

ONTWERP VAN EEN CEDD-CONNECTOR



MARK DE VRIES

USE SYSTEM ENGINEERING
UNIVERSITEIT TWENTE
INDUSTRIEEL ONTWERPEN

3-07-2015

***-HET ONTWERP VAN EEN OP CEDD GEBASEERDE CONNECTOR VOOR
EVACUATIEVERLICHTING IN TUNNELS-***

MARK CORNÉ DE VRIES

S1085611

INDUSTRIEEL ONTWERPEN

EINDDATUM PROJECT: 3-06-2015

USE SYSTEM ENGINEERING - INDUSTRIESTRAAT 77, 7482 EW HAAKSBERGEN

BEOORDELINGSCOMMISSIE:

COORDINATOR: ARIE PAUL VAN DEN BREUKEL

UNIVERSITEITSBEGELEIDER: MOHAMMAD RAJABALINEJAD

BEDRIJFSBEGELEIDER: HANS VAN DER KUIL

TWEDE EXAMINATOR: ERIC LUTTERS

Voorwoord

Voor het afronden van bij bachelor Industrieel Ontwerpen ben ik op zoek gegaan naar een geschikte opdracht. In die zoektocht ben ik met USE System Engineering in contact gekomen. Het bedrijf was snel in communicatie en had een heldere opdracht liggen. De technische kant van de opdracht, in combinatie met een stuk vormgeving sprak me erg aan. Het bedrijf heeft mooie en innoverende doelstellingen voor ogen wat de werksfeer bevordert.

Ik heb durante de opdracht veel geleerd. Zowel over inhoudelijke zaken als het werken in het bedrijfsleven.

Graag wil ik een aantal mensen bedanken beginnend met Hans van der Kuil voor het krijgen van de opdracht, zijn gastvrijheid, goede raad en begeleiding. Mohammad Rajabalinejad voor zijn goede en heldere begeleiding. Jeanine van den Bosch voor haar steun en motiverende woorden. En alle USE medewerkers voor de sfeer.

Mark de Vries,
2015

Samenvatting

USE System Engineering, onderdeel van de TKH groep, is een bedrijf gevestigd in Haaksbergen. Het bedrijf bestaat sinds 1993 en houdt zich bezig met het ontwikkelen van technische oplossingen voor actuele problemen op het gebied van elektronica, software, optica en inductie.

Het bedrijf heeft een technologie ontwikkeld genaamd CEDD (Contactloze Energie & Data Distributie). CEDD is een technologie die het mogelijk maakt om elektrische apparatuur van stroom en data te voorzien zonder dat er een galvanische verbinding wordt gemaakt. Momenteel heeft USE System Engineering dit toegepast op AGL systemen op landingsbanen van vliegvelden.

Om CEDD in meer industrieën te gaan gebruiken is het bedrijf op zoek naar een nieuwe *connector* die ze modulair kunnen schalen voor verschillende vermogens. Het eerste toepassingsgebied is in een zogenoemde *safety handrail* in tunnels. Dit is een handrail met ingebouwde LED-verlichting die bedoeld is voor evacuatiesituaties. Het ontwikkelen van een op CEDD gebaseerde modulaire *connector* voor evacuatieverlichting in tunnels, is het doel van deze opdracht.

Het project is begonnen met een analyse over de werking van de technologie. Er is gekeken naar de huidige problemen die momenteel spelen bij evacuaties, tunnels en elektrische evacuatiemiddelen. Aan de hand van deze gegevens, de productlevenscyclus, extreme omgevingen, veiligheidseisen en scenario's, is een programma van eisen opgesteld. Dit bevat alle eisen waaraan het product dient te voldoen.

De totale functionaliteit van het product is vervolgens opgesplitst, waarna verschillende ideeën zijn gegenereerd. Deze ideeën hebben geleid tot drie concepten die verder zijn uitgewerkt. In een conceptbijeenkomst is op een gestructureerde manier naar de drie concepten gekeken en is er feedback geleverd. Voor de bijeenkomst waren mensen van het bedrijf, de universiteit en externe partners van USE aanwezig. Op basis van deze feedback is gekozen voor één concept.

Bij het gekozen concept is naar aanleiding van de feedback een verbeteringsslag gemaakt. Van dit ontwerp is een prototype gerealiseerd die door verschillende proefpersonen is getest. Door middel van een veerconstructie en materiaalanalyse is het ontwerp verder gedefinieerd.

Het resultaat van dit project is een ontwerp van een op CEDD gebaseerde connector voor de *safety handrail* in tunnels. Het ontwerp van de *connector* is schaalbaar voor verschillende vermogens en afmetingen. Tenslotte zijn er aanbevelingen gedaan die USE System Engineering kan inzetten voor het verdere ontwerp van dit product.

Summary

USE System Engineering, part of the TKH group, is a company located in Haaksbergen. The company was founded in 1993. It is engaged in the development of technical solutions for current issues in the field of electronics, software, optics and induction.

The company developed a technology called CEDD (Contactless Energy & Data Distribution). CEDD makes it possible to connect and control electronic devices without the need of a galvanic connection. Currently, the company puts this in practice by integrating CEDD into AGL systems on airports.

To make CEDD available for a bigger range of industries, the company wants to develop a new modular connector that can be used for different power supplies. The first area of application is inside of tunnels, into the so called safety handrail. This handrail contains LED-strips and is meant for to be used in evacuation situations. Concluding, the assignment from USE System Engineering is phrased: the development of a CEDD based modular connector for the safety handrail in tunnels.

At the beginning of the project an analysis of CEDD was done. Following, the actual problems of evacuations, tunnels and electric evacuation devices were analyzed. The product life cycle, harsh environments, safety regulations and case studies were examined and brought together in a list of requirements. In here all requirements are described that the product should meet.

The overall functionality of the product was split up into partial functionalities on which ideas

were generated. These ideas were combined into three different concepts which were then further elaborated. In a concepts meeting all concepts were reviewed and provided with feedback in a structured way. Several people were invited for this meeting. People from the company, the university and external partners of USE. Based on the given feedback one concept was chosen.

The chosen concept was improved as a result of the feedback. Later on a prototype was realized. The prototype was tested by different participants to identify errors. Also defining a spring construction and a material analysis further developed the design.

The result of the project is an connector, on CEDD based design, for safety handrails in tunnels. The design of the connector is scalable so it can be used for different power supplies. At the end of the project, recommendations have been made. USE System Engineering can use these recommendations for further development of this product.

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	<i>pag. 8</i>
2. Analyse	<i>pag. 14</i>
3. Programma van Eisen	<i>pag. 19</i>
4. Idee generatie	<i>pag. 20</i>
5. Concepten	<i>pag. 26</i>
6. Embodiment Design	<i>pag. 34</i>
9. Testplan	<i>pag. 46</i>
11. Afsluiting	<i>pag. 48</i>
12. Referenties	<i>pag. 51</i>
13. Woordenlijst	<i>pag. 51</i>

1. INLEIDING

Het bedrijf en betrokken partijen

In dit verslag is het ontwerpproces van een CEDD (Contactloze Energie & Data Distributie)-node connector voor evacuatieverlichting in tunnels beschreven. In opdracht van USE System Engineering te Haaksbergen en de opleiding Industrieel Ontwerpen van de Universiteit Twente.

In deze inleiding is meer te lezen over de achtergrond van de opdracht en aanvullende informatie voor het beter begrijpen van de opdracht: het projectkader waarin de opdracht is ontstaan, de doelstelling van de opdracht, CEDD technologie en een uitgebreidere situatieschets van de opdracht. Aan het eind van de inleiding zal het vervolg van de aanpak van de opdracht worden toegelicht.

De opleiding

Voor het afronden van de driejarige bachelor opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit van Twente dient een opdracht uitgevoerd te worden bij een externe organisatie. Dit project dient individueel te worden uitgevoerd met begeleiding van uit de universiteit en het bedrijf. Daarbij is vanuit de universiteit nog een tweede examiner aangesteld voor de beoordeling. Vanuit het bedrijf en universiteit zijn respectievelijk Hans van der Kuil en Mohammad Rajabalinejad aangesteld als begeleiders. De tweede examiner is Eric Lutters.

Het bedrijf

Bij USE System Engineering, onderdeel van de TKH groep, lag de opdracht voor de ontwikkeling van de evacuatieverlichting in tunnels. Het bedrijf bestaat sinds 1993 en heeft zich vooral bezig gehouden met elektronisch en softwarematig projectwerk voor externe partijen. Sinds een paar jaar is het bedrijf ook gefocust op het ontwikkelen van eigen producten. Hierbij hebben ze een specifieke technologie ontwikkeld en zich daarin gespecialiseerd. Zo houden ze zich vooral bezig met optiek (licht) en inductie (transformatoren). De

ontwikkelde technologie heet CEDD⁽¹⁾ (Contactless Energy & Data Distribution). Momenteel passen ze de CEDD toe op AGL systemen⁽²⁾ (Airfield Ground Lighting systems) op vliegvelden. Dit zijn lampen die zich in de start- en landingsbanen bevinden. Wat het product zo bijzonder maakt is dat de lampen galvanisch contactloos kunnen worden aangesloten en apparatuur van energie en communicatie kan worden voorzien. Meer over deze technologie is verderop in de inleiding te vinden.

Het bedrijf focust zich momenteel op een eigen productontwikkeling. Ze willen een sterk productportfolio hebben met een paar specifieke producten. Zo onderscheiden ze zich op de markt. Voor andere product families van USE dient evacuatieverlichting te worden aangebracht in tunnels. Hiervoor is een handrail (soort trapleuning) met ledstripverlichting ontwikkeld. Het probleem zit hem vooral in de extreme omgevingsfactoren (extreme temperaturen, condensvorming en vibraties). De doelstelling van het bedrijf is een modulaire CEDD aansluiting voor deze verlichting te ontwikkelen. Hij dient qua vormgeving en werking in hun productportfolio⁽³⁾ te passen.

Het projectkader

Het hogere doel van de opdracht is om CEDD op een breder vlak te kunnen toepassen. Zo is de AGL verlichting ook te gebruiken in bijvoorbeeld metrotunnels en bouwprojecten zoals bruggen. Met de ontwikkeling van een modulaire connector kan USE zich op meer toepassingen richten. De problemen die spelen bij de opdracht ontstaan door de zogenoemde *harsh environment* waarin het product zich bevindt. Vocht, extreme temperaturen, vibraties en meer factoren komen daarbij kijken. De verlichting dient ten alle tijden te werken zonder dat dit regelmatig gecontroleerd hoeft te worden.

Verschillende actoren hebben ook invloed in de producteisen. Zo wordt er vanuit gegaan dat er onopgeleide werknemers de installatie kunnen gaan doen. Het product zal dus voor iedereen gebruiksvriendelijk moeten zijn. Ook zal het product gebruikt worden in noodsituaties waar het de vluchtrichting aangeeft. Het moet dus niet verwarrend zijn en bij oneigen gebruik (bijvoorbeeld door geweld) blijven functioneren.

Doelstelling van de opdracht

De doelstelling van de opdracht is het ontwikkelen van een op CEDD gebaseerde modulaire connector voor evacuatieverlichting in de vorm van ledstripverlichting in de safetyhandrail van tunnels, die passen binnen het productportfolio van USE System Engineering en voldoet aan de gestelde eisen van het bedrijf. Dit kan gerealiseerd worden door een kleine analyse te maken van de CEDD techniek en mechanische mogelijkheden, de primaire (mensen in paniek) en secundaire (installateurs) doelgroep te analyseren, product life cycle op te stellen, omgevingsfactoren te bestuderen en ferriet kernen te onderzoeken, hieruit verschillende ontwerpen te maken, drie ontwerpen tot een bepaald niveau uit te werken, een eindconcept te kiezen en deze in detail uit te werken met de gestelde eisen als uitgangspunt waaronder robuustheidsberekeningen, installatieaanwijzingen en een 3D prototype. Dit zal binnen een tijdsbestek van drie maanden plaatsvinden.

CEDD- Contactloze Energie & Data Distributie

CEDD is een technologie die het mogelijk maakt om apparatuur van stroom te voorzien en te besturen, zonder dat er een galvanische connectie nodig is. Dit geeft vele voordelen ten opzichte van traditionele connectiviteits systemen. Apparaten kunnen makkelijk geïnstalleerd en gereguleerd worden via één kabel. CEDD bestaat uit een basis station die is voorzien van stroomvoorziening en datadistributie, één *twisted* kabel gemaakt van duurzaam en dubbel geïsoleerd materiaal, en CEDD nodes.

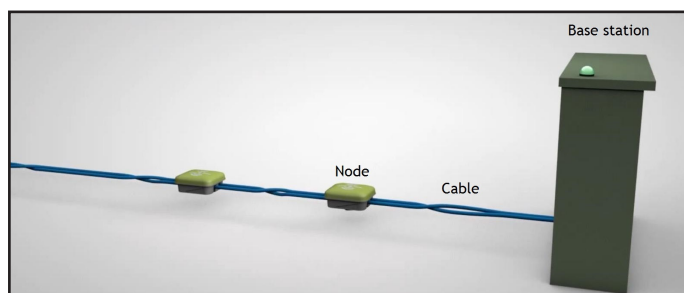


Fig 1.1: CEDD-technologie

Basis Station

Het basisstation is het centrale punt van het systeem. Vanaf hier kan de connectie worden geobserveerd, van stroom worden voorzien en data worden verstuurd. Het basisstation houdt de status van de aangesloten apparaten bij en kan ze besturen. Dit wordt gedaan door een slimme combinatie van power en data.

Kabel

Alle signalen die worden verstuurd, zowel de stroomvoorziening als de datadistributie, gaan door de kabel. Dit bestaat uit samengestelde signalen waarin de apparatuur onderscheid kan maken. De kabel is gemaakt van twee draden die elke 10 tot 20 cm zijn getwist.

Node

Het onderdeel dat de connectie maakt met het apparaat en de kabel heet de node. De node kan geplaatst worden in nagenoeg elk apparaat. Het

verbindende deel met de kabel bestaat uit twee halve ferriet delen die samen gelinkt worden. Tussen de delen in loopt de kabel en de spoel. De spoel is om de middelste staander geplaatst.

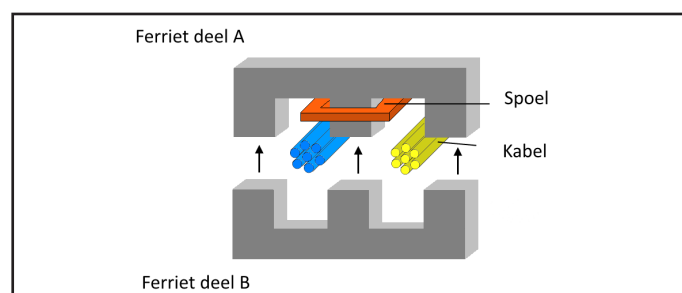


Fig 1.2: Ferriet om de spoel en kabel

Iets verderop is een tweede spoel geplaatst. Deze dient voor de dataoverdracht.

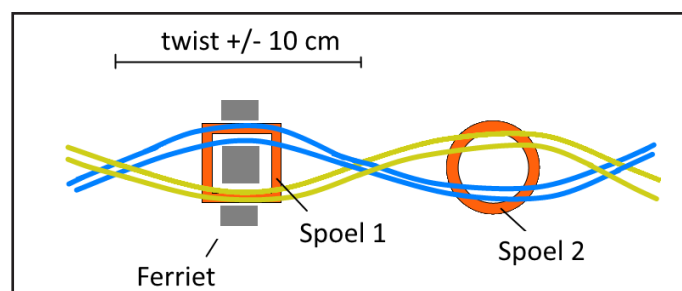


Fig 1.3: Kabel langs beide spoelen

Binnen CEDD functioneert de kabel als een spoel. Door het principe van magnetische inductie ontstaat een magnetisch veld. Door de spoel in dit magnetische veld te plaatsen ontstaat een stroom in de spoel. Het ferriet zorgt ervoor dat het magnetisch veld door het ferriet gaat, wat een beter medium is dan lucht en zo voor minder energieverlies zorgt. De ferriete delen dienen met minimaal 20 N en maximaal 40 N tegen elkaar gedrukt te worden.

Extra elektronica is binnen de node geplaatst om de onstane stroom in de spoel om te zetten naar bruikbaarere waarden. In figuur 1.2 en 1.3 is een schematische weergave te zien van de opstelling. In figuur 1.4 is te zien hoe de techniek eruit ziet.

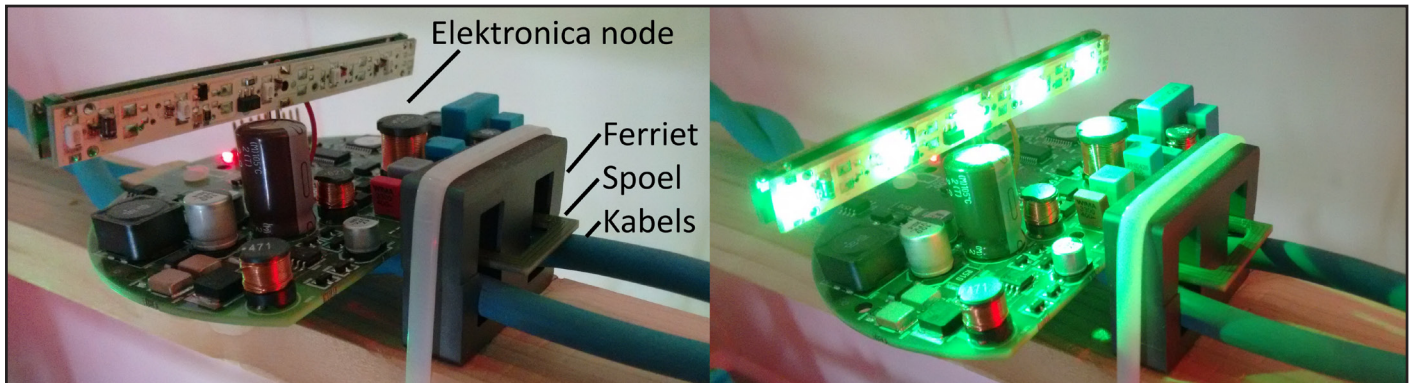


Fig 1.4: Proefopstelling node

Toepassingen

Omdat het systeem geen galvanische verbinding heeft en gebruiksvriendelijk is, is het geschikt voor vele toepassingen. Tot 2 km aan kabel, 2 kilowatt en 400 apparaten kunnen worden aangesloten. Momenteel kan CEDD worden gebruikt op vliegvelden. Maar ook is er ontwikkeling voor tunnels, parkeersystemen, de mijnindustrie, offshore en veel meer industrieën.

Situatieschets opdracht

Voor het verduidelijken van de opdracht⁽⁴⁾ is hieronder een situatieschets te zien. Hierin wordt toegelicht hoe de handrail eruit komt te zien en dient te worden geïnstalleerd.

In tunnels dient evacuatieverlichting te worden aangebracht in de vorm van handrails met ledverlichting erin, de zogenoemde safetyhandrail. Zie figuur 1.4 en 1.5. voor een schematische weergave.

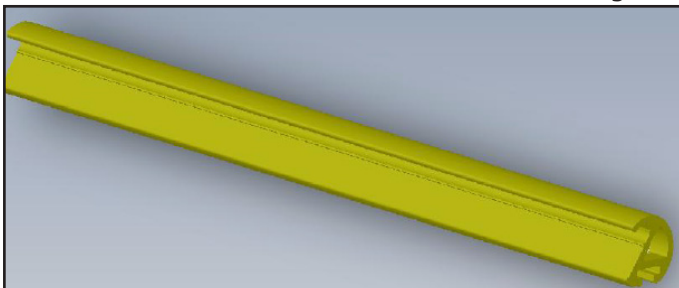


Fig 1.4: Safetyhandrail

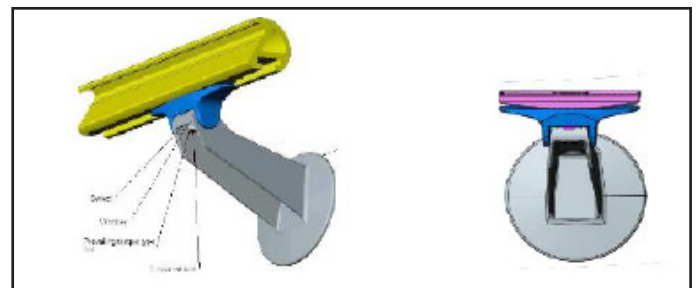


Fig 1.5: Safetyhandrail muurbevestiging

Met behulp van een aan de muur bevestigde ondersteuning wordt de fluoriserend gele handrail in de tunnel gemonteerd. Op figuur 1.6 is een schets van een metrotunnel van de Noord-Zuid lijn in Amsterdam afgebeeld. Duidelijk is hoe de rail zich boven het voetpad bevindt.

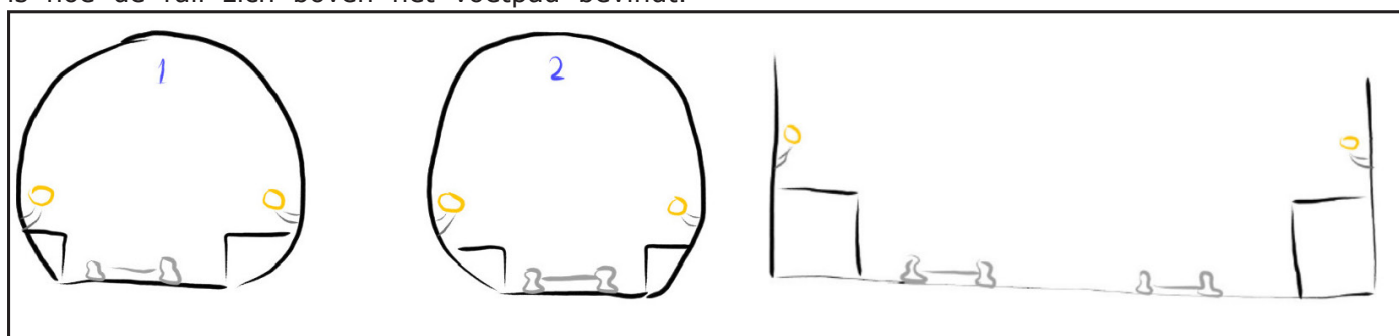


Fig 1.6: Schematische weergave metrotunnels NZ-lijn te Amsterdam

Er zal 60 meter aan safetyhandrails worden aangelegd bestaande uit 10 stukken van 6 meter, welke uit 5 ledmodules bestaan (van 1,2 meter). Deze ledmodules bestaan op hun beurt weer uit drie PCB's (Printed Circuit Board) van 0,4 meter. Zie fig 1.7. voor een schematische weergave.

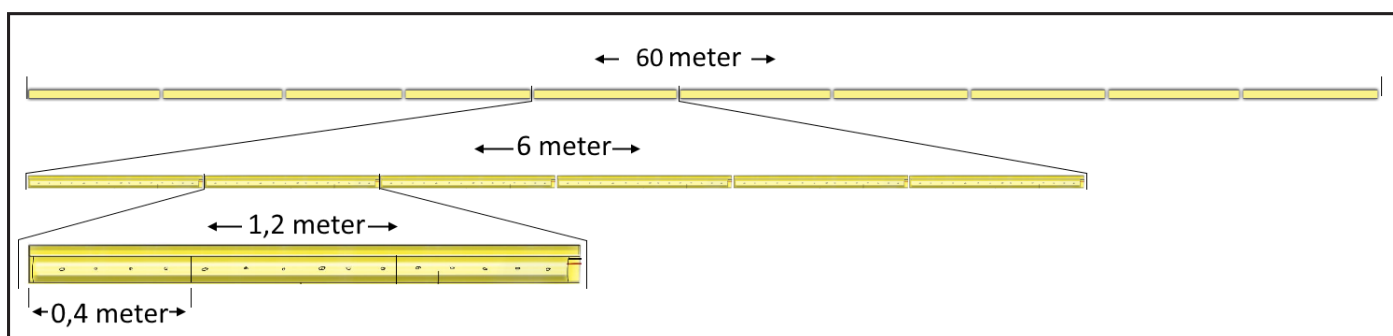


Fig 1.7: Lengte-indeling safetyhandrail

Bij elke LED-module van 1,2 meter is ruimte voor 0,1 meter aan connector, zonder dat de totale lengte langer wordt (er mag bijvoorbeeld 10 cm worden afgezaagd). De delen zullen verbonden worden door een dergelijk systeem zoals in figuur 1.9 te zien is. Mocht er een connector tussen de buizen komen dan zal dit een bepaalde lengte innemen (zie fig 1,8). Zoals hierboven gesteld is de maximale lengte van de connectoren 5 meter per 60 meter aan handrail.

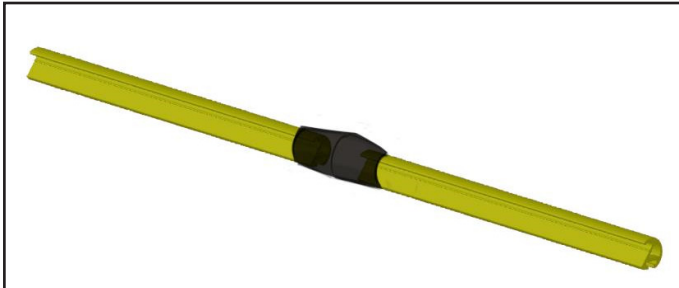


Fig 1.8: Connector

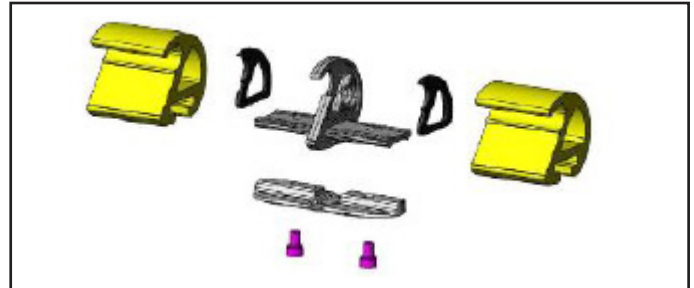


Fig 1.9: Connectie rails

Met behulp van CEDD technologie kunnen connectoren gemaakt worden die de LED-strips van stroom en data voorzien. Zie figuur 1.10.

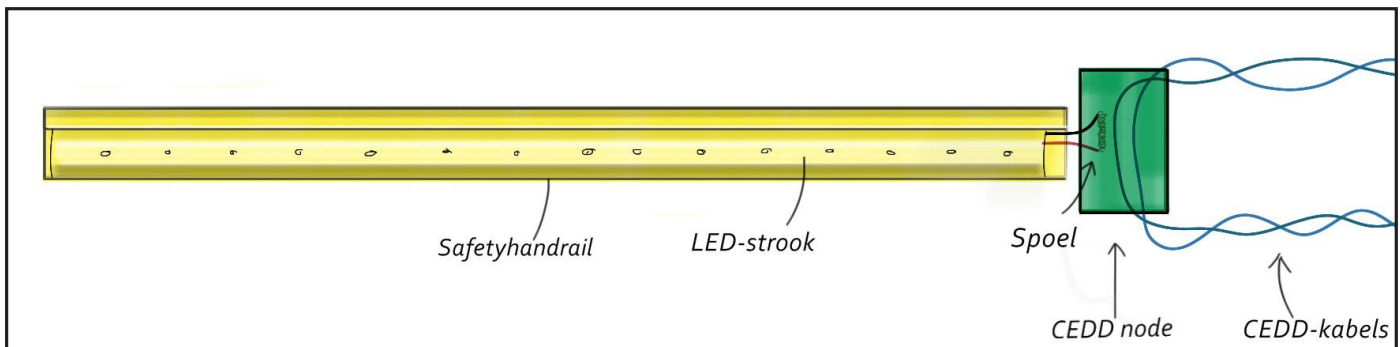


Fig 1.10: CEDD-connectie LED-strips

Aanpak van de opdracht

In rest van dit verslag is het proces te lezen van het ontwerpen van de CEDD - connector. Ten eerste zal het daadwerkelijke probleem behandeld worden: wat er mis is met huidige systemen en tegen wat voor problemen loopt de opdrachtgever aan. Na de probleemstelling zal er door een analyse van verschillende onderdelen nuttige informatie worden verschaft wat gebruikt wordt voor het opstellen van een goed programma van eisen (PvE). Deze analyse begint met het kijken naar de productlevenscyclus (PLC) van het product. Van daaruit zijn de omgevingen waarin het product voorkomt, verschillende scenario's en veel gebruikte vormgevingsaspecten uitgelicht. Dit brengt samen met een onderzoek naar wettelijke eisen en fysieke voorwaarden vele producteisen met zich mee voor het PvE, welke zijn gerangschikt op prioriteit.

