

CHALMERS



Dimensionering och analys av upphängning till bussbagagelucka Dimensioning and analysis of the suspension to bus trunk

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

John Bladh
Mattias Simonsson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2014
Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 111/2014

EXAMENSARBETE 2014:

Dimensionering och analys av upphängning till bussbagagelucka

Examensarbete för maskiningenjörsprogrammet

JOHN BLADH

MATTIAS SIMONSSON

Institutionen för Material- och tillverknings teknik

Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2014

Dimensionering och analys av upphängning till bussbagagelucka.
Examensarbete för maskiningenjörsprogrammet
Examensarbete No. 111/2014

JOHN BLADH

MATTIAS SIMONSSON

© JOHN BLADH, MATTIAS SIMONSSON, Sverige 2014

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avancerad oförstörande provning
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg Sverige
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Tryckeri / Institutionen för Material- och tillverkningsteknik Göteborg, Sverige 2014

Förord

Det här examensarbetet har genomförts av John Bladh och Mattias Simonsson. Arbetet är utfört under våren 2014 i samarbete med teknikkonsultföretaget ÅF i Göteborg. ÅF är ett av de största konsultföretagen i Sverige, och de är verksamma inom de flesta teknikområden. Uppdraget gavs av fordonsutveckling på avdelningen för mekanikkonstruktion.

Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng per person och skall avrunda och sammanfatta vår treåriga utbildning på Maskingenjörsprogrammet (180 hp) med inriktning konstruktion.

Ett tack riktas till ÅF och idéskaparen Peter Blomgren som givit oss möjligheten till detta uppdrag. Varmt tack till Magnus Kardborn som bidrog till att vi tilldelades arbetet samt för ditt engagemang och stöd.

Vi vill rikta ett stort tack till vår examinator och handledare Gert Persson på Chalmers tekniska högskola. Han har varit till stor hjälp för att bolla idéer och driva arbetet i en så ingenjörsmässigt korrekt riktning som möjligt.

John Bladh

Mattias Simonsson

Göteborg 2014-05-14

Sammanfattning

Teknikkonsultföretaget ÅF har utvecklat en ny konstruktion för bagagelucksystem på bussar. Enligt ÅF är systemet bättre ur produktionssynpunkt då monteringsstiden är kortare jämfört med nuvarande konstruktion. Syftet med examensarbetet är att vidareutveckla konceptidén. Mer konkret innebär uppdraget att utföra hållfasthetsanalyser på de bärande konstruktionselementen, golv- och luckkonsoler, samt att utvärdera två av de ingående konstruktionsdelarna, gasfjädrar och skenor.

Metoden har bestått av att analysera och modifiera befintlig CAD-modell, där olika typer av skenor och gasfjädrar har studerats. Hållfasthetsanalyser på konsolerna utfördes med hjälp av finita elementmetoden i programmet Catia. Som beräkningsresultat noteras att såväl utböjningar som spänningar är relativt små och att plåttjocklek och flänsplacering har stor betydelse för konsolernas stabilitet. Vidare kan det konstateras att viktoptimering genom minskad plåttjocklek, ändrad geometri och användning av andra material kan ske inom ramen för acceptabel utböjning av konsolerna. Skenornas slaglängd och konstruktionens utgångsvinkel har avgörande betydelse för avståndet mellan buss och lucka samt hur stort överlappet blir, dvs hur mycket luckan skymmer insynen till bagageutrymmet.

Efter en genomgående analys av konstruktionen kan det fastställas att den, förutom överlappet, klarar kravspecifikationen. Dock finns vissa brister som gör att konstruktionen högst troligt inte kommer att tillverkas i nuvarande skick. I dagsläget är överlappet för stort. Vidare kommer systemet väga relativt mycket vilket dels är mindre lämpligt ur miljösynpunkt, men också att starka gasfjädrar behöver användas. Kraftiga gasfjädrar vållar bekymmer vid stängning av luckan då en orimligt stor kraft måste övervinnas.

Författarna till detta arbete nämner förslag på vidareutveckling. En enkel fjäderanordning skulle kunna minska överlappet, och om det går att hitta lättare skenor skulle vikten reduceras. Detta i kombination med en bättre anpassad lyftanordning skulle troligtvis kunna bidra till betydligt bättre framtidsutsikter för konstruktionen.

Abstract

The technology consulting company ÅF has developed a new trunk lid design for buses. Compared to the present system, the new construction is more beneficial in terms of mount time, and it is also expected to be easier to mount. This assignment is intended to further develop the concept; strength calculations will be carried out on the load-bearing structural parts, and telescopic slides as well as gas springs will be analyzed in order to improve the concept.

Our method consisted of analyzing and modifying the existing CAD model. We have studied various types of slides and gas springs as well as performed stress analysis on the brackets using the finite element method which is integrated in the program Catia. In particular, the deflection of the brackets is an important parameter because it is crucial that the door is stable. The calculation results show that both deflections and tensions were relatively small, and the plate thickness as well as the placement of the flanges are important for the stability. Furthermore, it can be stated that weight optimization through reduced plate thickness, changed geometry and the use of other materials may be made within the framework of acceptable deflection. The stroke length of the telescopic slides and the construction's initial launch angle are crucial for the distance between the bus and the door, and also in what extend the trunk lid affects the visibility into the luggage room.

When it comes to the gas springs, they can only be mounted on a three rail telescopic slide because of space reasons. They must also possess sufficient force for opening the door, which probably will mean trouble during closing as the force must be overcome. Since the system will be heavy, there are grounds for criticism from a sustainability point of view. The risk of increased fuel consumption is big. There is scope here for further analysis; reducing the weight of the slides is for example an important aspect. In order to improve accessibility to the luggage compartment, we suggest a design approach where a simple spring holds the door against the bus body at the open position. In addition to enhanced agility, this reduces the risk of hitting the head in the door when standing up.

The report is written in Swedish.

Innehållsförteckning

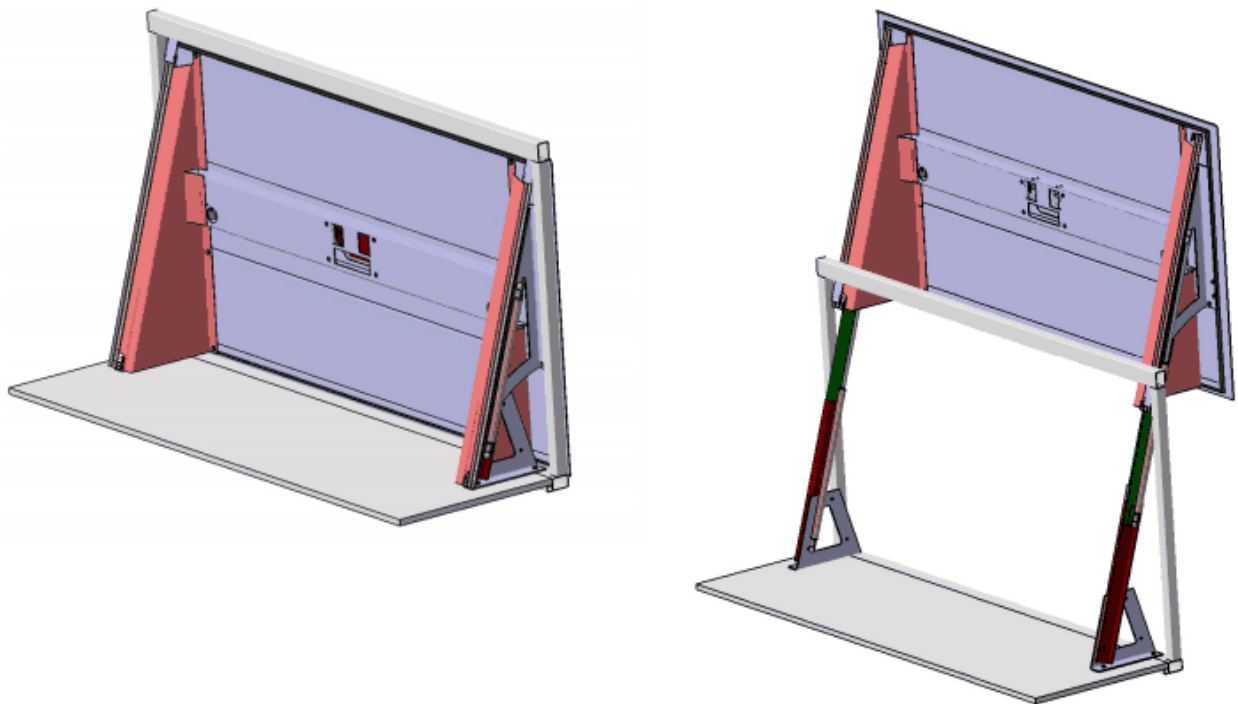
| | |
|--|-----------|
| 1. INLEDNING | 1 |
| 1.1 Bakgrund | 1 |
| 1.2 Syfte | 2 |
| 1.3 Precisering av frågeställningen | 2 |
| 1.4 Avgränsningar | 3 |
| 2. TEORETISK REFERENSRAM | 4 |
| 2.1 Konceptidén | 4 |
| 2.2 Beräkningar | 6 |
| 2.2.1 Analytisk eller numerisk | 7 |
| 2.2.2 Finita elementmetoden | 7 |
| 2.2.3 FEM i Catia | 8 |
| 2.3 Gasfjädrar | 9 |
| 2.4 Skenor | 11 |
| 3. METOD | 13 |
| 3.1 Kravspecifikation | 14 |
| 4. RESULTAT | 16 |
| 4.1 Resultatsammanfattning | 16 |
| 4.1.1 Slutgiltig modell för luck- och golvkonsoler | 16 |
| 4.1.2 Skenor | 19 |
| 4.1.3 Gasfjädrar | 19 |
| 4.1.4 Konstruktionen | 19 |
| 4.1.5 Kravspecifikation | 20 |
| 4.2 Måttsättning | 21 |
| 4.2.1 Utrymmestriangeln | 22 |
| 4.2.2 Val av skenor | 25 |
| 4.2.3 Lutningsvinkel | 26 |
| 4.3 Konsoler | 27 |
| 4.3.1 Golvkonsol | 29 |
| 4.3.2 Luckkonsol | 32 |
| 4.3.3 Slutberäkning | 36 |
| 4.4 Andra material | 43 |
| 4.5 Gasfjädrar | 44 |
| 5. DISKUSSION | 45 |
| 5.1 Hållbar utveckling | 45 |
| 5.2 Förslag på förbättringar och vidareutveckling | 46 |
| 5.2.1 Vikt | 46 |
| 5.2.2 Gasfjädrar | 46 |
| 5.2.3 Överlapp | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 6. SLUTSATS | 49 |
| REFERENSER | 51 |
| APPENDIX | 52 |
| Appendix I. Ritning Golvkonsol | |
| Appendix II. Ritning Luckkonsol | |
| Appendix III. Ritning Chambrelan E1700 | |
| Appendix IV. MatLab-program | |

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Upphängningsmekanismen i majoriteten av dagens bussbagageluckor består av leder och stänger försedda med gasfjädrar. Enligt teknikkonsultföretaget ÅF finns det brister med detta system; finjustering av de mekaniska delarna gör att monteringstiden blir onödigt lång, vilket i sin tur påverkar produktionsflödet. För att reducera monteringstiden och därmed öka hastigheten vid produktion är det därför angeläget att konstruera en upphängning som inte kräver omfattande justeringar. ÅF har, genom tidigare examensarbete, en idé på ett lucksystem som uppfyller detta (se figur 1.1 över tidigare CAD-modell). Systemet anses vara mer stabilt än det nuvarande och tanken är att luckan skall monteras i stängt utförande vilket gör att den justerar sig naturligt. I detta koncept är det teleskopskenor som medger rörelse av luckan, dessa begränsar rörelsen till en riktning och medför att frihetsgraderna reduceras.



Figur 1.1 Tidigare CAD-modell, sett inifrån bagageutrymmet stängd (t.v.) öppen (t.h.) (Floruta, Tekcan 2013).

I figur 1.2 nedan (ÅF 2013) visas hur dagens upphängningssystem kan se ut. Konstruktionen består, förutom luckan, av länkar och gasfjädrar som förmonteras i bussen. Utifrån bilden kan anas att frihetsgraderna för systemet är flera; förutom rörelse i horisontell och vertikal riktning finns även momentfria leder vid såväl infästningarna mot luckan som mot bussen vilket möjliggör rotation. För att erhålla en stabil drift och estetisk attraktion utan snedställning behöver

infästningspunkterna och lederna justeras vid montering. Enligt ÅF tar detta för lång tid, varför det har funnits anledning att titta på alternativa konstruktionslösningar.



Figur 1.2 Exempel på hur dagens mekanism kan se ut, ÅF 2013

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att analysera och vidareutveckla den redan framtagna konceptidén. Primärt kommer hållfasthetsberäkningar att utföras men även analys och utvärdering av konstruktionens delar ingår. Målsättningen är att efter arbetets slut presentera ett underlag för framställning av en prototyp.

1.3 Precisering av frågeställningen

- Hur skall konstruktionen dimensioneras och vilka lastfall är rimliga?
- Vilka befintliga lösningar, med avseende på till exempel skenor och dämpare, finns på marknaden i dag och som kan appliceras på konstruktionen?
- Vilket utseende bör plåtkonsolerna ha för att erhålla maximal styvhet och för att minimera utböjning vid last?

1.4 Avgränsningar

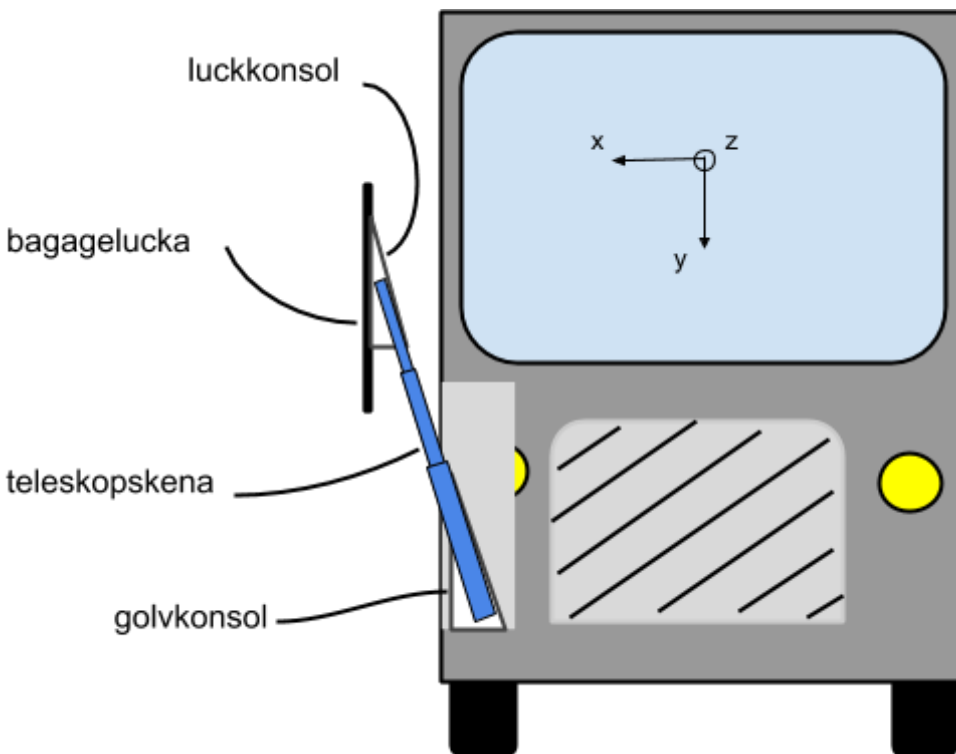
- Inga specifika bussföretag kommer att nämnas när det gäller själva konceptetiden.
- Beräkningarna kommer att utföras på en utvald större luckmodell. Vi bortser här bara från olika modellers höjdvariationer, då konstruktionen enkelt går att applicera på olika breda luckor.
- Konstruktionsdelar såsom skruvförband och tätningar kommer inte att beröras.
- Ingenting om automatiserat system kommer att behandlas. Beräkningarna utförs på en manuell konstruktion.
- Valet av material- och komponentleverantörer är ointressant, uppdraget utförs allmänt men det är viktigt att notera vad som används i beräkningar.

2. TEORETISK REFERENSRAM

2.1 Konceptidén

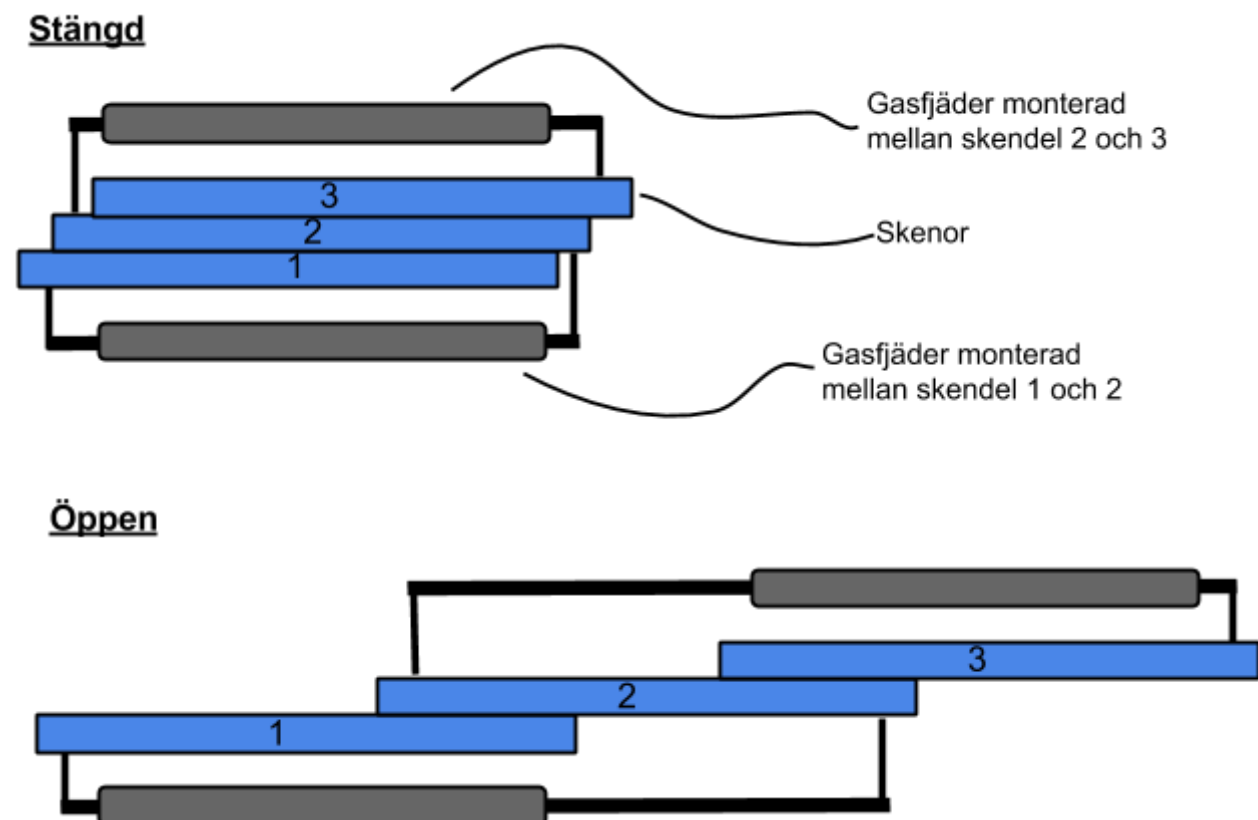
Den CAD-modell som vi fått tillgång till har ritats av Zoe Floruta och Ismet Tekcan (2013) efter en idé från ÅF. Hittills har endast modellen skapats, inga hållfasthetsberäkningar har utförts, inte heller på konsolerna. Konceptet består av ett automatiserat system där en elmotor används för öppning och stängning. Deras förslag på öppningsmekanism är ett resultat av brainstorming, där flera idéer utvärderades. Vinnaren blev en konstruktion bestående av ett fönsterhiss-system samt tillhörande teleskopskenor och gasfjädrar. Jämfört med dagens bussbagageluckor anses detta koncept vara mer fördelaktigt när det gäller produktionsaspekten; tiden för montering kan reduceras avsevärt eftersom systemet är självjusterande och den tidigare tidskrävande justeringsprocessen uteblir.

Konceptet går ut på att låta luckan öppnas med hjälp av teleskopskenor som dras ut linjärt i en vinkel emot bussen. Skenorna är monterade på konsoler som i sin tur är fästa i golvet inuti bagageutrymmet. I andra änden av teleskopskenorna sitter luckkonsolerna som är fästa i bagageluckan, se figur 2.1 nedan.



