



Hieselaar Nederland bv
SHEET METAL SOLUTIONS



2013

Het ontwikkelen van een archiefkaststelsysteem



Michael Meijler
Haagse Hogeschool
10-12-2013

Afstudeerscriptie

Het ontwikkelen van een archiefkastsysteem



Studie : Werktuigbouwkunde
Student : M.F.A. Meijler
Studentnummer : 10101330
Datum : 10-12-2013

In opdracht van : Hieselaar Nederland BV
Internetadres : www.hieselaarbv.nl
Adres : Broekweg 23
Postcode/ plaats : 2871 RM Schoonhoven
Begeleider : Dhr. K. Schep

Handtekening student :

Handtekening begeleider :

Onderwijsinstelling : De Haagse Hogeschool
Internetadres : www.dehaagsehogeschool.nl
Adres : Rotterdamse weg 137
Postcode/ plaats : 2628 AL Delft
Afstudeerbegeleider : Dhr. In. T. Brilleman

Voorwoord

Deze scriptie is geschreven in het kader van een afstudeeropdracht voor de opleiding werktuigbouwkunde dual, aan de Haagse Hogeschool in Delft. De opdracht is uitgevoerd bij Hieselaar Nederland BV, gevestigd te Schoonhoven. De opdracht maakt deel uit van een groter project waarin diverse kantoormeubelen worden ontworpen voor DriVK, het eigen merk kantoormeubilair van Hieselaar Nederland BV en Drisag.

Sinds september 2011 ben ik werkzaam op de engineeringsafdeling van Hieselaar Nederland BV. Ik houd me daar doorgaans vooral bezig met het technisch uitwerken van designproducten. De opdracht sluit in die zin ook goed aan bij zowel mijn opleiding als mijn ervaring met designproducten.

Ik hoop met deze opdracht te kunnen laten zien dat zelfs een ogenschijnlijk eenvoudig product als een archiefkast, toch heel veel werktuigbouwkundige aspecten in zich heeft.

Graag wil ik Hieselaar Nederland BV bedanken voor het ter beschikking stellen van de opdracht, tevens wil ik Theo Beunen Ontwerp bedanken voor het ter beschikking stellen van de ontwerpen. Daarnaast wil ik de heer Brilleman van de Haagse Hogeschool en de heer Schep van Hieselaar Nederland BV bedanken voor hun begeleiding gedurende het afstudeertraject. Tot slot wil ik mijn collega, de heer Bakker, en de heer Bosselaar bedanken voor het verschaffen van inzicht in respectievelijk het ontwerpen en doorrekenen van plaatwerkconstructies.

Delft, december 2013

Samenvatting

Deze afstudeerscriptie behandelt het ontwerpproces van een nieuw type archiefkast voor het merk DriVK, het eigen merk kantoormeubilair van Hieselaar Nederland BV en Drisag. De archiefkasten maken deel uit van een project: project 'Stitch'. Project Stitch omvat een reeks nieuwe kantoormeubelen voor DriVK. De meubelen zijn ontworpen door de heer Beunen van 'Theo Beunen Ontwerp' en moeten het bestaande assortiment van DriVK uitbreiden. Hoewel de vormgeving van de meubelen reeds is bepaald, moet de technische detaillering nog worden uitgevoerd. Het gehele project is te groot voor een enkele afstudeeropdracht, daarom wordt deze opdracht toegespitst op de ontwikkeling van vier varianten kleppenkasten. De varianten bestaan uit één-, twee-, drie- en vier ordner hoge kleppenkasten. De doelstelling is het opleveren van: ontwerpen die voldoen aan het pakket van eisen, 3D modellen van de kleppenkasten, werktekeningen van kleppenkasten, een werkend prototype en verslaglegging van het ontwerpproces in de vorm van een scriptie.

Er wordt beschreven hoe de organisatie rondom het project is opgebouwd en uit welke personen de klankbörgroep voor het project bestaat. Daarnaast wordt er een beschrijving gegeven van de werkwijze die gehanteerd wordt bij het ontwerpproces. Voorafgaand aan het ontwerpproces wordt er een kort markt- en gebruiksonderzoek uitgevoerd. Het daadwerkelijke ontwerpproces begint bij het programma van eisen, dat wordt opgesteld aan de hand van gesprekken met de klankbörgroep en het markt- en gebruiksonderzoek. Het programma van eisen bestaat uit vaste eisen, variabele eisen en wensen.

Voor het ontwerpproces wordt als basis de ontwerpmethodode van Van der Kroonenberg gebruikt. Omdat de vormgeving van de kast al bepaald is, wordt de methode anders toegepast dan gebruikelijk. Aan de hand van een functieanalyse en het programma van eisen, wordt bepaald dat de klep van de kast moet worden uitgerust met een sluitsysteem en een dempsysteem. Het sluitsysteem voorkomt dat de klep onverwacht openvalt, het dempsysteem dempt de val van de klep. De kleppenkast wordt opgedeeld in vijf hoofdonderdelen: de romp, de klep, het dempsysteem, het sluitsysteem en de stelvoeten.

Het dempsysteem, het sluitsysteem en de steltechniek van de stelvoeten moet nog worden ontworpen, deze worden daarom opgenomen in een morfologisch overzicht. Voor elk onderdeel worden diverse concepten bedacht. Met behulp van de variabele voorwaarden uit het pakket van eisen, wordt een keuze gemaakt uit de verschillende concepten. Er wordt gekozen voor een dempsysteem waarbij de klep wordt geremd met behulp van een veer die bevestigd is aan een kabel. Daarnaast wordt er gekozen voor een push to open sluitsysteem voor het vergrendelen van de klep. De stelvoeten zullen in hoogte worden versteld met behulp van opvulplaatjes.

De vijf hoofdonderdelen worden één voor één uitgewerkt. Uiteindelijk worden alle hoofdonderdelen samengevoegd tot één totaalontwerp. Van dit totaalontwerp wordt een prototype gebouwd. Het prototype wordt kort getest op de werking ervan. Uitgebreide tests worden, in verband met tijdgebrek, niet meegenomen in deze scriptie.

Uiteindelijk wordt er een werkend prototype opgeleverd. Er kan geconcludeerd worden dat de doelstelling behaald is, er moet echter nog wel veel getest worden.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding	6
1.1 Achtergronden	6
1.2 Probleemstelling.....	6
1.3 Opdrachtschrijving	7
2. Projectaanpak.....	10
2.1 Projectorganisatie	10
2.2 Werkwijze	11
3. Onderzoeksfase	12
3.1 Marktonderzoek.....	12
3.2 Gebruiksonderzoek	14
4. Programma van eisen en wensen	15
5. Functieanalyse.....	17
5.1 Functieboom.....	17
5.2 Functieanalyse onderdelen	17
6. Conceptontwerp.....	19
6.1 Morfologisch overzicht.....	19
6.2 Conceptontwerp.....	23
7. Uitwerken van het conceptontwerp	25
7.1 Romp	25
7.2 Sluitsysteem	32
7.3 Dempsysteem.....	34
7.4 Stelvoeten.....	40
7.5 Totaalontwerp	41
8. Kostprijscalculatie.....	44
9. Prototype.....	45
10. Conclusie en aanbevelingen	48
Bibliografie	49
Bijlage I	51
Legbord.....	51

Legbord met versteviging	56
Zijwanden	58
Zijwand uitgevoerd in vier millimeter dik aluminium	60
Zijwand uitgevoerd in drie millimeter dik staal.....	61
Eén ordner hoge klepkast.....	62
Behuizing van het veersysteem.....	63
Verstevigingsprofiel.....	64
Bijlage II	65
Kostprijscalculatie van een serie van één stuk.....	65
Kostprijscalculatie van een serie van tien stuks.....	67
Kostprijscalculatie van een serie van vijftig stuks	69
Kostprijscalculatie van twee-, drie- en vier ordner hoge klepkasten.....	71
Bijlage III	72
Tekening van één ordner hoge klepkast	72
Tekening van twee ordner hoge kleppenkast	73
Tekening van drie ordner hoge kleppenkast.....	74
Tekening van vier ordner hoge kleppenkast	75
Tekening veersysteem.....	76

1. Inleiding

Tussen producenten van kantoormeubilair heerst een enorme concurrentie. Dit maakt het voor een bedrijf in die branche noodzakelijk om zich te onderscheiden ten opzichte van zijn concurrenten. Hieselaar Nederland BV wil zijn concurrentie een stap voor zijn door het ontwikkelen van speciale en vernieuwende producten. Deze afstudeerscriptie behandelt het ontwikkelingstraject van een deel van deze speciale en vernieuwende producten.

1.1 Achtergronden

Hieselaar Nederland BV is een plaatwerkconstructiebedrijf dat is gevestigd in Schoonhoven. Hieselaar beschikt over een engineeringafdeling en een fabriek. In de fabriek worden producten gefabriceerd vanaf vlakke staalplaat tot een compleet gecoat en afgemonteerd eindproduct. Hieselaar is toeleverancier voor verschillende branches waarvan kantoormeubilair er één is. Samen met Drisag, een meubelmakerij uit het Belgische Herentals, heeft Hieselaar een eigen merk voor kantoormeubilair: DriVK.

1.2 Probleemstelling

Om het productassortiment van DriVK uit te breiden is er een nieuwe serie kantoormeubilair ontworpen door Theo Beunen van 'Theo Beunen Ontwerp'. Deze serie producten zal verkocht worden onder de naam 'Stitch'. De gehele serie bestaat uit:

- Vier ordner hoge kleppenkast;
- Twee ordner hoge kleppenkast;
- Drie ordner hoge kleppenkast;
- Eén ordner hoge klepkast;
- Hangende klepkast, één ordner hoog;
- Horizontale schuifdeurkast;
- Verticale schuifdeurkast;
- Hangmappensysteem;
- Tafel;
- Bureau;
- Bank.

De heer Beunen heeft de meubels ontworpen met de volgende visie: 'Met een ontwerp wil ik iets uitdrukken, tot uitdrukking brengen, dat is bij de Stitch het productieproces. De meubels moeten een herinnering in zich dragen aan de machines die het gemaakt hebben. Een ongepolijste uitdrukking van materiaal en machines. Schoon, helder en krachtig. Zoveel mogelijk zonder schroeven en lassen en eenvoudig in elkaar te zetten.' (T. Beunen, persoonlijke communicatie, 14 oktober 2013).

Hoewel de diverse meubelen reeds zijn vormgegeven door de heer Beunen, zal de technische detaillering nog uitgevoerd moeten worden. Het is van belang dat de meubels op een zo efficiënt mogelijke wijze gefabriceerd worden, enerzijds om de meubels financieel aantrekkelijker te maken, anderzijds om de meubels duurzaam te kunnen produceren. Daarnaast is ook de kwaliteitsbeleving die de eindgebruiker bij het product heeft erg belangrijk. Van de diverse producten moet vóór eind 2013 een prototype gemaakt zijn.

1.3 Opdrachtschrijving

Het ontworpen meubelprogramma moet gedetailleerd worden en het voortbrengingsproces moet gerealiseerd worden. De omvang van het gehele project is te groot voor een enkele afstudeeropdracht, daarom wordt voor deze opdracht alleen de serie kleppenkasten ontwikkeld, met uitzondering van de hangende klepkast. In figuur 1.1 zijn alle varianten kleppenkasten weergegeven die in de opdracht behandeld worden. Deze kleppenkasten worden volledig opgebouwd uit aluminium panelen. Het aantal bevestigingsonderdelen wordt ook hier tot het minimum beperkt.

Er zullen concessies moeten worden gedaan met de ontwerper over design en technische uitvoerbaarheid, nauw contact met de ontwerper is hierbij vereist. Het ontwerp moet technisch uitvoerbaar worden gemaakt binnen het machinepark van Hieselaar Nederland BV en toeleveranciers. Tevens dient tijdens het ontwerpproces rekening gehouden te worden met het feit dat de archiefkasten in grote aantallen geproduceerd worden.

Het eindresultaat bestaat uit detailontwerpen van de verschillende varianten kleppenkasten. De detailontwerpen worden gemaakt in het tekenprogramma Autodesk Inventor, hierin moeten zowel 3D modellen als werktekeningen voor de werkplaats gemaakt worden. Van de detailontwerpen moet vóór eind 2013 een functionerend prototype gemaakt worden, deze wordt gebruikt voor het testen van de functionaliteit en duurzaamheid. Er dient rekening gehouden te worden met zaken als veiligheid, (NEN-)normeringen, kosten, betrouwbaarheid, maakbaarheid en levensduur van de kasten. Van alle ontwerpen moet een kostprijscalculatie gemaakt worden. Het gehele ontwerpproces wordt vastgelegd in een projectverslag, ofwel scriptie.

Doelstelling

De volgende producten moeten vóór 19 december 2013 worden opgeleverd:

- Ontwerpen van de diverse varianten kleppenkasten die voldoen aan het pakket van eisen;
- 3D modellen van de verschillende varianten kleppenkasten;
- Werktekeningen van de verschillende varianten kleppenkasten;
- Werkend prototype van één van de kasten;
- Verslaglegging van het ontwerpproces in de vorm van een scriptie.



Figuur 1.1 Alle varianten kleppenkasten

Tijdens deze afstudeeropdracht worden verschillende taakrollen vervuld. De afstudeerder heeft de rol van ontwerper en van projectleider. De rol van ontwerper heeft weinig uitleg; er dienen diverse oplossingen voor problemen bedacht en uitgewerkt te worden. De rol van (deel)projectleider is voortgekomen uit de bedrijfsstructuur van Hieselaar Nederland BV. De projecten bij Hieselaar duren over het algemeen maar enkele weken, de engineer vervult tijdens deze tijd ook de rol van werkvoorbereider en projectleider. De engineer bewaakt de productiekosten en dient daarnaast ook overzicht te houden over het project. Het Stitch project is opgedeeld in kleinere projecten, dit maakt de betrokken engineer tevens (deel)projectleider. Een hoofdprojectleider ontbreekt hier, de opdrachtgever verdeelt de projecten onder de engineers maar houdt zich verder niet bezig met het begeleiden van de projecten.

Hieronder volgt een overzicht met de competenties die aan bod komen tijdens de afstudeeropdracht.

Projectmanagement uitvoeren (organiseren, plannen, uitvoeren, verslag opstellen)

Context	Taakrol			
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

Tabel 1.1 Projectmanagement uitvoeren

Het aanvangsniveau van de competentie projectmanagement is niveau drie, lastig en zelfstandig. Voorheen werd tijdens lastige projecten voorgeschreven welke taken uitgevoerd moesten worden, deze werden vervolgens wel geheel zelfstandig uitgevoerd. Het project Stitch biedt een lastige context waarin sturend gewerkt kan worden. Het organiseren van bijeenkomsten, het plannen en het uitvoeren geschiedt tijdens dit project geheel op initiatief van de afstudeerder. Een voorbeeld is het organiseren van bijeenkomsten van de klankbordgroep, het plannen en uitvoeren komt veelal aan bod bij het bouwen van het prototype. Zodoende kan niveau vier, lastig en sturend, bereikt worden.

Het kunnen opstellen van productdefinitie, plan van aanpak en pakket van eisen voor een duurzaam product of proces

Context	Taakrol			
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

Tabel 1.2 Opstellen van een productdefinitie

Het aanvangsniveau van deze competentie is niveau twee, lastig en geleid. Tot nu toe werd bij lastige projecten veelal onder begeleiding van klanten een productdefinitie, een plan van aanpak en een pakket van eisen opgesteld. Het opstellen van de productdefinitie, het plan van aanpak en het pakket van eisen geschiedt bij het project Stitch geheel zelfstandig. Zodoende kan niveau drie, lastig en zelfstandig bereikt worden.

Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces

Context	Taakrol			
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

Tabel 1.3 Het realiseren van een detailontwerp

Het realiseren van detailontwerpen geschiedde tot nu toe altijd zelfstandig in een lastige context, niveau drie. Project Stitch biedt de mogelijkheid om zelfstandig te werken in een complexe context. Tijdens het proces zullen conflicterende producteisen aan bod komen, voorbeelden hiervan zijn prijs en kwaliteit. Daarnaast heeft het project Stitch grote gevolgen voor Hieselaar, bij succes levert het veel extra werk op, bij falen zijn de investeringen voor niets geweest. Tijdens de opdracht wordt er gewerkt met diverse disciplines: een ontwerper/vormgever, afdelingschefs, leveranciers en directie. Deze opdracht biedt de mogelijkheid om zelfstandig te werken in een lastige context, niveau vier.

Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces

Context	Taakrol			
		Geleid	Zelfstandig	Sturend
	Simpel	1	2	3
	Lastig	2	3	4
	Complex	3	4	5

Tabel 1.4 Het realiseren van een prototype

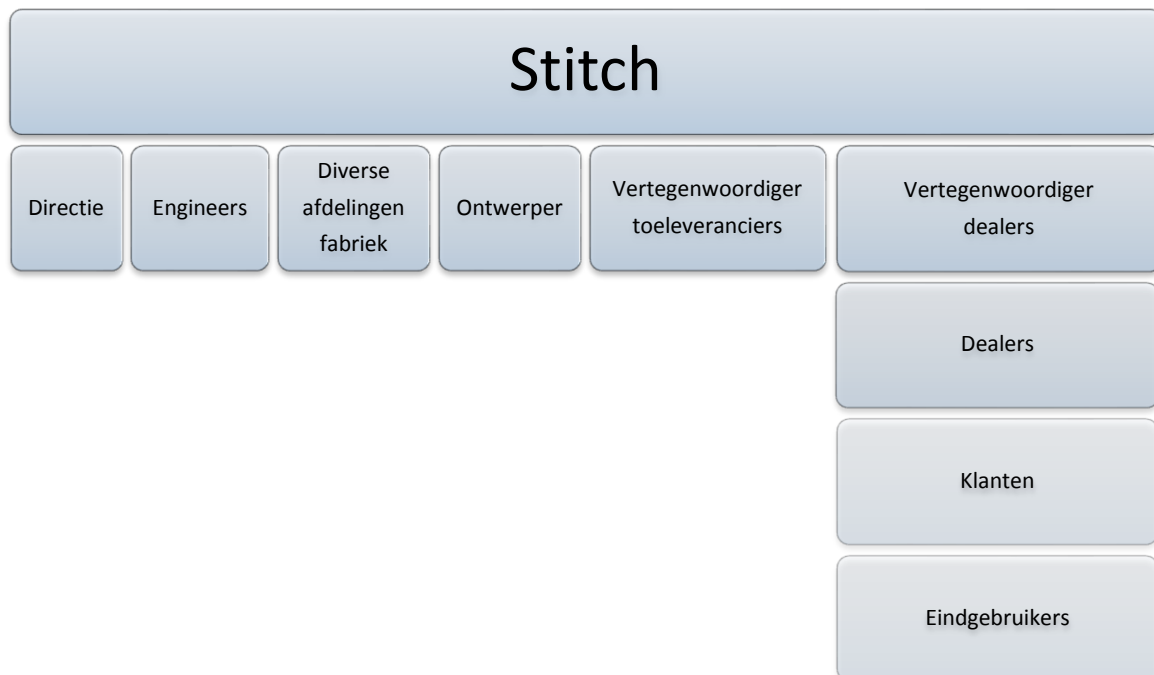
Bij Hieselaar worden doorgaans zeer veel prototypes gebouwd, meestal volgt daarna een nulserie en vervolgens seriefabricage. Omdat de engineer bij Hieselaar tevens als projectleider wordt beschouwd, geschiedt het bouwen van een prototype altijd sturend. De context is tot nu toe echter altijd simpel geweest. De afstudeeropdracht biedt de mogelijkheid om te werken in een lastige context en daarmee te stijgen naar niveau vier. Zoals bij de vorige competentie genoemd is, heeft het project grote gevolgen voor Hieselaar. Het bouwen van het prototype heeft echter bij falen niet direct grote gevolgen, daarom kan hier niet worden gesproken over een complexe context.

2. Projectaanpak

Van de diverse kantoormeubelen is de vormgeving reeds bepaald door de heer Beunen. Vanaf dit punt is het de taak van de engineeringafdeling om de producten daadwerkelijk te realiseren. Om van een globaal ontwerp tot een technisch realiseerbaar product te komen zijn veel stappen nodig. In dit hoofdstuk wordt de eerste stap, de aanpak van het project beschreven.

2.1 Projectorganisatie

Voorafgaand aan het ontwerpproces is het van belang om te weten wie de belanghebbenden, ofwel 'stakeholders' zijn en wie beslissingsbevoegd is. In figuur 3.1 is weergegeven wie de belanghebbenden zijn in het project 'Stitch'. De linker drie belanghebbenden in het diagram zijn intern bij Hieselaar, de andere drie zijn extern. Onder het kopje: 'vertegenwoordiger van dealers', zijn dealers, klanten en eindgebruikers ook weergegeven als belanghebbenden, deze groep is echter niet direct betrokken. De ontwerper en de engineers verantwoord hun keuzes bij de directie, die als enige beslissingsbevoegd is. De onderstaande groep belanghebbenden vormen tevens een klankbordgroep, waarin de afdelingen in de fabriek vertegenwoordigd worden door de afdelingschefs. De klankbordgroep heeft als doel de deskundigheid van de betrokkenen optimaal te benutten voor het project, hiermee worden problemen en fouten door gebrek aan kennis voorkomen.



Figuur 3.1 De belanghebbenden

2.2 Werkwijze

Voordat aan het ontwerpproces begonnen kan worden, moet eerst de werkwijze worden bepaald. Het is belangrijk om het programma van eisen zo snel mogelijk op te stellen, dit is immers het uitgangspunt voor het ontwerpen. Omdat er een nieuw type archiefkast ontwikkeld moet worden, kan er geen programma van eisen aan de hand van een vorige versie gebruikt worden. Het programma van eisen dient vanaf het begin te worden opgebouwd, als basis hiervoor wordt de probleemstelling en de opdrachtomschrijving gebruikt. Aan de hand van een gesprek met de klankbordgroep en een kort markt- en gebruiksonderzoek worden aanvullende eisen en wensen opgesteld. Elk lid van de klankbordgroep geeft tijdens het gesprek aan wat hun eisen en wensen zijn.

Voor het ontwerpproces van de archiefkasten wordt als basis de methode van Van den Kroonenberg gebruikt. Dit betekent dat er als eerste een functieanalyse wordt gemaakt. In de functieanalyse worden de hoofd-, hulp- en deelfuncties van de archiefkast beschreven. Vervolgens wordt elke functie in een morfologisch overzicht geplaatst zodat er oplossingen per functie kunnen worden bedacht. De beste oplossing per functie worden samen gecombineerd tot een conceptontwerp (Cadcollege, 2006). Het conceptontwerp wordt vervolgens verder uitgewerkt tot een gedetailleerd ontwerp.

Nadat het ontwerp is uitgewerkt kan er een kostprijscalculatie worden gemaakt. Deze calculatie wordt gemaakt op basis van een stuklijst en een lijst met bewerkingen. Er worden offertes opgevraagd voor werk dat moet worden uitbesteed en voor benodigde artikelen. Als de kostprijs niet te hoog is en goedgekeurd wordt door de directie van Hieselaar Nederland BV, kan er een prototype gebouwd worden.

3. Onderzoeksfase

In dit hoofdstuk wordt een kort markt- en gebruiksonderzoek uitgevoerd. Het marktonderzoek geeft de mogelijkheid om het eigen ontwerp te vergelijken met producten van concurrenten. Er kan van de concurrentie worden geleerd en eventuele gebreken in het eigen ontwerp kunnen worden voorzien. Het gebruiksonderzoek heeft als doel vast te stellen wat de eisen en de wensen van de eindgebruiker zijn. De resultaten hiervan kunnen worden gebruikt bij het opstellen van het programma van eisen en wensen. Beide onderzoeken zijn goede hulpmiddelen om van het ontwerp uiteindelijk een goed product te kunnen maken (Eger, Bonnema, Lutters, & Van der Voort, 2010).

3.1 Marktonderzoek

Om een indruk te krijgen wat er reeds aan kleppenkasten op de markt is, is er een kort marktonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek, ook wel 'deskresearch' genoemd, is vooral bedoeld om informatie te winnen over concurrenten. Internet is een handig hulpmiddel bij het uitvoeren van deskresearch (Eger, Bonnema, Lutters, & Van der Voort, 2010).

Wanneer op internet gezocht wordt naar kleppenkasten, is er verassend weinig te vinden. Wel zijn er veel 'vintage' kleppenkasten te vinden, dit zijn kasten die er oud en verweert uitzien. De kasten zijn vaak ook al erg oud en worden aangeboden op diverse verkoopsites. In figuur 3.1 is een vintage stalen kleppenkast uit de jaren 30 te zien (Vonvintage.nl).



Figuur 3.1 Jaren 30 kleppenkast
Bron: www.vonvintage.nl

Vanaf 1959 tot 1989 produceerde Gispén het stalen model 5600 bergmeubel, zie figuur 3.2. Dit type bergmeubel is door de gebruiker samen te stellen met verschillende accessoires in verschillende kleuren. Het bergmeubel kan op deze wijze geheel worden samengesteld naar wens van de gebruiker. Er kan gebruik gemaakt worden van kleppen, schuifdeurtjes of schuifruitjes. Het meubel is tevens uit te breiden met lades. Door de hoeveelheid aan mogelijkheden, kon het meubel voor verschillende doeleinden worden gebruikt (Stichting Gispén Collectie, 2009).

Het kastensysteem van 'De Klare Lijn', te zien in figuur 3.3, oogt iets moderner. Het betreft een modulair opgebouwde stalen kast met een omhoogschuivende klep aan de voorzijde. De elementen waar de kast uit opgebouwd is worden los verkocht. De kasten zijn in elke RAL kleur te verkrijgen waarbij ook gekozen kan worden uit mat of hoogglans (De Klare Lijn).

Het systeem van 'De Klare Lijn' is niet nieuw, het is afgeleid van het 'Globe-Wernicke' boekenkaststelsel (De Klare Lijn). Globe-Wernicke leverde dit systeem al aan het eind van de negentiende eeuw. De boekenkasten waren vanwege de modulaire opbouw erg populair onder advocaten. De kasten van Globe-Wernicke worden vervaardigd uit hout en zijn tot op de dag van vandaag nog te verkrijgen (Van Leest Antiques, 2009). In figuur 3.4 is het systeem van Globe-Wernicke weergegeven.



Figuur 3.2 Gispens model 5600
Bron: www.stichtinggispen.nl



Figuur 3.3 Kleppenkast 'De Klare Lijn'
Bron: deklarelijn.nl



Figuur 3.4 Globe-Wernicke kast
Bron: globewernicke-bookcases.com

3.2 Gebruiksonderzoek

Om een beeld te krijgen van wat de eindgebruiker verwacht van een archiefkast, wordt er een kort gebruiksonderzoek uitgevoerd. De gebruikers van een archiefkast bevinden zich vooral in kantoren, het onderzoek wordt daarom uitgevoerd onder kantoormedewerkers. Om tijd te sparen wordt het gebruiksonderzoek uitgevoerd onder kantoormedewerkers van Hieselaar Nederland BV. Omdat het van belang is dat het onderzoek objectief wordt uitgevoerd, zijn de medewerkers die aan het onderzoek hebben deelgenomen verder niet betrokken bij het project 'Stitch'. De medewerkers krijgen vooraf geen informatie over het project 'Stitch'. De verwachtingen worden tijdens een groepsgesprek opgeschreven, op deze manier vult iedereen elkaar aan en ontstaat er uiteindelijk een compleet verwachtingspatroon van de eindgebruiker. Nadat alle verwachtingen op papier zijn gezet wordt de medewerkers over het project 'Stitch' verteld. Er wordt gevraagd om de mogelijke voor- en nadelen van de kleppenkast op te schrijven, daarnaast worden suggesties ook opgeschreven.