De vele geschetste ideeën op basis van functionaliteiten worden vervolgens doorlopen en

resulteren in drie concepten. Dezen zijn gelijkmatig uitgewerkt tot een gedetailleerder niveau tot dienst van een goede vergelijking. In een feedbackmeeting zijn de drie concepten door beide begeleiders en twee extra medewerkers van USE bekeken en beoordeeld. Op basis van de feedback die hier uitgekomen is zijn de concepten nogmaals geanalyseerd en is een nieuw ontwerp gemaakt, voornamelijk op basis van één van de eerdere concepten.

Een gemaakt schuimmodel van het uiteindelijke ontwerp is gebruikt voor een gebruikerstest. Op basis van de eisen voor het product en de vormgeving is een materiaalanalyse doorlopen welke samen met sterkere berekeningen zal worden behandeld bij het uiteindelijke ontwerp. Een installatiehandleiding, testplan en conclusie sluiten het verslag af. Voor het bedrijf zijn aanbevelingen te lezen met welke rekening dient te worden gehouden bij een vervolg project.

2. ANALYSE

Zoals beschreven in de inleiding zal de analyse worden begonnen met een probleemstelling over het daadwerkelijke probleem. Daarna zal de PLC van het product worden bekeken waaruit verschillende onderdelen uitgelicht worden zoals de omgevingen, scenario's en marktonderzoek. Uiteindelijk zal na wettelijke veiligheidseisen en fysieke restricties toewerkt worden naar het PvE.

Probleemstelling

Wat is het probleem bij nood in tunnels?⁽¹⁾

Bij brand in tunnels wordt de tunnel in een korte tijd met rook gevuld, waarbij het zicht ernstig belemmerd wordt. Mede door het slechte zicht, maar ook door de warmte en giftige gassen in de rook wordt het oriëntatievermogen van mensen zeer erg aangetast. Om mensen zo snel mogelijk veilig uit een tunnel te halen dienen ze de exit route zo makkelijk mogelijk te vinden. Belangrijk daarbij zijn verschillende zintuigelijke ervaringen. Door dikke rook en giftige gassen die blijven hangen wordt het zicht belemmerd en het evenwicht aangetast in bijvoorbeeld de vorm van duizeligheid. Er hangt een stevige brandlucht en mogelijk irritatie aan de luchtwegen. Er is veel lawaai van vuur en mensen in paniek, wat versterkt wordt door weerkaatsing van het geluid tegen de wanden van de tunnel. Het menselijk lichaam raakt in een noodsituatie dus mogelijk flink van slag. Evacuatie middelen dienen zodoende zo veel mogelijk zintuigen aan te spreken om daarbij te helpen de mensen in veiligheid te brengen.

Wat is het probleem bij elektrische evacuatiemiddelen?

In het geval van elektrische evacuatiemiddelen, dient het ten alle tijden te werken. Juist in extreme omstandigheden zoals brand. Dat betekent dat het apparaat goed moet worden aangesloten om later te functioneren. Eenmaal aangesloten dient het te blijven werken. Deze twee eisen vormt zich meteen een probleem bij de huidige middelen:

de connectoren. Over een kilometer kunnen 200 elektrische apparaten worden aangesloten. Elk apparaat heeft minstens 2 punten waar het op aangesloten is (een plus en een min pool), waarbij er vaak nog meer connectoren zitten voor datadistributie (het aansturen van lampen, of de status van een lamp kunnen bekijken in een centraal punt). In totaal zijn dat dus ongeveer 800 galvanische connecties die eventueel kunnen falen.

Wat is het probleem bij elektrische middelen in tunnels?

In tunnels gelden andere omstandigheden dan op andere plekken. Het meest opvallende is de condensering en vibraties. Door het ontstaan van condens kan overal water komen te staan en door transport in de tunnel zijn vele vibraties aanwezig. Voor elektrische apparaten geldt dus ook dat ze hier tegen moeten kunnen.

Wat is het probleem van de opdrachtgever?

De opdrachtgever heeft meerdere problemen waar zij tegenaan loopt. Ten eerste heeft de opdrachtgever voor verschillende (mogelijk toekomstige) opdrachten verschillende lengtes tunnels. In deze tunnels dienen mogelijk andere lampen te komen die net iets groter, langer, of zwaarder zijn. Het telkens opnieuw ontwerpen van een connector brengt grote kosten met zich mee. Ten tweede heeft de opdrachtgever met het huidige ontwerp waarmee ze verlichting aansluiten een kostenpost in onderhoud. Het meest kwetsbare onderdeel is het ferriet. In het huidige systeem zit de helft van het ferriet in het elektrische apparaat dat wordt aangesloten. Als dit ferriet breekt dient het hele apparaat terug gestuurd te worden om te laten vervangen. Zowel dit, als de benodigde reserve onderdelen (volledige apparatuur), kost veel geld. Ten derde dient de opdrachtgever ook te voldoen aan vele veiligheidseisen, rekening te houden met de installateurs en mogelijk onderhoud.

Productlevenscyclus

Een product gaat door verschillende fases heen in zijn 'leven' waarbij verschillende factoren komen kijken en verschillende stakeholders een rol spelen. In bijlage A wordt de volledige PLC behandeld. Hier staan de belangrijkste punten.



Productie

Aandachtspunten:

- kosten en productiemethoden van de materialen en onderdelen, assemblage,
- krachten die machines op materialen uitoefenen

Stakeholders: fabriekmedewerkers, producent

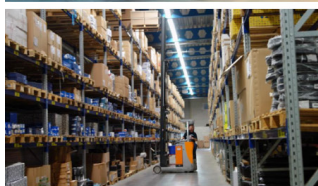


Transport

Aandachtspunten:

- belastingen n.a.v. de omgang met verpakkingen en pakketjes.

Stakeholders: transportmedewerkers, verpakkingpersoneel, producent/eigenaar, klant



Opslag

Aandachtspunten:

- Efficiënt verpakken

Stakeholders: magazijnmedewerkers, eigenaar product



Installatie

Aandachtspunten:

- Moeilijkheidsgraad van installatie, tijdsduur, veiligheid, kwaliteit

Stakeholders: installateurs, eigenaar product



Gebruik

Aandachtspunten:

- weersomstandigheden, ongedierte, veel mensen, hitte, vocht, kou, onderhoud.

Stakeholders: mensen in paniek, mensen zonder paniek, onderhoudsmedewerkers, eigenaar product, producent



Demontage

Aandachtspunten:

- moeilijkheidsgraad, tijdsduur, veiligheid

Stakeholders: installateurs, eigenaar product



Afvalverwerking

Aandachtspunten:

- tijdsduur, veiligheid, recycling, milieu

Stakeholders: eigenaar product, afvalverwerkers, maatschappij

Eisen en wensen stakeholders

De stakeholders in elke levensfase hebben eisen en wensen met betrekking tot het product. In bijlage A is de volledige lijst te vinden van alle eisen en wensen bij de bijbehorende stakeholders. Hier zijn de top 5 eisen en wensen weergegeven:

- efficiënte productie
- gebruiksvriendelijke installatie
- betrouwbare installatie
- betrouwbare werking
- veilig in productie, installatie en gebruik

Omgevingen

In de PLC waren al een paar omgevingen te zien waarin het product zich kan bevinden. Omdat omgevingen veel kunnen variëren zijn hier een aantal extreme omgevingen naast elkaar gezet. De connector kan mogelijk in meer omgevingen terecht komen dan alleen tunnels. Deze omgevingen hebben ieder hun eigen factoren die meespelen. Zo speelt in de woestijn hitte een grote rol, maar ook zand wat overal tussen komt te zitten. Als er in hoogte gewerkt moet worden dienen installateurs verzekerd te zijn en is weinig gereedschap voor handen of bewegingsruimte. In bijlage B zijn uitgebreide omschrijvingen te vinden van de omgevingen. De voornaamste factoren die uit de omgevingsanalyse komen zijn:

- Extreme temperaturen
- Vocht en modder
- Shockkrachten en trillingen
- Weinig installatieruimte
- Ruwe omgang



Fig 2.1: Wegenbouw



Fig 2.2: Offshore



Fig 2.5: Vervoer

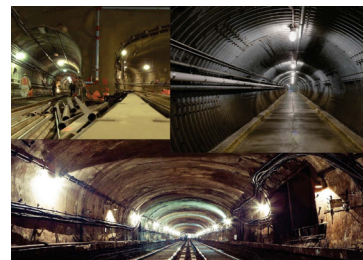


Fig 2.3: Tunnels



Fig 2.6: Woestijn

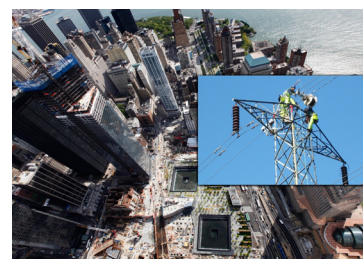


Fig 2.4: Hoogte

Scenario's

Door middel van scenario's zijn de situaties waarin het product zich kan bevinden nog meer uitgediept. De scenario's zijn te vinden in bijlage C.

Een scenario biedt de mogelijkheid om dieper in een mogelijke gebruikssituatie te duiken. Zo wordt het zichtbaarder wat het product allemaal moet kunnen verdragen.

Voor het maken van de scenario's is goed gekeken naar de PLC en de omgevingsanalyse. Daaruit is gekozen om te verdiepen in het gebruik van het product tijdens een evacuatie, het gebruik zonder noodsituatie en een mogelijke vorm van installatie. Dit laatste is maar een kort moment in de levensduur van het product maar is wel cruciaal voor het laten slagen ervan. Een dure installatie kan ervoor zorgen dat het product niet gekocht wordt. Daarnaast kan een moeilijke installatie zorgen voor fouten, wat de betrouwbaarheid van het product beïnvloed. Betrouwbaarheid is iets wat volgens de probleemanalyse hoog in het vaandel staat bij de opdrachtgever.

Marktonderzoek

Er bestaan al vele producten voor bij noodsituaties en evacuaties. Onder die producten zijn ook vele verschillende toepassingen te vinden. Binnen het marktonderzoek is gekeken naar de vormgeving van deze producten en in het specifiek naar de vormgeving van evacuatieverlichting. Daarnaast zijn ook vele bestaande robuuste producten onderzocht waarbij gekeken is naar de eigenschappen in zowel vormgeving als ontwerp die het robuust maken. Door middel van dit marktonderzoek is geprobeerd meer inzicht te creëren in de materiaalkeuzes, kleurgebruik en vormgeving van de producten. Het marktonderzoek is te vinden in bijlage D.



Fig 2.7: Marktonderzoek naar robuuste producten

Veiligheidseisen⁽²⁾

De node zal samen met de LED-strip als één product worden verkocht. Omdat de LED-strip al een bestaand product is met vastgelegde eisen, is er gekeken naar de veiligheidseisen die voor deze LED-strips gelden. Voor de rest van de node zullen dezelfde eisen moeten gelden.

De belangrijkste eisen zitten hem in het materiaal wat gebruikt wordt. Zo moet het bij verbranding geen toxische gassen produceren, een lange levensduur te hebben en bestand te zijn tegen UV-straling. Verder moet het product bestand zijn tegen ongedierte en een CE-markering⁽³⁾ te hebben. De CE-markering stelt hierbij dat het apparaat geen storingen mag veroorzaken in andere apparatuur en waarborgt de veiligheid voor bij het gebruik van laagspanning. In bijlage E is de hele lijst van veiligheidseisen van de LED-strip te zien.

Afmetingen

Handrail

Vanuit de opdracht wordt een handrail meegegeven met vastgelegde dimensies^(4,5). Voor de node is het van belang dat het stuk ferriet wat geplaatst moet worden met de draden, spoelen en verdere elektronica past binnen deze afmetingen. In figuur 2.8 zijn de belangrijkste afmetingen van de handrail te zien.

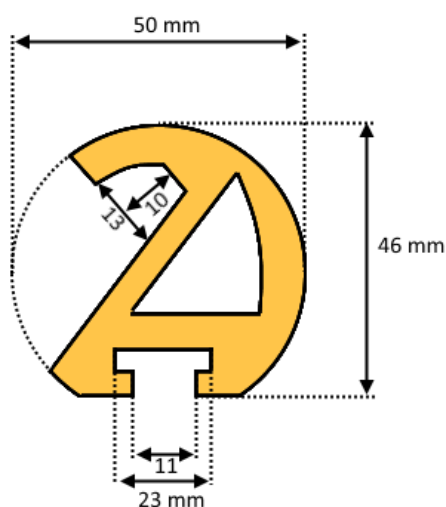


Fig 2.8: Afmetingen doorsnede handrail

Ferriet⁽⁶⁾

Het ferriet wat in de node geplaatst gaat worden zal modulair moeten kunnen worden vergroot zodat hij voor verschillende vermogens moet kunnen worden gebruikt. De afmetingen van een stuk ferriet wat kan worden gebruikt voor een vermogen van 5W zijn te zien in figuur 2.9. Uiteraard zijn ook andere afmetingen mogelijk, zolang het doorsnede oppervlak gelijk blijft. In dit geval is die voor de middelste staander $12 \times 12 = 144 \text{ mm}^2$.

Uiteindelijk kan de connector modulair worden gebruikt wat betekent dat het ferriet schaalbaar is. Voor de ontwikkeling van de connector in dit project is het stuk ferriet uit figuur 2.9 als uitgangspunt gebruikt.

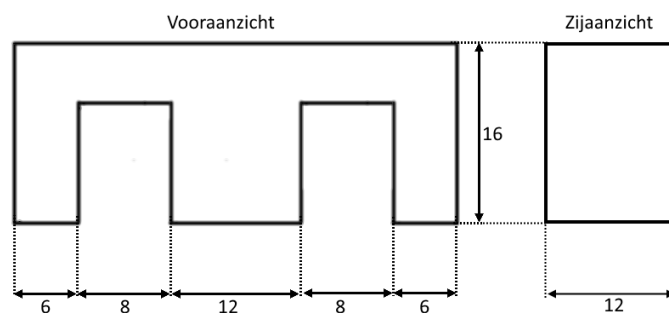


Fig 2.9: Afmetingen ferriet voor 5W

3. PROGRAMMA VAN EISEN

Uit alle onderdelen die hiervoor in de analyse zijn beschreven is een programma van eisen opgesteld. Omdat niet alle eisen even hard zijn is er een prioriteit vastgelegd per eis. Zo zijn een aantal eisen als *voorwaarde* gesteld omdat zonder hieraan te voldoen het concept niet zou werken, of niet toegelaten zou worden op de markt. Verder onderscheid is gemaakt tussen *eisen*, *variabele eisen* en *wensen*. Het hele programma is te vinden in bijlage F.

Vergelijking ideeën & concepten

Omdat alle concepten uiteindelijk aan het grootste gedeelte van de eisen zullen voldoen (en met name aan de voorwaarden), zal dit geen goed vergelijkingsmateriaal zijn. Gebaseerd op de probleemstelling en voorbeelden die uit de PLC, omgevingsanalyse en scenario's kwamen zijn een vier tal punten opgesteld waar de concepten waarschijnlijk op vergeleken kunnen worden:

- Betrouwbaarheid. (Conform eis 22 t/m 24)
- Robuustheid. (Conform eis 28 t/m 33)
- Makkelijke installatie. (Conform eis 19 en 19.1)
- Vuilbestendigheid (Conform eis 31)
- Gebruiksgemak (Conform eis 24.1 en 24.2)

Voor de eisen waarna verwezen werd, zie tabel 3.1.

19	Installatie dient binnen een minuut mogelijk te zijn.	Eis
19.1	Installatie dient binnen 30 seconde mogelijk te zijn.	Wens
22	Het betrouwbaarheidsniveau van de productie dient minimaal 99,9 te zijn	Variabele Eis
23	Het betrouwbaarheidsniveau van de assemblage dient minimaal 99,9 te zijn	Variabele Eis
24	Het betrouwbaarheidsniveau van de installatie dient minimaal 99,999% te zijn	Variabele Eis
24.1	Installatie door onopgeleide installateurs mogelijk	Eis
24.2	Installatie zonder gereedschap mogelijk	Eis
28	De connector is bestand tegen belastingen die gelijk zijn aan de handrail.	Variabele Eis
29	De connector kan niet aangetast worden door knaagdieren	Eis
30	De connector gaat niet kapot door trillingen door oscillaties	Variabele Eis
31	De connector is bestand tegen stof IP-5	Eis
32	De connector is bestand tegen temperaturen tussen de -40 en +150 graden Celsius	Variabele Eis
33	De connector is bestand tegen langdurige blootstelling aan UV-straling.	Eis

Tabel 3.1: Eisen waartoe verwezen wordt vanuit de tekst

4. IDEEGENERATIE

Het proces

Voor het schetsen van ideeën is gekeken naar de verschillende functionaliteiten van de connector. De functionaliteiten beschrijven samen de werking van het product. Deze zijn:

- Bevestigen van de connector aan de rails.
- Het positioneren van de kabel in de connector
- Het bevestigen van het ferriet om de spoel

Op basis van deze drie punten zijn schetsen gemaakt. Het is mogelijk om deze functionaliteiten op te delen in nog meer punten. Maar hier is niet voor gekozen omdat het de totale functionaliteit van de connector voldoende beschrijft.

Op de volgende pagina's worden alle schetsen behandeld die zijn gemaakt op basis van de functies zoals beschreven. In figuur 4.1 is schematisch het proces weergegeven waarbij de ideeën samengevoegd zijn tot concepten. Aan het eind van het hoofdstuk worden de drie concepten behandeld zoals ze in een vroeg stadium waren. In bijlage G is het volledige overzicht van alle schetsen te vinden.

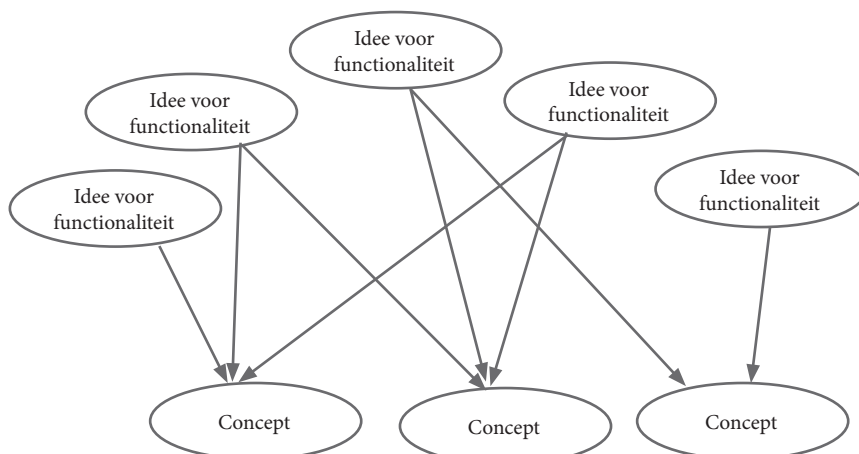
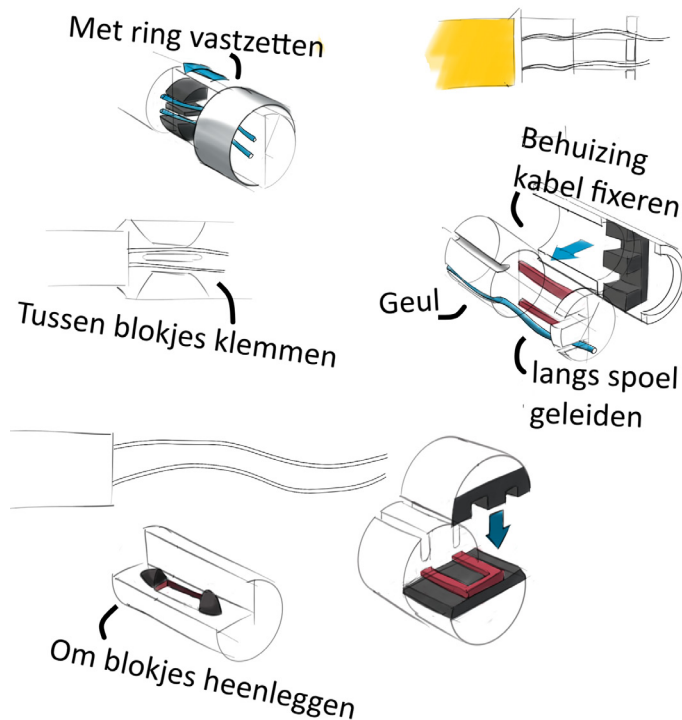


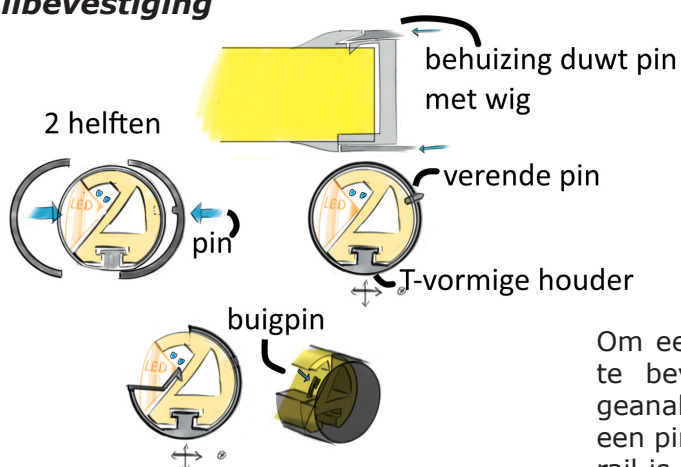
Fig 4.1: Schematische weergave proces

Kabel positionering



Er zijn verschillende manieren van het fixeren van de kabel uitgeprobeerd. Zoals het leggen van de kabel om blokjes, in een geul en klemmen tussen blokjes. De schetsen laten een methode zien waarmee de kabel kan worden gepositioneerd en gefixeerd. Het is ook mogelijk dat verschillende methodes uiteindelijk op een andere manier zullen worden toegepast bij de concepten.

Railbevestiging



Om een onderdeel zoals de behuizing aan de rail te bevestigen zijn verschillende mogelijkheden geanalyseerd. Uiteindelijk werken ze allemaal met een pin die zich in de rail klemt. Het nadeel van de rail is de extrusievorm wat resulteert in een egaal oppervlak over de lengte. Er zal dus een bewerking vereist zijn aan de rail zodat een onderdeel zich niet meer in de lengterichting kan verplaatsen.

Ferriet bevestiging

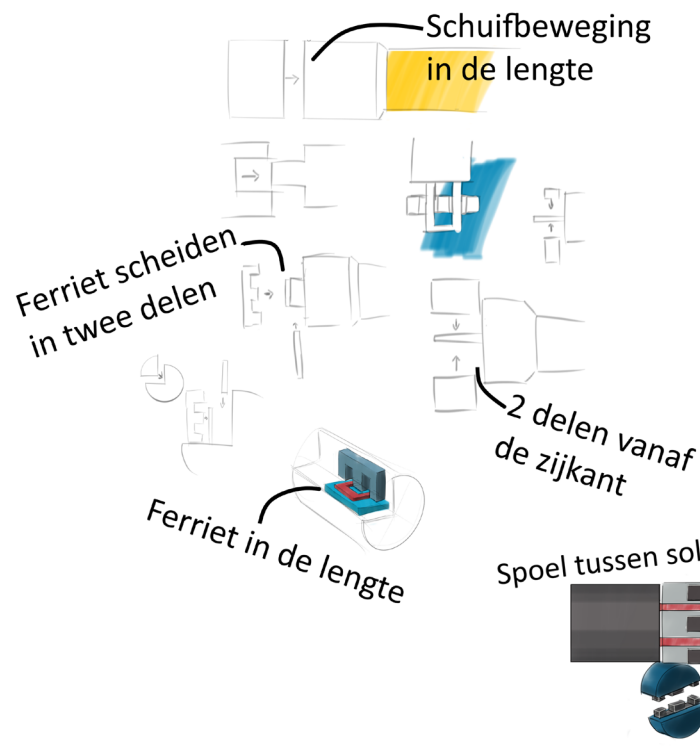
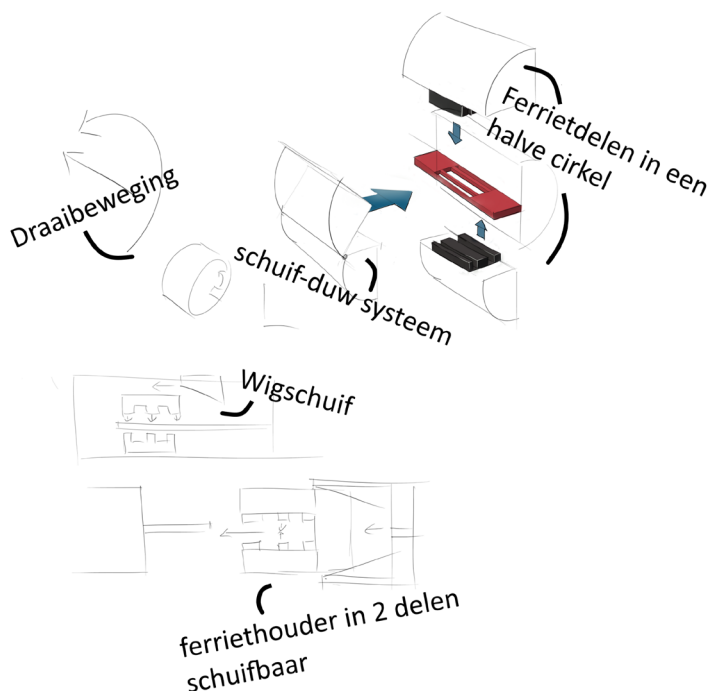
De grootste functionaliteit is het bevestigen van het ferriet. Hier zijn dan ook de meeste schetsstudies naar gedaan. Verschillende bewegingen kunnen het ferriet fixeren welke allemaal een ander gevoel erbij geven. Zo kan de gebruiksvriendelijkheid worden beïnvloed van de installatie en demontage. Verschillende ontwerpen zijn hieronder toegelicht:

Wigschuif

Een schuif met een wig erin, zoals hier rechts te zien is, zal het ferriet naar beneden duwen. Door dit bijvoorbeeld aan twee kanten te doen wordt het ferriet tegen elkaar gedrukt.

Draaibeweging

Een draaibeweging geeft de indruk aan de installateur dat hij iets sluit. Dit is een bekende methode gezien een draaibeweging vaker wordt gebruikt om dingen te sluiten of vast te zetten, zoals bij een flessendop of een schroef.



Ferriet delen

Het ferriet kan uiteindelijk in twee losse behuizingsdelen worden bevestigd of één deel. Dit laatste is het geval bij het schuif-duw systeem zoals hierboven te zien is. Twee losse onderdelen geeft als voordeel dat er geen groot mechanisme nodig is om de delen bij elkaar te houden. Dit kan mogelijk ruimte besparen. Één behuizingdeel met twee ferriet helten erin kan een positief effect hebben op gebruiksvriendelijkheid van de installatie.

Spoel tussen solide delen



Ferriet in halve cirkels



Conceptschetsen

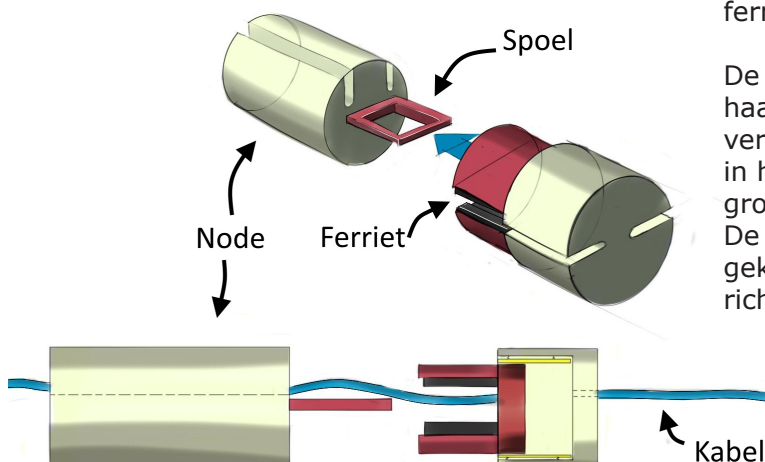
Alle ideeën zijn uitgewerkt tot drie conceptschetsen. In het volgende hoofdstuk zijn deze schetsen verder uitgewerkt tot volwaardige concepten. De verschillen in de schetsen zitten vooral in de manier waarop het ferriet om de spoel wordt bevestigd en de kabel gefixeerd wordt. Bij één conceptschets is ook rekening gehouden met de behuizing. Bij de andere twee concepten is hier in het volgende hoofdstuk meer over uitgewerkt.

USB-concept

Bij het USB-concept wordt de kabel in de groeven gefixeerd. Het deel met ferriet kan zo in de lengte richting van de kabel bewegen. De spoel (rode vierkant op de afbeelding) steekt uit de node waar het ferriet zich omheen plaatst. Door de achterste omhulsing tegen de node aan te duwen (en dus om het ferriet heen), duwen twee veren de ferriet delen tegen elkaar. De kabel en spoel zitten zo tussen de openingen van het ferriet.

