

# Utvikling av sykkel for funksjonshemmede

**Martin Zander Kloster**

Master i produktutvikling og produksjon  
Innlevert: juni 2016  
Hovedveileder: Knut Einar Aasland, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling og materialer



# Forord

Masteroppgaven ble gjennomført våren 2016 ved Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, Norge. Masteroppgaven er en del av et større prosjekt i regi av Skeno AS. Skeno AS utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. Skeno AS eies og drives av Peder Kjærnli og Anders Seim.

Skeno AS har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. Et av elementene på sykkelen er en bryststøtte. Oppgaven gikk ut på å utvikle en forbedret bryststøtte ved å implementere en dempefunksjon.

Jeg vil gjerne takke Peder Kjærnli og Anders Seim for muligheten for å jobbe med denne oppgaven, og for hjelp og støtte underveis i masteroppgaven. Jeg vil også takke Knut Einar Aasland ved Institutt for Produktutvikling og Materialer for all veiledning gjennom hele oppgaven. Til slutt vil jeg takke Mads Andreassen for å ha delt kunnskap og erfaringer om sykkelen til Skeno.

NTNU, Trondheim, 9.6.2016

# Sammendrag

Det gjennomføres omlag 650 000 sykkelturet om dagen i Norge. Sykkelen er svært populær og det er ikke uten grunn. Sykling er bra for miljøet, egen helse og lommebok, og sykkel vil i mange tilfeller være tidsbesparende. Men sykling er ikke risikofritt. 3 av 4 sykkelulykker i trafikken er eneulykker der ingen andre enn syklisten selv er involvert. I de fleste av eneulykkene er årsaken fall under oppbremsing. For personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen er det en ekstra stor utfordring å unngå sykkelulykker som dette.

Skeno AS er et selskap som utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. De har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. Sykkelen har løsninger som gjør sykkelturen lettere og tryggere.

En av løsningene på sykkelen til Skeno AS er en bryststøtte. Bryststøtten stabiliserer og gir støtte til brukeren under oppbremsing, og tar på den måten vekk belastning i armen og skulderen. Bryststøtten er stiv og kan være litt tøff mot brystet. Denne oppgaven dreier seg om utviklingen av en forbedret bryststøtte som skal ha en dempefunksjon. Dempefunksjonen skal dempe slag fra underlaget når det sykles over dumper eller kanter.

Produktutviklingsmetoden som har blitt benyttet under utviklingen av den nye bryststøtten er IPM-modellen. IPM-modellen deler produktutviklingsprosessen i fem faser, der prosessen starter med en visjon og ender i produksjonsforberedelse av produktet.

De første fasene av produktutviklingen ble gjennomført i prosjektoppgaven i 2015. Da ble det funnet alternative konsepter for å løse dempebehovet til bryststøtten. I denne masteroppgaven er arbeidet fra prosjektoppgaven fullført.

Ett av konseptene som ble funnet i prosjektoppgaven ble valgt til å utvikles videre. Konseptet som ble valgt er basert på et dempersystem utviklet av sykkelprodusenten BMC. BMC kaller teknologien for Micro Travel Technology (MTT). Basert på MTT-konseptet er det designet bryststøtte med en dempefunksjon. Designet har, ved hjelp av testing av prototype, blitt optimalisert med hensyn på brukerkravene. Brukerkravene ble fremmet av utviklerne fra Skeno AS, Peder Kjærnli og Anders Seim, og av testperson og bruker Mads Andreassen.

Det har blitt gjennomført Finite Element Method (FEM)-simuleringer av styrkeforholdene i bryststøtten under belastning fra brukeren av Skenosykkelen. Utmattingslevetiden til modellen ble undersøkt for å påse at bryststøtten tålte 100 000 sykler. Designet har blitt optimalisert med hensyn på utmattingsbrudd og sikkerhetsfaktoren mot flyt i materialet.

For at Skeno skal kunne produsere den nye bryststøtten basert på resultatet i oppgaven har produksjonen av produktet blitt forberedt i form av maskintegninger og beskrivelse av produksjonsprosessen.

# Abstract

Approximately 650 000 bicycle trips occur every day in Norway. The bike is very popular and not without reason. Riding bikes are good for the environment, the cyclist's health and economy, and will in many cases be more efficient than other ways of transportation. However, bicycling is not free of risk. 3 out of 4 bicycle accidents involves only the cyclist. In most of these cases, the cause of the accidents is the cyclist falling off the bike during braking. People with disabilities in the upper body are more likely to experience accidents like this.