Verwachtingen

- De kast mag niet te veel geluid maken, dit stoort erg op kantoor.
- Kast niet dieper dan de ordner zelf om te voorkomen dat ordners ten opzichte van elkaar scheef komen te staan.
- De hoogte van de kast precies goed om loze ruimte tussen ordners en planken te voorkomen, ruimte optimaal benutten.
- Poten van de kast verstellen voor ongelijke vloeren.
- De kast moet niet aan de muur bevestigd hoeven worden, dit is lastig met verhuizen en laat lelijke gaten in de muur achter.
- De kast moet eenvoudig schoon te maken zijn.
- De kast moet er mooi uitzien.
- Het moet mogelijk zijn om meerdere kasten aan elkaar te koppelen.
- De kast mag licht niet hinderlijk reflecteren.

Voordelen kleppenkast

- De klep is handig om ordners op te leggen en open te slaan. Bij een schuifdeurkast moet daarvoor naar het bureau worden gelopen als iets moet worden opgezocht, dit kost extra tijd.

Nadelen kleppenkast

- Bij het openen van de kast heb je, in tegenstelling tot een schuifdeurkast, niet direct een overzicht van alle mappen.

Suggesties

- De klep moet zachtjes naar beneden vallen en in de laagste stand blijven staan. Voor het omhoog brengen van de klep moet een lichte inspanning volstaan.
- De klep moet na verloop van tijd automatisch sluiten om te voorkomen dat de kast open blijft staan.

4. Programma van eisen en wensen

Op basis van de vergaarde informatie in het markt- en gebruiksonderzoek en de gesprekken met de klankbordgroep, is het programma van eisen en wensen opgesteld. De leden van de klankbordgroep hebben allemaal verschillende belangen, soms zijn deze strijdig met elkaar. Door middel van 'polderen' komt men uiteindelijk tot een lijst met eisen en wensen waar iedereen het mee eens is.

De ontwerper geeft aan dat er niets zichtbaar aan de vormgeving van de producten mag worden veranderd. De directie en de dealers hebben er direct het meeste baat bij als de producten goed verkopen, het is dus van belang dat de producten aansluiten op de wensen van de klant en de eindgebruikers. De klanten zijn voornamelijk bedrijven en de groep eindgebruikers zal voornamelijk bestaan uit kantoormedewerkers. De Stitch-productenlijn moet in de hogere klasse kantoormeubelen passen, de kwaliteitsbeleving die de eindgebruiker bij het product heeft is dus erg belangrijk. Die kwaliteitsbeleving wordt vooral bepaald door het materiaalgebruik, het geluid dat het meubel bij gebruik maakt en de stabiliteit. Ter illustratie: een archiefkast die rammelt en instabiel is, voelt kwalitatief niet goed aan.

Het programma van eisen en wensen is weergegeven in tabel 4.1. Voor elke voorwaarde wordt bepaald of deze betrekking heeft op de fabricage, of op de functionaliteit. Uiterlijk vertoon van de kast wordt hierbij gezien als een functionele voorwaarde. Vervolgens wordt vastgesteld of de voorwaarde vast, variabel of een wens is. Aan de vaste voorwaarden moet altijd worden voldaan, de variabele voorwaarden zijn belangrijk voor de keuzes tijdens het ontwerpproces, die keuzes bepalen uiteindelijk het ontwerp. De wensen zijn voorwaarden die niet belangrijk zijn, maar mooi zijn meegenomen als daaraan wordt voldaan (Cadcollege, 2006).

Functioneel	Fabricage	Voorwaarden	Vast	Variabel	Wens
	✓	Het produceren van de archiefkasten moet in de productiefaciliteit van Hieselaar Nederland BV plaatsvinden.	✓		
✓		Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.		✓	
✓		De kast moet zeker tien jaar meegaan.		✓	
✓		De gebruiker moet bij gebruik van de kast een goede kwaliteitservaring hebben.		✓	
✓		De kast moet veilig te gebruiken zijn. De gebruiker mag geen letsel kunnen oplopen bij het gebruik van de kast, zo mag de klep niet onverwachts naar beneden vallen en moeten bewegende delen afgeschermd zijn. De val van de klep moet gedempt worden om letsel te voorkomen. De veiligheidsafstanden uit de NEN-EN-ISO 13857-norm moeten gehanteerd worden.	✓		
✓		De kast moet circa één centimeter in hoogte verstelbaar zijn voor ongelijke ondergronden.		✓	
✓		De kast mag licht niet hinderlijk reflecteren.			✓
✓		De kast mag niet te veel geluid maken, dit stoort erg op kantoor.			✓

✓		De kast moet eenvoudig schoon te maken zijn.			✓
✓		De kast volledig uit aluminium panelen vervaardigen.		✓	
✓		Op de voorzijde van de klep moeten letters geplaatst kunnen worden, zo kan in één oogopslag gezien worden welke ordners waar te vinden zijn.			✓
✓		De klep moet langzaam of niet naar beneden vallen en in de laagste stand blijven staan. Voor het omhoog brengen van de klep moet een lichte inspanning volstaan.			✓
✓		De kasten moeten zo gedimensioneerd worden dat ze A4 ordners kunnen herbergen. De A4 ordners zijn gedimensioneerd volgens de NEN 690-norm.	✓		
		Het ontwerp mag het eventuele gebruik van hangmappen in zowel A4 als in folioformaat niet uitsluiten. Een systeem voor hangmappen kan dan in een later stadium als optie worden geleverd. De hangmappen zijn tevens gedimensioneerd volgens de NEN 690-norm.		✓	
✓		De kosten moeten gunstig zijn.		✓	
		Onderdelen moeten uitwisselbaar zijn voor de verschillende hoogtevarianten van de kast.	✓		

Tabel 4.1 Het programma van eisen en wensen

De NEN-EN-ISO 13857-norm geeft veiligheidsafstanden ter voorkoming van het bereiken van gevaarlijke zones door bovenste en onderste ledematen (NEN, 2008).

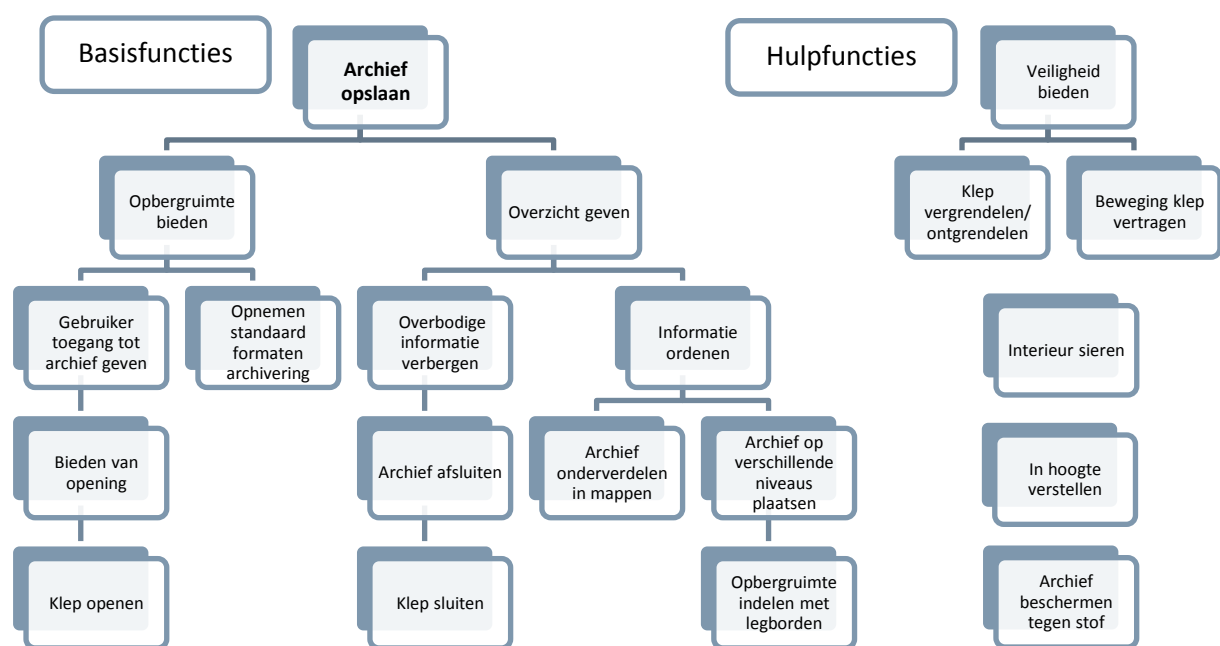
De NEN 690-norm schrijft dimensionering voor mappen, brievenhouders en ringbanden voor (NEN, 1987).

5. Functieanalyse

In dit hoofdstuk wordt een functieanalyse uitgevoerd. De hoofd-, hulp- en deelfuncties worden uitgevoerd in een functieboom. Vervolgens wordt in paragraaf 5.2 een beschrijving van de hoofdonderdelen gegeven.

5.1 Functieboom

In figuur 5.1 is de functieboom van de kleppenkast weergegeven. De functies zijn opgedeeld in basis- en hulpfuncties, daarnaast wordt er onderscheid gemaakt tussen de hoofdfunctie en de deelfuncties. De deelfuncties vervullen samen de hoofdfunctie: het opslaan van archief. De hulpfuncties zijn wel nuttig, maar niet noodzakelijk om de hoofdfunctie te vervullen. De groep basisfuncties wordt gevormd door de hoofdfunctie en de deelfuncties (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2012).



Figuur 5.1 Functieboom

In de functieboom in figuur 5.1 is te zien dat het ontwerp al grotendeels is uitgewerkt. Normaal gesproken wordt getracht zo veel mogelijk ontwerpvrijheid te hebben, de functieboom wordt dan niet tot in de kleinste details uitgewerkt. In dit geval is de kast vormgegeven door de heer Beunen, veel details zijn reeds vastgelegd.

5.2 Functieanalyse onderdelen

Wanneer de methode van Van der Kroonenberg wordt gevolgd zal, op basis van de functies uit de functieboom in figuur 5.1, een morfologisch overzicht worden gemaakt. In het morfologisch overzicht worden verschillende werkwijzen, die allen één functie vervullen, weergegeven. Vervolgens worden de werkwijzen gecombineerd tot er zogenaamde structuren ontstaan. Met behulp van de variabele voorwaarden uit het programma van eisen, wordt er een keuze gemaakt uit de ontstane structuren. De gekozen structuur wordt vervolgens uitgewerkt tot een conceptontwerp (Cadcollege, 2006).

Het volledig toepassen van de methode van Van der Kroonenberg zal leiden tot een perfect functionerend ontwerp. Er kan echter aan één van de belangrijkste variabele voorwaarden niet worden voldaan: het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven. Aangezien de vormgeving van de kasten grotendeels vastligt, zal het vormen van structuren op basis van de functies, strijdigheden opleveren. Om dit probleem te voorkomen, wordt er gekozen voor een andere aanpak: op basis van het programma van eisen, de basisfuncties en de hulpfuncties, wordt opgesteld welke onderdelen nog benodigd zijn.

De kleppenkast kan grofweg worden opgedeeld in vijf hoofdonderdelen: de romp, de kleppen, een dempsysteem, een sluitsysteem en stelvoeten. Hiervan moet het dempsysteem en het sluitsysteem nog geheel ontworpen worden. De stelvoeten heeft de heer Beunen wel vormgegeven, de steltechniek is echter nog niet bepaald.

Zoals eerder is genoemd, zal de kast worden aangeboden in vier hoogtevarianten. De diverse onderdelen van de kast moeten tussen alle varianten uitwisselbaar zijn. De klep, het dempsysteem, het sluitsysteem en de stelvoeten zijn voor elke hoogtevariant van de kast hetzelfde, alleen de romp is voor elke variant anders opgebouwd. Hieronder volgt een beschrijving van de vijf hoofdonderdelen.

Romp

De romp is de basis van de hele kast; hierop worden de overige onderdelen zoals de klep, het dempsysteem, het sluitsysteem en de stelvoeten gemonteerd. De romp draagt het gewicht van het archief dat in de kast wordt opgeborgen. Daarnaast beschermt de romp het archief tegen stof en zorgt er bovendien voor dat het archief bij elkaar wordt gehouden.

De romp bestaat uit twee zijwanden, legborden, achterwanden en een bovenzijde. De romp bepaald de hoogte van de kast; elke variant heeft een andere romp. De overige onderdelen zijn voor elke hoogtevariant hetzelfde.

Klep

De klep sluit het archief af en zorgt daarnaast voor een nette uitstraling. Om rotatie mogelijk te maken heeft de klep een geïntegreerd scharnier wat uit hetzelfde deel is gemaakt als de klep.

Dempsysteem

Het dempsysteem voorkomt dat de klep hard naar beneden valt en zo letsel of schade veroorzaakt. Daarnaast maakt het dempsysteem de kast luxe en het geeft de gebruiker het gevoel dat de kast van een goede kwaliteit is.

Sluitsysteem

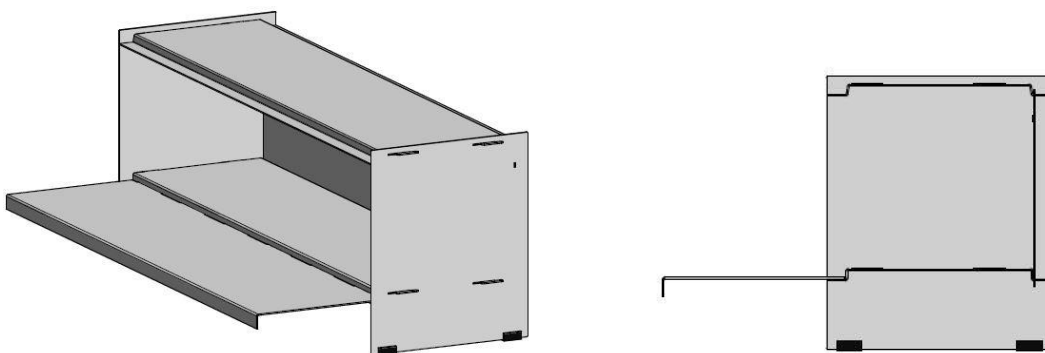
Het sluitsysteem voorkomt het onverwacht openvallen van de klep. Het sluitsysteem vergrendeld de klep als de kast dicht moet zijn en ontgrendeld de klep indien de gebruiker de kast wenst te openen.

Stelvoet

De stelvoet zorgt ervoor dat de kast een klein beetje in hoogte versteld kan worden, dit wordt gebruikt bij (licht) ongelijke ondergronden zoals bij oude panden vaak het geval is.

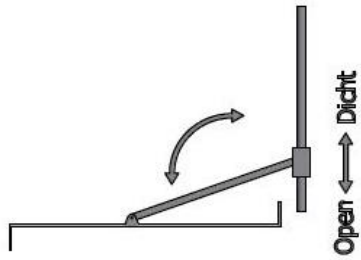
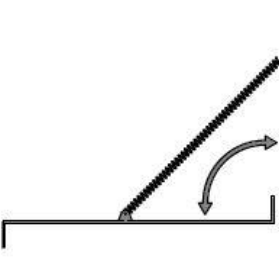
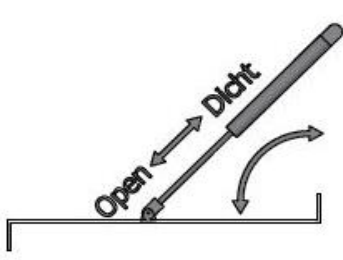
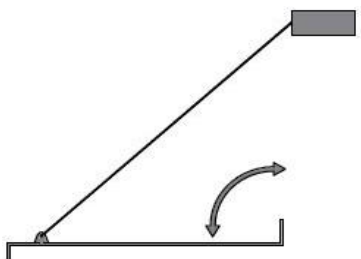
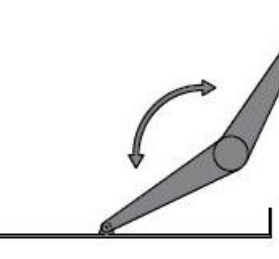
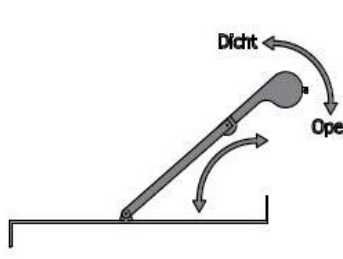
6. Conceptontwerp

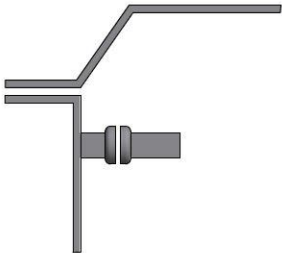
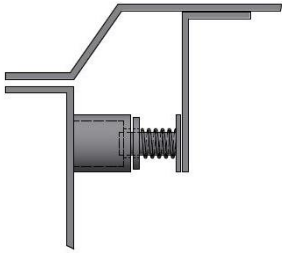
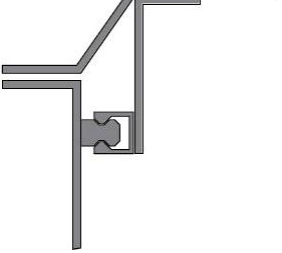
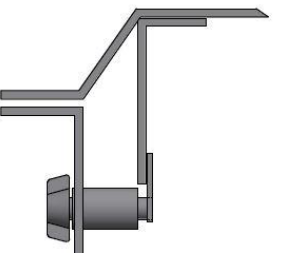
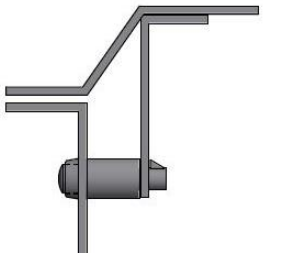
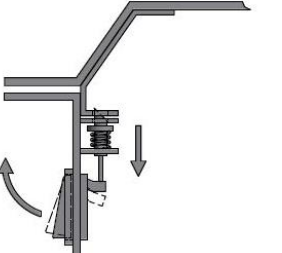
In dit hoofdstuk worden de ontwerpkeuzes gemaakt. Hoewel de vorm van de romp en de klep al vastligt, moet het sluitsysteem en het dempsysteem nog ontworpen worden. De stelvoeten zijn door de heer Beunen vormgegeven als een rechthoekig zwart blokje van 50x20x15 millimeter, maar de steltechniek moet nog worden ontworpen. Het morfologisch overzicht is dan ook opgebouwd uit drie hoofdonderdelen: het dempsysteem, het sluitsysteem en de stelvoet. In figuur 6.1 is de Stitch-kast in de één ordner hoge uitvoering te zien, het morfologisch overzicht is toegepast op deze uitvoering. De solo uitvoering heeft maar één rij voor ordners, maar is in principe hetzelfde opgebouwd als de kasten met meerdere rijen op elkaar.

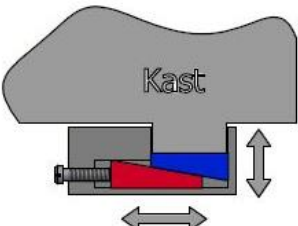
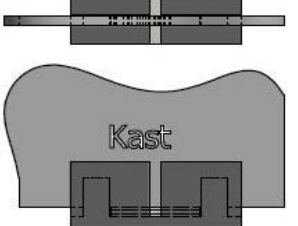
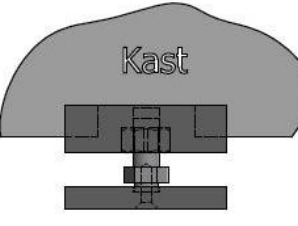


Figuur 6.1 Stitch kast één ordner hoog

6.1 Morfologisch overzicht

Hoofdonderdelen			
Dempstelsysteem	 1. Meubelschaar	 2. Veer	 3. Gasdemper/ Gastrekveer
	 4. Kabel met veersysteem	 5. Klepschaar met rem	 6. Klepschaar met rem II

Hoofdonderdelen			
Sluitsysteem			
	1. Magnetsluiting	2. Push to open sluiting	3. Snapper
			
	4. Draaisluiting	5. Druknop	6. Handgreep

Hoofdonderdelen			
Stelvoet			
	1. Steltechniek met wiggen	2. Stelvoet met opvulplaatjes	3. Stelschroef

Tabel 6.1 Morfologisch overzicht

Dempsysteem

1. Meubelschaar

De meubelschaar bestaat uit een geleider en een demper. De geleider is bevestigd aan de zijwand van de kast. De demper wordt, wanneer de klep wordt geopend, over de geleider geschoven. De wrijving van de demper op de geleider zorgt ervoor dat de val van de klep wordt vertraagd. Naarmate de hoek tussen de klep en de geleider groter wordt, wordt de wrijvingskracht van de demper op de geleider ook groter.

2. Veer

De veer levert een grotere kracht naarmate de klep verder roteert, de val van de klep wordt hierdoor vertraagd. De veer slaat de energie van de val op in de vorm van potentiële energie. Deze energie komt vrij bij het omhoog brengen van de klep, hierdoor kost het de gebruiker minder energie om de klep weer omhoog te brengen.

3. Gasdemper/ gastrekveer

Een gasdemper zorgt ervoor dat de rotatie van de klep vertraagd wordt. De demper slaat geen energie op, de klep blijft hierdoor in de open stand staan. Het omhoog brengen van de klep kost extra moeite omdat de demper de beweging tegenwerkt.

Een ander optie is het gebruiken van een gastrekveer. Qua uiterlijk lijken de gasdemper en de gastrekveer enorm op elkaar, de werking is echter anders. Waar de gasdemper alleen de beweging dempt, slaat de gastrekveer ook potentiële energie op. De valbeweging is dus gedempt en het omhoog brengen van de klep kost de gebruiker minder energie.

4. Kabel met veersysteem

Dit systeem bestaat uit een kabel en een veer. De veer zit opgesloten in een behuizing die onder het topblad of legbord gemonteerd wordt. Het systeem heeft in principe dezelfde werking als de veer uit het tweede concept. Het grote verschil tussen de twee systemen is de afwerking; de gebruiker ziet alleen een kabeltje uit een behuizing komen.

5. Klepschaar met rem

Bij dit systeem wordt de val van de klep geremd. Het systeem bestaat uit twee armen met een scharnierpunt in het midden. In het scharnierpunt glijden onderdelen over elkaar, wat wrijving veroorzaakt. Door de onderdelen harder op elkaar te klemmen wordt de wrijvingskracht groter, de klep zakt hierdoor langzamer naar beneden.

6. Klepschaar met rem II

Dit systeem werkt volgens hetzelfde principe als het vijfde concept, het verschil zit in de positie van het geremde scharnierpunt. Bij dit systeem wordt het scharnierpunt geremd dat aan de kast is bevestigd. Ook hier is de valsnelheid in te stellen door de onderdelen harder op elkaar te klemmen.

Sluiting

1. Magneetsluiting

De magneetsluiting is zeer eenvoudig: de klep van de kast wordt vergrendeld door de kracht van de magneet.

2. Push to open sluiting

Bij dit systeem wordt de klep geopend door er tegen te duwen. Een snapper die op de deur wordt bevestigd, wordt tussen een pal en een veer geklemd. Door tegen de klep te duwen wordt de veer ingedrukt, de pal zakt en de klep wordt geopend. De klep wordt vergrendeld doordat de veer wordt ingedrukt en de pal omhoog schiet.

3. Snapper

De snapper is een kunststof of metalen onderdeelje dat een ander onderdeel vastklemt. Als de kast wordt gesloten, dan worden de armen van de snapper uitgebogen en schieten achter het onderdeel wat tussen de armen valt. Het is een soort vormgesloten verbinding die door de elasticiteit van het materiaal toch geopend kan worden. De klep kan worden geopend door eraan te trekken.

4. Draaisluiting

Bij dit systeem wordt de kast vergrendeld door aan de buitenzijde van de klep een knop om te draaien. Door het draaien aan de knop wordt er een lipje achter een plaat geplaatst, de klep kan dan niet meer open. Dit principe wordt veelvuldig toegepast bij lockerkasten, hier is de knop alleen vervangen door een sleutel.

5. Drukknop

Wanneer op de knop wordt gedrukt, schiet er een pal naar beneden en wordt de klep ontgrendeld. De pal is afgeschuind om ervoor te zorgen dat de klep gesloten kan worden zonder dat de knop hoeft worden ingedrukt. Bij het sluiten blijft de pal haken achter een rand en wordt zo vergrendeld.

6. Handgreep

De handgreep werkt deels volgens hetzelfde principe als de drukknoop; de klep is middels een afgeschuinde pen vergrendeld. Door aan de handgreep te trekken, wordt de pen naar beneden getrokken en de klep ontgrendeld.

Stelvoet

1. Steltechniek met wiggen

Door aan de stelschroef te draaien wordt de rode wig onder de blauwe wig geduwd, met als gevolg dat de blauwe wig omhoog beweegt. De kast rust op de blauwe wig en stijgt dus met de wig mee. Op deze manier is de kast eenvoudig in hoogte te verstellen.

2. Stelvoet met opvulplaatjes

Bij dit principe wordt de kast in hoogte veresteld door tussen de voet en de kast dunne plaatjes te plaatsen. De plaatjes vallen precies in de voet en kunnen er naderhand niet meer uitvallen.

3. Stelschroef

Bij dit systeem is de voet in hoogte te verstellen door aan de stelschroef te draaien. Als de schroef uit de voet wordt gedraaid, dan gaat de kast omhoog.

6.2 Conceptontwerp

Uit de diverse concepten in het morfologisch overzicht van de vorige paragraaf, moet een compleet conceptontwerp gekozen worden. De keuze wordt bepaald aan de hand van variabele voorwaarden. Elke variabele voorwaarde wordt vergeleken met een andere, de voorwaarde die belangrijker is krijgt de waarde 1. Na het optellen van de scores wordt er een getal verkregen, dit getal wordt de weegfactor genoemd. Hoe hoger het getal, hoe belangrijker de voorwaarde is. In tabel 6.2 zijn de variabele voorwaarden en de weegfactoren weergegeven. Omdat niet alle variabele voorwaarden relevant zijn voor de drie hoofdonderdelen, zijn alleen de relevante variabele voorwaarden in de tabel opgenomen.

	Voorwaarden	1	2	3	4	Totaal
1	Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.		1	1	0	2
2	De kast moet zeker tien jaar meegaan, duurzaamheid.	1		0	0	1
3	De gebruiker moet bij gebruik van de kast een goede kwaliteitservaring hebben.	0	1		0	1
4	De kosten moeten gunstig zijn.	0	0	1		1

Tabel 6.2 Weegfactoren

Vervolgens wordt per hoofdonderdeel een keuze uit de diverse concepten gemaakt. Elk concept wordt beoordeeld met een getal tussen 1 en 4 op het voldoen aan de variabele voorwaarden. Deze score wordt vermenigvuldigd met de weegfactor die bepaald is in tabel 6.2. Het concept dat uiteindelijk het hoogste scoort, wordt gekozen.