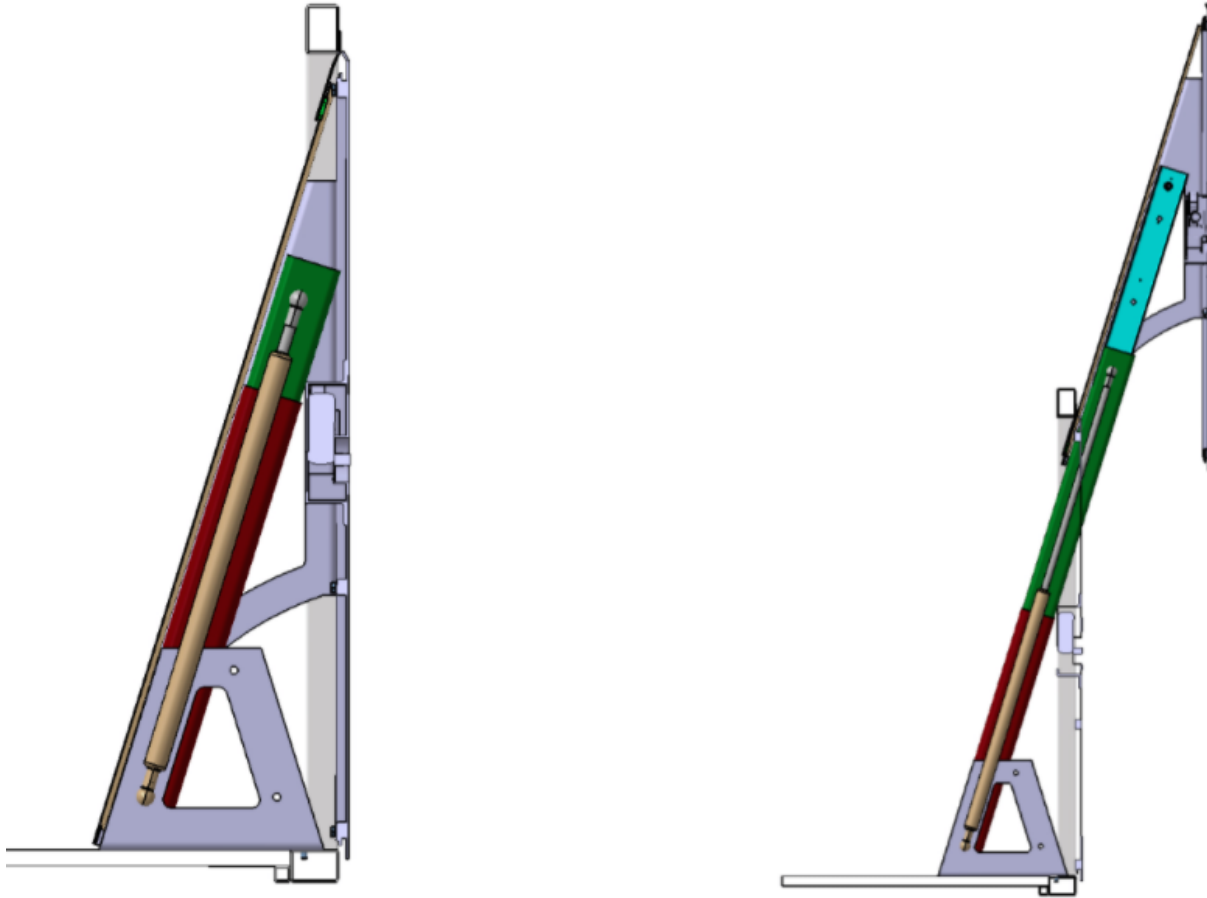
Figur 2.1 Buss sedd framifrån luckan öppen till vänster, med ingående delar presenterade.

På grund av luckans tyngd monteras gasfjädrar på skenorna. Dessa fungerar som lyfthjälp vid öppning och stängning av luckan. Montering sker på vardera skena och hjälper till att sträcka ut dessa. För att matcha slaglängden hos skenorna så måste två gasfjädrar tillämpas och de är fästa enligt figur 2.2.



Figur 2.2 Schematisk bild över hur två gasfjädrar är fästa en i tredelad teleskopskena.

Nedan i figur 2.3 visas Zoe och Ismets CAD-modell, där deras förslag på konsolernas utseende kan urskiljas. ÅF (2014) har bekräftat att det inte utförts någon närmare analys som har bidragit till konsolernas nuvarande utseende med avseende på hållfasthet.



Figur 2.3 Tidigare CAD-modell sett från sidan, stängd till vänster och öppen till höger (Floruta, Tekcan 2013).

2.2 Beräkningar

Enligt SSAB (1990) finns tre delar som är viktiga vid dimensionering genom beräkning:

- Bedömning av relevanta laster
- Bedömning av erforderlig säkerhet mot haveri
- Utformning av konstruktionen så att tillräcklig bärförmåga uppnås

Eftersom ett normalt handhavande av luckan inte påfrestar systemet nämnvärt och att lastcyklerna för öppning och stängning av luckan under bussens livslängd är relativt få, är det rimligt att dimensionera mot plötsliga och extrema lastfall. Beräkningarna i denna rapport fokuserar på bärförmågan hos golv- och luckkonsolerna eftersom vi anser att dessa är de bärande delarna i lucksystemet. Konsolernas utseende, tjocklek och material är väsentliga parametrar som inverkar på de bärande egenskaperna. Givetvis är det också viktigt att

skenorna har anpassad hållfasthet, men då de företag som tillverkar skenorna gör egna hållfasthetsanalyser räcker det att välja dessa ur katalog.

Nedan redovisas den beräkningsmetod som använts för dimensionering av konsolerna. Även om detta uppdrag är av enklare ingenjörskaraktär är det ändå rimligt att använda finita elementmetoden för beräkningarna; det går snabbt och resultaten blir pålitliga.

2.2.1 Analytisk eller numerisk

Enligt Staffan Sunnersjö (1999) måste ett verkligt problem ofta förenklas för att kunna beskrivas som en matematisk modell. Avgörande för vilken metod som används har att göra med problemets komplexitet; en enklare modell kan lösas analytisk, medan vid ett mer omfattande problem behöver en numerisk metod tillämpas. Vid tillämpning av analytisk metod blir modellen kraftfullt förenklad och ligger ganska långt från verkligheten, men fördelen är att ett exakt svar kan ges. En numerisk modell däremot ligger närmare verkligheten men lösningen blir approximativ. Vid ingenjörsmässiga problem är oftast den numeriska metoden överlägsen då det sällan finns analytiska metoder att tillgå (Sunnersjö, 1999).

2.2.2 Finita elementmetoden

Finita elementmetoden (FEM) utvecklades i början av 1950-talet då den tidiga flygindustrin hade som avsikt att viktoptimera konstruktioner (Sunnersjö, 1999). Idag används metoden flitigt i syfte att lösa beräkningsproblem inom en rad teknikområden, inte minst inom hållfasthetsläran. Själva beräkningsproceduren för FEM är likadan oavsett vilket område som avses; det som skiljer är materialdata (konstitutiva samband) samt de ingående variablerna. Inom hållfasthetslära används FEM för att kunna säkerställa att en konstruktion är kapabel att bära förväntade belastningar. Matematisk sett är FEM en numerisk metod för att lösa partiella differentialekvationer, och som resultat erhålls aktuella spänningar och töjningar vid given last (Sunnersjö s. 11-26, 1999). Fördelarna med FEM är betydande. Tidigare behövdes tids- och kostnadsomfattande experimentell provning utföras för att erhålla uppgifter om hållfasthetsegenskaper. Genom att ersätta dessa med datorsimuleringar kan både tid och pengar sparas (Nationalencyklopedin 2014). Nedan ges några exempel på tillämpningar för FEM.

Tabell 2.1 Några tillämpningsområden för FEM

| Tillämpning | Variabler |
|--|---|
| Elektriska fält Laminär strömning Akustik Värmeledning Elasticitet | Spänning, ström Tryck, flöde Källstyrka, ljudtryck Temperatur, värmeflöde Kraft, förskjutning |

Första steget vid tillämpning av metoden, som nästan alltid utförs med hjälp av dator, går ut på att skapa en modell av verkligheten genom att upprätta geometri, tilldela materialegenskaper samt bestämma villkor för rörlighet vid belastning, så kallade randvillkor. Därefter delas modellen upp i ett stort antal element, så kallade finita element, som är ihopkopplade med punkter, noder. Elementen och noderna är de centrala delarna i FEM och dessa utgör ett nät som täcker hela strukturen. Beroende på hur geometrin ser ut kommer krafter och förskjutningar att variera i nodpunkterna vid pålagd last. Tillståndet i nodpunkterna beskrivs med hjälp av linjära ekvationer i elementen (Sunnarsjö s. 26, 1999). För ökad förståelse kan man tänka sig en en balk, som är en enkel typ av ett element där ändpunkterna utgörs av noder. Kraft- och deformationssamband (elementarfall) för balken beskrivs av förskjutningar och rotationer i noderna (Nilsson 2012). Givna randvillkor i kombination med aktuella laster bildar ett gigantisk ekvationssystem ur vilket aktuella storheter kan lösas (Nilsson 2012).

Inför en finita element-analys (FEA) är det fördelaktigt att utföra beräkningar som ger ökad förståelse för lastvägar, materialegenskaper osv. Om flera konstruktionskoncept skall utvärderas kan beräkningarna utföras med uppskattade laster och materialdata då jämförelsen är det viktiga. Därefter kan konstruktionen optimeras för att minimera vikt och samtidigt bibehålla bärförmåga (Sunnarsjö s. 18, 1999). Hur randvillkoren appliceras är ofta avgörande för att erhålla resultat som stämmer överens med verkligheten. Nationalencyklopedin (2014) beskriver randvillkor som gällande villkor vid randen av ett område. Dessa utgörs av mekaniska tvång som inskränker modellens rörelse, och de är avgörande för att erhålla lösningar till en differentialekvation. Erfarenhet spelar här en stor roll för hur randvillkoren skall utföras (Nilsson 2012).

2.2.3 FEM i Catia

På dagens marknad finns en rad CAD-programvaror som innehåller en integrerad FEM-del. Bland dessa kan nämnas Catia, Pro-Engineer och SolidWorks. I programmen kan en modell tilldelas finita element som tillsammans med noderna utgör ett nät, så kallat mesh. Genom att reglera storleken på meshen kan resultatet påverkas. En komplicerad geometri kräver ofta ett mindre värde på meshen vilket gör att nätet blir finare som i sin tur leder till ett mer noggrant resultat. Viktigt att påpeka att ju mer komplicerad geometri och ju finare mesh desto längre tid

tar beräkningen. I Catia finns tre huvudelement-typer: Solid-, skal, och balkelement. Inom dessa finns totalt 6 olika elementtyper:

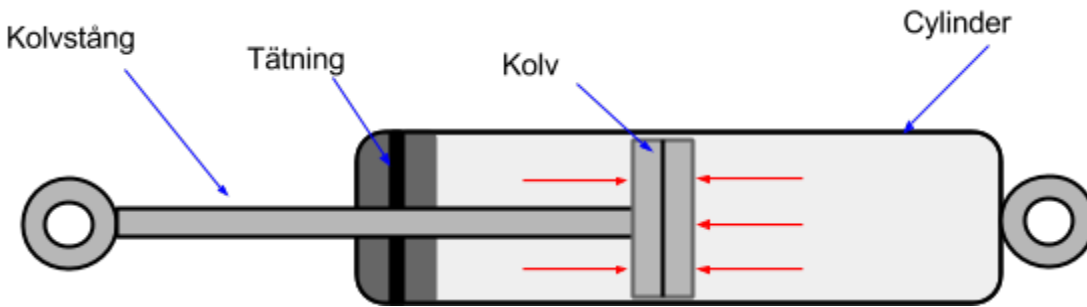
- Solidelement (Solid) Rätblock, Kil eller Tetraed
- Skalelement (Shell) Rektangulärt eller Triangulärt
- Balkar (Beam)

Programmet genererar automatiskt solidelementtyp av tetraed. För andra typer måste detta väljas manuellt. Beroende på hur modellen ser ut används olika elementtyper. Solidelement används då modellens längd, bredd och tjocklek är ungefär lika stora. Skalelement lämpar sig bra då modellens längd och bredd är större än dess tjocklek, och slutligen balkelement kan användas då längden är mycket längre än tvärsnittssektionen. Om geometrin tillåter kan betydande vinst i beräkningstid erhållas om skalelement användas istället för solidelement (Persson 2013).

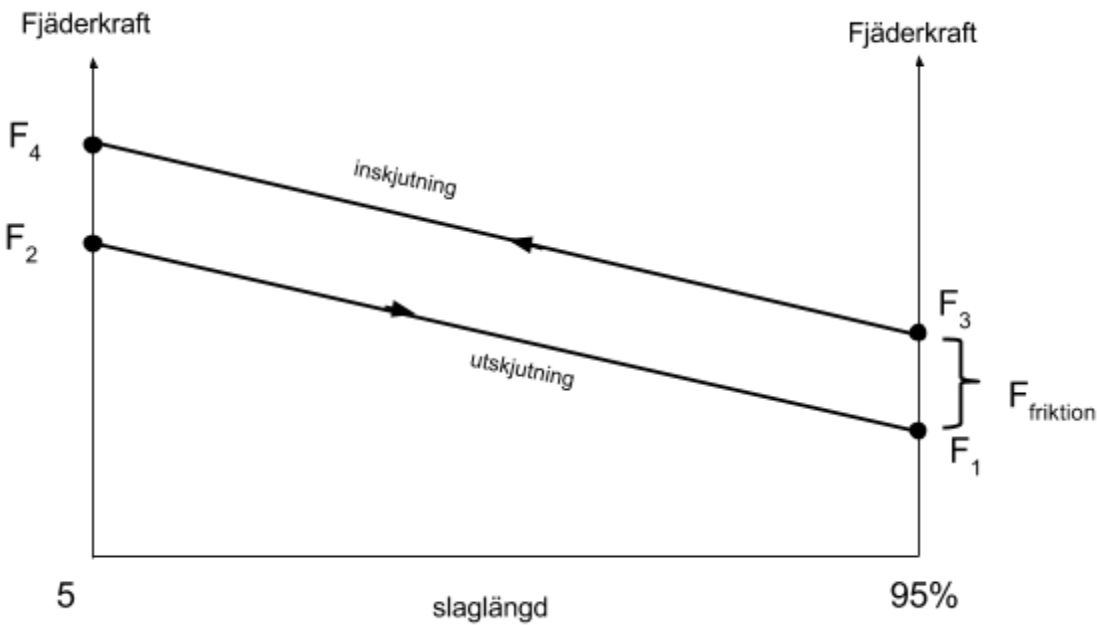
I CAD-programmet Catia kan FE-analys utföras på enskilda parter eller sammanställningar, GPS (Generative Part Structural Analysis) eller GAS (Generative Assembly Structural Analysis). Därutöver finns några ytterligare analysverktyg som inte nämns vidare här. Att GPS/GAS är integrerat i Catia gör att det går smidigt att utföra hållfasthetsanalyser på en modell. En mindre nackdel är att endast linjära problem kan lösas, alltså ej problem som omfattas av plastisk analys eller deformation.

2.3 Gasfjädrar

Gasfjädrar används i en rad olika konstruktioner, men inte sällan för att utföra kontrollerad öppning och stängning i till exempel luckor. Beståndsdelarna är: cylinder, kolvstång med kolv, tätning och en styrning, se figur 2.4. Oftast är det kvävgas som används och hårdheten kan regleras genom att pumpa in olika mängder gas i behållaren. När kolven skjuts in minskar volymen och trycket ökar vilket leder till en större utskjutningskraft. Kraften vid botten, utskjutningskraften, är ungefär 30 % större jämfört med vid slutet av slaget. Vidare kan också konstateras att det på grund av friktionskrafter krävs mer för att trycka ihop en gasfjäder än att öppna den, se figur 2.5. Den så kallade fjäderkaraktistiken benämns annars som flack eftersom kraften är ganska jämnt fördelad under hela utskjutningsfasen. Rörelsen är mjuk och kontrollerad vilket beror på att gas flyttar sig via kanaler från ena till den andra sidan av kolven. (Nationalencyklopedin, 2014). Enligt Lesjöfors (2014) är gasfjädrar en färskvara; framförallt är det de ingående delarna som till exempel tätningar som åldras och slits. Temperaturskillnader bidrar också till ökad förslitning. Användningsområdet lämpar sig för temperaturintervallet -30 till +80 grader Celsius (Lesjöfors, 2014).



Figur 2.4 Beskrivning av gasfjäder.



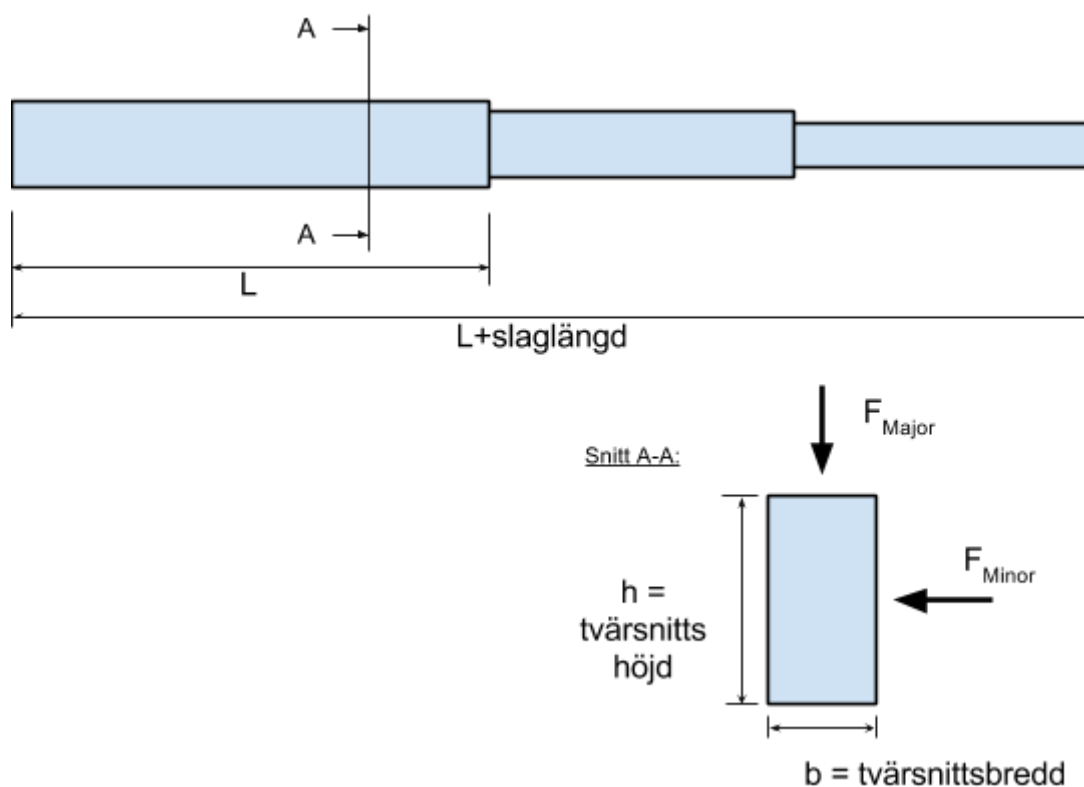
Figur 2.5 Allmän fjäderkaraktäristika hos gasfjädrar enligt Lesjöfors (2014)

Ovan är den allmänna fjäderkaraktäristikan hos gasfjädrar beskriven, där F_1 är det normala katalogvärdet som tillverkare anger som fjäderkraft hos en tryckande gasfjäder. Denna kraft mäts upp strax före fjädern är i sitt yttersta läge, normalt vid 95 % av fjäderns slaglängd. I början av sitt slag, i utskjutningsprocessen, är fjäderkraften F_2 ovan nämnt till att vara ungefär 30 % högre än F_1 . För kompression av fjädern gäller att F_3 är fjäderkraften i sitt yttersta läge som är lika med F_1 plus friktionskraften F_{friktion} och F_4 är på samma sätt som ovan ungefär lika med $F_3 + 30\%$.

2.4 Skenor

Vid konstruktionsarbete av den typ som omfattar detta uppdrag är valet av skenor en viktig parameter. Hänsyn skall tas till längd, slaglängd, vikt samt maxlast och utböjning. Av utrymmesmässiga skäl bör skenor längd minimeras samtidigt som slaglängden (utskjutbar längd) bör vara så stor som möjligt. De skall alltså med god marginal få plats i bagageutrymmet men även kunna skjutas ut så långt att luckans påverkan på insynen begränsas.

Konceptet med gasfjädrar innebär att det bara är utrymmesmässigt möjligt att använda skenor som är tredelade. Detta betyder att två gasfjädrar behövs, fler än så är svårt att få plats med på en skena. Enligt tabell 2.2 nedan så är förlängningen hos en tredelad skena begränsad till strax över 100%, och det är av den anledningen viktigt att få plats med en så lång skena som möjligt. Figur 2.6 nedan definierar dimensionerna för skenorna som nämns i rapporten, där framgår tydligt för vilka dimensioner som mått anges i tabell 2.2. Notera även belastningsriktningarna Major och Minor, som verkar i vertikal respektive horisontell led. Maxbelastningen i dessa riktningar är olika på grund av olika böjmotstånd.



Figur 2.6 Schematisk bild av en tredelad teleskopskena

Valet av leverantörer är som tidigare nämnt ointressant. Valet faller i samtliga fall på en leverantör som har tydlig och lättillgänglig information, utöver att rätt typ av delar är tillgängliga. I fallet skenor så har tillverkaren Chambrelan valts, där en rad olika skenor finns representerade, från konventionella RA7R till mer tillverkarspecifika E1700.

Tabell 2.2 Skenor från Chambrelan. Föregående konceptmodellens skena står med som jämförelse.

| Modell | Förlängning [%] | Dimension [mm] (bxh) | Vikt [kg/m] | Maxlast* [kg] (Major/Minor) | Utböjning* [mm] | Beams |
|----------------------|-----------------|----------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------|
| E1700 | 100 | 32 x 60 | 10,6 | 545 / 170 | 8 / 17 | 3 |
| E1400 | 100 | 16 x 29 | 3 | 70 / n.a. | 9 / n.a. | 3 |
| RA7R | 103 | 26,1 x 68 | 8 | 319 / 98 | 10 / 16 | 3 |
| RA9R | 104 | 32 x 93 | 13,5 | 425 / 120 | 6 / 18 | 3 |
| RA774 | 155 | 34 x 93 | 13,4 | 212 / 50 | 14 / 29 | 4 |
| Föregående Koncept** | 111 | 23 x 73 | -- | --/-- | --/-- | 3 |

* längdspecifika angivelser avseende skenor med L=1000mm

** ej angivet märke eller modell, troligen ett exempel på hur det kan se ut

3. METOD

Metoden som har använts för arbetet är en typ av aktionsforskning; en metod av problemlösande karaktär som går ut på att något studeras samtidigt som förbättringsåtgärder utförs (Höst, Regnell, Runesson, 2006). Inom tekniska arbeten blir ofta resultatet att en prototyp framställs. Man kan dela in arbetet i tre olika steg: Observation, lösningsförslag och utvärdering (ibid, 2006). Inledningsvis i detta arbete fördes samtal med ÅF där målet och relevanta avvägningar med uppdraget diskuterades. Då tidigare uppdrag endast har fokuserat på själva funktionen och utseendet var vi överens om att vi skulle bidra med dimensionering. Som ett första steg i denna process observerades och analyserades tidigare CAD-modeller. Här fick vi en uppfattning om ingående konstruktionsdelar, vilka mått de hade samt hur de var sammansatta.