Dit concept maakt gebruik van één beweging in de lengte richting van de rail. Door deze beweging te maken zit het meteen vastgeklikt. Bij eerdere schetsen is een variant hiervan te zien waarbij de delen met een wig tegen elkaar worden geduwd. De veren zorgen echter voor een optimalere afstemming van de krachten op het ferriet.

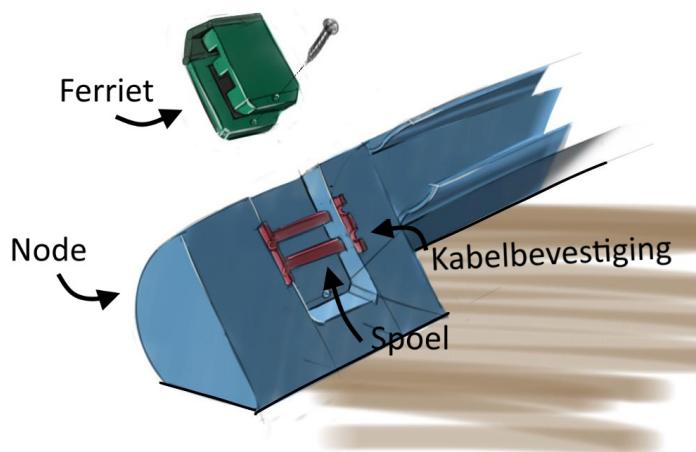
De groeven waarin de kabel geplaatst wordt zijn haaks op elkaar geplaatst. Door de kabel in de verticale groeven te leggen kan hij niet meer in horizontale richting bewegen. De horizontale groeven fixeren vervolgens de verticale beweging. De groeven zijn ruim genoeg zodat de kabel niet geklemd komt te zitten en de kabel in de lengte richting nog kan bewegen.



Wig-concept

De node zit vast aan de LED-strip. De kabel wordt door twee kleine klemmetjes gefixeerd (rood op de afbeelding). Tussen de klemmetjes loopt de spoel (rode staafjes op de afbeelding). Door de kabel in de klemmetjes te drukken loopt het over de spoel heen. Het ferriet (in de groene casing) kan zo over de kabel en spoel gelegd worden. Door een schroef kunnen de twee delen van het ferriet aan elkaar worden bevestigd.

Er is gekozen om de kabel in klemmetjes vast te leggen zoals in de schetsen al te zien was. De gaten zijn echter dermate groot zodat de kabel wel door de klemmetjes kan worden doorgetrokken. Het ferriet wordt met een duwende bewering vastgezet om de kabel en de spoel. Omdat de hele node zich om de spoel heen bevindt worden de dunne staafjes van de spoel minder fragiel bevonden. Ook zit het ferriet in één behuizing gemonteerd en bestaat het dus niet uit twee losse onderdelen. Het voordeel hiervan is dat de ferriet delen goed op elkaar worden geplaatst. Op deze wijze zou het systeem zelfzoekend gemaakt kunnen worden.

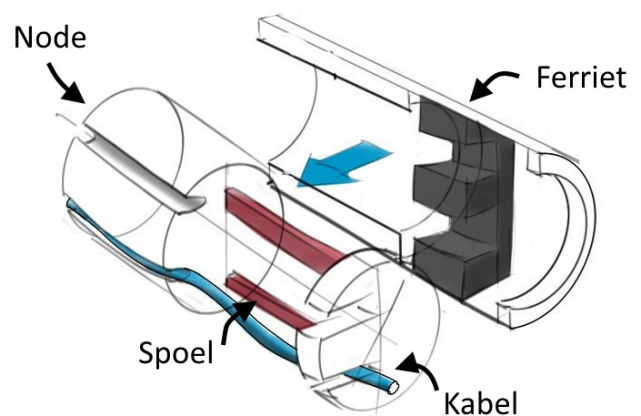


Cilinder-concept

Ook bij dit concept wordt de kabel in groeven gelegd om hem langs de spoel (rode staven) te leiden, zoals bij het USB-concept te zien was. Daarbij zit de kabel dus niet helemaal vast en kan hij nog steeds heen en weer bewegen. Het ferriet bevindt zich in de buitenste behuizing. Op de afbeelding is maar één helft van de behuizing te zien. Door deze helft samen met een andere helft tegen elkaar te drukken kan het geheel worden gesloten. De installateur zal zelf ervoor moeten zorgen dat de kabel en de spoel op de juiste plaats tussen het ferriet vallen.

Het voordeel aan de plaatsing van het ferriet in de behuizing is de reducering van onderdelen. Bij de overige concepten zijn de buitenste behuizing en de ferriethelften van elkaar gescheiden. De afmetingen van het ferriet dienen echter nog goed onder de loep te worden genomen, gezien de rechthoekige vorm niet gemakkelijk in de ronde vorm van de behuizing aansluit.

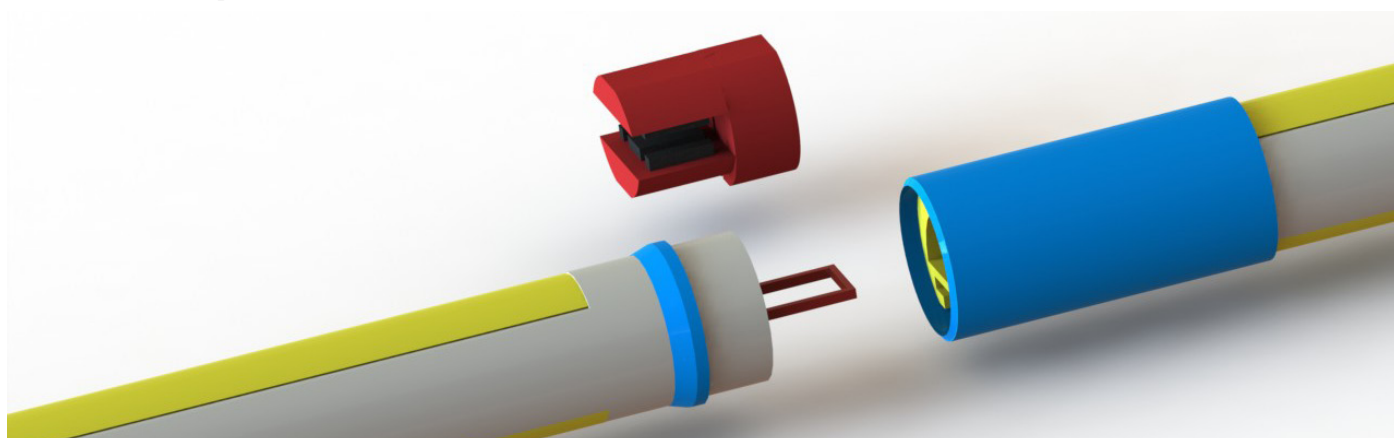
Het plaatje aan het uiteinde van de node kan zowel voor het geleiden van de kabel worden gebruikt als voor stevigheid en balans van het geheel. Wellicht is mogelijk om meer materiaal te plaatsen tussen de hoofdbody van de node en het plaatje aan de andere kant van de spoel.



5. CONCEPTEN

In dit hoofdstuk is de verdere uitwerking van de concepten gerealiseerd. Hierbij is het detailleringsniveau van de concepten gelijkwaardig uitgewerkt. Ten slotte zijn verschillen van de concepten overzichtelijk naast elkaar gezet en is er een keuze gemaakt tussen één van de concepten. Met de verbetering van het gekozen concept is goed rekening gehouden met de feedback die alle concepten hebben gekregen. Het hoofdstuk eindigt met de aanpassingen die zijn gedaan aan het gekozen concept op basis van de totale feedback. In het volgende hoofdstuk zal het uiteindelijke ontwerp worden toegelicht.

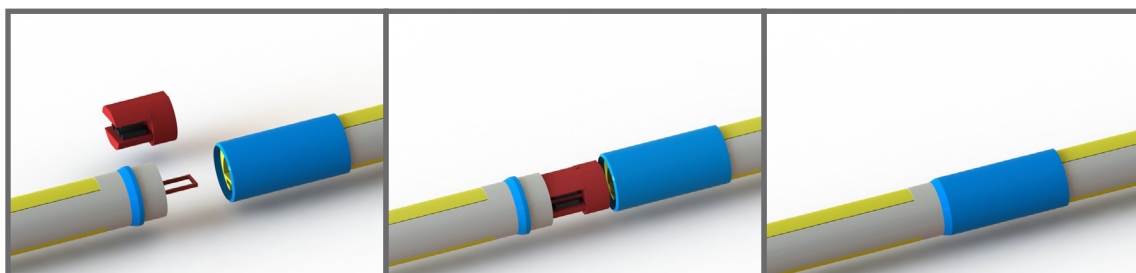
USB-concept



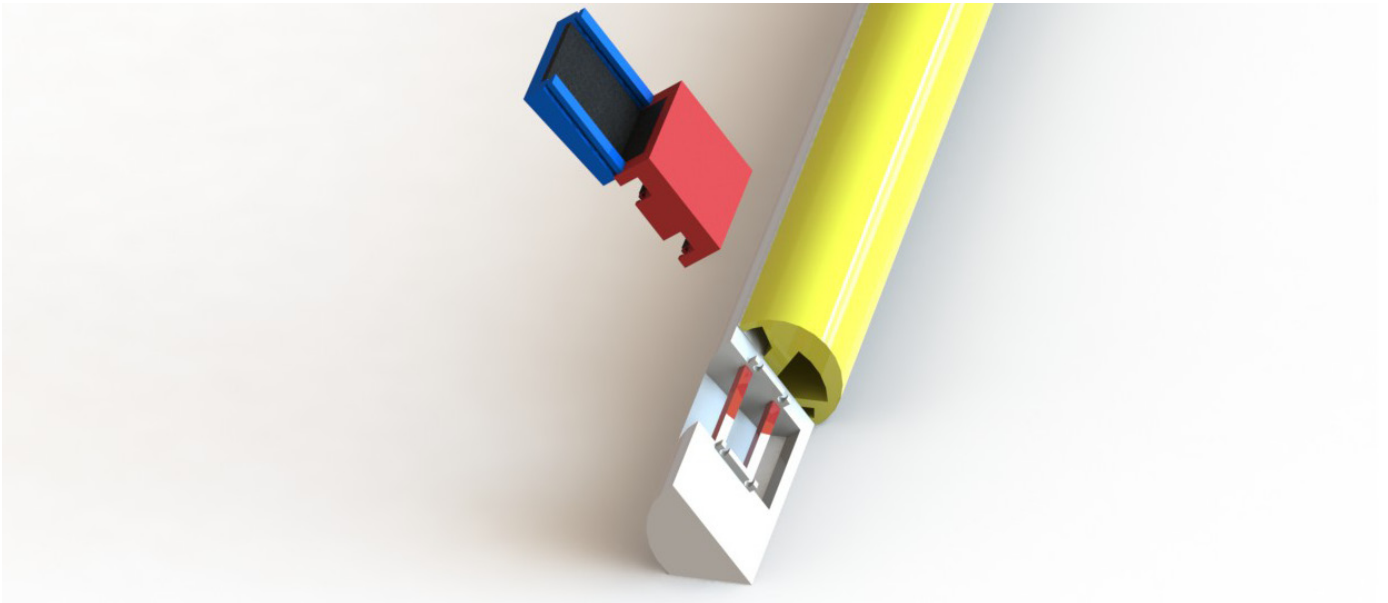
Zoals bij het vorige onderdeel is laten zien is dit het USB-concept. Het ferriet fixeerd zich om de rode spoel door een schuivende beweging in de lengterichting van de rail. Op de afbeelding is te zien hoe het concept verder is uitgewerkt. Daarbij is een behuizing aangebracht die het geheel zal afsluiten.

Installatie

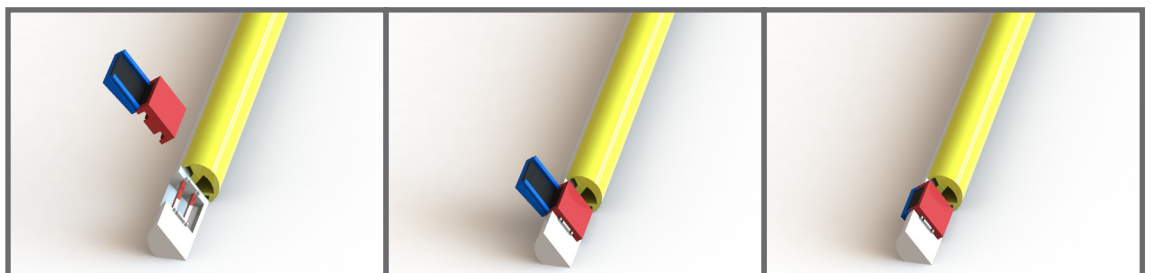
Als alle rails geplaatst is tegen de wand van de tunnel kunnen de LED-strips, zonder het ferriet, bevestigd worden. Daarop volgend worden de kabels door het geheel getrokken. Voor het bevestigen van het ferriet zal de kabel langs de spoel worden gelegd en het ferriet tussen de kabels geklemd. Door de behuizing over dit geheel te schuiven zal het zich sluiten.



Wig-concept



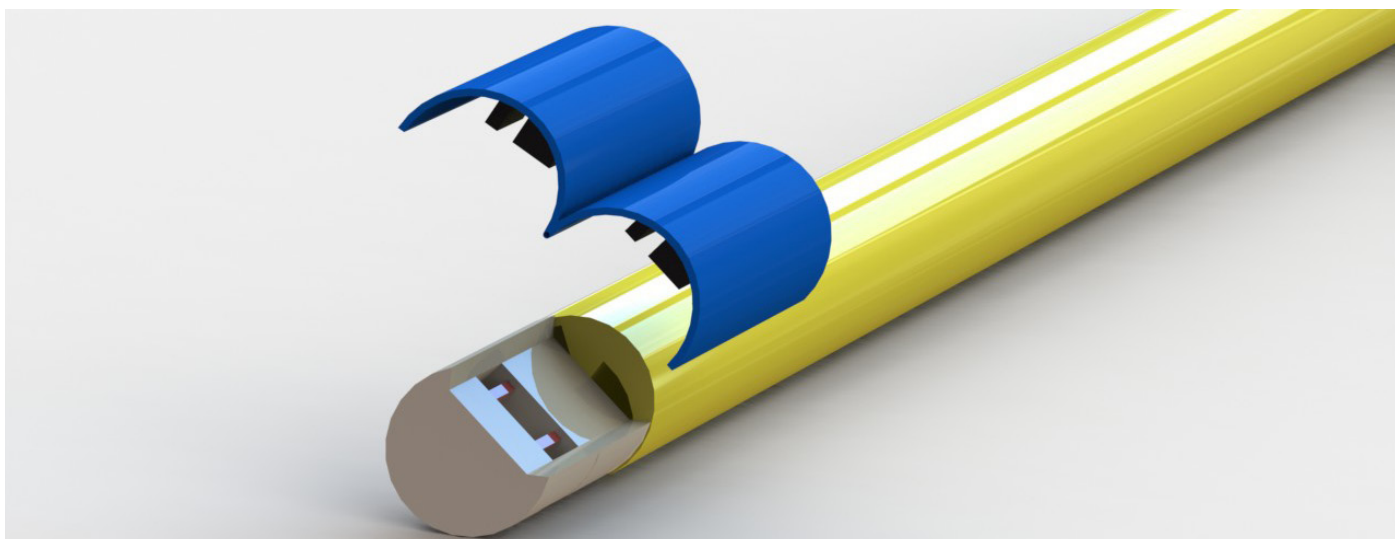
Het tweede uitgewerkte concept is het wig-concept. Het ferriet bevindt zich in een los onderdeel zoals bij het USB-concept ook het geval was. Echter is de beweging voor het plaatsen van het ferriet haaks op de rails, in plaats van in de lengterichting van de rails. Wat nog niet aan de tekening is toegevoegd is de behuizing. Die zal uit twee helften bestaan die om het geheel zullen worden geplaatst.



Installatie

Na het plaatsen van de rails kan de kabel door de rails worden getrokken waarna de LED-strip kan worden geplaatst. Door middel van kleine klemmetjes wordt de kabel langs de spoel geleid. Het ferriet kan hieroverheen worden geplaatst en met een schuifbeweging worden gefixeerd.

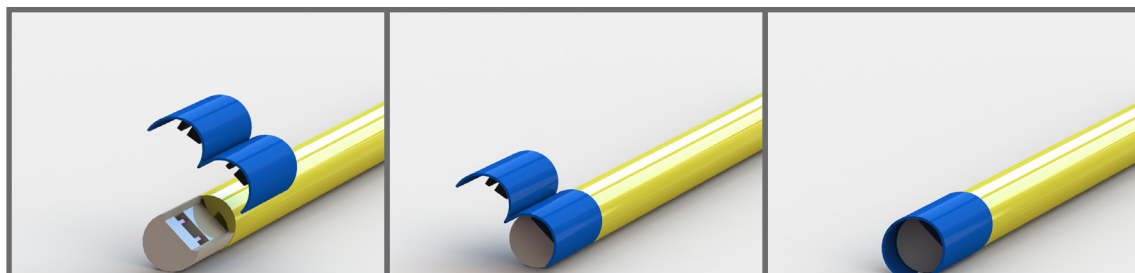
Cilinderconcept



Het derde concept is het cilinderconcept. Dit concept heeft de minste onderdelen en ten dele daaraan de kortste installatietijd te danken. Het ferriet zit in de binnenkant van de behuizing gemonteerd en wordt door het plaatsen hiervan gefixeerd.

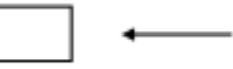
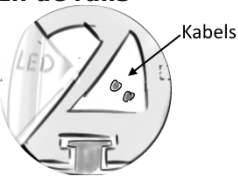
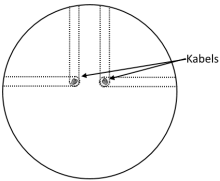
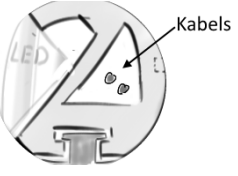
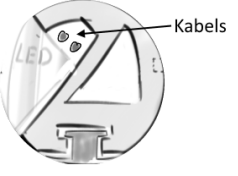
Installatie

Zoals bij het wigconcept kan de kabel achter de LED-strip worden gelegd en door het vastklikken van de LED-strip worden geplaatst. De kabel wordt vervolgens langs de spoel gelegd waarna de bovenste helft van de behuizing er overheen wordt gelegd. Met een halve slag wordt de onderkant van de behuizing er tegenaan geduwd.



Concepten naast elkaar

Als de concepten naast elkaar gelegd worden, wordt duidelijk waar de verschillen zich in bevinden. Het grootste verschil bevindt zich in de manier waarop het ferriet wordt geplaatst. Maar ook in de locatie van de kabel, het fixeren van de kabel, het aantal onderdelen en het aantal installatie stappen verschillen onderling. De volgende tabel maakt dit duidelijk:

Concept	Plaatsing ferriet	Locatie kabel	Fixeren kabel	Aantal onderdelen	Aantal inst. stappen
USB	Schuifbeweging in de lengterichting van de rails 	In de rails 	In een gleuf 	3	7
Wig	Schuifbeweging in een haakserichting van de rails 	Achter de rails 	In een klem 	4	7
Cilinder	Frontale beweging in haakserichting van de rails 	Achter de LED-strip 	In een klem 	2	4

Tabel 5.1: Verschillen tussen de concepten

Conceptkeuze

Om de concepten goed te kunnen vergelijken is een conceptenmeeting gehouden. Hierbij zijn beide begeleiders en twee extra medewerkers van USE, met ieder hun eigen expertise, aanwezig geweest. Met hen is er op een gestructureerde wijze naar alle concepten gekeken en feedback geleverd. Hierbij zijn de punten die bij het hoofdstuk *Programma van Eisen* zijn behandeld zeer belangrijk geweest. Opgemerkt moet worden dat er tevens externe partners van USE waren uitgenodigd voor de conceptenmeeting. Echter konden zij door tijdsgebrek niet aanwezig zijn.

Beoordelingscriteria:

Zoals bij het PvE al werd benoemd zouden alle concepten waarschijnlijk aan de meeste eisen vanuit het PvE voldoen. Om de beoordeling dus van belang te laten zijn was naar de volgende punten gekeken:

- Betrouwbaarheid
- Robuustheid
- Makkelijke installatie
- Vuilbestendigheid
- Gebruiksgemak

Verwerking feedback

Vanuit de conceptenmeeting is veel feedback gekomen. Deze feedback bestond voornamelijk uit post-its met korte beschrijvingen van het probleem, of juist de sterke kant van het product. De feedback is op een gestructureerde manier verwerkt. Nadat alle feedback was bekeken zijn er zes categorieën benoemd waarin de feedback

valt. Per feedbackpunt zijn één of meerdere van deze categorieën toegewezen. Op deze wijze is er per categorie duidelijkheid ontstaan waar de concepten goed en minder goed op scoorden. Naast deze manier van verwerking is er per concept een overzicht gemaakt van de feedback. Op deze wijzen van feedbackverwerking is duidelijkheid ontstaan aan twee kanten. Kant één: hoe goed presteert elk concept. En kant twee: hoeveel prioriteit dient er bij elk aspect gelegd te worden in de verbetering van het gekozen concept. Zo kan er mogelijk worden gezien of alle concepten ergens goed in zijn of juist minder goed. Het overzicht van de feedback is te vinden in bijlage H.



Fig 5.1: Deel resultaat feedbackmeeting

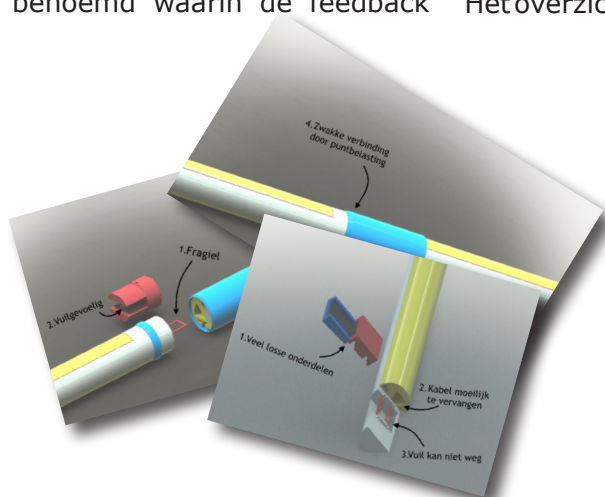


Fig 5.1: Feedback per concept

Fig 5.2: Feedback per categorie

Conclusies vanuit de feedback

Alle feedback bij elkaar liet zes verschillende categoriën zien waarin het zich bevond: vuil, veerwerking, degelijkheid, installatie & onderhoud, afmetingen en kosten. Zo werd er bij verschillende concepten de vraag gesteld hoe het vuil weg kan, hoe er genoeg kracht kan worden uitgeoefend op het ferriet, of het concept degelijk is, hoe makkelijk het te installeren is en te onderhouden, welke toleranties in de afmetingen er zijn en hoe duur het concept uit zal vallen. Per concept komen de belangrijkste punten het op het volgende neer:

USB-concept:

- De spoel is zeer fragiel
- In het klikmechanisme kan het vuil niet weg
- Als de casing gesloten is kan er puntbelasting ontstaan op de spoel
- Onderdelen vevangen is complex, zoals de kabel

Wig-concept:

- Er zijn veel losse onderdelen
- Het is moeilijk de kabel te vervangen
- Het vuil kan niet weg
- De veer werkt niet goed
- Een vierkant in een rondje plaatsen voelt niet logisch

Cilinder concept:

- Niet zelf zoekend ferriet, moeilijk te positioneren
- Niet bestendig tegen shockkrachten
- Het vuil kan niet weg en vast komen te zitten

Een concept dient robuust te zijn. Veel losse en fragiele onderdelen staan dit in de weg. Als vuil in het mechanisme komt en niet weg

kan werkt het product niet. Daarbij komt dat de veer voor een langere tijd dient te werken, wat dient te worden gegarandeerd. Dit zijn aandachtspunten die voor alle concepten gelden.

Gekozen concept

Het was niet essentieel om een concept te kiezen gezien er ook een heel nieuw ontwerp had kunnen ontstaan vanuit de feedback. Toch is uiteindelijk besloten om een concept te kiezen: het wig-concept. De werking van het ontwerp brengt veel voordelen met zich mee. Het is duidelijk, makkelijk schaalbaar, zelf zoekend en goed te vervangen bij schade. Aan de eerder genoemde feedbackpunten van dit concept dient wel gewerkt te worden, maar naar schatting is dit goed te doen. Een overzicht van de positieve en negatieve punten is te vinden in bijlage I.

Verbeterd concept

Verkregen feedback

Het wig-concept is gekozen ondanks dat het nog niet geheel aan de eisen en wensen voldoet. In figuur 5.3 is te zien wat de voornaamste feedbackpunten zijn:

- Veel losse onderdelen
- Kabel moeilijk te vervangen
- Vuil niet weg kan
- De veerwerking niet voldoet
- Rechthoekige vorm in een ronde vorm niet logisch is voor de installatie.

Naast deze punten moet er worden gelet op de degelijkheid, de afmetingen van het geheel, installatie en onderhoud en de uiteindelijke kosten van het product.

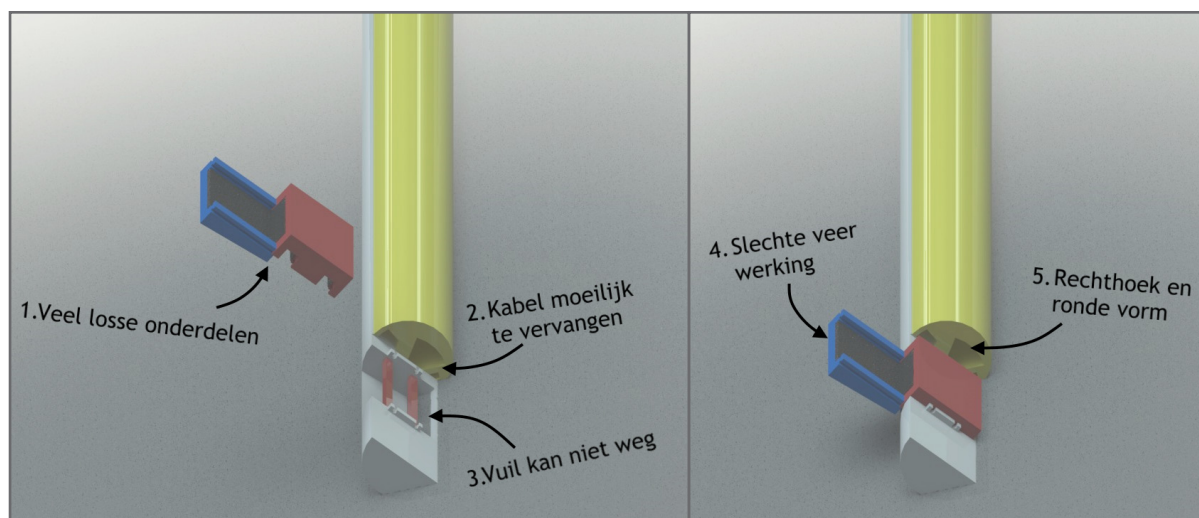


Fig 5.3: Feedback Wig-concept

Aanpassingen

Op de meeste feedbackpunten zijn aanpassingen gedaan. Zo is als eerste de kabel niet door de handrail geplaatst, maar verlegd naar de achterzijde van de LED-strip. Als de kabel dan kapot is kan hij worden vervangen zonder eerst de hele kabel terug te halen. Het probleem wat echter meteen ontstond is dat de kabel in het huidige ontwerp niet achter de LED-strip langs kan vanwege ruimtegebrek. Om dit op te lossen werd

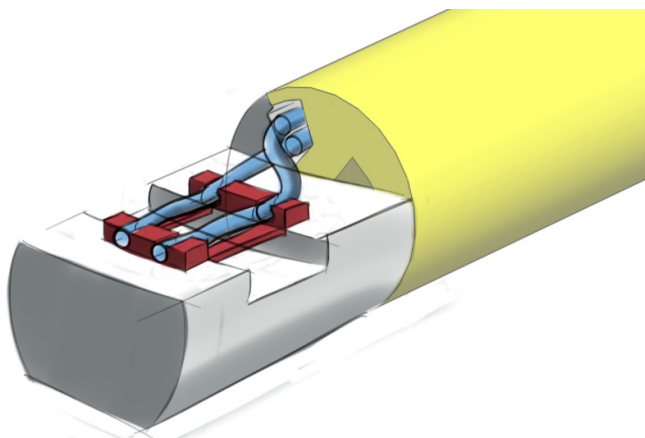


Fig 5.4: Een schets van het aangepaste ontwerp

het schuine vlak recht gemaakt. Zie figuur 5.4. Ook te zien in figuur 5.4 is dat de gleuf waarin het ferriet wordt geschoven helemaal doorgetrokken is zodat het vuil wat erin zit weg kan. Dit is ook mogelijk omdat het ferriet geen steun meer hoeft te zoeken in de houder. Eerder was dit wel het geval omdat hij zo extra op zijn plek werd gehouden. Maar doordat de gleuf recht is vervalt die functie. Onderdelen die blijven zijn de klemmetjes waarin de kabel wordt vast gezet.