	Dempsysteem	Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	Concept 6	Ideaal
	Voorwaarden								
1	Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.	2	2	6	4	8	2	2	8
2	De kast moet zeker tien jaar meegaan, duurzaamheid.	1	2	1	4	3	2	2	4
3	De gebruiker moet bij gebruik van de kast een goede kwaliteitservaring hebben.	1	4	1	4	4	3	2	4
4	De kosten moeten gunstig zijn.	1	3	4	2	3	3	3	4
	Totaal score		11	12	14	18	10	9	20

Tabel 6.3 Keuzebepaling dempsysteem

Dempsysteem

Uit tabel 6.3 volgt dat concept 4, de kabel met veersysteem, de meeste punten krijgt toegewezen. Dit concept zal gebruikt worden voor het ontwerp. Een bijkomend voordeel van dit systeem is dat de veer bij het openen potentiële energie opslaat, deze energie kan weer gebruikt worden bij het sluiten van de klep. Hierdoor is bij het sluiten een kleinere inspanning nodig, hiermee wordt tevens voldaan aan de wens dat een kleine inspanning volstaat voor het sluiten van de klep.

	Sluitsysteem	Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	Concept 6	Ideaal
	Voorwaarden								
1	Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.	2	8	8	8	2	4	2	8
2	De kast moet zeker tien jaar meegaan, duurzaamheid.	1	4	4	2	4	4	4	4
3	De gebruiker moet bij gebruik van de kast een goede kwaliteitservaring hebben.	1	1	4	1	3	3	4	4
4	De kosten moeten gunstig zijn.	1	4	3	4	3	3	2	4
	Totaal score		17	19	15	12	14	12	20

Tabel 6.4 Keuzebepaling sluitsysteem

Sluitsysteem

Uit tabel 6.4 volgt dat concept 2, de push to open sluiting, de meeste punten krijgt toegewezen. Dit concept zal worden gebruikt voor het ontwerp. Het enige nadeel van dit systeem ten opzichte van de andere sluitsystemen is dat het aanvankelijk voor nieuwe gebruikers niet duidelijk is hoe de klep open moet. Maar omdat dit, na de kast eenmaal gebruikt te hebben, niet meer aan de orde is, wordt het niet gezien als een grote belemmering.

Stelvoet		Weegfactor	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Ideaal
Voorwaarden						
1	Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.	2	6	8	2	8
2	De kast moet zeker tien jaar meegaan, duurzaamheid.	1	2	4	3	4
3	De gebruiker moet bij gebruik van de kast een goede kwaliteitservaring hebben.	1	3	1	3	4
4	De kosten moeten gunstig zijn.	1	1	4	3	4
Totaal score			12	17	11	20

Tabel 6.5 Keuzebepaling stelvoet

Stelvoet

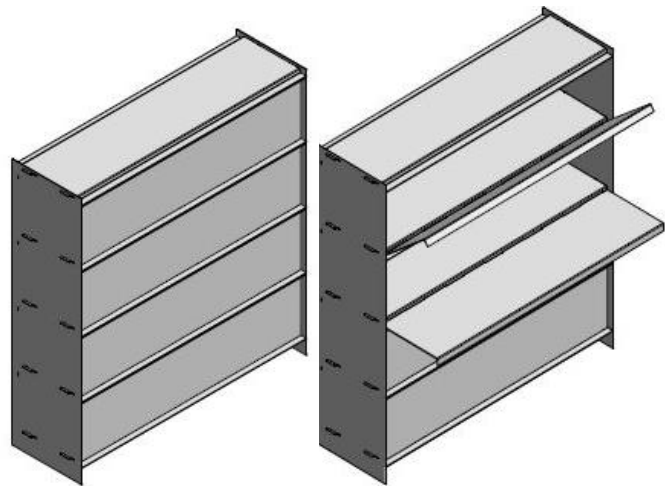
Uit tabel 6.5 volgt dat concept 2, de stelvoet met opvulplaatjes, de meeste punten krijgt toegewezen. Hoewel concept 1 en 3 makkelijker te gebruiken zijn, zijn de kosten gewoonweg niet gunstig ten opzicht van concept 2. Concept 1 bevat veel onderdelen en is lastig te produceren, dit maakt de stelvoet duur. Concept 3 voldoet daarnaast ook in mindere mate aan het design van de ontwerper. De keuze valt dus op concept 2.

7. Uitwerken van het conceptontwerp

In dit hoofdstuk wordt het gekozen concept uit het vorige hoofdstuk uitgewerkt. Per paragraaf wordt één hoofdonderdeel uitgewerkt. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk wordt het totaalontwerp uitgewerkt, hier komen alle hoofdonderdelen samen tot een compleet ontwerp.

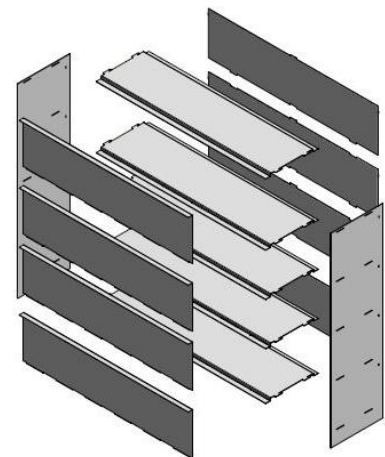
7.1 Romp

De romp vormt de basis van de hele kast, daarom wordt de romp ook als eerste uitgewerkt. De romp moet het gewicht van het archief kunnen houden, er zullen diverse sterkteberekeningen worden uitgevoerd om te bepalen of de romp sterk en stijf genoeg is. De vier ordner hoge kleppenkast is de hoogste variant en wordt daarmee ook het zwaarst belast. In figuur 7.1 is de romp in de vier ordner hoge variant afgebeeld.

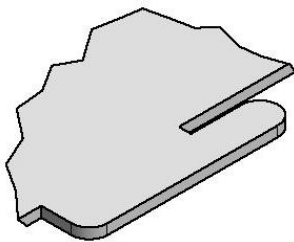


Figuur 7.1 Vier ordner hoge kleppenkast, gesloten en open klep

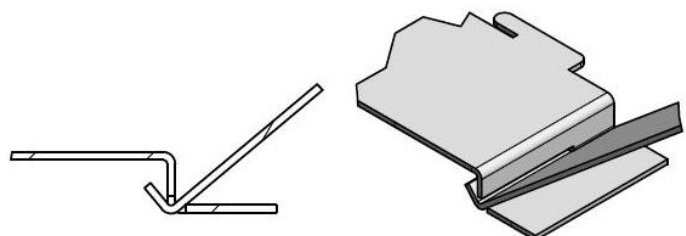
De romp van de vier ordner hoge kleppenkast bestaat uit vijftien onderdelen: vier kleppen, twee zijwanden, één top, drie midden legborden, één onder legbord, één boven achterwand, drie midden achterwanden en één onder achterwand. In figuur 7.2 zijn alle onderdelen te zien. De diverse legborden worden in de zijwand bevestigd met behulp van vier haken. In figuur 7.3 is één van de haken afgebeeld. De kleppen hebben een geïntegreerd scharnier wat in de legborden gehaakt wordt, zie figuur 7.4.



Figuur 7.2 Vier ordner hoge kleppenkast, exploded

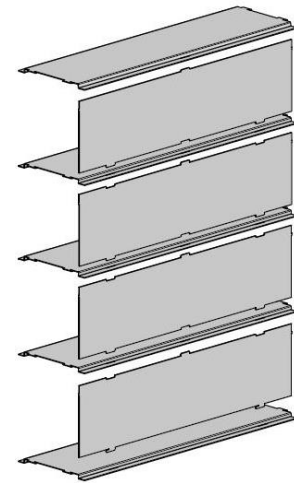


Figuur 7.3 Haak van legbord



Figuur 7.4 Klepscharnier

De achterwanden van de kast worden vastgezet met behulp van lippen die door elk legbord heen steken. In figuur 7.5 is te zien hoe de achterwanden tussen de legborden geplaatst worden.



Figuur 7.5 Achterwanden

Sterkteberekeningen

Voor het maken van de berekeningen wordt de kast opgedeeld in drie elementen: de legborden, de zijwanden en de haken, deze onderdelen worden apart van elkaar beschouwd. Voordat er een berekening gemaakt kan worden is, het belangrijk om te bepalen hoe de kast belast wordt en hoe groot deze belasting is. Omdat de belasting van de haken en de zijwanden afhangt van de belasting van de legborden, zal eerst de belasting van de legborden worden vastgesteld. Volgens de NEN-EN 14073-3 norm, moeten legborden belast kunnen worden met $1,5 \text{ kg/dm}^2$, of een andere, door de fabrikant vooraf opgegeven belasting (NEN, 2004). De legborden van de Stitch-kasten hebben een oppervlakte van $53,7 \text{ dm}^2$, de totale maximale (verdeelde) belasting bedraagt dan $53,7 * 1,5 = 80,6$ kilogram.

Om te controleren of de NEN-EN 14073-3 norm toepasbaar is op de legborden van de Stitch-kasten, wordt er een berekening uitgevoerd. Er wordt aangenomen dat de kast maximaal belast wordt als de kast volledig wordt gevuld met A4 formaat papier. Een A4 gemaakt van 80 grams papier weegt 5 gram, de dikte hiervan is $105 \mu\text{m}$ (Proost en Brandt). De breedte van de kast aan de binnenzijde bedraagt 1448 millimeter, dit betekent dat er 13790 A4'tjes op één laag passen. $13790 * 5 = 68950$ gram, oftewel 69,0 kilogram aan papier per verdieping.

Het verschil tussen de bepaalde belasting in de uitgevoerde berekening en de NEN-EN 14073-3 norm, waaruit bepaald wordt dat het legbord met 80,6 kilogram belast moet kunnen worden, bedraagt 11,6 kilogram, ofwel 14,4%. Omdat dit verschil relatief klein is, wordt aangenomen dat de NEN-EN 14073-3 norm toepasbaar is op de legborden. Deze norm zal dan ook gebruikt worden als uitgangspunt voor de berekeningen.

Omdat alle varianten van de kasten volgens hetzelfde principe zijn opgebouwd, worden de meeste berekeningen voor slechts één variant gemaakt. Bij de berekeningen zal worden uitgegaan van de vier ordner hoge kleppenkast, deze kast is het grootst en wordt daarmee dus ook het zwaarst belast. De kleinste kast, de één ordner hoge klepkast, heeft alleen een hogere zijwand dan de andere varianten, deze zal dan ook afzonderlijk worden doorgerekend.

Legborden

Uit de berekening in bijlage I blijkt dat het legbord, zonder versteviging, bij de maximale belasting ongeveer vijf millimeter doorzakt in het midden. Omdat het scharnier van de klep geïntegreerd is in het legbord, geeft een doorbuiging van vijf millimeter problemen met de werking van de kast. De tussenafstand van de rand van de klep en de rand van het legbord erboven bedraagt immers niet meer dan drie millimeter. Er wordt daarom aangenomen dat de kast nog goed functioneert als de doorbuiging niet meer dan twee millimeter bedraagt. Om bij een maximale belasting een doorbuiging van niet meer dan twee millimeter te realiseren, zal het legbord moeten worden verstevigd of anderszins gedimensioneerd. Het veranderen van de afmetingen van het legbord is niet mogelijk omdat dat het complete ontwerp van de kast daarmee verandert. Er wordt daarom

gekozen voor het verstevigen van het legbord met een verstevigingsprofiel. Dit profiel kan uit een ander materiaal vervaardigd worden dan de rest van de kast, aangezien dit onderdeel niet in het zicht van de gebruiker geplaatst wordt. Uit praktische overwegingen zal het profiel uit staal of aluminium vervaardigd moeten worden. Uit de berekeningen in bijlage II blijkt dat het verstevigingsprofiel een oppervlaktetraagheidsmoment van $I = 6,69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ moet hebben indien deze uit aluminium is vervaardigd en een oppervlaktetraagheidsmoment van $I = 2,24 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ indien deze uit staal wordt vervaardigd.

De val van de klep wordt gedempt met een veersysteem, dit veersysteem wordt geplaatst in een behuizing onder het legbord. Deze behuizing kan tevens gebruikt worden als versteviging van het legbord. Omdat de dimensionering van de behuizing bepaald wordt tijdens het ontwerpen van het veersysteem, zal in paragraaf 7.3 hier verder op in worden gegaan.

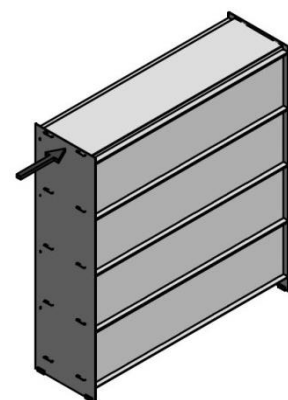
Zijwanden

De zijwanden worden belast zoals in figuur 7.6 te zien is. Elk legbord draagt een kracht van 434,6 N over aan de zijwand. Deze kracht wordt verkregen door de som van de massa van de lading en de massa van het legbord met het veersysteem¹, te delen door twee. Aan de achterzijde van de kast worden, tussen de legborden in, achterwanden geplaatst. Deze achterwanden geven de romp stijfheid, de bevestiging tussen de legborden en de zijwand is hierdoor min of meer een momentvaste verbinding. Het deel van de zijwand tussen het onderste legbord en de stelvoet kan wel vrij bewegen. Er wordt aangenomen dat dit stuk zijwand zich gedraagt als een ingeklemde kolom met een vrij uiteinde. De kracht op de zijwand grijpt aan op het vlak aan de binnenzijde van kast, 1,5 mm van het zwaartepunt. Daarnaast wordt een zelfde berekening uitgevoerd voor het stuk zijwand tussen het eerste en het tweede legbord van onder in. Hier wordt uitgegaan van een kolom met scharnierend ondersteunde uiteinden. Volgens de NEN-EN 14073-3 norm moet de kast naast de maximale belasting van 322,4 kg, ook een zijwaartse statische kracht van 350 N op 50 mm vanaf de top kunnen weerstaan (NEN, 2004). Dit betekent dat er een extra moment wordt aangebracht op de zijwand. In figuur 7.7 is de aangebrachte kracht schematisch weergegeven. Er zal middels een berekening vastgesteld worden of de zijwand de excentrische belasting en het extra aangebrachte moment aankan. De berekeningen zijn uitgewerkt in bijlage I.



Figuur 7.6 Zijwand

Uit de berekeningen volgt dat het deel van de zijwand, tussen het eerste en het tweede legbord van onder in, bezwijkt als de kast maximaal wordt belast. Daarnaast blijkt uit de berekeningen dat de zijwand zal knikken als de kast, naast een maximale belasting, ook met een zijwaartse kracht wordt belast. Om dit op te lossen, kan het oppervlaktetraagheidsmoment van de zijwand worden vergroot. Het oppervlaktetraagheidsmoment kan bijvoorbeeld vergroot worden door de plaatdikte van de zijwanden te vergroten, profielen aan te brengen of door de randen om te zetten. Het aanbrengen van profielen aan de binnenzijde van de kast gaat ten koste van de bergruimte, dit is dus geen optie. Het omzetten van de randen gaat



Figuur 7.7 Zijwaartse kracht

¹ Dit is een geschatte waarde

niet ten koste van de bergruimte, maar verandert daarentegen wel het design van de kast. Het vergroten van de plaatdikte verandert weinig aan het design van de kast en de reductie van de bergruimte is minimaal, mits de verandering niet te groot is. Het vergroten van de plaatdikte heeft echter ook beperkingen; Hieselaar kan aluminium plaat snijden tot een maximum dikte van vier millimeter. Een andere mogelijkheid is het kiezen voor een materiaal met een grotere elasticiteitsmodulus, staal zou in dit geval een logische keuze zijn. Hieselaar kan staalplaat tot een maximum dikte van zes millimeter snijden. Om de keuze te bepalen zullen beide opties eerst doorgerekend worden. De knikberekening van het deel van de zijwand, tussen het eerste en het tweede legbord van onder in, wordt opnieuw uitgevoerd voor een zijwand gemaakt uit vier millimeter dik aluminium en voor een zijwand gemaakt uit drie millimeter dik staal. De berekening is volledig opgenomen in bijlage I. Uit die berekening blijkt dat zowel de zijwand gemaakt uit drie millimeter dik staal als de zijwand gemaakt uit vier millimeter dik aluminium, een maximaal belaste kast kan dragen. Het vergroten van de plaatdikte of het veranderen van het materiaal is echter niet voldoende om ook de zijwaartse kracht aan te kunnen. Om de zijwanden wel sterk genoeg te maken, kan er voor gekozen worden om een momentvaste verbinding te maken tussen de zijwanden en het onderste legbord. Deze verbinding kan uit het zicht van de gebruiker geplaatst worden.

Om de zijwand te versterken kan er dus gekozen worden uit drie opties: de randen omzetten, de plaatdikte veranderen of het materiaal veranderen. De plaatdikte of het materiaal veranderen gaat echter wel gepaard met het aanbrengen van een momentvaste verbinding tussen de zijwanden en het onderste legbord. De keuze zal gemaakt worden aan de hand van de variabele voorwaarden uit het programma van eisen. In tabel 7.1 zijn de variabele voorwaarden weergegeven die relevant zijn voor de te maken keuze.

	Voorwaarden	1	2	3	Totaal
1	Het design van de ontwerper, Theo Beunen, moet behouden blijven.	1	1	1	2
2	De kast volledig uit aluminium panelen vervaardigen	0	1	0	0
3	De kosten moeten gunstig zijn.	0	1	1	1

Tabel 7.1 Voorwaarden

Uit tabel 7.1 blijkt dat het behoud van het design de belangrijkste voorwaarde is. Omdat er een keuze gemaakt moet worden uit slechts drie opties, kunnen deze opties eenvoudig tegen elkaar worden weggestreept. Het omzetten van de randen van de zijwanden verandert het design van de kast drastisch, deze optie vervalt dus. Zowel bij het veranderen van de plaatdikte als bij het veranderen van de materiaalsoort blijft het design behouden, mits de momentvaste verbinding uit het zicht wordt geplaatst. De keuze tussen het veranderen van de plaatdikte en het veranderen van de materiaalsoort hangt dus af van de kosten. In tabel 7.2 is de kostprijs van de zijwanden uitgevoerd in staal en aluminium te zien, de prijs is gebaseerd op de materiaalkosten (MCB Nederland, 2013) en het gewicht van de zijwanden. Hoewel de stalen zijwand meer dan tweemaal zo zwaar is als de aluminium variant, kost de aluminium zijwand meer dan tweemaal zoveel als de stalen zijwand. De keuze valt dus op de stalen zijwand met een dikte van drie millimeter.

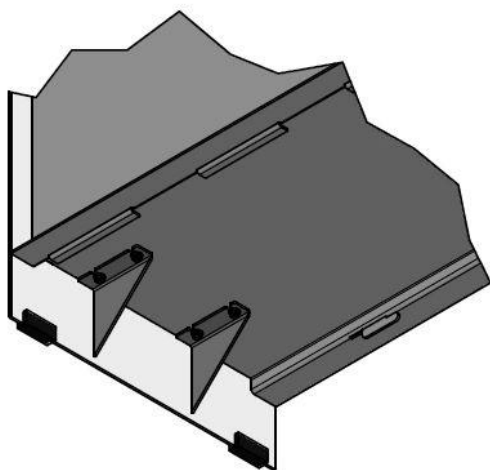
In figuur 7.8 is de momentvaste verbinding, die moet voorkomen dat de zijwand knikt, weergegeven. De verbinding wordt aan de zijwand gelast en aan het legbord geschroefd. Een lasrups aan de zijkant

van de verbinding is echter niet fraai. Een in de plaatwerkindustrie veel toegepaste methode om lassen onzichtbaar te maken, is het werken met een zogenaamde nok-en-gat verbinding, aan het ene onderdeel wordt een nokje gemaakt en in het andere onderdeel wordt een rechthoekig gat gemaakt. Vervolgens wordt het nokje in het gat geplaatst en aan de achterzijde gelast, waarna de las wordt vlak geslepen. Het is hierbij wel van belang dat het materiaal goed samensmelt, na het wegslijpen van de las moet de verbinding immers nog sterk zijn. Na het afwerken is de las uiteindelijk onzichtbaar. Een bijkomend voordeel van het gebruik van nokken, is de eenvoudige positionering van de delen ten opzichte van elkaar. In figuur 7.9 is te zien hoe er gebruik is gemaakt van een nok-en-gat verbinding, de nok wordt aan de buitenzijde van de zijwand gelast.

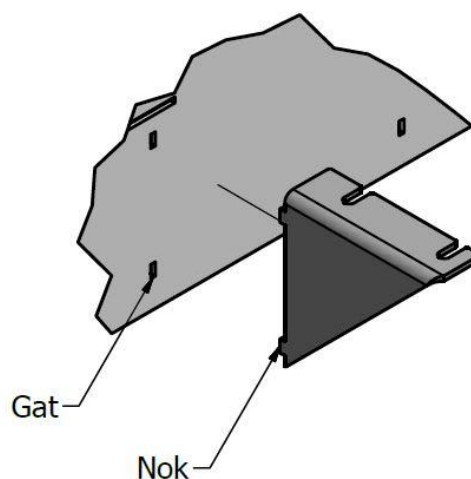
Zijwand vier millimeter dik aluminium	
Gewicht (twee zijwanden)	15,4 kg
Kostprijs aluminium per kilogram	+/- € 9, -
Totaalprijs (twee zijwanden)	+/- € 139, -

Zijwand drie millimeter dik staal	
Gewicht (twee zijwanden)	33,6 kg
Kostprijs staal per kilogram	+/- € 2, -
Totaalprijs (twee zijwanden)	+/- € 67, -

Tabel 7.2 Kostprijs zijwanden

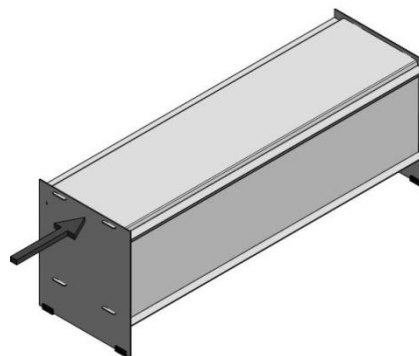


Figuur 7.8 Momentvaste verbinding



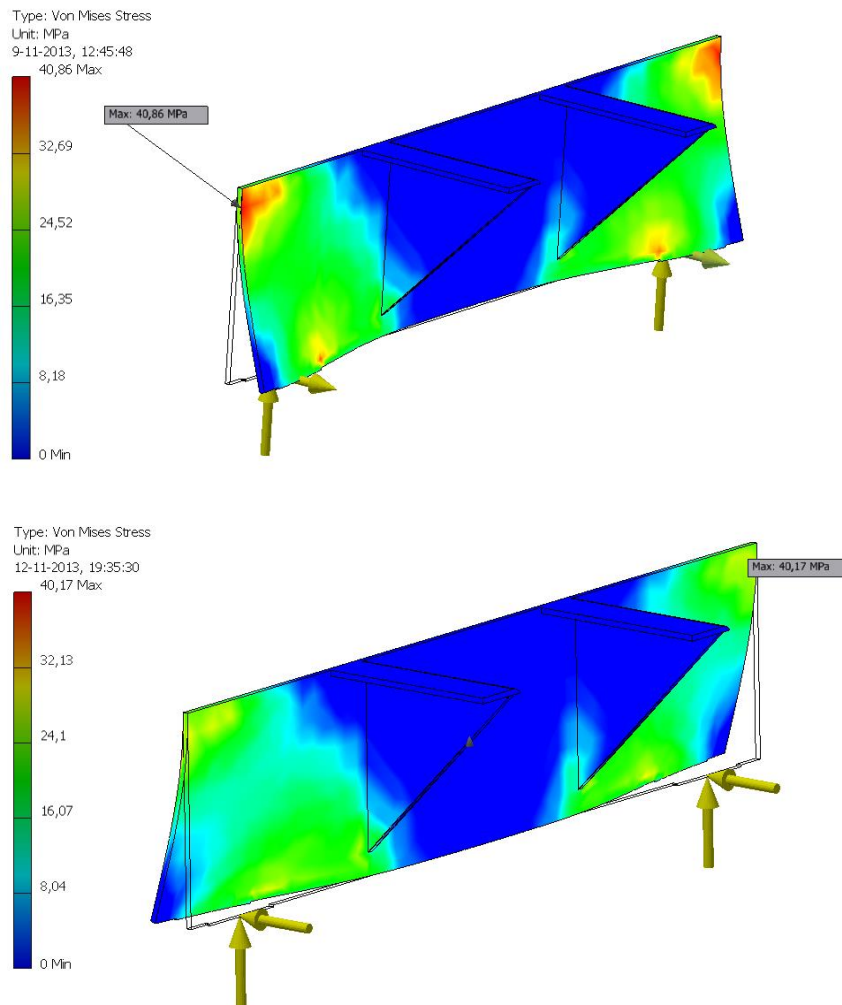
Figuur 7.9 Nok-en-gat verbinding

Zoals eerder is aangegeven, zijn de zijwanden van de één ordner hoge klepkast afwijkend van de andere varianten. De afstand van de stelvoet tot het legbord is namelijk groter dan bij de andere varianten. Omdat onderdelen van de verschillende varianten uitwisselbaar moeten zijn, zullen ook hier de zijwanden drie millimeter dik worden. De één ordner hoge klepkast zal, net als de andere varianten, belast moeten kunnen worden met een zijwaartse kracht van 350 Newton, zie figuur 7.10. Uit de berekeningen in de bijlage blijkt dat de kast, met een stalen zijwand maar zonder momentvaste verbinding, hier niet aan voldoet. Dit betekent dat ook deze zijwand zal moeten worden verstevigd zoals in figuur 7.8 te zien is.

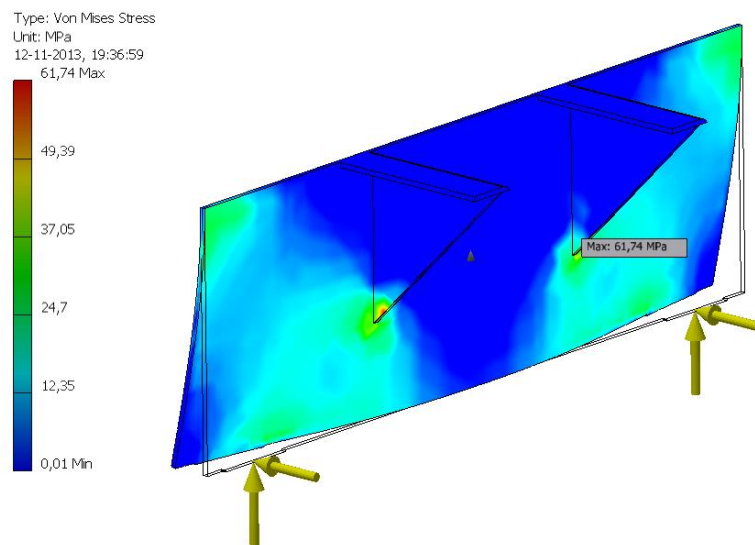
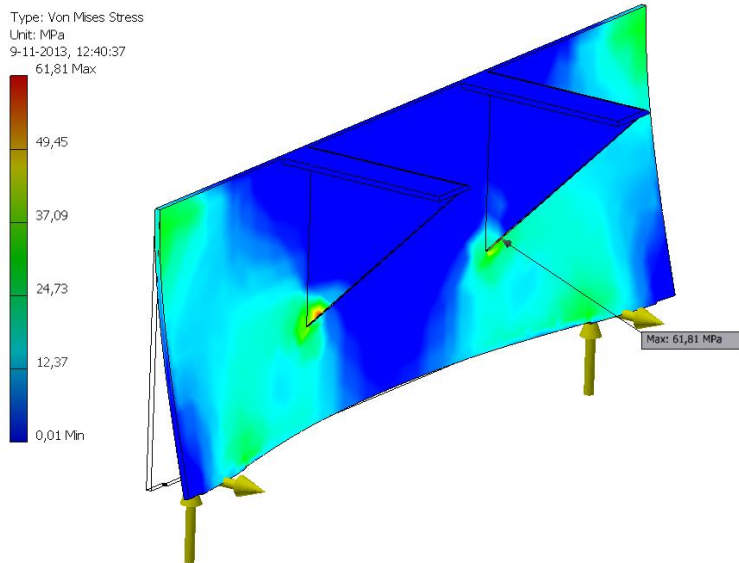


Figuur 7.10 Zijwaartse belasting

Het doorrekenen van de verstevigde zijwanden is met eenvoudige handberekeningen erg onnauwkeurig. Om die reden wordt er een model gemaakt wat vervolgens wordt doorgerekend met de eindige elementen methode. Er worden modellen gemaakt voor de één- en vier ordner hoge klepkasten. In figuur 7.11 en in figuur 7.12 is respectievelijk het rekenmodel van de één ordner hoge klepkast en de vier ordner hoge kleppenkast weergegeven. De modellen zijn gebaseerd op het stuk zijwand tussen de stelvoeten en het onderste legbord in. De kast wordt maximaal belast en daarnaast wordt er een met een kracht van 350 Newton tegen de zijwand gedrukt. Er wordt aangenomen dat het bovendeele zich als een ingeklemd vlak gedraagt. Daarnaast wordt aangenomen dat de kracht van 350 Newton gelijk wordt verdeeld over beide zijwanden. De belastingen die op de modellen zijn aangebracht, corresponderen met de belastingen die gebruikt zijn bij de berekeningen in de bijlage. Voor beide modellen is dezelfde momentvaste verbinding gebruikt, een driehoekige schoor van 100 bij 100 millimeter. Uit de simulatie, die uitgevoerd is op beide modellen, blijkt dat de 0,2% rekgrens van 235 MPa in beide gevallen niet wordt overschreden. De verbindingen en de zijwand bezwijken dus niet onder de maximale belasting.



