

# Sengen med vridfrie hjul

## Hovedrapport



## Titelblad

### Titel:

Sengen med vridfrie hjul  
Hovedrapport

### Forfattere:

SPI4

Brian Weidemann

Sinan Hendi

Kenneth Fisker

SPM4

Faraidon K. Wahab

Marianne Gudnor

Morten Michelsen

SPX6

Thomas Danielsen

1. udgave, 1. oplag, 4. juni 2008

### Forlag:

Via University College Danmark,

Chr. M. Østergårdsvej 4,

8700 Horsens

Denmark

Tlf. 75 62 88 11

## **Abstrakt**

Denne rapport er udarbejdet som afsluttende studieprojekt på 4.semester for maskiningeniør og it-uddannelsen, samt 6.semester for eksportingeniøruddannelsen ved VIA University College Danmark.

Rapporten tager udgangspunkt i et vridfrit hjul til eksempelvis hospitalssenge, således disse kan bevæge sig frit i alle retninger. Der ønskes udviklet en overordnet konstruktion med mulighed for senere implementering af styring. I rapporten beskrives det, hvordan en sådan konstruktion kan se ud. Materialevalg og idégenerering, som er anvendt til konstruktionen beskrives. Der er udført en opslagstegning af selve konstruktionen, hvor der henvises til de enkelte delopslagstegninger, hvis udspecificering ønskes. Der er udført beregninger på kritiske steder. Konstruktionen er udformet således, at der er taget hensyn til personen, som skal betjene den. Derfor er der et afsnit, der fortæller om sikkerhed i henhold til maskindirektivet.

Marketingmæssigt undersøges det hvordan sengen vil kunne sælges, og en fremgangsmåde for udviklings- og salgsprocessen stilles op. Til sidst gives et bud på en SWOT og et marketing mix.

Slutteligt konkluderes det om konstruktionen er brugbar til dens formål.

## Forord

Vi har igennem projektet søgt hjælp ved flere undervisere på Vitusbering Danmark. Jan Munch Pedersen, Lars Pedersen og Henrik Christensen, vores vejledere under projektet, har været yderst behjælpelige ved problemer eller spørgsmål omkring hjulet samt designdelen.

Arbejdet med vores projekt har hovedsagligt foregået på VIA University College Danmark, Chr. M. Østergårdsvej i Horsens.

Rapporten er opstillet med henblik på læservenlighed. Det vil blandt andet sige, at linieafstanden er halvanden, hvilket gør at rapporten er væsentlig længere end ved normal side opsætning.

Indholdet af rapporten svarer til ca 47 normalsider med 1800 anslag pr. side.

God læselyst.

---

Brian Weidemann

---

Faraidon K. Wahab

---

Thomas Danielsen

---

Sinan Hendi

---

Marianne Gudnor

---

Kenneth Fisker

---

Morten Michelsen

## Indholdsfortegnelse

Indhold bilagsmappe .....	8
Indledning .....	9
Teknisk design .....	10
Metode .....	10
Idé generering til hjuldesign .....	11
Løsningsforslag 1 – Kuglehjul .....	12
Løsningsforslag 2 - Motor på siden af fælgen .....	13
Løsningsforslag 3 - Motor på siden af ophænget .....	14
Løsningsforslag 4 - Navmotoren .....	15
Valg af løsning .....	16
Løsningsforslag .....	17
Dimensionering af motor til primær fremdrift .....	18
Beregningsmodel: .....	19
Valg af motor/hjul til primær fremdrift .....	21
Dimensionering af motor til drejning af hjul .....	23
Valg af motor for drejning af hjul .....	24
Valg af encoder .....	25
Valg af slæbering .....	25
Beregning af lejer for hjulophæng .....	26
Akseldimensionering .....	29
Beregningsmodel svejsning .....	30
ANSYS .....	31
Illustration fra ANSYS samt forklaringer .....	31
Produktionsbeskrivelse .....	37
Motorophæng .....	37
Gaffelben .....	38
Adapter plade .....	38
Montage af det komplette hjulophæng .....	39
MTM studie .....	40
Udregning af Maskintid .....	41
Kostpris .....	43

Sikkerhed .....	44
Maskindirektivet.....	44
Risikovurdering .....	44
Selvgodkendelse.....	47
Sikkerhed .....	47
Mærkning .....	48
Miljø .....	49
Løsnings forslag til digital styringsmodel .....	50
Model – og metodevalg/fremgangsmåde.....	50
Arbejdsfordeling.....	51
System Overview .....	52
Indsamling af informationer .....	53
Fremgangsmåde .....	53
Kravspecifikation .....	54
Succeskriterier for styringsmodellen.....	56
Realiseringsvurdering.....	57
Metoder og UML.....	58
UseCase diagram.....	58
Planlægning accepttest .....	59
Domain / Class diagram.....	60
Activity diagram.....	61
State machine .....	61
Bevægelsesberegning .....	61
Aflæsning af joystick.....	62
Aflæsning af trykfølsomme håndtag .....	62
Styring af hjul i forhold til sengen.....	62
Styring af hjulet.....	64
Bevægelsesmønstre .....	65
Kommunikationsmuligheder.....	67
Marketingdelen .....	68
Market research.....	68
Hvem skal med i fokusgruppen? De individuelle roller .....	69
Forløb af fokusgruppen.....	70
Observation .....	70

Skolemetoden.....	72
Kravspecifikation .....	73
Konsekvenser af skolemetoden.....	76
Inden lancering .....	77
Swot-analyse: .....	77
Marketing mix: .....	78
Konklusion .....	79
Litteraturfortegnelse .....	81
Bøger: .....	81
Internet sider: .....	82
Øvrigt:.....	82

## **Indhold bilagsmappe**

**CD med digitale data - rapporter, modeller og tegninger.**

### **Billagsrapport**

### **Tegninger**

Opslag komplet hjul ophæng 01

Samlingstegning hjul ophæng komplet 001

Samlingstegning hjul ophæng 002

Detailtegning lejehus 0009

Detailtegning plade for ophæng 0007

Detailtegning stiver hjul ophæng 0006

Samlingstegning gaffelben 003

Detailtegning gaffelben højre 0004

Detailtegning gaffelben venstre 0003

Detailtegning tvær rør gaffelben 0005

Detailtegning endeplade gaffelben 0002

Detailtegning aksel for gaffelben 0001

Detailtegning adapter plade for encoder 00010

Detailtegning dæk 00012

### **Processrapport**



## Indledning

Som henholdsvis maskin-, it- og eksportingeniørstuderende på VIA University College, har gruppen valgt at konstruere et vridfrit hjul. Der er et væsentligt behov især indenfor sygehus samt handicapområdet for et sådant hjul, da det vil bevirke at senge og eksempelvis rullestole vil kunne bevæge sig frit i alle retninger, hovedsageligt for at aflaste brugerne af disse. Det er således et krav at hjulet skal kunne bevæge sig frit i alle retninger uden vrid og ved samtidig mindst mulig pladsbrug. Ydermere skal maskinen overholde maskindirektivets krav.

Ud fra disse krav er der udarbejdet 4 principper, hvoraf et enkelt udvælges til en yderligere proces med idégenerering. Herfra er det endelige løsningsforslag opstået.

Idégenereringsprocesserne og beskrivelserne for det vridfrie hjul indgår i projekt-rapporten. Der udføres en hovedopslagstegning af selve konstruktionen, hvor der henvises til de enkelte delopslagstegninger og detailtegninger, hvis udspecificering ønskes. Der vil blive udført beregninger på kritiske steder, samt på dele hvor dimensionering kræves.

Da sikkerhed er afgørende for konstruktionens udseende og funktioner, vil der være et afsnit om dette i henhold til maskindirektivet.

For at få en fornemmelse af konstruktionens omfang prismæssigt, laves en kostprisberegning, der i store træk viser en overslagspris for hele konstruktionen.

Slutteligt undersøges markedet med henblik på salg af produktet, og en plan for produktets udvikling udarbejdes.

## Teknisk design

### Metode

Indenfor videnskabeligt arbejde begrundes ens viden ved at argumentere for de resultater man er nået frem til. Den måde, hvorpå man begrundes sin viden kaldes for metode. Man kan altså ikke bare hævde at noget er rigtigt, fordi man selv mener det. Man er nødt til at begrunde, hvorfor det er rigtigt. Man kan heller ikke gøre noget på en måde fordi ”sådan plejer vi at gøre”. Man kan jo ikke begrunde, hvorfor man gør, som man plejer at gøre. Videnskab frembringer viden, der begrundes sig fundamentalt anderledes end det er tilfældet i for eksempel religion. Videnskab har metode som sit fundament. Metode adskiller sig fra at tro ved at metodens procedurer er tilgængelige og gennemskuelige. Det er selve fundamentet for metode. Indenfor søger videnskab man ikke efter den endegyldige løsning. Man søger derimod efter en så sikker viden som muligt netop nu under de givne omstændigheder. I dette projekt er mål m.m foreksempel understøttet af beregninger. Der er anvendt projektorienterede metoder som fremgangsmåde. Maskiningeniørerne har eksempelvis valgt at arbejde efter et gantt-kort som er en grafisk repræsentation af en tidsplan. Gantt-kortet har fungeret som en tidsplan for projektets gennemførelse. Den praktiske planlægning består i at fastlægge

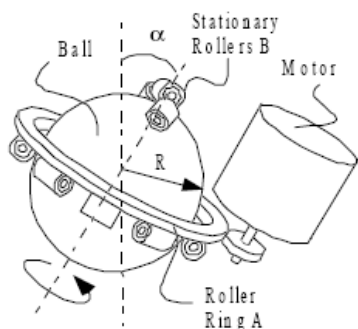
- aktiviteternes rækkefølge
- den enkelte aktivitets tidsforbrug
- eventuel afhængighed mellem de forskellige aktiviteter.

Generelt set går teknikken ud på, at man inddeler en tavle i perioder og aktiviteter. Så kan man med forskellige symboler angive den enkelte aktivitets tidsmæssige placering ( figur 1.).

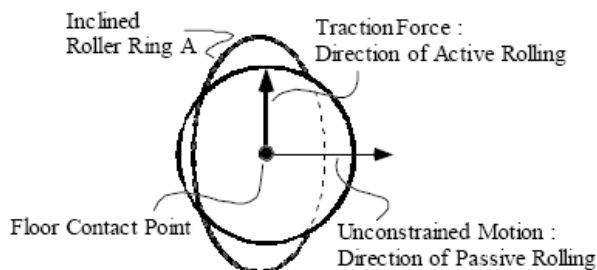


### Løsningsforslag 1 – Kuglehjul

I teorien kan kuglehjulet bevæge sig frit i alle retninger, uden at skulle vride sig omkring en centreret vertikal akse, hvor friktionsproblemet er størst.

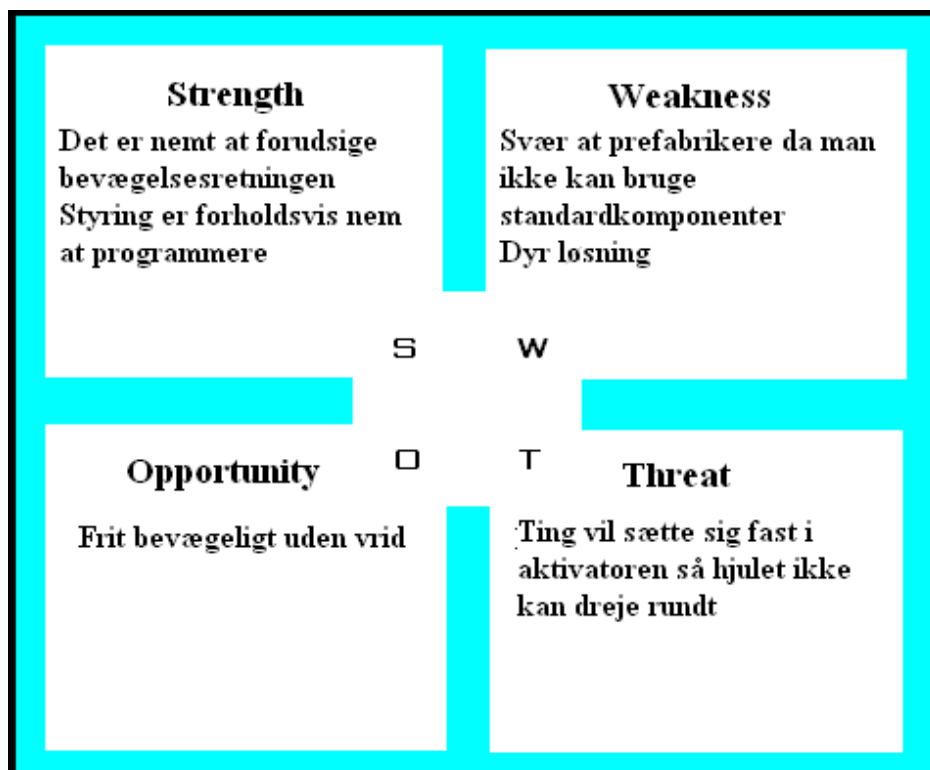


(a) Ball wheel unit



(b) Plane view seen from the top of the ball wheel

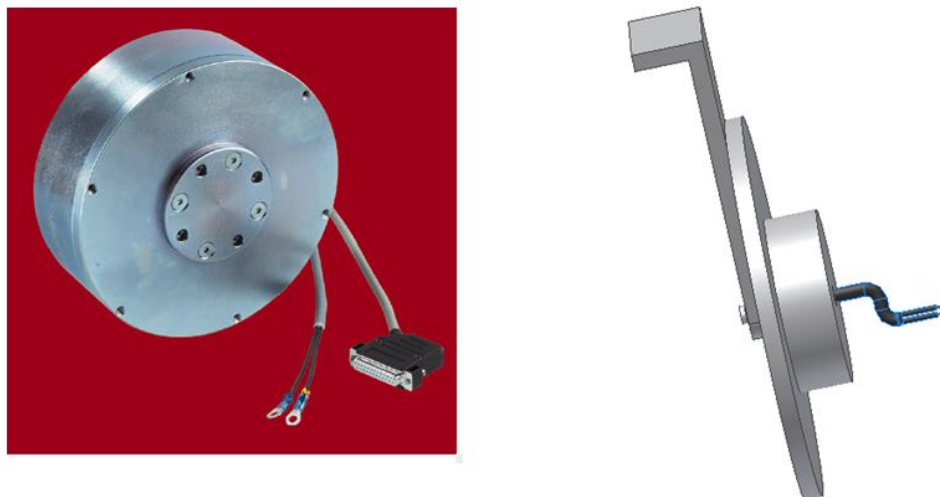
Figur 2



Figur 3

## Løsningsforslag 2 - Motor på siden af fælgen

Her sidder en motor på siden af akslen som driver hjulet.



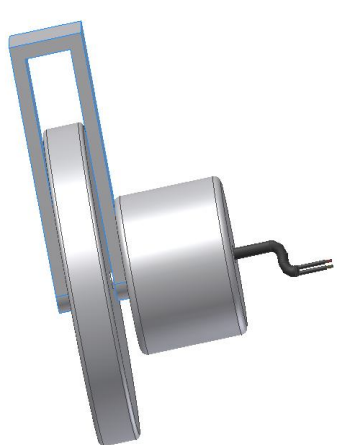
Figur 4



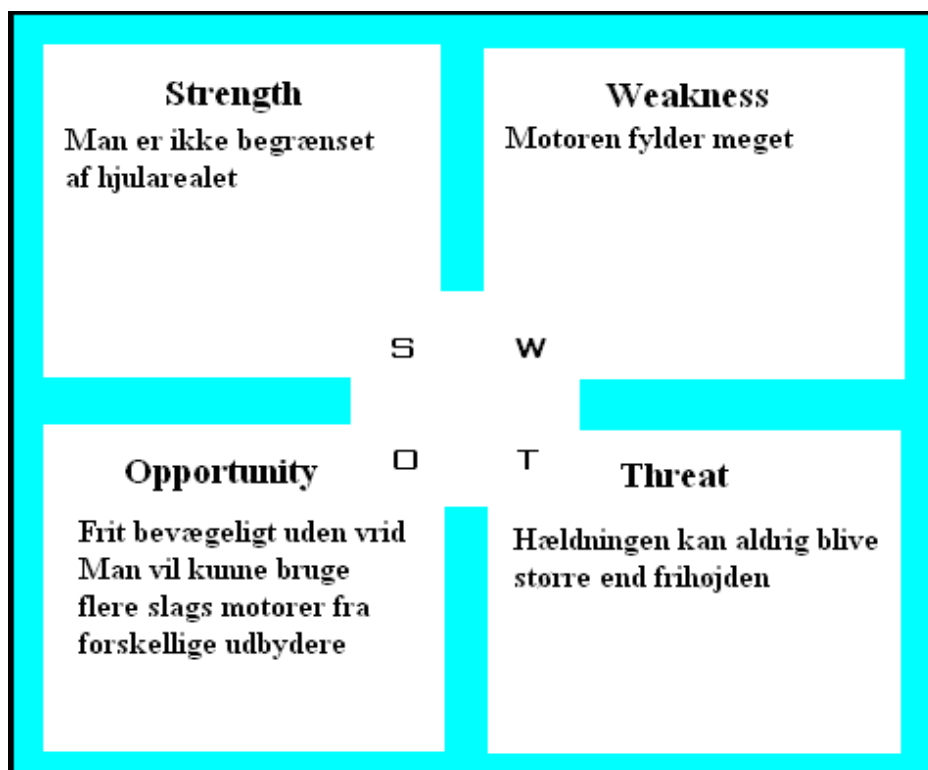
Figur 5

### Løsningsforslag 3 - Motor på siden af ophænget

Her er motoren sat på siden af ophænget.



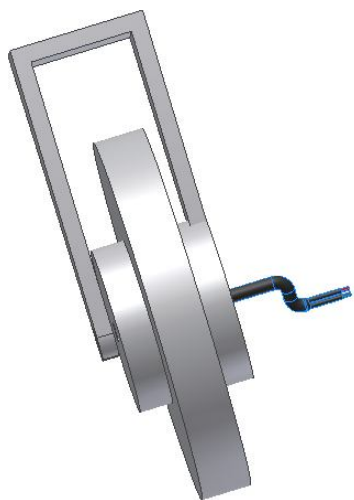
Figur 6



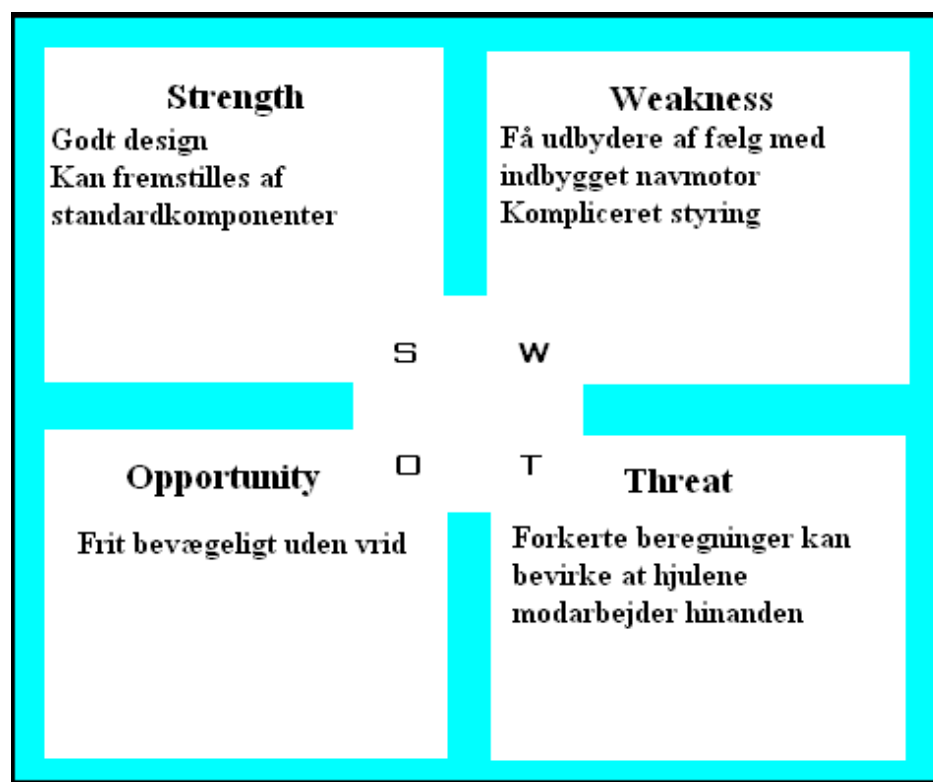
Figur 7

## Løsningsforslag 4 - Navmotoren

Her er motoren indbygget i navet.



Figur 8



Figur 9

## Valg af løsning

Den valgte løsning blev løsningsforslag 4 da dette havde et godt design og var forholdsvis nemt at masseproducere samt at prefabrikere. Gruppen har altså valgt at ændre den oprindelige model som er beskrevet i projektbeskrivelsen<sup>1</sup>. Det er blevet ændret fra at være et kuglehjul til et vridfrit hjul. Modellen er blevet simplificeret. Modellen er således nu nemmere dels at masseproducere dels at prefabrikere. Konceptet er nemmere at forstå, det er mere rengøringsvenligt samt nemmere at vedligeholde. Ydermere har det vridfrie hjul større anvendelighed. Hjulet er bevægeligt i alle retninger uden vrid på overfladen. Der er også en større kraftoverførsel pga. færre ”led”. Med denne løsning kan modellen vises samt principperne, hvilket ikke var tilfældet med den tidligere model. Kort sagt der er mere potentiale i den valgte løsning.

