concept. De volgende stap is namelijk een prototype maken en hiermee tests uitvoeren bij scholieren.

13. Conclusie en aanbevelingen

De hoofdvraag van dit verslag is:

‘Wat is een mogelijke ontwerpoplossing voor een educatieve puzzel die kennis over kunststoffen overdraagt aan tweedejaars vmbo-leerlingen?’

De hoofdvraag is in verschillende stappen beantwoord. Er is begonnen met het uitvoeren van verschillende analyses. Op basis van deze analyses is het voorlopige programma van eisen gevormd. Vervolgens zijn er verschillende ideeën bedacht. Samen met Stichting C3 zijn er een aantal vatbare ideeën geselecteerd. Met behulp van een flowchart is uitgewerkt hoe de leerlingen moeten handelen. Hierna zijn de ideeën uitgewerkt in twee concepten. Eén concept is gekozen en er is een functioneel prototype van gemaakt om de mechanieken te testen. Op basis van deze testen zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld. Deze aanbevelingen kunnen worden verwerkt in een toekomstig vervolg van dit project.

Een mogelijk ontwerpoplossing is het T-loc concept. Dit concept bestaat uit een vijftal spellen, welke op hun beurt weer bestaan uit vijf verschillende puzzels. De klas wordt in vijf groepen verdeeld en neemt het tegen elkaar op om als eerste het spel uit te spelen.

Door het competitieve element wordt de doelgroep gemotiveerd. En door het includeren van 5 verschillende puzzels, wordt niet alleen de leerstof in stapjes aangereikt, maar is het spel ook nog afwisselend en aantrekkelijk voor tweedejaars vmbo-leerlingen.

Voor de gastdocent en de NRK medewerker is het van belang dat de leskoffer goed te vervoeren en op te bergen is. Doordat als ontwerpvoorstel vijf redelijke grote trolleys ontstaan, zal NRK dit centraal moeten coördineren.

Met behulp van de reversal theory is gekeken naar hoe je de leerlingen kunt motiveren tot spelen. Het is gebleken dat de verschillende motivational states, maar vooral ook arousal hierbij een rol speelt.

Hoewel vmbo-leerlingen vooral van leren door doen houden zegt het leermodel van Kolb dat de overige 3 fasen ook doorlopen moeten worden. De leerlingen zullen hier bij geholpen moeten worden. Dit kan in een (klassikale) evaluatie na het spel. De puzzels samen met de voorlichtingsles geven het

gehele verhaal dat federatie NRK wil vertellen, namelijk:

1. Introductie in de wereld van kunststof
2. Het nut van kunststof benadrukken
3. Affectie met het materiaal kunststof creëren

13.1 Aanbevelingen

Gedurende het project zijn er een aantal aanbevelingen tot stand gekomen. In dit verslag heb ik een voorstel gedaan wat betreft de invulling van de vragen. Deze invulling kan nog gestroomlijnd worden. Hiertoe kan de NRK en haar lid-bedrijven informatie aanleveren. Met de grafische vormgeving van de vragen staat of valt het product ook.

In een eerder samenwerkingsverband tussen de NRK en Stichting C3 is de website www.kunststofoveral.nl opgericht. Deze website kan up to date worden gemaakt. Een van de voornaamste dingen is dat de website niet meer aansluit op het verhaal dat Stichting C3 en NRK nu willen vertellen. Zo willen ze naast kunststof en rubber ook composieten meer promoten. De huidige indeling is kunststof, rubber en de fabriek. Dit terwijl rubber ook een soort kunststof is. Er moet dus ook gekeken worden naar de hiërarchie van de website. Misschien kan deze meer aansluiten op de kunststofcirkel.

De spellagen zijn niet getest bij de doelgroep. Het is ook de visie van Stichting C3 om dit zo snel mogelijk te doen. Hiervoor willen ze de opdracht geven om één prototype te maken.

Na aanleiding van de functionele testen wordt geadviseerd om laag 4 zonder magneten en bovenplaat te spelen. Het mechanisme met de magneten werkt niet goed en leidt daardoor alleen maar af van het werkelijke spel. Uit de functionele testen zijn ook een aantal technische specificaties naar voren gekomen. Deze kunnen worden gebruikt bij verdere ontwikkelingen van het ontwerp.

Los van de functionele testen wordt geadviseerd om het blinddoek gedeelte bij laag 1 weg te halen. De leerlingen hoeven hierdoor misschien minder intensief te communiceren, maar het bevordert wel het spelverloop. Bovendien kan het hele groepje de monsters voelen en dus in contact komen met kunststof, in plaats van maar één persoon.

13.2 Reflectie

Ik ben tevreden met het resultaat van mijn opdracht, ik heb er vertrouwen in dat het ontwerpvoorstel kan leiden tot een leuke

educatieve puzzel. Ook het proces vond ik heel leuk om te doorlopen. Ik heb genoten van mijn tijd bij Stichting C3 en vond het ook heel leuk hoe ik via hen bij andere organisaties terecht kwam.

Het viel me wel op dat het helemaal niet gemakkelijk is om in je eentje een opdracht van een dergelijk kaliber uit te voeren. Mocht je ergens vastlopen dan is dat moeilijk om alleen op te lossen. Als je individueel werkt, wordt je ook gewezen op wat je leuk vindt en wat niet. Ook heb ik het contact met medestudenten gemist. Door met vrienden en familie over je onderwerp te praten kan je interessante en onverwachte nieuwe input krijgen.