Figuur 7.11 Rekenmodel vier ordner hoge kleppenkast



Figuur 7.12 Rekenmodel één ordner hoge klepkast

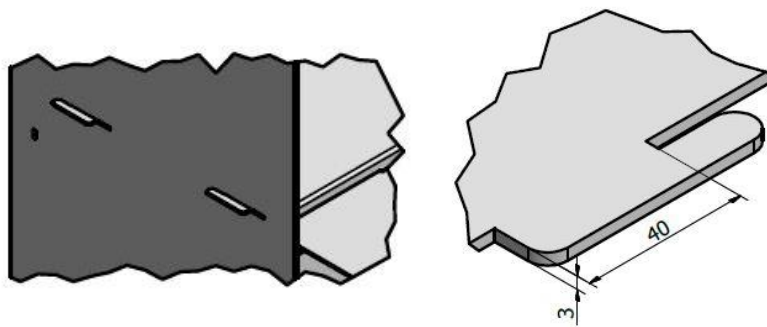
Haken van het legbord

De haken van de legborden worden op afschuiving belast. Bij de knikberekening van de zijwanden is bepaald dat elk legbord een kracht van 434,6 N overdraagt op de zijwanden. Aan de kopse kanten van het legbord zitten twee haken, zoals te zien is in figuur 7.13. Deze haken dragen elk een last van $434,6 / 2 = 217,3$ N. De oppervlakte van de doorsnede waar de dwarskracht op werkt is $40 \times 3 = 120 \text{ mm}^2$, zie ook afbeelding 7.13. Deze gegevens kunnen worden ingevuld in vergelijking 7.1.

$$\tau_{\text{gemiddeld}} = \frac{V}{A} \quad (7.1)$$

Invullen geeft: $\tau_{\text{gemiddeld}} = \frac{217,3}{120} = 1,8 \text{ MPa}$

Er treedt pas plastische vervorming op vanaf 58% van de 0,2% rekgrens (Van Beek), er wordt daarom aangenomen dat dit de maximaal toelaatbare schuifspanning is. De maximaal toelaatbare schuifspanning voor aluminium AW-5754 H111 is dan $\tau_{\text{max toel.}} = 80 \cdot 0,58 = 46,4 \text{ MPa}$. Dit betekent dat $\tau_{\text{gemiddeld}} < \tau_{\text{max toel.}}$, de haken zullen dus niet plastisch vervormen.



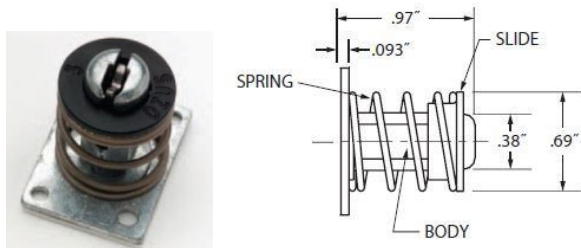
Figuur 7.13 Haken van het legbord

7.2 Sluitsysteem

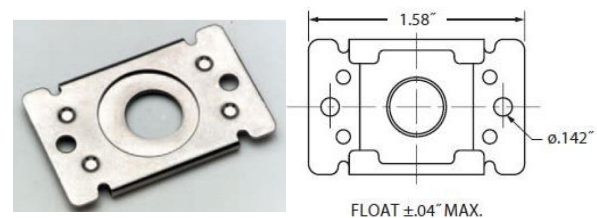
Het sluitsysteem vergrendelt de klep en voorkomt daarmee dat deze open zakt. In paragraaf 6.2 is bepaald dat er gebruik gemaakt zal worden van een push to open sluiting (Häfele Nederland B.V, 2013). Häfele biedt enkele push to open sluitingen aan, zie figuur 7.14. Deze sluitingen passen echter niet bij een designkast. De push to open sluiting van DZUS, te zien in figuur 7.15, past beter bij het ontwerp van de heer Beunen.



Figuur 7.14 Push to open sluiting
Bron: <http://www.hafele.com>



Figuur 7.15 DZUS sluiting
Bron: <http://www.southco.com>

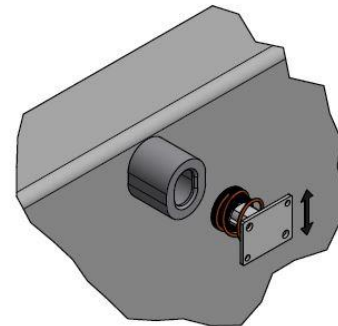


Figuur 7.16 Floating Receptacle
Bron: <http://www.southco.com>

Het sluitsysteem van DZUS werkt zeer eenvoudig: de 'body' wordt door een gat geleid, waarna de 'slide' tegen de rand van het gat botst en naar achteren schuift. Als de slide ver genoeg naar achteren is verschoven, springt er een pin vanuit de body omhoog. De pin blijft achter de rand van het gat haken en vergrendelt daarmee de klep. Om de sluiting te openen dient het proces herhaald te worden, de pin schiet dan weer omlaag en ontgrendelt daarmee de klep (Southco, 2010).

Het DZUS sluitsysteem kan op twee manieren worden toegepast: de sluiting kan met behulp van een beugel aan de onderzijde van een legbord bevestigd worden, of het sluitsysteem kan op de klep zelf worden bevestigd. Een belangrijk detail is dat het legbord, ten gevolge van de belasting, maximaal 2 millimeter door kan buigen. Het sluitsysteem mag als gevolg van deze doorbuiging niet vastlopen. DZUS biedt zelf een oplossing voor degelijke problemen: een 'floating receptacle', dat is een plaatje met een gat erin dat enigszins vrij kan bewegen in een houder, zie figuur 7.16. Het plaatje kan volgens de specificaties ± 1 millimeter bewegen ten opzichte van het middelpunt, de totale verticale uitwijking is dan 2 millimeter (Southco, 2010). Deze uitwijking is echter niet voldoende, er moet namelijk ook rekening gehouden worden met toleranties. De floating receptacle van DZUS kan hier dus niet worden toegepast, er zal iets nieuws ontworpen moeten worden.

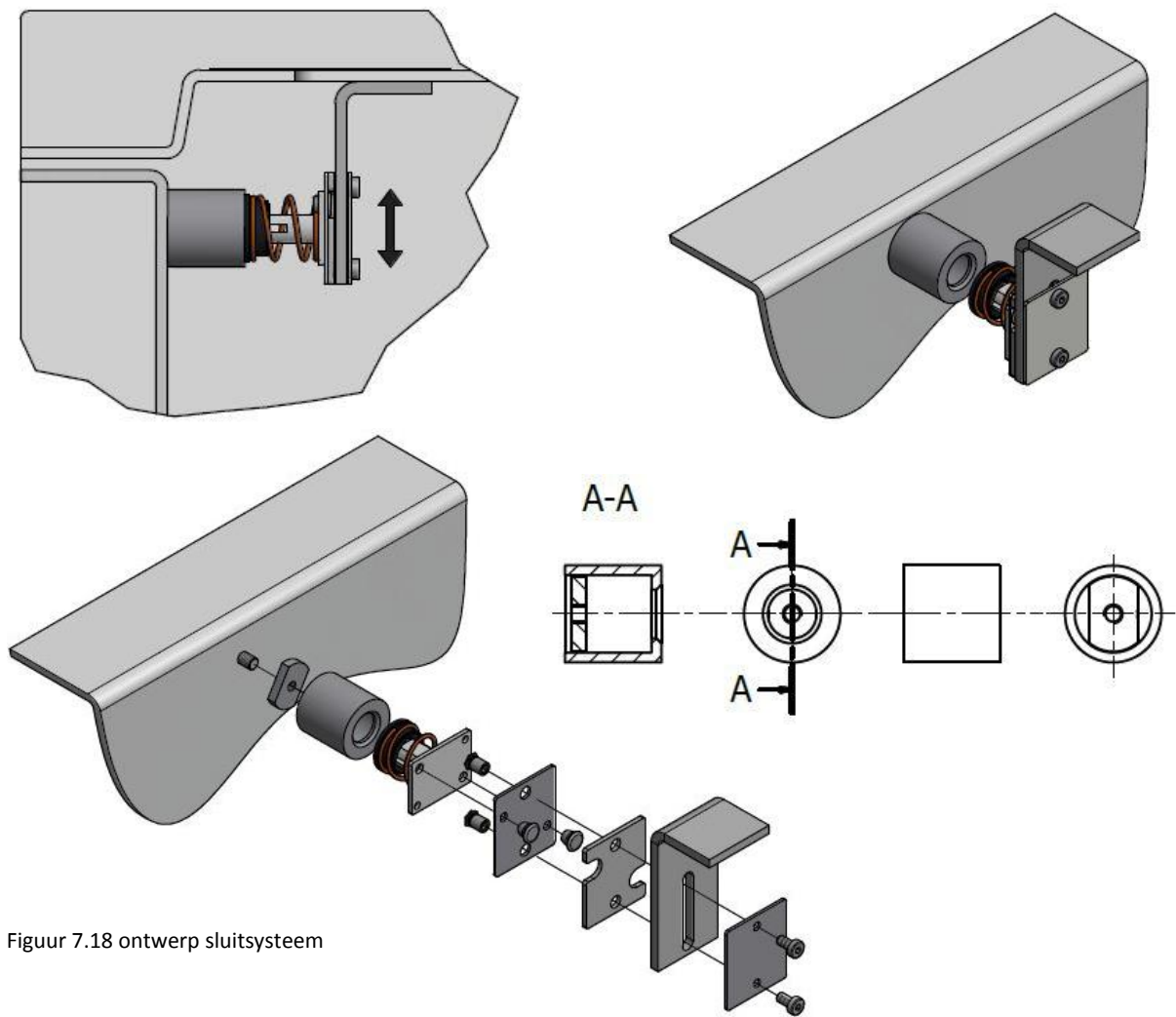
De DZUS sluiting kan, zoals hierboven vermeld, zowel op de klep als in de kast zelf gemonteerd worden. In overleg met de ontwerper en de directie van Hieselaar wordt besloten dat de DZUS sluiting in de kast geplaatst zal worden, deze keuze berust volledig op esthetische overwegingen. Het is vervolgens simpelweg het eenvoudigst om een gat in de klep te maken waar de sluiting in kan grijpen, dit is echter geen optie omdat het een designproduct betreft. Er zal er op de klep een contradeel met een gat geplaatst moeten worden dat voldoet aan de wensen van de ontwerper. In figuur 7.17 is het DZUS sluitsysteem afgebeeld met een contradeel dat op de klep is geplaatst. Het contradeel heeft een sleufgat, wat de verticale beweging van het sluitsysteem mogelijk maakt. Dit contradeel zou aan de klep kunnen worden gelast. Hoewel dit een eenvoudige oplossing lijkt, zitten er toch wat haken en ogen aan: het lassen is niet mooi en zorgt bovendien voor inwendige spanningen in het materiaal van de klep, met als gevolg dat de klep krom trekt. Het zou beter zijn als het contradeel op de klep kan worden geschroefd. Een sleufgat is echter niet handig bij het schroeven; bij een verkeerde positionering gaat de functie verloren. Om die redenen wordt er gekozen voor een contradeel met een rond gat, in plaats van een sleufgat. Om de verticale beweging op te vangen, zal de DZUS sluiting enigszins verticaal moeten kunnen bewegen. Hierna is het ontwerp van de sluiting verder uitgewerkt.



Figuur 7.17 contradeel met sleufgat

Ontwerp sluitsysteem

In figuur 7.18 is het ontwerp van het sluitsysteem weergegeven, de klep is hierin slechts deels getoond. Het contradeel met het gat is op de klep geschroefd met behulp van een inpersdraadeind dat vanaf de buitenzijde van de klep wordt aangebracht. Inpersdraadeinden, ofwel PEM inserts, worden zeer veel toegepast bij Hieselaar. Het voordeel van deze inserts is dat ze na het lakken van de onderdelen vanaf de buitenzijde bijna niet meer zichtbaar zijn. Het contradeel bestaat uit een huls en een vlak plaatje met een schroefgat, zie figuur 7.18. De huls is eenvoudig te produceren met een draaibank en het vlakke plaatje kan met een laser gesneden worden. Vervolgens kan het plaatje in de huls gelast worden. Zowel de huls en het plaatje worden van staal gemaakt, dit maakt het laswerk eenvoudiger. De verticale beweging van het sluitsysteem wordt mogelijk gemaakt door de DZUS sluiting op een slider te plaatsen. In de slider zitten draadbussen geperst, deze draadbussen kunnen vervolgens door een sleufgat glijden. Aan de uiteinden van de draadbussen wordt een plaat geschroefd die langs de achterzijde van de beugel kan glijden. Op deze wijze zal het sluitsysteem blijven werken, ook als het legbord doorbuigt. Afhankelijk van de dimensionering van het veersysteem, kan er ook voor worden gekozen om de beugel op de behuizing van het veersysteem te plaatsen, dit zal bij het totaalontwerp in paragraaf 7.5 worden bepaald. Hiermee kunnen onnodige handelingen worden bespaard.



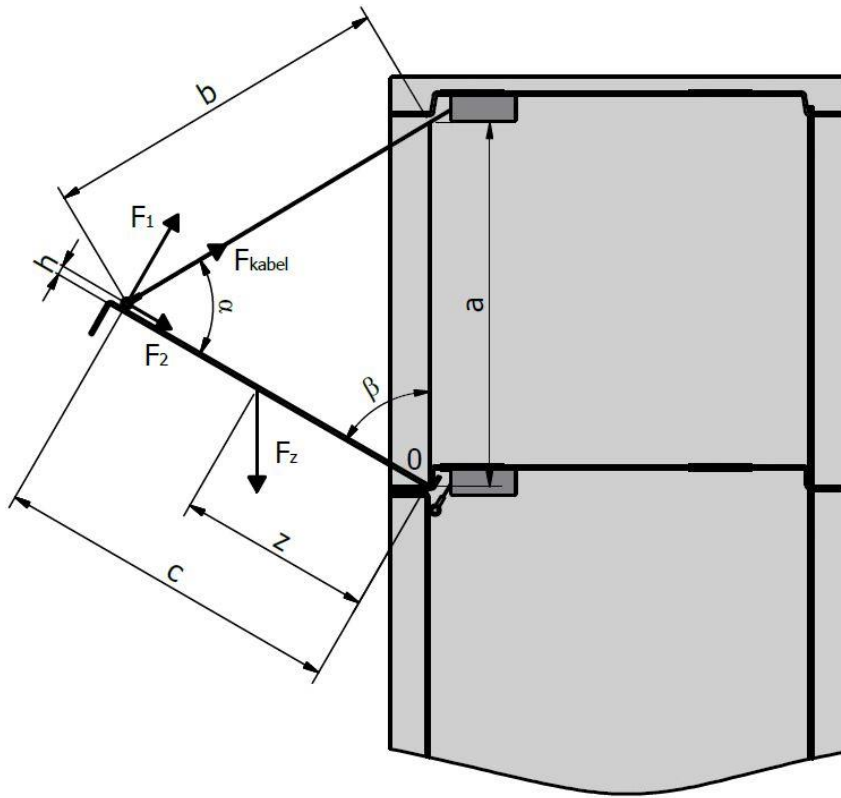
Figuur 7.18 ontwerp sluitsysteem

7.3 Dempsysteem

In het programma van eisen is de volgende eis geformuleerd: 'De kast moet veilig te gebruiken zijn. De gebruiker mag geen letsel kunnen oplopen bij het gebruik van de kast, zo mag de klep niet onverwachts naar beneden vallen en moeten bewegende delen afgeschermd zijn. De val van de klep moet gedempt worden om letsel te voorkomen.' Daarnaast is de volgende wens in het programma van eisen en wensen geformuleerd: 'De klep moet langzaam of niet naar beneden vallen en in de laagste stand blijven staan. Voor het omhoog brengen van de klep moet een lichte inspanning volstaan.' Het dempsysteem zal, naast de val van de klep dempen, tevens worden gebruikt om het legbord te verstevigen. In paragraaf 7.1 werd gesteld dat de behuizing van het dempsysteem kan worden gebruikt om de doorbuiging van het legbord te beperken. In deze paragraaf wordt, aan de hand van de opgestelde eisen, het dempsysteem ontworpen.

Het dempsysteem kan theoretisch worden gevormd door een kabel en een veer, de veer levert de kracht om de val van de klep tegen te gaan. In figuur 7.19 is een schets van de situatie gemaakt, de klep valt naar beneden als gevolg van de zwaartekracht. De kracht die in figuur 7.19 wordt aangeduid met F_{kabel} is de kracht die het veersysteem moet leveren om het vallen tegen te gaan. Om te kunnen bepalen welk type veer benodigd is voor het tegengaan van de val van de klep, wordt aangenomen dat de klep in evenwicht is bij elke hoek β . Met behulp van het momentenevenwicht kan de kracht

F_{kabel} berekend worden. Omdat de kracht F_{kabel} voor elke hoek β anders is, zal er een formule worden afgeleid waarin F_{kabel} is geschreven als functie van β . Om vervolgens te kunnen bepalen welk type veer benodigd is, zal er ook een formule opgesteld worden waarin F_{kabel} is geschreven als functie van b . De gevonden formule kan vervolgens, met behulp van Excel, geplot worden in een grafiek. Aan de hand van de grafiek kan worden bepaald welk type veersysteem benodigd is.



Figuur 7.19 Krachtenschema

Stel dat de klep in elke stand in evenwicht is, dan is $\sum M_0 = 0$, dit geeft:

$$\sum M_0 = z * \sin(\beta) * F_z - F_1 * c - F_2 * h = 0 \quad (7.2)$$

Waarin:

$$F_1 = F_{\text{kabel}} * \sin(\alpha) \text{ en } F_2 = F_{\text{kabel}} * \cos(\alpha)$$

Substitutie van F_1 en F_2 in vergelijking 7.2 geeft:

$$z * \sin(\beta) * F_z - F_{\text{kabel}} * \sin(\alpha) * c - F_{\text{kabel}} * \cos(\alpha) * h = 0$$

Uitschrijven geeft:

$$F_{\text{kabel}} = \frac{z * \sin(\beta) * F_z}{\sin(\alpha) * c + \cos(\alpha) * h} \quad (7.3)$$

Omdat de hoek α niet bekend is, zal hoek α uitgedrukt worden hoek β :

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta) \quad (7.4)$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos(\alpha) \quad (7.5)$$

$$\frac{a}{\sin(\alpha)} = \frac{b}{\sin(\beta)} \quad (7.6)$$

Vergelijking 7.4 in vergelijking 7.5 substitueren geeft:

$$a^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta) + c^2 - 2\sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)} * c \cos(\alpha)$$

Uitschrijven geeft:

$$\cos(\alpha) = \frac{-a \cos(\beta) + c}{\sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)}} \quad (7.7)$$

Vergelijking 7.4 in vergelijking 7.6 substitueren geeft:

$$\sin(\alpha) = \frac{a \sin(\beta)}{\sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)}} \quad (7.8)$$

Vergelijking 7.7 en 7.8 in 7.3 substitueren geeft:

$$F_{\text{kabel}} = \frac{z * \sin(\beta) * Fz}{\frac{a \sin(\beta)}{\sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)}} * c + \frac{-a \cos(\beta) + c}{\sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)}} * h}$$

Uitschrijven geeft:

$$F_{\text{kabel}} = \frac{z * \sin(\beta) * Fz * \sqrt{c^2 + a^2 - 2ca \cos(\beta)}}{a(\sin(\beta) * c - \cos(\beta) * h) + ch} \quad (7.9)$$

De kracht op de kabel is in vergelijking 7.9 uitgedrukt in de hoek β . Echter, om de benodigde veerconstante van het veersysteem te berekenen, is het zinnvoller om F_{kabel} uit te drukken in α .

$$\cos(\alpha) = \frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc} \quad (7.10)$$

$$\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha) = 1 \quad (7.11)$$

$$\rightarrow \sin(\alpha) = \sqrt{1 - \cos^2(\alpha)} \quad (7.12)$$

Vergelijking 7.11 substitueren in vergelijking 7.12 geeft:

$$\rightarrow \sin(\alpha) = \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc}\right)^2} \quad (7.13)$$

$$\sin(\beta) = \frac{\sin(\alpha) * b}{a} \quad (7.14)$$

$$\rightarrow \sin(\beta) = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc}\right)^2} * b}{a} \quad (7.15)$$

Vergelijking 7.10, 7.13 en 7.15 substitueren in vergelijking 7.3 geeft:

$$F_{\text{kabel}} = \frac{z * \sqrt{1 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc} \right)^2} * b}{\sqrt{1 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc} \right)^2} * c + \frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc} * h} * F_z \quad (7.16)$$

In vergelijking 7.11 is F_{kabel} uitgedrukt in b , waarin:

$$F_z = 4,8 * 9,81 = 47,088 \text{ N}$$

$$z = 191 \text{ mm}$$

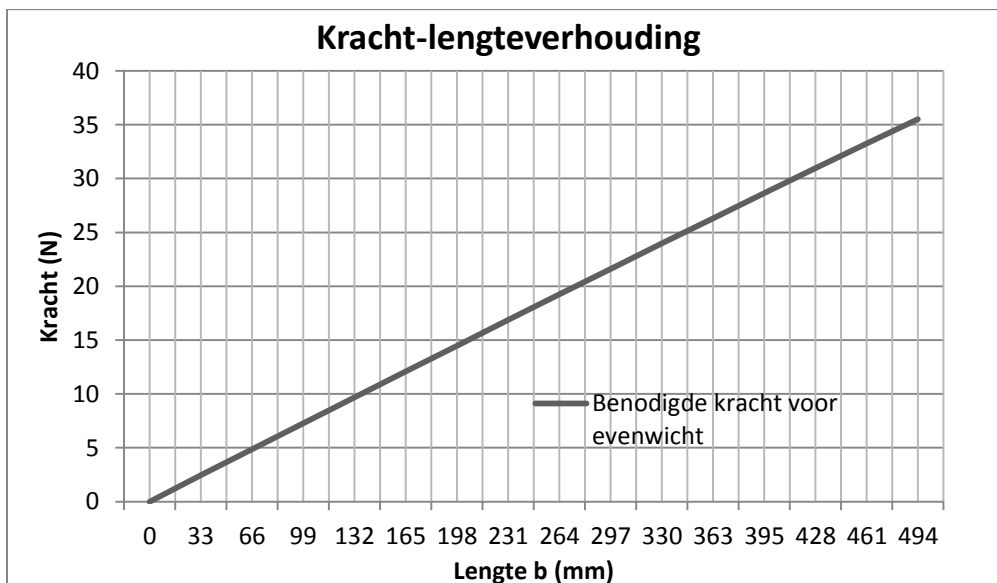
$$c = 343 \text{ mm}$$

$$a = 356 \text{ mm}$$

$$h = 9 \text{ mm}$$

$$0 \text{ mm} \leq b \leq 494,35 \text{ mm}$$

De bovenstaande gegevens kunnen ingevuld worden in vergelijking 7.16. Vervolgens kan de vergelijking met behulp van Excel worden geplot in een grafiek, zie figuur 7.20. De kracht is uitgezet op de y-as en de lengte van b is uitgezet op de x-as. De waarde van b varieert van $b=0 \text{ mm}$ tot $b = \sqrt{a^2 + c^2} = 494,35 \text{ mm}$ respectievelijk bij $\beta=0^\circ$ en bij $\beta=90^\circ$.



Figuur 7.20 Kracht- lengteverhouding

Uit de grafiek kan opgemaakt worden dat de kracht F_{kabel} lineair oploopt bij een verlenging van b . Om aan de voorwaarde $\sum M_0 = 0$ te kunnen voldoen, zal theoretisch gezien gebruik gemaakt kunnen worden van een lineaire veer. De benodigde veerconstante van de veer is in dat geval gelijk aan de hellingshoek van de grafiek: 0,072 N/mm. In praktijk zal de klep waarschijnlijk niet netjes in evenwicht blijven, maar langzaam naar beneden zakken of zelfs omhooggaan. Om te kunnen bepalen of het systeem met een lineaire veer



Figuur 7.21 Radiaaldemper
Bron: ACE Controls International

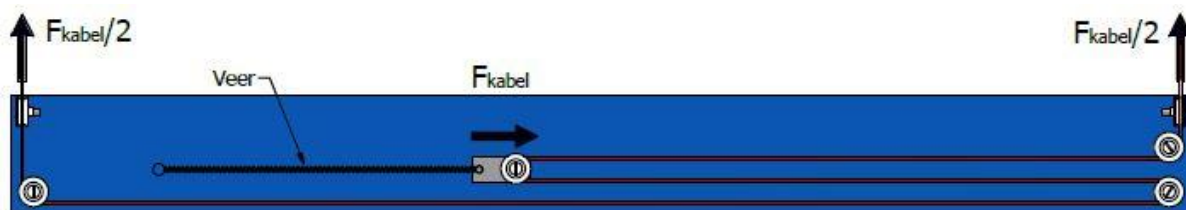
functioneert, zal het in praktijk getest moeten worden.