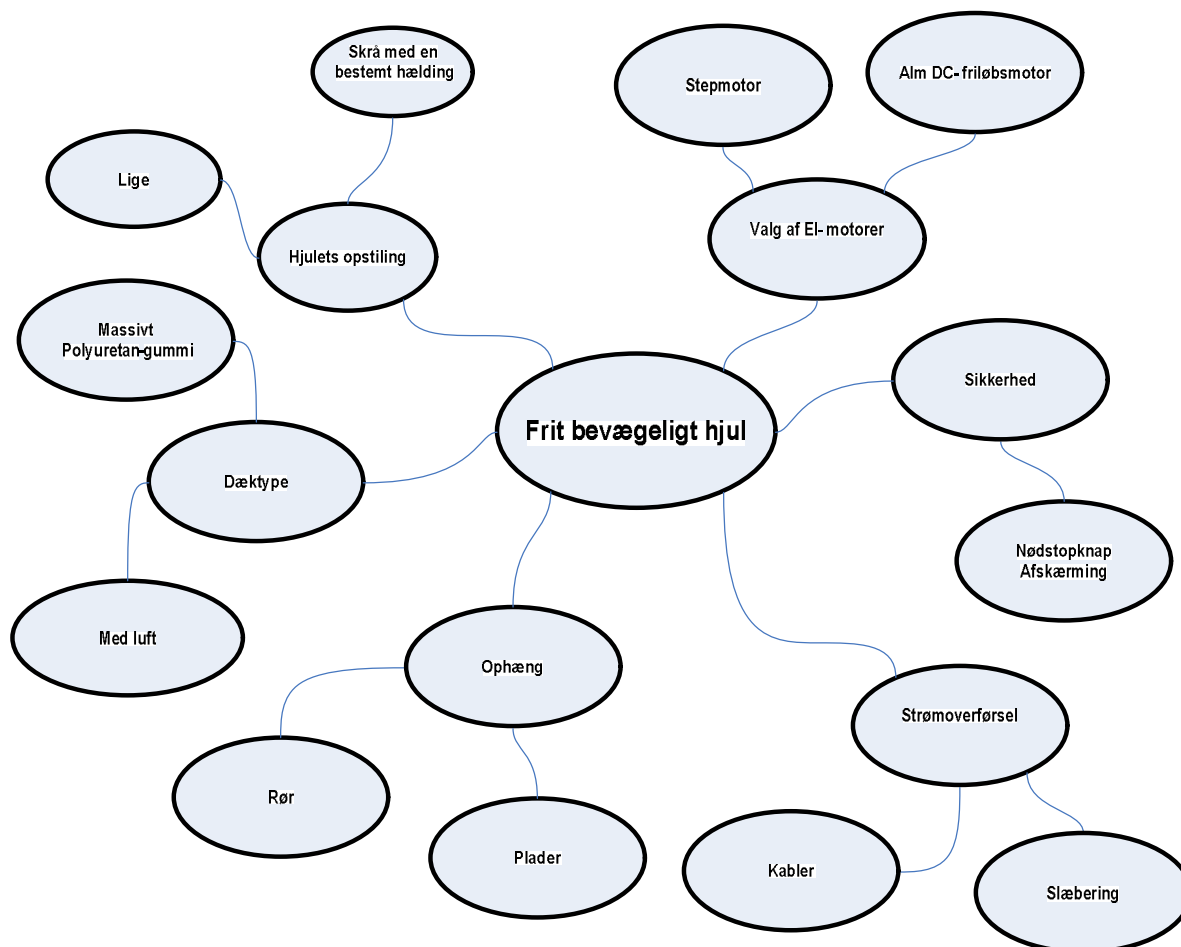
---

<sup>1</sup> Se venligst processrapporten.



## Løsningsforslag

Efter princippet blev fastlagt for løsningen, blev der gjort overvejelser for resten af konstruktionens funktioner ved hjælp af et mindmap.

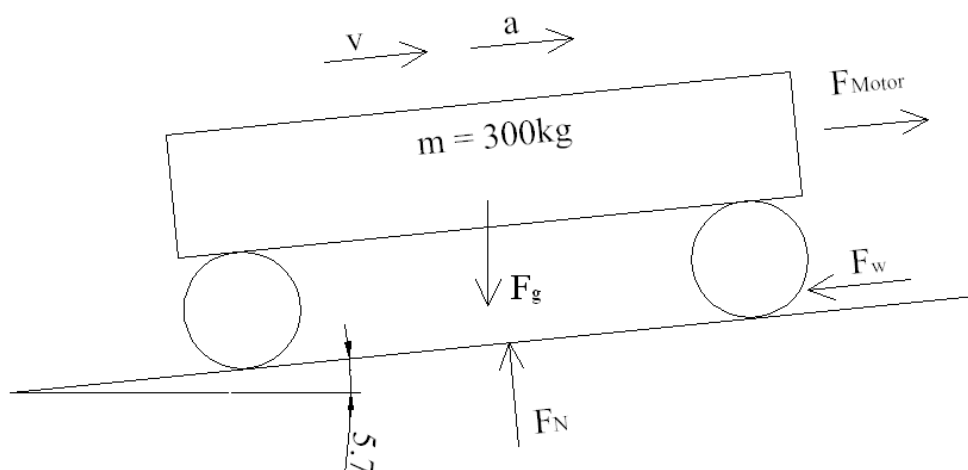


Figur 10

## Dimensionering af motor til primær fremdrift

Den primære fremdrift af sengen foregår ved hjælp af de fire navmotorer, som er placeret i hvert hjul. Kræfterne som motorerne skal kunne overkomme, er rullemodstanden mellem hjul og gulv, samt den kraft som er krævet for at accelerere sengen (der ses bort fra vindmodstand).

Det anslås at seng samt bruger vil have en samlet masse på 300kg. For at sikre at sengen også vil være i stand til at køre op af en let stigning, dimensioneres motorerne efter, at de skal kunne trække sengen op af en stigning på 10 % (5,7°).



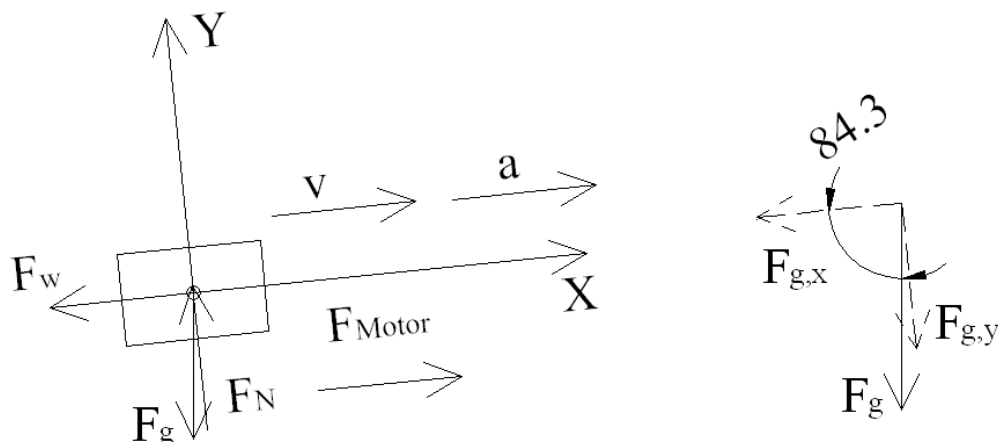
Figur 11

Det anslås at sengen skal have en max hastighed på  $8\text{ km/t} \approx v = 2,22\text{ m/s}$ . Vi finder det acceptabelt at det må tage 5 sekunder at nå max hastigheden, hvilket medfører en acceleration på følgende:

$$a = 2,22/5 = 0,444\text{m/s}^2$$

Ud fra en beregningsmodel kan kræfterne, som motorerne skal kunne overkomme beregnes. For at få et overblik over dette sættes kræfterne op i et koordinatsystem.

**Beregningsmodel:**



**Figur 12**

Først beregnes kræfterne i Y-retningen da disse anvendes til at fastslå rullemodstanden.

$$\begin{aligned} \uparrow \sum F_y &= 0 \\ -F_{g,y} + F_n &= 0 \\ F_n &= m \cdot g \cdot \cos(5,7) \\ F_n &= 2931N \end{aligned}$$

Efterfølgende beregnes kræfterne i X-retningen.

Først beregnes rullemodstanden (Fw), ud fra

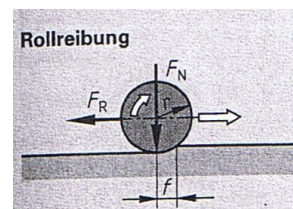
følgende formel<sup>2</sup>:

$$F_w = F_n \cdot \frac{f}{r}$$

$F_n$  = den kraft som påvirker hjulet

$f$  = rullefriktions tal for gummi/beton = 0,15

$r$  = radius for hjul = 125mm



**Figur 13**

<sup>2</sup> Tabellenbuch side 41

Rullemodstanden bliver således:

$$F_w = F_n \cdot \frac{f}{r} = 2931N \cdot \frac{0,15}{125} = 1,8N$$

Ved denne beregning er rullemodstanden blevet regnet som værende på et enkelt hjul. I princippet er normalkraften fordelt på alle fire hjul, som har hver deres rullemodstand. Da dette giver det samme resultat i den sidste ende, når rullemodstanden bliver summeret op, kan den regnes som værende på et enkelt hjul.

Kraften som motoren skal overkomme bliver således:

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$-F_w - F_{g,x} + F_{motor} = m \cdot a$$

$$-1,8 - 9,82 \cdot 300 \cdot \cos(84,7) + F_{motor} = 300 \cdot 0,444$$

$$F_{motor} = 428N$$

Efterfølgende kan motorernes nødvendige effekt beregnes:

$$P = F \cdot V = 428 \cdot 2,22 = 950W$$

Da der er 4 motorer til at drive sengen kan effekten fordeles på de 4 motorer. Den nødvendige effekt pr motor bliver således:  $950/4 = 237,5W$ .

For at kunne opnå max hastighed på 8 km/t skal motorerne have følgende omdrejningstal:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \Leftrightarrow n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{2,2m/s \cdot 1000}{\pi \cdot 250mm} = 2,83 \text{ sek}^{-1} \approx 169,6 \text{ min}^{-1}$$

Motorens nødvendige torsionsmoment(T) bliver således:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{237,5}{169,6 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 13,4Nm$$

## Valg af motor/hjul til primær fremdrift

Til den primære fremdrift er der valgt at anvende navmotorer. Motoren udgør fælg og nav, hvorpå der kan monteres dæk direkte.



Figur 14

Der er valgt at anvende en 36V DC navmotor af typen JD 36HUB<sup>3</sup>. Denne motor har indbygget kobling og speed reducer.

Motoren har en effekt på 300W og kan levere et moment på 19,6 Nm. Det maksimale omdrejningstal for motoren er 174min<sup>-1</sup>. Ved dette omdrejningstal kan følgende max hastighed opnås:

$$V_{\max} = \frac{\pi * d * n}{1000} = \frac{\pi * 250 * 174}{1000 * 60} = 2,28\text{m/s} \approx 8,2\text{km/t}$$

Da det ikke har været muligt at finde et standard dæk, som kan leve op til kravene, er der valgt et specielt design. For at der ikke skal komme for meget vrid, når hjulet er i skrå stilling, er der designet et dæk med en lav profil i massivt gummi.



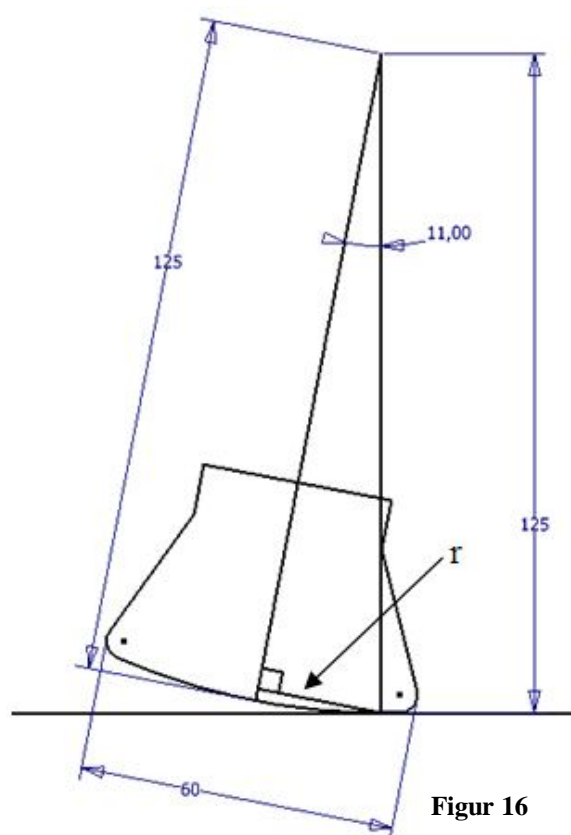
Figur 15

---

<sup>3</sup> Se bilag 3 side 3 i bilagsrapporten for datablad.

For at opnå kugleeffekten når dækket roteres sideværts, udformes det således, at det har samme krumning som radius<sup>4</sup>.

Skitse tværsnit af dæk:



Figur 16

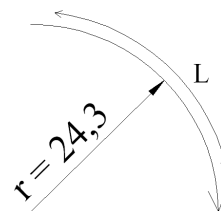
Dækket har en brede på 60mm.

Hjulet monteres i en vinkel på 11°. Ved denne vinkel opnår man følgende radius på den cirkel hjulet drejer omkring:

$$r = 125 \cdot \tan 11 = 24,3 \text{ mm}$$

Når hjulet drejes 90 grader tilbage lægges følgende længde:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r$$
$$L = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 24,3$$
$$= 38,2 \text{ mm.}$$



Figur 17

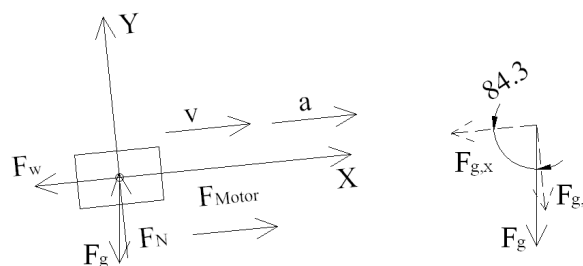
<sup>4</sup> Se tegning af hjul, detailtegning 00012.

## Dimensionering af motor til drejning af hjul

Det antages at en acceptabel tid for at dreje hjulet  $90^\circ$  er 1 sekund. Det medfører en hastighed på  $0,0382$  m/s, samtidig medfører det også en acceleration på  $0,0382$  m/s<sup>2</sup>.

I det punkt hjulet drejer omkring vil det altid køre på en radius på  $125$ mm på grund af den kuglelignende overflade. Rullemodstanden vil derfor være den samme, når hjulet drejes, som ved dets fremadgående bevægelse. Rullemodstanden blev tidligere beregnet til  $F_w = 1,8$ N.

Kraften som motoren skal kunne overkomme, kan igen regnes efter samme metode, som ved den fremadgående bevægelse. Der regnes igen med, at sengen skal kunne forcere en stigning på  $10\%$ . Kraften bliver således:



Figur 18

$$\sum F_x \rightarrow = 0$$

$$- F_w - F_{g,x} + F_{\text{motor}} = m \cdot a$$

$$- 1,8 - 9,82 \cdot 300 \cdot \cos 84,7 + F_{\text{motor}} = 300 \cdot 0,0382$$

$$F_{\text{motor}} = 295\text{N}$$

Efterfølgende kan motorernes nødvendige effekt beregnes på følgende måde:

$$P = F \cdot V = 295 \cdot 0,0382 = 11,3\text{W}$$

Som det kan ses af beregningen, er det en meget lille effekt, som er krævet for at dreje hjulet.

Til disse beregninger er der i teorien regnet med, at hele sengens vægt er placeret på et enkelt hjul. Dette medfører, at der i virkeligheden ville kunne anvendes en mindre motor på hvert hjul, men da der er et begrænset udvalg af egnede motorer, vil der alligevel blive anvendt en overdimensioneret motor.

Da det er fastslået, at det må tage 1 sekund at dreje hjulet  $90^\circ$ , medfører det en omdrejningshastighed for motoren på  $15 \text{ min}^{-1}$ .

## Valg af motor for drejning af hjul

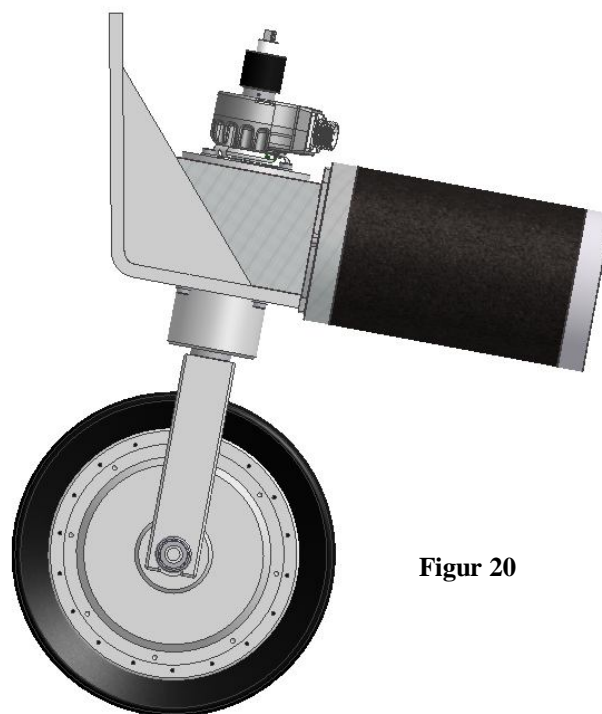
Til drejningen af hjulet har vi valgt at anvende en 24V DC snekkegears motor af typen WHD123223 fra firmaet Transmotec Sweden AB<sup>5</sup>

Denne motor har en effekt på 340W, et moment på 78Nm og et omdrejningstal på 29 min<sup>-1</sup>. Motoren er mere en rigelig stor, men er alligevel blevet valgt, da det ikke har været muligt at finde en mindre motor med dimensioner og specifikationer, som er ønskeligt i denne konstruktion.

Da motoren næsten har det dobbelte omdrejningstal af det ønskede, vil tiden, som det tager at dreje hjulet blive halveret. Dette vil naturligvis kræve en større effekt, men da motoren alligevel er alt for stor, vil det ikke blive et problem. Vi har valgt at anvende en snek-kegears motor, med mulighed for en gen-nemgående aksel for at opnå en så lav højde på hjulophænget som muligt. Denne type motor/gear giver desuden mulighed for efterfølgende at kunne koble en encoder og slæbering på akslen. Snekkegearet har desuden den fordel, at når motoren ikke kører vil hjulet være låst.



Figur 19



Figur 20

---

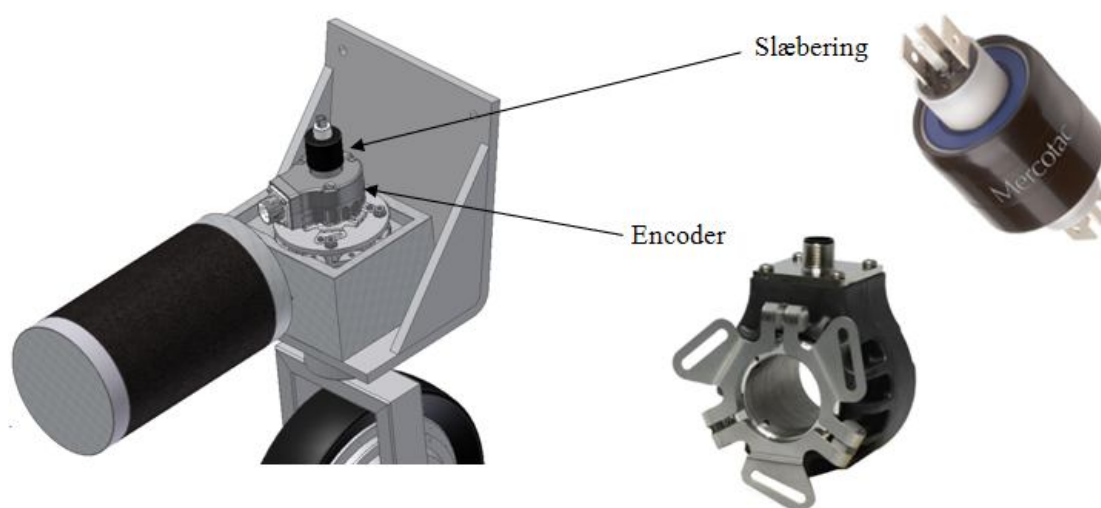
<sup>5</sup> Se bilag 4 side 12.