Wat nog over blijft van de eerder genoemde feedback is de veerwerking en de vorm van de onderdelen. De veerwerking berusste op het schuiven van de twee onderdelen tegen elkaar waarna het plastic zou uitrekken en zo een kracht tussen de 20N en 40N zou leveren. Echter kwam hier kritiek op omdat het moeilijk zou zijn dit te benaderen en gedurende levensduur van het product die druk te behouden. Als aanpassing heeft het ferriet nog steeds een kunststof behuizing, alleen worden er veren tussen het ferriet en het

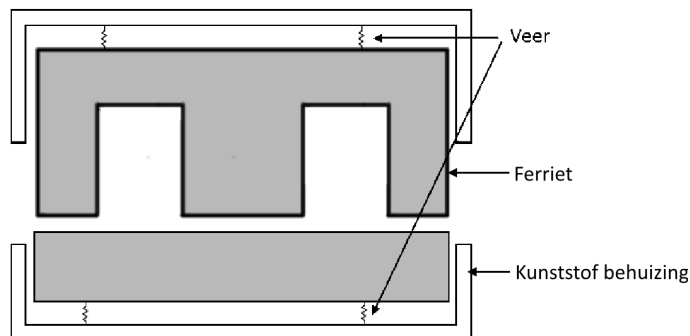


Fig 5.5: Schematische weergave veerwerking ferriet

kunststof geplaatst. Veren kunnen er goed voor zorgen dat de druk gerealiseerd wordt en deze blijft behouden door de tijd. Deze zijn te zien in figuur 5.5. Nu er met veren wordt gewerkt om de druk te behouden is het van belang dat de twee delen van het ferriet aan elkaar blijven zitten. De vormgeving laat dat op dit moment niet toe aangezien de veren er voor zorgen dat de twee delen van elkaar worden afgestoten. Om dit mogelijk te maken is de aanpassing gedaan die te zien is in

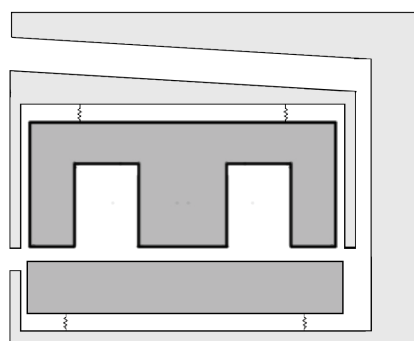


Fig 5.6: Aangepaste ferriebehuizing

figuur 5.6. Aan het onderste stuk ferriet zal een behuizing komen die het bovenste stuk omsluit. In het figuur is extra ruimte gehouden tussen de onderdelen om het principe te verduidelijken. Met deze constructie zullen de delen van het ferriet tegen elkaar gedrukt worden doordat de buitenste behuizing ze samen houdt. Bij het ontwerp hiervan dient rekening te worden gehouden met de krachten die op de behuizing komen te staan. Als hij te ver deformeert zal de node mogelijk niet meer werken.

6. EMBODIMENT DESIGN

In dit hoofdstuk zal het definitieve ontwerp behandeld worden. Dit begint met het ontwerp aan de hand van een aantal aanpassingen waarna respectievelijk het prototype, materiaalkeuze en installatiehandleiding worden behandeld.

6.1. HET ONTWERP

Met alle voorgenoemde aanpassingen is een nieuw ontwerp ontstaan, zie figuur 6.1. Ook zijn er een aantal extra aanpassingen gedaan zodat aan alle eisen wordt voldaan, zoals het klikmechanisme op de ferrietbehuizingen. Op de linker afbeelding wordt duidelijk dat de behuizing van het onderste ferriet het andere stuk ferriet omsluit. De rechter afbeelding laat zien hoe dit geheel om de spoel bevestigd wordt. De behuizing is in dit figuur nog weg gelaten voor het zicht.

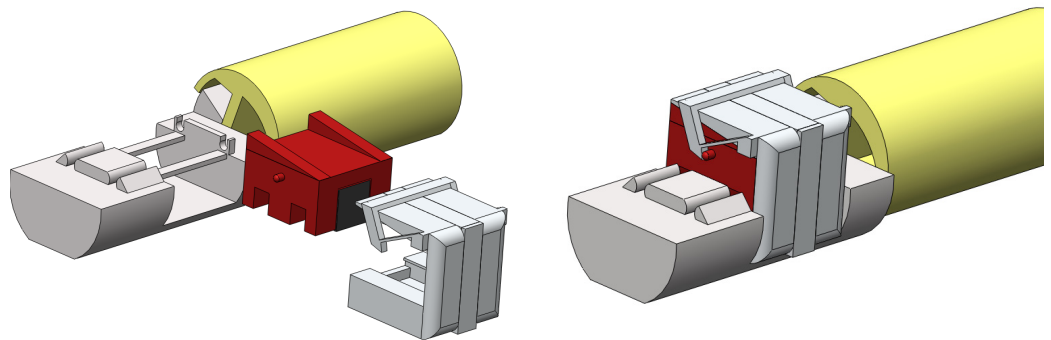


Fig 6.1: Verbeterd ontwerp, zonder behuizing

Één van de opvallendheden van het ontwerp is het ferrietmechanisme. Het bestaat uit twee delen die in elkaar worden geschoven, zie figuur 6.2. Het binnenste deel (rood in de figuur) heeft bovenop een schuin vlak, aan de linkerkant van de afbeelding hoger en aflopend naar de rechterzijde. De behuizing die hierom heen zit heeft hetzelfde maar dan aan de binnenkant van de bovenkant. Op deze manier ontstaat een wig die ervoor zorgt dat de delen ferriet tegen elkaar aan worden gedrukt. Verder is het vanwege de schuifbeweging mogelijk om met geplaatste borsteltjes het ferriet schoon te maken terwijl ze in elkaar worden geschoven, zie figuur 6.3.

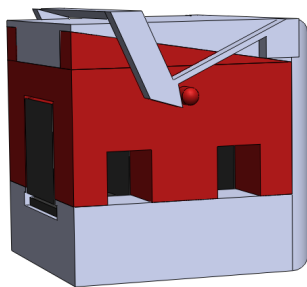


Fig 6.2: Ferriet in behuizing met wig

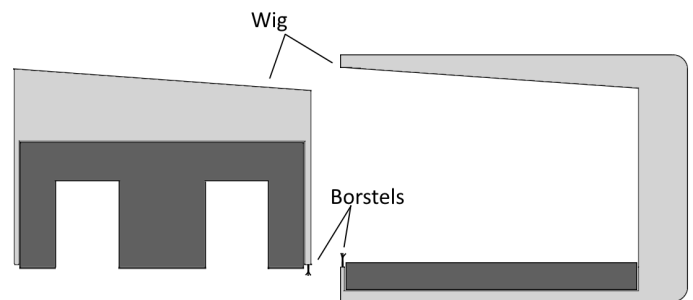


Fig 6.3: Schematische weergave ferrietdelen

Als het ferriet om de spoel bevestigd is wordt deze vastgeklikt met het kliksysteem aan beide zijden. Ondanks dit is er nog steeds wat beweging mogelijk aangezien het gehele ferriet mechanisme niet in alle richtingen gefixeerd zit. Het voordeel hiervan is dat bij een eventuele klap het mechanisme kan meebewegen. Echter dient het toch meer ondersteuning te krijgen zodat het ferriet niet tegen de spoel aanklapt. Daarvoor zitten er aan de binnenkant van de behuizing dunne plaatjes kunststof die tegen de node en het ferrietmechanisme aandrukken. Zodoende werken deze kunststof stukjes als veren en dempers en zullen ze de klap kunnen opvangen.

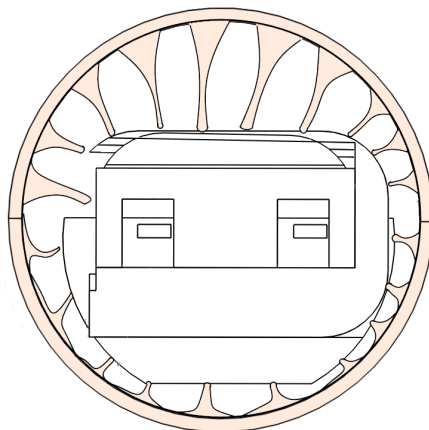


Fig 6.4: Doorsnede met behuizing

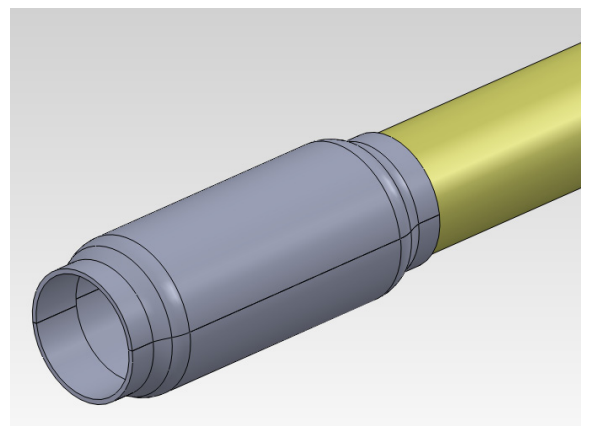


Fig 6.5: Ontwerp met behuizing

6.2. PROTOTYPE

Om het ontwerp te testen is een prototype gebouwd. Zodoende is het mogelijk om eventuele fouten tegen te komen en het ontwerp bij te werken.

Het model uit figuur 6.6 is gemaakt met de afmetingen gebaseerd op het ontwerp wat hiervoor behandeld is, echter is de vorm van het model wel rechthoekig gebleven. Het is gemaakt van *Balsa Foam®*, een hard schuim speciaal ontwikkeld voor modelbouw. Voor de werking wat het niet nodig om het model deels rond te maken, zoals de echte node er wel uit gaat zien.

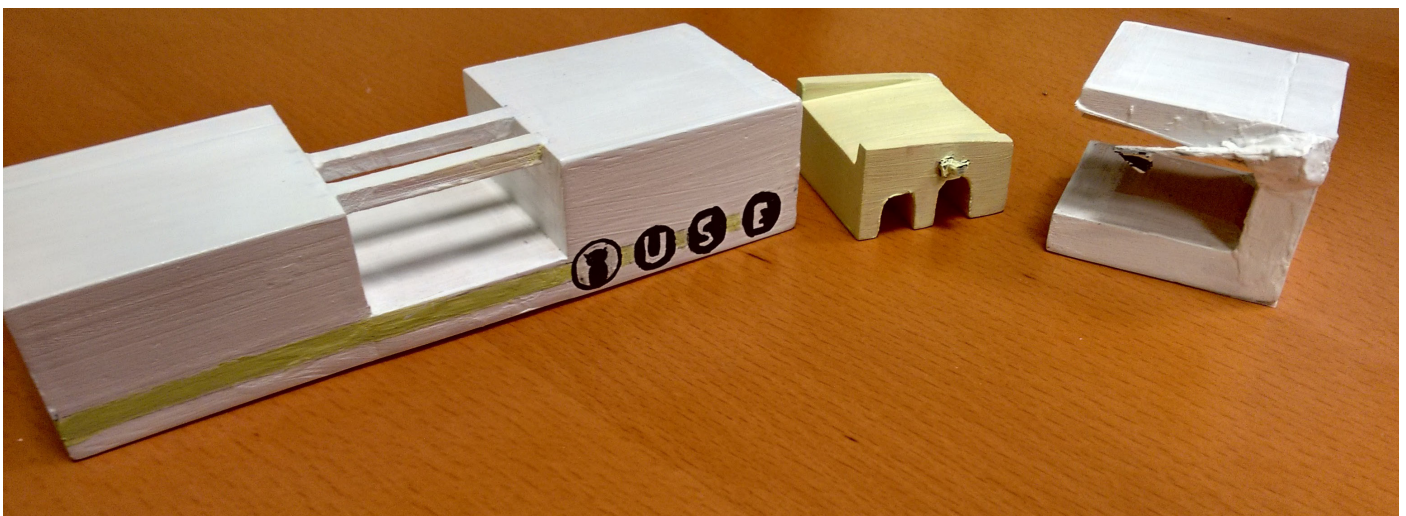


Fig 6.6: Prototype in losse onderdelen

Aanpak van de test

Het model is getest op verschillende testpersonen, waarvan in figuur 6.7 een voorbeeld te zien is. Bij het testen is gelet op de aanpak die men hanteerde en of er bepaalde problemen erbij kwamen kijken.

De proefpersonen zaten aan een tafel en werden de drie blokjes los laten zien, zonder dat ze in elkaar zaten. Alle proefpersonen hadden nog niet eerder van het systeem gehoord of andere proefpersonen gesproken over het systeem of de test.

Iedereen kreeg dezelfde opdracht die luidde: "Hier ziet u een aantal blokjes voor u. De opdracht is om deze in elkaar te zetten tot één geheel". Vervolgens werd er niks meer tegen ze gezegd en werden ze door één persoon geobserveerd.

Resultaten

Door de observant is er tijdens de proef gekeken naar de manier waarop men de blokjes in elkaar zette. Opvallend hierbij was dat mensen met een technische achtergrond het model binnen enkele seconden in elkaar hadden terwijl mensen zonder technische achtergrond er meer moeite mee hadden. Vrijwel alle proefpersonen hebben het model uiteindelijk in elkaar gekregen.

Proefpersonen zochten eerst alle mogelijkheden uit waarop de blokjes in elkaar zouden kunnen passen. Daarbij werd goed gelet op de vorm van de blokjes en welke manier deze vormen gecombineerd konden worden. Vaak bleek er onduidelijkheid over deze vormen. Zo leek het voor veel proefpersonen dat het groene blokje eerst met de dikke kant in het witte blokje geduwd moest worden. Proefpersonen gaven aan niet direct in te zien dat het witte blokje ook schuin af liep.

Na de test gaven alle proefpersonen aan het sneller gedaan te hebben als ze geweten hadden waarvoor het diende. Omdat het drie losse onderdelen waren die ze nog nooit hadden gezien was de correlatie onduidelijk. Of het hen ook daadwerkelijk sneller gelukt was is niet getest, maar wel aannemelijk.



Fig 6.7: Proefpersoon bezig met de gebruikstest

6.3. MATERIALEN

Het product zal aan bepaalde eisen moeten voldoen zoals in het PvE gesteld zijn. Zo dienen de ferriet delen tegen elkaar gedrukt te worden met een kracht van minimaal 20 en maximaal 40 newton. Ook moeten de gebruikte materialen aan de veiligheidseisen voldoen zodat er bijvoorbeeld bij verbranding geen toxische gassen ontstaan.

Onderdelen

Het ontwerp bestaat uit verschillende onderdelen waarvoor verschillende eisen gelden. Deze onderdelen zijn respectievelijk uitgewerkt:

- Het ferrietklikmechanisme
- De node
- De behuizing

Ferrietklikmechanisme

Het ferriet klikmechanisme, te zien in figuur 6.8, dient ervoor te zorgen dat de ferriet delen tegen elkaar worden gedrukt. Dit zal, zoals beschreven, met veren gebeuren. Aan elk stuk ferriet zullen drie veren bevestigd worden. Één voor, één midden en één achter. Hierom heen zit een kunststof behuizing waar deze veren in geplaatst zijn.

Om de delen ferriet met een kracht van 20 tot 40 newton tegen elkaar te drukken zal er van boven af met de helft moeten worden gedrukt en van onder met de andere helft (10 tot 20 newton), zie figuur 6.9 en 6.10. De derde wet van Newton zegt dat elke kracht een kracht in tegengestelde richting van dezelfde grootte veroorzaakt. Door met 20 Newton van één kant te drukken en met 20 Newton vanaf de andere kant zal in het midden de delen ferriet met 40 Newton tegen elkaar worden gedrukt. Als elke veer die geplaatst worden $\frac{1}{3}$ van de 20 Newton uitoefent zal de resulterende kracht vanaf die kant ($\frac{1}{3} * 20 * 3$) = 20 Newton zijn. Omdat door de jaren heen of door temperatuurstijging stijfheid van het materiaal kan verminderen is het verstandig om zo dicht mogelijk bij de 40 Newton te zitten.

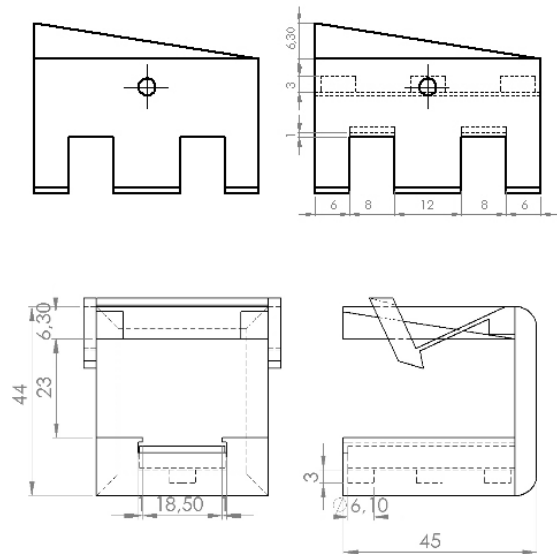
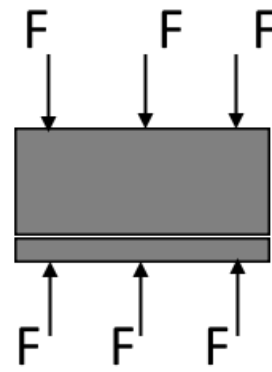


Fig 6.8: Bouwtekeningen ferrietdelen

Voor de veren is gekozen voor een C0240-020-0250S drukveer (zie tabel 6.1). Met een indrukking van 3,15 mm zorgt hij voor een kracht van 6,48 Newton. In totaal zal dit de delen ferriet met $(6,48 * 6) = 38,88$ Newton tegen elkaar drukken.

De veren drukken echter niet alleen tegen het ferriet aan maar ook tegen de kunststof behuizing, welke een deformatie zal krijgen naar buiten toe waardoor de kracht weer afneemt. Daarbij komt



C0240-020-0250S	
Maatvoering	US standard
d (draaddikte in mm)	0.51
Do (buitendiameter in mm)	6.1
Lo (lengte onbelast in mm)	6.35
L1 (lengte belast in mm)	3.2
P1 (kracht in Newton)	6.48
P/f (veer konstante in N/mm)	2.06
Sh (blokhoogte in mm)	2.31
Aangelegd	Ja
Vlakgeslepen	Ja
Materiaal	RVS
Prijsgroep	C

Fig 6.9: Krachten op het ferriet Tabel 6.1⁽¹⁾: eigenschappen veer

dat het materiaal bij een temperatuursstijging en door veroudering afneemt in stijfheid. Zo is het mogelijk dat door de tijd heen de ferriet delen met minder kracht tegen elkaar worden gedrukt. Om dit op te vangen is er zorgvuldig naar een materiaal gezocht die deze kracht moet kunnen opvangen. Het materiaal wat uit deze analyse is gekomen is vervolgens vergeleken met het materiaal dat USE eerder heeft gebruikt bij vorige nodes.

Om het ontwerp extra te verstevigen is een metalen plaatje in de behuizing aangebracht (figuur 6.11). Dit was nodig gezien polymeren over het algemeen zwakke materialen zijn die de krachten mogelijk niet goed op kunnen vangen. Later in dit verslag zal aluminium 1060 H12 worden gebruikt als materiaal van dit onderdeel.

Materiaal Analyse

Het kiezen van het materiaal gaat in verschillende stappen. In eerste instantie wordt er gekeken naar de globale eigenschappen waar het materiaal aan dient te voldoen. Hierdoor kan een selectie worden gemaakt uit alle mogelijke materialen. Tussen de overgebleven materialen wordt vervolgens onderscheid gemaakt door extra restricties te stellen, zoals de waterbestendigheid van een materiaal. Na het stellen van alle restricties kan er een materiaal worden gekozen die vervolgens zal worden vergeleken met het huidige materiaal welke het bedrijf gebruikt voor hun nodes. De materiaalanalyse zal uitgevoerd worden met behulp van de databases van CES (Cambridge Engineering Selector).

De versimpelde weergave in figuur 6.12 laat de belasting zien die het materiaal ten minste dient te verdragen. Hiermee kan de *stress* worden bepaald die in het materiaal komt te staan. Aan de hand van deze stress kan met de maximale deformatie de minimaal vereiste *shear modulus* worden berekend. In combinatie met de minimale *Yield Strength*, welke gelijk is aan de benaderde *stress*, vormen de eerste restricties waaraan het materiaal dient te voldoen.

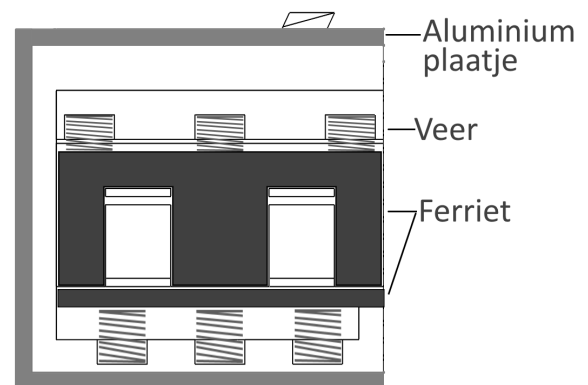


Fig 6.10: Schematische weergave constructie

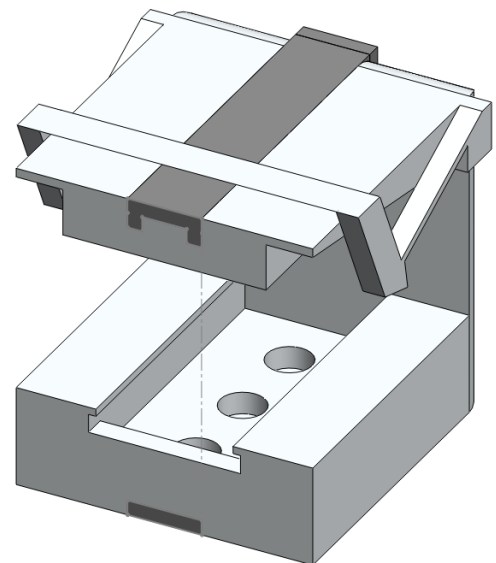


Fig 6.11. ferrietbehuizing

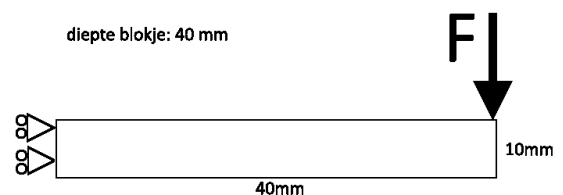


Fig 6.12. belasting materiaal

Het model uit figuur 6.12 is in Solid Works nagemaakt en doorgerekend. De resultaten zijn te zien in bijlage M. Daar is te zien dat er een *stress* van 5,5 MPa in het materiaal komt te staan. De *Yield Strength* van het materiaal zou dus minimaal 5,5 MPa moeten bedragen om niet een permanent te worden vervormd bij de belasting.

De maximale deformatie die het materiaal mag ondergaan kan bepaald worden aan de hand van de doorbuiging van de veer. De gekozen veren leveren met een doorbuiging van 3,15 mm een kracht van 6,48 N. Dit levert een totale kracht op van $6,48 * 6 = 38,88$ N. De minimale kracht die op het ferriet mag komen te staan is 20 N. Dat betekend dat elke veer bij die belasting $20 / 6 = 3,33$ N dient te leveren, wat kan worden gehaald bij een indrukking van $3,33 / 2,06 = 1,62$ mm. Waarbij 2,06 de veerconstante is in N/mm. Het materiaal zou dus niet meer dan $3,15 - 1,62 = 1,53$ mm mogen deformeren.

De *Shear modulus* is te bepalen met de formule $G = \tau / \gamma$. Waarbij G de *shear modulus* is, τ de *stress* en γ de *shear strain* (de verhouding tussen de deformatie en de originele lengte, $\gamma = w/L_0$). Bepaald kan dus worden dat:

$$\gamma = w/L_0 = 1,53/40 = 0,03825.$$

$$\tau = 5,5 \text{ MPa} = 5,5 * 10^6 \text{ Pa}$$

$G = \tau / \gamma = 5,5 * 10^6 / 0,03825 = 0,14 * 10^9 \text{ Pa} = 0,14 \text{ GPa}$. Zodoende is bepaald dat de minimale *Shear modulus* van 0,14 GPa en de minimale *Yield Strength* van 5,5 MPa de eerste restricties vormen.

Hiernaar gekeken geeft figuur 6.13. Alle materialen die in het blauwe vak liggen voldoen aan de gestelde restricties. Deze groep materialen bestaat voornamelijk uit polymeren (donkerblauw), metalen (rood, paars en lichtblauw) en keramiek (geel). Hoe meer naar rechts de materialen liggen hoe stijver ze zullen zijn. Hoe hoger ze liggen hoe meer spanning ze kunnen hebben.

Ten tweede wordt er gekeken naar de verdere eisen die aan het materiaal gesteld worden. Dat

zijn UV-bestendigheid en waterresistentie. Als deze eisen worden toegepast blijven er een aantal polymeren over, veel metalen en veel keramiek. Omdat de keramieken voornamelijk uit diamant en kobalt bestaan zal hier niet verder naar worden gekeken, wegens de prijs en toepassingen van het materiaal. Ook de metalen zullen niet verder behandeld worden ondanks dat het een goede optie zou kunnen zijn voor het bedrijf. Uiteindelijk zal er een polymeer uit deze analyse vergeleken worden met de polymeer die USE op dit moment al in gebruik heeft. Echter blijft metaal een goede optie voor het bedrijf om later naar over te stappen.

Alle polymeren die aan de eerste restricties voldoen en aan de gestelde eisen zijn:

- carbon fibers
- PAI
- PEEK
- PEI
- PEKK
- PI
- PPS
- PVDF

Van al deze materialen zijn twee soorten goed te spuitgieten: PEKK en PVDF. PEKK wordt momenteel voornamelijk gebruikt ter vervanging van kraakbeen, waar PVDF in industriële toepassingen wordt gebruikt. Dit maakt PVDF het meest toegankelijke materiaal. PVDF wordt gemaakt door verschillende fabrikanten. Er zal verder gewerkt worden met Solef 1010 (fabrikant: Solvay) met als voornaamste reden dat van deze fabrikant de meest relevante gegevens beschikbaar zijn. In bijlage L is de datasheet van Solef 1010 te zien.