Wellicht blijkt in praktijk dat het systeem met een veer niet werkt, er zou dan gekozen kunnen worden voor het gebruik van een demper. De klep valt bij het gebruik van een demper immers altijd langzaam naar beneden. Er kan echter geen gebruik gemaakt worden van een gewone demper. Een gewone demper dempt namelijk ook de teruggaande beweging, hierdoor zal bij het snel omhoog brengen van de klep de spanning van de kabel verdwijnen, met vastlopers als gevolg. Een roterende demper, ofwel radiaaldemper, kan ook slechts in één draairichting dempen (ACE Stoßdämpfer GmbH, 2013). Op deze wijze is het mogelijk om alleen de neergaande beweging van de klep te dempen. Wanneer de radiaaldemper in combinatie met een veer wordt gebruikt, blijft de kabel ook bij de teruggaande beweging van de klep onder spanning. In figuur 7.15 is een dergelijke radiaaldemper weergegeven, deze dempers zijn zowel links- en rechtsdraaiend als in beide richtingen dempend verkrijgbaar. Aan de bovenzijde van de demper is een tandwiel geplaatst. De beweging van de klep kan gedempt worden door de kabel aan een dergelijke demper te bevestigen en vervolgens het tandwiel over een tandheugel te laten lopen. Bij het opvragen van de prijzen bij de leverancier van deze dempers, ACE Controls International, bleek dat de dempers betrekkelijk duur zijn. De prijs van de demper wordt pas aantrekkelijk vanaf een bestelling van 1000 stuks. Het gebruik van een veer is ten opzichte van een radiaaldemper vele malen goedkoper.

In overleg met de directie van Hieselaar, wordt besloten dat de praktijktests direct op een prototype van de één ordner hoge klepkast worden uitgevoerd. Met deze keuze hoopt de directie van Hieselaar tijd te besparen, een werkend prototype kan namelijk worden gebruikt om aan potentiële klanten te tonen. Omdat Hieselaar een plaatwerkconstructiebedrijf is, is het eenvoudig om snel een prototype van de kast te bouwen. Het prototype, inclusief het veersysteem, zal gemaakt worden met materialen die hoofdzakelijk bij Hieselaar voor handen zijn. Aanvankelijk zal getracht worden om de beweging van de klep te dempen met behulp van een veer. Mocht dit niet blijken te werken, dan kan er alsnog worden gekozen voor het gebruik van een radiaaldemper.

Ontwerp prototype veersysteem

Er zullen twee kabels op de klep bevestigd worden, één op elke hoek van de klep. Om te zorgen dat de kracht op beide kabels even groot is, wordt er gebruik gemaakt van één lange kabel waarvan de kracht verdeeld is door gebruik te maken van katrollen, zie figuur 7.22.



Figuur 7.22 Veersysteem met katrollen

In verband met de bedrijfszekerheid van het systeem, zal de translerende katrol moeten worden opgesloten. Een losse katrol zou namelijk kunnen vastlopen doordat deze ergens achter blijft haken. Om schrapende geluiden te voorkomen, wordt de katrol op een karretje geplaatst die vervolgens door een rails rijdt. In figuur 7.23 is het systeem schematisch weergegeven.

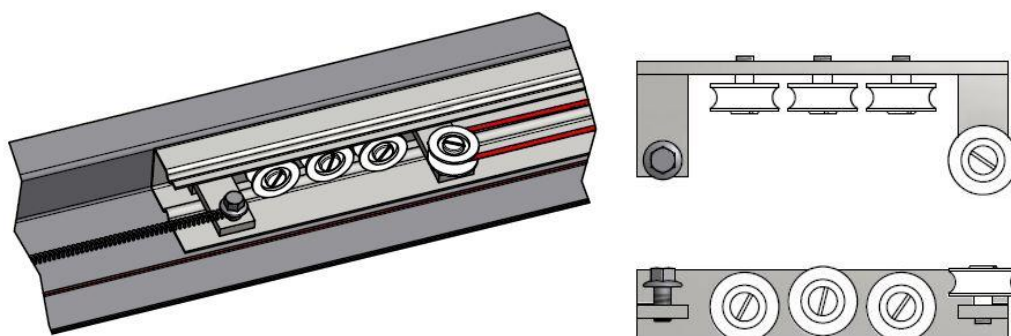


Figuur 7.23 Translerende katrol in een rails

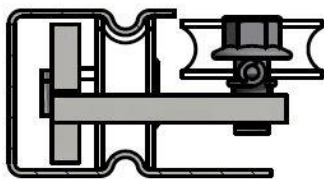
Het gehele systeem zal geplaatst worden in een metalen behuizing die onder het legbord van de kast kan worden geschroefd. In paragraaf 7.1 is bepaald dat de behuizing van het veersysteem zal worden gebruikt om de doorbuiging van het legbord te beperken. De doorsnede van de behuizing moet daarom minimaal een oppervlaktetraagheidsmoment van $I = 2,24 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ of $I = 6,69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$ hebben wanneer deze respectievelijk van staal of aluminium wordt gemaakt. De behuizing kan, in verband met de beschikbare ruimte, niet veel hoger dan 25 millimeter, niet langer dan 1447 millimeter en niet dieper dan 355 millimeter worden. De diepte van de behuizing wordt uiteindelijk bepaald door de componenten die in de behuizing geplaatst worden. In figuur 7.24 is het verder uitgewerkte ontwerp weergegeven. Het ontwerp kan gebouwd worden met materialen die bij Hieselaar voor handen zijn. De metalen onderdelen worden met de machines van Hieselaar vervaardigd. Het karretje dat door de rails rijdt, wordt gemaakt van een stalen strip waar drie wielen op geschroefd worden. Het middelste wiel is ten opzichte van de buitenste wielen iets naar boven verschoven, zie figuur 7.25. De buitenste wielen lopen over de onderste rail en het middelste wiel loopt over de bovenste rail, zie figuur 7.26. In figuur 7.27 is de dimensionering van de behuizing weergegeven. Volgens de berekeningen in bijlage I, heeft de behuizing een oppervlaktetraagheidsmoment van $2,45 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, dit voldoet aan de eerder gestelde eisen.



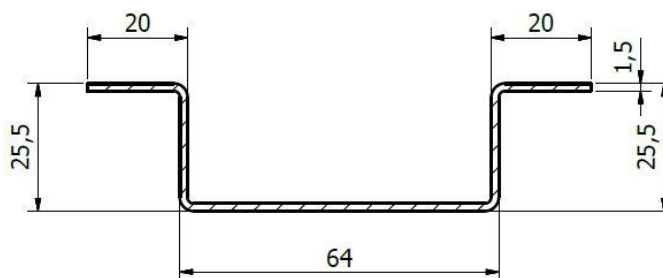
Figuur 7.24 Ontwerp veersysteem



Figuur 7.25 Karretje



Figuur 7.26 Doorsnede rails



Figuur 7.27 Dimensionering behuizing

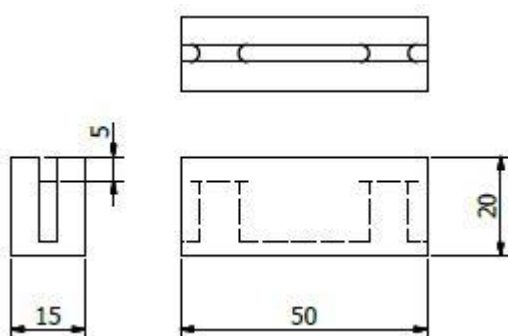
7.4 Stelvoeten

In paragraaf 6.2 is gekozen voor de stelvoet met opvulplaatjes, deze keuze is gemaakt in overleg met de directie van Hieselaar. In deze paragraaf zal het ontwerp verder worden uitgewerkt.

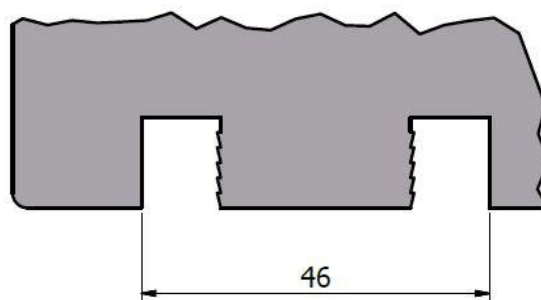
De stelvoeten zullen gemaakt worden van een zwartkleurige kunststof. Bij grote aantallen kan er voor gekozen worden om de kunststof onderdelen te spuitgieten. Voor kleine series is het spuitgieten vanwege de hoge instelkosten echter geen optie. Er wordt daarom besloten dat de kunststof delen in ieder geval voor het prototype en de eerste series zullen worden gefreesd. Het kunststof dat zal worden gebruikt is POM, ofwel Polyacetaal. Dit materiaal is goed mechanisch te bewerken en wordt veelal toegepast in de machinebouw (Hamel metaal, 2005). De keuze valt op POM vanwege de goede beschikbaarheid van het materiaal bij de leverancier, daarnaast heeft Hieselaar goede ervaringen met het toepassen van dit materiaal.

Ontwerp stelvoet

Om kosten te besparen zullen de stelvoeten eenvoudig worden vormgegeven. In figuur 7.28 is het ontwerp van de stelvoet weergegeven. In de stelvoet worden kamers gefreesd waar een getande lip, zie figuur 7.29, in kan grijpen. De getande lip wordt door middel van lasersnijden uit de zijwand gevormd. De tanden grijpen in het kunststof en voorkomen daarmee dat de stelvoet op de grond blijft staan tijdens het optillen van de kast. De stelvoet kan in hoogte versteld worden door opvulplaatjes tussen de lip en de bodem van de kamers te plaatsen. In figuur 7.30 is het opvulplaatje weergegeven, het plaatje kan gestanst worden uit aluminium plaatmateriaal en in verschillende diktes worden meegeleverd. In figuur 7.31 is te zien hoe de stelvoet op de zijwand wordt geplaatst. Voor de duidelijkheid is de stelvoet en het opvulplaatje weergegeven in respectievelijk een blauwe en een groene kleur.



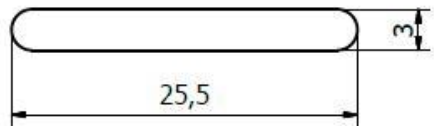
Figuur 7.28 Stelvoet



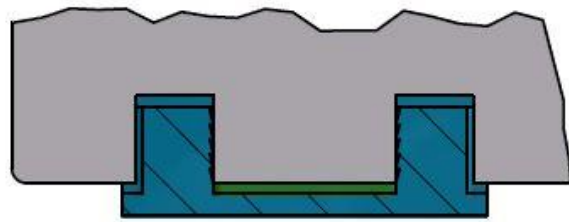
Figuur 7.29 Getande lip

De stelvoet kan maximaal vijf millimeter in hoogte worden versteld, dit is erg weinig, maar wellicht in praktijk voldoende om de oneffenheden in vloeren op te vangen. De reden dat de stelvoet slechts vijf millimeter versteld kan worden, is de beperkte hoogte van de stelvoet. De ontwerper wil liever niet

dat de voet hoger wordt, en daarnaast moet de getande lip nog voldoende contactoppervlak hebben met het kunststof. Uit tests met het prototype zal moeten blijken of de stelvoet goed functioneert. Mocht dit niet het geval zijn, dan zal de stelvoet alsnog moeten worden aangepast.



Figuur 7.30 Opvulplaatje



Figuur 7.31 Samenstelling

Om er zeker van te zijn dat de stelvoet een maximaal belaste kast kan dragen, wordt er ter controle een berekening uitgevoerd:

In bijlage I is bepaald dat de kast een kracht van 2130,71 N uitoefent op elke zijwand, deze kracht wordt verdeeld over twee stelvoeten. Elke stelvoet wordt dus belast met 1065,36 N. Het contactoppervlak tussen het opvulplaatje en de kunststof voet bedraagt 74,6 mm². De drukspanning wordt berekend met formule 7.17.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (7.17)$$

Waarden invullen in formule 7.17 geeft: $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1065,36}{74,6} = 14,3 \text{ MPa}$.

POM heeft een drukvastheid van 100 MPa (Hamel metaal, 2005), het materiaal kan de drukspanning van 14,3 MPa dus prima aan. De getande lip, gemaakt uit staal met een 0,2% rekgrens van 235 MPa, zal evenmin bezwijken onder de druk. Het is in dit geval niet nodig om de knikspanning in de getande lip te berekenen, deze zit namelijk ingeklemd in het kunststof en kan daardoor onmogelijk knikken. De stelvoet kan een maximaal belaste kast prima dragen.

7.5 Totaalontwerp

In deze paragraaf worden alle ontworpen onderdelen uit de vorige paragrafen samengevoegd tot één totaalontwerp. Er zijn echter nog wel wat losse eindjes die aan elkaar geknoopt moeten worden:

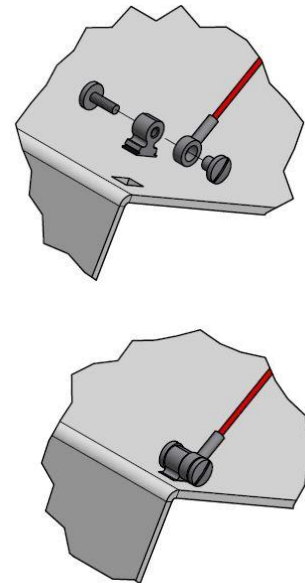
- Er is nog niet exact bepaald hoe de kabel aan de klep wordt bevestigd;
- het onderste legbord is nog niet verstevigd. De andere legborden worden verstevigd met de behuizing van het veersysteem, deze kan uiteraard niet op het onderste legbord gemonteerd worden;
- de panelen waaruit de kast wordt opgebouwd zijn niet geborgd, de legborden kunnen eenvoudig loskomen;
- De bevestigingsbeugel van het sluitsysteem kan mogelijk worden samengevoegd met de behuizing van het veersysteem.

In deze paragraaf zullen al deze losse eindjes stapsgewijs aan elkaar geknoopt worden, met als resultaat een totaalontwerp wat gebruikt wordt voor het prototype. Uit praktische overwegingen zal als eerste een prototype van de één ordner hoge klepkast gemaakt worden, het totaalontwerp in

deze paragraaf betreft daarom ook alleen de één ordner hoge klepkast. De overige klepkasten worden op eenzelfde wijze uitgewerkt, deze worden echter niet opgenomen in het verslag.

Kabel bevestigen aan de klep

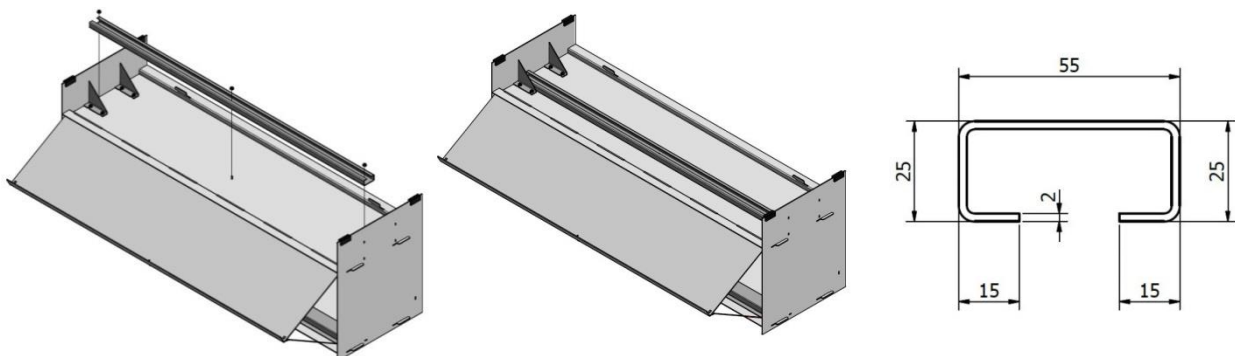
Het bevestigen van de kabel aan de klep lijkt eenvoudig, maar niets is minder waar. Zoals eerder is aangegeven moet de buitenzijde van de klep helemaal strak afgewerkt zijn. Aangezien de klep enkelwandig is, is het aantal mogelijkheden enorm beperkt. Er zouden beugels aan de binnenzijde van de klep gelast kunnen worden, waarbij gebruik wordt gemaakt van dezelfde techniek als bij de zijwand: de nok-en-gat verbinding. De buitenzijde van de klep kan dan netjes afgewerkt worden, waarna de lassen onzichtbaar zijn. De kabel kan vervolgens aan de klep bevestigd worden door aan beide uiteinden van de kabel een oog te maken wat aan de beugels bevestigd wordt. Het zou echter goedkoper zijn als de lasbewerking vermeden wordt. Wellicht is het gebruik van een PEM insert een betere oplossing. De PEM insert wordt vanaf de buitenzijde in een vooraf geponst gat geperst. Dezelfde techniek wordt ook gebruikt bij de inpersdraadeinden, na het lakken van de kast is de insert bijna niet meer zichtbaar. Er zijn inserts verkrijgbaar waarbij het schroefdraad haaks op de plaat gepositioneerd is. Vervolgens kan het oog van de kabel met een bout en een moer bevestigd worden. In figuur 7.32 is de verbinding weergegeven.



Figuur 7.32 Kabelverbinding

Onderste legbord verstevigen

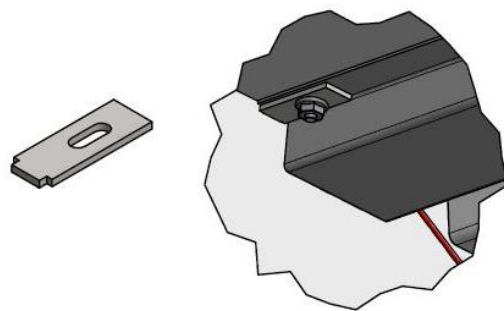
Het onderste legbord kan verstevigd worden met behulp van een C-profiel dat onder het legbord wordt geschroefd. Dit profiel kan twee doelen dienen, enerzijds wordt het legbord ermee verstevigd, anderzijds kan het gebruikt worden om het legbord extra te borgen. Door het profiel achter de schoren te plaatsen die achter de zijwanden zijn gelast, kan het legbord na het plaatsen van het profiel niet meer naar voren schuiven. In figuur 7.33 is weergegeven hoe het C-profiel op het legbord wordt bevestigd. Ook dit profiel moet over de buigende as een minimale oppervlaktetraagheidsmoment hebben van $2,24 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$. In figuur 7.33 is tevens de doorsnede van het profiel weergegeven. Volgens de berekening in de bijlage heeft dit profiel een oppervlaktetraagheidsmoment van $2,43 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, het profiel voldoet dus aan de gestelde eis.



Figuur 7.33 Verstevigingsprofiel

Legborden borgen

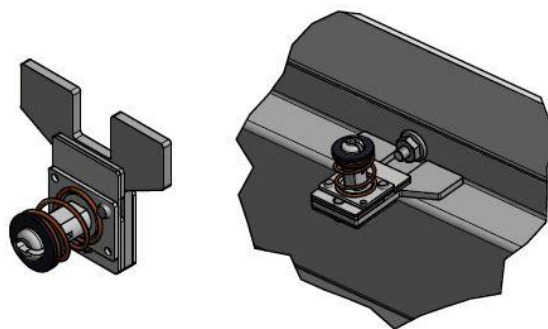
Hoewel het onderste legbord geborgd kan worden met het verstevigingsprofiel, moet voor het borgen van de overige legborden nog een oplossing gevonden worden. Er kan voor eenzelfde oplossing gekozen worden als voor het onderste legbord. Het veersysteem wordt dan, nadat het legbord in de kast is gemonteerd, achter een uitstekend deel van de zijwand geplaatst. Voor het monteren van de kast is het echter eenvoudiger als het veersysteem vooraf onder het legbord of de top gemonteerd kan worden. Het is daarom makkelijker als de borging pas op het laatst wordt aangebracht. In figuur 7.34 is een borgplaatje weergegeven die samen met de behuizing van het veersysteem wordt mee geschroefd. Het borgplaatje heeft aan het uiteinde een nokje dat in een gat in de zijwand grijpt, hierdoor wordt het legbord geborgd aan de zijwand. In de afbeelding is te zien dat het borgplaatje een sleufgat heeft, door de moer losjes aan te draaien kan het plaatje nog enigszins verschuiven. De monteur kan op deze wijze het legbord na montage eenvoudig borgen door het borgplaatje naar buiten te schuiven en vervolgens vast te draaien. Het borgplaatje wordt zowel links als rechts geplaatst.



Figuur 7.34 Borgplaatje

Bevestigingsbeugel samenvoegen met behuizing

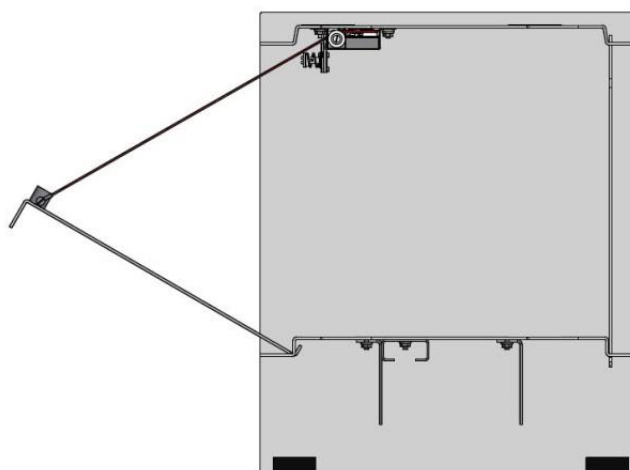
In paragraaf 7.2 is gesteld dat de beugel van het sluitsysteem, mogelijk samengevoegd kan worden met de behuizing van het veersysteem. Op deze wijze kunnen onnodige handelingen bespaard worden. In figuur 7.35 is weergegeven hoe het beugeltje is vervangen door een vlak plaatje. Dit vlakke plaatje wordt op de behuizing van het veersysteem bevestigd met behulp van puntlassen. Op deze wijze kan het sluitsysteem samen met het veersysteem op het legbord worden gemonteerd.



Figuur 7.35 Sluitsysteem

Eindresultaat

In figuur 7.36 is het zijaanzicht van een opengewerkte één ordner hoge klepkast weergegeven. Hierin is te zien hoe de diverse onderdelen ten opzichte van elkaar gepositioneerd zijn. Uitgebreidere tekeningen zijn te vinden in bijlage III. In het ontwerp zijn de veiligheidsafstanden uit de NEN-EN-ISO 13857-norm gehanteerd.



Figuur 7.36 Opengewerkte klepkast

8. Kostprijscalculatie

In dit hoofdstuk wordt er een kostprijscalculatie van de diverse varianten archiefkasten gemaakt. De berekening wordt uitgevoerd met behulp van de ERP- software die bij Hieselaar wordt gebruikt: Ridder R8. Deze software wordt onder andere gebruikt voor prijscalculaties, productiebesturing en werkvoorbereiding. Door diverse benodigde artikelen en bewerkingen in Ridder R8 in te voeren, kan de kostprijs van een product berekend worden.

De kostprijs van een product is sterk afhankelijk van de aantallen waarin het geproduceerd wordt. Een product waar er maar één van gemaakt wordt, is vele malen duurder dan een product dat in een serie van 100 stuks geproduceerd wordt. Dit heeft vooral te maken met de benodigde steltijden van machines, overheadkosten spelen daarnaast uiteraard ook een grote rol. Om een indicatie te kunnen geven van de kostprijs van de kleppenkasten, wordt er een calculatie gemaakt met behulp van Ridder R8. Bij de calculatie wordt uitgegaan van de één ordner hoge klepkast. Omdat de overige kasten uit dezelfde onderdelen gemaakt worden, kan er eenvoudig een schatting worden gemaakt op basis van de prijs van de één ordner hoge klepkast. Om te laten zien hoeveel effect de seriegrote op de prijs heeft, wordt er een berekening voor een serie van één, tien en vijftig stuks gemaakt. De berekening is opgenomen in bijlage II.

Uit de berekeningen in de bijlage volgt dat de stelkosten 353,36 euro bedragen. Deze stelkosten blijven voor elke seriegrote gelijk. In tabel 8.1 is te zien hoe de kostprijs van de kast omlaag gaat naarmate de serie groter wordt. De kostprijs van één kast wordt lager in een grote serie omdat de stelkosten verdeeld worden over het aantal in de serie. Door aan te nemen dat de stelkosten voor alle varianten gelijk zijn aan die van de één ordner hoge kast, kan de prijs eenvoudig bepaald worden door de overige kosten te vermenigvuldigen met het aantal ordnerhoogtes. Deze aanname kan gedaan worden omdat de kasten grotendeels opgebouwd worden uit dezelfde onderdelen. Er moet in die berekening wel rekening gehouden worden met het feit dat het aantal legborden niet vermenigvuldigd kan worden met de ordnerhoogte, de twee ordner hoge kast heeft immers geen vier legborden, maar drie legborden. Omdat deze wijze van rekenen niet heel nauwkeurig is, is de prijs afgerond op tientallen. De berekening is uitgewerkt in bijlage II.

Eén ordner hoge klepkast		Twee ordner hoge klepkast	
Aantal	Prijs/ stuk	Aantal	Prijs/ stuk
1	€ 645,59	1	€ 910, -
10	€ 327,56	10	€ 600, -
50	€ 299,29	50	€ 570, -

Drie ordner hoge klepkast		Vier ordner hoge klepkast	
Aantal	Prijs/ stuk	Aantal	Prijs/ stuk
1	€ 1180, -	1	€ 1450, -
10	€ 870, -	10	€ 1140, -
50	€ 840, -	50	€ 1110, -

Tabel 8.1 Kostprijs Kleppenkasten

De prijzen uit tabel 8.1 worden goed bevonden door de directie van Hieselaar Nederland BV, dit betekent dat er een prototype kan worden gebouwd.

9. Prototype

Na enkele maanden van voorbereiding, werd het tijd om het prototype te bouwen. Het resultaat is te zien in figuur 9.1. Wegens tijdgebrek is het helaas niet mogelijk gebleken om uitgebreide tests op het prototype uit te voeren. Het testproces is beperkt gebleven tot het testen van de algehele werking van de kast en het testen van het veersysteem.



Figuur 9.1 Prototype

In paragraaf 7.3 is bepaald dat het veersysteem direct op het prototype getest zal worden. In figuur 9.2 is het gemaakte veersysteem weergegeven. In praktijk bleek het erg lastig om een veer te vinden met een veerconstante van $0,072 \text{ N/mm}$ die 500 millimeter uit kan rekken. Het is mogelijk om een dergelijke veer op maat te laten maken, voor het prototype is er echter voor gekozen om het eerst met standaardveren te proberen. Na vele tests bleken twee parallel geschakelde lineaire veren met een overbrenging van 1:2, in combinatie met een constante krachtveer, heel goed te werken.