## Valg af encoder

For at kunne fastslå drejningspositionen for hjulet monteres en encoder til at give signal til styringen om akslens position. Der er valgt at anvende en encoder af typen 25T fra Firmaet Encoder Products Company<sup>6</sup>

Denne type er med et gennemgående hul til akslen. Ved at anvende denne type, gives der mulighed for at montere en slæbering i enden af akslen.



Figur 21

## Valg af slæbering

Der er valgt at anvende en slæbering fra firmaet Mercotac model 430<sup>7</sup>. Slæberingen gør det muligt for akslen at rotere frit, således at kablerne til navmotoren ikke bliver revet over. Denne type slæbering er med 4 ledere og kan overføre op til 250V og 30 ampere, hvilket er mere end rigeligt til denne konstruktion.

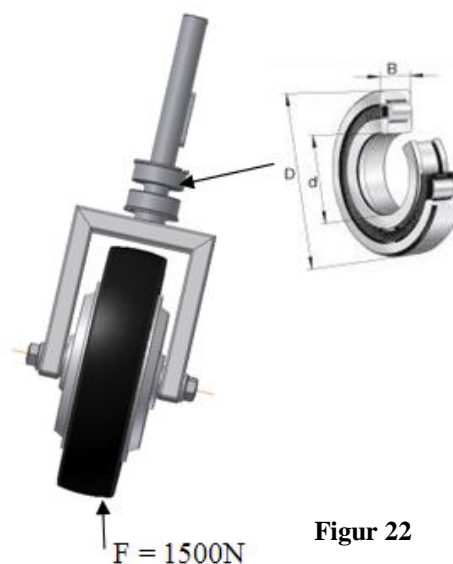
---

<sup>6</sup> Se datablad bilag 5 side 14.

<sup>7</sup> Se datablad bilag 6 side 16

## Beregning af lejer for hjulophæng

Akslen, hvorpå hjulgaflen er monteret, er lejret ved hjælp af to cylindriske rullelejer fra FAG af typen NUP2205-E-TVP2 som ses på figur x. Denne leje type kan både optage radiale og aksiale kræfter. Der dimensioneres ud fra statisk belastede lejer, da lejerne aldrig vil blive drejet mere end en ¼ omgang. De kræfter som påvirker lejerne kommer fra sengen samt brugers egenvægt (750N pr. hjul). Hertil lægges en belastning på 750N, som en ekstra sikkerhed i tilfælde af at en besøgende vil sætte sig på kanten af sengen.



Figur 22

For at beregne kræfterne som påvirker lejerne opsættes en beregningsmodel:

$$F_X = F * \sin 79 = 1472N$$

$$F_Y = F * \cos 79 = 286N$$

$$\sum F_X \rightarrow = 0$$

$$F_X - F_{Leje,X} = 0$$

$$F_{Leje,X} = F_X = 1472N$$

$$\sum M_B = 0$$

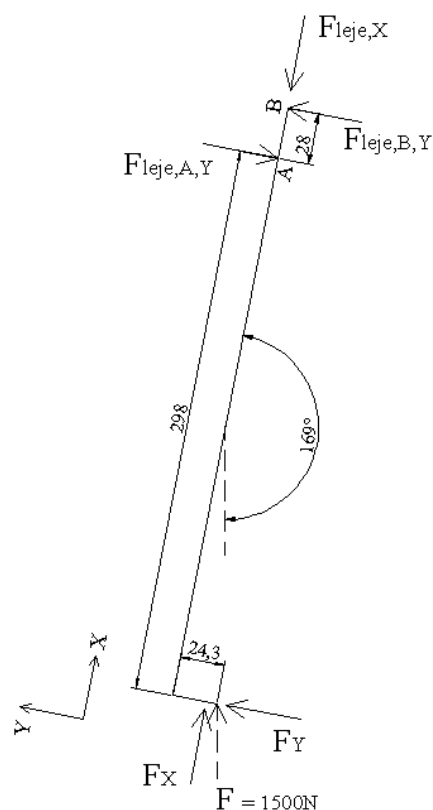
$$F_Y * 326 - F_{Leje,A,Y} * 28 - F_X * 24,3 = 0$$

$$F_{Leje,A,Y} = 2052N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- F_{Leje,B,Y} * 28 + F_Y * 298 - F_X * 24,3 = 0$$

$$F_{Leje,B,Y} = 1766N$$



Figur 23

Som det kan ses af beregningerne er det lejet i punktet A, som er hårdest belastet, derfor udføres der kun kontrol på dette leje.

Der kan efter FAG's katalog om rulningslejer beregnes en sikkerhedsfaktor. Ud fra denne kan det ses, om det valgte leje, kan modstå de pålagte kræfter. Der beregnes først på om lejet kan holde til den aksiale kraft ( $F_{Leje,X} = 1500N$ ).

Da der regnes på lejet som stillestående, beregnes den max. tilladelige aksiale kraft, som må påføres lejet ud fra nedenstående formel<sup>8</sup>.

$$F_{a,max} = 0,075 * k_B \left( \frac{d + D}{2} \right)^{2,1} \Rightarrow F_{a,max} = 0,075 * 18 \left( \frac{25 + 52}{2} \right)^{2,1} = 2883N$$

$k_B$  værdien<sup>9</sup> er aflæst til 18.

D og d er den indre og ydre diameter på lejet.

Den aksiale kraft er på 1500N. Derved kan lejet uden problemer holde til den aksiale belastning.

For at beregne den statiske sikkerhedsfaktor, for den radiale belastning, benyttes den radiale kraft ( $F_{Leje,A,Y} = 2052N$ ) som den statiske ækvivalens belastning  $P_0$ .

Herefter kan den statiske sikkerhedsfaktor  $f_s$  beregnes således:

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} = \frac{34500N}{2052N} = 16,8$$

---

<sup>8</sup> Se FAG's katalog side 364.

<sup>9</sup> Se FAG katalog side 364 for leje af typen NUP22-E.

$C_0$  er lejets statiske bæretal. Sikkerhedsfaktoren er regnet efter FAG's egne forskrifter<sup>10</sup>.

Den statiske faktor er et mål for sikkerheden mod for stor plastisk deformation ved berøringsstederne mellem rulningslegemer og løbebaner. Efter FAG's forskrifter er følgende sikkerhedsfaktorer gældende:

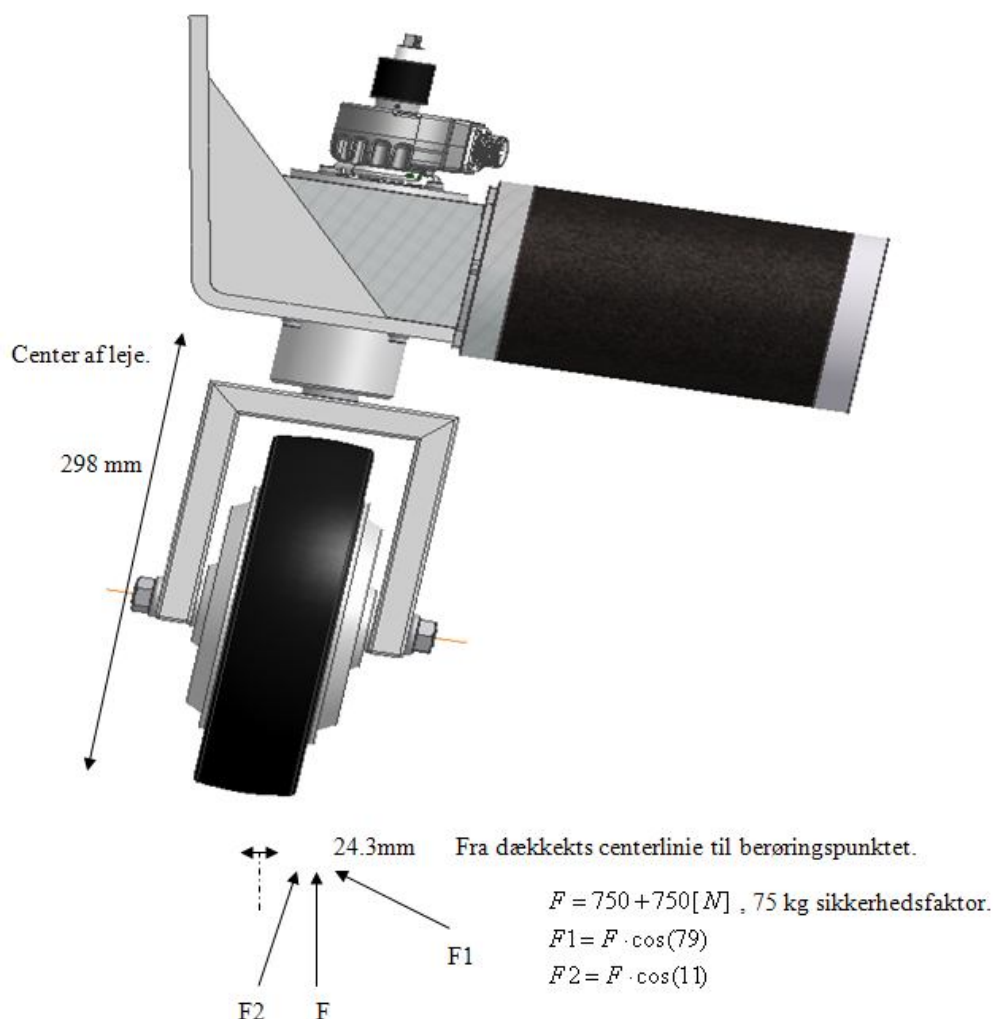
$f_s = 1,5 \dots 2,5$	ved høje krav
$f_s = 1 \dots 1,5$	ved normale krav
$f_s = 0,7 \dots 1$	ved ringe krav

Som det kan ses er den beregnede sikkerhedsfaktor tilstrækkelig stor til at lejet ikke bliver plastisk deformeret. Ud fra dette kan det konkluderes, at den valgte leje type kan benyttes.

---

<sup>10</sup> Se side 9 i FAG's tekniske informations hæfte.

## Akseldimensionering



**Figur 24**

Der udarbejdes en overslagsdimensionering for akslen. Akslen udsættes både for bøjning og torsion, derfor er der beregnet et sammenligningsmoment som udgangspunkt for selve akseldimensioneringen<sup>11</sup>. Som torsionsmoment er anvendt motorens torsionsmoment i tilfælde af hjulet skulle stå på en kant og blive udsat for vrid. Som materiale til akslen er valgt konstruktionsstål S235, da dette vurderes at kunne holde. Desuden er S235 svejsbart, hvilket er vigtigt, da akslen bliver svejst på.

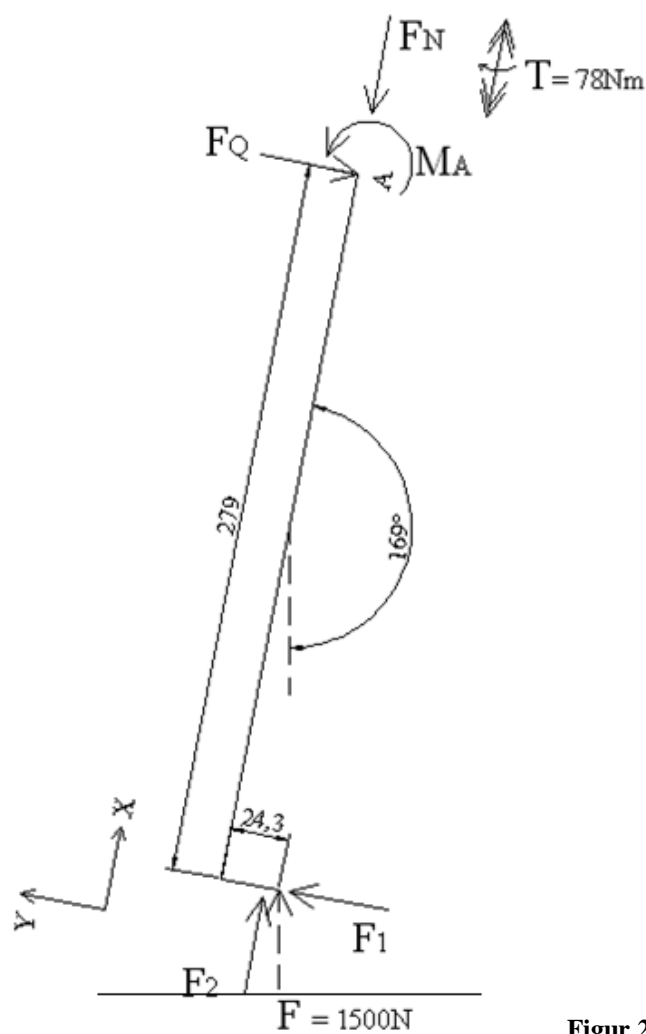
<sup>11</sup> Se venligst mathcadberegninger bilag 1 side 4.

## Beregningsmodel svejsning

Da svejsesømmen er belastet af både bøjning og torsion er der valgt at beregne en sammenligningsspænding<sup>12</sup>,  $\sigma_{wv}$  for at se om denne er mindre end den højst tilladelige<sup>13</sup>. Derefter konkluderes hvorvidt svejsningen vil kunne holde.

$$\sigma_{wv} = \sqrt{\sigma_{wR}^2 + 1.8 \cdot \tau_{wR}^2} \leq \sigma_{wtill}$$

$$\sigma_{wtill} = 85$$



Figur 25

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F1 - FQ &= 0 \\ F1 &= FQ \\ FQ &= F \cdot \cos(79 \text{ deg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F2 - FN &= 0 \\ F2 &= FN \\ FN &= F \cdot \cos(11 \text{ deg}) \end{aligned}$$

<sup>12</sup> Se venligst mathcadberegninger for svejsesamling bilag 2 side 6.

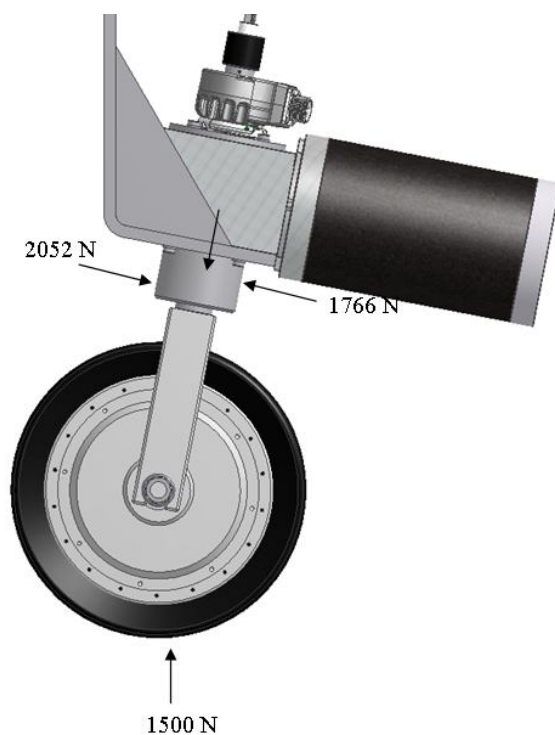
<sup>13</sup> Jf. Fig 8.1 side 108 i Svejske konstruktioner.

## ANSYS

ANSYS Finite element metoden er en numerisk metode, som med stor fordel kan anvendes til at beregne deformationer, spændinger, temperaturer, flow og mange andre ting for diverse konstruktioner. Når man anvender metoden, genereres et ofte meget stort antal (mange hundrede tusinde) lineære ligninger, med et tilsvarende antal ubekendte. Det er indlysende, at det ikke er praktisk muligt at løse et sådant antal ligninger med håndkraft, hvorfor man passende kan anvende en computer til opgaven.

### Illustration fra ANSYS samt forklaringer

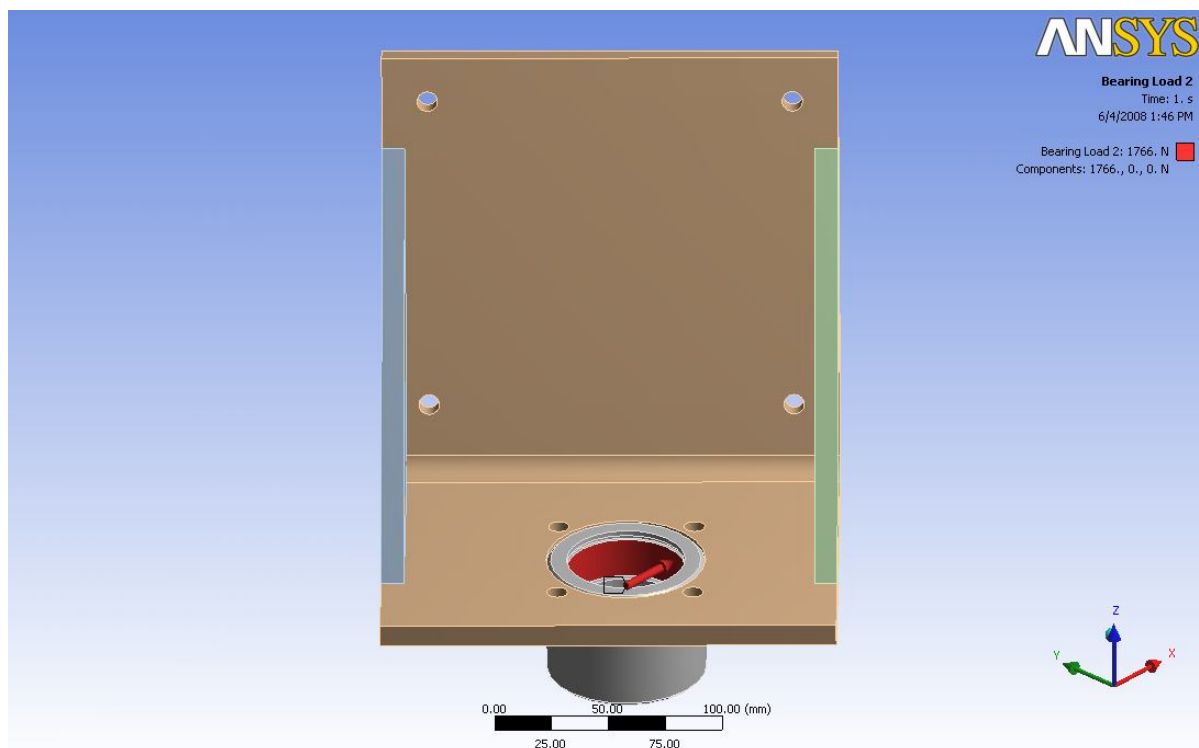
Det er valgt at styrkeberegne på den del af ophænget, som er udsat for lejebelastning<sup>14</sup>.



**Figur 26**

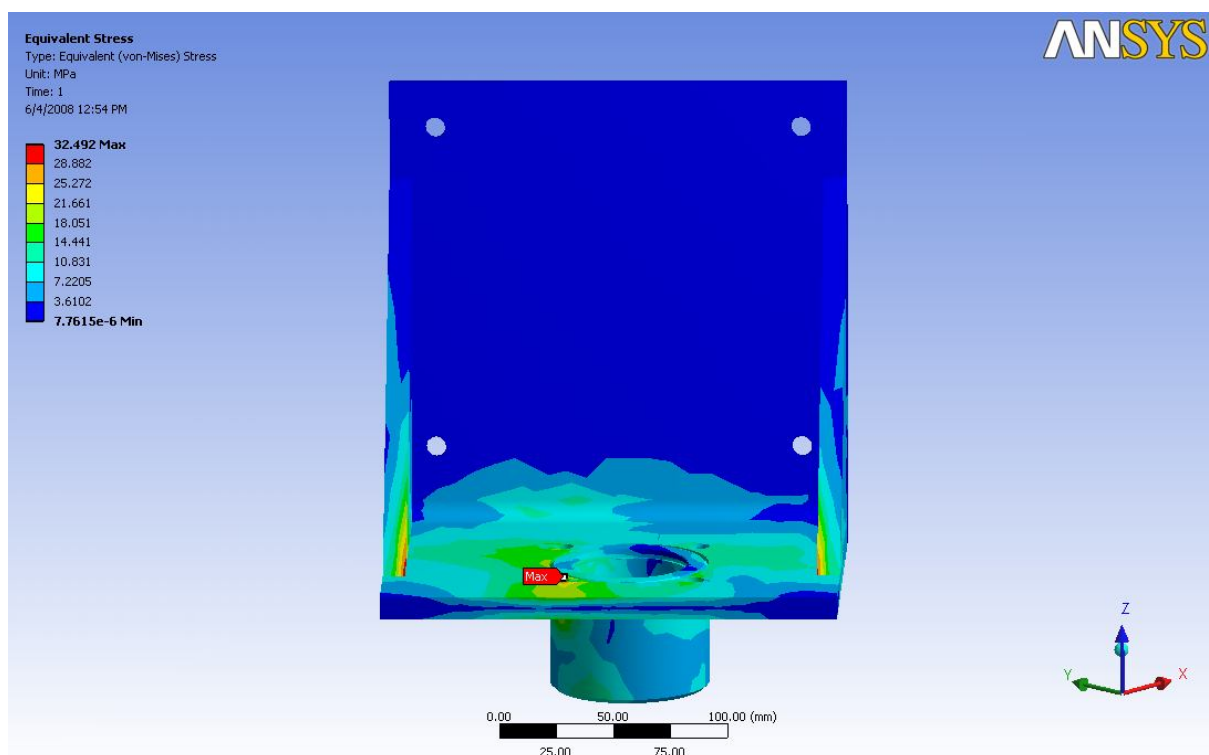
---

<sup>14</sup> For beregninger af lejelast henvises til lejeberegninger.