Vergelijking polymeren

Uit de materiaalanalyse hierboven is het materiaal Solef 1010 gekomen. Tot nu toe gebruikt USE het materiaal Grilon AZ 3/2 voor haar nodes: een kunststof gebaseerd op polyamide 6. De datasheet van dit materiaal is te vinden in bijlage J. In tabel 6.2 zijn de gegevens naast elkaar

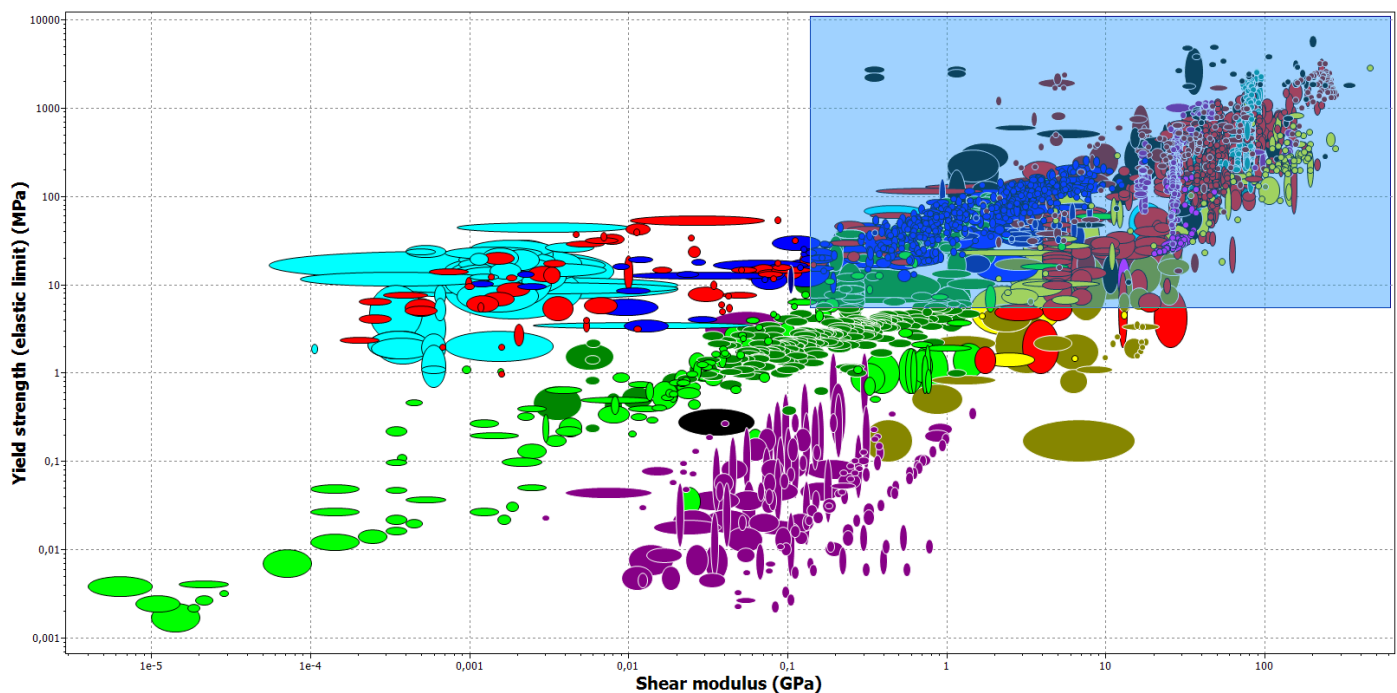


Fig 6.13. Beschikbare materialen

PVDF - Solef 1010	
Density	1,78 g/cm ³
Yield Strength	45 MPa
Youngs modulus	2200 MPa
Shear modulus	0,49 GPa
Creep (1000 h, 23 degrees Celsius, 12 MPa)	1,4%

PA 66 - Grilon AZ 3/2	
Density	1,07 g/cm ³
Yield Strength	45 MPa
Youngs modulus	1700 MPa
Shear modulus	0,40 GPa

Tabel 6.2^(2,3,4). Gegevens polymeren

uitgezet van Grilon en Solef. Hierin is te zien dat de materialen niet veel van elkaar verschillen. Opgemerkt moet ook worden dat de *shear modulus* bij beide materialen gebaseerd is op schattingen. Opvallend is echter wel dat Grilon AZ 3/2 niet bestand is tegen UV-straling (zie bijlage) waarbij dat wel de eis is voor dit project. Het bedrijf kan later bepalen hoe belangrijk ze deze eis vindt en dit meenemen in de materiaalkeuze voor hun product. Een tweede opmerking is te maken naar aanleiding van ontbrekende gegevens. Polymeren zullen bij blijvende belasting door de tijd heen veranderen en zwakker worden. Dit verschijnsel heet kruip (*creep* in de tabel). Bij een constante temperatuur van 23 graden Celsius en een belasting van 12 MPa gedurende 1000 uur zal de spanning (*shear stress*) in het materiaal PVDF met 1,4% afnemen. Om een goede afweging te maken over het materiaal in de toekomst zijn deze gegevens van belang. Helaas zijn ze voor Grilon AZ 3/2 niet bekend. Het bedrijf zal er goed aan doen dit uit te zoeken voordat ze haar materiaalkeuze maakt.

Stijfheid behuizing ferrietmechanisme

De behuizing zal met de toegepaste belasting deformeren. Om de materialen Grilon en Solef goed te vergelijken is er twee keer een berekening gedaan op het ontwerp van de ferrietbehuizing. Eenmaal met Grilon AZ 3/2 en eenmaal met Solef 1010. Deze test is uitgevoerd met de eindige elementen methode in het programma Solid Works. Belasting in de berekeningen is schematisch weergegeven in figuur 6.14. In figuur 6.15 en 6.16 zijn de resultaten te zien van respectievelijk de Grilon behuizing en de Solef behuizing.

Te zien is dat de Grilon behuizing een grotere deformatie geeft als die van Solef. 1,2 mm t.o.v. 1,0 mm. De maximale toegestane deformatie is 1,53 mm, zoals eerder is gesteld. Beide materialen voldoen dus aan de gestelde eisen. Echter presteerd het ene materiaal beter dan het andere.

De kleinste deformatie is bij Solef 1010 te vinden. Echter is de deformatie nog steeds behoorlijk groot. Met een deformatie van 1,0 mm zullen de veren een kracht van $(3,15-1,0) \cdot 2,06 = 4,4 \text{ N}$ (volgens de formule $F=k \cdot u$) per stuk uitoefenen op het ferriet. Om een grotere stijfheid te krijgen van de ferrietbehuizing kunnen verschillende aanpassingen gedaan worden:

- Een ander materiaal kan worden gekozen, zoals een metaal.
- Het metalen plaatje kan van een stijver materiaal gemaakt worden, zoals staal.
- Er kunnen efficiënte verbeteringen worden aangebracht in de vormgeving van het ontwerp, zoals verstevigingsribben en afrondingen in de scherpe hoeken.

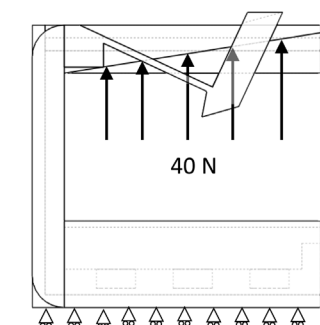


Fig 6.14: Krachten op de behuizing

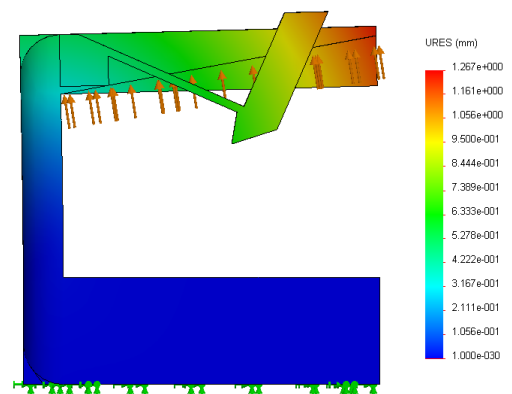


Fig 6.15: Deformatie Grilon AZ 3/2

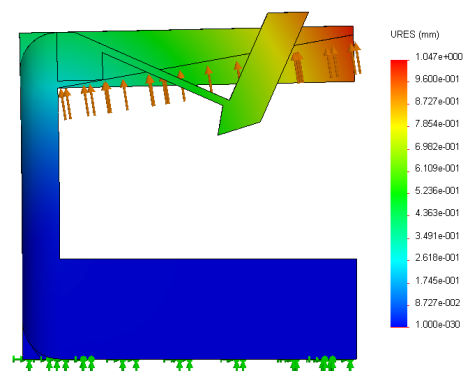
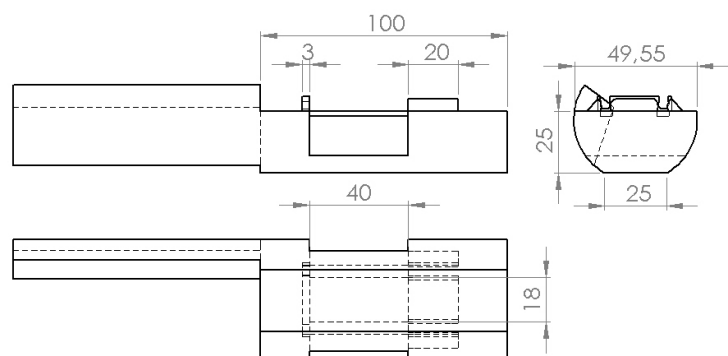


Fig 6.16: Deformatie Solef 1010

Materiaaleisen node

Voor het materiaal van de node gelden ook eisen:

- Materiaal moet tot minimaal 150 graden Celsius bestand zijn.
- Bestand tegen UV-straling
- Bestand tegen vocht



Op basis van de gestelde eisen valt Grilon AZ 3/2 af wegens gebrek aan UV-straling resistentie. Echter zal de node na installatie niet meer in het licht komen waardoor deze eis eventueel zou kunnen vervallen. Het bedrijf zal hier later een keuze over moeten maken. Naast Grilon is ook PVDF (Solef 1010) te gebruiken als materiaal. Solef 1010 begint te smelten vanaf 174 graden Celsius en is bestand tegen UV-straling en water. Bij de gestelde omgevingsfactoren zal het materiaal dus stand blijven houden.

Materiaaleisen behuizing

Voor de behuizing dient een degelijk maar ook gebruiksvriendelijk materiaal te worden gekozen. Met de gebruiksvriendelijkheid wordt de ervaring van de primaire gebruiker bedoeld. In een noodsituatie dient deze gebruiker niet te schikken als hij of zij de behuizing aanraakt. Gezien deze stellingname ligt het voor de hand om hetzelfde materiaal voor de behuizing te gebruiken, als voor de handrail is gebruikt, namelijk GRPP (Glass fiber Reinforced Pultruded Polyester). Dit voldoet aan de eisen die gesteld zijn voor materialen in tunnels. De binnenkant van de behuizing zal van een flexibeler kunststof gemaakt dienen te worden om de shockkrachten op te vangen (zie het ontwerp in hoofdstuk 6.1).

Helaas zijn er weinig gegevens bekend over het materiaal GRPP. Er dient te worden uitgezocht of het de belastingen kan weerstaan die erop kunnen komen. Mocht dit niet het geval zijn dan kan er worden gekozen voor een ander sterk materiaal zoals staal, of aluminium 1060 H12 (welke ook is gekozen voor het metalen plaatje in de ferrietbehuizing). Voor dit laatste materiaal is een sterkte berekening gedaan die te zien is in figuur 6.17 en 6.18. Daarvoor is een kracht van 8000 N op de behuizing gezet. Dit is tien maal de kracht die erop kan komen te staan als een persoon van 80 kg

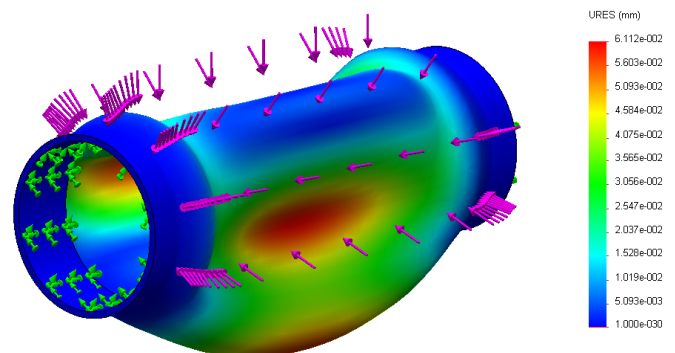
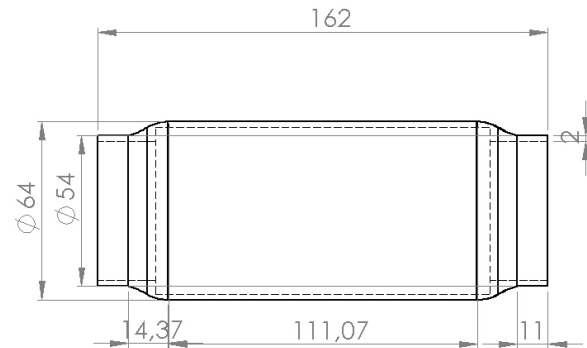


Fig 6.17: Deformatie behuizing van Al-1060 H12

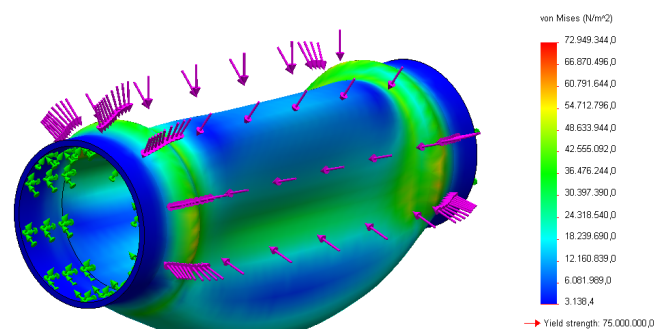


Fig 6.18: Spanning behuizing van Al-1060 H12

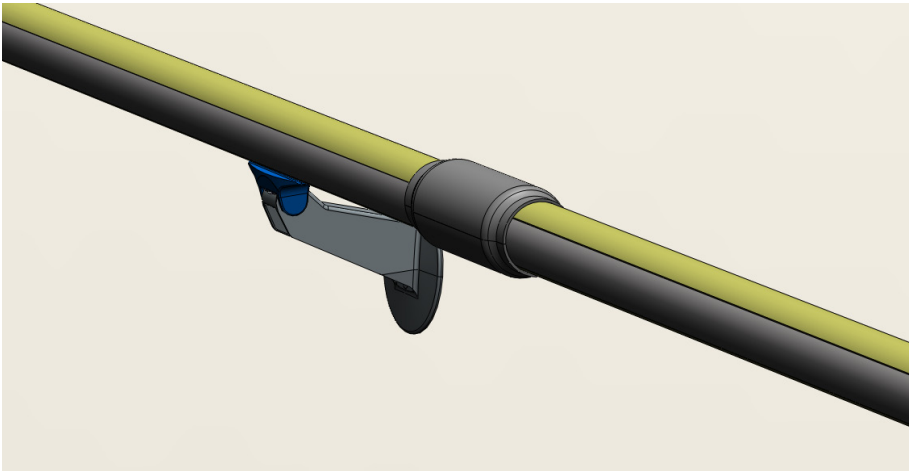
aan de behuizing hangt. Te zien is dat het materiaal een maximale doorbuiging heeft van 0,06 mm en een maximale spanningsconcentratie van 72 MPa. De Yield Strength van het materiaal ligt op 75 MPa. De behuizing zal dus niet plastisch vervormen.

6.4. INSTALLATIE

Dit hoofdstuk beschrijft de installatie van het product. Hiermee wordt begonnen met de uiteindelijke installatie waarna er stapsgewijs naar toe wordt gewerkt vanaf het begin.

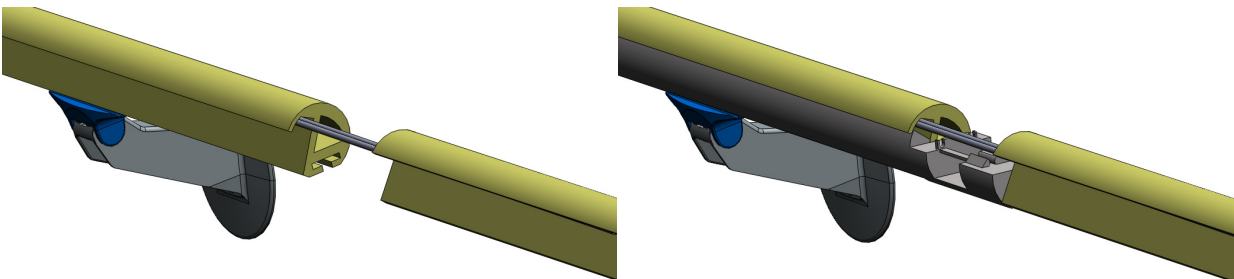
Uiteindelijke installatie

De handrail zal uiteindelijk geïnstalleerd worden volgens onderstaand figuur. Aan de muur zit de bevestigingsstang waar de rail aan vast zit. Het stappenplan zal de installatie uitleggen vanaf het moment dat de rail bevestigd is aan de stang.



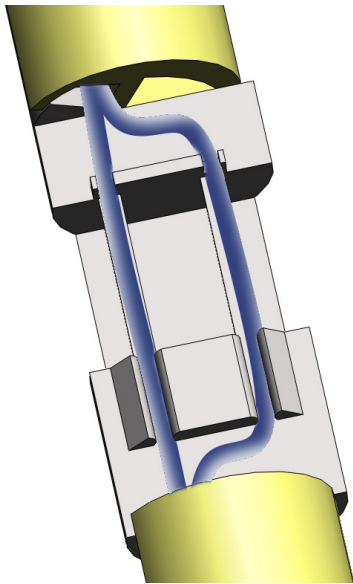
Stap 1: Het leggen van de kabel in de LED-strip.

De kabel kan in het verlengde van de LED-strip gelegd worden waarna de LED-strip in de rail wordt geklikt met de kabel tussen de verlichting en de rail.



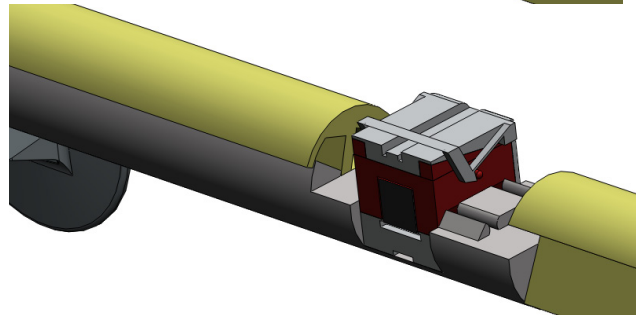
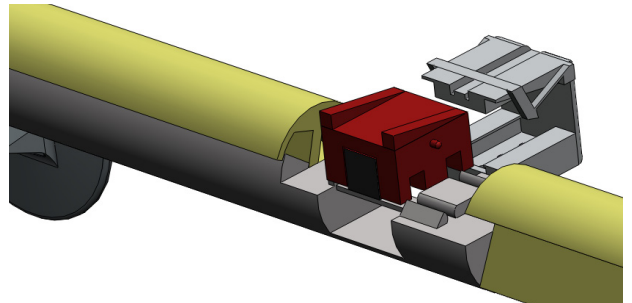
Stap 2: Het vastklikken van de kabel

In de node wordt de kabel in de klemmen geklikt. De klemmen zorgen er voor dat de kabel over de spoel wordt geleid.



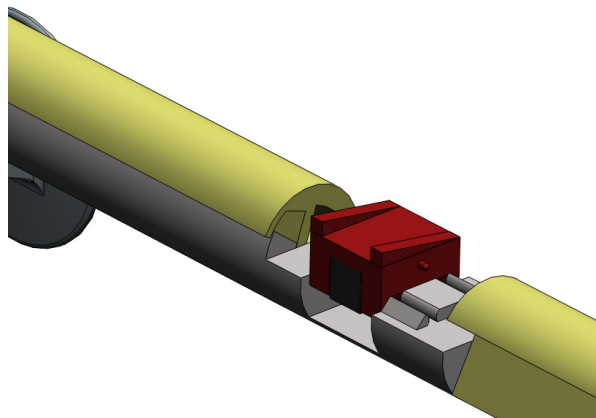
Stap 4: Onderstuk ferriet plaatsen

Het onderstuk van het ferriet wordt over het bovenstuk heengeschoven en klemt zich vast met een klik.



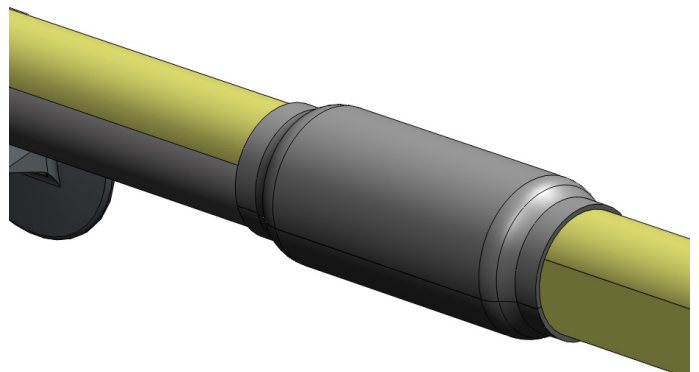
Stap 3: Bovenstuk van het ferriet plaatsen

Het bovenstuk van het ferriet wordt over de kabel en spoel geplaatst.



Stap 5: Behuizing plaatsen

De twee delen van de behuizing kunnen aan elkaar geklik worden rondom de handrail.



7. TESTPLAN

In de vorige hoofdstukken zijn veel ontwerpkeuzes in de vorm van technische oplossingen en materialen behandeld. Hierbij zijn van een aantal dingen aangetoond dat ze waarschijnlijk werken en van een aantal dingen aangenomen dat ze zullen werken. Voordat het bedrijf het product in productie neemt zullen ze eerste geverifieerd worden, zoals de filosofie van USE ook voorschrijft. Dit is gedaan in de vorm van een testplan waarbij uitgelegd wordt hoe verschillende onderdelen getest kunnen worden. De behandelde testonderwerpen zijn:

- Realistisch prototype
- Installatietest
- Materiaaltest
- Watertest
- Belastingstest

Prototype

Om zeker te zijn dat alle afmetingen kloppen en het mechanisme ook deugt kan een realistisch prototype gemaakt worden. Echter zullen onderdelen zoals de ferrietbehuizing waarschijnlijk spuitgegoten worden als ze in productie worden genomen. Voor één prototype zou dit duur zijn dus kunnen andere technieken overwogen worden. Een overzicht van de mogelijkheden:

- Kunststof ferrietbehuizing:
3D-printen met ABS. Goedkoop en water resistent⁽¹⁾.
Onderdelen laten frezen en aan elkaar lijmen.
- Aluminium strip:
Laten snijden en buigen
- Kunststof node:
Zelfde mogelijkheden als bij de ferrietbehuizing
- Behuizing
Van metaal laten frezen of draaien.
Van kunststof zelfde mogelijkheden als bij ferrietbehuizing en node

Installatietest

Om er zeker van te zijn dat het product werkt als het eenmaal gebruikt zal worden in de bouw dient het getest te worden voor tijdens de installatie. Daarvoor kan een lastige omgeving gecreëerd worden waarin verschillende proefpersonen het kunnen installeren. De

helft van de proefpersonen heeft ervaring in de bouw terwijl de andere helft dat niet heeft. De omgeving waarin het product getest ziet er als volgt uit:

- Donkere ruimte
- Vochtige ruimte
- Materialen die gebruikt worden zitten onder de modder
- Veel lawaai in de ruimte
- Veel rommel in de ruimte

Door de tijd te meten en de handelingen van de proefpersonen te observeren kunnen conclusies worden getrokken over de gebruiksvriendelijkheid van het product en de eventuele bottlenecks.

Materiaaltest

Verschillende materialen zijn gekozen om het product mee te realiseren. Volgens de berekeningen lijken ze te voldoen echter dient dit door het bedrijf zelf te worden geverifieerd. De gebruikte materialen zijn:

- Grilon AZ 3/2 of Solef 1010 in de node en ferrietbehuizing
- Aluminiumstrip in de ferrietbehuizing
- C0240-020-0250S veren in de ferrietbehuizing
- GRPP of aluminium in de buitenste behuizing

Grilon AZ 3/2 of Solef 1010 dient bestand te zijn tegen water, UV-straling en tot 150 graden Celsius gebruikt kunnen worden. De fabrikant van Grilon stelt⁽²⁾ een test voor om een 1 mm plaat voor een termijn van 1000 uur te laten liggen in een omgeving van 65 graden Celsius met een xenon lamp erop gericht en regelmatig te besproeien met water. Door dit met verschillende plaatjes te doen en daarvan de breeksterkte te testen op verschillende tijden in die 1000 uur kunnen eigenschappen van het materiaal goed in kaart worden gebracht en worden vergeleken. Dit kan zowel met het Grilon, Solef, aluminium en GRPP

gedaan worden. Met de gegevens die daaruit komen kunnen opnieuw simulaties worden uitgevoerd door de computer om te weten hoe het materiaal zich over de jaren heen zal gedragen. De veren kunnen in dezelfde omgeving worden gehouden. Na verschillende uren kan worden getest van de maximale kracht is die de veer levert. Ook met deze gegevens kunnen vervolgens berekeningen gedaan worden om het gedrag van de jaren heen te voorspellen.

Watertest

Als het prototype eenmaal gebouwd is, kan na de installatietest de watertest worden uitgevoerd. Hiermee wordt getest of het product blijft werken in een vochtige omgeving.

Het product kan worden aangesloten zodat het werkt. Verder dient de spanning en stroomsterkte die uit de node komt te worden gemeten. Als dit gebeurd is kan de hele node eerst in een vochtige omgeving worden gelegd. Als hier zich problemen op doen kan de test eventueel worden gestopt totdat de problemen zijn opgelost. De tweede fase van de test is om de hele node onderwater te houden waarbij dus ook de stroomsterkte en spanning worden gemeten.

Belastingstest

Als laatste kan de belastingstest worden uitgevoerd. Het product dient aan de muur te worden bevestigd zoals wordt voorgeschreven. Vervolgens kunnen door verschillende belastingen zoals trillingen, shockkrachten en gewichten de node worden getest. Verstandig is om eerst te onderzoeken welke trillingen en krachten er kunnen voorkomen in een realistische situatie en vervolgens deze met een veiligheidsfactor te vermenigvuldigen voor de test.



Fig 7.1⁽³⁾: Voorbeeld materiaaltest

8. AFSLUITING

8.1. CONCLUSIE

In dit verslag is het proces besproken van het ontwerp van een op CEDD gebaseerde node. De doelstellingen die aan het begin van het project zijn gesteld luiden: *"Het ontwikkelen van een op CEDD gebaseerde node voor evacuatieverlichting in de vorm van ledstripverlichting in de safetyhandrail van tunnels."* De procesonderdelen die daarbij zouden worden doorlopen zijn:

- Analyse van CEDD, primaire en secundaire doelgroep, product life cycle, omgevingsfactoren en het ferriet.
- Verschillende ontwerpen te maken hieruit.
- Drie concepten uit te werken.
- Eindconcept uit te werken op basis van de gestelde eisen.
- Robuustheidsberekeningen, installatieaanwijzingen en een 3D prototype te realiseren van het ontwerp.
- Binnen een tijdsbestek van drie maanden.

Terugkijkend op het proces kan worden gesteld dat er een analyse is gemaakt van CEDD. Door middel van een probleemstelling en productlevenscyclus is helder en overzichtelijk de situatie waarin de connector zich bevindt in kaart gebracht. Gemaakte omgevingen en scenario's doken hier dieper op in. Om het programma van eisen compleet te maken is er gekeken naar veiligheidseisen waaraan het product dient te voldoen en zijn de afmetingen van het ferriet en de handrail geanalyseerd.

De totale functionaliteit van het product is opgesplitst waarop volgend van elke deelfunctionaliteit ideeën zijn opgesteld. Deze ideeën zijn gecombineerd tot drie concepten welke tot een dieper niveau zijn uitgewerkt. In een conceptenmeeting meer meerdere genodigden is feedback geleverd op elk van de concepten. Een gestructureerde verwerking van deze feedback en toetsing aan het programma van eisen resulteerde in een gekozen concept met efficiënte verbeteringen.

Een materiaalanalyse en sterkteberekeningen definieerde het product verder de detail. Tevens is er een prototype gerealiseerd waarmee het concept kon worden getest en aanbevelingen worden gedaan.

Concluderend kan worden gesteld dat de doelen die aan het begin zijn gesteld zijn behaald. Dit alles heeft plaatsgevonden in 12 weken tijd, zoals in de doelstelling naar is gestreefd.

Echter zijn er aan de hand van dit project ook aspecten aan het licht gebracht die beter uitgezocht kunnen worden voordat het product in productie gaat. Bij de aanbevelingen wordt hier verder op in gegaan.

8.2. AANBEVELINGEN

Zoals in de conclusie is gesteld heeft het project een resultaat opgeleverd conform de doelstelling. Echter zijn er bij dit project een aantal aspecten aan het licht gekomen die verdere uitwerking vereisen. Zestien punten zijn uitgelicht:

Ten eerste dient de elektronica van de node ontworpen te worden. In dit project is de mechanica van de connector ontworpen. In, door USE, gestelde afmetingen is het product tot stand gekomen. Echter is een groot deel hiervan nog niet ontworpen, de zogenoemde elektronica. Het bedrijf heeft momenteel de techniek wel in handen voor zwaardere apparatuur maar nog niet voor laag vermogen. Dit dient binnen de ruimte die het product biedt te worden gerealiseerd.

Het mogelijk om het product modulair te vergroten voor het leveren van meer vermogen. Als het bedrijf het wil, kan het product voor zwaardere apparatuur gebruikt worden. Echter dienen verschillende afmetingen herontworpen te worden. Hier is in dit project nog in verdiept. Welke afmetingen er allemaal moeten worden vergroot dient het bedrijf nog uit te zoeken.

Ten derde kan het product ook gebruikt worden voor meer apparaten dan de huidige LED-verlichting in de handrail. De connectie tussen de ontworpen node en andere apparatuur dient nog naar gekeken te worden.

Ten vierde is de vormgeving van het concept nog niet optimaal. Uit de test met het prototype blijkt dat men geneigd is naar de vorm te kijken bij het monteren van het product. Aangezien het ferrietmechanisme vierkant is en in een ronde vorm wordt aangebracht is hier nog verbetering mogelijk. Tevens kan de vormgeving worden aangepast om de ferrietbehuizing te verstevigen. Zo kunnen er ribben worden aangebracht en scherpe hoeken worden afgerond.

Tevens is het materiaal van het ferriet nog niet definitief gekozen. Zoals eerder gesteld in het verslag zijn twee opties de meest voor de hand liggend. Het bedrijf dient zelf te bepalen welk van de twee materialen zij wilt gebruiken. Hierbij wordt aangeraden te letten op de gestelde eisen voor het materiaal.

Als laatste is er verbetering mogelijk bij het klikmechanisme. Het huidige ontwerp oogt fragiel wegens de dunne pootjes die het bevat. Ondanks dat het mechanisme wel zou werken is er wel verbetering mogelijk op het gebied van robuustheid.