Golv- och luckkonsoler ansåg vi vara de viktigaste bärande konstruktionsdelarna, och eftersom tidigare examensarbetare inte hade utfört några beräkningar på dessa ansåg vi att det var nödvändigt att konsolerna fick genomgå hållfasthetsanalyser. Beräkningar på konsolerna utfördes med hjälp av finita elementmetoden i CAD-programmet Catia. Inledningsvis gjordes jämförande analyser på fyra konsolvarianter där placering av stabiliserande flänsar var det som skiljde dem åt. Resultatet från dessa analyser gav oss uppfattning om vilka flänsplaceringar som bidrog till mest stabilitet. Vi utsåg en vinnare, en konsol som hade relativt låg vikt men ändå var tillräckligt stabil. På denna utfördes en mer omfattande analys där vi hittade på ett antal hypotetiska lastfall grundat på konstruktionens vikt och extremt handhavande. Utseendet på "våra" konsoler valdes utifrån utseendet på tidigare modells konsoler, dock med ordentlig modifiering. Med hjälp av grundläggande trigonometri kunde passande mått på konsoler och, därmed, skenor väljas. Här använde vi beräkningsprogrammet Matlab för trigonometriska beräkningar och för visualisering av konstruktionen i öppet läge. Litteraturstudier från väl etablerade företag har hjälpt oss att hitta lämpliga skenor och dämpare, och regelbundna möten med vår examinator Gert Persson har gett oss värdefulla tips och idéer, inte minst gällande beräkningarna.

3.1 Kravspecifikation

ÅF:s krav och önskemål för konstruktionen redovisas i tabell 3.1 nedan. Ett generellt råd som givit oss är att tänka enkelt för att minimera kostnader och för att möjliggöra en smidig tillverkningsprocess.

Tabell 3.1 Kravspecifikation för upphängning till bussbagagelucka

| Krav: | Önskemål: |
|--|--|
| Skall kunna monteras i stängt läge | Låg vikt |
| Vikt exklusive lucka < 30 kg | Enkel att tillverka |
| Överlapp mellan bagageutrymmets övre kant till luckans nedre max 150 mm i öppet läge | Enkel att montera |
| Förskjutning av luckan < 5 mm vid normal last, på grund av konsolernas utböjning | Inget överlapp av bagageutrymmet |
| | Liten förskjutning av luckan vid normal last |

Kraven:

Montering i stängt läge: Gör att luckan blir självjusterande vilket påskyndar monteringen. Nuvarande system medför en hel del justeringar i efterhand vilket tar tid.

Vikt: Vikten utgörs här av Golv- och luckkonsoler samt skenor och gasfjädrar.

Överlapp: Överlappet av luckan motsvarande avståndet mellan bagageutrymmets övre innerkant och ner till luckans nedre kant i öppet läge är en viktig parameter att minimera för att erhålla god insyn i bagageutrymmet vilket underlättar vid packning.

Förskjutning: Förskjutningen av en punkt på luckans övre kant, vid normal belastning. Alltså förskjutningen som utbøjningen av golv- och luckkonsolen ger upphov till vid normal last (se lastfall 1 i avsnitt 4.2.3). Förskjutning uppkommen av skenorna bortses här då leverantörer normalt bara lämnar utböjningsvärden för deras maxlaster, vilka i sin tur är större än systemets normalbelastning.

Önskemålen:

Låg vikt: En lättare del ger en lättare buss med bättre bränsleekonomi och medför enklare montering.

Tillverkning: Om enkla geometrier används erhålls en smidigare tillverkningsprocess och kostnaderna minskar. Viktigt också att minimera antalet artiklar för att minska tillverkningskostnaderna.

Monteringen: Minimera antalet artiklar för snabbare monterings-tid. Hela konstruktionen bör också med fördel kunna monteras utanför, för att sedan i ett stycke fästas i bussen.

Överlapp: Litet överlapp ger mer insyn in i bagageutrymmet. Överlappet utgörs av att luckan i öppet läge täcker delar av öppningen till bagageutrymmet vilket skymmer sikten och tillgängligheten in i bagageutrymmet. Detta försvårar in- och urlast.

Liten förskjutning: Liten förskjutning av luckan vid belastning betyder ett stabilt system, och dessutom ökad kvalitetskänsla.

4. RESULTAT

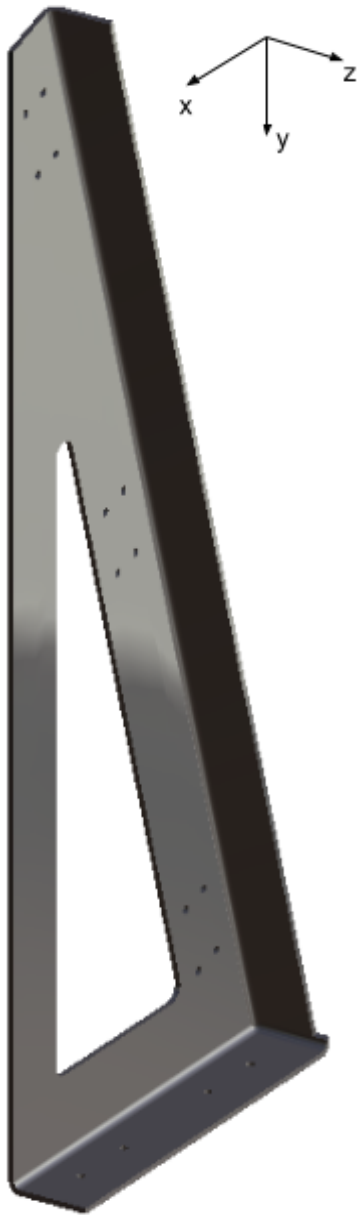
För att snabbt få en överblick över resultaten presenteras inledningsvis en resultatsammanfattning. Därefter (från och med kapitel 4.2) redogörs utförligare för valet av konsoler, skenor, måttsättning och beräkningar.

4.1 Resultatsammanfattning

Här redovisas de viktigaste resultaten som rör konsolerna, FEM-beräkningarna samt skenorna och gasfjädrarna. Den nya konstruktionen visas också. En diskussion utifrån kravspecifikationen finns även presenterad. Här nämns några tankegångar kring montering, vikt, överlapp samt förskjutning.

4.1.1 Slutgiltig modell för luck- och golvkonsoler

På nästföljande två sidor visas de slutgiltiga modellerna för golv- och luckkonsoler. Värdena som presenteras grundas på FEM-beräkningarna.



Figur 4.1 Golvkonsol

Golvkonsol:

Tillverkning: Två bockningar, en svetsfog.

Material: Stålplåt

Godstjocklek = 3 mm

Sträckgräns > 420 MPa

Maxbelastning z = 250 N

Resultande utböjning = 1574 μm

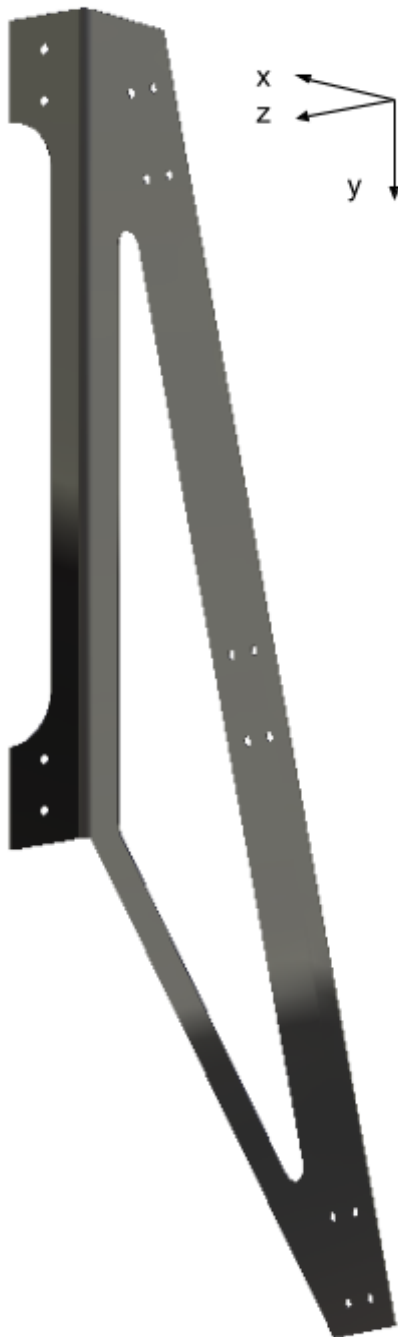
Maxbelastning y = 1500 N

Resultande utböjning = 213 μm

Vikt \approx 3,5 kg

Ger vid normal last upphov till en förskjutning av luckan på ungefär 160 μm

se Appendix I. för ritning.



Luckkonsol:

Tillverkning: En bockning.

Material: Stålplåt

Godstjocklek 1 mm

Sträckgräns > 200 MPa

Maxbelastning z = 250 N
Resultande utböjning = 253 μm

Maxbelastning y = 1500 N
Resultande utböjning = 487 μm

Vikt \approx 0,7 kg

Ger vid normal last upphov till en förskjutning
av luckan på ungefär 5 μm

se Appendix II. för ritning.

Figur 4.2 Luckkonsol

4.1.2 Skenor

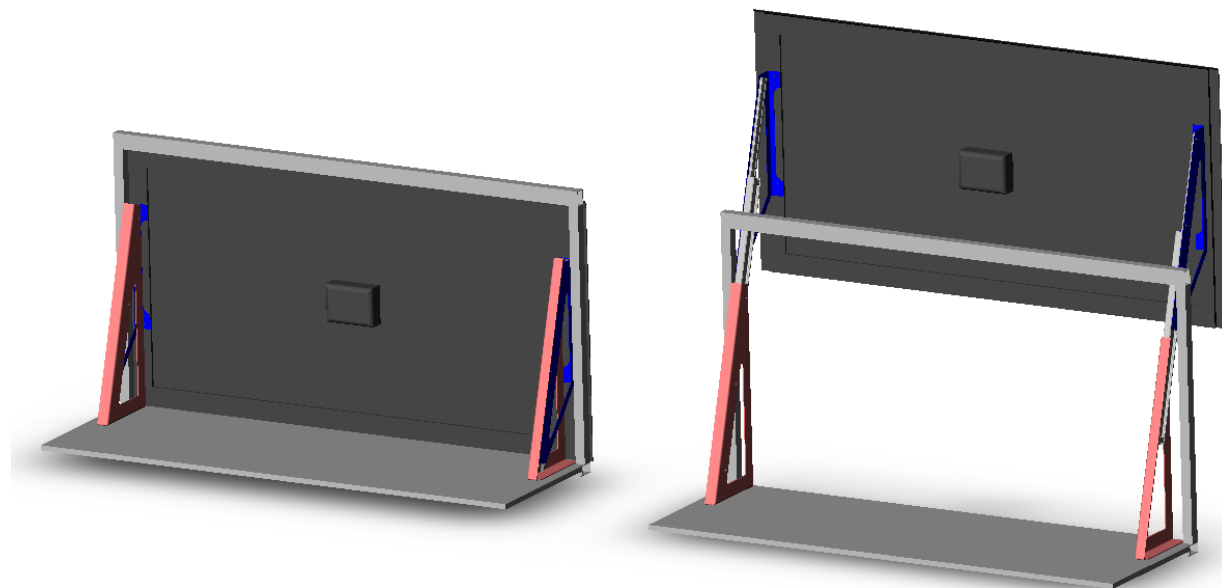
För beräkning så har Chambrelan E1700 med längden 800 mm använts, vilken är en robust och stark skena. För ritning med maxbelastning och utböjning se Appendix III. Ovan beskrivna konsoler går med lätthet att modifiera så att skenor med varierande tvärsnittshöjd kan användas. Dock kan skenlängden komma att behöva justeras, enligt tabell 4.3.

4.1.3 Gasfjädrar

Det behövs två stycken gasfjädrar på vardera sida om konstruktionen, och dessa bör väljas så att deras sammanlagda fjäderkraft F_1 i utfällt läge är så nära 300 N som möjligt. Vid kontakt med Lesjöfors (2014) så fanns det dock en minimibegränsning till 250 N per gasfjäder i den här storleken, där deras normala kraftområde är 500-2000 N. Slaglängden hos gasfjädrarna måste vara minst 400 mm, och längden i stängt läge gäller som för skenorna, i vårt fall 800 mm. Därav väljes Lesjöfors Typ 28-14 E med slaglängden 400 mm och anpassad fjäderkraft $F_1 = 250$ N, Lesjöfors (2013).

4.1.4 Konstruktionen

Nedan visas slutmodellen med de nya konsolerna och andra skenor jämfört med föregående koncept. I övrigt har systemet samma mått som tidigare. Utseendet på luckan har mindre betydelse i detta arbete och har för enkelhets skull valts med en enkel geometri.



Figur 4.3 Slutmodell i stängt (vänster) och öppet läge (höger), sett inifrån bussen

4.1.5 Kravspecifikation

För tydlighetens skull presenteras här resultaten i punktform, uppställda utefter kravspecifikationen, se tabell 4.1.

Tabell 4.1 Kravspecifikation för upphängning till bussbagagelucka (kopia av tabell 3.1)

| Krav: | Önskemål: |
|---|--|
| Skall kunna monteras i stängt läge | Låg vikt |
| Vikt exklusive lucka < 30 kg | Enkel att tillverka |
| Avstånd mellan bagageutrymmets övre kant till luckans nedre max 150 mm i öppet läge | Enkel att montera |
| Förskjutning av luckan < 5 mm vid normal last, på grund av konsolernas utböjning | Inget överlapp av bagageutrymmet |
| | Liten förskjutning av luckan vid normal last |

Montering:

I likhet med föregående koncept kommer konstruktionen att kunna monteras i stängt läge. Därmed är det första kravet uppfyllt. Konsolerna är enligt avsnitt 4.1.1 enkla att tillverka då det efter utskärning krävs som mest två bockningar och en liten svetsfog på en konsol. Värt att tillägga är att för att tillverka en speglad konsol till andra sidan behöver enbart bockningen göras åt motsatt håll. Vidare är systemet uppbyggt av endast sex artiklar vilket underlättar i monteringen.

Vikt:

I tabell 4.2 nedan visas en viktsammanställning av ingående delar, där det kan noteras att konstruktionen klarar sig precis under kravgränsen om 30 kg. Värt att nämna här är att skenorna utgör nästan 60% av konstruktionens vikt exklusive lucka. Dessa är även kraftigt överdimensionerade; de är designade för att klara en belastning tiofaldigt den här konstruktionens normalbelastning. Men som framgår av tabell 4.4 är det ont om varianter att välja mellan och stegen mellan de olika skenorna är stora.

Tabell 4.2 Viktsammanställning för det nya systemet, med bestämda komponenter

| |
|---|
| Bagagelucka , större storlek 1000x2000 mm = 20 kg |
| Golvkonsoler , 3 mm stål = 2 st á 3,5 kg = 7 kg |
| luckkonsoler , 1 mm stål = 2 st á 0,7 kg = 1,4 kg |
| Skenor , Chambrelan E1700 - 800 mm = 2 st á 8,5 kg = 17 kg |
| Gasfjädrar Lesjöfors Typ 28-14 E 874mm = 4 st á 1,1 kg = 4,4 kg |
| Total = 20 + 29,8 kg = 49,8 kg |

Överlapp:

Överlappet som erhöles var 235 mm, vilket är en bit över kravgränsen. Detta är framförallt beroende av slaglängden på skenorna. Det som begränsar skenornas slaglängd i det här fallet är gasfjädrarnas montering då de begränsar valet till tredelade skenor. Detta gör att överlappet inte kan minskas nämnbart utan att frångå konceptet. För att få upp luckan så pass mycket att överlappet i y-led uteblir krävs en slaglängd på ungefär 1050 mm. Det värdet gör att en fyrdelad skena skulle vara ett bättre alternativ, till exempel RA774, se tabell 4.4. I tabellen kan även utläsas att den skenan skulle addera ytterligare vikt, samtidigt som maxbelastningen är mer än halverad. Därmed inte ett helt optimalt val.

Förskjutning:

Förskjutning av luckans övre kant på grund av golv- och luckkonsolernas utböjning är ungefär $160+5 \mu\text{m} = 165 \mu\text{m}$ vilket är en bra bit under kravet på 5 mm. Värdena är hämtade ur tabellerna 4.7 och 4.8 med korrektionsfaktor från avsnitt 4.3. Dock finns där annat som sätter gränser för dimensionen i nuläget, där konstruktionen till exempel behöver klara en stöt i sidled. Enbart sett till utböjningen kan konstateras att konsolerna är mycket stabila i normal belastningsriktning vilket kan vara något att ta med sig till framtida utveckling, kan denna minskas något med bibehållen stabilitet i sidled så kan lättare konsoler erhållas.

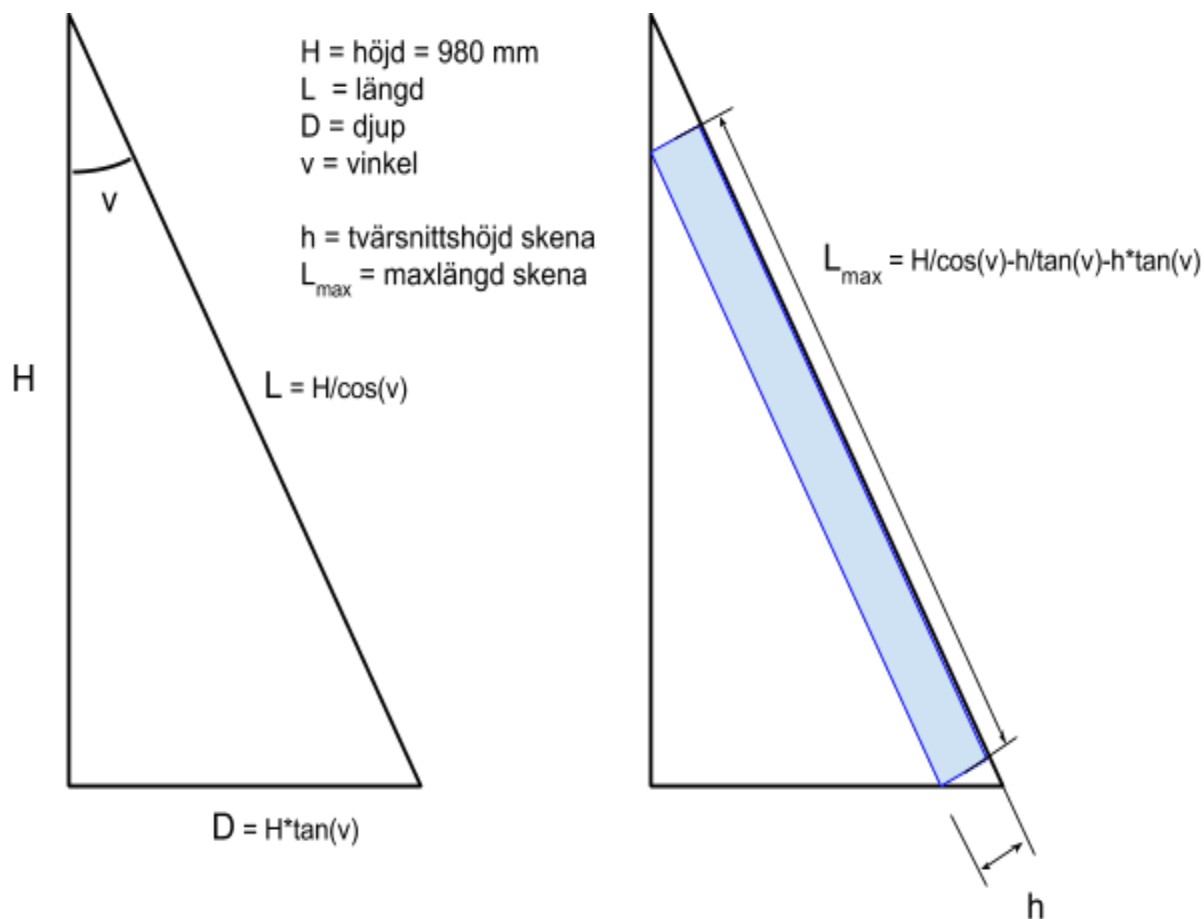
4.2 Måttsättning

Nedan följer redogörelser för konsolernas mått och valet av skenor. Här visas även hur längden av skenorna i kombination med lutningsvinkeln påverkar luckans placering i öppet läge.

4.2.1 Utrymmetriangeln

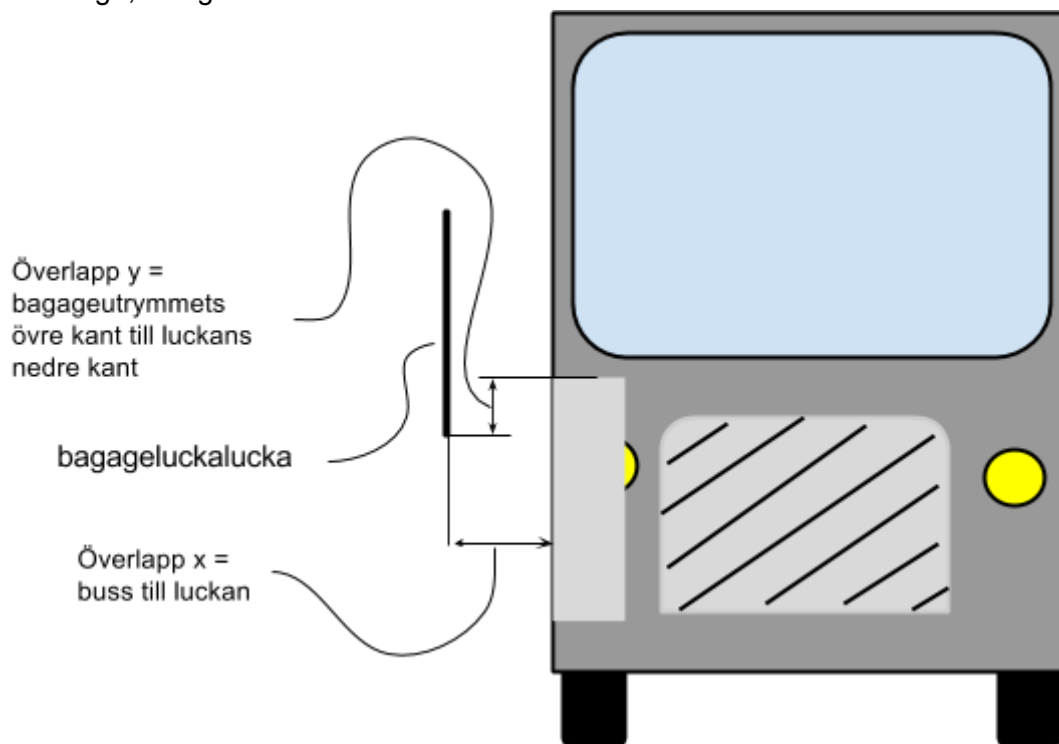
Enligt tidigare koncept rör sig luckan i en riktning, rakt ut i en vinkel mot bussen. Detta gör att en rätvinklig triangelform är given att utgå ifrån, där höjden på triangeln motsvarar höjden av luckan och där triangelns minsta vinkel är den vinkel som luckan rör sig i. Skenorna monterats och rör sig alltså parallellt med triangelns hypotenus. Inom denna triangel skall alla delar kunna få plats i stängt läge, och man kan ur den räkna fram minsta erforderliga mått till golv- och luckkonsolen. Namnet "utrymmetriangel" är därav passande.