Figur 27

Figur 27 herover ses eksempelvis hvorledes lejelasten på 1766 [N] er påsat i ANSYS på den indvendige side, hvor lejet overfører kraften.



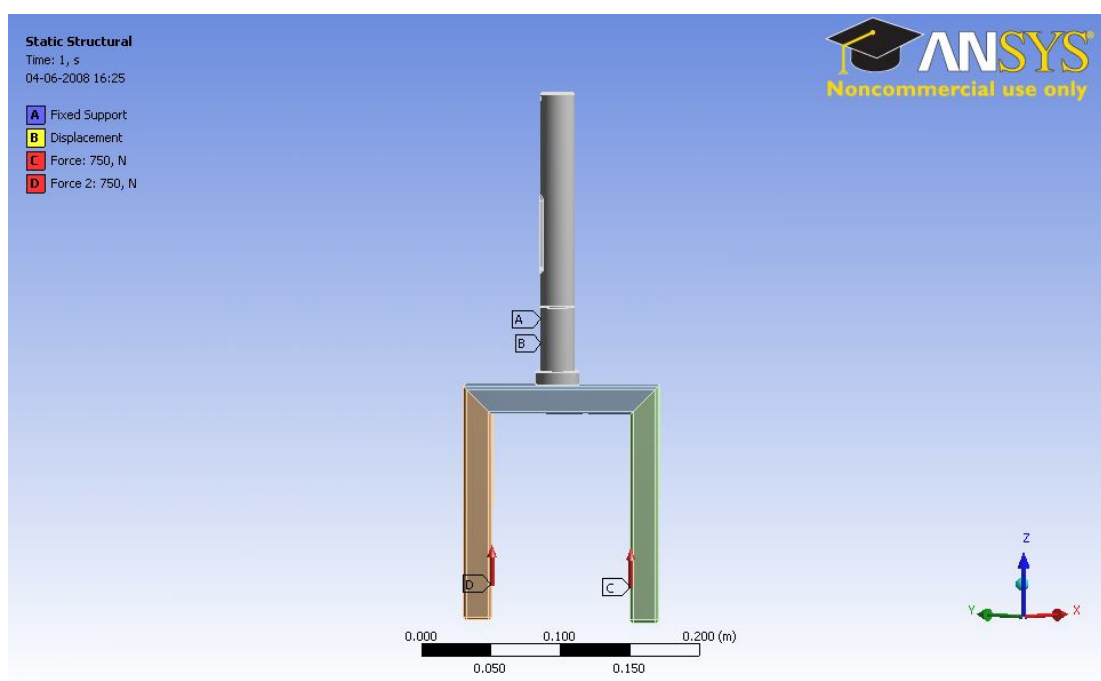
Figur 28 Equivalent Stress. Von-Mises



Von-Mises spændingen skal i dette tilfælde, hvor materialet er konstruktionsstål være under flydespændingen, derved flyder materialet ikke. Er Von-Mises spændingen over flydespændingen, kan man sætte trykket ned og/eller ændre materialevalget.

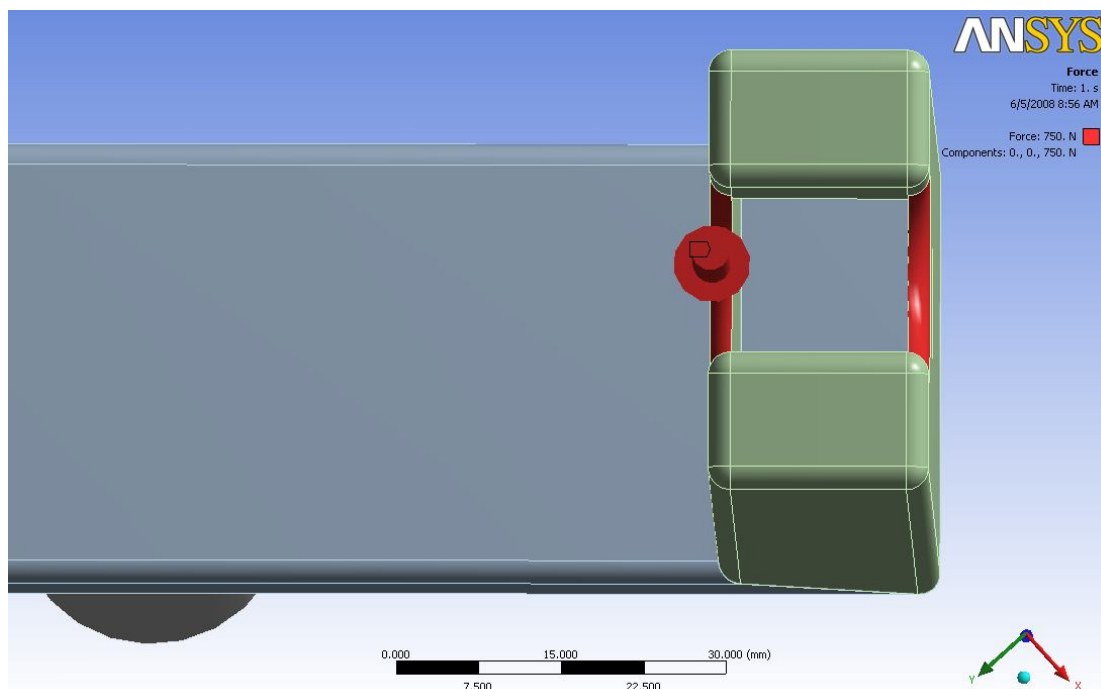
Det ses at den maksimale spænding er 32.5 Mpa. Materialet er S235. Sét angiver at hovedanvendelsen er konstruktionsstål. 235 Mpa er den garanterede flydespænding for mindste pladetykkelse. Der er således ingen grund til bekymring. Materialet vil kunne holde til lejebelastningen. Det vil formentlig endda være muligt at gøre pladetykkelsen mindre uden at svække konstruktionen, da spændingen er meget lav, hvilket vil kunne give besparelser mht. materialeomkostninger.

Ydermere er der valgt at udføre styrkeberegninger på selve gaffelophænget med aksel. Herunder ses hvorledes kraften på 1500 N er fordelt med  $\frac{1}{4}$  på hvert gaffelben. Akslen er fastgjort med henholdsvis "fixed support" og "displacement".

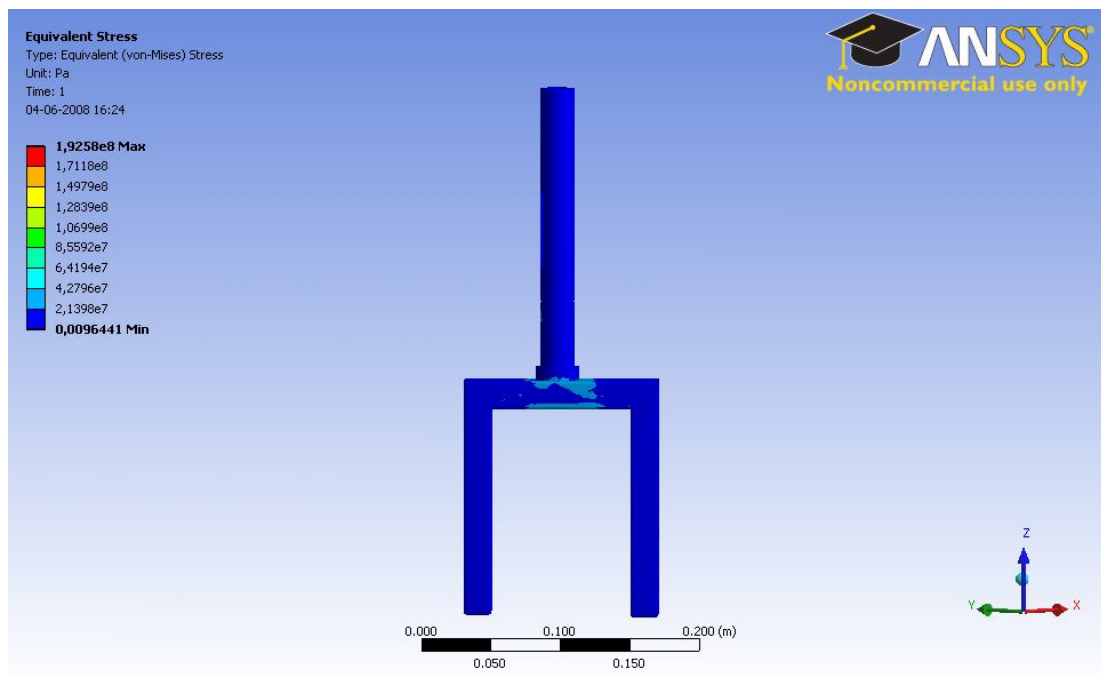


Figur 29

Det ses nedenfor på figur 30 mere nøjagtigt hvor kraften er påsat.



Figur 30



Figur 31

Det ses at den maksimale spænding er på 193 Mpa. Det er en lidt høj spænding. Dette skyldes antallet af knudepunkter og elementer i beregningerne. Der er 26811 elementer og 13145 knudepunkter som kan ses i tabellen nedenfor.

**Tabel 1 Model > Mesh**

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Advanced</b>	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
<b>Statistics</b>	
Nodes	26811
Elements	13145

Man kan gøre beregningerne mere troværdige ved at gøre elementerne mindre. Ved at ændre relevancen fra 0 til eks -100 vil elementernes størrelse ændres. I dette tilfælde vil det være en god idé at forfine elementerne.

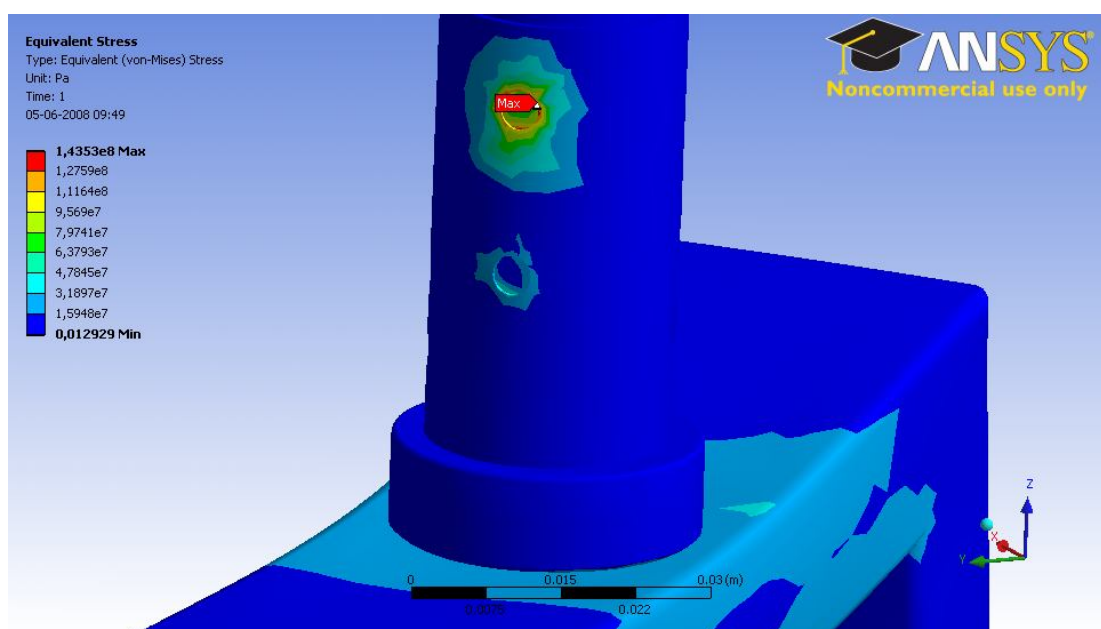
Herunder i tabellen ses resultatet når man har forfinet elementerne.

**Tabel 2 Model > Mesh**

Object Name	Mesh
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	-100
<b>Advanced</b>	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
<b>Statistics</b>	
Nodes	12005
Elements	5855

Det ses nu at der er blevet væsentligt færre knudepunkter og elementer.

Beregningerne er nu bedre. Spændingen er nu 143 Mpa. Dette kan ses nedenfor på figur 32, hvor det er forstørret op for, at man bedre kan se, hvor den maksimale spænding er.



**Figur 32**

Her er den maksimale spænding også under flydespændingen på 235 Mpa. Der er altså heller ikke i dette tilfælde grund til bekymring. Materialet vil kunne holde.

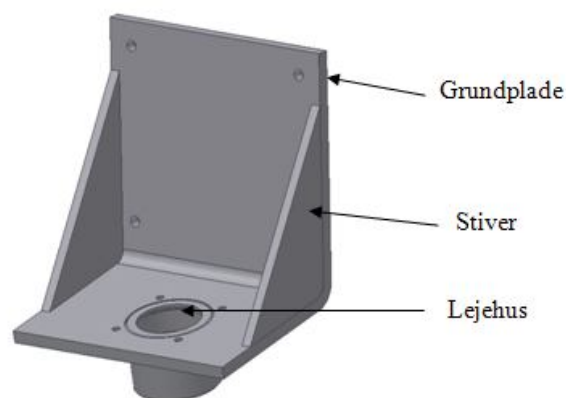
## Produktionsbeskrivelse

For at få et overblik over fremstilling af hjulophænget, samt for at kunne estimere tidsforbruget til fremstilling, laves en produktionsbeskrivelse. Der vil til produktionsbeskrivelsen blive brugt fiktive tider som bygger på erfaringer fra tidligere jobs. Produktionsmetoderne, som anvendes, er valgt med henblik på at hjulophænget masseproduceres og de anslåede tider kan kun forventes ved masseproduktion. Produktionsbeskrivelsen omhandler udelukkende fremstilling af selve ophænget.

Hjulophænget består hovedsageligt af to svejste konstruktioner, motor ophænget<sup>15</sup> og gaffelbenet<sup>16</sup>. Disse to komponenter forventes fremstillet på følgende måde:

### Motorophæng

Motorophænget består af en bukket plade, to stivere og et lejehus<sup>17</sup>. Disse komponenter forventes fremstillet på følgende måde.



Figur 33

- Grundpladen, samt stiver laserskæres, tid samlet 1min
- Grundpladen bukket i kantpresse, tid 30 sek
- Lejehuset drejes i et fuldautomatisk CNC bearbejdningscenter, tid 10min
- Konstruktionen ophæftes og Mag svejses tid 12min
- Indvendig svejsning planslibes, emnet afrenses, tid 4 min
- Lejehus bearbejdes igen efter svejsning for at sikre tolerancer overholdes, tid 14min
- Efterfølgende pulverlakeres emnet, tid + pris ukendt.

Samlet tid for fremstilling af motorophæng = 41 min og 30 sek.

---

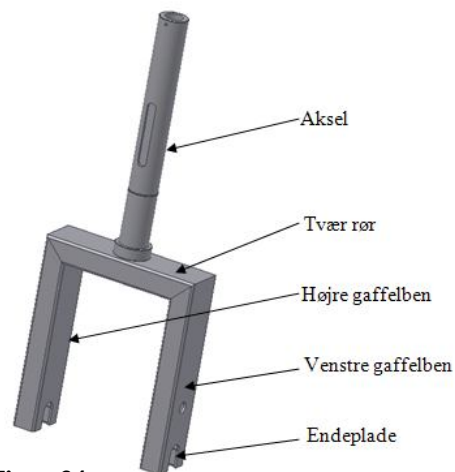
<sup>15</sup>Se samlingstegning 002

<sup>16</sup>Se samlingstegning 003

<sup>17</sup>. Se samlingstegning 002 samt tilhørende detailtegninger.

## Gaffelben

Gaffelbenet består af en aksel, to gaffelben, et tvær rør og 4 endeplader<sup>18</sup>. Komponenterne som indgår i konstruktionen forventes fremstillet på følgende måde:



Figur 34

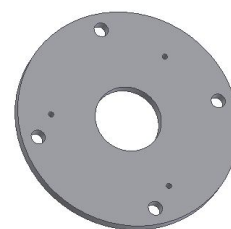
- Akslen laves i et fuldautomatisk CNC bearbejdningscenter, tid 15min
- Gaffelben + tværrør saves op i båndsav, tid samlet 5min
- Tværrør + venstre gaffelben får boret hul til kabel + reifning manuelt, tid samlet 4min
- Venstre + højre gaffelben fræses for akselgennemføring, tid samlet 5min
- Endeplader klippes i hydraulisk saks, tid samlet 20sek
- Endeplader bukkes i kantpresse, tid samlet 1,5min
- Konstruktionen ophæftes og Tig svejses tid 25min
- Retning af emne 5min
- Efterfølgende pulverlakeres emnet, tid + pris ukendt.

Samlet tid for fremstilling af gaffelben = 55 min og 50 sek

## Adapter plade

Adapter pladen<sup>19</sup> fremstilles efter følgende måde:

- Pladen laserskæres, tid = 20 sek
- Efterfølgende pulverlakeres emnet, tid + pris ukendt.
- Huller reifes og der laves gevind, tid samlet 1min 40 sek



Figur 35

Samlet tid for fremstilling af adapter plade = 2 min.

---

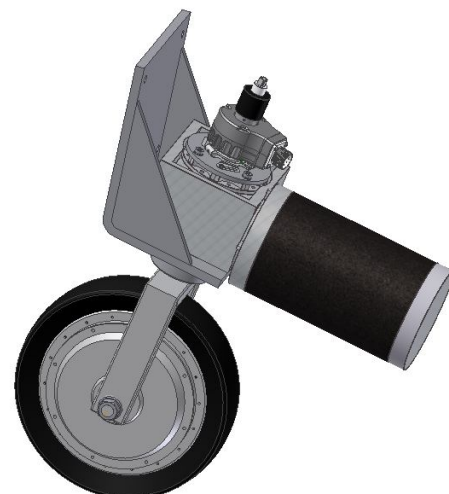
<sup>18</sup> Se samlingstegning 003 samt tilhørende detailtegninger .

<sup>19</sup> Se evt. detailtegning 00010.

## Montage af det komplette hjulophæng

Den sidste proces i selve opbygningen af det komplette hjulophæng<sup>20</sup> er monteringen af de færdige dele og alle standard komponenterne. Monteringen af delene skal foregå i følgende rækkefølge:

- Lejer monteres i lejehuset
- Låseringe placeres i lejehus for at fiksere lejer
- Gaffelben's akslen indsættes i lejerne
- Akslen fikseres med låsering
- Feder placeres i not gang på akslen
- Motor placeres på akslen og boltes fast til motorophænget
- Adapter pladen boltes oven på motor
- Encoder fikseres på akslen og boltes til adapter pladen
- Slæberings kontakt fikseres i enden af akslen
- Dæk monteres på nav-motor
- Navmotor monteres på gaffelben



Figur 36

Det anslås at monteringen sammenlagt vil tage 25min.

Den samlede tid for opbygning af et hjulophæng bliver således = 2 timer 4 min og 20 sek.

Disse anslåede tider går udelukkende på den mekaniske opbygning af hjulophænget og bygger udelukkende på erfaringer. Der findes forskellige værktøjer, som kan bruges til at fastslå, hvor lang tid en arbejdsproces tager, blandt andet kan man lave et MTM studie, eller foretage tidstagninger og ud fra disse lave en procesoversigt.

---

<sup>20</sup> Se evt. samlingstegning 001 og opslag 01.

## MTM studie

For at fastslå hvor lang tid en arbejdsproces tager, kan man lave et MTM studie af processen (Metode-Tids-Måling).

MTM studiet bygger på tanken om at enhver arbejdsproces, kan deles op i en række grundbevægelser, som kræves for at udføre en given arbejdsoperation.

MTM systemet består af en række grundbevægelser, som hver har en bogstavkode, og en bestemt tid fastsat efter bevægelsens art. Disse tider og bevægelser findes i et skema, over standarderne inden for MTM studie, hvor tiderne kan aflæses. Ud fra disse skemaer kan man udfylde et MTM analyse skema<sup>21</sup>, og finde den samlede anslåede tid for en given arbejdsproces.

MTM studiet giver altså mulighed for at lave et overslag på tidsforbruget for en arbejdsproces før produktionen sættes i gang, og derved også mulighed for at få et overblik over det nødvendige tidsforbrug uden at udføre arbejdsopgaven og tage tidsmålinger.

Det er dog vores vurdering, at man altid vil stå bedre med et reelt tidsstudium af arbejdsprocessen. I den fase hvor projektet stadig er i ide'-fasen, kan det imidlertid være et udmærket værktøj til at give en ide om de nødvendige tidsressourcer til en given arbejdsopgave.

For at give et eksempel på hvordan en MTM analyse af en arbejdsproces kan se ud, er der valgt at lave en analyse af processen, hvor tværrøret til gaffelbenet saves ud på en båndsav.

På skemaet vil der være tillagt en maskintid for selve oversavningen af røret 20 sekunder (fiktiv, anslået ud fra erfaring).

Et andet godt værktøj til bestemmelse af tiden på en arbejdsproces, kan være at beregne maskintiden, for en maskinel bearbejdning.