Skeno AS is a company that develops sports gear for people with disabilities. They have developed a bicycle specifically for people with upper body dysfunctions. The bicycle has solutions which make the bike rides easier and safer.

One of the solutions is a chest support. This support stabilizes and gives support to the user during braking and by doing so, reduces the stress in the arm and shoulder. The chest support is rigid and can cause some pressure on the user's chest. This thesis is about the further development of the chest support which will feature a damper functionality. The damper functionality will absorb the impacts coming from the surface when cycling over for example bumps or curbs.

The product development method used during the development of the new chest support is the IPM-model. This model divides the process of development into five phases, in which the process initiates with a vision and ends with the preparation of production of the product.

The first phases of the development of the product were conducted as a part of my specialization project in 2015. Alternate concepts for solving the need for damping were found in that project. The work from the specialization project will be finished.

One of the concepts that were found in the specialization project was chosen for further development. The chosen concept is based on an existing damper system developed by the bicycle producer BMC. BMC calls this technology Micro Travel Technology (MTT). Based on the MTT concept, a chest support with damping has been designed. The design has been optimized, based on the results from testing the prototype, with regards to some functional requirements. These requirements have been created by the developers from Skeno AS, Peder Kjærnli of Anders Seim, and by the intended user of the bike. Mads Andreassen.

The stress distribution in the chest support have been simulated, using Finite Element Method simulations, during applied force equivalent to the forces one can expect during the usage of the bike. The fatigue life of the model was studied to confirm that the support endured 100 000 cycles of applied forces. The design has been optimized with regards to fatigue cracks and safety factors regarding material flow.

The product has been prepared in the form of machine drawings and descriptions of the production process to enable Skeno to produce the new chest support based on the results described in this thesis.

**MASTEROPPGAVE VÅR 2016**  
**FOR**  
**STUD.TECHN. MARTIN ZANDER KLOSTER**

**UTVIKLING AV SYKKEL FOR FUNKSJONSHEMMEDE**

***Development of bicycle for the handicapped***

Ved NTNU har vi i samarbeid med Skeno AS utviklet en sykkel beregnet for folk med dysmeli eller lammelser i en eller begge armene. Et viktig element i den valgte løsningen er en bryststøtte som skal holde kroppsvekten og tregheten i kroppen ved kraftig bremsing eller andre former for bråstopp.

Den første løsningen er helt stiv, og kan være litt tøff mot brystet. Kandidaten har derfor i sin prosjektoppgave jobbet med en forbedret versjon, der demping og/eller fjæring er et vesentlig moment. Han har kommet fram til mange gode løsninger, og det foreligger en liste over alternative konsepter og egenskaper ved disse.

I denne masteroppgaven skal dette arbeidet fullføres. Det skal jobbes videre med de beskrevne konseptene og velges ett som basis for Skenos neste modell bryststøtte. Dette konseptet skal så utvikles så langt som mulig, helst fram til en fungerende prototype. Det skal være mulig for Skeno å produsere støtten basert på resultatet av oppgaven.

Oppgaven skal inneholde:

- De konseptene som er utviklet i prosjektoppgaven gjennomgås og vurderes med hensyn på styrker og svakheter – dette gjøres i samarbeid med Skeno
- Ett konsept velges for videre arbeid
- Utvikling av valgt konsept
- Spesifikasjon av alle innkjøpte deler som skal brukes
- Detaljspesifikasjon av alle deler som må lages spesielt – denne innbefatter beslutninger om materialer og dimensjoner og til en viss grad også produksjonsprosesser
- I så stor grad som tid og penger tillater: Modeller av kritiske deler, eventuelt totalprodukt, slik at testing er mulig
- Testing av demper/fjæringsfunksjonen – enten montert på sykkel og testet av syklist eller i lab-rigg
- Vurdering av resultatet fra testene, og konklusjoner om hva som fungerer og hva som må forbedres eller endres

### Formelle krav:


Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres inn. En mal for dette arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen masteroppgave (<https://www.ntnu.no/web/ipm/masteroppgave-ved-ipm>). Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av masteroppgaven.