Figuur 9.2 Veersysteem

De lineaire veren hebben beide een veerconstante van 0,04 N/mm en een initiële kracht van 1,77 N (Lesjöfors, 2008). Er is een kracht van 14,7 N nodig om de constante krachtveer uit te rekken (Amatec, 2013). De veren worden aan een katrol gehangen, waardoor ze een overbrenging van 1:2 krijgen. Dit is nodig omdat de veren zelf niet ver genoeg uitgerekt kunnen worden. Door de overbrenging verandert de veerconstante van het systeem als geheel. De kracht die benodigd is om het veersysteem uit te rekken halveert, terwijl de uitrekking verdubbelt. De veerconstante van het veersysteem met een overbrenging van 1:2, kan met vergelijking 9.1 berekend worden:

$$c' = \frac{F/2}{\Delta s * 2} = \frac{F}{4 * \Delta s} \quad (9.1)$$

c' : Veerconstante veersysteem (N/mm)
 F : Kracht waarmee de veer wordt uitgetrokken
 Δs : Afgelegde weg

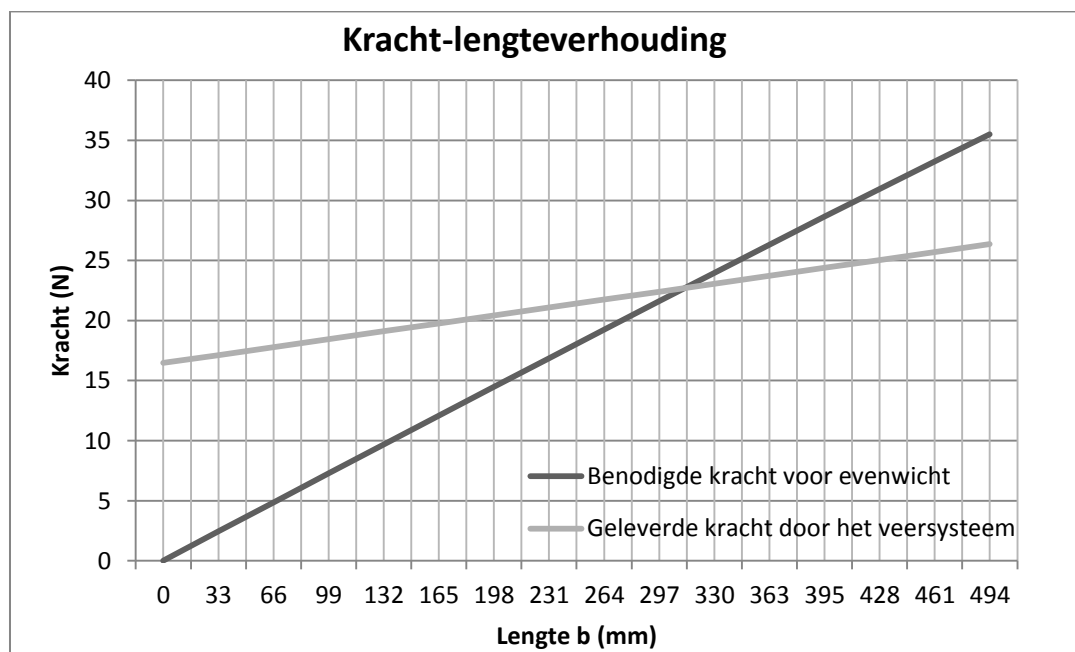
Uit vergelijking 9.1 valt op te maken dat de veerconstante c' met een overbrenging van 1:2, vier keer kleiner wordt dan de veerconstante c van de veer zelf.

De kracht die het veersysteem als geheel levert wordt bepaald met vergelijking 9.2.

$$F = 2 * \left(\frac{1}{4} * \Delta s * c + \frac{1}{2} F_0 \right) + F_c \quad (9.2)$$

F : Kracht die het veersysteem levert
 F_0 : Initiële kracht van de lineaire veer
 F_c : Kracht die de constante krachtveer levert
 c : Veerconstante van de lineaire veer

Formule 9.2 kan ingevuld worden in eenzelfde grafiek als in figuur 7.20 uit paragraaf 7.3. In figuur 9.3 zijn de twee grafieken tegen elkaar uitgezet. De donkergrijze lijn geeft de kracht aan die benodigd is om de klep in evenwicht te houden, de lichtgrijze lijn geeft de kracht aan die het veersysteem levert.



Figuur 9.3 Kracht-lengteverhouding

Uit de grafiek valt op te maken dat het systeem in evenwicht is bij een uitrekking van 346,5 millimeter. In praktijk blijkt het systeem bij een veel groter gebied in evenwicht te zijn. Waarschijnlijk komt dit door de relatief grote weerstand van het karretje dat door de rails loopt. De weerstand helpt het systeem dan onbedoeld beter te functioneren. Zoals ook uit de grafiek valt op te maken, levert het veersysteem al een grote kracht als de veer nog niet is uitgerekt. Dit geeft problemen met het openen van de klep. De oplossing is de klep een stukje open te laten vallen, zoals te zien is in figuur 9.4. De klep kan met de hand verder naar beneden worden gebracht. De opening wordt gecreëerd door te voorkomen dat de kabel helemaal in het veersysteem gaat, dit is gedaan door provisorisch een stukje van een veer en een rubber schijfje op de kabel te monteren. Het rubberen schijfje blijft hangen achter het gat waar de kabel uit de behuizing komt, de veer zorgt er op zijn beurt weer voor dat het schijfje niet kan verplaatsen. De klep blijft in veel posities in evenwicht, alleen bij het eerste stuk klapt de klep dicht en bij het laatste stuk valt de klep een stukje naar beneden. In praktijk blijkt dit systeem goed te werken, de klep klapt bij het eerste stuk niet heel hard dicht en valt bij het laatste stuk niet zo hard naar beneden.



Figuur 9.4 Klep

Het veersysteem functioneert goed, maar produceert echter wel veel geluid. Het geluid zou door sommige gebruikers als storend ervaren kunnen worden. Waarschijnlijk wordt het geluid veroorzaakt door het karretje dat in de rails rijdt. Het karretje ondervindt relatief veel weerstand, wellicht kan het geluid gereduceerd worden als de weerstand lager wordt. Dit zal echter nieuwe problemen met zich meebrengen, aangezien de weerstand lijkt te zorgen voor de goede werking van het systeem. Er zullen uitgebreide tests uitgevoerd moeten worden om de werking te kunnen optimaliseren.

De stelvoeten van de kast blijken, tijdens het uitvoeren van een korte test, lastig te werken. De stelvoet blijft goed zitten op de getande lip, maar het in hoogte verstellen van de kast is veel werk. De kast moet namelijk opgetild worden om de plaatjes in de stelvoet te kunnen leggen. De één ordner hoge kast is met twee personen nog eenvoudig op te tillen, bij de grotere varianten zal dit lastiger worden.

Het sluitsysteem lijkt, tijdens het uitvoeren van een korte test, goed te werken. Hoewel het bij de één ordner hoge klepkast niet aan de orde is, lijkt het systeem ook met een belast legbord goed te werken. De top van de kast functioneert in dit geval dan als legbord. Uitgebreidere tests zullen moeten uitwijzen of het sluitsysteem ook in de meest extreme situaties functioneert.

10. Conclusie en aanbevelingen

In de opdrachtomschrijving in paragraaf 1.3, is als doelstelling geformuleerd dat de volgende producten vóór 19 december 2013 moeten worden opgeleverd:

- Ontwerpen van de diverse varianten kleppenkasten die voldoen aan het pakket van eisen;
- 3D modellen van de verschillende varianten kleppenkasten;
- Werktekeningen van de verschillende varianten kleppenkasten;
- Werkend prototype van één van de kasten;
- Verslaglegging van het ontwerpproces in de vorm van een scriptie.

De diverse varianten kleppenkasten zijn ontworpen op basis van het pakket van eisen. Vervolgens is er, aan de hand van de 3D modellen en werktekeningen, een prototype gebouwd. Het prototype bleek, na het uitvoeren van korte tests, te voldoen aan de vaste eisen uit het pakket van eisen. Er kan geconcludeerd worden dat de doelstelling hiermee is gehaald.

De ontwikkelingsfase van de kleppenkasten is echter nog niet voorbij, er moeten nog vele tests uitgevoerd worden om exact vast te kunnen stellen wat verbeterd kan of moet worden. Uit de korte tests die zijn uitgevoerd zijn wel al enkele verbeterpunten naar voren gekomen: het veersysteem produceert veel geluid tijdens gebruik en de stelvoeten zijn lastig in hoogte te verstellen. Het sluitsysteem lijkt aanvankelijk goed te functioneren, er zullen echter uitgebreidere tests uitgevoerd moeten worden om hier conclusies uit te kunnen trekken.

Al met al kan er geconcludeerd worden dat het geëiste resultaat is bereikt. Echter, voordat de kleppenkasten op de markt kunnen worden gebracht, moet er nog het nodige onderzocht en verbeterd worden.

Bibliografie

- ACE Stoßdämpfer GmbH. (2013). ACE Katalog. Langenfeld: ACE Stoßdämpfer GmbH.
- Amatec. (2013). *Konstante Krachtveren*. Opgeroepen op november 13, 2013, van Amatec:
<http://www.amatec.nl/webshop/konstante-krachtveren>
- Beek, V. (sd). *Mechanische eigenschappen van metalen*. Opgeroepen op oktober 15, 2013, van
Werktuigbouw en Tribologie: <http://www.tribologie.nl/calculators/uts.htm>
- Cadcollege. (2006). *Methodisch ontwerpproces*. Opgeroepen op September 1, 2013, van Cadcollege:
http://www.cadcollege.com/extra_lessen/am2.pdf
- De Klare Lijn. (sd). *Kleppenkast*. Opgeroepen op september 8, 2013, van De Klare Lijn:
<http://www.deklarelijn.nl/deklarelijn/kleppenkast>
- Eger, A., Bonnema, M., Lutters, E., & Voort, M. v. (2010). *Productontwerpen*. Den Haag: Uitgeverij
LEMMA.
- European Mill Products. (2008, juni 3). *Nautic AL*. Opgeroepen op september 30, 2013, van Alcoa:
http://www.alcoa.com/mill_products/catalog/Nautic_AI_EN.pdf
- Häfele Nederland B.V. (2013, september 13). *Veersluiting met snapper*. Opgeroepen op november 2,
2013, van Häfele easy link: http://easylink.hafele.com/is-bin/intershop.static/WFS/HNL-EasyLink_HNL-Site/HNL-EasyLink_HNL/nl_NL/pdfcatalog/DGH-M2013/blaetterkatalog/pdf/save/bk_1468.pdf
- Hamel metaal. (2005, augustus 28). *Kunststof*. Opgeroepen op november 4, 2013, van Hamel metaal:
<http://www.hamel.nl/Files/File/documentatie/Kunststof.pdf>
- Hibbeler, R. (2010). *Dynamica*. Amsterdam: Pearson Education Benelux.
- Hibbeler, R. (2012). *Sterkteleer*. Amsterdam: Pearson Benelux.
- Lesjöfors. (2008, september 10). *Standard Springs*. Opgeroepen op november 5, 2013, van Lesjöfors
springs & pressings: http://catalog.lesjoforsab.com/pdf/en/chapters/80-85_EN.pdf
- MCB Nederland. (2013). *Bruto prijzen metaal*. Opgeroepen op november, van MCB Nederland:
<http://www.mcb.nl/smallcms/index.php?id=189>
- MCB Nederland BV. (2007). *Het MCB boek*. Valkenswaard: MCB Nederland BV.
- NEN. (1987). *NEN 690*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NEN. (2004). *NEN-EN 14073-3*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- NEN. (2008). *NEN-EN-ISO 13857*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

Oskam, I., Cowan, K., Hoiting, L., & Souren, P. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties*. Houten: Noordhoff Uitgevers.

Proost en Brandt. (sd). *Papierformaten*. Opgeroepen op september 22, 2013, van Proost en Brandt: <http://www.proost.nl/rightclick.cfm?id=1461856>

Southco. (2010, augustus 4). *A4 - Pin Latch*. Opgeroepen op november 2, 2013, van Southco: <http://www.southco.com/static/Literature/a4.en.pdf>

Stichting Gispen Collectie. (2009). *Collectie*. Opgeroepen op november 21, 2013, van Stichting Gispen Collectie: <http://stichtinggispencollectie.nl/collectie/producten/gispen-5600>

Van Leest Antiques. (2009). *Globe- Wernicke*. Opgeroepen op september 8, 2013, van Globe-Wernicke Bookcases: <http://www.globewernicke-bookcases.com/>

Vonvintage.nl. (sd). *Catalogus*. Opgeroepen op september 8, 2013, van Vonvintage.nl: www.vonvintage.nl

Bijlage I

Legbord

Uit de NEN-EN 14073-3 norm volgt dat de totale belasting op een legbord maximaal 80,6 kg moet kunnen bedragen. Om te bepalen of het legbord sterk genoeg is om de last te kunnen dragen wordt er een berekening uitgevoerd. Het type aluminium dat wordt toegepast bij Hieselaar is AW-5754 H111, dit is een aluminiumlegering met een elasticiteitsmodulus van 70,5 GPa (European Mill Products, 2008) en een 0,2% rekgrens van 80 MPa (MCB Nederland BV, 2007).

Gegevens

Materiaalsoort: AW-5754 H111

$E_{\text{Aluminium}} = 70,5 \text{ GPa}$

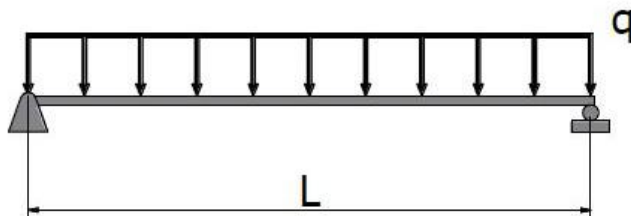
$\sigma_{0,2\%} = 80 \text{ MPa}$

$L = 1,448 \text{ m}$

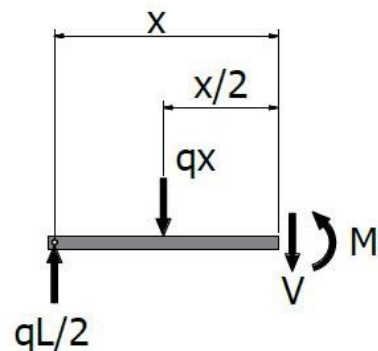
$q = 546,05 \text{ N/m}$

Aannames

- De belastingsituatie van het legbord is vergelijkbaar met een opgelegde balk met een verdeelde belasting.
- Het materiaal is spanningsvrij en homogeen.
- De buigzones kunnen benaderd worden door rechte hoeken.
- De massa van het legbord kan worden verwaarloosd.



Figuur I.1 belastingsituatie

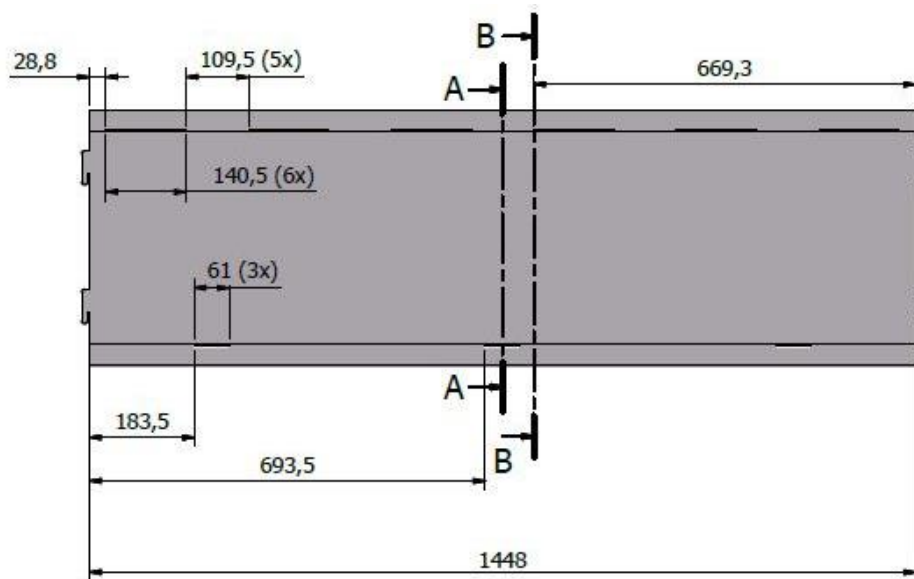


$$M = \frac{q}{2} (Lx - x^2) \quad (\text{I.1}) \text{ (buigmoment op willekeurige waarde van } x)$$

$$M = \frac{q L^2}{8} \quad (\text{I.2}) \text{ (buigmoment is maximaal)}$$

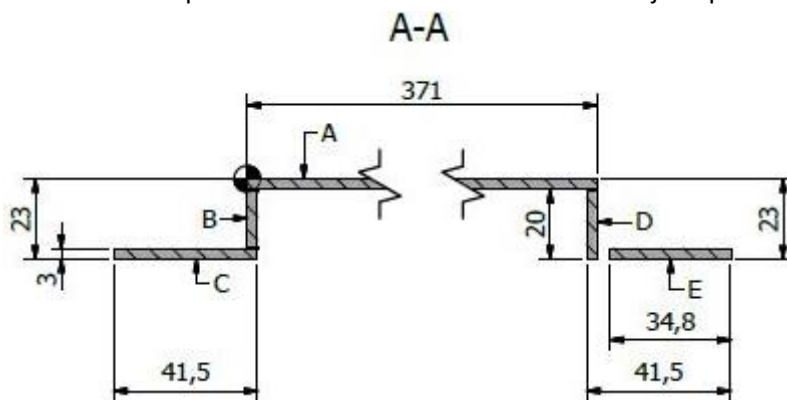
$$V = q \left(\frac{L}{2} - x \right) \quad (\text{I.3})$$

De doorsnede van het legbord is niet overal gelijk, zie figuur I.2. Over de lengte wordt de doorsnede enkele malen onderbroken door sleuven. Omdat de afmeting van de bovenste sleuven in de afbeelding niet gelijk is aan de afmeting van de onderste sleuven, is vooraf niet duidelijk waar de buigspanning het grootst zal zijn. Om te bepalen waar de buigspanning in het legbord het grootst is, zal de berekening twee keer uitgevoerd moeten worden.

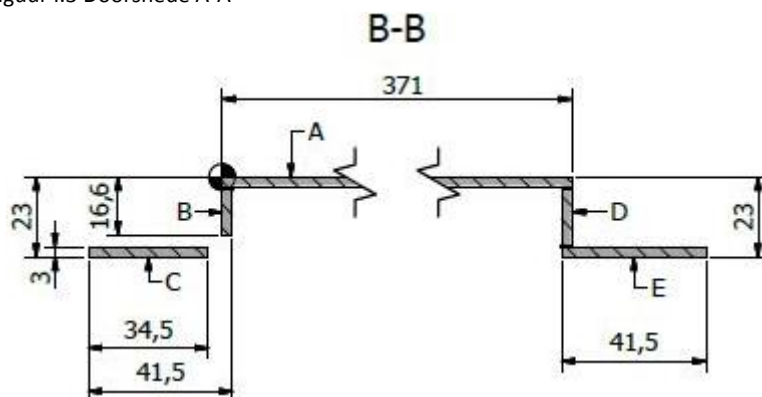


Figuur I.2 Legbord

Voor het berekenen van de buigspanning dient het oppervlaktetraagheidsmoment bekend te zijn. Voor het bepalen van het oppervlaktetraagheidsmoment zal het zwaartepunt van de doorsnede bepaald moeten worden. In figuur I.2 is te zien dat er twee doorsneden zijn gemaakt, doorsnede A-A is op $x = \frac{L}{2}$ gemaakt en doorsnede B-B is op $x = 669,3 \text{ mm} = 0,6693 \text{ m}$ gemaakt. De doorsneden zijn in de figuren I.3 en I.4 weergegeven. Omdat de twee doorsneden qua maatvoering verschillen, zal het zwaartepunt voor beide doorsneden afzonderlijk bepaald moeten worden.



Figuur I.3 Doorsnede A-A



Figuur I.4 Doorsnede B-B

De doorsneden zijn opgedeeld in kleine rechthoekige vlakken, aangeduid met een letter. De positie van het zwaartepunt wordt gemeten vanaf het punt dat aangeduid is met . De horizontale as is de x-as en de verticale as is de y-as. Omdat de positie van het zwaartepunt op de x- as voor de berekening niet van belang is, wordt deze ook niet bepaald.

Zwaartepunt doorsnede A-A

A: $A_A = 371 * 3 = 1113 \text{ mm}^2$
 $y_A = 3/2 = 1,5 \text{ mm}$
 $s_A = 1113 * 1,5 = 1669,5 \text{ mm}^3$

B: $A_B = 3 * 17 = 51 \text{ mm}^2$
 $y_B = (17/2)+3 = 11,5 \text{ mm}$
 $s_B = 51 * 11,5 = 586,5 \text{ mm}^3$

C: $A_C = 41,5 * 3 = 124,5 \text{ mm}^2$
 $y_C = 23-(3/2) = 21,5 \text{ mm}$
 $s_C = 124,5 * 21,5 = 2676,75 \text{ mm}^3$

D: $A_D = 3 * 20 = 60 \text{ mm}^2$
 $y_D = 3 + (20/2) = 13 \text{ mm}$
 $s_D = 60 * 13 = 780 \text{ mm}^3$

E: $A_E = 34,8 * 3 = 104,4 \text{ mm}^2$
 $y_E = 23 - (3/2) = 21,5 \text{ mm}$
 $s_E = 104,4 * 21,5 = 2244,6 \text{ mm}^3$

$$A_{\text{totaal}} = 1452,9 \text{ mm}^2$$

$$s_{\text{totaal}} = 7957,35 \text{ mm}^3$$

Afstand zwaartepunt vanaf : $y = 7957,35 / 1452,9 = 5,48 \text{ mm}$

Zwaartepunt doorsnede B-B

A: $A_A = 371 * 3 = 1113 \text{ mm}^2$
 $y_A = 3/2 = 1,5 \text{ mm}$
 $s_A = 1113 * 1,5 = 1669,5 \text{ mm}^3$

B: $A_B = 3 * 13,6 = 40,8 \text{ mm}^2$
 $y_B = (13,6/2) + 3 = 9,8 \text{ mm}$
 $s_B = 399,84 = \text{mm}^3$

C: $A_C = 34,5 * 3 = 103,5 \text{ mm}^2$
 $y_C = 23-1,5 = 21,5 \text{ mm}$
 $s_C = 103,5 * 21,5 = 2225,25 \text{ mm}^3$

D: $A_D = 3 * 17 = 51 \text{ mm}^2$
 $y_D = (17/2)+3 = 11,5 \text{ mm}$
 $s_D = 51 * 11,5 = 586,5 \text{ mm}^3$

$$\begin{aligned} E: \quad A_E &= 41,5 * 3 = 124,5 \text{ mm}^2 \\ y_E &= 23-1,5 = 21,5 \text{ mm} \\ S_E &= 124,5 * 21,5 = 2676,75 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{totaal}} &= 1432,8 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{totaal}} &= 7557,84 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Afstand zwaartepunt vanaf } \bullet: y = 7557,84/1432,8 = \mathbf{5,27 \text{ mm}}$$

Nu de positie van het zwaartepunt voor beide doorsneden bekend is, kan het oppervlaktetraagheidsmoment van de doorsneden bepaald worden. Voor de berekening is alleen het oppervlaktetraagheidsmoment om de x-as relevant, deze zal dan ook als enige berekend worden.

Oppervlaktetraagheidsmoment doorsnede A-A

$$A: \quad I_x = \frac{1}{12} * 371 * 3^3 + 371 * 3 * 3,98^2 = 18465,11 \text{ mm}^4$$

$$B: \quad I_x = \frac{1}{12} * 3 * 17^3 + 3 * 17 * 6,02^2 = 3076,51 \text{ mm}^4$$

$$C: \quad I_x = \frac{1}{12} * 41,5 * 3^3 + 41,5 * 3 * 16,02^2 = 32045,1 \text{ mm}^4$$

$$D: \quad I_x = \frac{1}{12} * 3 * 20^3 + 3 * 20 * 7,52^2 = 5393,024 \text{ mm}^4$$

$$E: \quad I_x = \frac{1}{12} * 34,8 * 3^3 + 34,8 * 3 * 16,02^2 = 26871,558 \text{ mm}^4$$

$$\text{Optellen geeft: } I_x = \mathbf{8,59 * 10^4 \text{ mm}^4} = \mathbf{8,59 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

Oppervlaktetraagheidsmoment doorsnede B-B

$$A: \quad I_x = \frac{1}{12} * 371 * 3^3 + 371 * 3 * 3,77^2 = 16653,71 \text{ mm}^4$$

$$B: \quad I_x = \frac{1}{12} * 3 * 13,6^3 + 3 * 13,6 * 4,38^2 = 1411,588 \text{ mm}^4$$

$$C: \quad I_x = \frac{1}{12} * 34,5 * 3^3 + 34,5 * 3 * 16,23^2 = 27340,860 \text{ mm}^4$$

$$D: \quad I_x = \frac{1}{12} * 3 * 17^3 + 3 * 17 * 6,23^2 = 3207,7029 \text{ mm}^4$$

$$E: \quad I_x = \frac{1}{12} * 41,5 * 3^3 + 41,5 * 3 * 6,23^2 = 32888,281 \text{ mm}^4$$

$$\text{Optellen geeft: } I_x = \mathbf{8,15 * 10^4 \text{ mm}^4} = \mathbf{8,15 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

Nu het oppervlaktetraagheidsmoment van beide doorsneden bekend is, kan de buigspanning berekend worden met behulp van vergelijking I.4.

$$\text{Buigspanning: } \sigma = \frac{My}{I} \quad (\text{I.4})$$

Doorsnede A-A

$$M = \frac{q L^2}{8} = \frac{546,05 * 1,448^2}{8} = 143,11 \text{ Nm}$$

$$y_{\max} = 17,52 \text{ mm} = 0,01752 \text{ m}$$

$$I_x = 8,59 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{143,11 * 0,01752}{8,59 * 10^{-8}} = 2,92 * 10^7 \text{ Pa} = 29,2 \text{ Mpa}$$

Doorsnede B-B

$$M = \frac{q}{2} (Lx - x^2) = \frac{546,05}{2} (1,448 * 0,6693 - 0,6693^2) = 142,30 \text{ Nm}$$

$$y_{\max} = 17,73 \text{ mm} = 0,01773 \text{ m}$$

$$I_x = 8,15 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{My}{I} = \frac{142,30 * 0,01773}{8,15 * 10^{-8}} = 3,10 * 10^7 \text{ Pa} = 31,0 \text{ Mpa}$$

Uit de bovenstaande berekeningen volgt dat de buigspanning in doorsnede B-B het grootst is, $\sigma = 31,0 \text{ Mpa}$. Van de gebruikte aluminiumsoort (AW-5754 H111) is $\sigma_{0,2\%} = 80 \text{ MPa}$, de buigspanning overstijgt de 0,2% rekgrens dus niet. Het materiaal zal met een verdeelde belasting van 80,6 kg niet plastisch vervormen.

Nu bekend is dat het legbord niet plastisch zal vervormen, kan de doorbuiging van het legbord berekend worden. Omdat de dwarsdoorsnede van het legbord niet over de hele lengte gelijk is, wordt de volgende aanname gedaan: de dwarsdoorsnede van het legbord is over de hele lengte voor 58% gelijk aan doorsnede B-B, daarom wordt aangenomen dat het oppervlaktetraagheidsmoment van doorsnede B-B, representatief is voor het gehele legbord. Vervolgens wordt voor het berekenen van de doorbuiging aangenomen dat de doorsnede van het legbord over de hele lengte gelijk is. De doorbuiging wordt berekend met vergelijking I.5.

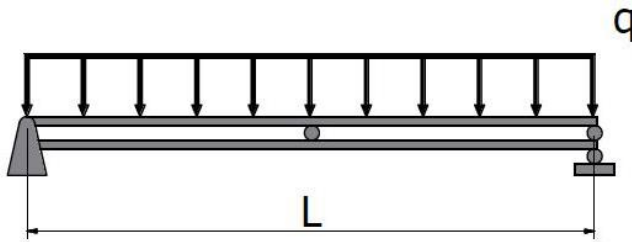
$$v_{\max} = \frac{-5qL^4}{384EI} \quad (I.5)$$

$$v_{\max} = \frac{-5qL^4}{384EI} = \frac{-5 * 546,05 * 1,448^4}{384 * 70,5 * 10^9 * 8,15 * 10^{-8}} = -5,44 * 10^{-3} \text{ m} = -5,44 \text{ mm}$$

De maximale doorbuiging bij maximale belasting van het legbord zal ongeveer 5 mm bedragen.