---

<sup>21</sup> Analyse skemaet til dette MTM studie kan ses i bilag 7 side 19.



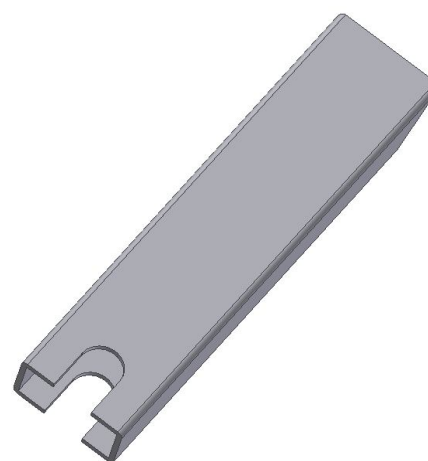
## Udregning af Maskintid

For at fastslå hvor lang tid det tager at lave en maskinbearbejdning, kan man udregne maskintiden. Maskintiden er den tid det tager at lave selve maskinbearbejdningen, altså den tid hvor maskinen er i indgreb og bearbejder emnet. Hertil skal der lægges tid til opstilling, og osv. For at vise et eksempel på udregning af maskintider, er der udført beregninger for maskintiden på udfræsningen i enderne af gaffelbenene.

Udfræsningen består af et spor på 15mm i diameter, og en længde på 22,5mm fra rørets ende.

Fræsningen foretages i 2 etaper, hvor hele sporet fræses i fuld bredde og længde i rørets godstykkelse. Først fræses den øverste side og derefter den nederste.

Første skridt i udregningen af maskintiden er at lave en beskrivelse af operationen for at give et overblik over hvordan bearbejdningen foregår.



Operationsbeskrivelse af fræsning af aksel spor i gaffelben:

### Operation

1. Røret fastspændes i maskinskruestikker på fræserplan
2. Indstilling af position på skærehoved i forhold til emne
3. Skrub fræsning fra 2- 0mm tykkelse L22,5mm (øverste side)
4. Skærehoved køres til bage til start position og ned
5. Skrub fræsning fra 2- 0mm tykkelse L120mm (nederste side)
6. Emnet løsnes og grater fjernes manuelt

Ud fra operationsbeskrivelsen kan det ses, at der i dette til fælde er tale om denne samme operation, som gentages to gange. Det er derfor kun nødvendig at lave udregninger for en enkelt operation og så gange op.

Grunden til at der kan køres med en skrubbespån hele vejen igennem, er, at det ikke er nødvendigt med en ret fin overflade på kanterne af sporet, da det ikke har betydning for konstruktionen.

Til fræsningen bruges en endefræser med en diameter (D) på 15mm med 3 skær af typen Hss co8. Den valgte type fræser skal køre med en skærehastighed (Vc) på 40m/min. En passende tilspænding pr. tand (Sz) for den er 0,02mm. Dette tal er valgt ud fra materiale typen og typen på skæret.

For at finde maskintiden er det nødvendigt først at finde det ønskede omdrejningstal (N), som er nødvendigt for at opnå den aktuelle skærehastighed. Dette gøres efter denne formel:

$$N = \frac{1000 * Vc}{\pi * D} = \frac{1000 * 40}{\pi * 15} = 849 \text{ min}^{-1}$$

Efter at have fundet omdrejningstallet kan maskintiden (T) findes med denne formel:

$$T = \frac{L}{N * Z * Sz}$$

L = længden for det fræsede spor  
Z = antal skær på værktøjet

Maskintid for operationen (T):

$$T = \frac{L}{N * Z * Sz} = \frac{22,5}{849 * 3 * 0,02} = 0,45 \text{ min} \approx 27 \text{ sek}$$

Da operationen udføres 2 gange, ganges tiden med 2:  $2 * 27 \text{ sek} = 54 \text{ sek}$

Denne tid er dog kun for selve den spåntagende proces, og der skal tillægges tid til opstilling af fræser samt rokering af emnet. Ligeledes går der også tid med at køre skæret tilbage til sin startposition i mellemoperationerne.

## Kostpris

For at få en idé om, hvad konstruktionen koster, er der udarbejdet en kostprisberegning udelukkende for den mekaniske opbygning, da prisen på styresystemet er ukendt.

Tabel 3 kostpris

Varer	Kurs	Mængde	Pris pr stk	Total i DDK	Indkøbssted
Div låseringe, bolte m.m				30.00	
Dæk, anslået pris		4 stk.	DKK 50.00	200.00	
Snekkegears motor	4.92	4 stk.	USD 490.00	9,643.20	Transmotec
Hjul med navmotor		4 stk.	DKK 4,640.00	18,560.00	Electro Mobile
Slæbering		4 stk.	DKK 800.00	3,200.00	Mercotac
Batterier 12 volt		3 stk.	DKK 499.00	1,497.00	Harald nyborg
Start/ stop knap		1 stk.	DKK 15.00	15.00	Brodersen Teknik
Nødstopknap		1 stk.	DKK 150.00	150.00	Metal Work
Kabel		4 m.	DKK 22.50	90.00	Henrik-Regal
Div stål inkl spild		10.5 kg.	DKK 8.50	89.25	Brd-Kier
Rotation encoder		4 stk.	DKK 1,100.00	4,400.00	Encoder Product Company
FAG Lejer		2 stk.	DKK 264.00	528.00	Brd-Kier
Svejsning+montage		2 timer	DKK 350.00	700.00	
<b>Pris inkl moms.</b>				<b>39,102.45</b>	

På hovedparten af delene er prisen undersøgt. På enkelte dele er prisen anslået herunder på det specialfremstillede dæk og bolte m.m.

Prisen er blevet noget højere end forventet. Det skal dog nævnes, at der i denne kostprisberegning ikke er taget højde for prisen ved serieproduktion, hvor der sædvanligvis kan opnås en minimumsrabat på 25 %. Både ved indkøb af delkomponenter, samt ved forarbejdning. Vil konstruktionen endvidere blive fremstillet i udlandet eksempelvis Kina vil den blive langt mere konkurrencedygtig i prisen. Derudover vil konstruktionen ved enkelte, få justeringer, også kunne benyttes til andre køretøjer end en hospitalsseng såsom en rullestol. Kort sagt alle andre steder hvor man ønsker at skåne underlaget, som man gør i dette tilfælde, ved at der undgås vrid i underlaget. Ud fra overvejelser og kostprisberegningen, vil der være mulighed for at markedsføre det konstruerede hjul.

## **Sikkerhed**

### **Maskindirektivet**

Allerførst undersøges hvorvidt der er tale om en maskine eller ej.

Dette vridfrie hjul kategoriseres som en maskine i det øjeblik, det sættes på sengen i henhold til maskindirektivet-2006, artikel 2;

#### *Artikel 2*

### **Definitioner**

I dette direktiv betegner »maskine« de produkter, der er anført i artikel 1, stk. 1, litra a)-f).

Følgende definitioner finder anvendelse:

#### a) »maskine«

— en samling af indbyrdes forbundne dele eller komponenter, hvoraf mindst en er bevægelig, forsynet med eller beregnet til at blive forsynet med et andet drivsystem end den menneskelige eller animalske kraft anvendt direkte, og samlet således, at de er indbyrdes forbundne med henblik på en nærmere fastlagt anvendelse.

Når hjulet ikke sidder på sengen kategoriseres det som en komponent. Da det forudsættes at hjulet vil sidde på en seng, vælges der at analysere hjulet med seng altså som værende en maskine selvom gruppen fastholder at afgrænse sig fra at konstruere selve sengen.

### **Risikovurdering**

I forbindelse med det vridfrie hjuls sikkerhed, er der lavet en risikovurdering for de farligste områder og hændelser ved brug. Risikovurderingen vil være en del af maskinens tekniske dossier. Risikovurderingen er udarbejdet i henhold til maskindirektivets bilag 1. I Maskindirektivets Bilag I, Indledende bemærkninger er anført at fabrikanten skal vurdere de mulige farer med henblik på at identificere alle farerne ved den pågældende maskine. Maskinen skal derefter konstrueres og fremstilles under hensyntagen til denne vurdering.

Først listes de farlige områder der kan forekomme ved brug af det frit bevægelige hjul.

Konsekvensen for eventuelle skader forårsaget af et vridfrit hjul vurderes til en værdi på 1 ud fra nedenstående skema, der gælder for småskader med 0-2 sygedage.

Skadens konsekvens K

Klasse	Beskrivelse	Konsekvens (K)
4	Katastrofal	Dødsfald muligt
3	Irreversibel	Alvorlige skader over 30 sygedage
2	Reversibel	Væsentlige skader 3-30 sygedage
1	Ubetydelig	Småskader 0-2 sygedage

Figur 37

Hyppigheden for denne hændelse vurderes til  $f = 2$  (sjælden).

Sandsynligheden vurderes til  $s = 3$  da det er tænkeligt.

Muligheden for at undgå skaden sættes til  $m = 2$  (stor sandsynlighed). Dette kan gøres ved at afskærme motorer m.m således, at skaden kun kan ske i tilfældet af en gæst skulle side med benene under sengen idet sengen startes og køres hen hen over fødderne på vedkommende. Dette kan også forhindres ved at personalet gør besøgende opmærksomme på, at der er tale om en elektronisk styret seng, så de skal være påpasselige og herved er sandsynligheden for skade ikke så stor. Portører vil have kendskab til brugen af den elektroniske seng samt evt. konsekvenser heraf.

Ovennævnte  $f$ ,  $s$  og  $m$  er vurderet ud fra nedenstående skema.

Risikoskøn

Points	(f)	(s)	(m)
5	Hyppig (1 gang dag)	Meget sandsynlig	Umuligt
4	Jævnlig (1 x uge)	Sandsynligt	Lille
3	Lejlighedsvis (mdl.)	Tænkeligt	Muligt
2	Sjælden (1 x per år)	Usandsynligt	Stor
1	Næsten aldrig	Meget usandsynl.	Meget stor

Figur 38

Ud fra disse vurderinger beregnes en skadesandsynlighed:

$$N = f + s + m$$

$$N = 7$$

Dette giver en sandsynlighedskategori D ud fra nedenstående skema (Fig. ).

Sandsynlighedskategori ~N

N=(f+s+m)	Kategori
14 - 15	A
> = 11	B
> = 8	C
> = 5	D
0 - 4	E

Figur 39

Med en risikoprofil-værdi på 4 der er fundet ud fra den viste risikoprofil, **fig.**

Risikoprofil P

Konsekvens (K)	Sandsynlighedskategori (~N)				
	A	B	C	D	E
4	8	7	6	5	4
3	7	6	5	4	3
2	6	5	4	3	2
1	5	4	3	2	1

Figur 40

Ud fra dette vurderes det om et frit bevægeligt hjuls sikkerhed er acceptabel på dette område, da en værdi på 4 ligger i et interval, hvor sikkerheden afhænger af de nærmere omstændigheder.

Eftersom personalet vil være opmærksom omkring brugen af sengen medfører det en meget lille risiko for skade. Det vurderes at risikoen for skade er størst, hvis en gæst skulle få påkørt fødderne og en portør vil advare en evt gæst således, at gæstens fødder ikke vil blive påkørt.

Samme trin og tabeller benyttes til sikkerhedsvurdering af tilfælde af portørens ben skulle blive påkørt.

Konsekvensen for påkørsels af portørens ben vurderes til en værdi på  $K = 1$ , der gælder for småskader med 0-2 sygedage.

Hypigheden for denne hændelse vurderes til  $f = 2$  (sjælden).

Sandsynligheden vurderes til  $s = 3$  da det er tænkeligt.

Muligheden for at undgå skaden sættes til  $m = 2$  (stor sandsynlighed), da uheldet kan ske i tilfælde af portøren snubler og griber fat i trykhåndtagene således at hjulet fortsat vil være i bevægelse. Ud fra disse vurderinger beregnes en skadesandsynlighed:

$$N = f + s + m$$

$$N = 7$$

Dette giver en sandsynlighedskategori D, med en risikoprofil-værdi på 4. Denne værdi fortæller at risikoniveauet er acceptabelt.

### Selvgodkendelse

Trods risiciene anses maskinen ikke for at være farlig selv ved ikke korrekt brug. Maskinen er altså ikke listet i bilag 4. Der skal derfor ikke søges speciel-tilladelse om producentering heraf.

### Sikkerhed

Ved konstruering af hjulet, er der taget højde for sikkerheden i forhold til brugeren. Det er konstrueret således at det kan fungere, indstilles og vedligeholdes uden at personer udsættes for fare.

Der vil altid være en risiko for at enten en portørs eller en gæsts ben kan blive påkørt, da man ikke kan forhindre at en portør snubler og får benet i klemme eller er uopmærksom på gæstens ben idet han starter med at køre sengen.

Der er desuden diskuteret og vurderet nødvendigheden for en evt. nødstop-knap. Denne funktion er vurderet som meget vigtig. Der er derfor installeret en nødstop knap (figur 41), på sengen ved siden af trykhåndtagene, som portøren selv eller forbigående vil kunne trykke på og derved forhindre yderligere skade.



Figur 41

Der vil også være en risiko for at få klemt fingre eller lignende hvis en hånd anbringes helt nede ved motorerne. For at undgå dette kan ske, vil motorerne være afskærmet.

Elektriske dele er ligeledes afskærmet så man ikke kan få stød.

Derudover skal der være en typeplade hvor bla. maksvægt angives.

## Mærkning

En maskine skal være forsynet med følgende oplysninger på en måde, så de er tydelige og ikke kan fjernes:

- Fabrikantens navn og adresse
- CE –mærket som omfatter fremstillingsåret jf. bilag 3
- Specifikation af serie eller typebenævnelse
- Eventuelt serienummer

CE- mærket ( fig.) er det synlige bevis på at EU´s regler for maskiner er opfyldt. Fabrikanten har ansvaret for maskinens indretning og CE-mærkning. Fabrikanten er normalt den samme som den, der har fremstillet maskinen. Men det kan også være importøren eller andre. EF-overensstemmelseserklæringen oplyser, hvem der er fabrikanten.



Figur 42 CE mærke

## EF-overensstemmelseserklæringen

Overensstemmelseserklæringen (Bilag II-A erklæring) er det papir, hvor fabrikanten skriver under på, at maskinen overholder kravene i Maskindirektivet, og kravene i eventuelle andre direktiver. Fx Lavspændingsdirektivet, EMC-direktivet, ATEX-direktivet eller PED-direktivet.

## EMC-direktivet

I dette tilfælde er det kun EMC-direktivet som er interessant udover Maskindirektivet. Lavspændingsdirektivet er foreksempel ikke relevant, da Lavspændingsdirektivet dækker elektrisk materiel til brug ved en mærkespænding på mellem 50 V og 1000 V

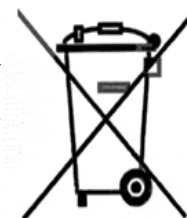


vekselspænding eller mellem 75 V og 1500 V jævnspænding og her anvendes op til 36 V, DC. I henhold til EMC-direktivet er der fremsat et krav til leverandørerne om, at de elektriske komponenter ikke udsender stråling, som vil kunne skade andre apparater på hospitalet.

## Miljø

Der er valgt en el-løsning frem for en benzin-løsning pga. af indemiljøet. En benzin-løsning vil være sundhedsskadelig og skabe et dårligt arbejdsmiljø. Det meste af hjulet vil være genanvendeligt herunder kobbertråd og aluminium fra motoren samt akselstål. Udover at især aluminium er langt billigere at genanvende frem for at nyudvinde og ligesom verdens kobber ressourcer ikke er så store mere, belastes miljøet ikke yderligere, når man genanvender materialer.

Når de elektriske apparater ikke længere virker, skal de afleveres på genbrugsstationen. Apparatene indeholder nemlig stoffer, der belaster miljøet og i sidste ende sundheden, hvis de ryger i skraldespanden.



Figur 43

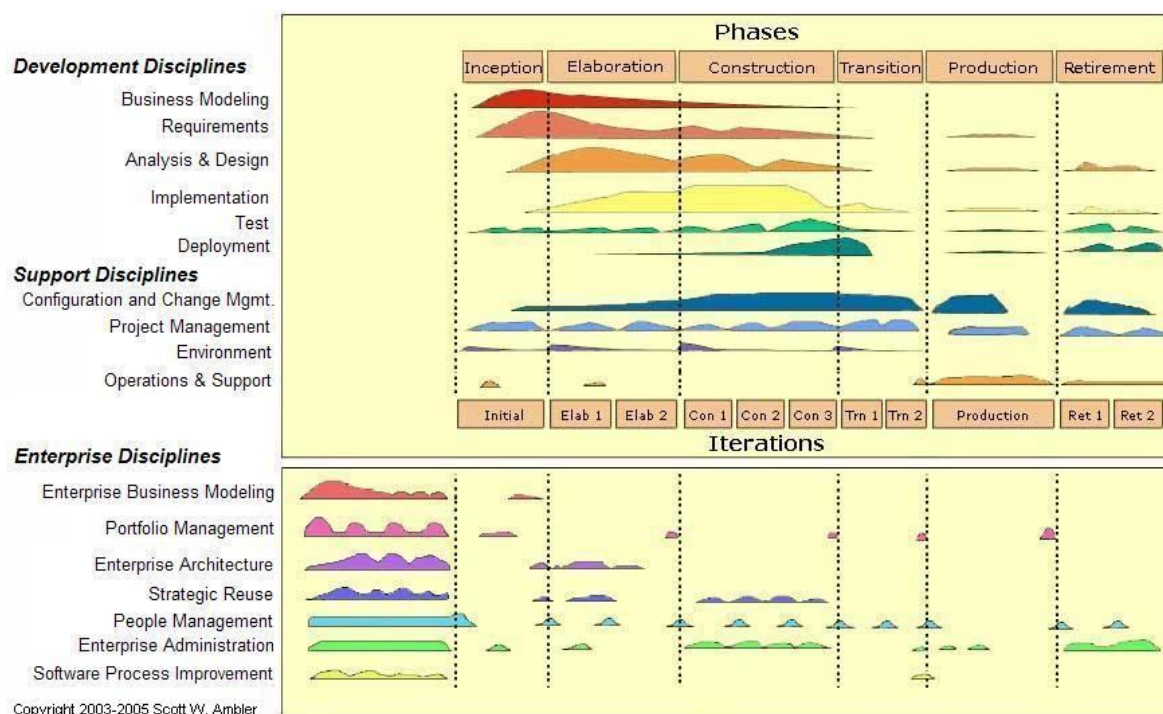
Derudover vil de anvendte batterier så vidt, det er muligt købes som svanemærkede genopladelige batterier. Da svanemærkede genopladelige batterier kun indeholder begrænsede mængder af miljøskadelige tungmetaller såsom arsenik, kviksølv, cadmium og bly. Der må desuden ikke indgå PVC eller andre klorholdige plasttyper i emballagen.

Sælges batterierne i en pakke sammen med en oplader, stiller miljømærket desuden en række kvalitets- og energikrav til den tilhørende oplader. Derfor vil svanemærkede batterier være det bedste valg rent miljømæssigt.

## Løsnings forslag til digital styringsmodel

### Model – og metodevalg/fremgangsmåde

Projektet udføres via The Agile Unified Proces. Denne proces indbefatter 6 faser som her er illustreret.



Figur 44

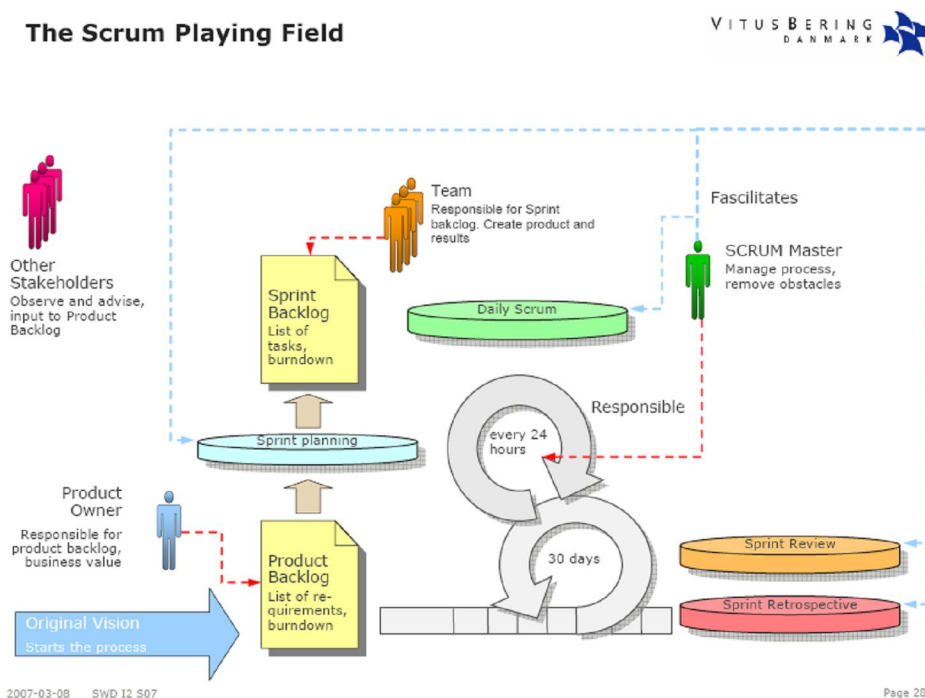
I processerne arbejdes der iterativt med de to første faser Inception og Elaboration, men der overvejes også, hvad der skulle ske i de andre faser.