Buiten deze aanbevelingen om zal het bedrijf verschillende onderdelen verifiëren zoals beschreven in hoofdstuk zeven.

8.3. EVALUATIE PROCESGANG

Zoals gesteld is het project vanaf de tweede week van april tot en met begin juli verlopen en is er toegewerkt naar een mooi eindproduct. Het project heeft voornamelijk plaatsgevonden op het kantoor van USE System Engineering in Haaksbergen, waarbij af en toe begeleidingsgesprekken plaatsvonden op de Universiteit van Twente in Enschede. Tevens heeft de modelbouw op de universiteit plaatsgevonden.

Het verloop van het project zal hier worden geëvalueerd waarna aanbevelingen worden gedaan naar het bedrijf toe, de universiteit en mijzelf als afstudeerder.

Het bedrijf

Vanaf de eerste gesprekken met het bedrijf is er een goede indruk achtergelaten. Bij het zoeken naar een afstudeeropdracht reageerde het bedrijf snel en waren ze duidelijk in communicatie. Er lag een goed geformuleerde opdracht waardoor en snel ter zake werd gekomen. Eenmaal begonnen gaf het bedrijf een goede indruk na. Er waren goede werkplekken voorzien en er was een duidelijke structuur waarin werd gewerkt. Tijdens het project was er elke week een gesprek met de begeleider en tevens de directeur van het bedrijf, Hans van der Kuil. Het waren open gesprekken die goed de gelegenheid boden voor het stellen van vragen en elke keer weer goede inzichten gaf in het project. Dit in de vorm van belangrijke aandachtspunten even als feedback op afgerond werk. Echter waren er ook een paar mindere punten durend het project. Zo was er veel informatie beschikbaar binnen het bedrijf maar was het tamelijk onduidelijk waar deze informatie stond en hoe deze verkregen kon worden. De begeleider had zelf de technische details niet voor ogen waardoor er wel eens tegenstrijdige informatie onstond. Ook vond dit plaats in de doelstellingen die het bedrijf stelde voor het project. Er waren veel doelstellingen te halen in een zeer korte tijd. Dit was positief voor het stimuleren van hoge resultaten, echter had het ook een keerzijde. Doelstellingen, en met name de prioriteit van doelstellingen, konden veranderen door het project heen. Dit maakte het in combinatie met de hoge druk niet even realistisch. Als laatste is ook de werksfeer opgevallen die in het bedrijf heerst. Zo is het er stil en waren werknemers veel achter hun computer verborgen. Dit stimuleerde de concentratie maar maakte het wel moeilijk om het bedrijf goed te leren kennen. Het kostte zodoende veel tijd om te weten wat voor mensen er werkten en wat hen bezig hield. Zowel in hun werk voor het bedrijf als in hun vrije tijd. Dit gaf extra hinder in het vinden van de juiste informatie op de juiste plekken.

Begeleiding vanuit de universiteit

Vanuit de universiteit was er een begeleider aangesteld voor het project, Mohammad Rajablinejad. Het contact met deze begeleider is goed verlopen en is van grote waarde geweest. De begeleider was een rustig persoon met een frisse en heldere invalshoek. Op momenten dat het project onoverzichtelijk werd kwam hij met sommige belangrijke details en aandachtspunten omdat hij ervan een afstand naar keek. Helaas verliepen de gesprekken wel in het Engels wat het soms lastig maakte om de tot een goede uitdrukking te komen van de daadwerkelijke problemen. Desondanks is het toch goed verlopen ook al kostte het wellicht wat extra tijd.

Eigen presteren

Het project heb ik als zeer goed ervaren. Het onderwerp sprak me vanaf het begin al aan en maakte mij enthousiast. Door het project heen heb ik ook veel van mezelf en het werken in het bedrijfsleven kunnen leren. Zo was een leven met veel ritme mij ongewoon en lastig te combineren met het studentenleven. Het schakelen hierin kostte uiteindelijk redelijk veel tijd. Met betrekking op het project heb ik het lastig ervaren om overzicht te houden. Hierbij vond ik het vooral lastig om overzicht te houden van de werkzaamheden binnen een fase, wat er precies moest gebeuren om een fase af te ronden. Maar juist door zelf het project te draaien en mee te draaien in het bedrijfsleven heb ik veel kunnen leren op het gebied van vorige punten.

REFERENTIES

Inleiding:

- 1 <http://www.impleosolutions.eu/nl/oplossingen/cedd/>
- 2 <http://www.atgairports.com/C8-Runway-Lighting/>
- 3 <http://www.usetechology.nl/producten/>
- 4 DLS_handrail_DesignSpecificaties_V103_draft.pdf

Analyse:

- 1 http://www.watdoeje.nl/risico/ongeval_in_een_tunnel
- 2 Programma van Eisen Noord/Zuidlijn (SPIE).pdf
- 3 <http://www.rvo.nl/onderwerpen/tools/wet-en-regelgeving/eu-wetgeving/ce-markering/overzicht-ce-richtlijnen/elektronische-producten/elektromagnetische-compatibiliteit>
- 4 Safety handrail profile2, SolidWorks Part Document
- 5 A01 Specification Handrail Profile.pdf
- 6 Ferroxcube_Product_List.pdf, 1 sep 2008

Embodiment Design:

- 1 <https://www.amatec.nl/webshop/drukveren/C0240-020-0250S>
- 2 Polyvinylidene fluoride, Design and Processing Guide
- 3 Solvay Speciality Polymers Solef® 1010 PVDF Homopolymer, <http://www.matweb.com>.
- 4 Solef® & Hylar® PVDF, Polyvinylidene fluoride Design and Processing Guide, 2006

Testplan

- 1 <http://www.grantadesign.com/education/edupack/>
- 2 Grilon, Premium polyamide, brochure, http://www.emsgrivory.com/fileadmin/ems-grivory/documents/brochures/6004_en_Grilon.pdf
- 3 <http://www.micomlab.com/micom-test-categories/polymer-testing/>

WOORDENLIJST

<i>safetyhandrail</i> -	De geelkleurige stang van versterkt glasvezel. Wordt voorzien van LED-verlichting
<i>harsh environments</i> -	Omgevingen met extreme condities, zoals hoge of lage temperaturen en vibraties
<i>twisted</i> -	Gedraaid. De CEDD-kabel wordt elke 10 tot 20 cm gedraaid.
<i>stress</i> -	Spanning die in het materiaal komt te staan
<i>shear modulus</i> -	Eigenschap van een materiaal. De verhouding van de spanning en deformatie.
<i>Yield Strength</i> -	Eigenschap van een materiaal. De spanningsgrens tussen elastische en plastische deformatie van een materiaal
<i>Shear Strain</i> -	De deformatie die een materiaal krijgt door belasting
<i>creep</i> -	Verandering van de materiaaleigenschappen door de tijd en temperatuur.

Bijlagen

Bijlage A: Productlevenscyclus

Bijlage B: Omgevingsanalyse

Bijlage C: Scenario's

Bijlage D: Marktonderzoek

Bijlage E: Veiligheidseisen

Bijlage F: Programma van Eisen

Bijlage G: Ideeschetsen

Bijlage H: Feedback op concepten

Bijlage I: Beoordeling op concepten

Bijlage J: Datasheet Grilon AZ 3/2

Bijlage K: Grilon productinformatie

Bijlage L: Datasheet Solef 1010

Bijlage M: Belasting plaatje

Bijlage N: Sterkteberekeningen

Bijlage A

Productlevenscyclus



Productie

De productie dient vaak zo goedkoop mogelijk te zijn en zo snel mogelijk te gebeuren. Zo kan er bij het gieten (of andere manieren van produceren) rekening worden gehouden met de assemblage, zodat het daar zo makkelijk mogelijk in elkaar gezet kan worden.

Aandachtspunten:

kosten en productiemethoden van de materialen en onderdelen, assemblage, krachten die machines op materialen uitoefenen

Stakeholders:

- Fabrieksmedewerkers
- Producent

Transport

Tijdens het transport, wat op vele manieren kan plaatsvinden, krijgen pakketjes veel te verduren. Zo kunnen ze van rollende banden afglijden, trillen in een vrachtauto of schuiven ze tegen elkaar aan in een boot of vliegtuig.

Aandachtspunten:

belastingen n.a.v. de omgang met verpakkingen en pakketjes.

Stakeholders:

- Transportmedewerkers
(chauffeurs, logistiek medewerkers)
- Verpakkingspersoneel
- Producent / eigenaar

Opslag

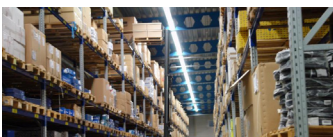
Tijdens verschillende fases kan opslagtijd zitten. Het product, of onderdelen van het product, liggen dan te wachten. Om zoveel mogelijk ruimte te benutten dienen ze zo efficiënt mogelijk verpakt te worden.

Aandachtspunten:

Efficiëntverpakken

Stakeholders:

- Magazijnmedewerkers
- Eigenaar product (opslagkosten)





Installatie

Voordat het product in gebruik kan worden genomen wordt het eerst geïnstalleerd. Niet altijd zijn er geclassificeerde monteurs beschikbaar.

Aandachtspunten:
moeilijkheid van installatie

Stakeholders:

- *Installateurs*
- *Eigenaar product*

Gebruik

Het product kan in veel omgevingen en situaties gebruikt worden. Zo is het aanwezig in een tunnel als er geen nood is, maar ook als er wel nood is. Er moet kunnen worden verzekerd dat het product na jaren nog steeds werkt in noodsituaties.

Aandachtspunten: weersomstandigheden, ongedierte, veel mensen, hitte, vocht, kou, onderhoud.

Stakeholders:

- *Mensen in paniek*
- *Mensen zonder paniek*
- *Onderhoudsmedewerkers*
- *Eigenaar product*
- *Producent*

Demontage

Na jaren van gebruik dient het product te kunnen worden gedemonteerd. Demontage dient zo snel mogelijk te gebeuren zonder dat er onwenselijke effecten plaatsvinden, zoals het vrijkomen van schadelijke stoffen.

Aandachtspunten:
tijdsduur, veiligheid

Stakeholders:

- *Installateurs*
- *Eigenaar product*

Afval verwerking

Een van de laatste stappen die het product ondergaat is het verwerken ervan. Het scheiden van onderdelen voor de recycling, de veiligheid van de stoffen die in het product zitten en de tijd dat het verwerken duurt spelen hierin mee.

Aandachtspunten:
Tijdsduur, recycling, veiligheid

Stakeholders:

- *Eigenaar product*
- *Afvalverwerkers*
- *Maatschappij*



Stakeholders

Productie

Fabrieksmedewerkers
Producent

Transport

Transportmedewerkers
Verpakkingspersoneel
Producent/Eigenaar

Opslag

Magazijnmedewerkers
Eigenaar product

Installatie

Installateurs
Eigenaar product
Producent

Gebruik

Mensen in paniek
Mensen zonder paniek
Onderhoudsmedewerkers
Eigenaar product
Producent

Demontage

Installateurs
Eigenaar product

Afvalverwerking

Afvalverwerkers

Eigenaar product
Maatschappij

Eisen en wensen

Veilig materiaal, makkelijke productie & assemblage
Kosten materiaal & productie, betrouwbaarheid productie

Efficiëntie opslag, gemak vervoer
Veiligheid verpakkingsmateriaal
Kosten vervoer, kosten verpakking, veiligheid verpakking, veiligheid vervoer

Efficiëntie opslag, veiligheid opslag
Kosten opslag, veiligheid opslag

Gemak installatie, veiligheid installatie
Betrouwbaarheid installatie, installatie kosten
Betrouwbaarheid installatie

Zekerheid werking, niet hinderlijk, opvallend
Niet hinderlijk
Gemak onderhoud, veiligheid onderhoud
Zekerheid werking, kosten onderhoud
Zekerheid werking

Gemak demontage, veiligheid demontage
Kosten demontage

Gemak verwerking/scheiden onderdelen, veiligheid verwerking
Veiligheid verwerking, kosten verwerking
Milieu impact verwerking

Toelichting eisen en wensen

Veiligheid materiaal

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij het werken met het materiaal

moeilijkheid productie & assemblage

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij de productiemethoden en assemblage

Zo min mogelijk kans op fouten bij de productiemethoden en assemblage

Kosten materiaal

Zo laag mogelijke materiaalkosten

Kosten productie

Zo laag mogelijke productiekosten

Betrouwbaarheid productie

Zo min mogelijk kans op fouten bij de productiemethoden en assemblage

Efficiëntie opslag

Zo min mogelijk onbenutte ruimte in de opslag

Veiligheid verpakkingsmateriaal

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij de verpakkingen

Zo min mogelijk kans op beschadigen product

Kosten vervoer

Zo laag mogelijke kosten vervoer

Kosten verpakking

Zo laag mogelijke kosten verpakking

Veiligheid opslag

Zo min mogelijk kans op beschadigen product

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij de opslag

Veiligheid installatie

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij de installatie

Betrouwbaarheid installatie

Zo min mogelijk kans op falen product door installatie

Zo min mogelijk kans op beschadigen product

Installatie kosten

Zo laag mogelijke installatiekosten

Zekerheid werking

Zo min mogelijk kans op falen product

Niet hinderlijk in gebruik

Zo min mogelijk kans op oponthoud vluchtstroom

Opvallendheid

Zo opvallend mogelijk voor mensen in een tunnel

Veiligheid onderhoud

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties bij onderhoud

Zo min mogelijk kans op falen product door onderhoud

Kosten onderhoud

Zo laag mogelijke kosten onderhoud

Veiligheid demontage

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties door demontage

Zo min mogelijk kans op falen product door demontage

Kosten demontage

Zo laag mogelijke kosten demontage

Veiligheid verwerking

Zo min mogelijk kans op ziektes en complicaties door verwerking product

Kosten verwerking

Zo laag mogelijke kosten verwerking

Milieu impact verwerking

Zo min mogelijk impact op het milieu door de verwerking

Bijlage B

Omgevingsanalyse

Omgevingen

In de PLC waren al een paar omgevingen te zien. Omdat omgevingen veel kunnen variëren zijn hier een aantal extreme omgevingen naast elkaar gezet. Als deze omgevingen hebben hun eigen factoren die meespelen



Fig 1: Safetyhandrail

In fig. 1 is een woestijn omgeving te zien. Een belangrijke factor is natuurlijk de temperatuur. Niet alleen als het aangesloten is maar ook nog in de verpakking. Ook kan het hard waaien in de woestijn en komt overal zand te zitten.

Factoren: hoge temperaturen, wind, zand.



Fig 1: Safetyhandrail

CEDD technologie kan ook in de wegenbouw gebruikt worden. Ook hier speelt de temperatuur mee, zeker de temperatuur van het asfalt kan hoog oplopen in de zon. Tevens zijn regen, krachten van vervoersmiddelen en vriesingstemperaturen aan de orde.

Factoren: extreme temperaturen (hoog en laag), water, drukkrachten en trillingen.

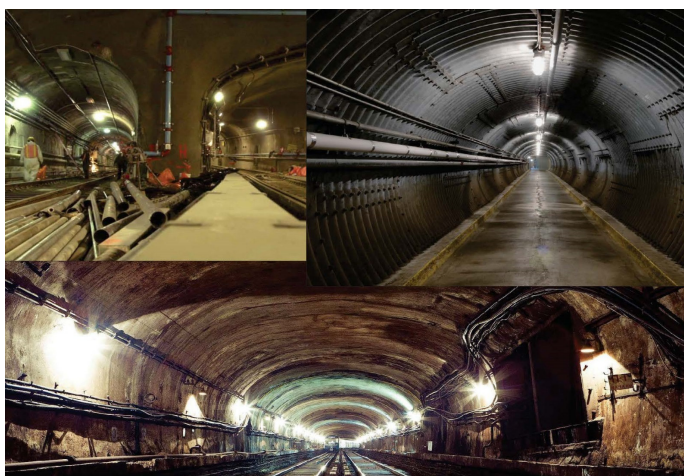


Fig 1: Safetyhandrail

Condens en vocht is een factor waar in tunnels rekening mee moet worden gehouden. Ook leeft in (slecht onderhouden) tunnels vaak ongedierte. Muizen en ratten die knagen aan alles en insecten die overal tussenkruipen. Mochten er voertuigen zoals metro's of treinen door de tunnel rijden dan zijn er ook veel trillingen waar rekening mee moet worden gehouden.

Factoren: vocht, ongedierte, trillingen.



Fig 1: Safetyhandrail

Wind en water, duidelijk twee factoren die op zee meespelen. Maar ook beweging is aan de orde. Zowel door het schommelen als apparaten aan boord, zoals de motor.

Factoren: wind, water, beweging



Fig 1: Safetyhandrail

Bij vervoer van producten kunnen vele verschillende soorten middelen worden gebruikt. Vaak worden producten voor de bouw verschaft en op het terrein zelf met wagens rondgereden. Trillingen, schudden, botsingen van verpakkingen tegen elkaar en ruwe omgang van materialen komen vaak voor.

Factoren: ruwe omgang, trillingen, schudden.



Fig 1: Safetyhandrail

Elektische toepassingen komen overal voor en dus ook bij hoogbouw. Bouwvakkers zitten gezekerd en hebben dus beperkte bewegingsvrijheid. Dit, in combinatie met harde wind, kan het lastig maken om overal bij te kunnen.

Factoren: beperkte bewegingsvrijheid
voor bouwvakkers, harde wind.



Fig 1: Safetyhandrail

In de bergen komen alle soorten weersomstandigheden voor, en ze kunnen in hoog tempo wisselen. Tevens is het vervoeren of installeren van materialen in de bergen niet altijd even makkelijk door de ruwe omstandigheden.

Factoren: hoge variatie weersomstandigheden, ruwe omgange in vervoer en lastig bereikbare plekken voor installatie.

Bijlage C

Scenario's

Scenario's

Gebruik tijdens evacuatie in tunnels

Janette rijdt in haar auto door Oostenrijk. Op weg van haar werk naar huis. Na een lange dag werken had ze even een kopje koffie nodig op gefocust te blijven op de weg. Gelukkig rijdt ze het elke dag dus raakt ze niet zomaar verdwaald. De laatste 3 km moet ze door een tunnel, daarna de eerste afslag en dan is ze al weer bijna thuis. Ongeveer iets meer dan een kilometer in de tunnel gebeurt het ineens. Auto's voor haar springen op de rem en ze is net iets te laat. Met een redelijke knal vliegt ze tegen de auto voor haar aan. De airbag springt open en geeft haar een klap tegen het gezicht. Plots trekt er iemand de auto open, en bekijkt haar goed. Hij begint in paniek tegen haar te praten en probeert haar de auto uit te trekken. Half duizelig stapt ze uit de auto als ze wordt bevangen van de hitte. De tunnel vult zich langzaam met rook. Ongeveer 200 meter voor haar is een botsing geweest en is een auto in de fik gevlogen. Tientallen mensen dringen zich langs de auto's opzoek naar de uitgang. Janette is duizelig en snapt niet goed waar ze heen moet. De man is weg gegaan om meer mensen uit de auto's te halen. Janette ziet een knipperend licht langs de muur een bepaalde richting op. Ze grijpt de stang vast en volgt het licht. Na een paar meter voelt de stang eventjes wat anders aan, maar ze blijft het volgen. De stang houdt op en ze staat bij de uitgang van de tunnel. Brandweer en ambulance personeel vangen haar op.

voorbij is heerst de rust weer eventjes. In die rust is het geluid van pootjes en gepiep te horen van de ratten die over de grond en de buizen klimmen. Af en toe denkt een rat wat te kunnen eten en knaagt vervolgens aan één van de vele kabels of met visolie verwerkte isolatiematerialen. Maar dan schrikt ie ineens, alles begint te trillen, een groot geluid komt op en licht begint te schijnen. De volgende metro raast weer voorbij.

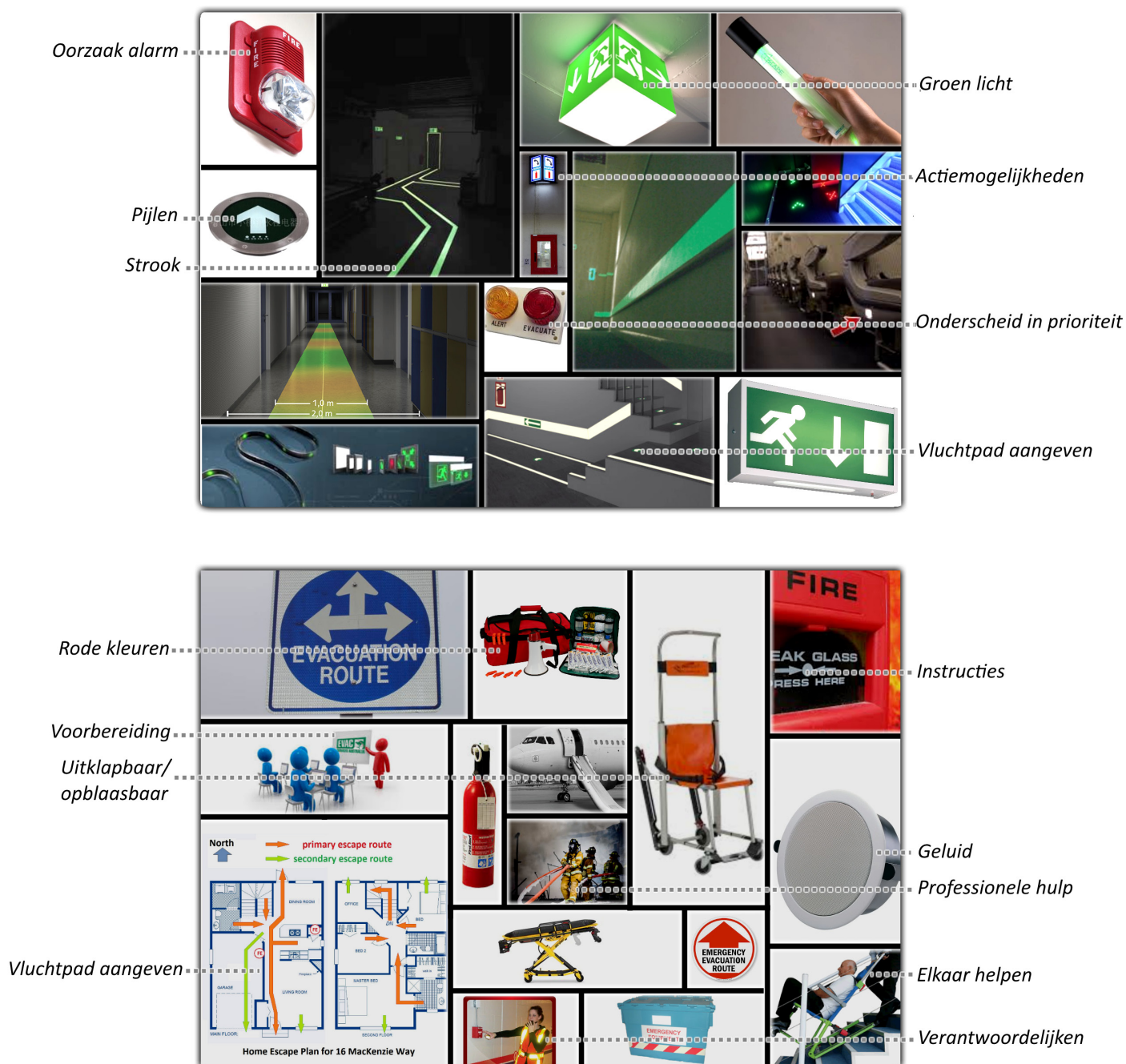
Gebruik in tunnels, zonder noodsituatie

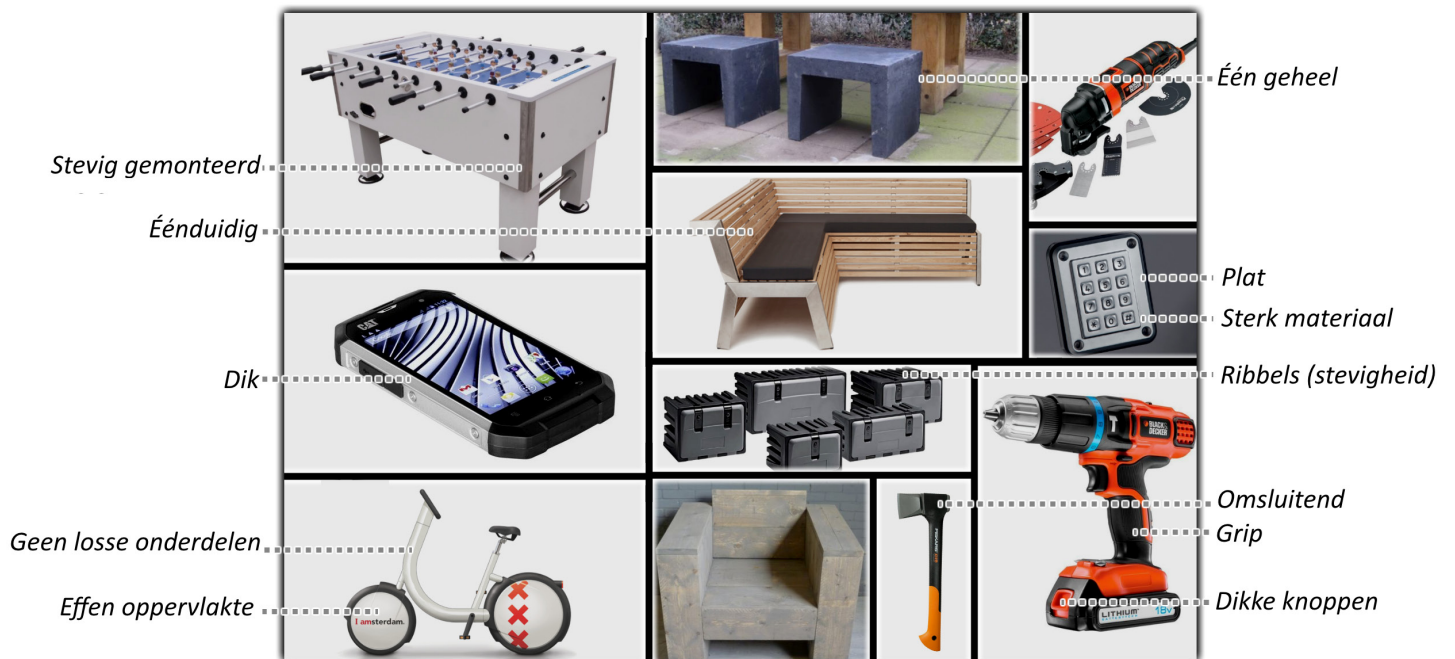
Onder de stad Londen ligt een heel stelsel aan tunnels. Ver onder de grond klinkt het geraas van passerende metro's door de tunnels heen. Door de luchtgaten aan de bovenkant wordt de muffe vochtige lucht vanuit de metrotunnel de stad ingeblazen waarna een deel van deze lucht, en wat stadslucht, de tunnel weer vult. In de tunnel loopt het water van condens langs de vieze glibberige betonnen muren. Zodra de trein

Bijlage D

Marktonderzoek

Marktonderzoek - vormgevingsaspecten





Bijlage E

Veiligheidseisen

Er is gekeken naar de veiligheidseisen die gelden voor de LED-strips, gezien deze aan dezelfde eisen moeten voldoen als de node. De onderstaande eisen komen uit *Programma van Eisen Noord/Zuidlijn (SPIE)*, tevens de nummering.

Nr.	Eis	Eistekst	Toelichting
1004	Hallogenvrij en moeilijk brandbaar.	Binnen de Infrastructuur Noord/Zuidlijn dient gebruik te worden gemaakt van halogenvrije, moeilijk brandbare en low smoke materialen die bij brand geen toxische gasen produceren.	
1005	CE-certificatie	Van de infrastructuur Noord/Zuidlijn dienen alle onderdelen van de elektrotechnische en elektromechanische installaties te voldoen aan van toepassing zijnde Europese Richtlijnen en voorzien zijn van een CE-markering	
1019	Levensduur.	De Infrastructuur Noord/Zuidlijn dient een levensduur te hebben van ten minste de in het document Levensduur TT&A opgenomen tijdsduur	
1022	Temperatuurgrenzen	De te leveren componenten dienen geschikt te zijn om te functioneren bij temperaturen tussen -15 graden Celsius en +40 graden Celsius luchttemperatuur, tenzij anders aangegeven zoals bij ruimten waar deze temperaturen standaard hoger liggen.	Mogelijk andere waarden van toepassing
1023	UV bestandigheid kunststoffen	De in de infrastructuur Noord/Zuidlijn aan de inwerking van zonlicht bloot gestelde kunststoffen dienen UV bestendig te zijn.	
1025	Bescherming tegen ongedierte	Materialen bereikbaar voor ratten en muizen, moeten onaantrekkelijk zijn voor muizen en zodanig te zijn uitgevoerd dat ongedierte de beschikbaarheid van het systeem niet vermindert.	