Enligt figur 4.4 finns ett antal parametrar att manipulera för att erhålla ett fungerande och volymeffektivt system. Skenan visas som den rektangulära blåa ytan. Den enda givna indata här är höjden H på utrymmetriangeln. H är ett mått strax under bussbagageutrymmets invändiga höjdmått på 1000 mm. En marginal är viktig för att säkerställa frigång vid varierande plåttjocklek. Tack vare den rätvinkligna triangelformen behövs endast ett mått till för att erhålla samtliga mått i utrymmetriangeln. Detta innebär att det blir enkelt att testa sig fram.



Figur 4.4 Utrymmetriangeln, definition. Den blå rektangulära ytan symboliserar skenans placering.

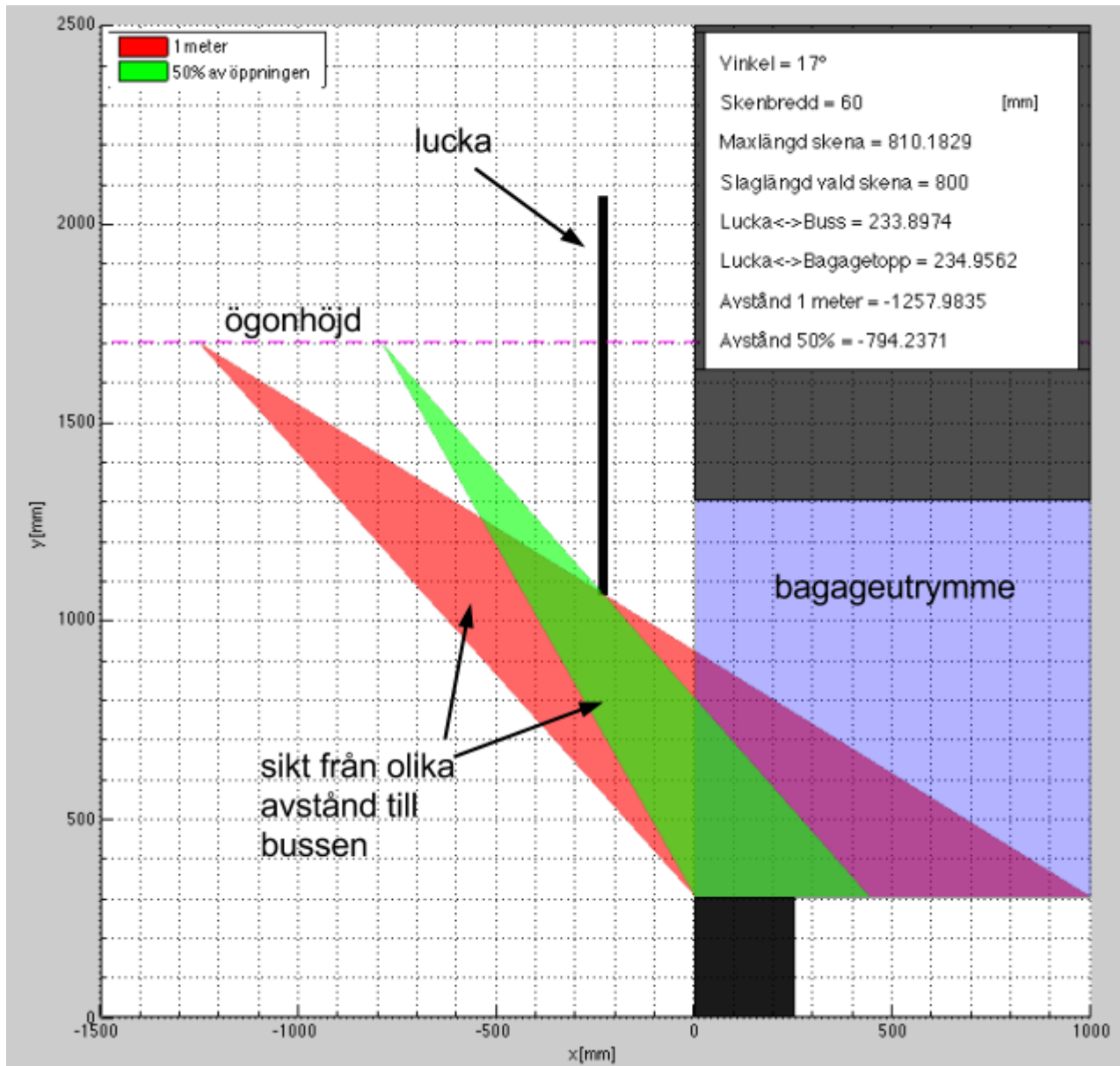
Det viktigaste måttet att ta hänsyn till är den tillåtna maximala skenlängden i infällt läge. Som tidigare nämnts är skenornas slaglängd ungefär lika stor som dess minsta ihopfällda längd, vilket medför att vi vill att denna skall bli så lång som möjligt. Till höger i figur 4.4 visas att hela hypotenusans fulla längd inte kan utnyttjas på grund av skenans tvärsnittshöjd, vilket således är en variabel att beakta. Vidare är vinkeln (v) en viktig parameter då denna bestämmer dels hur stort utrymme systemet tar inne i bussen men även hur långt ifrån bussen luckan hamnar i utfällt läge, se figur 4.5.



Figur 4.5 Buss sedd framifrån med luckan öppen till vänster

Med tanke på hållfasthet är en skena med stor tvärsnittshöjd att föredra och ur utrymmesaspekt vill vi ha en så liten vinkel som möjligt. Men då variablerna går mot dessa värden så minskar den maximala tillåtna skenlängden. Att välja tvärsnittshöjd och vinkel blir därför en kompromiss - det räcker inte att läsa av en extrempunkt utan det gäller att finna ett mellanting.

För att få en god överblick och snabbt kunna testa olika mått har beräkningsprogrammet MatLab använts. Med hjälp av enkel trigonometri har ett program skrivits där skenans maximala tillåtna längd som funktion av vinkeln och skenans tvärsnittshöjd erhålls. Även avståndet som beskriver var luckan hamnar i utfällt läge som funktion av vinkeln, skenans tvärsnittshöjd och slaglängd fås. Exempel på hur det kan se ut visas i figur 4.6, där har systemets beteende i öppet läge avbildats på en buss sedd framifrån (se Appendix IV för MatLab-kod).

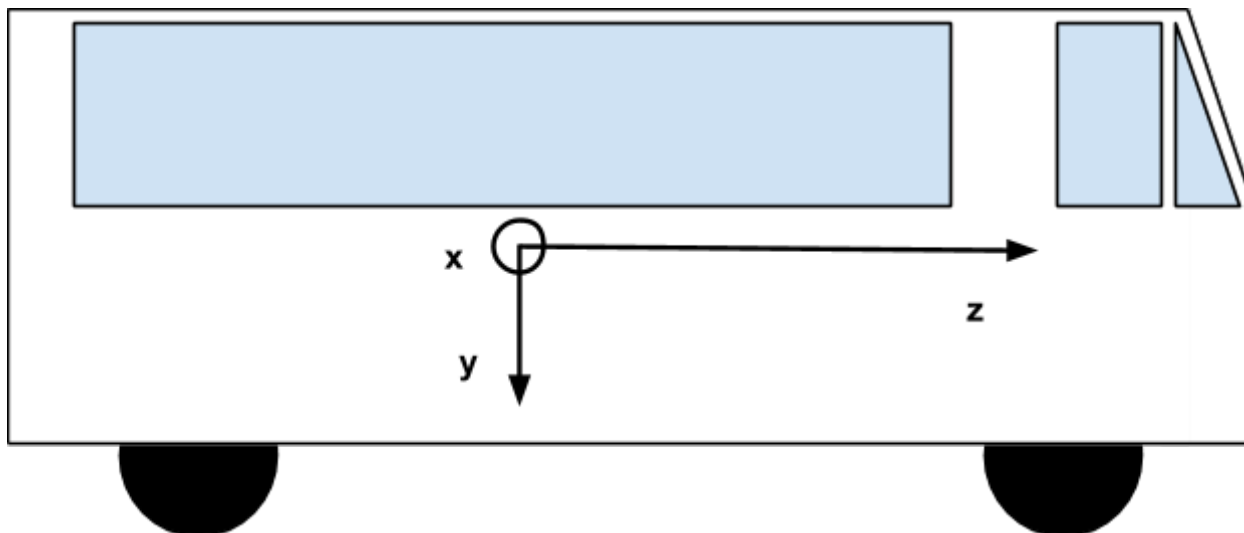


Figur 4.6 Exempel från MatLab programmet, $v=17$ grader, $h=60$ mm, $L_{\text{slaglängd}}=800$ mm

Följande mått behöver ägnas lite extra tanke:

- Skenans slaglängd, i vårt fall lika med L_{max} .
- Överlapp i öppet läge:
 - Avstånd mellan buss och lucka.
 - Avstånd mellan bagageutrymmets övre kant och bagageluckans nedre

Enligt tidigare CAD-modell har en vinkel om ungefär 17 grader mätts ut, och vid en första anblick kan man inte säga mer än att vinkeln ser rimlig ut. En god hypotes är således att vinkeln (v) 17 grader är bra.



Figur 4.7 Aktuella koordinater, förklarade på en buss.

I figur 4.7 ovan visas koordinaterna som gäller genomgående i rapporten. De är av betydelse för att kunna tolka kommande resultat.

4.2.2 Val av skenor

Som tidigare nämnts är det skenans slaglängd som bör maximeras och ett så stort L_{\max} som möjligt är vad som söks. Samtliga skenor finns i flertalet längder, dock endast i steg om 50 mm.

En enkel kravlista för skenor kan specificeras enligt följande:

Krav: Ta upp last i sidled

Krav: Maximalt tredelad skena

Önskemål: Låg vikt

Önskemål: Liten utböjning

Tabell 4.3 L_{\max} i mm vid olika lutningsvinklar och tvärsnittshöjder

| h [mm] | $v = 10^\circ$ | $v = 15^\circ$ | $v = 17^\circ$ | $v = 20^\circ$ |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 30 | 820 | 894 | 917 | 950 |
| 60 | 644 | 775 | 810 | 856 |
| 70 | 585 | 735 | 774 | 825 |
| 90 | 469 | 654 | 702 | 763 |

Enligt tabellen ovan är det uppenbart att tvärsnittshöjden 30 mm ger längst slaglängd. Dock är som sagt inte valet helt fritt utan det finns vissa skillnader i hållfasthet mellan de olika skenor. Nedan följer en sammanställning av skenor för vinkeln 17 grader, där det framgår vilken längd som är tillämplig samt motsvarande maxlast och utböjning.

Tabell 4.4 Skenor från Chambrelan, med exakta värden för vinkeln=17° (vald skena i fetstil)

| Modell | Längd [mm] | Slaglängd [mm] | Dimension [mm] (bxh) | Vikt | Maxlast [kg] (Major/Minor) | Utböjning [mm] (Major/Minor) | Delar |
|--------------|------------|----------------|----------------------|------------|----------------------------|------------------------------|----------|
| E1700 | 800 | 800 | 32 x 60 | 8,5 | 545 / 170 | 8 / 17 | 3 |
| E1400 | 900 | 900 | 16 x 29 | 2,7 | 70 / n.a. | 9 / n.a. | 3 |
| RA7R | 750 | 775 | 26,1 x 68 | 6 | 319 / 98 | 10 / 16 | 3 |
| RA9R | 650 | 675 | 32 x 93 | 8,8 | 425 / 120 | 6 / 18 | 3 |
| RA774 | 650 | 1000 | 34 x 93 | 8,7 | 212 / 50 | 14 / 29 | 4 |
| Koncept | 752 | 837 | 23 x 73 | -- | --/-- | --/-- | 3 |

Enligt kravlistan för skenorna kan två av skenorna uteslutas och kvar finns två reella alternativ, där även RA9R försvinner till följd av önskemålet om låg vikt. Kvar finns en mer konventionell modell RA7R samt en mer fyrkantig modell E1700, varav den senare har bättre hållfasthet och erbjuder längre slaglängd. För fortsatta beräkningar faller alltså valet på E1700. Värt att tänka på för konsoldesignen är dock att det med lätthet skall gå att modifiera konstruktionen så den fungerar med valfri skena.

4.2.3 Lutningsvinkel

I tabell 4.3 kan L_{max} utläsas vid ett antal olika vinklar samt vid en bestämd tvärsnittshöjd på skenan. Med hänsyn till toleranser bör en skena som är åtminstone 10 mm kortare än L_{max} väljas. Till exempel ger vinkeln 20 grader L_{max} på 856 mm, men med rimligt toleransmått är närmaste möjliga skena 800 mm. Enligt tabellen följer att vinkeln 17 grader ger samma möjliga skena, vilket styrker valet av vinkel att arbeta med. Utöver skenans slaglängd kan även systemets prestanda mätas genom att se var luckan hamnar då den är öppen. Här följer åter igen beräkningar från MatLab-programmet.

Överlappet mäts bara i y-riktningen och är avståndet från bagageutrymmets inre övre kant och neråt till luckans nedre kant. Det optimala vore förstås om överlappet var obefintligt. Utöver det påverkas insynen in i bagageutrymmet även av hur långt ifrån bussen luckan hamnar i öppet läge. På grund av konstruktionens beskaffenhet är detta avstånd alltid skiljt från noll, men kan minskas genom att välja en mindre vinkel, se tabell 4.5.

Tabell 4.5 Avstånd för luckan i x och y riktning från bussen, med E1700 i tillåten längd vid olika vinklar.

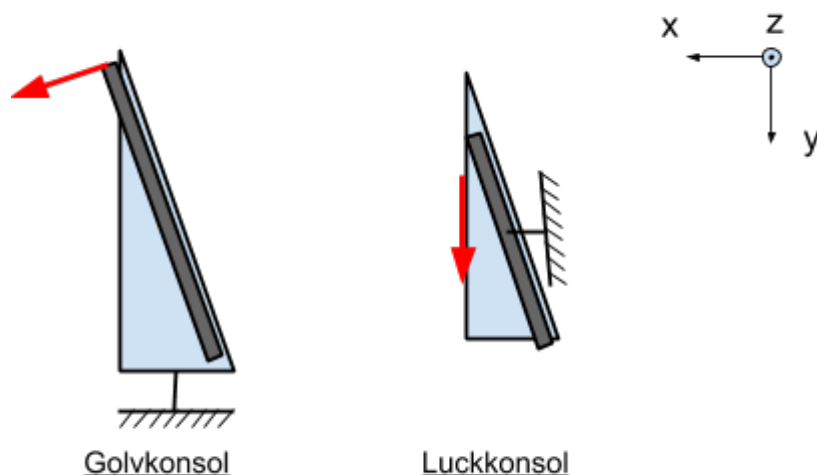
| | $v = 10^\circ$ | $v = 15^\circ$ | $v = 17^\circ$ | $v = 20^\circ$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Avstånd x [mm] | 104 | 194 | 234 | 274 |
| Avstånd y [mm] | 409 | 276 | 235 | 248 |
| Resultant [mm] | 422 | 337 | 332 | 370 |

Återigen kan konstateras att vinkeln 17 grader är den bästa att utforma konsolerna utefter. Som av en händelse så är figuren 4.6 från MatLab anpassad precis på det här fallet.

4.3 Konsoler

Tidigt i uppdraget gavs rådet att tänka enkelt, vilket naturligt skulle hjälpa att hålla nere tider och priser för tillverkning och montering. Utgångspunkten för de båda konsolerna är den tidigare CAD-modellen, som nu har modifierats för att kunna nyttja samtliga monteringshål på skenorna enligt Chambrelans rekommendation. Att få en plåtkonstruktion stabil mot drag- och tryckbelastningar i sin utbredningsriktning är inga problem, däremot krävs extra åtgärder för att få stabilitet vid belastning vinkelrät mot plåten. Konceptidén är en enkel bockad plåt vilken är enkel att utveckla med flera bockningar för att bidra till ökad styvhet och därmed ökad stabilitet i konstruktionen.

Modellerna i den jämförande studien är uppritade grovt förenklat. Extra material motsvarande skenans geometri har lagts på konsolen längs ytan där den skall fästas med skruvförband. Detta motsvarar uppstyvningen som skenan ger konsolen och här kan även laster och randvillkor tilldelas, se figur 4.8. De röda pilarna i figuren representerar krafter som verkar på golv- och luckkonsoler då konstruktionen utsätts för normalt handhavande. Konsolerna modelleras för jämförelse i det första skedet med stålplåtstjockleken 3 mm. Materialdata (stål och aluminium) är taget från Catias databas.



Figur 4.8 Schematisk bild över randvillkor och laster (röda pilar) för golvkonsol och luckkonsol i jämförande studie

I första skedet är det viktigast att behandla alla konsoler lika för att erhålla en rättvis jämförelse. Samtliga konsoler får därför utstå en frakt på ungefär 1000 N vinkelrät mot skenan för golvkonsolen och 500 N i y-riktning för luckkonsolen enligt figur 4.8 ovan. Vilket i båda fallen motsvarar ungefär 50 kg vikt på luckan i utfällt läge som får anses vara en bit över normalt användande.

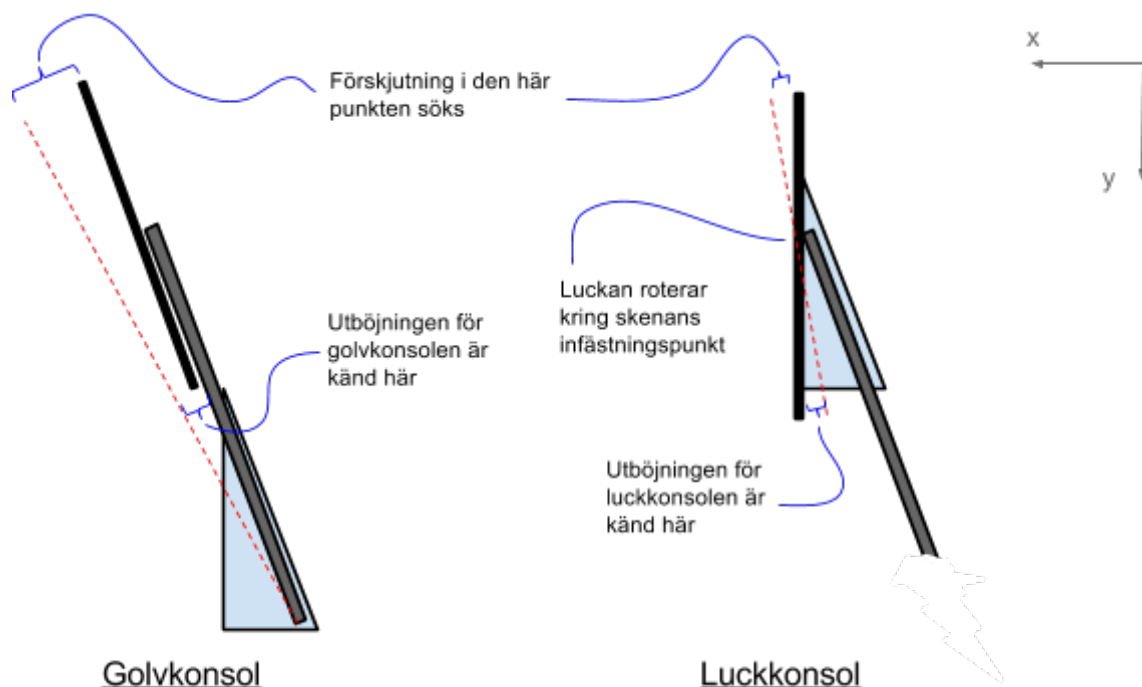
Enligt kravspecifikationen skall här konsolerna inte ge upphov till förskjutning av luckans övre kant större än 5 mm. Hur detta värde uppskattas är förklarat i figuren nedan, där visas hur konsolernas utböjning påverkar luckans övre kant.



Figur 4.9 Schematisk bild över hur golv- och luckkonsolernas utböjning påverkar luckans förskjutning.

Figuren ovan visar i vilka punkter utböjningen är känd, och i vilken punkt resulterande förskjutning vill bestämmas. För att bestämma resulterande förskjutning i toppen av luckan kan man tänka sig tre förenklingar som underlättar beräkningarna. 1. Det intressanta är förskjutningen som uppkommer på grund av konsolernas utböjning - skenornas och luckans utböjningar är mindre intressanta och de kan därför antas vara stela. 2. Skenans ände är fäst i mitten av luckan. 3. För golvkonsolens del är luckan fäst parallellt med skenan, se figur 4.10. Detta är en rimlig förenkling eftersom vinkeln v (17 grader), se figur 4.9, är relativt liten och förändrar därmed inte förskjutningen nämnvärt.