I Elaboration fasen vil der blive benyttet UseCase og Activity diagrammer. Disse UML værktøjer har bidraget med stor værdi i tidligere projekter.

Til styring af arbejdsplan og tidsestimering anvendes der Scrum. Scrum omhandler udarbejdelsen af en productbacklog, som definerer alle de punkter, der skal udarbejdes i projektet. Punkter fra productbackloggen prioriteres og estimeres tidsmæssigt. Ud fra prioriteringen udarbejdes en sprintbacklog, som der arbejdes intenst med i en givet periode.

Hver dag indledes med et scrummøde ca. 15min, hvor der tages stilling til opståede problemer for at undgå at man ikke kører fast. Efter gennemført sprints bruges den

erfaring man her har fået, til at lave nye tidsestimater over de tilbageværende punkter på productbackloggen. Illustrationen nedenfor illustrer flowet i Scrum.



Figur 45

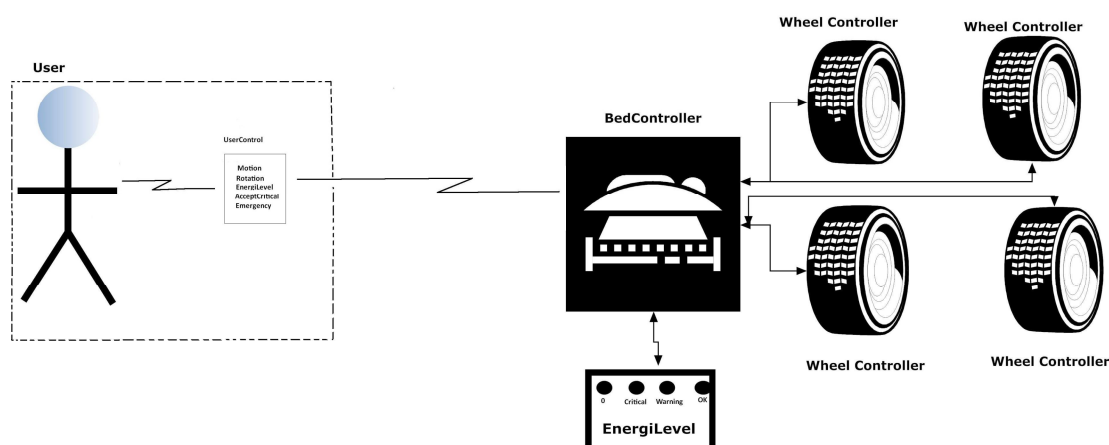
## Arbejdsfordeling

Scrum bygger på princippet om at nedbryde funktionerne til såkaldte sprints. Et sprint består således af et antal af de øverste opgaver fra backloggen. Disse opdeles igen og fordeles efterfølgende på gruppens medlemmer.

Vi vil holde et lille scrummøde hver dag og meget kort diskutere hvad hvert medlem har nået siden sidst, og hvilke forhindringer eller problemstillinger, der eventuelt skal tages stilling til.

Som udgangspunkt sidder vi sammen på skolen og arbejder med hver vores opgave, for at kunne hjælpe hinanden løbende i tilfælde af problemer.

## System Overview

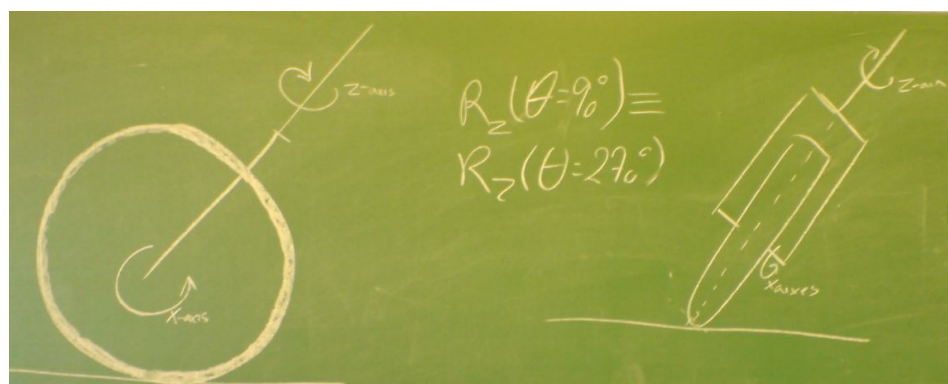


Figur 46

For at få en ide om hvordan brugeren interagerer med systemet, har vi ud fra vores use cases tegnet screensketches/System overview. Et screen sketch viser en aktuel brugergrænseflade med de informationer en bruger har brug for, samt knapper og inputfelter.

Vores system viser en user, som kan styre en hospitalsseng med en remote control via et user interface. Useren kan give et input via user interfacet til bedcontrolleren om at køre eller dreje osv. En bed controller har en wheel controller til hvert hjul. Der findes en lille skærm, der viser energy level der batteri sengen kører med.

Vores screen sketches har også bidraget til at vi bedre har kunnet designe vores activity diagrammer.



Figur 47

## **Indsamling af informationer**

Systemkravene er defineret i at sammenarbejde med brugerrepræsentanter. Hjuldesign og styring af dette er i første omgang baseret på artikler omkring kuglehjulets modeller, hvor hjulet er en rund kugle. Derudover har vi modtaget input fra Bygholm Forsknings Center, som arbejder på en alternativ model af kuglehjul. Denne viden har sammensat genereret grundlaget for vores model, som er baseret på et skråtstillet hjul med afrundet dæk.

## **Fremgangsmåde**

Det projektmetode der arbejdes ud fra er efter de principper, der ligger i AUP "Agile Unified Process". Unified Process er et framework der bruges til at sætte et softwareprojekt i gang. I denne proces indgår 4 hovedfaser; Inception, Elaboration, Construction og Transition. Den Agile betegnelse indikerer hvilken måde man arbejder med disse 4 faser på. I den Agile tilgangsmåde er der elleve grundprincipper man skal rette sig efter, for at kunne erklære at man arbejder 100 % agile. UP er i sig selv en iterativ proces mellem de forskellige faser, hvilket kommer til udtryk ved at vi arbejder i små skridt, og vender tilbage hvis der skal ændres noget.

Vores arbejdsdeling og daglige kommunikation håndteres via scrum. Her defineres en productbacklog ud fra kravspecifikationen. Punkterne på denne backlog estimeres og prioriteres efter hvilke punkter der er vigtige, og hvilke der er mindre vigtige. Et udpluk af punkterne fra backloggen udgør en mindre sprintbacklog, som gennemarbejdes i et sprint. Et sprint i vores projekt strækker sig over 1-2 dage. Dette betyder at vi i disse dage arbejder intenst med den aktuelle sprintbacklog.

## Kravspecifikation

- Joystick (til brugeren bagved sengen skal være et joystick)
  - Rotere om centerpunkt
    - Når brugeren står bagved hospitalssengen med joysticket i hånden, skal brugeren, ved at dreje på joysticket, kunne få sengen til at rotere til den side han drejer, om defineret centerpunkt.
  - Bevægelse
    - Køre frem og tilbage
    - Ved at trykke joysticket frem, kører sengen fremad, i forhold til centerpunktet.
    - Korrigere til både højre og venstre
      - Ved at trykke til siden på joysticket, korrigerer sengen til siden, således at ikke vinklen, men kun positionen, på sengen ændres.
    - Samlet vil sig at bevægelse er i forhold til joystickets position.
  - Joysticket skal være monteret på en måde så det ikke kan fjernes fra sengen, for at undgå at disse mistes.
- Håndtag / bar
  - Brugeren bag sengen skal have adgang til et eller to metalhåndtag, der måler dennes vrid, skub og træk i håndtaget/ene, og overfører disse som input, i samme stil som ved joystick.
- Vise batteristatus (energi niveau)
  - En batteriindikator skal være placeret på modellen, så brugeren altid vil kunne se det aktuelle energiniveau. Indikatoren skal ikke vise minutter, men bare en skala.

- Nødstop
  - For at forhindre/standse ulykker, skal et nødstop være placeret så brugeren altid kan benytte det fra sin position bag sengen.
  - Det accepteres at hjulene vil være låst i nuværende stilling (retning og vinkel)
- Rengøringsvenlighed
  - Det skal være muligt at rengøre sengen på samme måde som almindelige senge bliver rengjort.
- Hastighed
  - En hastighed på 8km/t er nødvendig for at kunne transportere patienter i akutte situationer.
- Drift tid
  - Sengen skal kunne køre i minimum 10 minutter, når kritisk niveau er opnået.
  - Det er et krav at systemet, når kritisk niveau opnås, sættes til ladning umiddelbart efter den igangværende opgave er færdiggjort, for at sikre kontinuerlig drift.
  - Sengen skal kunne køre i minimum 10 minutter fra advarsel gives, indtil kritisk niveau opnås.
  - Sengen skal kunne køre i minimum 30 minutter fra fuldt opladet tilstand indtil advarsel gives.
- Accept af kritisk niveau
  - Ved opnåelse af kritisk niveau skal brugeren acceptere, at vedkommende nu kører på kritisk niveau.

- Hospitalet vil definere en procedure for håndtering af accept, og der overvejes om en udvidelse med registrering af medarbejder, til erstatning af accept funktionen.

Ovenstående har resulteret i en række business rules<sup>22</sup>.

### **Succeskriterier for styringsmodellen**

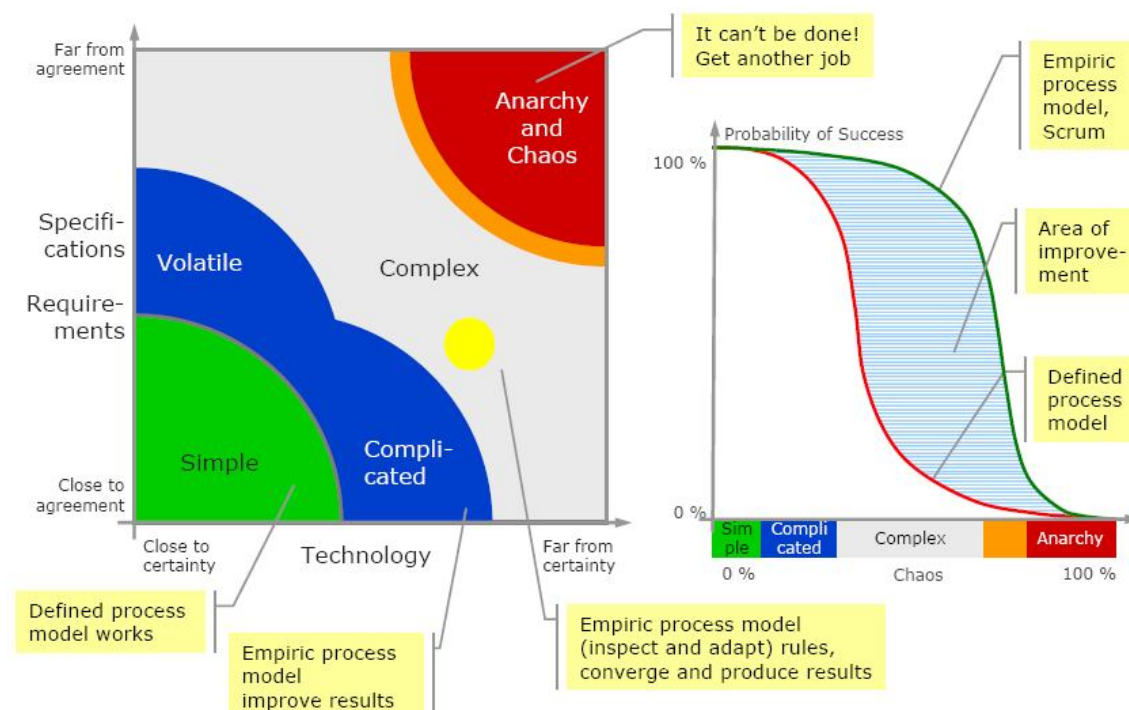
- Systemet skal overholde kravspecifikation
- Dokumentation skal være forståelig, så videre udvikling kan ske af andre
- Dokumentationen skal redegøre for hvordan en styring af bevægelsen vil kunne kontrolleres
- At det er realistisk at kunne fremstille en løsning

---

<sup>22</sup> Se bilagsrapport, side 38, bilag. 12



## Realiseringsvurdering



**Figur 48**

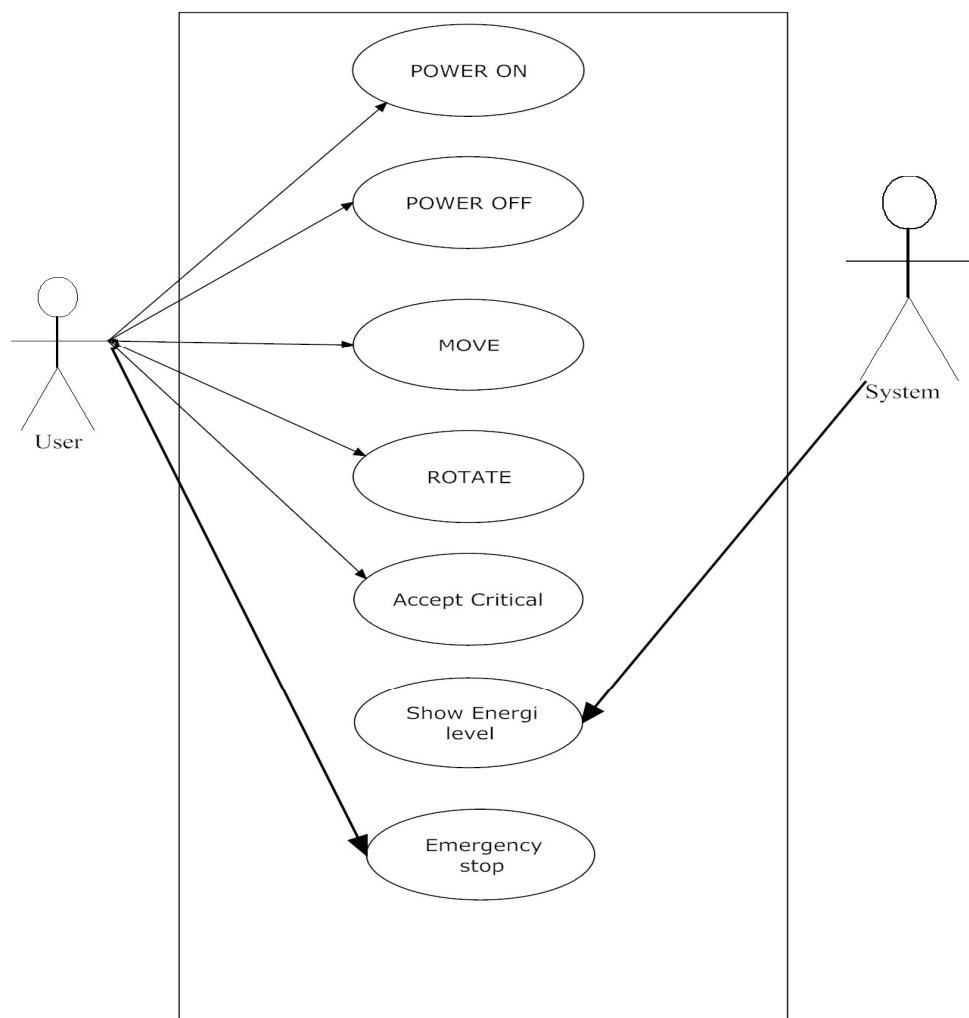
Overstående diagram har vi anvendt til at vurdere om projektet kan lade sig gøre. Y-aksen indiker den kompleksitet der ligger i udarbejdelse af kravspecifikation. Hvis kunden ikke ved hvad det er han/hun ønsker, eller udvikleren og kunden ikke kan blive enige omkring kravspecifikationen, bliver projektet hurtigt meget komplekst. X-aksen indiker hvor sikker man er på om den aktuelle teknologi vil virke i praksis. Hvis man ikke umiddelbart har overblik over hvilken teknologi der vil kunne løse problemet, der er defineret i kravspecifikationen, bliver projektets succeskriterier yderst tvivlsomme.

Den gule prik på diagrammet indiker vores vurdering. Kravspecifikation er gennemført og veldokumenteret. Teknologien vi anvender, er designet til formålet således at det er helt sikkert at den virker. Grunden til at vi alligevel vurderer at det er delvist usikkert, skyldes vores manglende erfaring med denne. Alt i alt konkluderer vi at projektet bestemt kan gennemføres, men at det kan blive kompliceret undervejs.

## Metoder og UML

Som tidligere beskrevet i afsnittet ”Model- metodevalg/fremgangsmåde”, anvendes AUP og Scrum til den praktiske udførelse af projektet.

## UseCase diagram



Usecase diagrammer bruges til at vise hvilke funktioner vi skal bruge for at gennemføre systemet. I systemudvikling er en use case eller brugsmønster en teknik til at afdække krav. Det kan enten være krav til et nyt system eller krav til ændring af et eksisterende system. Hver use case indeholder et eller flere scenarier, der viser hvordan systemet skal interagere med en bruger eller et andet system for at løse en specifik opgave, som systemet skal kunne.

Nærmere beskrivelse kan findes i usecasebeskrivelsen<sup>23</sup>.

## Planlægning accepttest

Afslutningsvis i inceptionfasen vil vi definere vores accepttest. Det er den test som systemet til sidst skal igennem, for at bestemme om det lever op til kravene - altså om det lever op til succeskriterierne. Vi har derfor udarbejdet følgende kriterier og fremgangsmåder til udarbejdelsen af testen, hovedsageligt på baggrund af vores business rules og kravspecifikationen. Vi har ikke testet vores accept test, da det ikke hører til opgaven i dette projekt at implementere programmet. Denne opgave vil blive udført senere i fasen under transition, hvor det færdige system vil blive evalueret på om det lever op til gældende kravspecifikation.

**Tabel 4 Accepttest**

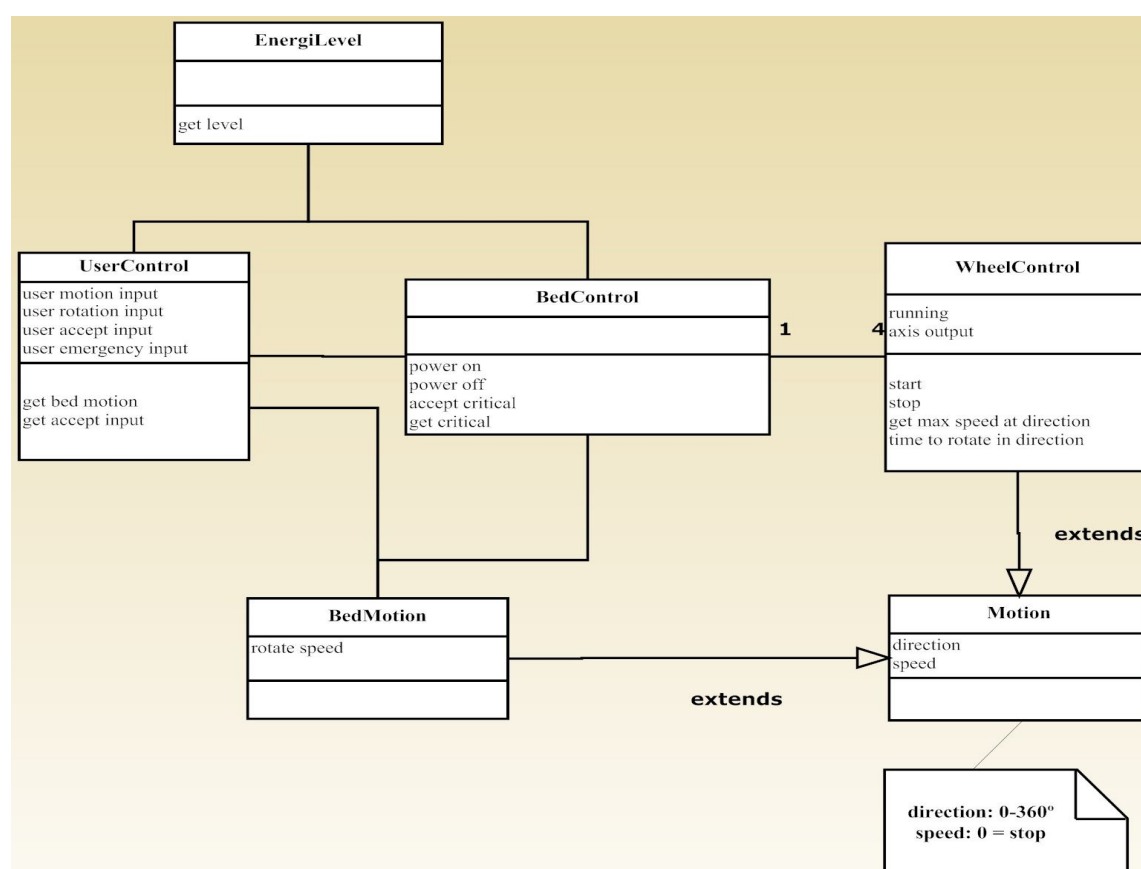
<b>Bruger</b>	<b>Funktion</b>	<b>Resultat</b>
<b>User</b>	Skal kunne køre sengen frem og tilbage	ToDo
	Skal kunne rotere om centerpunkt	ToDo
	Skal kunne dreje til venstre og højre	ToDo
	Skal kunne aktivere nødstop	ToDo
	Skal kunne køre i 30 minutter efter accept kritisk niveau	ToDo
	Skal kunne Acceptere kritisk niveau	ToDo
	Skal kunne køre over mindre objekter	ToDo
	Skal kunne køre 8km/t	ToDo
	Skal kunne køre uden motoren er startet	ToDo
<b>System</b>	Skal kunne vise energiniveau	ToDo

---

<sup>23</sup> Se bilagsrapport, side 20, afsnit 8.