1026	Toe te passen materialen-duurzaamheid	De toe te passen materialen voor de Infrastructuur Noord/Zuidlijn dienen over de gehele levenscyclus het milieu zo min mogelijk te belasten	
1028	Stationair verlies	De elektrotechnische en elektromechanische installaties van de Infrastructuur Noord/Zuidlijn dienen een aantoonbaar laag energieverlies te hebben	
1045	Bevestiging tunnels	De opdrachtnemer dient bij het inboren van bevestigingen in de Infrastructuur Noord/Zuidlijn zich te houden aan de boor- en bevestigingsvoorschriften ruwbouw (bin0028)	
1075	Handrail ten behoeve geleiding vluchtende	De in eis-2700 aangegeven handrail dient over de gehele lengte te worden voorzien van LED-verlichting ten behoeve van geleiding van de vluchtenden naar de dichtstbijzijnde nooduitgang. De LED-verlichting dient permanent te branden	
1104	Veiligheidseisen materialen	Toegepaste materialen dienen te voldoen aan de in de Veiligheidseisen Metrotunnels (VEMT) voorgeschreven eisen.	

Bijlage F

Programma van Eisen

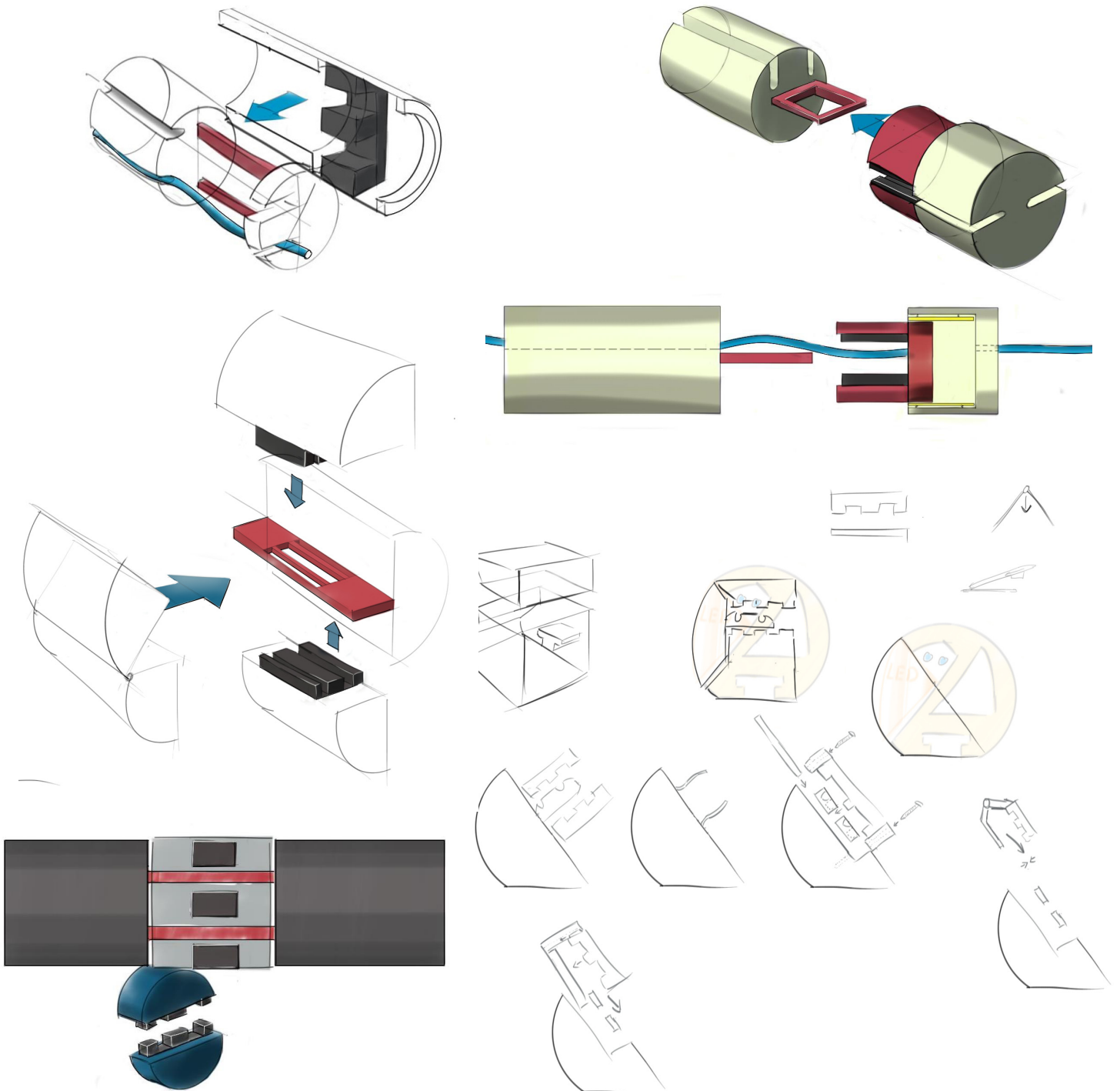
Categorie	Nr.	Eis	Prioriteit
Techniek	1	Het ontwerp van de connector dient schaalbaar te zijn in lengte	Eis
	2	De connector dient te werken met CEDD technologie	Eis
	2.1	Er dient een elektrische spoel (power spoel) om de middelste staander van het ferriet te zitten	Voorwaarde
	2.2	De elektrische spoel moet galvanisch aangesloten zijn aan de rest van de node	Voorwaarde
	2.3	De twee kabels vanaf het basisstation dienen omsloten te zijn door het ferriet	Voorwaarde
	2.3.1	Bij meerdere delen ferriet, die samen de kabels omsluiten, dienen dezen met minimaal 20 N tegen elkaar gedrukt te worden, en maximaal 40 N.	Voorwaarde
	2.3.2	De ferriet contactoppervlakken dienen tijdens gebruik gesloten contact te houden	Voorwaarde
	2.3.3.1	Tussen de contactoppervlakken dienen geen luchtspleten te ontstaan.	Voorwaarde
	2.3.4	Mogelijkheid tot vervangen ferriet zonder demontage van de rest van de connector	Eis
	2.4	Een tweede spoel (communicatie spoel) dient tegen de twee kabels, die vanaf het basisstation komen, te zitten.	Voorwaarde
	2.4.1	Gezien vanaf de centerlijn van de spoel in de richting van de kabel, dient aan beide zijden van de spoel zich een kabel te bevinden	Voorwaarde
	2.4.2	Deze spoel mag het eerder vernoemde ferriet niet omsluiten	Voorwaarde
	2.4.3	Er mag geen kabeltwist tegen de spoel zitten	Voorwaarde
	3	Van elke 60 meter aan handrail mag maximaal 5 meter uit connectoren bestaan.	Eis
	4	Elke 60 meter aan handrail bestaat uit 10 stuks handrail van 6 meter per stuk, waar 5 stukken LED-strips van 1,2 meter in zitten, welke uit 3 stukken van 0,40 meter bestaan	Eis

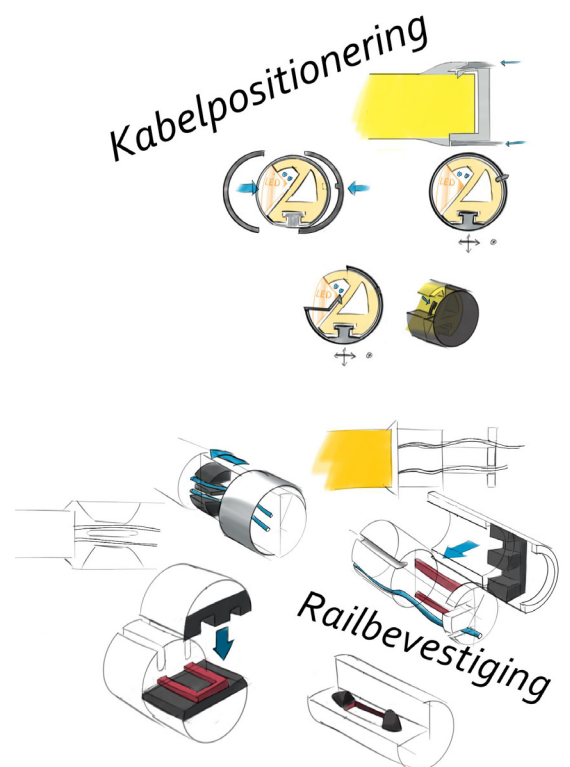
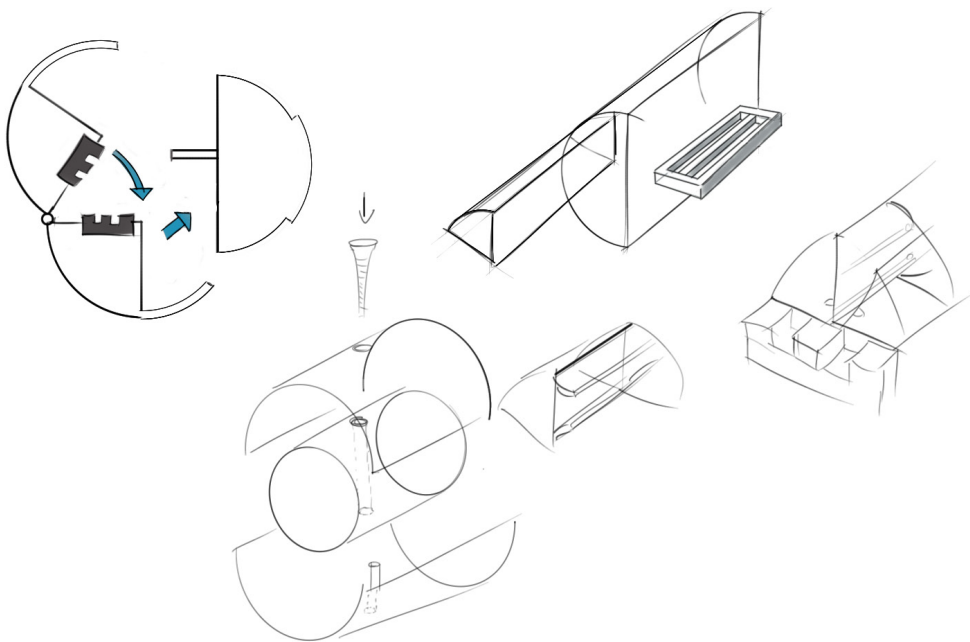
	5	De connector is geschikt voor een draad met een twist tussen 200 mm en 300 mm en 2 mm ² tot 4 mm ² doorsnede	Eis
	6	De connector mag maximaal 1 kg wegen	Variabele eis
	7	De connector dient geplaatst te worden op een hand-rail van 1962 mm ² dwarsdoorsnede	Voorwaarde
	8	De connector mag een maximale buitendiameter hebben van 55 mm	Eis
Veiligheid	9	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het produceren van het product	Eis
	10	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het verpakken van het product	Eis
	11	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het installeren van het product	Eis
	12	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het onderhouden van het product	Eis
	13	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het demonteren van het product	Eis
	14	Er mogen geen lichamelijke of geestelijke klachten optreden door het verwerken van het product tot afval	Eis
Kosten	15	Productiekosten (inclusief materiaal- en assemblagekosten) dienen binnen het budget van de producent te vallen. Voor een oplage tot 1000 stuks is dit 10 tot 15 euro per stuk. Bij een oplage van 1000 of groter is dit 5 tot 7 euro per stuk.	Eis
	19	Installatie dient binnen een minuut mogelijk te zijn.	Eis
	19.1	Installatie dient binnen 30 seconde mogelijk te zijn.	Wens
	21	Het product dient milieu verantwoord ontworpen te zijn.	Eis
Betrouwbaarheid	22	Het betrouwbaarheidsniveau van de productie dient minimaal 99,9 te zijn	Variabele Eis
	23	Het betrouwbaarheidsniveau van de assemblage dient minimaal 99,9 te zijn	Variabele Eis

	24	Het betrouwbaarheidsniveau van de installatie dient minimaal 99,999% te zijn	Variabele Eis
	24.1	Installatie door onopgeleide installateurs mogelijk	Eis
	24.2	Installatie zonder gereedschap mogelijk	Eis
	25	Er dient geen onderhoud nodig te zijn.	Variabele Eis
	28	De connector is bestand tegen belastingen die gelijk zijn aan die voor de handrail.	Variabele Eis
	29	De connector kan niet aangetast worden door knaagdieren	Eis
	30	De connector gaat niet kapot door trillingen door oscillaties	Variabele Eis
	31	De connector is bestand tegen stof IP-5	Eis
	32	De connector is bestand tegen temperaturen tussen de -40 en +150 graden Celsius	Variabele Eis
	33	De connector is bestand tegen langdurige blootstelling aan UV-straling.	Eis
	34	De connector dient te voldoen aan de eisen voor CE-markering	Eis

Bijlage G

Ideeschetsen





Bijlage H

Feedback op concepten

USB-concept

Het USB-concept heeft veel feedback gekregen. Zo werd de installatie en onderhoud niet makkelijk bevonden, vervanging van de onderdelen complex, het ontwerp fragiel en minder stabiel dan de andere concepten, kan vuil vast komen te zitten tussen het ferriet, duur in fabricage, en door het verbinden van twee rails aan elkaar ontstaat mogelijk een zwakke verbinding.

1. Fragiel

De spoel in dit concept is erg fragiel gebouwd. Met een kleine klap kan het afbreken waarna de hele pcb niet meer zal werken.

2. Vuilgevoelig

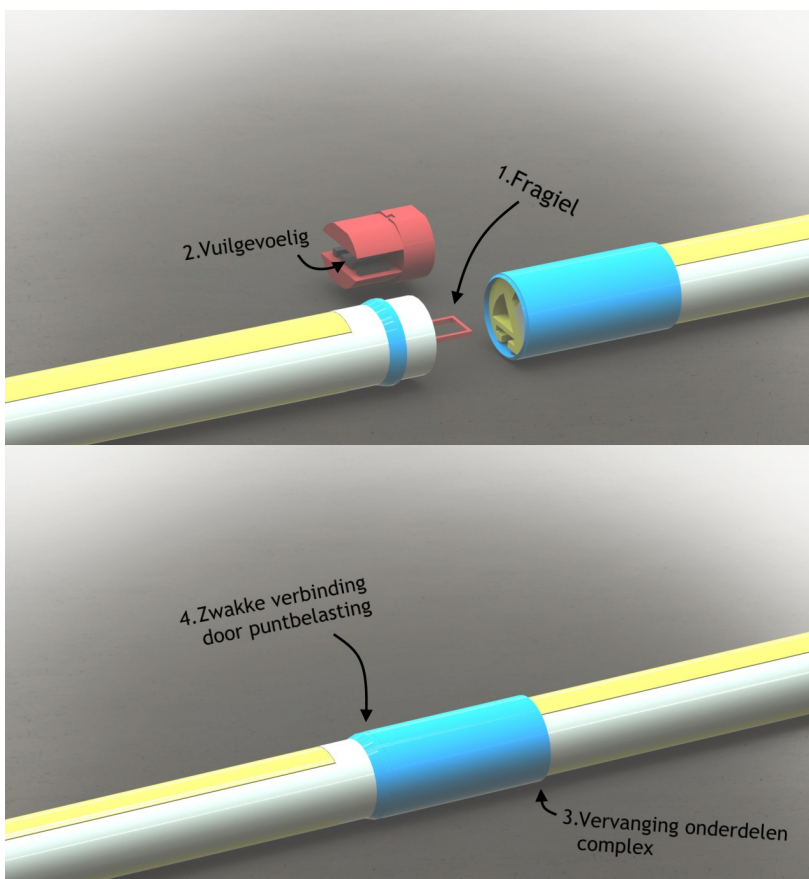
Tussen het ferriet kan vuil komen te zitten. De beweging van het ferriet zorgt ervoor dat het vuil klem komt en het ferriet niet goed sluit.

3. Vervanging onderdelen complex

Als het model eenmaal is aangesloten zijn twee delen rails met elkaar verbonden. Als de LED-strip van de andere rails kapot is zullen twee PCB's moeten worden losgemaakt voordat het kan worden vervangen.

4. Zwakke verbinding door puntbelasting

Als er kracht wordt gezet op deze aansluiting zal er een puntbelasting komen in de buurt van het ferriet van de spoel. Dit zijn al fragiele onderdelen waardoor de kans op beschadiging groot wordt.



Wigconcept

1. Veel losse onderdelen

De vele losse onderdelen maken het ontwerp fragiel en complex. Dit vergroot de kans op verkeerde installatie.

2. Kabel moeilijk te vervangen

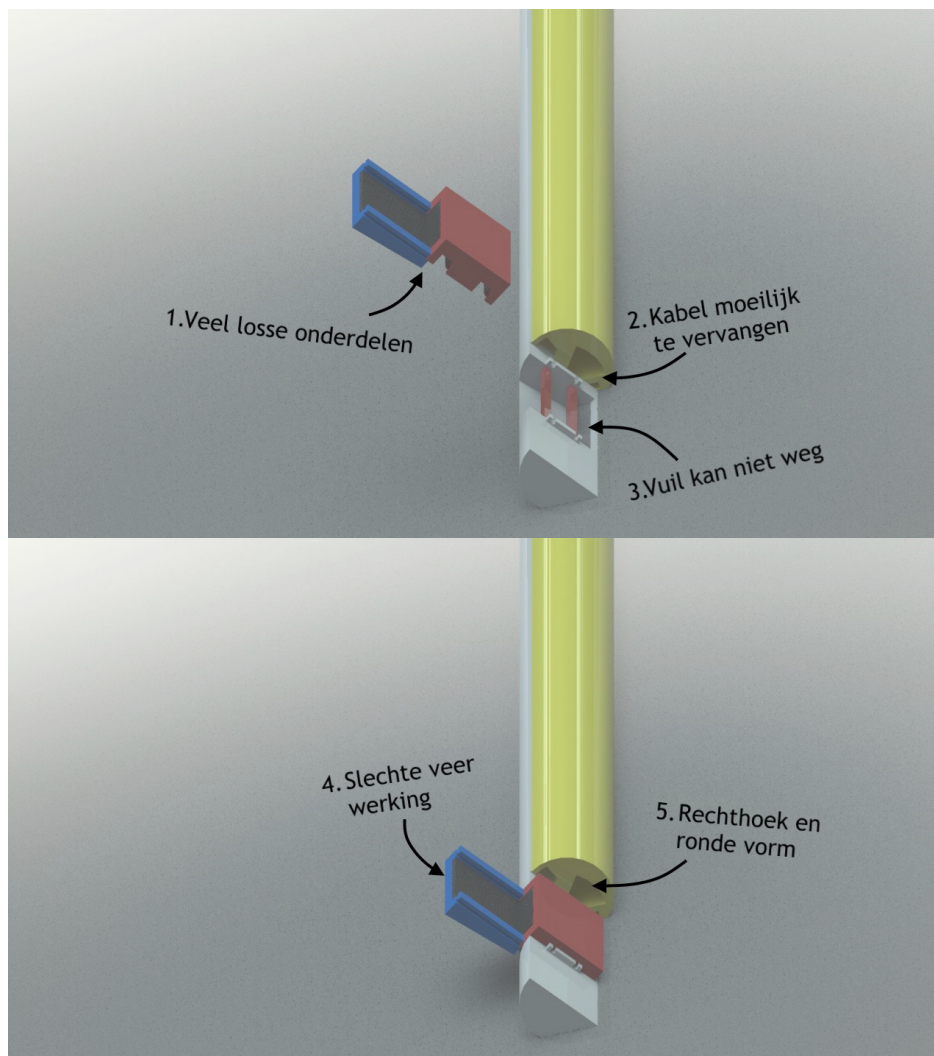
Als de kabel door het grote gat in de rail wordt geleid wordt het vervangen van de kabel, of van een stuk rail moeilijker. In dit geval zou de hele kabel uit alle rails moeten worden gehaald voordat men er bij kan.

3. Vuil kan niet weg

Door de slide-beweging kan het vuil niet weg.

4. Slechte veer werking

Het concept levert de kracht doordat het kunststof wat om het ferriet heen zit een verende werking heeft. Hierbij zijn echte twijfels of dit wel mogelijk is en of het kunststof zijn kracht niet verliest door de jaren heen.



Cilinderconcept

1. Niet zelf zoekend

Bij het plaatsen van het ferriet zal de installateur zelf goed op moeten letten of het ferriet wel sluitend is en de kabel er goed tussen zit.

2. Kan niet tegen shockkrachten

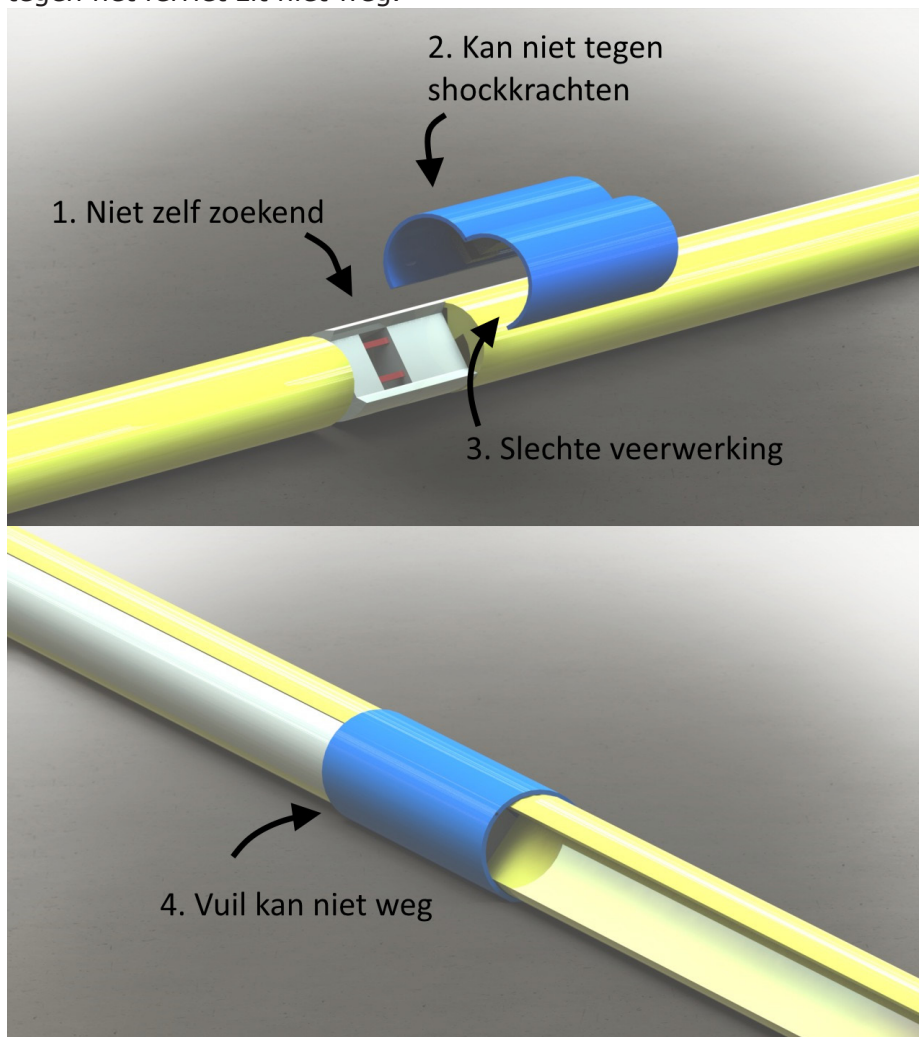
Bij een klap op de behuizing zal deze kracht direct tegen het ferriet aankomen. Het ferriet heeft niet de mogelijkheid mee te bewegen waardoor er kans is op breken.

3. Slechte veerwerking

Zoals bij punt 2 werd gesteld zit het ferriet tegen de behuizing aan. Om de kracht van 20 N te realiseren zullen er veren in de behuizing moeten worden aangebracht. De behuizing zelf zal niet mee veren en die kracht niet kunnen leveren.

4. Vuil kan niet weg.

Doordat het ferriet frontaal tegen elkaar wordt geplaatst kan het vuil wat tegen het ferriet zit niet weg.



Feedback in categoriën

De feedback is in categorieën gedeeld waarna het per categorie is geanalyseerd. Op deze manier is geprobeerd alle feedback samen overzichtelijk te krijgen en ook de feedback van het ene concept mee te nemen bij de verbetering van het andere concept.

Hieronder is het overzicht te zien waarbij categorieën werden toebedeeld aan feedback punten. Er konden meerdere categorieën bij één feedbackpunt worden toegewezen.

1	Feedback	Categorie	Categorie	Categorie	Categorie
2	Plussen:				
3	Betrouwbare aansluiting	degelijkheid	installatie/onderhoud		
4	Fixeert de kabel goed door groeven	degelijkheid	installatie/onderhoud		
5	Schuif-aansluiting voelt goed	installatie/onderhoud			
6	Elegant uiterlijk	installatie/onderhoud			
7	Cilinder bescherm het ferriet goed	degelijkheid			
8	De twee rails worden goed met elkaar verbonden.	installatie/onderhoud	degelijkheid		
9					
10	Minnen:				
11	Installatie is niet makkelijk	installatie/onderhoud	degelijkheid		
12	Onderhoud is niet makkelijk	installatie/onderhoud			
13	Vervanging onderdelen complex	installatie/onderhoud			
14	Vuil kan vast komen te zitten tussen ferriet	vuil	installatie/onderhoud		
15	Complex en fragiel ontwerp	degelijkheid	veer	installatie/onderhoud	afmetingen
16	Fragiel ontwerp	degelijkheid	veer		
17	Installatie is niet makkelijk	installatie/onderhoud	degelijkheid		
18	Schuifbeweging in lengte kost ruimte, onhandig	installatie/onderhoud	afmetingen		
19	Minder stabiel	degelijkheid			
20	Vuilgevoelig	vuil	degelijkheid		
21	Duur in fabricage, veel onderdelen	kosten			
22	Rails moeten aan elkaar, onhandig	installatie/onderhoud	afmetingen		
23	Zwak punt bij uitstekend punt van de PCB, niet <u>hufferproof</u>	degelijkheid			
24	onderhoud onhandig	installatie/onderhoud			
25	Extra dop nodig voor eind, onhandig	installatie/onderhoud	degelijkheid	afmetingen	
26	twee rails moeten met elkaar verbonden worden, onhandig	installatie/onderhoud	afmetingen		
27	Concept 2				
28	Plussen:				
29	Duidelijk, <u>self explaining</u>	installatie/onderhoud			
30	Stevige PCB	degelijkheid			
31	Vuil afstotend door schuiven	vuil	installatie/onderhoud		
32	Stand alone ferriet fixatie, pluspunt	installatie/onderhoud	veer	afmetingen	
33	Stevige behuizing	degelijkheid			
34	Stevig ontwerp	degelijkheid			
35	Betrouwbaar, installatie en onderhoud voldoende	degelijkheid	installatie/onderhoud		
36	Simpel en eenvoudig	degelijkheid			
37	Minnen:				
38	Veer werking				
39	Kabel moeilijk te vervangen	installatie/onderhoud			
40	Vuil kan niet weg als het er eenmaal ingeschoven wordt	vuil	afmetingen		
41	Relatief veel losse onderdelen, onhandig	afmetingen	installatie/onderhoud	kosten	
42	Rechthoek versus ronde vorm, onhandig	afmetingen	installatie/onderhoud		
43	Veel losse onderdelen	kosten	afmetingen	installatie/onderhoud	
44	Hoe aanleggen kabel is onduidelijk	installatie/onderhoud			
45	Hoe moet hij worden afgesloten (casing), onduidelijk	degelijkheid	installatie/onderhoud		
46	De veer van het ferriet is onduidelijk of het werkt	veer			
47	Concept 3				
48	Plussen:				
49	Simpele werking en ontwerp, pluspunt	degelijkheid	installatie/onderhoud		
50	Eenvoudig en logisch		installatie/onderhoud		
51	Stevige basis constructie	degelijkheid			
52	Betrouwbaar, installatie, onderhoud zijn voldoende	degelijkheid	installatie/onderhoud		
53	Minnen:				
54	Niet zelf zoekend	installatie/onderhoud	veer	afmetingen	
55	Shockkrachten kunnen ferriet beschadigen	veer	degelijkheid		
56	Onderhoud onduidelijk	installatie/onderhoud			
57	Water en vuil kan niet weg	vuil	installatie/onderhoud		
58	Vuilgevoelig	degelijkheid	vuil		
59	Vuil kan vast komen te zitten tussen het ferriet	vuil	installatie/onderhoud		

De vervolg stap was het samenvoegen van alle feedback per categorie. Hieronder is een weergave te zien hiervan. Echter is het niet leesbaar maar schetst wel het beeld van de manier waarop dit is gegaan.