Daarnaast voelde ik me constant opgehaast door het tijdsframe. Soms had ik het gevoel alsof ik achter de feiten aanliep. Liever had ik in sommige fases meer tijd gehad. Daarentegen als ik bij deze fases langer was blijven hangen, was ik misschien niet zo ver gekomen. Ik denk dat tijdsdruk hoort bij het werk van een industrieel ontwerper, gezien je gemaakte ontwerpen moet kunnen verantwoorden tegenover de klant.

Referenties

Calabria, T. (2004). *An introduction to personas and how to create them*. Verkregen op 25-06-2015 van http://www.steptwo.com.au/papers/kmc_personas

CBS (2015). *VO; examenkandidaten en gediplomeerden, onderwijssoort, leeftijd*. Verkregen op 25-06-2015 van <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=80120NED&D1=0&D2=0&D3=0&D4=0-2&D5=0&D6=5-8&HDR=G4,G1,T&STB=G3,G2,G5&VW=T>

College voor examens (2013a). *Syllabus natuur- en scheikunde I vmbo centraal examen 2015*. Verkregen op 27-06-2015 van http://www.examenblad.nl/examenstof/syllabus-2015-natuur-en-scheikunde-2/2015/vmbo-tl/f=/naski_def_versie_vmbo_2015.pdf

College voor examens (2013b). *Syllabus natuur- en scheikunde II vmbo centraal examen 2015*. Verkregen op 27-06-2015 van http://www.examenblad.nl/examenstof/syllabus-2015-natuur-en-scheikunde/2015/vmbo-tl/f=/naskii_def_versie_vmbo_2015_hersteld.pdf

Dined [Computer software]. (2015). Verkregen op 1-07-2015 van <http://dined.io.tudelft.nl/dined/full>

Dirkens, H. (2008). *Productergonomie: Ontwerpen voor gebruikers*. Delft: VSSD

Hamstra, D.G. & Van den Ende, J. (2006). *De vmbo-leerling. Onderwijspedagogische- en ontwikkelingspsychologische theorieën*. Verkregen op 10-06-2015 van <http://library.wur.nl/ebooks/VWA/GKN/1844788.pdf>.

Gielen, M. A. & Van Leeuwen, L. (2014). *Found in Translation: Bringing Reversal Theory to Design for Play*. Verkregen op 19-06-2015 van <http://reversaltheory.net/journal/wp-content/uploads/2015/01/2014-v3-04-Gielen-van-Leeuwen-Design-for-Play.pdf>

Groeneveld, M. J. & Van Steensel, K. (2009). *Kenmerkend vmbo*. Verkregen op 10-06-2015 van <http://www.hiteq.org/Hiteq/Downloads/Publicaties%20geheel/Kenmerkend%20vmbo.pdf>.

Hoogeveen, P. & Winkels, J. (2004). *Het Didactische Werkvormenboek*. Assen: Van Gorcum

JMOuder. *Pubergedrag*. Verkregen op 25-06-2015 van <https://www.jmouders.nl/opvoeden/puberteit/pubergedrag>

Kerpel, A. (2014). *Leeromgevingen*. Verkregen op 24-06-2015 van <http://wij-leren.nl/leeromgevingen.php>

Lazonder, A. (2013). *Learning with games*. [Powerpoint slides]. Verkregen op 25-06-2015 van www.blackboard.utwente.nl

Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). *Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning in Aptitude, learning and instruction III: Cognitive and affective process analysis* edited by Snow R E & Farr M J, pp. 223-253, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

NRK Recycling (2015). *Kunststof recyclingindustrie in Nederland*. Verkregen op 11-06-2015 van http://www.nrkrecycling.nl/Content/Files/file/Downloads/Brochure%20kunststofrecycling_2015.pdf.

Praktijk voor leer- en gedragsadviezen. *Pubertijd*. Verkregen op 25-06-2015 van <http://www.leerengedragsadviezen.nl/ouders/wij-helpen-bij/opvoeding/gedragsadviezen/pubertijd.php>

Stichting C3 (2014). *Opleidingen*. Verkregen op 25-06-2015 van <http://www.exactwatjezoekt.nl/opleidingen/>

Vaan, E. de & Marell, J. (2006). *Praktische didactiek voor natuuronderwijs*. Bussum: uitgeverij coutinho

Van Dale Uitgevers (2014). *Van Dale Onlinewoordenboeken*. Verkregen op 25-06-2015 van <http://pro.vandale.nl/zoeken/zoeken.do>

13.2.1 Figuren

Figuur 4 http://cdn-3.simplypsychology.org/701x526xlearning_styles.jpg.pagespeed.ic.6z5pnif8j.webp

Figuur 3 <http://static.communitytable.com/wp-content/uploads/2014/04/20-14-rubik-cube-ftr.jpg>

Figuur 4 <https://www.degrotespelgoedwinkel.nl/producten/01-610-0016/groot/spel-krokodil-met-kiespijn.jpg>

Figuur 5 http://www.999games.nl/afbeeldingenbank/300/999-SAB01_spelproduct.png

Figuur 10 <http://www.faescases.com/nl/>