## Domain / Class diagram

Vi har besluttet at anvende et klassediagram i kombination med en beskrivelse af hver enkel klasse og dens metoder. Klassediagrammet har givet en positiv visuel værdi for gruppen. Via klassediagrammet har vi haft et værktøj, hvor vi visuelt har kunnet diskutere kommunikationen mellem de forskellige klasser. Her er et udkast af vores domaindiagram.



**Figur 49**

Efterfølgende har vi i en design editor "Smart Draw"<sup>24</sup> videreudviklet diagrammet efterhånden som vi gennemarbejdede de forskellige funktioner til et komplet klassediagram<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Smart Draw [www.smartdraw.com](http://www.smartdraw.com)

<sup>25</sup> Se bilagsrapport side 46, afsnit 14

## Activity diagram

Som koblingen imellem inception- og elaborationfasen har vi benyttet UML's activity diagrammer. Vi har brugt activity diagram til at beskrive alle scenarier i systemet. Disse scenarier er lavet ud fra vores usecasebeskrivelser samt screen sketches.

Efter at have lavet vores use cases færdige, har vi valgt at lave screen sketches. Samtidig med udarbejdelsen af screen sketches, vil vi lave activity-diagrammer<sup>26</sup>, da vi mener at det lidt er to sider af samme sag. De bruges til at snakke forløbet i de forskellige use cases igennem. På den måde får vi alle en fælles forståelse for hvad der skal ske, og samtidig fanger vi evt. ting eller funktioner vi har glemt. Vi satser på at den grundige gennemgang af funktionaliteten samt design vil resultere i et solidt system.

## State machine

Såfremt en komponent eller klasse indeholder væsentlige state machines, beskrives disse i et state machine diagram. Man bør dog ikke forsøge at vise samtlige kombinationer af tilstande og hændelser i dette diagram, da det ellers hurtigt bliver meget uoverskueligt. State machine diagrammet skal give et overblik over den primære hensigt med state maskinen.

## Bevægelsesberegning

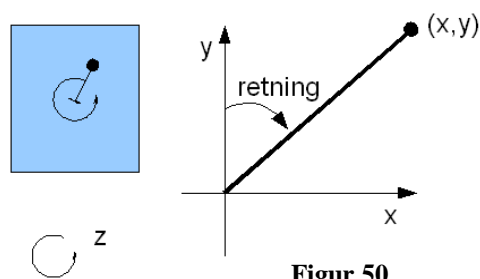
Styring af sengen er baseret på en række beregninger, som strækker sig over en række felter.

---

<sup>26</sup> Se bilagsrapport, side 57, afsnit 16

## Aflæsning af joystick

Joysticket vil fysisk være tilsluttet kontrolpanelet. Det er softwaren til håndtering af kontrolpanelet, der har ansvaret for at administrere og kommunikere med dette.



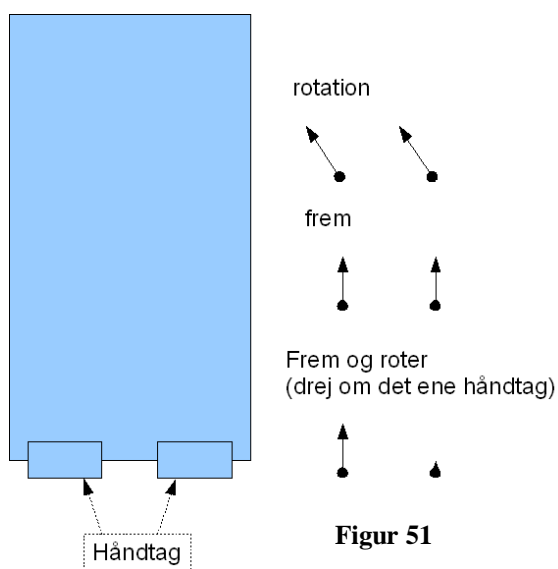
Figur 50

Aflæsning kan for eksempel være en aflæs af  $x$ ,  $y$  og  $z$  værdier repræsenterer styrepindens position og vrid. Der kan aflæsningen beregnes som retningen og afstand til et punkt  $(x,y)$ , og mængden af rotation ( $z$ ).

## Aflæsning af trykfølsomme håndtag

Aflæsningen af håndtagene da dette kræver mere beregning og der kan gives modstridende input, for eksempel hvis håndtagene skubbes mod/fra hinanden. Denne kommando giver dog i praksis heller ikke nogen mening, da det svarer til at man splitter eller krøller sengegavlene sammen.

Oversætning af trykket til en given retning og rotation er ikke så adskilt som ved brugen af joysticket, men i grunden går det ud på at



Figur 51

oversætte kræfterne til vektorer, hvorved det analyseres hvorom de påvirker et fikseret punkt mellem håndtagene, hvorefter bevægelsen overføres til en bevægelse i forhold til centerpunktet, som derved er en kommando for systemet.

## Styring af hjul i forhold til sengen

Et af bedControls primære formål er at bestemme hjulenes retning og hastighed, hvilket gør at der er en del at tage hensyn til, og kræver at vi kender den nøjagtige placering af hjulene i forhold til center/omdrejnings punkt. Noget af det vi ikke har

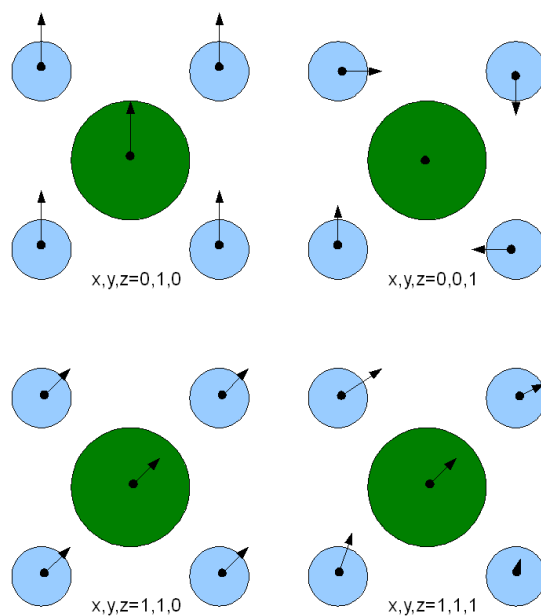
haft mulighed for at teste er hvorvidt der kræves regulering i forhold til tid i forbindelse med store ændringer.

Hvis der blev lavet en tæt regulering, vil dette kun kunne optimere systemet, men vi antager at da det er brugeren der giver input til systemet, er det også gennem dennes opfattelse af situationen, at brugeren foretager præcisionsregulering, dvs. at brugeren er vores direkte regulator i forhold til bevægelsen.

Specielle situationer der skal tages hensyn til:

1. sengen aktiveres fra stillestående, i denne situation kan ændringen af hjulets position tage lang tid.
  1. Hjulene bør først drejes og herefter aktiveres med en hastighed, for at undgå vrid i sengerammen eller underlag.
2. Maxhastighed i en given retning vil altid være afhængig af hjulets omkreds og rotationshastighed. Da hjulets omkreds er afhængig af hvilken retning det drejer, er dette ikke statisk og sengen vil kunne opnå (med nuværende design) højere hastighed i retningerne  $0^\circ$  og  $180^\circ$ , og mindste hastighed i  $90^\circ$  og  $270^\circ$ .
  1. det er wheelControl's opgave at regulere omdrejningerne i forhold til retningen, for at opnå den ønskede hastighed.
3. Pludselige ændringer: Brugere bør opleve sengens bevægelser som flydende. –Dog vil der være situationer som kan virke voldsomme, som for eksempel en fremadrettet bevægelse efterfulgt af ren sidevejs bevægelse, denne bevægelse er med nuværende senge ikke direkte muligt, og situationen skal observeres nærmere på en prototype, for at se hvordan systemet reagerer.
  1. Der skal måske lægges nogle begrænsninger ind, således at kraftige bevægelser ikke direkte kan forekomme, men ændringer i bevægelsesmønstre vil ske langsommere og mere flydende.

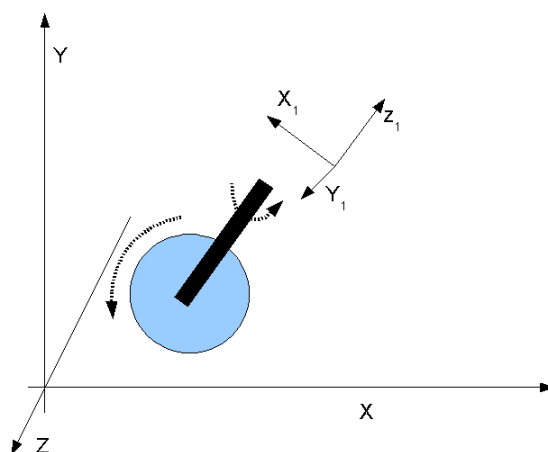
Selve oversætningen af ønsket bevægelse og rotation kan illustreres som<sup>27</sup>



Figur 52 bevægelse retninger

## Styring af hjulet

Ved styringen af hjulet er der nogle aspekter, som ikke normalt møder i forbindelse med styring af hjul, dette skyldes at  $Z_1$  er skråtstillet og ikke vertikal som normal, hvilket er illustreret nedenfor.



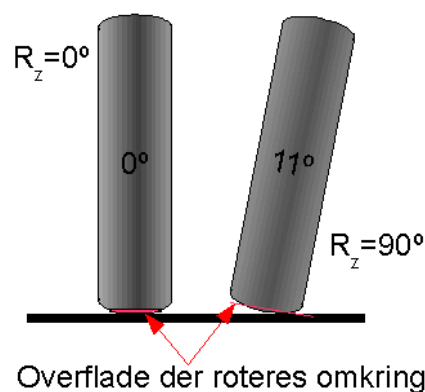
Figur 53

<sup>27</sup> Yderligere illustrationer kan findes i bilagsrapporten, side 59 og 64, afsnit 17 og 18



Årsagen til at hjulet er skrånstillet er at en rotation omkring  $Z_1$  vil resultere i en bevægelse langs  $Z$  akse i stedet for et direkte vrid. Det vil dog ikke fuldstændigt udelukke en rotation uden bevægelse, da dette afhænger af overfladerne, men designet af hjulet vil kunne minimere risikoen for vrid.

Da hjulet roterer om en skrånstillet akse, resulterer dette også i en situation hvor omkredsen af hjulet ændres, da krumningen på hjulet gør at man til tider kører på siden af dækket, hvilket har en mindre omkreds end på centeret af dækket.



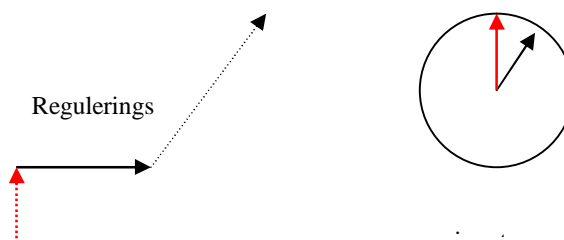
Figur 54

Da omkredsen af hjulet, på det punkt der rører overfladen, er en del af beregningerne for hastigheden, ( $hastighed = omdrejninger \cdot omkreds$ ) er der derfor forskel på hvor stor maksimal hastighed der kan opnås, afhængig af hjulets retning (hældning).

Idet at ændring af retning bliver omsat til en bevægelse, vil en nøjagtig regulering tage højde for dette. Det nuværende design er radius på den flade, hvorom bevægelse sker, i forbindelse med en rotation  $2,43cm$  med en vinkel på  $11^\circ$ . Dette giver en maksimal bevægelse på  $2\pi \cdot 24,3mm < 15,268cm$ , men da rotationen reelt set kun vil ske inden for  $90^\circ$  er bevægelsen  $< 3,817cm$ , og som hovedregel er dette forbundet med en tilsvarende bevægelse på de andre hjul samtidigt, hvilket gør at vi overvejer ikke at tage hensyn til dette. Prototypen vil dog kunne afklare nødvendigheden af dette.

## Bevægelsesmønstre

Da vi ikke regulerer for den sidelæns bevægelse, der opstår ved ændring af retning, bliver mønstret afhængigt af forrige retning af hjulet, efter første justering, vil en efterfølgende proportional (P) regulering bibeholde retning og hastighed indtil ændringer.



Figur 55

Da retning og hastighed konstant ændres efter ønske fra brugeren, finder vi det ikke nødvendigt at tilføje yderligere regulering i form af integral (I) eller differentiell (D) regulering, disse vil kun være relevante hvis der forekommer samme bevægelse i længere tid af gangen. Dog ville det være muligt at benytte teknikkerne indenfor reguleringsløkke. Det vil sige at opsamlingsværdierne nulstilles hver gang der kommer nye set-værdier.

Årsagen til kun at benytte P-regulering er at brugeren virker som den overordnede styreenhed, og han/hun vil konstant regulere retningen i forhold til omgivelserne.

En D-regulering vil dog kunne optimere mønstret til en hurtigere reaktion over for ændringer, og give et mere glidende mønster, hvor der tages højde for ændringen af retningen.



Figur 56

Men igen vil en prototype være ideel til at justere og finde de optimale værdier.

En fuld PID-regulering finder vi umiddelbart ikke optimal i vores tilfælde, da der som tidligere nævnt vil være konstant ændring i retning og hastighed, men hvis styringen blev overført til andet køretøj ville det være værd at overveje, også i selve bedControl enheden, for at give et optimalt bevægelsesmønster.

## **Kommunikationsmuligheder**

Der er fysisk kontakt mellem sengen og fjernbetjeningen. Grunden til at vi kun har den mulighed, er fordi der er sat krav om at fjernbetjeningen ikke skal kunne skilles fra sengen. Fordelen ved det er at tingene ikke bliver væk og der er ikke noget forstyrrelse i kommunikationen mellem fjernbetjening og sengen. Men afstanden mellem brugeren og sengen bliver væsentligt reduceret.

Man kunne bruge ledninger til kommunikationen; dette ville simplificere kommunikationsleddet.

Hvis det ikke var et krav at der var fysisk kontakt, kunne man designe et alarmsystem på fjernbetjeningen, som ville starte når fjernbetjeningen kom for langt væk fra sengen. Dette ville dog kræve et nyt design af systemet, men åbner til gengæld op for trådløs kommunikation, såsom bluetooth eller infrarød, men vil også stille spørgsmålstegn ved sikkerheden omkring forstyrrelse af omgivelserne.

## **Marketingdelen**

Projektet har fra første dag i selve projektskrivningsfasen ændret sig grundet nyt idégrundlag. Opgaven er gået fra at være en ret åben opgave, rent marketingmæssigt, til at være ret snæver. Vi er gået fra én teknologi til en anden, og er af denne grund blevet sat tilbage, forstået på den måde at vi lige pludselig selv skal opfinde produktet, hvor dette med den gamle idé allerede var forsøgt lavet. Dette retter projektets fokus stærkere over i retning af egentlig produktudvikling end det var før, og dette medfører at processen ikke i dette projektforsløb kommer til at omfatte en egentlig finansieringsmodel, ligesom makro-økonomi heller ikke kommer til at spille nogen rolle.

Ydermere er fokus flyttet helt over på hospitalssenge, således at der i denne omgang ikke er fokus på kørestole. Dette er fordi It-ingeniørerne og maskiningeniørerne bliver nødt til at koncentrere sig om ét enkelt produkt.

### **Market research**

Da produktet vi beskæftiger os med er en hospitalsseng med tilhørende digital styring, er selve målgruppen allerede fastlagt, idet hospitalssenge ikke bruges andre steder end netop hospitaler.

Når målgruppen er fastlagt, er det en god ide at få taget denne med i samråd i forbindelse med udviklingen af produktet, så målgruppens ønsker bliver opfyldt – det er jo trods alt netop målgruppen der skal købe produktet!

Når det er sagt, skal vi finde ud af hvem der bruger sengene til dagligt, og hvor meget de enkelte grupper af mennesker (hvis de kan grupperes) bruger sengene i forhold til hinanden – og hvad de bruger dem til! Disse parametre gør os i stand til at vægte personernes udsagn ud fra disses specialviden: En læge ved sandsynligvis mere om patientsikkerhed end en portør, hvorimod portøren måske ved mere om den praktiske brug af produktet, idet han bruger det hver dag – derfor forskellig vægt af forskellige udsagn i forhold til disses emne og hvilke personer de kommer fra.

Dernæst skal findes ud af hvilke personer der arbejder på et hospital, og hvilke af disse personer, der i deres arbejde har omgang med hospitalssenge. Det er vigtigt at disse personer har omgang med hospitalssenge, da de ellers ikke ville kunne komme

med dagligdagseksempler af brugen af sengen. Disse eksempler skal nemlig bruges til at fastsætte de funktionelle krav, som produktet skal indeholde.

Måden disse personer skal fastsætte de funktionelle krav på er faktisk ret enkel at komme frem til. Der er i denne situation brug for meget kvalitative svar, hvortil vi faktisk ikke kender spørgsmålene endnu. Derfor er en spørgeskemaundersøgelse udelukket. Observation ville måske være en god ide at bruge, men til at starte ud med, ville en fokusgruppe af relevante mennesker, der har omgang med hospitalssenge, være perfekt. –Perfekt fordi at disse mennesker kan fortælle os om brugen af det givne udstyr, give os ideer om hvad der virker ved de pt. brugte modeller – og ikke mindst – hvad der ikke virker! Disse informationer kan bruges til at lave en egentlig kravspecifikation af den model der skal udvikles.

For at sikre et så repræsentativt udsnit til fokusgrupperne som muligt, bør der afholdes fokusgrupper på flere forskellige sygehuse. Sygehusene skal ydermere have forskellige geografier, således at ikke kun beboere fra landet eller storbyfolket kommer til orde.

### **Hvem skal med i fokusgruppen? De individuelle roller**

Spørgsmålet i overskriften til dette afsnit kan skiftes ud med ”Hvem har til dagligt omgang med hospitalssenge??” Svaret på dette spørgsmål ser således ud:

Portører, sygeplejersker, serviceledere, læger, indkøbschefer, og tidligere patienter med rimelig erfaring i at bruge hospitalssenge (dette er ligeledes bekræftet igennem samtale med serviceleder på Horsens Sygehus, Peter Sørensen).

Disse 6 grupper af respondenter har alle forskellige tilgange til brugen af sengene, da de omgås disse på forskellige måder. Portørerne kører kun med sengene i lange stræk, hvorimod sygeplejerskerne kører med dem i kortere stræk. Lægerne kører langt sjældnere med sengene, men bruger måske nogle funktioner, som de andre grupper ikke bruger. Hvilken erfaring har den pågældende indkøbschef med brug af hospitalssenge? Hvis ikke han har den store erfaring, skal hans udsagn i forbindelse med selve brugen måske ikke vægtes så højt. Derimod vil han måske så være i stand til at give nogle input, som de andre grupper sandsynligvis ikke kan komme med.

En repræsentativ fordeling af mænd og kvinder i de enkelte grupper er en selvfølge.

I starten, eller før afviklingen, af denne fokusgruppe skal man have afklaret de enkeltes roller, således af man kan vægte de enkeltes udsagn. Det nytter jo ikke noget at tage indkøbschefens ord for gode varer, hvis han udtaler sig om brugen af sengene, og faktisk ikke har nogen indsigt i denne, og såfremdeles.

### **Forløb af fokusgruppen**

Fokusgruppen vil bestå af 6 til 10 folk fra de overstående grupper. Disse folk får et kort oplæg, som fortæller dem at de skal lave en kravspecifikation til hospitalssengene, og bliver herefter ”sat fri”. Diskussionen bliver overvåget af 1 eller 2 supervisors, som sidder i samme rum, og optager seancen på video. Derudover sidder nogle teknikere og ser på denne video i real-time, således at de kan opfange gode input fra gruppen, og eventuelt skubbe gruppen i den rigtige retning, hvis behovet opstår.

Herudover gælder almindelige retningslinjer for afholdelse af fokusgrupper.

### **Observation**

Efter at fokusgrupperne er blevet afviklet landet over, skulle et overblik over de funktionelle krav til produktet gerne have indfundet sig. Det er imidlertid ikke nok at vi nu har et overblik over kravene, for disse krav skulle jo gerne slås fast med syvtommersøm inden produktet forsøges egentligt udviklet. Det skulle gerne være helt og aldeles sikkert at det vi i vores fokusgrupper har fundet ud af, også samstemmer med virkeligheden! Dette kan kun gøres ved at observere de enkelte faggrupper betjene hospitalssenge i deres dagligdag.