För att enkelt kunna tolka utböjningen av konsolerna i kommande beräkningar uppskattas här en omräkningsfaktor för konsolernas utböjning. Golvkonsolens utböjning är uppmätt vid ungefär halva skenans maxlängd. Punkten som förskjutningen söks i sitter på ett avstånd motsvarande ungefär halva skenans längd plus halva luckans höjd. Då luckan är ungefär lika hög som bussbagageutrymmets invändiga höjdmått om 1000 mm, ger detta en ungefärlig omräkningsfaktor om 2,5. För luckkonsolerna gäller att utböjningen ger upphov till att luckan roterar kring infästningspunkten av skenan och där uppskattas att den kända utböjningen av konsolen är på motsvarande avstånd från rotationscentrum som punkten vilken förskjutningen söks i, vilket ger omräkningsfaktor 1.

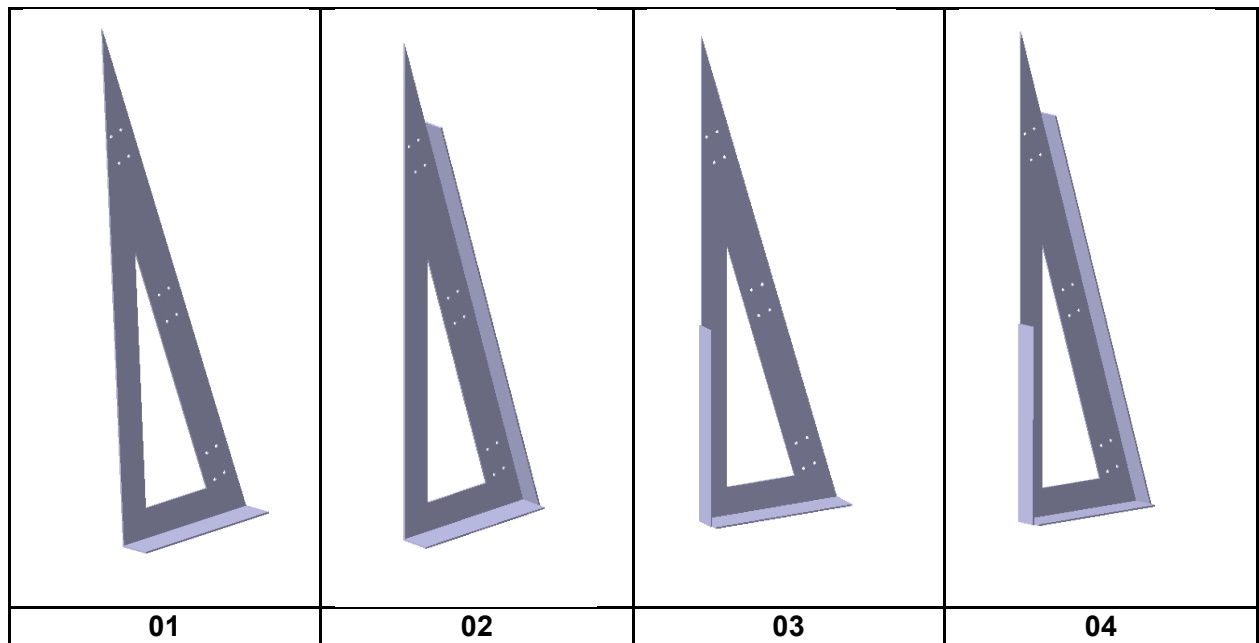


Figur 4.10 Schematisk bild över golv- och luckkonsolers utböjningar, med förenklingar.

4.3.1 Golvkonsol

För att ge utrymme för skenorna, som enligt Chambrelan (2014) bör monteras så att samtliga hål kan användas, har en relativt stor konsol fått konstrueras. Detta medför förstås större vikt varför en design med hål i har valts för att reducera vikten.

För att stabilisera konsolerna i sidled har tre möjliga bockningsvariationer tagits fram utöver grundutförandet med enbart en bockad fläns för infästning i bussgolvet.



Figur 4.11 Golvkonsoler med varierande flänsplacering. Från vänster variant: 01, 02, 03 och 04.

Golvkonsolerna i figur 4.11 är konstruerade enligt följande:

- 01: nedre fläns
- 02: nedre och ryggläns
- 03: nedre och främre fläns
- 04: nedre, främre och ryggläns

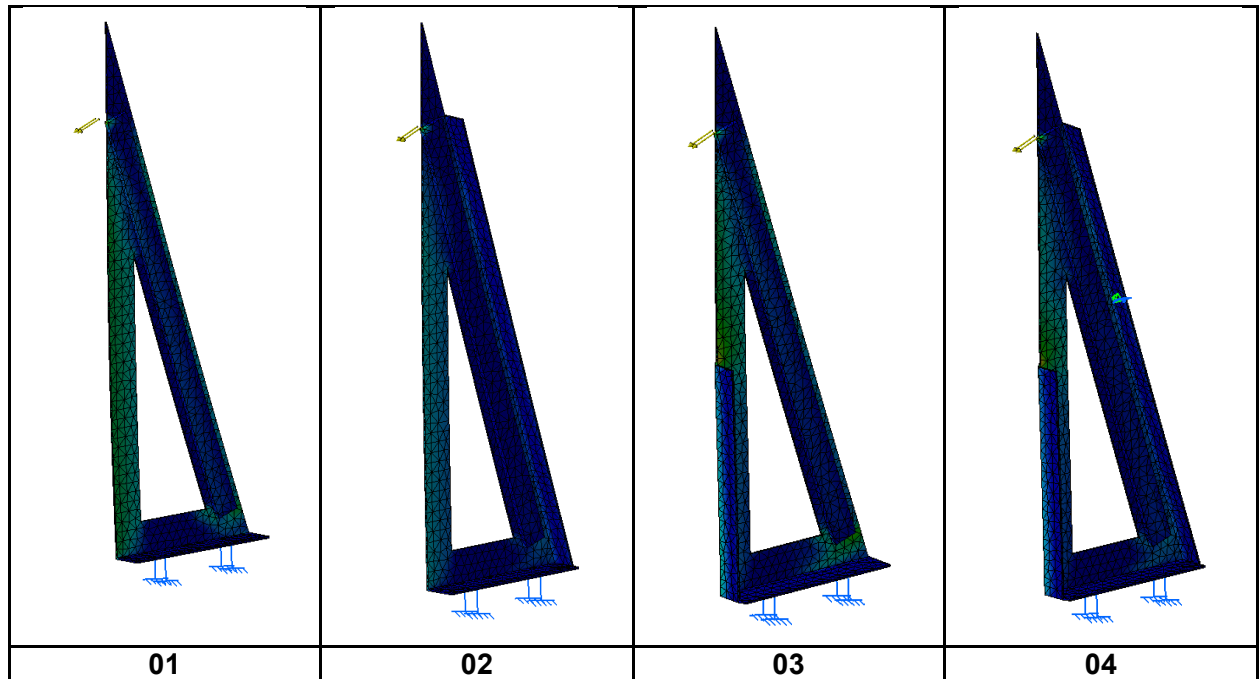
Mesh, krafter och randvillkor enligt följande:

Parabolic mesh, size=15 mm, absolute sag=5 mm

Kraft övre kanten på skendummys, $F_{norm}=1059$ N (vinkelrät mot skenan), se figur 4.8.

Nedre fläns fast inspänd.

I figur 4.12 nedan visas vonMises-spänningar på de olika konsolerna vid pålagd last och randvillkor. I tabell 4.6 visas förutom spänningsvärden även utböjning i riktningarna x,y och z.



Figur 4.12 FEM-resultat golvkonsoler, vonMises-spänningar

Avläst enligt:

Massa och volym utan pålagd skena.

Spänning främre stötta är ett ungefärligt maxvärde längs den främre vertikala delen.

Utböjning i övre yttre punkten i spetsen på konsolen.

Tabell 4.6 FEM-resultat för de olika golvkonsolerna

| | Utböjning i övre yttre hörnet av konsolen (x,y,z) [μm] | Spänning främre stötta [MPa] | Max spänning [MPa] | Volym [m^3] | Densitet [kg/m^3] | Massa [kg] |
|----------------------|---|------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|------------|
| Golvkonsol 01 | (638 ; 94 ; 4164) | 32 | 47 | $2,98 \cdot 10^{-4}$ | 7860 | 2,342 |
| Golvkonsol 02 | (534 ; 92 ; 1493) | 27 | 36 | $3,88 \cdot 10^{-4}$ | 7860 | 3,049 |
| Golvkonsol 03 | (573 ; 86 ; 1457) | 43 | 71* | $3,40 \cdot 10^{-4}$ | 7860 | 2,672 |
| Golvkonsol 04 | (474 ; 79 ; 1230) | 43 | 77* | $4,30 \cdot 10^{-4}$ | 7860 | 3,379 |

* spänningskoncentration vid flänsövergång

Reflektioner/Resultatdiskussion

Ur tabellen framgår att utböjningarnas storlek är beroende av vilken konsol som väljs. Att konstruktionen ska vara stabil är förstås önskvärt, samtidigt är det angeläget att konsolerna är lätta att tillverka och har så liten vikt som möjligt. Alltså är både vikt och utböjning önskvärt att minimera.

Då golvkonsol 04 har flest förstärkningar är det inte förvånande att den presterar bäst i testet vad gäller utböjning, dock är den på grund av det samtidigt tyngst och svårast att tillverka. Om man tittar på 01 så ser man att den böjer ut i z-led mycket mer än övriga, samtidigt så är 4 mm inte överdrivet mycket vid en last en bit över normalanvändandet. Värt att nämna är att i konstruktionen sitter en spegelvänd konsol på andra sidan dörren som troligen vill böja ut lika mycket men åt motsatt håll, vilket leder till att utböjningen förblir noll eller i alla fall hamnar nära noll i z-riktningen. Dock vid en knuff i sidled (z-led) så är belastningen helt annan och konstruktionen kräver där någon form av uppstöttning i den riktningen. Jämförs 02 och 03 med 04 så kan konstateras att man inte gör så stor prestandamässig vinning där emellan. Vidare kan nämnas att främre stötten kan bidra till platsbrist då luckan är stängd. Med detta är valet enkelt och en variant av 02 är en självklar vinnare.

4.3.2 Luckkonsol

Luckkonsolen har enligt konceptet lagts mer tanke på, till skillnad från golvkonsolen. Dock har det mest kretsats till att få plats att montera vajrar och trissor för elmanövrering, trots det så anses den tidigare modellen vara en bra utgångspunkt i designprocessen. En enkel variant av den ritas upp och analyseras på samma sätt som golvkonsolen och enligt tidigare nämnda lastfall.

Mesh, krafter och randvillkor enligt följande:

Parabolic mesh, size=15 mm, absolute sag=5 mm

Kraft övre kanten på skendummin, $F_{norm}=500$ N (vinkelrät mot skenan), se figur 4.8.

Nedre fläns fast inspänd.

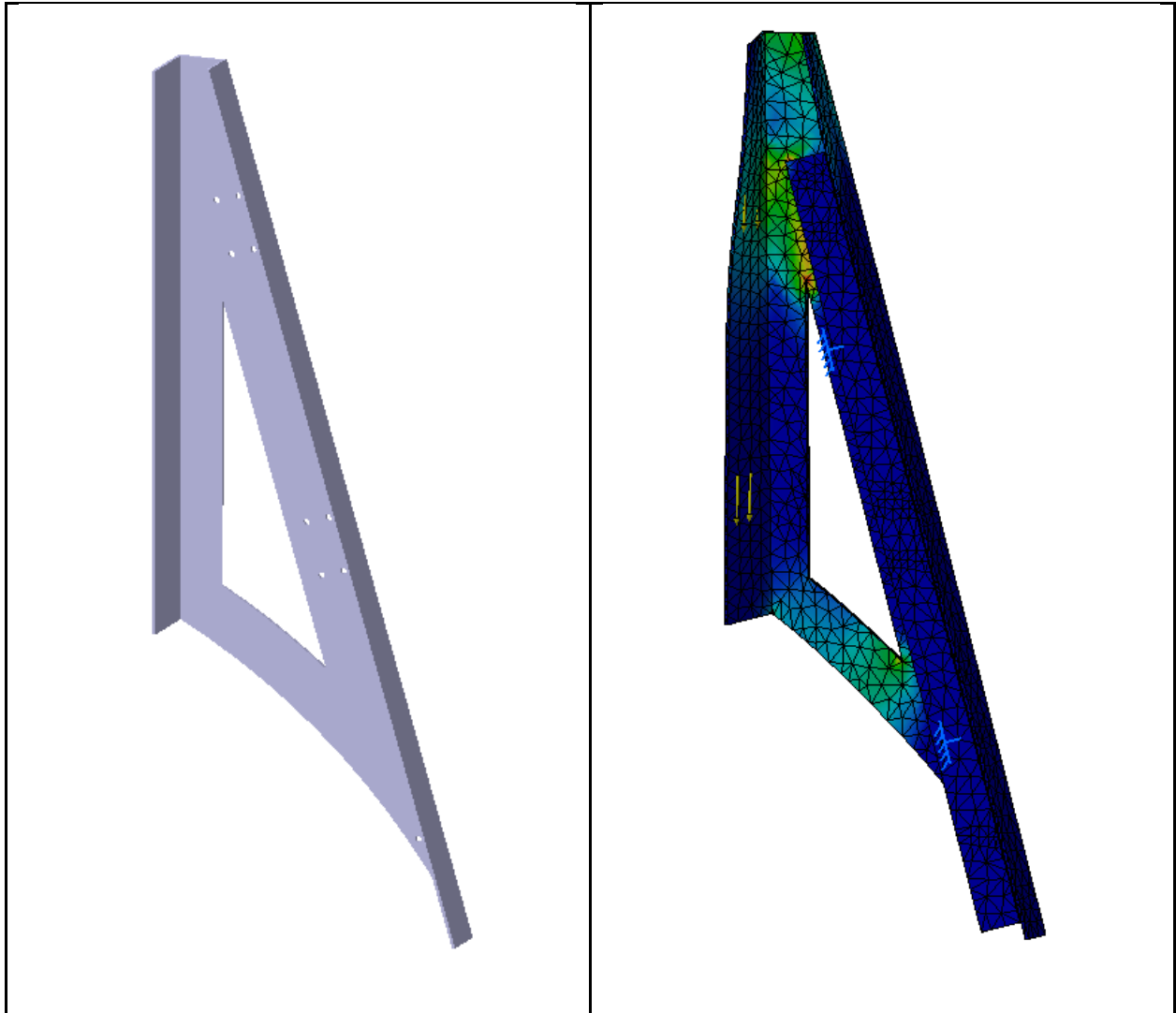
Avläst enligt:

Massa och volym utan pålagd skena.

Spänning nedre stötta är ett ungefärligt maxvärde längs den nedre delen.

Utböjning är mätt i nedre yttersta hörnet vid dörrinfästningen.

I figur 4.13 nedan visas vonMises-spänningar på de olika Luckkonsolerna vid pålagd last och randvillkor. I tabell 4.7 visas förutom spänningsvärden även utböjning i riktningarna x, y och z.



Figur 4.13 Tidigare koncepts luckkonsol, FEM-resultat över vonMises-spänningar till höger

Tabell 4.7 FEM-resultat för tidigare koncepts luckkonsol

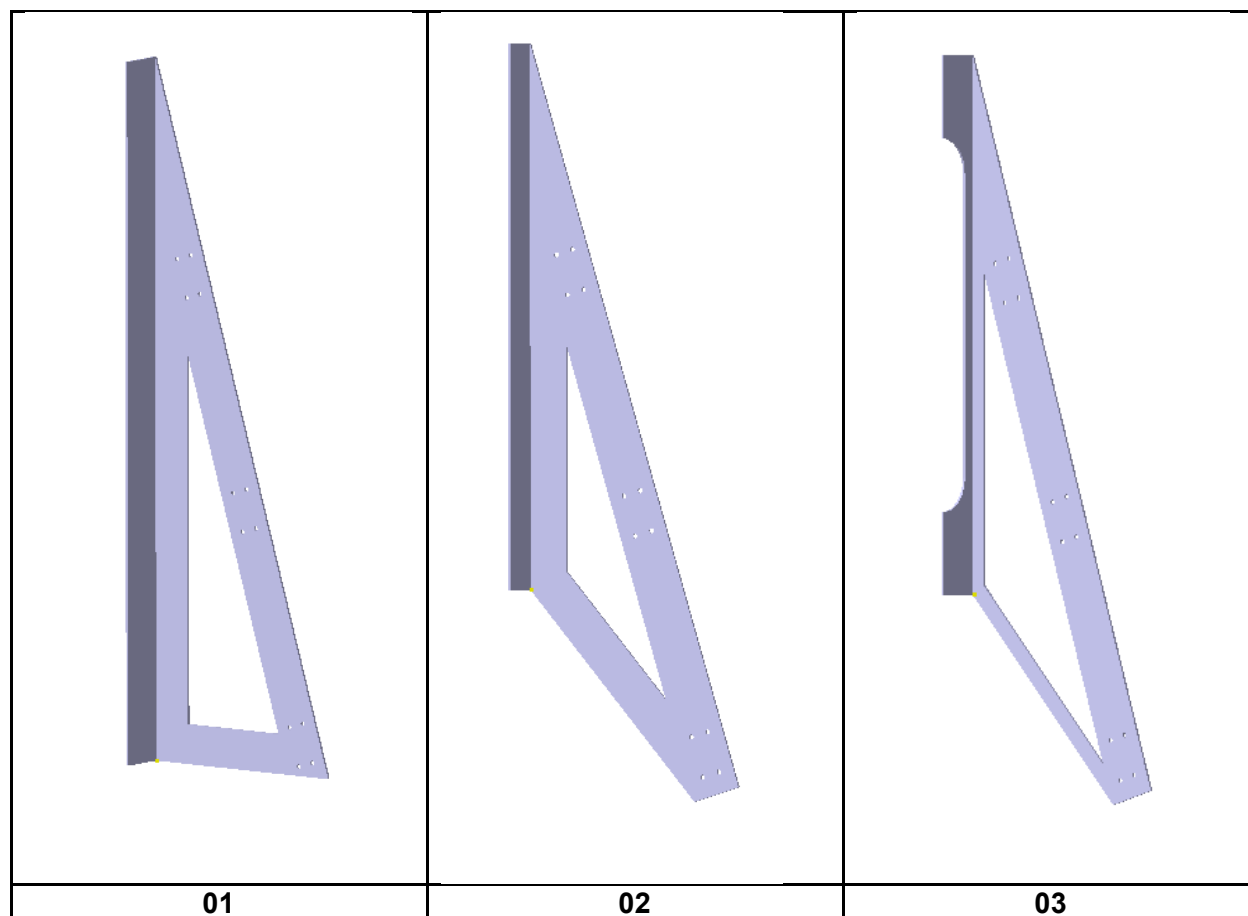
| | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------|
| (x;y;z) = (119 ;39 ; -249) [µm] | Spänning nedre stötta=7 MPa | Maxspänn ing = 22 MPa | Volym = $3,995 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ | Densitet = 7860 kg/m ³ | Massa = 3,109 kg |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------|

Reflektion:

Här kan tydligt konstateras att det är en väldigt kraftig och svårbyggd konstruktion som hade mått bra av några förenklingar.

- Ersätt "böjen" längst ner, då det är mycket enklare att skära ett rakt snitt.
- Ta bort "ryggflänsen", värt att notera här är att det är i den som elmotorvajrarna och trissorna är fästa i vilka kan behövas för framtiden. Stiligare och mer vikeffektiva lösningar existerar definitivt även för detta.
- Förläng och möjliggör att för skenan samtliga skruvhål kan användas.
- Anpassa måtten så att den passar till golvkonsolen och skenan.

Med tydlig inspiration av golvkonsolerna och med hjälp av utrymmestriangeln togs en första modell fram, det mest för att testa det absolut enklast fallet. Denna utvecklades efter FEM-resultat senare till ytterligare två konsoler, där de har lättats ytterligare, dels genom att kapa av nedre delen och i den sista utöka hålet i mitten samt skära bort en del material i flänsen mot bagageluckan.



Figur 4.14 Luckkonsoler

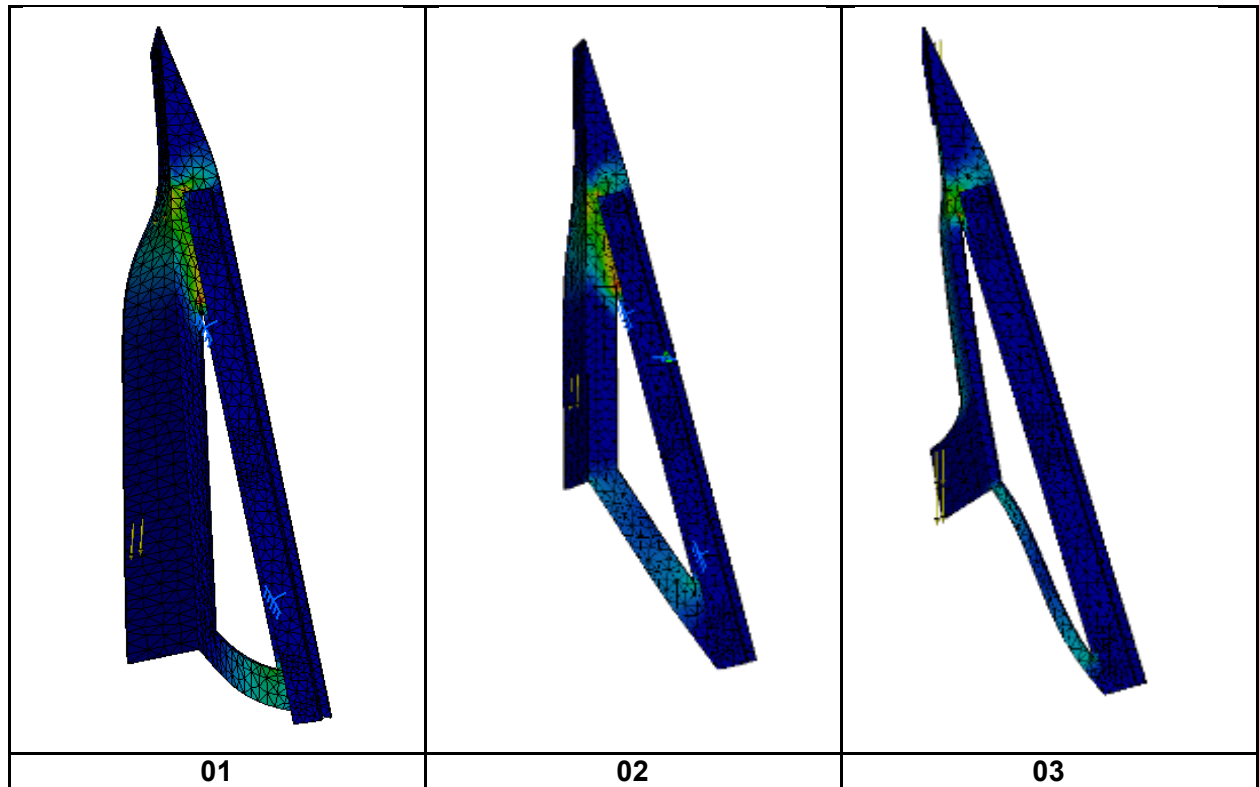
Luckkonsolerna i figur 4.14 är konstruerade enligt följande:

01: Rätvinklig triangel med fläns mot luckan.