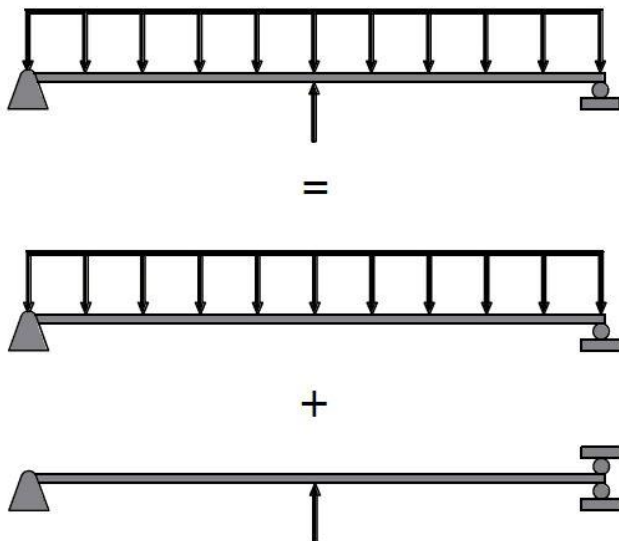
Legbord met versteviging

Omdat de doorbuiging van 5 mm te groot is om de kast goed te laten functioneren, zal de doorbuiging beperkt moeten worden naar 2 mm. Dit zal worden gerealiseerd door een verstevigingsprofiel onder het legbord te plaatsen. Er wordt aangenomen dat er sprake is van de belastingsituatie zoals aangegeven in figuur I.5



Figuur I.5 Belastingssituatie

Deze situatie kan vereenvoudigd worden tot de situatie in figuur I.6. Hier kan de superpositiemethode toegepast worden om de onbekende kracht P uit te rekenen. Vergelijking I.6 en I.7 worden bij elkaar opgeteld, met als resultaat vergelijking I.8.



Figuur I.6 Superpositie

Stel: $v_{\max} = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$v_{\max 1} = \frac{-5qL^4}{384EI} \quad (I.6)$$

$$v_{\max 2} = \frac{-PL^3}{48EI} \quad (I.7)$$

$$v_{\max \text{ totaal}} = \frac{-5qL^4}{384EI} + \frac{PL^3}{48EI} \quad (I.8)$$

In vergelijking 1.8 kan de maximale doorbuiging van 2 millimeter ingevuld worden:

$$v_{\max \text{ totaal}} = \frac{-5qL^4}{384EI} + \frac{PL^3}{48EI} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$E_{\text{Aluminium}} = 70,5 \text{ GPa}$$

$$I = 8,15 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$L = 1,448 \text{ m}$$

$$q = 546,05 \text{ N/m}$$

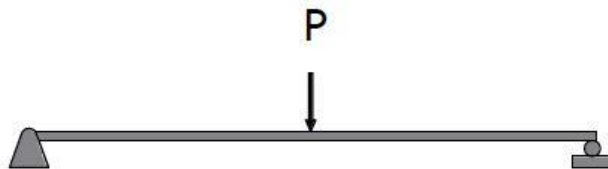
$$P = ?$$

Invullen geeft:

$$v_{\max \text{ totaal}} = \frac{-5 \cdot 546,05 \cdot 1,448^4}{384 \cdot 70,5 \cdot 10^9 \cdot 8,15 \cdot 10^{-8}} + \frac{P \cdot 1,448^3}{48 \cdot 70,5 \cdot 10^9 \cdot 8,15 \cdot 10^{-8}} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Dit geeft: **P = 312,49 N**

Het verstevigingsprofiel belast volgens figuur 1.7.



Figuur 1.7 Belasting

$v_{\max}$ is bekend, namelijk: $v_{\max} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$$E = E_{\text{Aluminium}} = 70,5 \cdot 10^9 \text{ Pa of } E = E_{\text{Staal}} = 210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

$$L = 1,448 \text{ m}$$

$$P = 312,49 \text{ N}$$

$$I = ?$$

Gegevens invullen in vergelijking 1.7 geeft:

$$v_{\max} = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-312,49 \cdot 1,448^3}{48EI} = -2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Dit geeft: } EI = 4713,438 \text{ Pa} \cdot \text{m}^4$$

$$\text{Aluminiumprofiel: } I = 6,69 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\text{Staalprofiel: } I = 2,24 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

Zijwanden

Segment tussen de stelvoet en het onderste legbord

Het deel van de zijwand tussen het onderste legbord en de stelvoet kan vrij bewegen. Er wordt aangenomen dat dit stuk zijwand zich gedraagt als een ingeklemde kolom met een vrij uiteinde. De kracht op de zijwand grijpt aan op het vlak aan de binnenzijde van kast, 1,5 mm van het zwaartepunt. In figuur I.8 is de belasting op de zijwand aangegeven.

De ledige massa van de kast is 90 kg, maximaal belast is deze 412,4 kg. De totale belasting van de zijwand tussen de voet en het onderste legbord is $(412,4 * 9,81) / 2 = 2022,8$ N.

Omdat de belasting excentrisch is, zal met behulp van de secansformule de maximale elastische spanning worden bepaald.

$$P = 2022,8 \text{ N}$$

$$e = 1,5 \text{ mm}$$

$$c = 1,5 \text{ mm}$$

$$A = 1344 \text{ mm}^2$$

$$I = 1008 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0,866$$

$$L_{\text{eff}} = L * K = 111,75 * 2 = 223,5 \text{ mm}$$

$$E_{\text{Aluminium}} = 70,5 * 10^3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{ec}{r^2} \sec \left(\frac{L}{2r} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right] \quad (I.9)$$

Gegevens invullen in vergelijking I.9 geeft:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2022,8}{1344} \left[1 + \frac{(1,5)^2}{(0,866)^2} \sec \left(\frac{223,5}{2 * 0,866} \sqrt{\frac{2022,8}{70,5 * 10^3 * 1344}} \right) \right] = 6,962 \text{ MPa}$$

De kritische spanning wordt berekend met vergelijking I.10.

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (I.10)$$

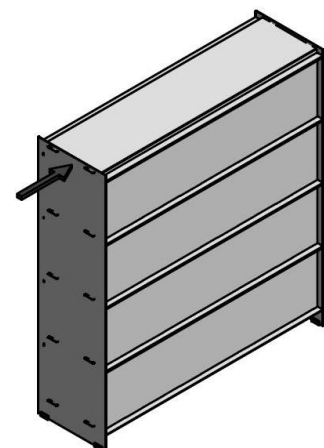
De gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 * 70,5 * 10^3}{\left(\frac{2 * 111,75}{0,866} \right)^2} = 10,372 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{kr}}$ dus de spanning in de zijwand als gevolg van de belasting, overschrijdt de kritische spanning niet.



Figuur I.8 Belasting op de zijwand



Figuur I.9 Zijwaartse belasting

Zijwaartse belasting

Vervolgens worden de zijwanden belast met een zijwaartse kracht van 350 N, zie figuur I.9. Deze kracht resulteert in een extra moment om de plaats waar het onderste legbord aan de zijwand is bevestigd. Omdat de kast reeds maximaal belast is, wordt de spanning in de zijwand berekend met vergelijking I.11.

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} \quad (\text{I.11})$$

$$M = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2022,8 + 111,75 \cdot 10^{-3} \cdot (350/2) = 22,590 \text{ Nm}$$

$$c = 1,5 \text{ mm}$$

$$I = 1008 \text{ mm}^4$$

$$A = 1344 \text{ mm}^2$$

$$h = 111,75 \text{ mm}$$

Gegevens in vergelijking I.11 invullen geeft:

$$\sigma_{\max} = \frac{2022,8}{1344} + \frac{22,590 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{1008} = 35,12 \text{ Mpa}$$

$$\text{De kritische spanning berekenen met formule I.10 geeft : } \sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 70,5 \cdot 10^3}{\left(\frac{2 \cdot 111,75}{0,866}\right)^2} = 10,372 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\max} > \sigma_{kr}$ dus de zijwand is niet sterk genoeg om naast de maximale belasting van $80,6 \cdot 4 = 322,4 \text{ kg}$, een zijwaartse belasting van 350 N te weerstaan.

Segment tussen het eerste en tweede legbord van onder

Voor de knikberekening van het segment tussen het eerste en tweede legbord van onder, wordt aangenomen dat dit segment zich gedraagt als een kolom met scharnierende uiteinden. De belasting is ook hier excentrisch. Het segment draagt alleen de belasting van de legborden erboven, de totale belasting wordt hierdoor $P = 2022,8 - (80,6 \cdot 9,81)/2 = 1627,5 \text{ N}$

$$P = 1627,5 \text{ N}$$

$$e = 1,5 \text{ mm}$$

$$c = 1,5 \text{ mm}$$

$$A = 1344 \text{ mm}^2$$

$$I = 1008 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0,866$$

$$L_{\text{eff}} = L \cdot K = 366 \cdot 1 = 366 \text{ mm}$$

$$E_{\text{Aluminium}} = 70,5 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.9 geeft:

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{ec}{r^2} \sec\left(\frac{L}{2r} \sqrt{\frac{P}{EA}}\right) \right] = \frac{1627,5}{1344} \left[1 + \frac{(1,5)^2}{(0,866)^2} \sec\left(\frac{366}{2 \cdot 0,866} \sqrt{\frac{1627,5}{70,5 \cdot 10^3 \cdot 1344}}\right) \right] = 4,844 \text{ MPa}$$

$$\text{Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft: } \sigma_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot 70,5 \cdot 10^3}{\left(\frac{1 \cdot 366}{0,866}\right)^2} = 3,868 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\max} > \sigma_{kr}$, de zijwand is dus niet sterk genoeg.

Zijwand uitgevoerd in vier millimeter dik aluminium

Segment tussen het eerste en tweede legbord van onder

De knikberekening van het segment tussen het eerste en tweede legbord van onder, wordt opnieuw uitgevoerd voor een zijwand die is uitgevoerd in vier millimeter dik aluminium.

$$P = 1646,14 \text{ N}$$

$$e = 2 \text{ mm}$$

$$c = 2 \text{ mm}$$

$$A = 1792 \text{ mm}^2$$

$$I = 2389,3 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 1,1547$$

$$L_{\text{eff}} = L \cdot K = 366 \cdot 1 = 366 \text{ mm}$$

$$E_{\text{Aluminium}} = 70,5 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.9 geeft:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{1646,14}{1792} \left[1 + \frac{(2)^2}{(1,1547)^2} \sec \left(\frac{366}{2 \cdot 1,1547} \sqrt{\frac{1646,14}{70,5 \cdot 10^3 \cdot 1792}} \right) \right] = 3,675 \text{ MPa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 70,5 \cdot 10^3}{\left(\frac{1 \cdot 366}{1,1547}\right)^2} = 6,926 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{kr}}$, de zijwand is dus sterk genoeg.

Zijwaartse belasting

Vervolgens worden de zijwanden belast met een zijwaartse kracht van 350 N, zie figuur I.9. Deze kracht resulteert in een extra moment om de plaats waar het onderste legbord aan de zijwand is bevestigd. Omdat de kast reeds maximaal belast is, wordt de spanning in de zijwand berekend met vergelijking I.11.

$$P = 2022,8 + (1,9 \cdot 9,81) = 2041,4 \text{ N}$$

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2041,4 + 111,75 \cdot 10^{-3} \cdot (350/2) = 23,639 \text{ Nm}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.11 geeft:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2041,4}{1792} + \frac{23,639 \cdot 10^3 \cdot 2}{2389,3} = 20,911 \text{ Mpa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 \cdot 70,5 \cdot 10^3}{\left(\frac{2 \cdot 111,75}{1,1547}\right)^2} = 18,573 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{kr}}$ dus de zijwand is niet sterk genoeg om naast de maximale belasting van $80,6 \cdot 4 = 322,4 \text{ kg}$, een zijwaartse belasting van 350 N te weerstaan.

Zijwand uitgevoerd in drie millimeter dik staal

Segment tussen het eerste en tweede legbord van onder

De knikberekening van het segment tussen het eerste en tweede legbord van onder, wordt opnieuw uitgevoerd in drie millimeter dik staal.

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$P = 1735,41 \text{ N}$$

$$e = 1,5 \text{ mm}$$

$$c = 1,5 \text{ mm}$$

$$A = 1344 \text{ mm}^2$$

$$I = 1008 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0,866$$

$$L_{\text{eff}} = L \cdot K = 366 \cdot 1 = 366 \text{ mm}$$

$$E_{\text{staal}} = 210 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.9 geeft:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{1735,41}{1344} \left[1 + \frac{(1,5)^2}{(0,866)^2} \sec \left(\frac{366}{2 \cdot 0,866} \sqrt{\frac{1735,41}{210 \cdot 10^3 \cdot 1344}} \right) \right] = 5,165 \text{ MPa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{\left(\frac{1 \cdot 366}{0,866} \right)^2} = 11,60 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{kr}}$, de zijwand is dus sterk genoeg.

Zijwaartse belasting

Vervolgens worden de zijwanden belast met een zijwaartse kracht van 350 N, zie figuur I.9. Deze kracht resulteert in een extra moment om de plaats waar het onderste legbord aan de zijwand is bevestigd. Omdat de kast reeds maximaal belast is, wordt de spanning in de zijwand berekend met vergelijking I.11.

$$P = 2022,8 + (11 \cdot 9,81) = 2130,71 \text{ N}$$

$$M = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2130,71 + 111,75 \cdot 10^{-3} \cdot (350/2) = 22,752 \text{ Nm}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.11 geeft:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2130,71}{1344} + \frac{22,752 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{1008} = 35,12 \text{ Mpa}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

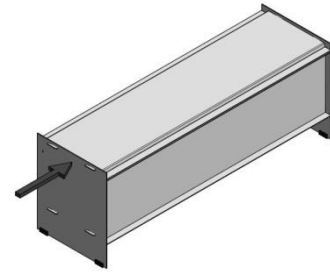
$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{\left(\frac{2 \cdot 111,75}{0,866} \right)^2} = 31,443 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{kr}}$ dus de zijwand is niet sterk genoeg om naast de maximale belasting van $80,6 \cdot 4 = 322,4 \text{ kg}$, een zijwaartse belasting van 350 N te weerstaan.

Eén ordner hoge klepkast

Zijwaartse belasting

Vervolgens worden de stalen zijwanden belast met een zijwaartse kracht van 350 N, zie figuur I.10. Deze kracht resulteert in een extra moment om de plaats waar het onderste legbord aan de zijwand is bevestigd. Omdat de kast reeds maximaal belast is, wordt de spanning in de zijwand berekend met vergelijking I.11.



Figuur I.10 Zijwaartse belasting

$$P = 542,49 \text{ N}$$

$$h = 155,75 \text{ mm}$$

$$M = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 542,49 + 155,75 \cdot 10^{-3} \cdot (350/2) = 28,07 \text{ Nm}$$

Gegevens invullen in vergelijking I.11 geeft:

$$\sigma_{\max} = \frac{542,49}{1344} + \frac{28,07 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{1008} = 42,174 \text{ Mpa}$$

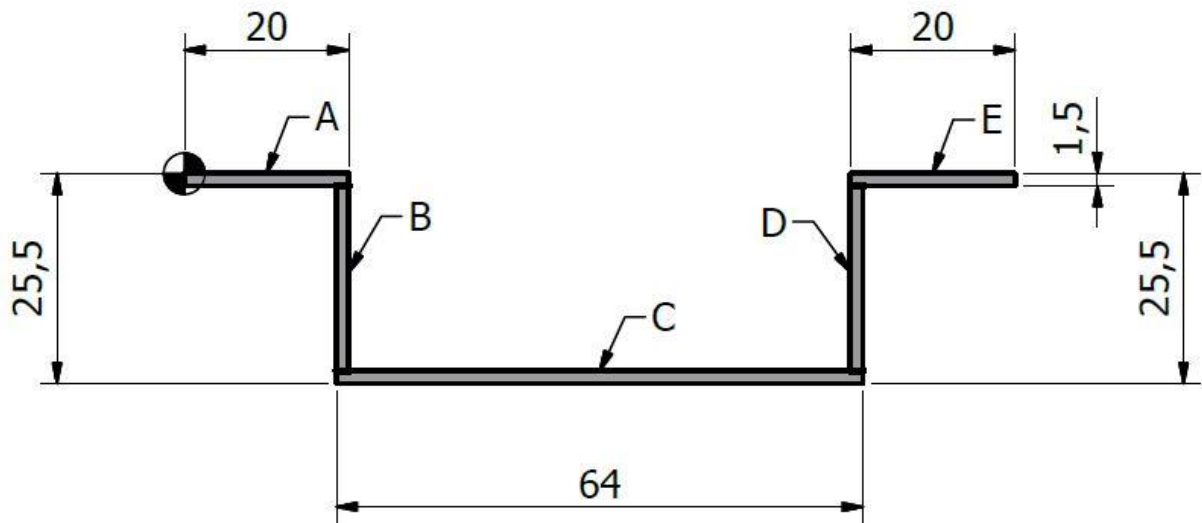
Gegevens invullen in vergelijking I.10 geeft:

$$\sigma_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{\left(\frac{2 \cdot 155,75}{0,866} \right)^2} = 16,02 \text{ Mpa}$$

$\sigma_{\max} > \sigma_{\text{kr}}$ dus de zijwand is niet sterk genoeg om naast de maximale belasting van 80,6 kg, een zijwaartse belasting van 350 N te weerstaan.

Behuizing van het veersysteem

Oppervlaktetraagheidsmoment berekenen van veersysteembehuizing



Figuur I.11 Doorsnede behuizing

Afstand zwaartepunt vanaf : $y = 14,68 \text{ mm}$ (bepaald met behulp van Autodesk Inventor)

$$\text{A: } I_x = \frac{1}{12} * 20 * 1,5^3 + 20 * 1,5 * 13,93^2 = 5826,972 \text{ mm}^4$$

$$\text{B: } I_x = \frac{1}{12} * 1,5 * 22,5^3 + 1,5 * 22,5 * 1,93^2 = 1549,544 \text{ mm}^4$$

$$\text{C: } I_x = \frac{1}{12} * 64 * 1,5^3 + 64 * 1,5 * 10,07^2 = 9752,870 \text{ mm}^4$$

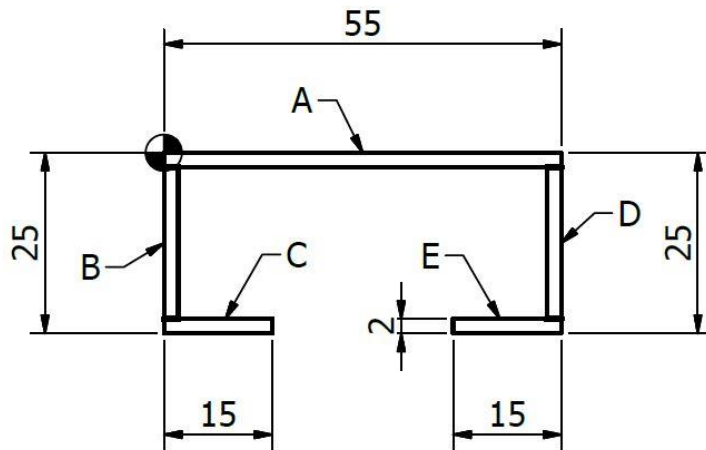
$$\text{D: } I_x = \frac{1}{12} * 1,5 * 22,5^3 + 1,5 * 22,5 * 1,93^2 = 1549,544 \text{ mm}^4$$

$$\text{E: } I_x = \frac{1}{12} * 20 * 1,5^3 + 20 * 1,5 * 13,93^2 = 5826,972 \text{ mm}^4$$

$$\text{Optellen geeft: } I_x = 2,45 * 10^4 \text{ mm}^4 = 2,45 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Verstevigingsprofiel

Oppervlaktetraagheidsmoment berekenen van verstevigingsprofiel



Figuur I.12 Doorsnede behuizing

Afstand zwaartepunt vanaf : $y = 10,24 \text{ mm}$ (bepaald met behulp van Autodesk Inventor)

A: $I_x = \frac{1}{12} * 55 * 2^3 + 55 * 2 * 9,24^2 = 9428,203 \text{ mm}^4$

B: $I_x = \frac{1}{12} * 2 * 21^3 + 2 * 21 * 2,26^2 = 1758,019 \text{ mm}^4$

C: $I_x = \frac{1}{12} * 15 * 2^3 + 15 * 2 * 13,76^2 = 5690,128 \text{ mm}^4$

D: $I_x = \frac{1}{12} * 2 * 21^3 + 2 * 21 * 2,26^2 = 1758,019 \text{ mm}^4$

E: $I_x = \frac{1}{12} * 15 * 2^3 + 15 * 2 * 13,76^2 = 5690,128 \text{ mm}^4$

Optellen geeft: $I_x = 2,43 * 10^4 \text{ mm}^4 = 2,43 * 10^{-8} \text{ m}^4$

Bijlage II

Kostprijscalculatie van een serie van één stuk

DATUM : 28-11-2013
TIJD: 17:10

CALCULATIE STUKLIJST (UITGEBREID)

BEDRIJF: 200 hieselaar bv

GEBRUIKER: MICHAEL

STUKLIJSTNUMMER: STITCH-1-ORDNER OMSCHRIJVING: Calculatie Stitch 1 ordner (demo)
TEKENINGNUMMER: STITCH-1-ORDNER AANTAL: 1,000 CALCULATIEDATUM: 28-11-2013
KLK: K OPSLAG: 9 STAFFEL: 0 REFERENTIE: Michael 18-11-2013 T/M NIVEAU: ZZ

STUKLIJST: STITCH-1-ORDNER Calculatie Stitch 1 ordner (demo) NIVO: A AANTAL: 1

POS	ITEMNUMMER	AANTAL	EENH./AFM.	ARTIKEL OMSCHRIJVING	MAT/TGVW
010	ALPK3.00AW5754H11	2,00	stuks	2000x1000x3,00 AW-5754 H111	92,00
020	BPLK3.00	0,25	stuks	2000 x 1000 x 3.00 blankeplaat	8,50
030	BPLM2.00	0,15	stuks	2500 x 1250 x 2.00 blankeplaat	4,95
040	BPLM0.90	0,05	stuks	2500 x 1250 x 0.90 blankeplaat	0,85
050	BPLK4.00	0,00	stuks	2000 x 1000 x 4.00 gebeitst	0,09
060	BPLK1.50	0,17	stuks	2000 x 1000 x 1.50 blankeplaat	2,81
070	PEMFH0408	1,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M4x8	0,03
080	PEMFH0510	17,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M5x10	0,68
085	PEMSO0306	2,00	stuks	PEM SO inpersbus stv open M3x6	0,14
090	PEMRASM497ZI	2,00	stuks	PEM RAS inpersmoer haaks M4-9-7	0,90
100	LAM0500S	5,00	stuks	st 6kt lasmoer m5	0,15
110	30426-0006 P019	1,00	stuks	Snapper Stich Staal rond 20x20	1,90
120	DRUK SLUITIN DZUS	1,00	stuks	DZUS druksluiting 225 100 500	12,00
130	TAP0516S	2,00	stuks	zwart 8.8 tapbout m5x16	0,04
140	KVB0308S	2,00	stuks	st. bzk 10.9 vk-schroef M3x8	0,08
150	LOOPWIEL2 ST LA	9,00	stuks	loopwiel t.b.v. stealth met lager	3,87
160	MOE0500V DOP	17,00	stuks	elvz hoge dop moer M5	1,53
170	30426-0006 P018	4,00	stuks	Stelvoet Stich kunststof 50x20x15	13,60
180	0000-HIE	2,27	stuks Dt: 1 dagen	Kabel 0.81 mm met plastic omhulsel	0,57
190	0270-HIE	4,00	stuks Dt: 1 dagen	Tonnetjes	0,20
195	0400-HIE	1,00	stuks Dt: 1 dagen	Veer	2,00
196	0196-HIE	1,00	stuks Dt: 1 dagen	Verpakking	20,00
197	KBB0308A	2,00	stuks	alu/st bkl nagel bolk3x8	0,06
198	KZE0306V	2,00	stuks	elvz bzk ck-schroef M3x6	0,10
200	0200-HIE	0,92	stuks Dt: 1 dagen	Poederlak	11,08
210	0210-3800	5,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	27,18
220	0220-3800	4,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	25,58
230	0230-3800	0,50	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	19,98
240	0240-3800	0,30	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	19,66
250	0250-3800	0,30	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	19,66
260	0260-3800	0,80	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	20,46
310	0310-4000	1,50	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	12,29
320	0320-5000	10,00	min St: 0,75 uur	05ZE zetterij	47,84
330	0330-5200	5,00	min St: 0,5 uur	05PE PEM persen	30,44
340	0340-7000	4,00	min St: 0,5 uur	07PU Puntlasserij	25,32
350	0350-8000	14,00	min St: 0,35 uur	08LA Lasserij	26,06
360	0360-4000	10,00	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	18,62
370	0370-1010	5,60	min St: 0,35 uur	10EP Poederspuitij	132,03
380	0380-1100	60,00	min St: 0,25 uur	11MO Montage algemeen	42,34
390	0390-1200	0,00	min St: 0 uur	12EX Expeditie	0,00

			BEDRAG	OPSLAG %	
GEWICHT:	0,000	kg	TOTAAL TGVW:	467,47	0,00
SPUITVLAK:	0,000	vkm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00		TOTAAL MATERIAAL:	144,27	0,00
CONSERVEREN:	0,00		TOTAAL UITBESTEED WERK:	33,84	0,00
TOT. AANTAL UREN:	6,42	uur	OPSLAGEN:	0,00	
TOT. STELKOSTEN:	353,36		TOTAAL OPSLAG:	0,00	0,00
				645,59	

PAGINA 1 VAN 2

<u>CALCULATIE TOTAAL</u>			BEDRAG	OPSLAG %
GEWICHT:	0,000 kg	TOTAAL TGVW:	467,47	0,00
SPUITVLAK:	0,000 vkm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00	TOTAAL MATERIAAL:	144,27	0,00
CONSERVEREN:	0,00	TOTAAL UITBESTEED WERK:	33,84	0,00
TOT. AANTAL UREN:	6,42 uur	OPSLAGEN:	0,00	
TOT. STELKOSTEN:	353,36	TOTAAL OPSLAG:	0,00	0,00
TOTAAL GENERAAL:			645,59	
TOTAAL PER STUK:			645,59	

Kostprijscalculatie van een serie van tien stuks

DATUM : 28-11-2013
TIJD: 17:13

CALCULATIE STUKLIJST (UITGEBREID)

BEDRIJF:	200 hieselaar bv	GEBRUIKER:	MICHAEL
STUKLIJSTNUMMER:	STITCH-1-ORDNER	OMSCHRIJVING:	Calculatie Stitch 1 ordner (demo)
TEKENINGNUMMER:	STITCH-1-ORDNER	AANTAL:	10,000
KLK:	K OPSLAG: 9 STAFFEL: 0	REFERENTIE:	Michael 18-11-2013
		CALCULATIEDATUM:	28-11-2013
		T/M NIVEAU:	ZZ