[illegible]

De laatste stap was het samenvatten van de feedback per categorie. Hieruit onstond per onderwerp een overzicht van de feedback die hier op gegeven is. Ook de positieve punten zijn in dit proces meegenomen.

Het probleem met vuil
 Vuil kan vast komen te zitten , **bij** tussen ferriet of in schuifbeweging
Positief effect
 Vuil kan verwijderd worden door schruiven (pluspunt)

- Problemen m.b.t. de veer
- Fragiel ontwerp
- Complex
- Veer moet niet te stug maar ook niet te slap zijn (tussen 20 en 40 N)
- Levensduur van de veer
- Shockkrachten kunnen het ferriet beschadigen
- Positief effect
- Duidelijkheid in aansluiting
- Zelf zoekend

Problemen m.b.t. degelijkheid

- Onhandige installatie, moeilijke installatie
- Fragiel ontwerp
- Complex ontwerp
- Onstabiel ontwerp
- Vuilgevoelig
- Onjuiste verdeling van de krachten
- Shockkrachten kunnen ferriet beschadigen
- Positief effect
- Betrouwbare aansluiting
- fixeert de kabel goed door groeven
- Bescherming ferriet door cilinder
- Stevige behuizing
- Stevige PCB
- Eenvoudige aansluiting en ontwerp

Problemen m.b.t. kosten

Problemen m.b.t. installatie/onderhoud

- moeilijke installatie
- Verbinding van de twee rails
- moelijk onderhoud
- vuil vast zitten tijdens installatie
- complex en fragiel ontwerp
- schuifbeweging in lengte kost ruimte
- extra afsluiting voor het einde van de rails
- Kabel moeilijk te vervangen
- Veel losse onderdelen
- Rechthoekig ferriet versus ronde vorm
- Niet zelf zoekend
- Positief effect
- Fixering van de kabel door groeven
- Goed gevoel bij de aansluiting, bijv de schuif aansluiting
- Elegant uiterlijk
- Verbinding van de twee rails
- Self explaining ontwerp
- Vuilafstotend door schuiven
- Opzichzelfstaand ferriet fixatie
- Betrouwbaar ontwerp
- Behuizing
- Simpele en eenduidige werking

Problemen m.b.t. afmetingen

- Complex ontwerp
- Fragiel ontwerp
- Rails aan elkaar
- Extra afsluiting aan het eind van de rail
- Vuil kan niet weg als het er eenmaal in geschoven wordt
- Veel losse onderdelen
- Rechthoek versus ronde vorm
- Niet zelf zoekend
- Positief effect
- Opzichzelfstaand ferriet fixatie
- kabel achter de ledstrip langs

Samenvatting per categorie

Degelijkheid

Een belangrijk aspect van de PCB is degelijkheid. Problemen die bij de concepten komen kijken op dit gebied zijn onstabiliteit, fragiliteit, complexiteit, onjuiste verdeling van krachten bij belasting, shockkrachten en vuilgevoeligheid.

Het ontwerp van de PCB en de complexiteit die daarbij komen kijken hebben invloed op de stabiliteit. Zo maken meer onderdelen en meer schuif- of klikmechanismen een ontwerp complex. Ook is bij het USB-concept te zien hoe een dunne uitstekende spoel ook fragiel is.

Uiteindelijk is het doel dat de PCB, het ferriet en de spoel niet kapot gaan. Een beschermde casing kan hier voor zorgen. Bij het UBS concept zal echter de casing voor een puntbelasting zorgen op het ferriet en de spoel waardoor het waarschijnlijk kapot zal gaan bij extra belasting.

Ook shockkrachten kunnen een rol spelen. Als het ferriet een klap krijgt, zonder dat het door kan veren, zal het hoogstwaarschijnlijk breken.

Als laatste zal de gevoeligheid voor vuil op het ferriet een rol spelen in de werking. Als het ferriet te vuil wordt kan hij niet goed afsluiten en werkt het concept dus niet.

Positieve effecten die gezien zijn in de concepten op het gebied van degelijkheid zijn een stevige behuizing, stevige PCB, eenvoudige aansluiting, fixeren van de kabel door groeven en bescherming van het ferriet door de behuizing.

Installatie & onderhoud

Op het gebied van installatie en onderhoud waren er een aantal op- en aanmerkingen op de concepten: vuil komt vast te zitten tussen het ferriet, complex en fragiel ontwerp, moeilijk te onderhouden en installeren, veel losse onderdelen, niet zelf zoekend, rechthoekig ferriet in een ronde vorm, schuifmechanisme kost ruimte en de kabel is moeilijk te vervangen.

Globaal gekeken naar al deze opmerkingen kan worden gesteld dat problemen rondom de installatie zich bevinden in de manier waarop een installatie voor zich spreekt. Een complex en fragiel ontwerp maakt de installatie moeilijker. Dit kan bijvoorbeeld ontstaan doordat het ontwerp uit veel onderdelen ontstaat of doordat de vormen niet logisch overeen komen (zoals een rechthoekig profiel in een rond profiel). Ook is elke handeling die de installatie uitgebreider maakt een mogelijk probleem. Denk hierbij aan het eigenhandig schoonmaken van het fer-

riet en het gebrek aan zelfzoekendheid van het ferriet om de spoel.

Uiteindelijk moet het ontwerp ook passen en te demonteren zijn voor bij onderhoud. De kabel kan kapot gaan, de handrail zelf kan kapot gaan, en de pcb of het ferriet kan kapot gaan. Al deze onderdelen dienen vervangbaar te zijn.

Vuil

Wat al eerder benoemd is, is het probleem van vuil. Als er vuil tussen het ferriet blijft zitten dan kan dit zorgen voor luchtgaten tussen de ferriet delen. Dit resulteert vervolgens in een slechte, of geen, werking. Wat bij alle concepten te zien was, was dat er mogelijk vuil kon blijven vastzitten. Bij het ene concept tussen het ferriet zelf, en bij het andere in het mechanisme. In dit laatste geval kan het ook zorgen voor een slechte sluiting van de ferriet delen.

Veer

Het ferriet is een hard maar ook broos materiaal wat de kern vormt van CEDD. Zoals in het programma van eisen terug te vinden is dienen de delen met minimaal 20 en maximaal 40 N tegen elkaar geduwd te worden. Het probleem blijft echter dat als het ferriet vervolgens een klap krijgt zonder dat het terug kan veren, het alsnog breekt.

Om het ferriet tegen elkaar te drukken wordt een veer of een verend materiaal gebruikt, die een kracht levert tussen de 20 en 40 Newton. De levensduur van deze veer speelt hierin een rol aangezien de meeste veren kracht verliezen door de jaren heen.

Dit gehele stelsel van ferriet met veren dient dus ook nog beveiligd te worden tegen externe krachten. Ook hierbij geldt de levensduur van deze bescherming.

Afmetingen

Uiteindelijk komen bij veel problemen die hiervoor genoemd zijn de afmetingen kijken. Aangezien de rails al precies is vastgelegd, en er weinig speelruimte zich hiertussen bevindt, moeten de oplossingen precies gaan passen.

Bijlage I

Beoordeling concepten

Alle concepten zijn vergeleken op een aantal belangrijke punten. Deze punten hebben meer prioriteit en zullen dus doorslaggevend kunnen zijn in de keuze. De criteria zijn opgesteld aan de hand van de in hoofdstuk 3 besproken punten: betrouwbaarheid, robuustheid, installatiegemak, vuilbestendigheid.

<u>CRITERIA</u>	USB-concept	Wig-concept	Cilinderconcept
Installatietijd binnen een minuut	+	+	+
Installatietijd binnen 30 sec	-	-	+
Installatie zonder gereedschap mogelijk	+	+	+
Vuilbestendig	-	+/-	-
Bestand tegen drukkrachten	-	+	+
Bestand tegen shockkrachten	+/-	+	-
Bestand tegen trillingen	+	+	-
Bestand tegen stof	+	+	+
<u>Totaal:</u>	+1,5	+5,5	+1

Bijlage J

Datasheet Grilon AZ 3/2

PROPERTIES

Mechanical Properties

		Standard	Unit	State	Grilon AZ 3/2
Tensile E-Modulus	1 mm/min	ISO 527	MPa	dry cond.	1700 700
Tensile strength at yield	50 mm/min	ISO 527	MPa	dry cond.	45 *
Elongation at yield	50 mm/min	ISO 527	%	dry cond.	5 *
Tensile strength at break	50 mm/min	ISO 527	MPa	dry cond.	35? *
Elongation at break	50 mm/min	ISO 527	%	dry cond.	> 50 > 50
Impact strength	Charpy, 23°C	ISO 179/2-1eU	kJ/m ²	dry cond.	no break no break
Impact strength	Charpy, -30°C	ISO 179/2-1eU	kJ/m ²	dry cond.	no break no break
Notched impact strength	Charpy, 23°C	ISO 179/2-1eA	kJ/m ²	dry cond.	90 no break
Notched impact strength	Charpy, -30°C	ISO 179/2-1eA	kJ/m ²	dry cond.	20 20
Ball indentation hardness		ISO 2039-1	MPa	dry cond.	95 55

Thermal Properties

Melting point	DSC	ISO 11357	°C	dry	260
Heat deflection temperature HDT/A	1.80 MPa	ISO 75	°C	dry	65
Heat deflection temperature HDT/B	0.45 MPa	ISO 75	°C	dry	170
Thermal expansion coefficient long.	23-55°C	ISO 11359	10 ⁻⁴ /K	dry	1.5
Thermal expansion coefficient trans.	23-55°C	ISO 11359	10 ⁻⁴ /K	dry	1.5
Maximum usage temperature	long term	ISO 2578	°C	dry	90 - 110
Maximum usage temperature	short term	ISO 2578	°C	dry	220

Electrical Properties

Dielectric strength		IEC 60243-1	kV/mm	dry cond.	29 27
Comparative tracking index	CTI	IEC 60112	-	cond.	600
Specific volume resistivity		IEC 60093	Ω · m	dry cond.	10 ¹² 10 ¹¹
Specific surface resistivity		IEC 60093	Ω	cond.	10 ¹²

General Properties

Density		ISO 1183	g/cm ³	dry	1.07
Flammability (UL94)	0.8 mm	ISO 1210	rating	-	HB
Water absorption	23°C/sat.	ISO 62	%	-	8
Moisture absorption	23°C/50% r.h.	ISO 62	%	-	2
Linear mould shrinkage	long.	ISO 294	%	dry	1.6
Linear mould shrinkage	trans.	ISO 294	%	dry	1.8

Product-nomenclature acc. ISO 1874: PA 66-HI, MHR, 14-020 N

* Stress at 50% strain

Bijlage K

Grilon productinformatie

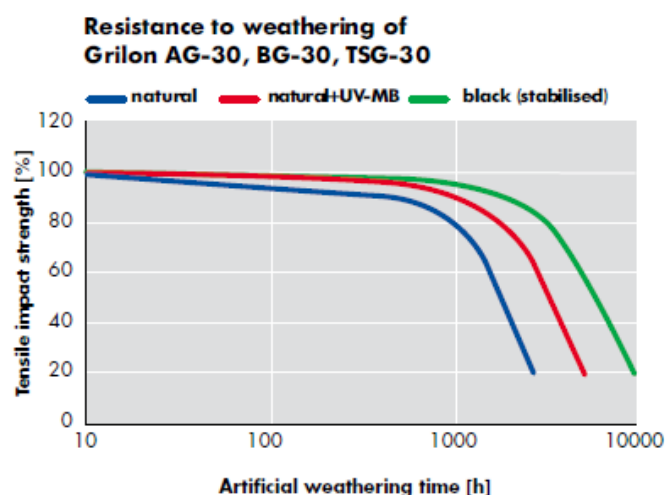
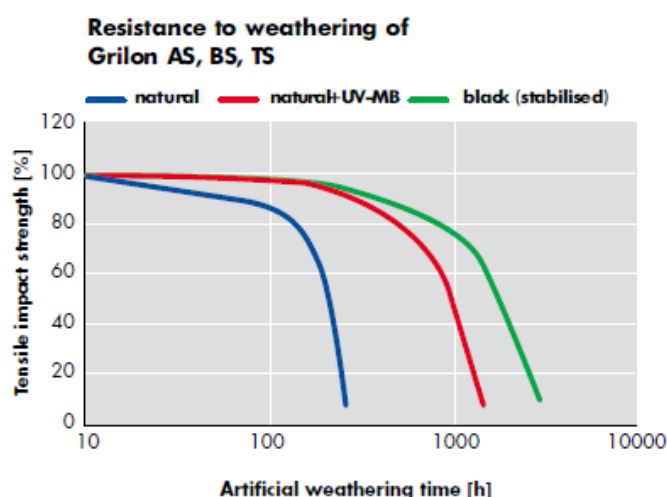
Exposure to UV radiation causes changes in the physical and chemical properties of all plastics, including polyamides. In particular, a combination of radiation, oxygen in the air, moisture and temperature can lead to chain fission, crosslinking and other oxidative processes, resulting in a reduction of the working life of the material.

Resistance to weathering is dependent on the structure of the polymers, on their additives and type of reinforcement (glass, mineral, carbon black, colour pigments, etc.). The effects of weathering are observed mainly on the surface of the material, so that the serviceability of a component is very dependent on its thickness.

The working life of polyamide components is determined using accelerated weathering tests. Our material testing department uses 1-mm-thick testing bars exposed on a long-term basis to an aggressive atmosphere with xenon lamp radiation, water spray cycles and temperatures of 65°C.

Along with impact strength, test criteria include changes in gloss and colour. In order to obtain test results under practical conditions, outdoor weathering tests are also carried out. The alpine climate at EMS, with an annual global radiation energy of 4.8 GJ/m², also allows for realistic correlation with conditions in other climates.

Grilon products are suitable for outdoor applications. The weathering resistance of non-reinforced and reinforced Grilon grades can be improved on a long-term basis by the addition of small amounts of the specially developed UV masterbatch Grilon MB 3427 AUV. The addition of suitable amounts of carbon black (Grilon MB 9295 AC) also significantly improves weathering stability so that a service life of well above 10 years can be achieved.



Bijlage L

Datasheet PVDF Solef 1010

Solvay Specialty Polymers Solef® 1010 PVDF Homopolymer (discontinued **)

Categories: [Polymer](#); [Thermoplastic](#); [Fluoropolymer](#); [PVDF](#); [Polyvinylidene fluoride \(PVDF\)](#); [Molded/Extruded](#)

Material Notes: Key features of this grade: Med Viscosity, All Purpose, Extrusion, Virgin. Recommended processing is extrusion. Available as powder & granules.

General information about SOLEF® PVDF: SOLEF® PVDF is a fluorinated semi-crystalline thermoplastic which is obtained by polymerizing vinylidene fluoride. Important properties include excellent chemical resistance to most aggressive substances and solvents, excellent mechanical strength and toughness, high abrasion resistance, high temperature capabilities, excellent aging resistance, high purity, resistance to UV and nuclear radiation, excellent intrinsic fire resistance, resistance to weathering, low permeability to most gases and liquids, and easily melt-processed by standard methods of molding and extrusion.

Tensile properties are achieved with varying methods of sample fabrication. Information provided by Solvay Solexis, Inc.

Key Words: Polyvinylidene Fluoride

Vendors: [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	1.78 g/cc	0.0643 lb/in³	ISO 1183
Water Absorption	<= 0.040 %	<= 0.040 %	ISO 62 (method 1)
Linear Mold Shrinkage	0.020 - 0.030 cm/cm	0.020 - 0.030 in/in	
Melt Flow 	2.0 g/10 min @Load 2.16 kg, Temperature 230 °C	2.0 g/10 min @Load 4.76 lb, Temperature 446 °F	ASTM D1238
	6.0 g/10 min @Load 5.00 kg, Temperature 230 °C	6.0 g/10 min @Load 11.0 lb, Temperature 446 °F	ASTM D1238
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Shore D	78 @Thickness 2.00 mm	78 @Thickness 0.0787 in	ASTM D2240
Tensile Strength, Ultimate	35.0 - 50.0 MPa	5080 - 7250 psi	50 mm/min; ASTM D638
Tensile Strength, Yield	53.0 - 57.0 MPa	7690 - 8270 psi	50 mm/min; ASTM D638
Elongation at Break	20 - 50 %	20 - 50 %	50 mm/min; ASTM D638
Elongation at Yield	5.0 - 10 %	5.0 - 10 %	50 mm/min; ASTM D638
Modulus of Elasticity	2.50 GPa	363 ksi	1 mm/min; ASTM D638
Flexural Yield Strength	77.0 MPa	11200 psi	2 mm/min; ASTM D790
Flexural Modulus	2.10 GPa	305 ksi	2 mm/min; ASTM D790
Izod Impact, Notched	1.10 J/cm @Thickness 4.00 mm, Temperature 23.0 °C	2.06 ft-lb/in @Thickness 0.157 in, Temperature 73.4 °F	Notched V 10 mm; ASTM D256
Coefficient of Friction	0.20 - 0.30	0.20 - 0.30	ASTM D1894
Coefficient of Friction, Static	0.20 - 0.40	0.20 - 0.40	ASTM D1894
Taber Abrasion, mg/1000 Cycles	5.0 - 10	5.0 - 10	CS10 / 1 kg
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	>= 1.00e+14 ohm-cm	>= 1.00e+14 ohm-cm	Intensity = 10 mA after 2 min @ 23°C; ASTM D 257; DIN 53483
Surface Resistance	>= 1.00e+14 ohm	>= 1.00e+14 ohm	Voltage < 1 V after 2 min - 500 V; ASTM D 257/DIN 53483
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Heat of Fusion	58.0 J/g	25.0 BTU/lb	Crystallization Heat
	66.0 J/g	28.4 BTU/lb	80°C to end of melting
CTE, linear	120 - 140 µm/m-°C @Temperature 20.0 °C	66.7 - 77.8 µin/in-°F @Temperature 68.0 °F	ASTM D696
Specific Heat Capacity 	1.20 J/g-°C	0.287 BTU/lb-°F	
	1.60 J/g-°C @Temperature 100 °C	0.382 BTU/lb-°F @Temperature 212 °F	
Thermal Conductivity	0.200 W/m-K	1.39 BTU-in/hr-ft²-°F	ASTM C177
Melting Point	174 °C	345 °F	Crystallinity by DSC; ASTM D 3418
Crystallization Temperature	140 °C	284 °F	
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	147 °C @Thickness 4.00 mm	297 °F @Thickness 0.157 in	after annealing 150°C 16 hr; ASTM D648
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	113 °C @Thickness 4.00 mm	235 °F @Thickness 0.157 in	after annealing 150°C 16 hr; ASTM D648
Vicat Softening Point	170 °C @Load 1.00 kg, Thickness 4.00 mm	338 °F @Load 2.20 lb, Thickness 0.157 in	ISO 306
Brittleness Temperature	0.000 - 10.0 °C	32.0 - 50.0 °F	ASTM D746A
Glass Transition Temp, Tg	-30.0 °C	-22.0 °F	DMTA

Bijlage M

Sterkteberekening bij belasting plaatje

In paragraaf 6.3 wordt een voorbeeldstukje van een materiaal doorberekend waaruit een spanning komt die op het materiaal komt te staan. Dit is gedaan met Solid Works. Hieronder is het plaatje en de belasting te zien.

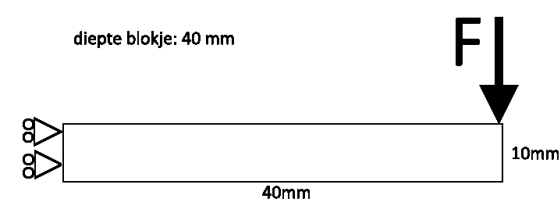
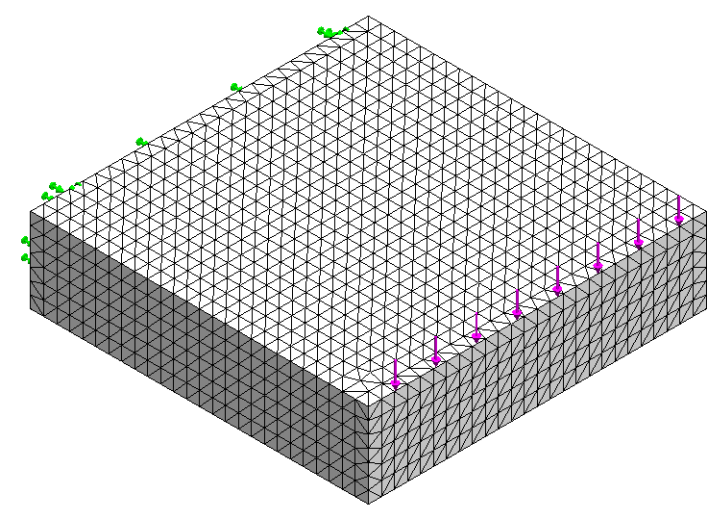
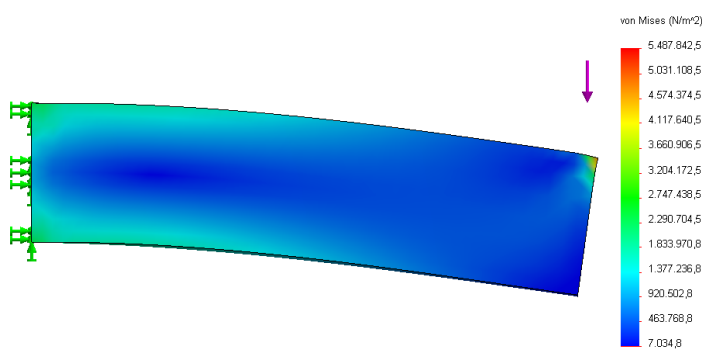


Fig 6.12. belasting materiaal

Door het model in kleine stukjes in te delen kan er een beeld worden gegeven van de krachten op het hele model. Elk los stukje zal worden doorgerekend. Deze gegevens zullen worden gecombineerd.



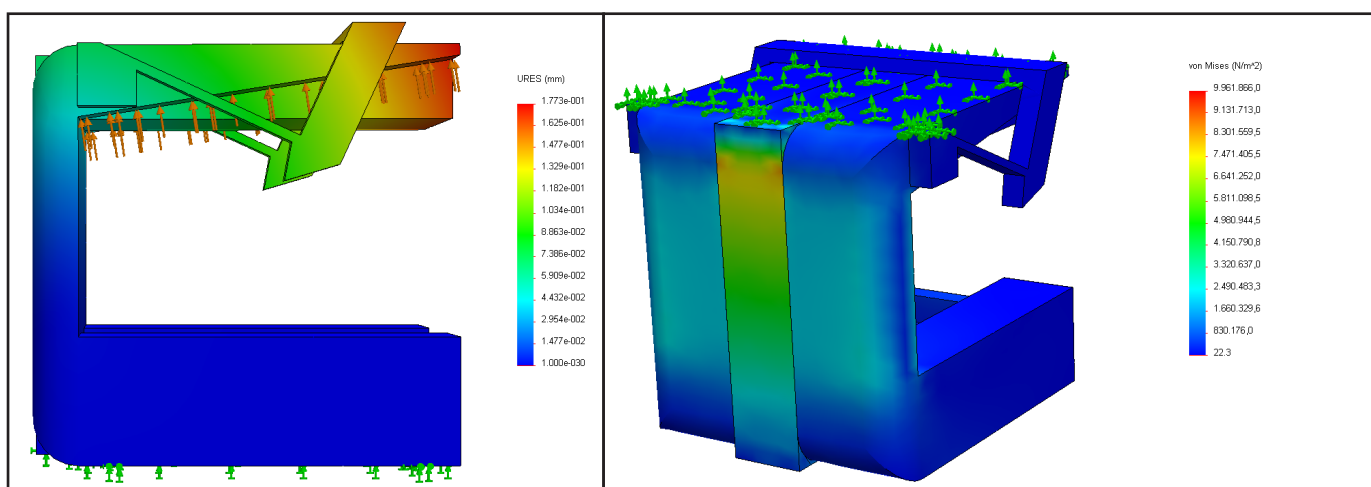
Het resultaat is hieronder te zien. De spanning op het plaatje bedraagt ongeveer 5,5 MPa.



Bijlage N

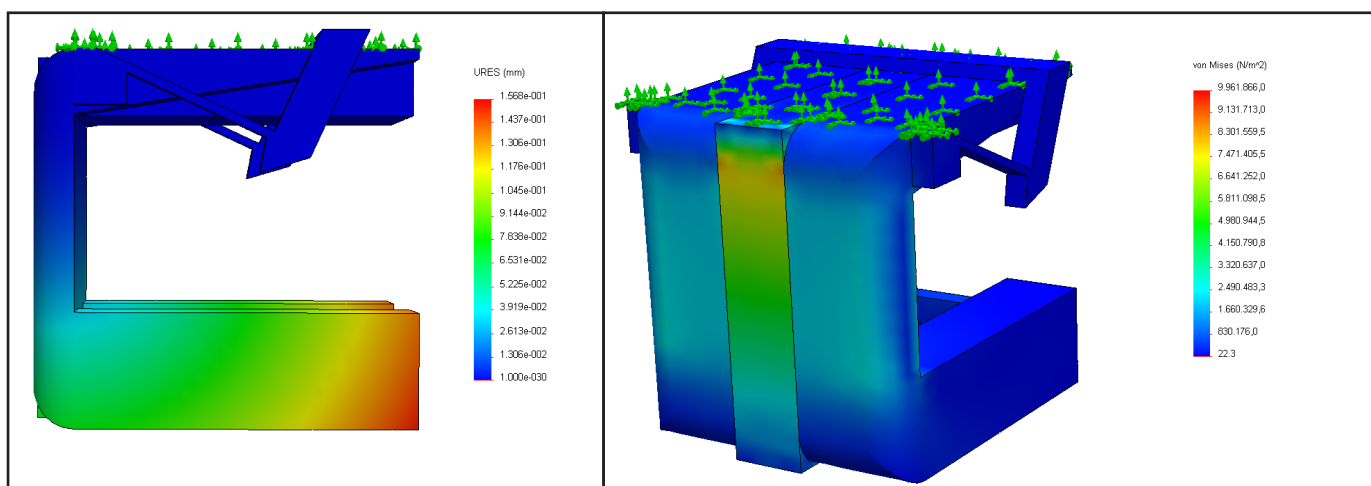
Sterkteberekeningen

Hieronder zijn verschillende resultaten te zien van berekeningen die zijn uitgevoerd op de constructie. Hierbij als voornaamste gelet op de deformatie van een product. Ten tweede is ook de maximale spanning ten opzichte van de Yield Stress bekeken.



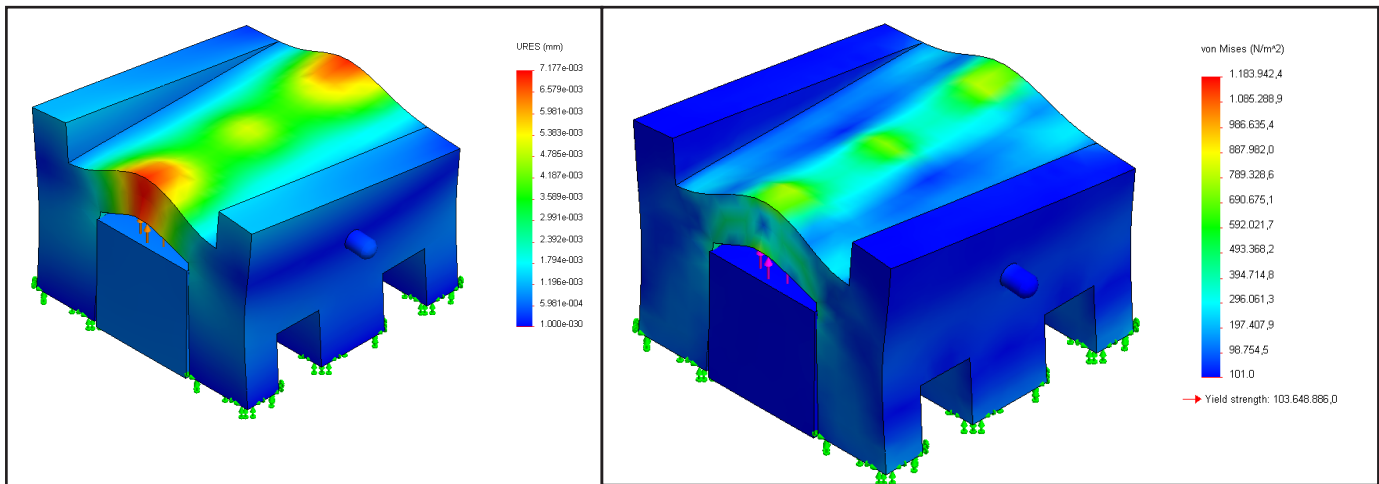
Max def: 0,18 mm

Max stress: 18 MPa
Yield Strength 75 MPa



Max def: 0,16 mm

Max stress: 10 MPa
Yield Strength 75 MPa



Max def: 0,007 mm

Max stress: 1,2 MPa
Yield Strength 103 MPa