02: Fläns mot luckan och nedre stöttan sneddad mot nedre infästningen på skenan.

03: Som 02 fast kraftigt lättad; fläns mot luckan lättad och nedre stötta mindre.

I figur 4.15 nedan visas vonMises-spänningar på de olika konsolerna vid pålagd last och randvillkor. I tabell 4.8 visas förutom spänningsvärden även utböjning i riktningarna x, y och z.



Figur 4.15 FEM-resultat luckkonsoler, vonMises-spänningar

Tabell 4.8 FEM-resultat för de olika luckkonsolerna

| Luckkonsol | Utböjning (x,y,z) [μm] | Spänning nedre stötta [MPa] | Max spänning [MPa] | Volym [m ³] | Densitet [kg/m ³] | Massa [kg] |
|----------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| Koncept | (119; 39; -249) | 7 | 22 | 3,995*10 ⁻⁴ | 7860 | 3,109 |
| 01 | (133; 36; -375) | 9 | 21 | 4,175*10 ⁻⁴ | 7860 | 3,282 |
| 02 | (118; 39,6; -425) | 5 | 23 | 3,549*10 ⁻⁴ | 7860 | 2,789 |
| 03 | (361; 242; -2370) | 23 | 54* (93) | 2,497*10 ⁻⁴ | 7860 | 1,963 |

Reflektioner/Resultatdiskussion

Tabellen ovan visar tydligt hur pass överdimensionerad luckkonsolen tidigare var och hur små krafter och deformationer det rör sig om. Slutgiltiga modellen 03 ger en tillräckligt stabil konsol, med ytterst små deformationer och låga spänningar med en ordentligt reducerad vikt.

Möjligheter finns såklart att lätta den ytterligare men enklare är att välja en tunnare plåt vid tillverkningen om så önskas.

4.3.3 Slutberäkning

Från golvkonsol 02 och luckkonsol 03 har två nya konsoler tagits fram, med enkla konstruktionsmetoder där skarpa vinklar och hörn har tagits bort och ersatts med mjuka radier, se figur 4.16. Här har använts Sheet Metal Design verktyget i Catia v5 för att dels enkelt kunna ändra tjocklek på plåten vid beräkningar, samt att enklare kunna göra en slutgiltig ritning.



Figur 4.16 Slutgiltig design av golv- och luckkonsoler

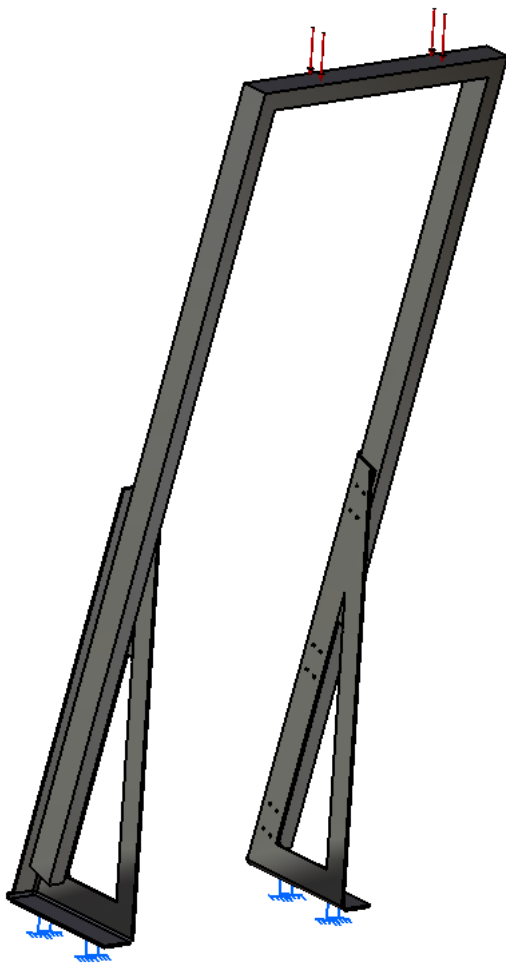
Tre lastfall ställs upp nedan, dessa skall motsvara verklig användning. Dessa appliceras enligt figur 4.17 för analys av golvkonsol och figur 4.19 för luckkonsol.

Lastfall 1: Normalt användande: systemets egenvikt + igendragningskraft
= 30 kg + 20 kg \approx 500 N i y-riktning

Lastfall 2: Extremt användande: egenvikt + person + väska som hänger i dörren.
= 30 + 80 + 40 \approx 1500 N i y-riktning

Lastfall 3: Extrem snedbelastning: kraft i sidled
= 50 kg \approx 500 N i z-riktning

Konsolerna testas i 3 olika plåttjocklekar, 2, 3 och 4 mm för golvkonsolerna och 1, 2 och 3 mm för luckkonsolerna. Golv- och luckkonsolerna testas var för sig, men i par, med en sammanbindande axel för att visa på att utböjningen i z-led minskas drastiskt då båda konsolerna arbetar tillsammans. För analysen så sätts materialet på den här sammanbindande axeln till stål för att det är det materialet som de valda skenorna är tillverkade av. För golvkonsolen skall den sammanbindande axeln motsvara två skenor som i ena änden är sammanbundna där en yta för last finns och för luckkonsolen så motsvaras den av luckan som är förenklad till en ram med en yta att lägga last på motsvarande höjd som handtaget för öppning och stängning har.



Figur 4.17 Randvillkor (blå symboler) och last (röda pilar) för golvkonsolerna med sammanbindande axeln.

Mesh, krafter och randvillkor enl. följande:
Parabolic mesh, size=15 mm, absolute sag=5 mm

Last pålagd i sammanbindande skenkonstruktionen enligt lastfall.

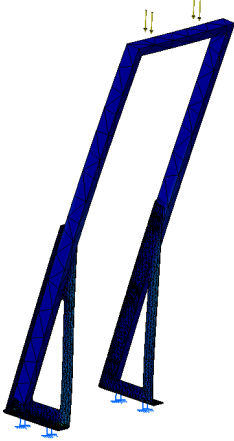
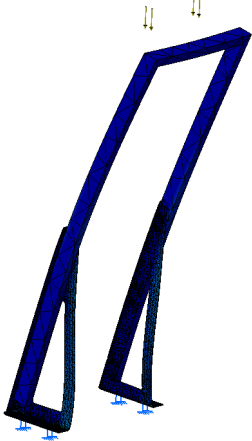
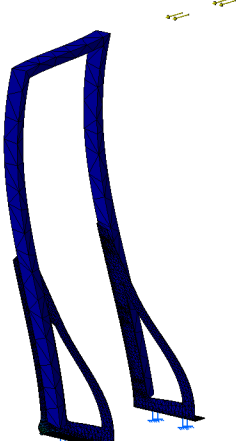
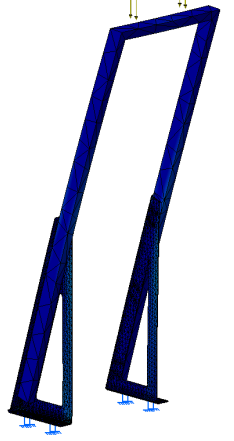




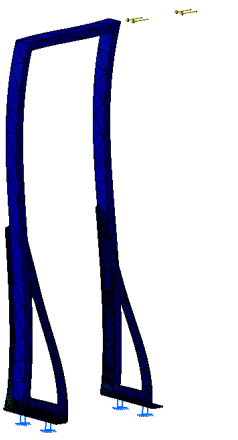
Nedre fläns fast inspänd.

Avläst enligt:

Massa och volym utan pålagd skena.

Spänning främre stötta är ett ungefärligt maxvärde längs den främre delen.

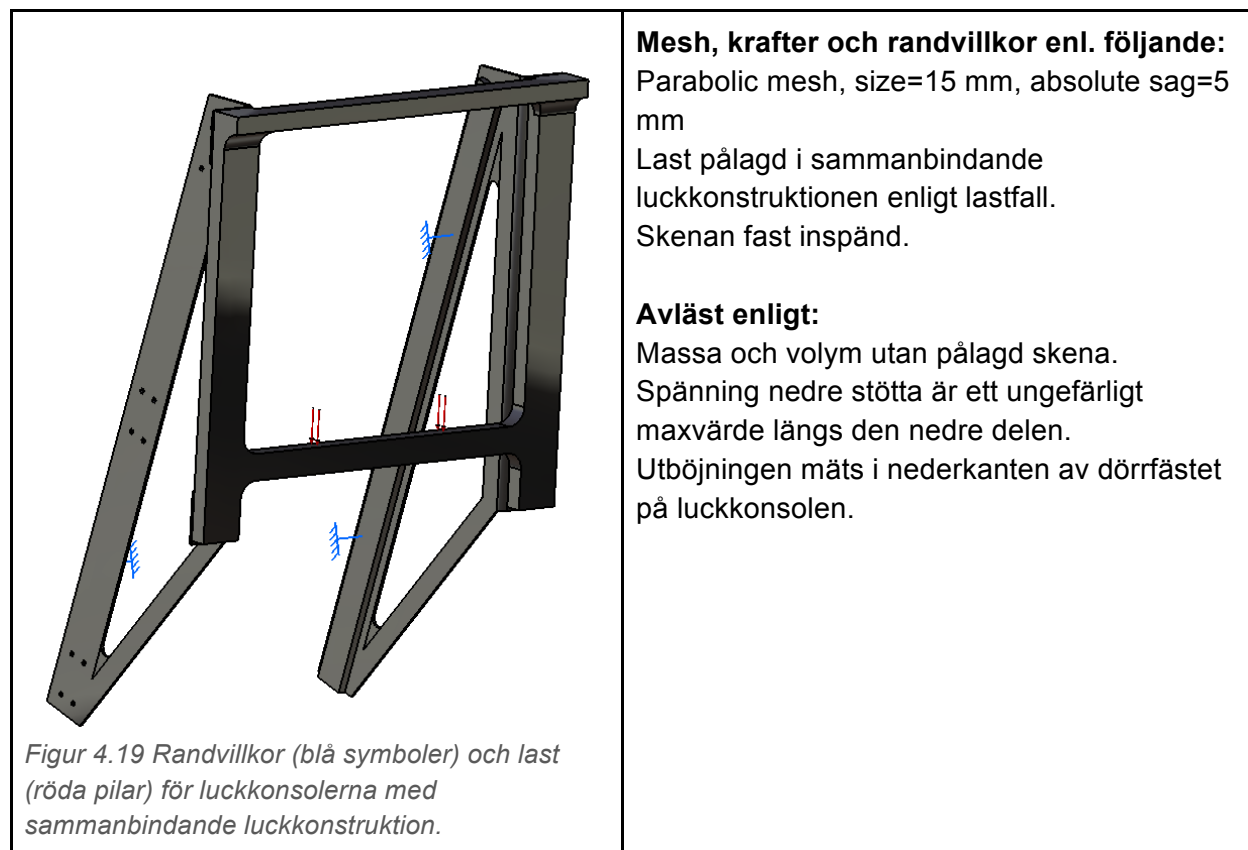
Utböjning mäts i toppen av golvkonsolen.

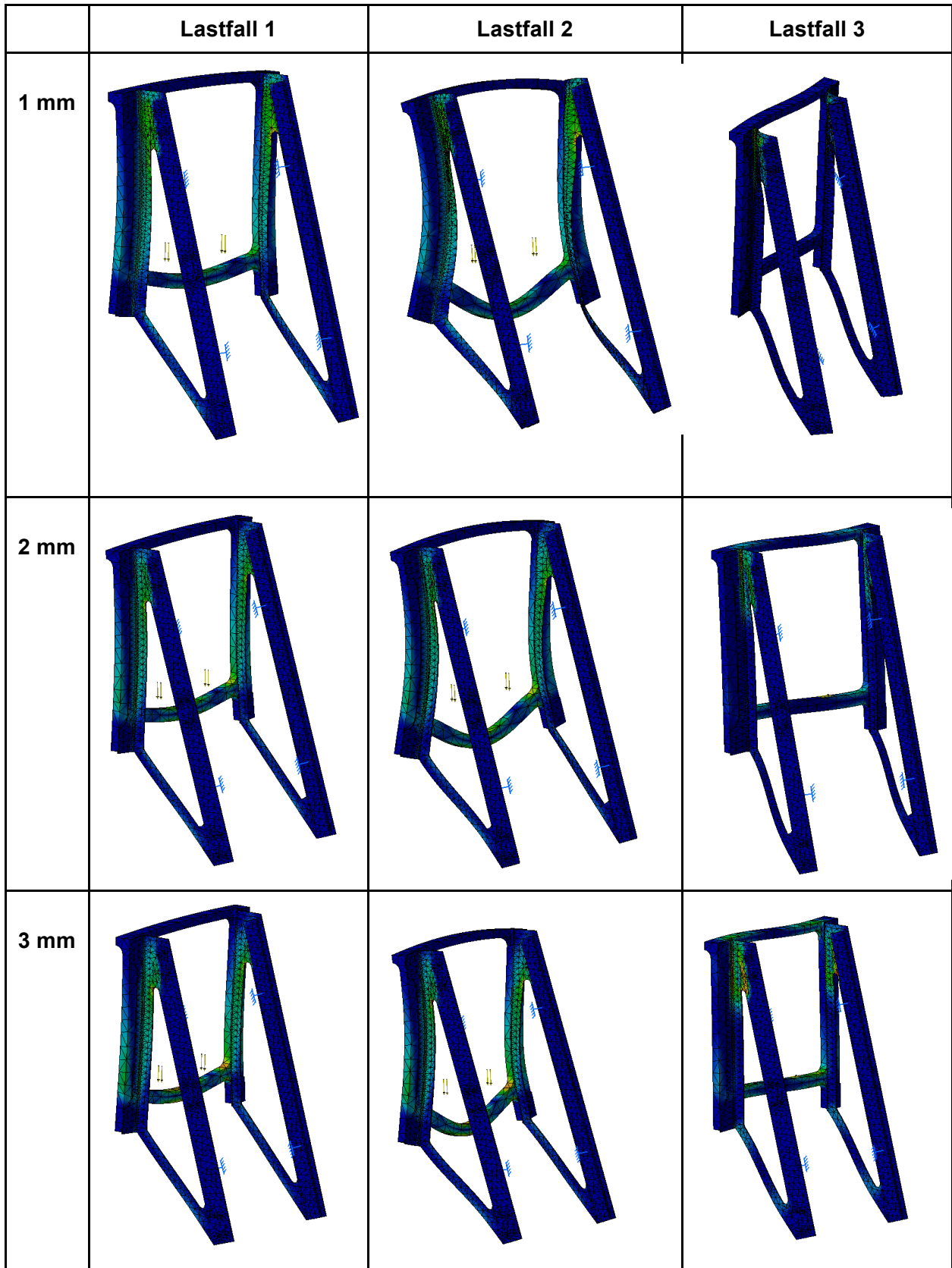
| Plåttjocklek | Lastfall 1 | Lastfall 2 | Lastfall 3 |
|--------------|---|---|---|
| 2 mm |  |  |  |
| 3 mm |  |  |  |
| 4 mm |  |  |  |

Figur 4.18 FEM-resultat för golvkonsolerna, vonMises-spänningar.

Tabell 4.9 FEM-resultat golvkonsoler

| Tjocklek [mm] | Last fall | Utböjning (x,y,z) [µm] | Spänning främre stötta [MPa] | Max-spänning [MPa] | Volym [m ³] | Massa [kg] |
|---------------|-----------|------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------|
| 2 | 1 | (85 ; 19,6 ; 30,3) | 6 | 36 | 2,933*10 ⁻⁴ | 2,306 |
| | 2 | (258 ; 57,6 ; 92) | 20 | 109 | | |
| | 3 | (-110 ; -250 ; -4010) | 5 | 620 | | |
| 3 | 1 | (63,3 ; 14,2 ; 29) | 5 | 28 | 4,428*10 ⁻⁴ | 3,480 |
| | 2 | (190 ; 43,5 ; 86,6) | 15 | 84 | | |
| | 3 | (-92,6 ; -196 ; -3130) | 10 | 420 | | |
| 4 | 1 | (49,3 ; 11,1 ; 27,5) | 4 | 16 | 5,941*10 ⁻⁴ | 4,670 |
| | 2 | (148 ; 33,2 ; 82,6) | 12 | 49 | | |
| | 3 | (-83,4 ; -160 ; -2450) | 11 | 293 | | |





Figur 4.20 FEM-resultat luckkonsoler, vonMises-spänningar

Tabell 4.10 FEM-resultat luckkonsoler

| Tjocklek [mm] | Lastfall | Utböjning (x,y,z) [µm] | Spänning nedre stötta [MPa] | Maxspänning [MPa] | Volym [m ³] | Massa [kg] |
|---------------|----------|------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|
| 1 | 1 | (2,71 ; 4,23 ; 4,81) | 1 | 8 | 0,829*10⁻⁴ | 0,652 |
| | 2 | (8,6 ; 12,9 ; 13,7) | 4 | 24 | | |
| | 3 | (5,22 ; 7,87; -487) | 5 | 194 | | |
| 2 | 1 | (1,83 ; 2,82 ; 4,26) | 1 | 6 | 1,666*10⁻⁴ | 1,309 |
| | 2 | (6,03 ; 9,17 ; 12,9) | 2 | 17 | | |
| | 3 | (3,54 ; 4,8 ; -290) | 5 | 57 | | |
| 3 | 1 | (1,57 ; 2,47 ; 3,87) | 0,7 | 5 | 2,510*10⁻⁴ | 1,973 |
| | 2 | (4,5 ; 7,26 ; 12) | 2 | 14 | | |
| | 3 | (2,68 ; 3,82 ; -241) | 5 | 28 | | |

Ett genomgående problem är spänningskoncentrationer som uppstår vid lastfall 3. Det här är ett extremfall och systemet blir där kraftigt belastat vinkelrät mot normalt användande.

Vidare tester visar på att maxspänningen mer än halveras vid halva den lasten. Detta får anses räcka som säkerhetsmarginal mot plasticering, och material bör väljas med sträckgräns motsvarande maxspänningen vid lastfall 3 eller större, vid given plåttjocklek.

Tillräcklig dimensionering erhålls med 3 mm godstjocklek på golvkonsolerna med sträckgränsen hos materialet minst 420 MPa och luckkonsolerna med 1 mm godstjocklek och en sträckgräns om minst 200 MPa.

4.4 Andra material

Ett av kraven är att hålla totalvikten på de ingående delarna under 30 kg. För att klara detta så kan det bli aktuellt att tillverka konsolerna i något annat material med bättre förhållande mellan styvhet och densitet. Konsolerna har visat att dom presterar väl när dom är tillverkade i stål, och ett logiskt nästa steg torde då vara att testa med aluminium också, vilket är ett material som är lätt att tillgå och ekonomiskt möjligt.

Aluminium har ungefär 35% densitet och E-modul mot stål. Densiteten talar här för att man har större möjlighet att tillverka ribbor och förstärkningar med aluminium, och att man på så sätt kan kompensera för lägre E-modul och på så sätt erhålla en stark konstruktion utan att vikten blir för hög. Detta är inget som det läggs någon tid på här, utan tester utförs med ökad godstjocklek som följer: golvkonsolen i 4 mm och luckkonsolen med 2 mm. Utöver densitet och E-modul så har aluminium även lägre brott- och sträckgräns och vi får då se upp med för höga spänningar i konstruktionen, och troligen behöver någon form av höghållfast aluminiumlegering användas.