Observationen skal omfatte alle de faggrupper, der er med i fokusgrupperne, og ligeledes skal fuldstændig repræsentativitet af de enkelte faggrupper, personernes køn, samt eventuelt andre vigtige parametre overholdes. Observationen skal foregå over hele arbejdsdage, over forskellige ugedage, forskellige tider på måneden og så fremdeles. På denne måde elimineres al tvivl om at udefrakommende faktorer kan skævvride undersøgelsen: Hvis man for eksempel kun observerer alle personer gennem en enkelt arbejdstime, risikerer man jo at ramme en time, der ikke er

repræsentativ eller har et gennemsnitligt niveau af arbejdsopgaver. –Så jo større undersøgelse, jo bedre chance for at den giver et præcist billede af tingenes tilstand!

-Hvor mange observationer, der gennemføres, og om repræsentativiteten overholdes et hundrede procent, afhænger selvfølgelig af hvor mange midler, der er sat af til undersøgelsen, og dette afhænger jo så igen af hvilken størrelsesorden scenariet har rent likviditetsmæssigt: Er der tale om et scenarie omhandlende et produkt med forholdsmæssig begrænset vigtigheden eller indtjening, sætter man selvfølgelig ikke forholdsmæssigt mange marketingfolk til at observere i forholdsmæssigt mange timer, da budgettet til udvikling af produktet, jo så vil sprænges.

-I dette scenarie er der tale om en forholdsvis stor ordre i et lille land, men da mange af de vesteuropæiske lande ikke har speciel stor psykologisk afstand til Danmark, er det ret sandsynligt at produktet, måske efter små modifikationer, kan anvendes i disse andre lande. Ydermere er sygehuse verden over faktisk ikke så forskellige, og udfra den betragtning, indeholder produktet faktisk en mulig verdensomspændende fremtid.

Med dette i mente kan det godt forsvares at opsætte en relativt stor observationsundersøgelse, hvor en eventuel skævvridning minimeres optimalt.

Hertil skulle bruges marketingfolk til at observere et udsnit af fokusgruppen, som ville være så godt som et hundrede procent repræsentativt i forhold til alle de parametre og faktorer, der ville være relevante.

–Det kunne være interessant at gå ind og regne på en præcis opsætning med antal mandetimer brugt, samt fremgangsmåde, i forbindelse med denne undersøgelse, men da der pt. ikke engang har været tilnærmelser til en endelig produktionspris, stykpriser på dele samt andre relevante oplysninger i forbindelse med denne plan og beregning, ville et forsøg på at opstille dette, være så tæt på rent gætværk at det ville være ubrugeligt.

Når det endelige resultat af den omfangsrige observationsundersøgelse er færdigbehandlet, skal en egentlig funktionel kravspecifikation kunne udarbejdes udfra denne, og herefter fremvises for kunden, i dette tilfælde indkøbschefen for regionen,

som så kan godkende den, og den egentlige skabelse af produktet kan tage sin begyndelse.

Hvis der hersker tvivl om hvorvidt kravspecifikationen kan godkendes, kan fokusgrupperne igen sætte sig sammen og kigge på kravspecifikationen, og godkendelsen fra disse fokusgrupper skulle så gerne eliminere denne tvivl.

Det forløb, som kommer herefter, skulle gerne præges af hyppige sparringer med kunden, for at sikre sig at skabelsen og udviklingen af produktet er på rette vej. Kunden kan eventuelt inviteres på besøg, så denne måske, i kraft af sine nye øjne på sagen, kan opfange eventuelle fejl, så disse rettes så tidligt i forløbet som muligt. –Jo senere fejlen opdages, jo dyrere bliver den!

## **Skolemetoden**

Den metode der indtil nu er beskrevet er ikke mulig, fordi dette er et skoleprojekt, og produktet derfor ikke skal følges til dørs. Derfor er der selvfølgelig heller ikke de nødvendige ressourcer, til at sætte det store apparat i gang, til rådighed. I dette projekt er alle faggrupper startet samtidigt, hvilket nødvendiggør en masse antagelser: It- og maskiningeniørerne skal fra dag 1 have noget at lave, og for at disse ikke skal sidde og vente på at diverse svært fremskaffelige oplysninger bliver tilvejebragt, bliver man nødt til at bruge antagelser, og derefter argumentere for hvorfor man har gjort som man har.

Den rigtige måde at gøre tingene på, ville have været at en gruppe på flere maskiningeniører, samt It- og eksportingeniører og marketingfolk, skulle have været i gang med at lave den forudgående research 3 måneder forinden, således at en egentlig kundegodkendt kravspecifikation kunne være tilvejebragt allerede inden selve projektforløbet startede. Dette er der selvfølgelig hverken tid eller ressourcer til, hvilket gør at man er blevet nødsaget til at bruge begrundede antagelser. Dette er gjort på følgende måde:



Der er opstået enighed om hvilke grupper, der til dagligt har omgang med hospitalssenge, og gruppen har herefter brainstormet sig frem til de funktionaliteter, som hospitalssengene har brug for. Dette er mundet ud i følgende kravspecifikation, som i øvrigt er godkendt af serviceleder Peter Sørensen<sup>28</sup>, Horsens sygehus:

## Kravspecifikation

- Joystick (til brugeren bagved sengen skal være et joystick)
  - Rotere om centerpunkt
    - Når brugeren står bagved hospitalssengen med joysticket i hånden, skal brugeren, ved at dreje på joysticket, kunne få sengen til at rotere til den side han drejer, om defineret centerpunkt.
  - Bevægelse
    - Køre frem og tilbage
    - Ved at trykke joysticket frem, kører sengen fremad, i forhold til centerpunktet.
    - Korrigere til både højre og venstre
      - Ved at trykke til siden på joysticket, korrigerer sengen til siden, således at ikke vinklen, men kun positionen, på sengen ændres.
    - Samlet vil sig at bevægelse er i forhold til joystickets position.
  - Joysticket skal være monteret på en måde så det ikke kan fjernes fra sengen, for at undgå at disse mistes.

---

<sup>28</sup> Serviceleder Peter Sørensen har erfaring med såvel indkøb af hospitalssenge, som i arbejde med at udarbejde kravspecifikationer til disse.

- Håndtag / bar
  - Brugeren bag sengen skal have adgang til et eller to metalhåndtag, der måler dennes vrid, skub og træk i håndtaget/ene, og overfører disse som input, i samme stil som ved joystick.
- Vise batteristatus (energi niveau)
  - En batteriindikator skal være placeret på modellen, så brugeren altid vil kunne se det aktuelle energiniveau. Indikatoren skal ikke vise minutter, men bare en skala.
- Nødstop
  - For at forhindre/standse ulykker, skal et nødstop være placeret så brugeren altid kan benytte det fra sin position bag sengen.
  - Det accepteres at hjulene vil være låst i nuværende stilling (retning og vinkel)
- Rengøringsvenlighed
  - Det skal være muligt at rengøre sengen på samme måde som almindelige senge bliver rengjort.
- Hastighed
  - En hastighed på 8km/t er nødvendig for at kunne transportere patienter i akutte situationer.
- Drift tid
  - Sengen skal kunne køre i minimum 10 minutter, når kritisk niveau er opnået.
  - Det er et krav at systemet, når kritisk niveau opnås, sættes til ladning umiddelbart efter den igangværende opgave er færdiggjort, for at sikre kontinuerlig drift.

- Sengen skal kunne køre i minimum 10 minutter fra advarsel gives, indtil kritisk niveau opnås.
- Sengen skal kunne køre i minimum 30 minutter fra fuldt opladet tilstand indtil advarsel gives.
- Accept af kritisk niveau
  - Ved opnåelse af kritisk niveau skal brugeren acceptere, at vedkommende nu kører på kritisk niveau.
  - Hospitalet vil definere en procedure for håndtering af accept, og der overvejes om en udvidelse med registrering af medarbejder, til erstatning af accept funktionen.

Efter udarbejdelse af denne kravspecifikation, er der, som tidligere beskrevet, taget kontakt til serviceleder Peter Sørensen på Horsens Sygehus, og et interview med ham, har klarlagt yderligere detaljer omkring et eventuelt samarbejde i produktudviklingsforløbet.

Under udarbejdelsen af kravspecifikationen, var vi meget interesserede i på hvilken måde man nutildags rengør hospitalssenge. Peter Sørensen kunne fortælle at man indenfor sygehusregi havde 3 forskellige måder at vælge imellem, nemlig en decideret sengevask, hvor sengen bliver kørt ind i en vaskehal, og dampet igennem ved over 60 grader celsius. Dernæst en model hvor man skummer sengene til, og lader skummet arbejde og fjerne bakterierne, og tilsidst håndkraftmetoden, som han kunne afsløre blev brugt langt de fleste steder i dag, grundet infrastrukturproblemer på de enkelte sygehuse:

Dampsengevask: Anskaffelsesomkostningerne er selvfølgelig store, men til gengæld ville driftsomkostningerne være lave i forhold til den gammeldags metode med klud og spand. Grunden til at dette system næsten ikke bruges nutildags, er fordi langt de fleste sygehuse er bygget vertikalt, og ikke horisontalt. Det ville derfor give et enormt pres på elevatorerne når sengene skulle transporteres til og fra en vaskehal hele tiden.

Skummemetoden: Denne metode er ganske effektiv til at fjerne skidt og bakterier med, men bruges næsten ikke nutildags. Peter Sørensen ved umiddelbart ikke hvorfor,

men regner med at det har noget at gøre med at man endnu ikke har sat sig ordentligt ind i metoden.

Håndkraftmetoden: Anskaffelsesomkostningerne ved denne metode kan givetvis holdes under 500kr, og er derfor den nemmest tilgængelige. Til gengæld er det afgjort langt den mest løntunge af de tre metoder, og derfor med tiden også langt den dyreste, og dermed overhovedet ikke en fordelagtig metode – specielt ikke i disse tider, hvor der ud over penge, ligeledes mangler hænder i det danske sygehusvæsen.

Peter Sørensen udtaler at man, hvis man blev præsenteret for et tilbud på hospitalssengen, der er under udvikling, samt madras og skumvaskesystem, ville købe hele pakken med det samme!

Selve sengen, selvom der er motorer påmonteret, vil kunne tåle at blive skumrenset. Derudover er sengen, grundet den digitale styring, som jo egentlig er den sælgende faktor, et helt unikt produkt – der findes ikke hospitalssenge med digital styring i dag. Derfor er der ikke nogle direkte konkurrentprodukter. De senge som i dag bruges er selvfølgelig substitutprodukter. Det er så vor opgave at kommunikere den merværdi – de fordele - vort produkt indeholder i forhold til de andre produkter.

Peter Sørensen udtaler at der normalt er 2 eller 3 firmaer der giver tilbud på hospitalssenge, når man køber nye senge ind. Han fortæller også at man, hvis man vil have navnene på disse at vide, skal kontakte indkøbschefen for pågældende region. Dette har desværre ikke været muligt (måske pga. strejken??).

## **Konsekvenser af skolemetoden**

Selvfølgelig har det konsekvenser at man ikke skyder med den store kanon, men vælger at bruge en langt mindre. –Men ideen med et skoleprojekt er jo at forsøge at ramme et passende billede af virkeligheden.

I dette tilfælde er følgerne at vi i vores market research, hvor vi ikke afholdt fokusgrupper, og ikke afholdt en stor observationsundersøgelse, risikerer at ramme skævt i kravspecifikationen! Grunden til at undersøgelsen skulle være så extensiv var jo netop at eliminere al tvivl og skabe validitet. Dette har i dette projekt selvfølgelig ikke været muligt.

## Inden lancering

Inden en eventuel lancering af produktet er det en god idé at få et overblik over hvordan man står på markedet. Dette gøres ved hjælp af en SWOT. Vi vil her tage udgangspunkt i at et nyopstartet firma skulle lancere produktet:

### Swot-analyse:

Tabel 5 Swot-analyse

<b>SWOT</b>	
<b>Styrker:</b>	<b>Svagheder:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikler et produkt, som er teknisk overlegent i forhold til konkurrerende produkter.</li> <li>• Selvom produktet sikkert vil være dyrere end konkurrenternes, vil det i det lange løb være det billigste produkt i drift, idét det ikke skulle rengøres ved håndkraft.</li> <li>• Produktet kan udvikles i samarbejde med kunden, og kan derfor skræddersys til dennes ønsker.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Har ingen erfaring overhovedet – vil være et nyopstartet firma.</li> <li>• Har muligvis ingen kapital, og vil derfor være afhængig af sponsorpenge, for at projektet kan gennemføres.</li> <li>• Smalt sortiment – kun 1 produkt – ingen risikospredning.</li> </ul>
<b>Muligheder:</b>	<b>Trusler:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedadgående produktionsomkostninger gennem effekten af Economy of scale/learning curve.</li> <li>• Mange arbejdsskader på sygehusene, især hos portører (produktet vil afhjælpe arbejdsskader).</li> <li>• Stort fokus på arbejdsmiljø og arbejdsskader</li> <li>• Kunderne er forholdsvist lette at få fat i. (Der er 5 regioner, dvs. 5 indkøbschefer at få fat i, for at dække hele DK! –Direkte salg!)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andre firmaers fordele fra economy of scope (product bundling, family branding, etc.)</li> <li>• Andre firmaer vil være større, og bedre istand til at “svare igen”, og udkonkurrere firmaet.</li> <li>• Økonomisk afmatning, og dermed færre penge og skatteindtægter, hvilket igen betyder besparelser i det offentlige, og derfor måske stop for indkøb af nyt udstyr.</li> </ul>

Ud over en SWOT-analyse er selve marketing mixet også relevant at drage ud, da det er essentielt at have retningslinier for hvordan produktet skal lanceres ude i det virkelige liv. (Da selve produktet stadig er langt fra en status som færdigudviklet, er

der nogle oplysninger, såsom f.eks. pris, der ikke kan tilvejebringes endnu. Dog har man vel altid en god idé om hvilken retning tingene bevæger sig i)

### **Marketing mix:**

#### **Produkt:**

Digitalt styret hospitalsseng på hjul med fri bevægelighed uden vrid.

Evt. medfølgende rengøringsystem

#### **Price:**

Prisen er i skrivende stund ikke fastsat, og en endelig, skudsikker pris er langtfra i støbeskeen, men dog kan det siges at prisen, grundet de ekstra funktioner, kommer til at ligge i den høje ende af skalaen. Dertil skal man så huske at denne seng, modsat konkurrerende produkter, kan rengøres med skumsystemet, hvilket over tid gør dette til et billigere produkt.

#### **Place:**

Det er muligt at sælge dette produkt direkte fra fabrikken, hvilket skærer i omkostningerne til distribution.

#### **Promotion:**

Direkte salg! Idét kommunikation med 5 personer kan dække hele landet, er både den billigste, nemmeste, hurtigste og mest effektive måde direkte salg, hvilket gør at en simpel folder om produktet og en kort demonstration er nok når man endelig har fået fat i personen.

## Konklusion

Formålet med dette projekt var at konstruere, dimensionere og tegne et vridfrit hjul som kan justeres af operatører. Hjulet skulle designes på en måde, så det kunne anvendes under hospitalssenge. Hovedkravet var, at hjulet skulle være vridfrit for at skåne underlaget så meget som muligt. Selve konstruktionen skulle også overholde krav i maskindirektivet. For at sikre at konstruktionen ikke kan skade miljøet samt brugerne, blev der desuden udarbejdet et afsnit med miljø og sikkerhed, der viser krav til, hvordan man beskytter miljø og derved formindsker forurening.

I forhold til designet af den digitale styring, kan det konkluderes at agile udvekslingsmetoden har været et nyttigt værktøj til klarlægning af problemstillingerne i forbindelse med moduleringen af styringsmodulet.

Dette har resulteret i en fornuftig gennembearbejdet analyse af funktionaliteterne i systemet. Videreudvikling af systemet har derfor et solidt grundlag til at arbejde på.

I relation til marketingdelen er en metode til hvordan hele dette scenarie skulle tackles i det virkelige liv er blevet stillet op. Denne metode indbefatter tæt kontakt med kunden, ekstensive fokusgrupper af relevante og repræsentative grupper af folk, der har omgang med hospitalssenge, over hele landet, og herefter en omfattende observationsundersøgelse for at sikre validiteten af de fundne data.

Herefter er kort blevet fortalt hvorfor denne metode ikke kan lade sig gøre, og den i denne situation anvendte metode er derefter blevet beskrevet. Metoden indbefatter en antagelse af kravspecifikation, som herefter bliver godkendt af Serviceleder, Peter Sørensen, Horsens Sygehus.

Konsekvenserne af anvendelse af skolemetoden fremfor den ”rigtige” metode bliver beskrevet, og konsekvenserne er blandt andet at sikkerheden omkring rigtigheden af de antagne data er forringet.

Til sidst anvendes kort en SWOT-analyse til at fortælle om den situation et firma ville befinde sig i hvis det valgte at lancere produktet, og herefter gives et bud på et egentligt marketing mix.

Første skridt til den mekaniske konstruktion var en ide'generering, hvor hovedprincipperne i konstruktionens funktioner blev fastlagt. Det blev besluttet at hjulet skulle drives ved hjælp af to motorer. For at undgå vrid blev akslen skrånstillet med en hældning på 11 grader. Hjulet skulle kunne bevæges ved hjælp af digital styring. Der blev derfor påsat en encoder. Derudover blev der påsat en slæbering øverst på akslen for at kunne overføre strøm fra navmotoren og for at sikre at ledningerne ikke blev viklet rundt.

For at formidle konstruktionens dele overfor læseren, er der udarbejdet en samlings-tegning, en hovedopslagstegning samt delsamlingsstegninger og detailtegninger der alle beskriver konstruktionens dimensioner, funktioner, samlinger m.m. Under konstruktionen blev der udført diverse beregninger, heriblandt styrkeberegninger som understøtter valg af pågældende dele. Af beregninger blev der også lavet nødvendige udregninger med hensyn til hældningen på den skrå aksel.

For at sikre eventuelle sikkerhedsproblemer blev der gennemført en risikovurdering i henhold til maskindirektivet. Konstruktionen var ikke overraskende næsten ufarlig, men skade kunne dog ske ,hvis f.eks en portør skulle snuble og få fødderne i klemme, mens motorerne fortsat kører. Dette blev derfor hindret ved at anbringe en tydelig og let tilgængelig nødstopknap på sengen.

Som en sidste del blev der udført kostprisberegninger på den mekaniske del af konstruktionen. Prisen blev højere end forventet men dog i orden, når man tager i be-tragtning, at der ikke på nuværende tidspunkt findes et vridtfrit hjul i handlen.

Det samlede resultat blev en konstruktion der teoretisk ifølge beregninger og teg-ninger vil kunne bevæge sig vridfrit, hvorved det vil være muligt at bevæge en hospitalseng ved hjælp af digital styring. Konstruktionen vil samtidig overholde maskindirektivets regler og krav og vil kunne CE godkendes.

Grunden til vores succes mener vi skyldes vores filosofi om, at tænke ide'erne igennem før vi handlede. Denne indgangsvinkel gjorde f.eks for de it- ingeniør-studerendes vedkommende at inception- og elaborationfasen blev de faser, hvor de brugte mest tid. Vi har i dette projekt opdaget, at det virkelig betaler sig at tænke sit design igennem før man koder, beregner eller tegner.



## Litteraturliste

### Bøger:

Tabellenbuch Metall af U. Fischer, R. Kilgus, H. Paetzold, K. Schilling, M. Heinzler, F. Näher, W. Röhrer og A. Stephan udgivet af Verlag europa-lehrmittel.

Decker Maschinenelemente af Karlheinz Kabus udgivet af Hanser

Maskin Ståbi, Nyt Teknisk Forlag, 9. udgave 2004,

Svejste konstruktioner af Søren Steen Petersen

The Elements of UML 2.0 Style af Scott W. Ambler

The Object Primer Agile Model-Driven Development with UML 2.0 af Scott W. Ambler

Roloff/Matek Maschinenelemente 17. Auflage af Dieter Muhs, Herbert Wittel, Dieter Jannasch og Joachim Vossiek.

Marketing Management, Philip Kotler, 12th edition

FAG Rulningslejer af Weppert GmbH & Co.KG, Schweinfurt

### **Internet sider:**

[www.electro-mobile.se](http://www.electro-mobile.se)

[www.goldenmotor.com](http://www.goldenmotor.com)

[www.mercotac.com](http://www.mercotac.com)

[www.encoder.com](http://www.encoder.com)

[www.transmotec.com](http://www.transmotec.com)

[www.nytmaskindirektiv.dk](http://www.nytmaskindirektiv.dk)

[www.brd-kier.dk](http://www.brd-kier.dk)

[www.socialresearchmethods.net/kb/contents.php](http://www.socialresearchmethods.net/kb/contents.php)

### **Øvrigt:**

Samtaler med Serviceleder, Peter Sørensen, Horsens Sygehus

Div. telefonsamtaler med producenter og leverandører angående priser på stål m.m.