STUKLIJST: STITCH-1-ORDNER Calculatie Stitch 1 ordner (demo) NIVO: A AANTAL: 10

POS	ITEMNUMMER	AANTAL	EENH./AFM.	ARTIKEL OMSCHRIJVING	MAT/TGVW
010	ALPK3.00AW5754H11	20,00	stuks	2000x1000x3,00 AW-5754 H111	920,00
020	BPLK3.00	2,50	stuks	2000 x 1000 x 3.00 blankeplaat	85,00
030	BPLM2.00	1,50	stuks	2500 x 1250 x 2.00 blankeplaat	49,50
040	BPLM0.90	0,50	stuks	2500 x 1250 x 0.90 blankeplaat	8,50
050	BPLK4.00	0,02	stuks	2000 x 1000 x 4.00 gebeitst	0,90
060	BPLK1.50	1,70	stuks	2000 x 1000 x 1.50 blankeplaat	28,05
070	PEMFH0408	10,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M4x8	0,30
080	PEMFH0510	170,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M5x10	6,80
085	PEMSO0306	20,00	stuks	PEM SO inpersbus stv open M3x6	1,40
090	PEMRASM497ZI	20,00	stuks	PEM RAS Inpersmoer haaks M4-9-7	9,00
100	LAM0500S	50,00	stuks	st 6kt lasmoer m5	1,50
110	30426-0006 P019	10,00	stuks	Snapper Stich Staal rond 20x20	19,00
120	DRUK SLUITIN DZUS	10,00	stuks	DZUS druksluiting 225 100 500	120,00
130	TAP0516S	20,00	stuks	zwart 8.8 tapbout m5x16	0,40
140	KVB0308S	20,00	stuks	st. bzk 10.9 vk-schroef M3x8	0,80
150	LOOPWIEL2 ST LA	90,00	stuks	loopwiel t.b.v. stealth met lager	38,70
160	MOE0500V DOP	170,00	stuks	elvz hoge dop moer M5	15,30
170	30426-0006 P018	40,00	stuks	Stelvoet Stich kunststof 50x20x15	136,00
180	0000-HIE	22,70	stuks Dt: 1 dagen	Kabel 0.81 mm met plastic omhulsel	5,67
190	0270-HIE	40,00	stuks Dt: 1 dagen	Tonnetjes	2,00
195	0400-HIE	10,00	stuks Dt: 1 dagen	Veer	20,00
196	0196-HIE	10,00	stuks Dt: 1 dagen	Verpakking	200,00
197	KBB0308A	20,00	stuks	alu/st blkl.nagel bolk3x8	0,60
198	KZK0306V	20,00	stuks	elvz bzk ck-schroef M3x6	1,00
200	0200-HIE	9,23	stuks Dt: 1 dagen	Poederlak	110,76
210	0210-3800	50,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	99,12
220	0220-3800	40,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	83,13
230	0230-3800	5,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	27,18
240	0240-3800	3,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	23,98
250	0250-3800	3,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	23,98
260	0260-3800	8,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	31,97
310	0310-4000	15,00	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	22,34
320	0320-5000	100,00	min St: 0,75 uur	05ZE zetterij	126,13
330	0330-5200	50,00	min St: 0,5 uur	05PE PEM persen	69,59
340	0340-7000	40,00	min St: 0,5 uur	07PU Puntlasserij	52,13
350	0350-8000	140,00	min St: 0,35 uur	08LA Lasserij	119,89
360	0360-4000	100,00	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	85,64
370	0370-1010	56,00	min St: 0,35 uur	10EP Poederspuitierij	382,20
380	0380-1100	600,00	min St: 0,25 uur	11MO Montage algemeen	347,17
390	0390-1200	0,00	min St: 0 uur	12EX Expeditie	0,00

			BEDRAG	OPSLAG %
GEWICHT:	0,000	kg	TOTAAL TGVW:	1494,44
SPUITVLAK:	0,000	vkm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00		TOTAAL MATERIAAL:	1442,75
CONSERVEREN:	0,00		TOTAAL UITBESTEED WERK:	338,43
TOT. AANTAL UREN:	24,57	uur	OPSLAGEN:	0,00
TOT. STELKOSTEN:	353,36		TOTAAL OPSLAG:	0,00
				3275,62

PAGINA 1 VAN 2

<u>CALCULATIE TOTAAL</u>			BEDRAG	OPSLAG %
GEWICHT:	0,000 kg	TOTAAL TGVW:	1494,44	0,00
SPUITVLAK:	0,000 vkm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00	TOTAAL MATERIAAL:	1442,75	0,00
CONSERVEREN:	0,00	TOTAAL UITBESTEED WERK:	338,43	0,00
TOT. AANTAL UREN:	24,57 uur	OPSLAGEN:	0,00	
TOT. STELKOSTEN:	353,36	TOTAAL OPSLAG:	0,00	0,00
TOTAAL GENERAAL:			3275,62	
TOTAAL PER STUK:			327,56	

Kostprijscalculatie van een serie van vijftig stuks

DATUM : 28-11-2013
TIJD: 17:14

CALCULATIE STUKLIJST (UITGEBREID)

BEDRIJF: 200 hieselaar bv

GEBRUIKER: MICHAEL

STUKLIJSTNUMMER: STITCH-1-ORDNER OMSCHRIJVING: Calculatie Stitch 1 ordner (demo)
TEKENINGNUMMER: STITCH-1-ORDNER AANTAL: 50,000 CALCULATIEDATUM: 28-11-2013
KLK: K OPSLAG: 9 STAFFEL: 0 REFERENTIE: Michael 18-11-2013 T/M NIVEAU: ZZ

STUKLIJST: STITCH-1-ORDNER Calculatie Stitch 1 ordner (demo) NIVO: A AANTAL: 50

POS	ITEMNUMMER	AANTAL	EENH./AFM.	ARTIKEL OMSCHRIJVING	MAT/TGVW
010	ALPK3.00AW5754H11	100,00	stuks	2000x1000x3,00 AW-5754 H111	4600,00
020	BPLK3.00	12,50	stuks	2000 x 1000 x 3.00 blankeplaat	425,00
030	BPLM2.00	7,50	stuks	2500 x 1250 x 2.00 blankeplaat	247,50
040	BPLM0.90	2,50	stuks	2500 x 1250 x 0.90 blankeplaat	42,50
050	BPLK4.00	0,10	stuks	2000 x 1000 x 4.00 gebeitst	4,50
060	BPLK1.50	8,50	stuks	2000 x 1000 x 1.50 blankeplaat	140,25
070	PEMFH0408	50,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M4x8	1,50
080	PEMFH0510	850,00	stuks	PEM FH inpersbout stv M5x10	34,00
085	PEMSO0306	100,00	stuks	PEM SO inpersbus stv open M3x6	7,00
090	PEMRASM497ZI	100,00	stuks	PEM RAS Inpersmoer haaks M4-9-7	45,00
100	LAM0500S	250,00	stuks	st 6kt lasmoer m5	7,50
110	30426-0006 P019	50,00	stuks	Snapper Stich Staal rond 20x20	95,00
120	DRUK SLUITIN DZUS	50,00	stuks	DZUS druksluiting 225 100 500	599,99
130	TAP0516S	100,00	stuks	zwart 8.8 tapbout m5x16	2,00
140	KVB0308S	100,00	stuks	st. bzk 10.9 vk-schroef M3x8	4,00
150	LOOPWIEL2 ST LA	450,00	stuks	loopwiel t.b.v. stealth met lager	193,50
160	MOE0500V DOP	850,00	stuks	elvz hoge dop moer M5	76,50
170	30426-0006 P018	200,00	stuks	Stelvoet Stich kunststof 50x20x15	680,00
180	0000-HIE	113,50	stuks Dt: 1 dagen	Kabel 0.81 mm met plastic omhulsel	28,37
190	0270-HIE	200,00	stuks Dt: 1 dagen	Tonnetjes	10,00
195	0400-HIE	50,00	stuks Dt: 1 dagen	Veer	100,00
196	0196-HIE	50,00	stuks Dt: 1 dagen	Verpakking	1000,00
197	KBB0308A	100,00	stuks	alu/st blkl.nagel bolk3x8	3,00
198	KZE0306V	100,00	stuks	elvz bzk ck-schroef M3x6	5,00
200	0200-HIE	46,15	stuks Dt: 1 dagen	Poederlak	553,80
210	0210-3800	250,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	418,85
220	0220-3800	200,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	338,92
230	0230-3800	25,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	59,15
240	0240-3800	15,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	43,16
250	0250-3800	15,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	43,16
260	0260-3800	40,00	min St: 0,2 uur	03TL Trumatic 6000L	83,13
310	0310-4000	75,00	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	67,02
320	0320-5000	500,00	min St: 0,75 uur	05ZE zetterij	474,06
330	0330-5200	250,00	min St: 0,5 uur	05PE PEM persen	243,55
340	0340-7000	200,00	min St: 0,5 uur	07PU Puntlasserij	171,27
350	0350-8000	700,00	min St: 0,35 uur	08LA Lasserij	536,90
360	0360-4000	500,00	min St: 0,25 uur	04HA Handwerken	383,50
370	0370-1010	280,00	min St: 0,35 uur	10EP Poederspuitierij	1494,06
380	0380-1100	3000,00	min St: 0,25 uur	11MO Montage algemeen	1701,97
390	0390-1200	0,00	min St: 0 uur	12EX Expeditie	0,00

			BEDRAG	OPSLAG %	
GEWICHT:	0,000	kg	TOTAAL TGVW:	6058,72	0,00
SPUITVLAK:	0,000	vkcm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00		TOTAAL MATERIAAL:	7213,74	0,00
CONSERVEREN:	0,00		TOTAAL UITBESTEED WERK:	1692,17	0,00
TOT. AANTAL UREN:	105,23	uur	OPSLAGEN:	0,00	
TOT. STELKOSTEN:	353,36		TOTAAL OPSLAG:	0,00	0,00
				14964,63	

PAGINA 1 VAN 2

<u>CALCULATIE TOTAAL</u>			BEDRAG	OPSLAG %
GEWICHT:	0,000 kg	TOTAAL TGVW:	6058,72	0,00
SPUITVLAK:	0,000 vkm	TOTAAL GRONDSTOF:	0,00	0,00
ZAAGKOSTEN:	0,00	TOTAAL MATERIAAL:	7213,74	0,00
CONSERVEREN:	0,00	TOTAAL UITBESTEED WERK:	1692,17	0,00
TOT. AANTAL UREN:	105,23 uur	OPSLAGEN:	0,00	
TOT. STELKOSTEN:	353,36	TOTAAL OPSLAG:	0,00	0,00
TOTAAL GENERAAL:			14964,63	
TOTAAL PER STUK:			299,29	

Kostprijscalculatie van twee-, drie- en vier ordner hoge klepkasten

Op basis van de calculatie die uitgevoerd is met behulp van Ridder R8 voor de één ordner hoge klepkast, kan een schatting gemaakt worden van de kostprijs van de overige varianten.

Uit de berekeningen die zijn uitgevoerd met behulp van Ridder R8, volgt dat de stelkosten 353,36 euro bedragen. De prijs van een één ordner hoge kast bedraagt, zonder stelkosten mee te rekenen, 292,23 euro. Er wordt aangenomen dat de stelkosten voor alle hoogtevarianten van de kast gelijk zijn.

De prijs van een kast kan bepaald worden door de prijs zonder stelkosten te vermenigvuldigen met de ordnerhoogte. Daarnaast wordt er een correctie uitgevoerd voor de legborden, het aantal legborden verdubbeld namelijk niet mee met het verdubbelen van de ordnerhoogte. De correctie wordt bepaald door het plaatverbruik te verrekenen; voor de één ordner hoge kast zijn twee aluminium platen van drie millimeter dik benodigd, voor de twee ordner hoge klepkast zijn het er drie en een half. Eén plaat van drie millimeter dik aluminium kost 46 euro. De berekening is hieronder uitgevoerd.

twee ordner hoog

Benodigd aantal aluminium platen: 3,5

Correctie: - € 23,-

1 stuk : $(292,23 \times 2 - 23) + 356,36 = € 914,82/\text{stuk}$

10 stuks: $(292,23 \times 2 - 23) + 356,36/10 = € 596,80/\text{stuk}$

50 stuks: $(292,23 \times 2 - 23) + 356,36/50 = € 568,53/\text{stuk}$

drie ordner hoog

Benodigd aantal aluminium platen: 5

Correctie: - € 46,-

1 stuk : $(292,23 \times 3 - 46) + 356,36 = € 1184,05/\text{stuk}$

10 stuks: $(292,23 \times 3 - 46) + 356,36/10 = € 866,03/\text{stuk}$

50 stuks: $(292,23 \times 3 - 46) + 356,36/50 = € 837,76/\text{stuk}$

vier ordner hoog

Benodigd aantal aluminium platen: 6,5

Correctie: - € 69,-

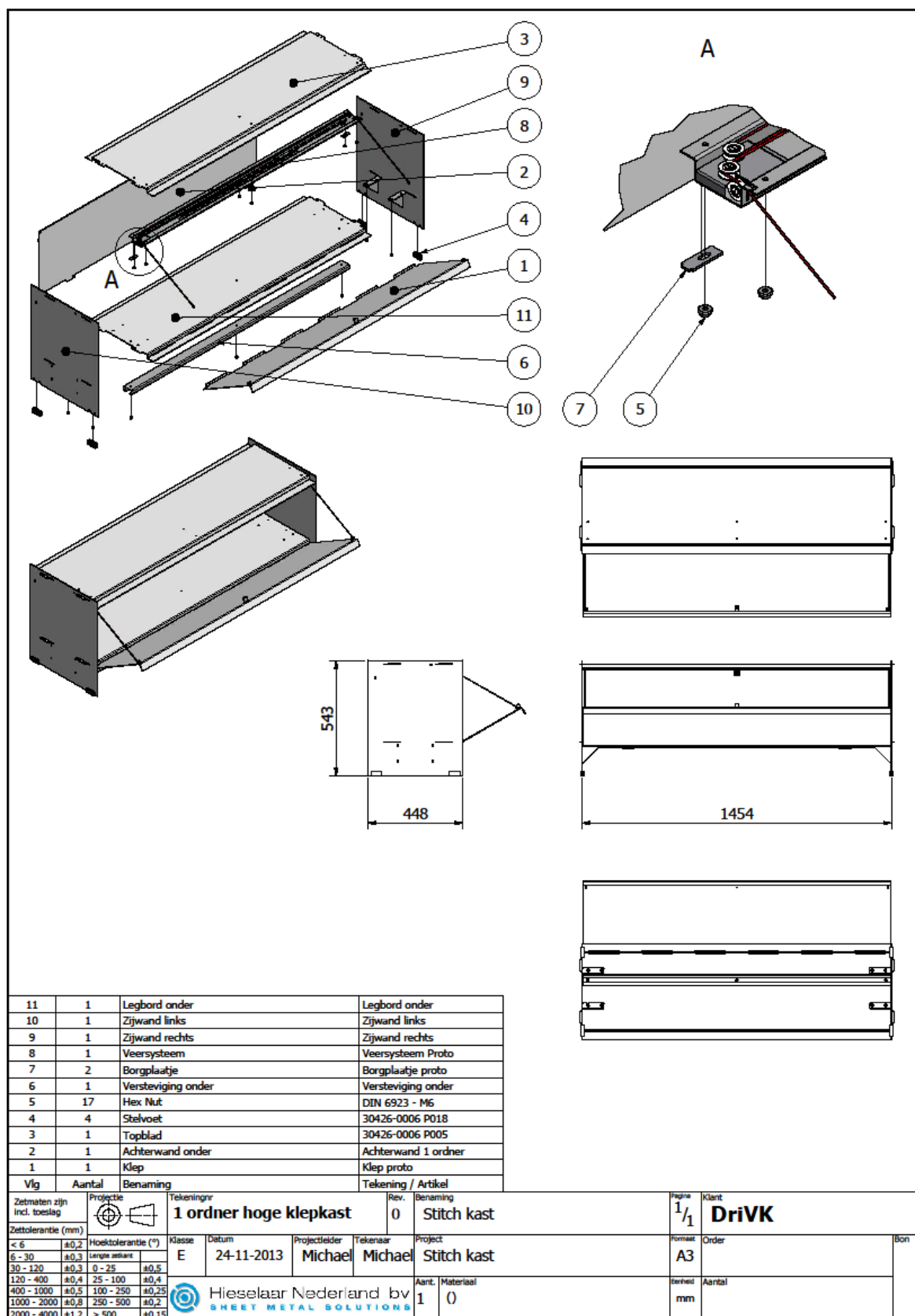
1 stuk : $(292,23 \times 4 - 69) + 356,36 = € 1453,28/\text{stuk}$

10 stuks: $(292,23 \times 4 - 69) + 356,36/10 = € 1135,26/\text{stuk}$

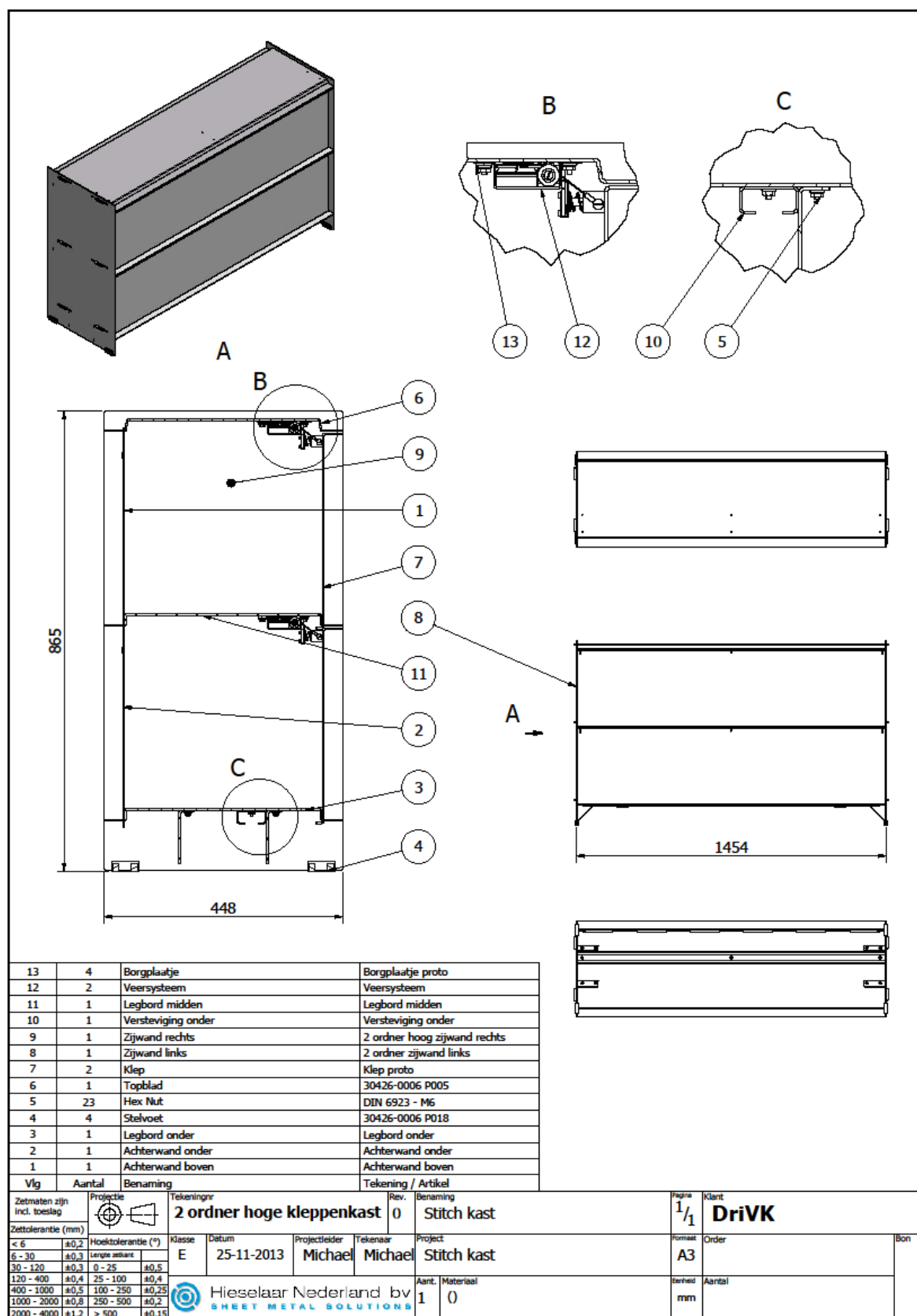
50 stuks: $(292,23 \times 4 - 69) + 356,36/50 = € 1106,99/\text{stuk}$

Bijlage III

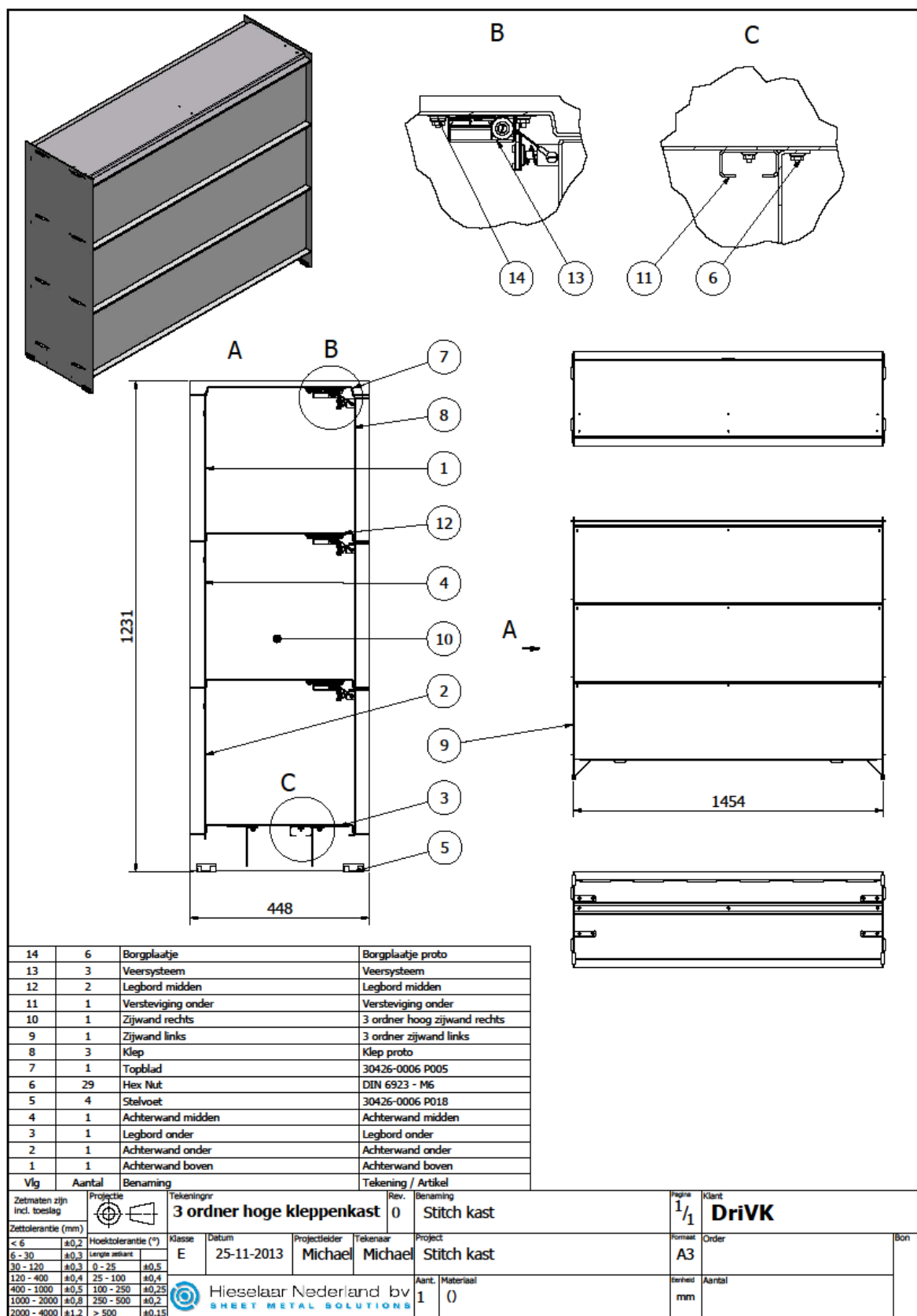
Tekening van één ordner hoge klepkast



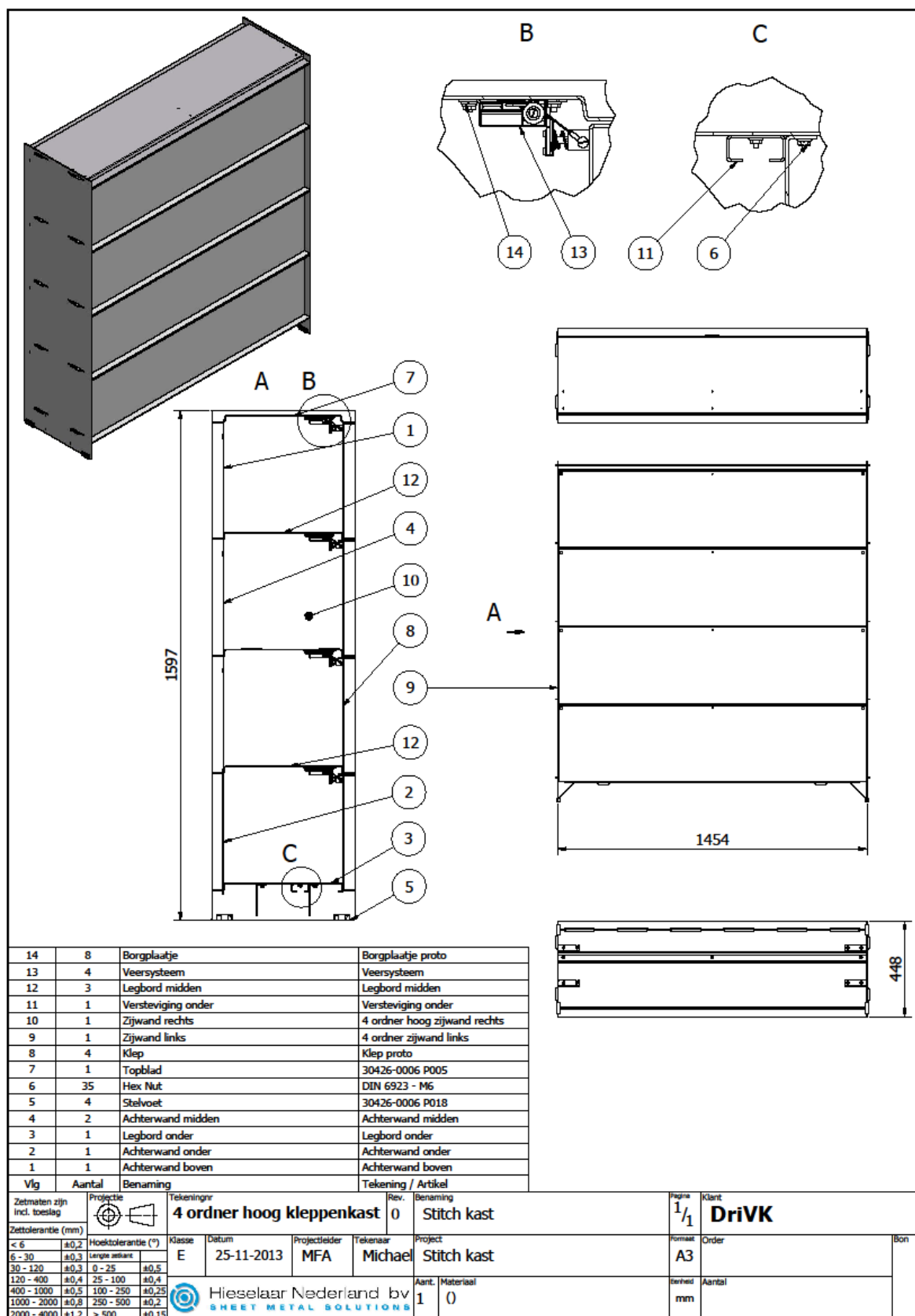
Tekening van twee ordner hoge kleppenkast



Tekening van drie ordner hoge kleppenkast



Tekening van vier ordner hoge kleppenkast



Tekening veersysteem