Tabell 4.11 FEM-resultat konsoler i aluminium, golvkonsol 4 mm tjocklek och luckkonsol 2 mm

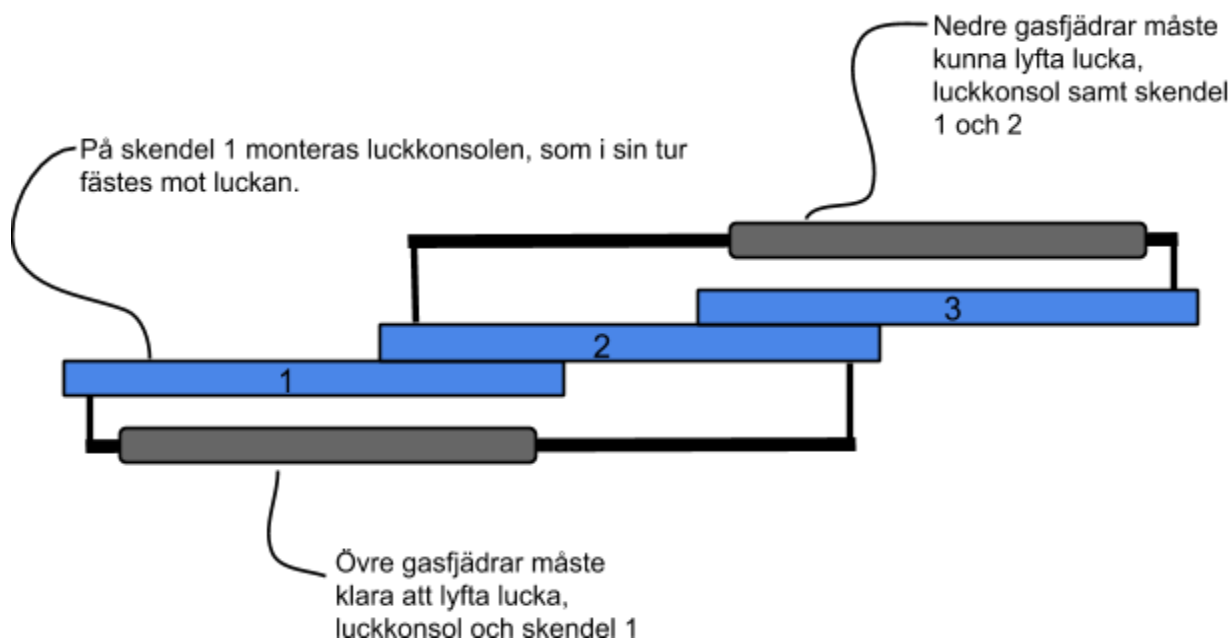
| Konsol | Last fall | Utböjning (x,y,z) [μm] | Spänning nedre stötta [MPa] | Max-spänning [MPa] | Volym [m^3] | Massa [kg] |
|--------|-----------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| Golv | 1 | (10,6 ; 23 ; 34,3) | 3 | 15 | $5,936 \cdot 10^{-4}$ | 1,609 |
| | 2 | (317 ; 69 ; 103) | 9 | 44 | | |
| | 3 | (-116 ; -259 ; -4200) | 8 | 227 | | |
| Luck | 1 | (3,11 ; 5,19 ; 5,01) | 0,7 | 3,5 | $1,664 \cdot 10^{-4}$ | 0,451 |
| | 2 | (9,74 ; 16 ; 14,8) | 2 | 11 | | |
| | 3 | (5,74 ; 9,31 ; -391) | 1 | 65 | | |

Tabell 4.11 visar att även aluminium fungerar riktigt bra. Konstruktionen skulle dessutom bli lättare, framförallt golvkonsolerna som blir ungefär 50 % lättare. Även här återfinns spänningskoncentrationer i flänsövergången, varvid plasticering kan uppstå om materialets sträckgräns inte är tillräckligt hög. Alltså erfordras en aluminiumlegering med för golvkonsolen en sträckgräns om minst 230 MPa och för luckkonsolen 65 MPa.

4.5 Gasfjädrar

Som tidigare nämnts så krävs här två gasfjädrar för att klara slaglängden. De är då kopplade mellan skendel 1 och 2 respektive 2 och 3, se figur 4.21.

Skenor och gasfjädrar i öppet läge



Figur 4.21 Schematisk bild över konstruktionens lyftanordning.

Förenklat gäller att den ena gasfjädern öppnar luckan halvvägs och den andra öppnar den resterande delen, vilket medför att båda gasfjäderparen måste klara av vikten som skall lyftas. Denna motsvaras dels av luckans och luckkonsolernas egenvikt samt vikten för skenor. För det övre gasfjäderparet innebär detta en kraft på ungefär 215 N och för det undre paret cirka 300 N. De flesta gasfjädertillverkarna kan fylla dämparna enligt kunds önskemål, dock i kontakt med Lesjöfors (2014) så var 250 N minimum för given slaglängd och gasfjäder, vilket motsvarar 500 N per par.

Stängningsprocessen av luckan kan förklaras enligt följande: det övre gasfjäderparet kläms ihop och får då hjälp av egenvikten hos systemet, men då nästa par skall klämmas ihop så är egenvikten redan "förbrukad" och hela gasfjädrarnas tryckkraft måste övervinnas. Denna kraft behöver då övervinnas för varje lucka på en större turistbuss, vilket kan röra som om upp till sex stycken. Det är fysiskt möjligt men det rimmar illa med en dräglig arbetsmiljö. Ovanstående är beräknat helt utan åtanke på tidigare nämnda fjäderkaraktistik vilken säger att det dessutom krävs mer kraft för att stänga en fjäder än att öppna den samt att fjäderkraften ökar linjärt vid kompression.

5. DISKUSSION

Syftet med denna studie var att analysera och vidareutveckla den redan framtagna konceptidén. Den primära uppgiften var att utföra hållfasthetsberäkningar men även analys och utvärdering av konstruktionens delar skulle ingå. Och målsättningen efter arbetets slut var att presentera ett underlag för framställning av en prototyp.

I detta skede kan konstateras att syftet är uppfyllt. Beräkningarna tyder på att konstruktionen har förutsättningar för att kunna bli robust och stabil. De lastfall som har använts går givetvis att diskutera men i brist på jämförelsedata upplevs dessa som realistiska. För övrigt när det gäller dimensioneringen finns inte mycket mer att tillägga än det som nämnts i resultatdelen. Här nedan följer istället en diskussion om konstruktionen ur ett hållbarhetsperspektiv samt ett antal förslag på förbättringar.

5.1 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling är inte grunden i det här uppdraget. På de allra flesta punkter skiljer sig inte denna konstruktion märkbart ifrån den redan befintliga, där liknande tillverkningsmetoder och material redan används. Det finns dock en punkt som utmärker sig mellan den nya konstruktionen och dagens system: vikten. Vi talar här om en större viktökning. Det är svårt att som utomstående ta del av exakt information om nuvarande systems vikter. Peter Blomgren på ÅF (2014) erhöll viss information; enligt den person han kontaktade väger nuvarande system utan lucka strax under 1 kg. Sanningshalten i den uppgiften går att ifrågasätta då man jämför med bilderna på nuvarande system (figur 1.2). Det nya konceptet kommer högst troligt att bli tyngre, något som även Peter Blomgren instämmer i när vi diskuterar saken. Ponerar vi att nuvarande system skulle väga så mycket som 5 kg exkl. luckan så skulle detta betyda en viktökning om ungefär 25 kg per lucka, en större turistbuss har upp till sex luckor, vilket i detta fall ger en total viktökning av bussen på 150 kg.

Spartipset (2014) skriver följande:

“Om du minskar bilens vikt med 50 kg minskar bilens bränsleförbrukning med 2 procent.”

Gäller ovanstående personbilar med en förmodad vikt på ungefär 1,5 ton, så gäller att man sparar 2 % bränsle om man minskar personbilens vikt med 3,33 %. Utan att ta hänsyn till de stora skillnaderna mellan en buss och en personbils motorer och handhavande så skulle ovanstående räkneexempel applicerat på en buss med det nya systemet se ut som följer. Då det nya systemet skulle addera 150 kg på bussens vikt vilket motsvarar 0,8 % av en buss på 19 ton, så skulle ge en genomsnittlig bränsleökning ges på 0,5 %. Detta låter kanske inte som så mycket, men utslaget på bussens livstid och långa körsträcka så är det antagligen inte längre att försumma.

5.2 Förslag på förbättringar och vidareutveckling

Det finns några förbättringar som kan göras på designen, där självklart vikten är en stor del. Dessutom behöver troligtvis gasfjädrarna slopas.

5.2.1 Vikt

I brist på jämförelsedata har antagligen den här konstruktionen blivit onödigt robust, och valet av material samt skenor är upp till eventuell investerare att bestämma utifrån vilken prestanda som krävs. Det går till exempel alldeles utmärkt att tillverka konsolerna i tunnare plåt eller i ett annat material. Den stora viktboven är dock skenorna, som motsvarar ungefär 60 % av konstruktionens vikt exklusive lucka. På grund av att skenor är en tredjepartsprodukt är valen av material och dimensioner upp till vad leverantörerna har i sin katalog. Ett större företag kan dock visa på ekonomisk vinning för leverantören att specialdesigna något mer anpassat för ändamålet och på så sätt få ner vikten på skenorna. Det saknas till exempel i det här fallet ett steg emellan Chambrelans E1400 och E1700, samtidigt som slaglängden är på tok för liten hos båda.

För jämförelse så skulle ett exempel med aluminiumplåt enligt kap 4.4 och E1400 ge en systemvikt om ca 10 kg per lucka, där skenorna står för en prestandaminskning där de för det första inte klarar belastning i sidled och samt har en maxlast på ynka 70 kg, se tabellen 4.4 för E1400 och 4.11 för aluminiumkonsolerna.

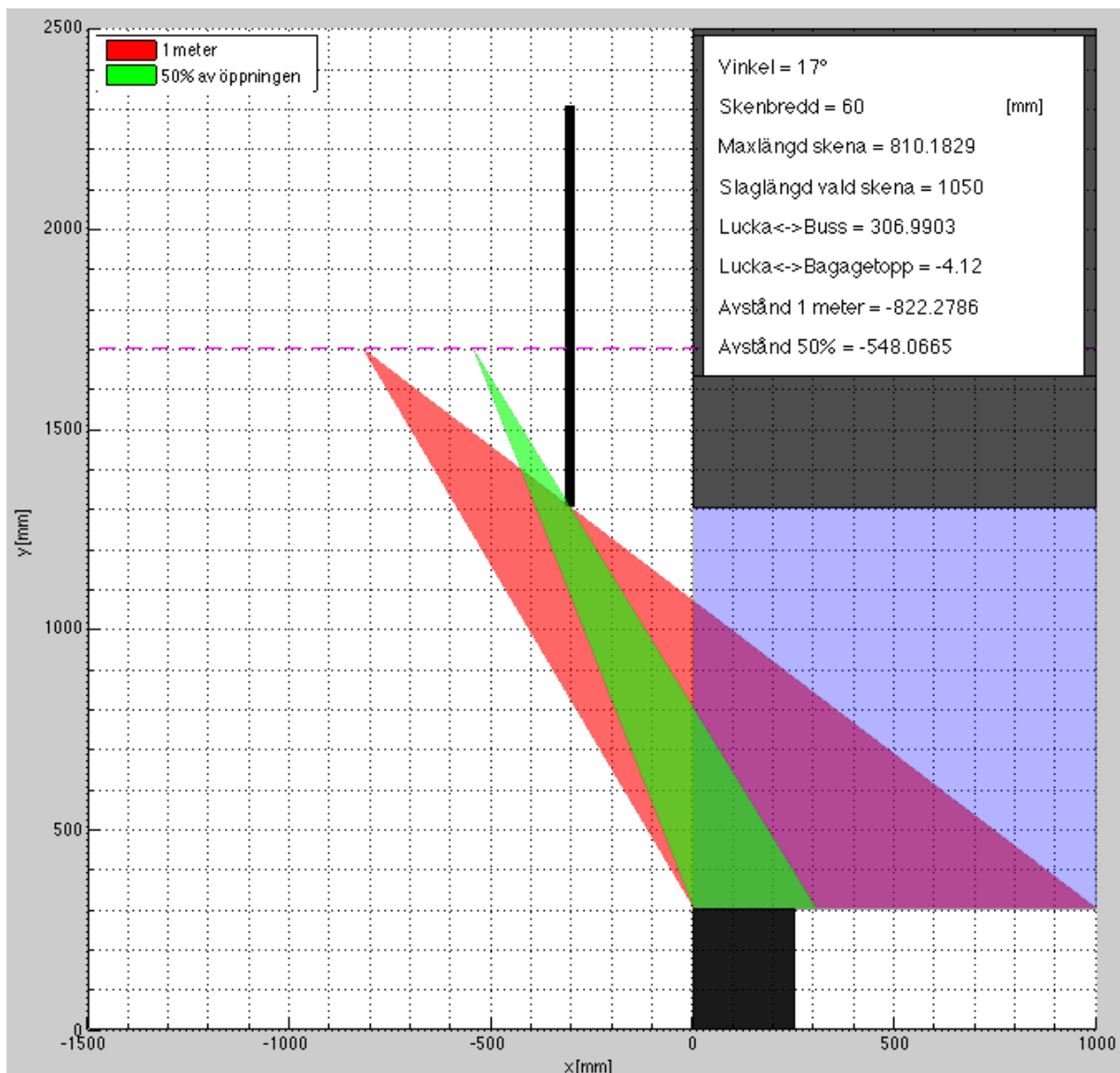
5.2.2 Gasfjädrar

Som nämnt i kapitel 4.4 krävs en väldigt stor kraft för att stänga luckan, detta till följd av ett ineffektivt nyttjande av gasfjädrar. Då de inte kan erbjuda fullständig slaglängd eller har möjlighet till att seriekopplas, så är det ett problem som kommer att kvarstå.

Det här problemet uppmärksammades först ganska sent i projektiden vilket gör att tid inte funnits att reflektera över alternativa lösningar nämnvärt. En lösning som har diskuterats är hydraulik, vilket även har berörts i Floruta och Tescans (2013) examensarbete där de kom fram till att det inte var en optimal lösning. Även Peter Blomgren (2014) menar att det inte är önskvärt med ytterligare system i bussen, och att det för närvarande inte existerar hydraulik i turistbussar. Ett bättre alternativ till både gasfjädrar och hydraulik verkar därför angeläget.

5.2.3 Överlapp

Som tidigare visat så kan bagageluckan skymma insynen till bagageutrymmet när den är öppen, vilket har negativa konsekvenser för in- och utpackning av bagage. Överlappet kan elimineras genom att välja en skena med slaglängden 1050 mm. Nedan, i figur 5.1, finns det här teoretiska exemplet redovisat i MatLab programmet, där ur två trianglar går att läsa av hur sikten in i bagageutrymmet är. Den horisontella streckade linjen motsvarar en ögonhöjd på 170 cm och den ena triangeln motsvarar sikten från en punkt där halva öppningen är synlig och den andra en punkt där sikten är en meter in i bagageutrymmet.

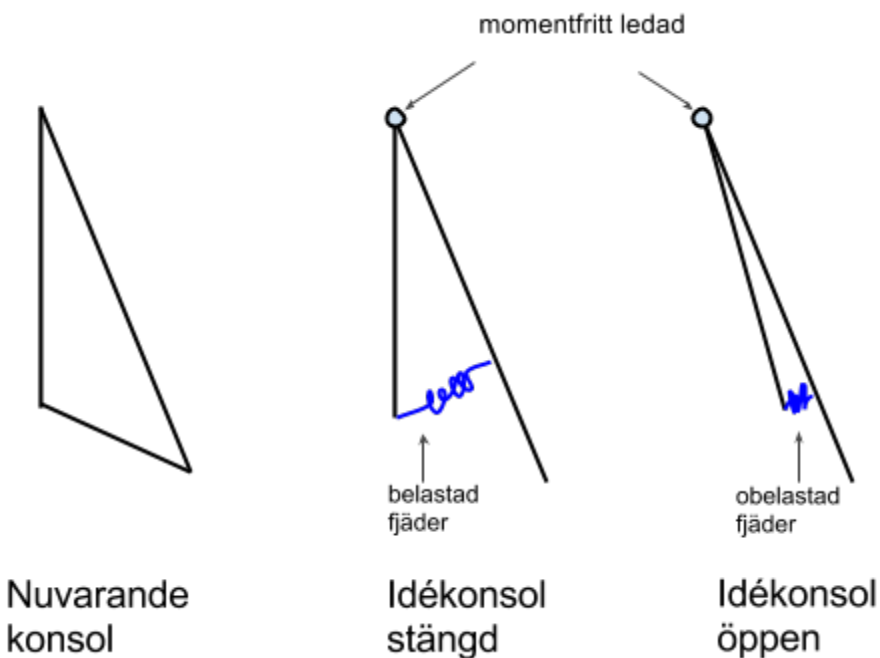


Figur 5.1 Ur MatLab programmet med $v=17$ grader, $h=60$ mm, $L_{\text{slaglängd}}=1050$ mm, streckad linje motsvarar ögonhöjd och trianglarna utgör exempel av sikten från olika avstånd.

I tidigare figur 4.3, där värden från det verkliga fallet beräknats, ges avståndet ifrån bussen för att se 1 meter in i bagageutrymmet till 1258 mm. När slaglängden ökat till 1050 mm så ges motsvarande mått, enligt figur 5.1, till 822 mm. Att stå på det avståndet ifrån bussen är inte så ansträngande utan bör anses helt godtagbart jämfört med det verkliga fallet. Ett annat problem att bemöta är nu att luckan gör det tvunget att huka sig för att kunna komma åt bagaget, vilket gör att även måttet för hur långt ifrån bussen som luckan hamnar i utfällt läge är intressant. I det verkliga fallet i figur 4.3 ges det måttet till 234 mm och jämfört med detta teoretiska fall i figur 5.1 är det måttet 307 mm. Ju större det här måttet är desto jobbigare blir det att komma åt bagageutrymmet och chansen att slå i huvudet på väg upp igen ökar.

Här finns en idé som frångår enkelheten i konstruktionen något men som kan vara väl värd att tänka på ändå, då den skulle förbättra åtkomligheten och ergonomin avsevärt.

Monteras en fjäder som gör att luckans nederdel hela tiden hålls mot busskroppen, bidrar det till att luckan i området närmast själva bagageutrymmet inte är märkbart i vägen, se figur 5.2. Detta skulle ge en likartad bussbagageutrymmes-upplevelse som med dagens system.



Figur 5.2 Schematisk modellskiss av idé till luckkonsol med fjädermekanism.

Denna lösning gör att en fjäder samt någon form av lager tillkommer. Detta är dock obetydligt jämfört med alla maskinelement som behöver till för att sätta dagens system i rörelse. Viktigt att påpeka är att möjligheten till montering i stängt läge bibehålls.

6. SLUTSATS

Efter en genomgående analys av konstruktionen kan det fastställas att den, förutom överlappet, klarar kravspecifikationen. Systemet har dock vissa brister vilket framkommit i diskussionen. I dagsläget är både vikten och överlappet för stort; dessutom behövs en annan lyftanordning istället för gasfjädrar. Bristerna gör att konstruktionen högst troligt inte kommer att tillverkas i nuvarande skick. Dock skulle en relativt enkel fjäderanordning förbättra insynen, och lättare skenor skulle reducera vikten. Detta i kombination med en bättre anpassad lyftanordning skulle sannolikt kunna bidra till betydligt bättre framtidsutsikter för konstruktionen.

REFERENSER

Blomgren, Peter. Business Unit Manager på ÅF. 2014. Samtal under våren.

Chambrelan. 2014. E-mail den 4 april.

Chambrelan. 2014. Telescopic slide.

<http://www.chambrelan.co.uk/EN/products/search.html?step=2> (Hämtad 2014-03- 15)

Finita elementmetoden. 2014. *Nationalencyklopedin*.

<http://www.ne.se/finita-elementmetoden> (Hämtad 2014-04-17).

Floruta, Zoe., Tekcan, Ismet. 2013. *Elmanövererad bagagelucka på buss*. Examensarbete, Teknikhögskolan Göteborg.

Höst, Martin., Regnell, Björn., Runeson, Per. 2006. *Att genomföra examensarbete*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur

Lesjöfors. 2014. Fjäderkaraktistik.

<http://www.lesjoforsab.com/gasfjadrar/fjaderkaraktistik.asp> (Hämtad 2014-05-04).

Lesjöfors. 2013. Gasfjädrar Katalog, s.177

<http://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/kataloger.asp> (Hämtad 2014-05-04)

Nilsson, Bertil. 2010. Finita elementmetoden - en kort introduktion till teorin. *Högskolan Halmstad*. <http://dixon.hh.se/bertil/Kurser/Common/FEMgk/Notes/kompendiumA4.pdf> (Hämtad 2014-04-25).

Persson, Gert. 2013. Appendix FEM-kurs. *Chalmers Tekniska Högskola*. Kursmaterial FEM-kurs 2013

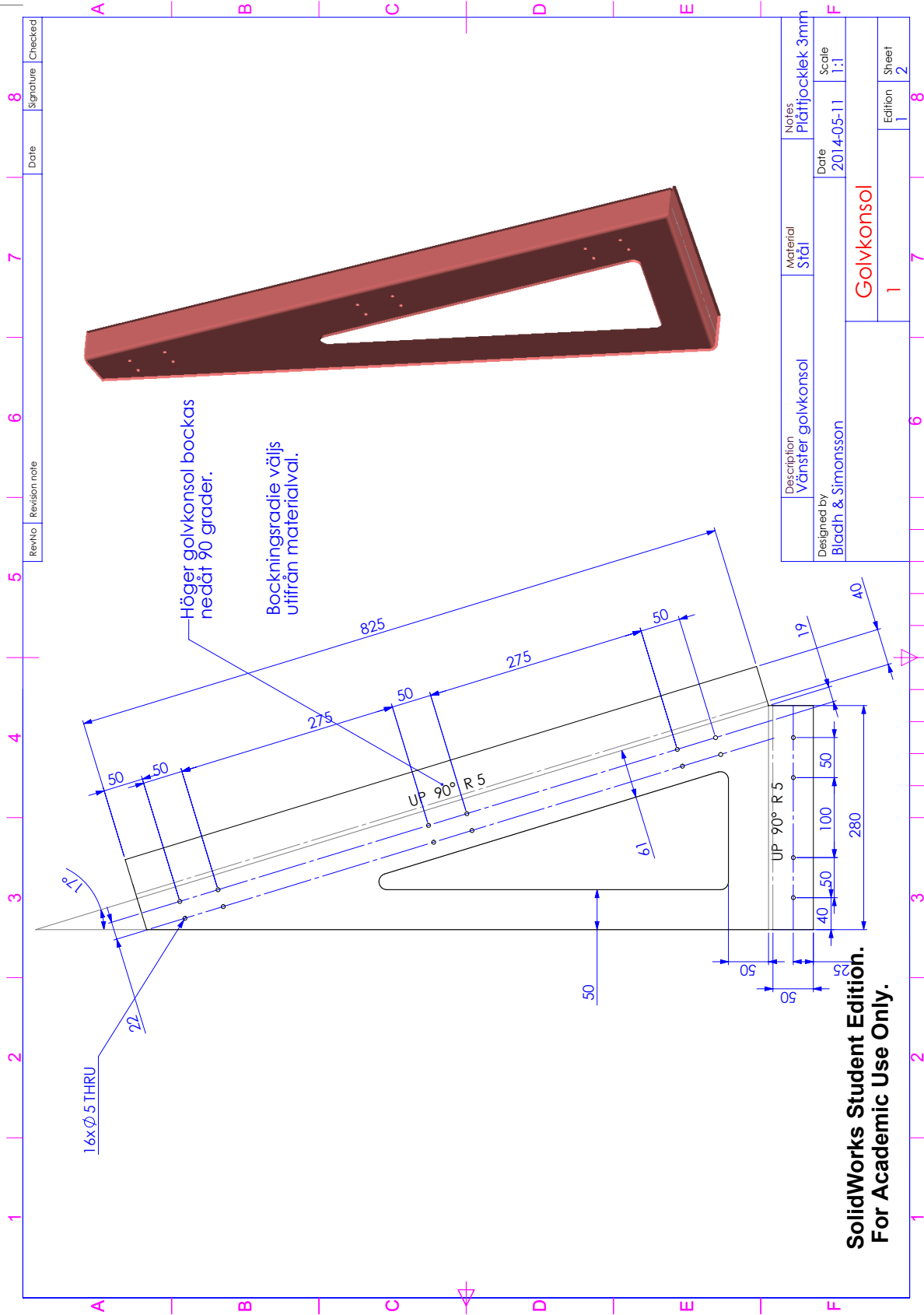
Persson, Gert. 2013. Intro till Catia. *Chalmers Tekniska Högskola*. Kursmaterial FEM-kurs 2013

Spartipset. 2014. Bilar och andra fordon. <http://www.spartipset.se/bil.html> (Hämtad 2014-04-27)

SSAB.1990. *Plåthandboken - Att konstruera och tillverka i höghållfast plåt*. 2 utgåvan. Borlänge: SSAB Tunnpå.

Sunnersjö, Staffan.1999. *FEM i praktiken - en introduktion till finita elementmetodens praktiska tillämpning*. 2. uppl. Uddevalla: Industrilitteratur

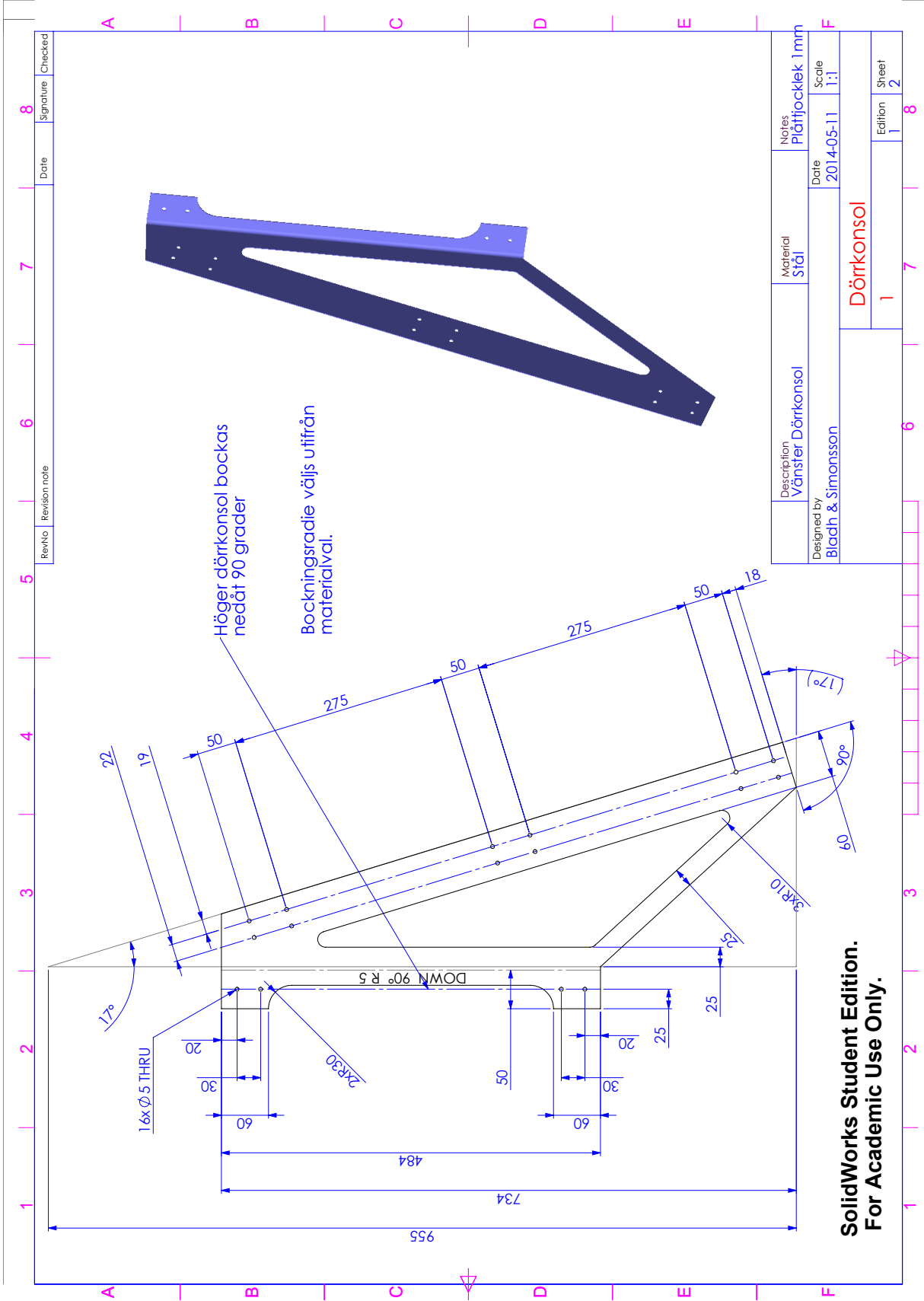
Appendix I



| | | | | |
|--------------------|---------------|------------|-----------------|---------|
| RevNo | Revision note | Date | Signature | Checked |
| | | | | |
| Description | | Material | Notes | |
| Vänster golykonsol | | Stål | Plåtjocklek 3mm | |
| Designed by | | Date | Scale | |
| Bladh & Simonsson | | 2014-05-11 | 1:1 | |
| | | Golykonsol | | |
| | | Edition | Sheet | |
| | | 1 | 2 | 8 |

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.**

Appendix II

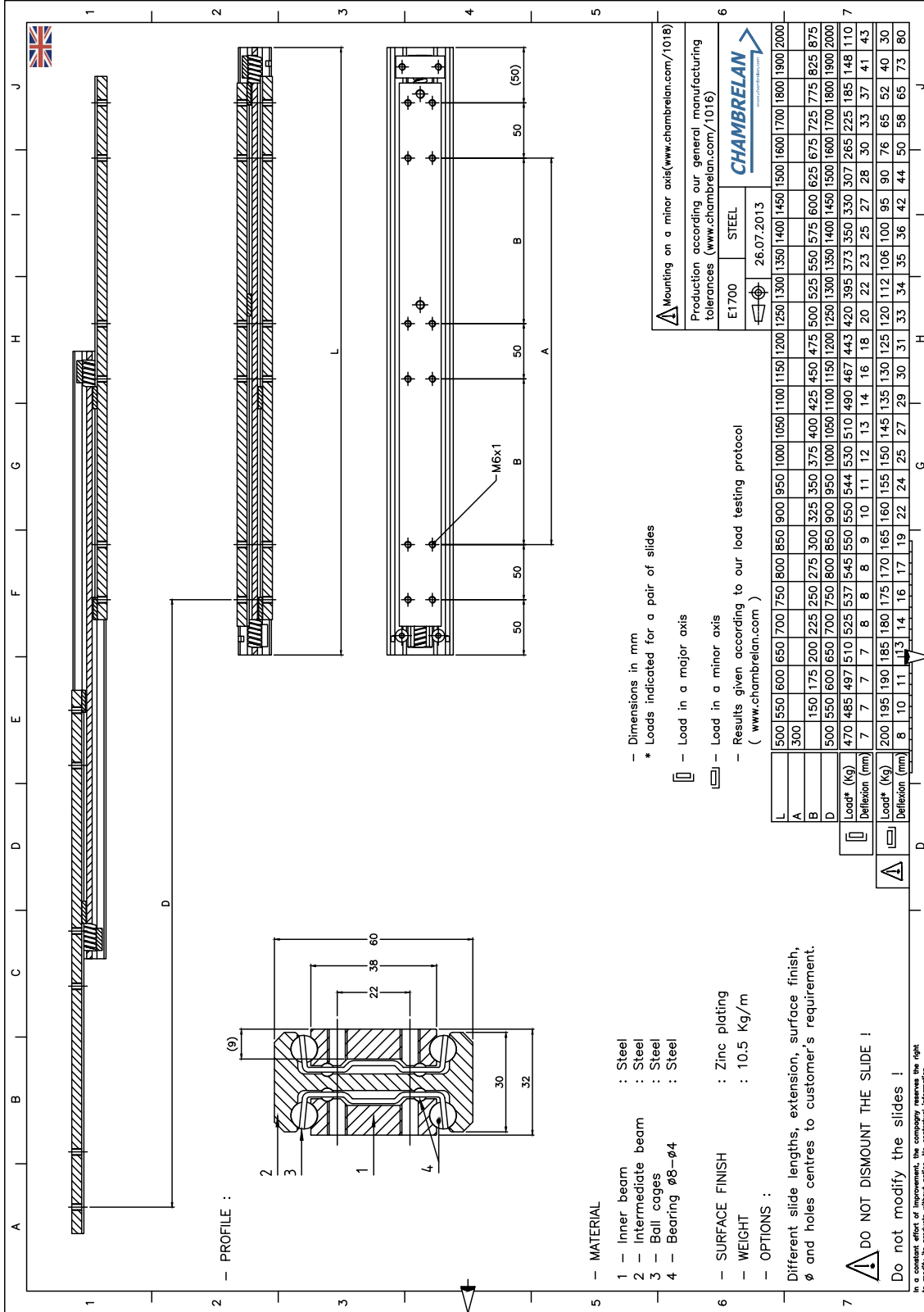


SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

| | |
|-------------------|--------------------|
| Notes | Plåtfjocklek 1mm |
| Description | Vänster Dörkkonsol |
| Material | Stål |
| Date | 2014-05-11 |
| Scale | 1:1 |
| Designed by | Bladh & Simonsson |
| Dörkkonsol | |
| Edition | 1 |
| Sheet | 2 |

| | | | | |
|-------|---------------|------|-----------|---------|
| RevNo | Revision note | Date | Signature | Checked |
| 8 | | | | |

Appendix III



Appendix IV

SKENBERÄKNINGAR OCH ÖVERLAPP

```
clear all
clc
clf

% Bagageutrymme
H=980;           % 1000 minus 20 säkerhetsmarginal
B=1926;

v=17;

% Golvfäste
D=H*tand(v) % djup

% Skena tvärsnitt: E-1700 h=60; E-1400 h=29; RA774 b=93
h=60;           %E-1700

L=H/cosd(v)     %hypotenusan i utrymmestriangeln

% Topptriangel ABC
AB=h/tand(v)    % längden AB, längs L

% Bottentriangel abc
ab=h*tand(v)   % längden ab, längs L

Lmax=L-AB-ab    % maximal skenlängd

% ÖPPNING
% överlapp i öppet läge
Lskena=800;     % slaglängd på vald skena
Ho=cosd(v)*Lskena % förskjutning i y-led öppet läge
Do=sind(v)*Lskena % förskjutning i x-led öppet läge
%överlapp
Hover=1000-Ho

%FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE FIGURE

x=linspace(-1500,1000);
y=linspace(0,2500);

%ytor o linjer
buss1X=[0 1000 1000 0]; buss1Y=[1300 1300 1630 1630]; %botten
buss2X=[0 25 25 0]; buss2Y=[1630 1630 2480 2480]; %vänster
buss3X=[970 1000 1000 970]; buss3Y=[1630 1630 2480 2480]; %höger
buss4X=[0 1000 1000 0]; buss4Y=[2480 2480 2500 2500]; %toppen
tyreX=[0 250 250 0]; tyreY=[0 0 300 300];
bagageX=[0 1000 1000 0]; baggageY=[300 300 1300 1300];
luckaX=[-Do -Do]; luckaY=[1300-Hover 2300-Hover];
eyesY=ones(length(x))*1700;
```

Appendix IV

```
% 50% sikt av lucköppning -- bygger på rle: x=ky+m
sightX=[luckaX(1) ;0]; % nederkant av lucka och bagage 50%
sightY=[luckaY(1) ;800]; % nederkant av lucka och bagage 50%
sightk=(sightX(2)-sightX(1))/(sightY(2)-sightY(1)); % dx/dy
sightY=[1700 300 300];
sightm=-sightk*800;
sight50X=[sightm+sightk*sightY(1) sightm+sightk*sightY(2) 0];
avst50p=sight50X(1);

% 1 meter sikt av golvet
sightX=[luckaX(1) ;1000]; sightY=[luckaY(1) ;300]; % nederkant av lucka och ba
sightk=(sightX(2)-sightX(1))/(sightY(2)-sightY(1)); % dx/dy
sightY=[1700 300 300];
sightm=1000-sightk*300;
sight1000X=[sightm+sightk*sightY(1) 1000 0];

avst1000mm=sight1000X(1);

%fills o plots fills o plots fills o plots fills o plots
figure(1), hold on
fill(bagageX,bagageY,'b','facealpha',.3, 'edgealpha',.3) %bagageutrymme

fill(buss1X,buss1Y,'k','facealpha',.7) %bussen
fill(buss2X,buss2Y,'k','facealpha',.7)
fill(buss3X,buss3Y,'k','facealpha',.7)
fill(buss4X,buss4Y,'k','facealpha',.7)

fill(tyreX,tyreY,'k','facealpha',.9) %busshjul
plot(luckaX,luckaY,'k','linewidth',5) %lucka
plot(x,eyesY,'m--') %ögonhöjd
sight50=fill(sight50X,sightY,'g','facealpha',.6,'edgealpha',.1); %synfält 50%
sight1000=fill(sight1000X,sightY,'r','facealpha',.6,'edgealpha',.1); %synfält 1
legend([sight1000,sight50],'1 meter','50% av öppningen','location','northwest') %s

% textruta - indata & utdata
fill([25 25 970 970],[2480 1630 1630 2480],'w') %textruta
text( 780, 2300, '[mm]','fontsize',10);
text( 65, 2400, ['Vinkel = ' num2str(v) '°' ], 'fontsize',12,'fontweight','bold' )
text( 65, 2300, ['Skenbredd = ' num2str(h) ], 'fontsize',12,'fontweight','bold' );
text( 65, 2200, ['Maxlängd skena = ' num2str(Lmax) ], 'fontsize',12 );
text( 65, 2100, ['Slaglängd vald skena = ' num2str(Lskena) ], 'fontsize',12,'fontw
text( 65, 2000, ['Lucka<->Buss = ' num2str(Do) ], 'fontsize',12 );
text( 65, 1900, ['Lucka<->Bagagetopp = ' num2str(Hover) ], 'fontsize',12 );
text( 65, 1800, ['Avstånd 1 meter = ' num2str(avst1000mm) ], 'fontsize',12 );
text( 65, 1700, ['Avstånd 50% = ' num2str(avst50p) ], 'fontsize',12 );

axis equal
axis([-1500 1000 0 2500])
xlabel('x [mm]'), ylabel('y [mm]')
grid on
grid minor
```

Appendix IV

```
% automatisk maximering
% figure(1);
% frame_h = get(handle(gcf),'JavaFrame');
% set(frame_h,'Maximized',1);
```

D =

299.6161

L =

1.0248e+03

AB =

196.2512

ab =

18.3438

Lmax =

810.1829

Ho =

765.0438

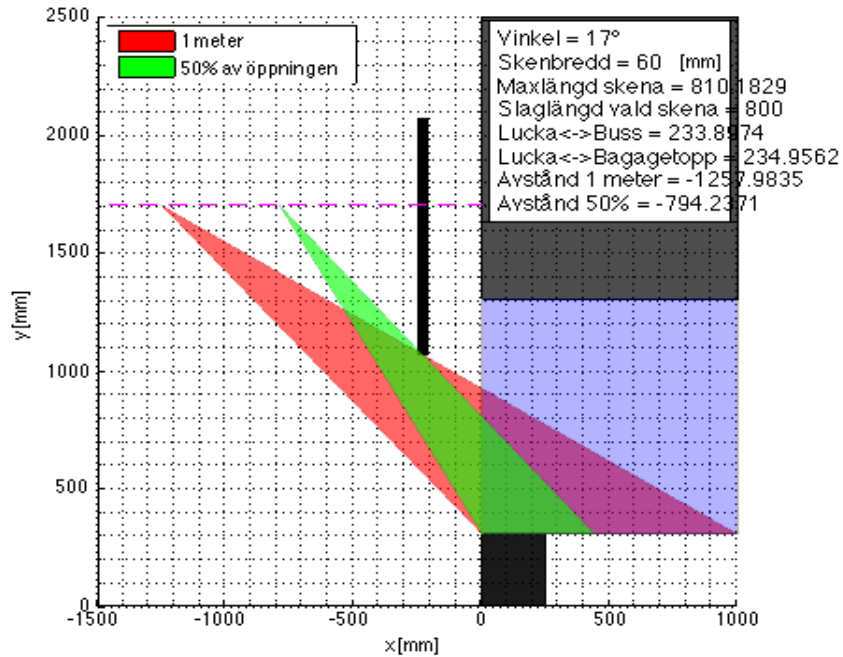
Do =

233.8974

Hover =

234.9562

Appendix IV



UTRYMMESTRIANGELN

Utrymmestriangeln, H,D,L,v H,L,D,vinkel,AB,ab,h enligt ovan

```
clear all
clc

H=980; v=17; h=60;
% v=input('Ange lutning i grader std=17 '); h=input('Ange skenans bredd std=60 ')

D=H*tand(v); % djup

L=H/cosd(v); %hypotenusan

% Topptriangel ABC
AB=h/tand(v); % längden AB, längs L
AC=h/sind(v); % längden AC, längs D
BC=h; % längden BC = h

% Bottentriangel abc
ab=h*tand(v); % längden ab, längs L
ac=h/cosd(v); % längden ac, längs D
bc=h; % längden bc = h

Lmax=L-AB-ab; % maximal skenlängd
```

Appendix IV

```
% FIGURE
figure(2), hold on
axis equal
axis([-200 980 -100 1080])

%triangel SVART
T=[0 0; 0 H ; D 0 ; 0 0];
plot(T(:,1),T(:,2),'k','linewidth',2)

%skena BLÅ
S=[ D-ac 0
    D-ac+h*cosd(v) h*sind(v)
    h*cosd(v) (L-AB)*cosd(v)
    0 Lmax*cosd(v)
    D-ac 0];
plot(S(:,1),S(:,2),'b','linewidth',1)

disp('Minsta måtten för konsolerna enl. (D,H,L).')
disp('Alltså då hålen är minst 10 mm ifrån kanten av konsolen.')

%golvkonsol MAGENTA
% beräknad att skruvhålen börjar i ca 50 mm in på längden och 20 från bredden
% och vi vill hamna minst 10 mm från hålkanten på håldiameter 6mm
xmin=(tand(v)*50+20)*cosd(v)-3-10;
xrimlig=20;
GK=[ xrimlig 0
     D 0
     xrimlig (D-xrimlig)/tand(v)
     xrimlig 0];
plot(GK(:,1),GK(:,2),'m--')

golvkonsol=[D-xrimlig (D-xrimlig)/tand(v) 0];
golvkonsol(3)=sqrt(golvkonsol(1)^2+golvkonsol(2)^2);
golvkonsol

% dörrkonsol GRÖN
% beräknad pss
ymin=((50+ab)/tand(v))-40)*sind(v)-13;
yrimlig=40;
DK=[0 yrimlig
    (H-yrimlig)*tand(v) yrimlig
    0 H
    0 yrimlig];
plot(DK(:,1),DK(:,2),'g--')

dorrkonsol=[(H-yrimlig)*tand(v) H-yrimlig 0];
dorrkonsol(3)=sqrt(dorrkonsol(1)^2+dorrkonsol(2)^2);
dorrkonsol

% text
text(350,900, ['vinkel ' num2str(v)], 'fontsize',15)
text(350,800, ['skenans bredd h = ' num2str(h) ' mm'], 'fontsize',15)
```

Appendix IV

```
text(350,700, ['Lmax = ' num2str(Lmax) ' mm'],'fontsize', 15)
```

Minsta måtten för konsolerna enl. (D,H,L).

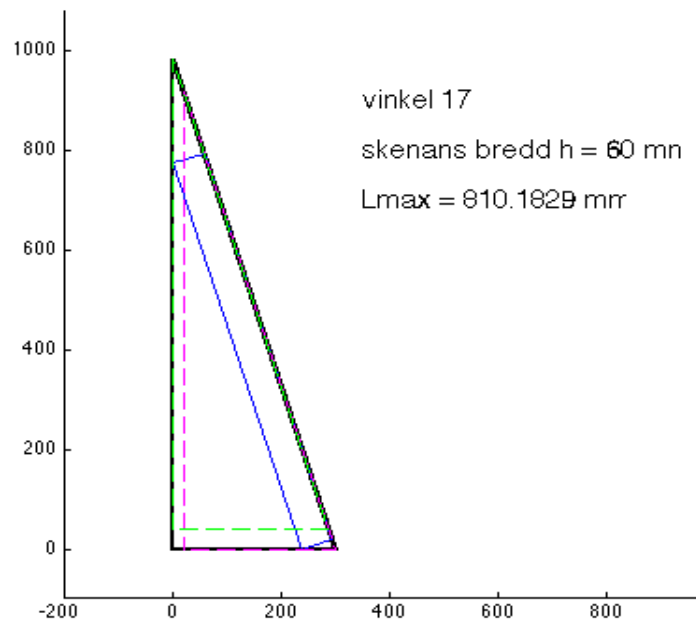
Alltså då hålen är minst 10 mm ifrån kanten av konsolen.

golvkonsol =

279.6161 914.5829 956.3718

dorrkonsol =

287.3868 940.0000 982.9503



Published with MATLAB® R2013b