Risikovurdering av forsøksvirksomhet skal alltid gjennomføres. Eksperimentelt arbeid definert i problemstilling skal planlegges og risikovurderes innen 3 uker etter utlevering av oppgavetekst. Konkrete forsøksvirksomhet som ikke omfattes av generell risikovurdering skal spesielt vurderes før eksperimentelt arbeid utføres. Risikovurderinger skal signeres av veileder og kopier skal inngå som vedlegg til oppgaven.

Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, og redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velkrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Besvarelsen skal leveres i elektronisk format via DAIM, NTNUs system for Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver.

Kontaktperson hos Skeno: Anders Seim / Peder Kjærnli



Torgeir Welo  
Instituttleder



Knut Aasland  
Faglærer



NTNU  
Norges teknisk-  
naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling  
og materialer

# Innhold

Forord .....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract.....	iii
Figurliste.....	ix
Tabelliste.....	xi
1 Introduksjon.....	1
1.1 Visjon og misjon.....	1
1.2 Bruker .....	1
1.3 Bruksituasjon .....	2
1.4 Dagens Skenosykkel .....	2
1.5 Dagens bryststøtte.....	4
1.6 Problemstilling .....	4
1.7 Metodikk .....	5
2 Behovsanalyse .....	7
2.1 Behov for sykkel.....	7
2.2 Behov for bryststøtte.....	8
3 Bruksanalyse.....	9
3.1 Testperson.....	9
3.2 Brukerkrav .....	9
4 Teknologianalyse .....	11
4.1 Resultat fra prosjektoppgaven.....	11
4.2 MTT .....	12
4.3 Gummibolt .....	13
4.4 Diskusjon .....	14
4.5 Produktkravspesifikasjon .....	14
5 Konseptutvikling .....	16
5.1 Alternative løsninger .....	16
5.2.1 MTT.....	16
5.2.2 Gummibolt.....	17
5.2.3 Skjærdemping .....	17
5.2.4 Valg av konsept.....	18
5.2 Videre konseptutvikling av MTT .....	18
5.3 Visuellmodell.....	21
5.3.1 Formål.....	21
5.3.2 Material .....	21



5.3.3 Utseende .....	22
6 Utforming.....	23
6.1 3D-modell .....	23
6.2 Materialvalg .....	25
6.2.1 Øvre stag.....	25
6.2.2 Brakett.....	25
6.2.3 Bolt.....	25
6.2.4 Materialtabell .....	26
6.3 Detaljering(nøkkelmål) .....	26
7 Gummiklossen.....	28
7.1 BMC-sykkelen.....	28
7.2 Bryststøtten.....	28
7.2.1 Demping .....	28
7.2.2 Utforming.....	31
7.2.3 Gummimaterialet .....	32
8 Prototype.....	33
8.1 Funksjonsmodellen .....	33
8.1.1 Formål .....	33
8.1.2 Materiale .....	34
8.1.3 Spesifikasjon av innkjøpte deler .....	34
8.1.4 Utseende .....	35
8.2 Testing av prototypen .....	37
8.2.1 Vandring.....	37
8.2.2 Stabilitet .....	38
8.2.3 Utvidelse av gummikloss .....	39
8.2.4 Friksjon.....	39
8.2.5 Temperatur.....	40
8.2.6 Utforming.....	40
8.2.3 Resultat av test.....	43
9 Dimensjonering .....	44
9.1 Styrkeberegning.....	45
9.1.1 Brakett.....	46
9.1.2 Bolt.....	47
9.1.3 Brakett, ny simulering .....	49
9.1.4 Gummikloss.....	50
9.2 Utmatting .....	51
9.2.1 Brakett.....	52

9.2.2 Bolt .....	52
9.2.3 Gummikloss.....	54
10 Resultat .....	56
10.1 Forbedringer .....	56
10.2 Endelig Design.....	56
10.3 Brukermanual .....	58
10.4 Diskusjon .....	60
10.5 Tilfredsstillelse av produktkravene .....	61
11 Produksjonsforberedelse .....	62
11.1 Maskintegning.....	62
11.2 Produksjonsprosesser.....	64
12 Konklusjon.....	65
13 Videre arbeid.....	66
Referanser .....	67
Vedlegg .....	69

# Figurliste

Figur 1 Skenosykkelen .....	2
Figur 2 Tegning sykkel .....	4
Figur 3 Problemstilling .....	5
Figur 4 IPM-modellen (2) .....	6
Figur 5 Brukerprofil .....	9
Figur 6 MTT (7) (6) .....	13
Figur 7 Bryststøtte .....	13
Figur 8 Gummibolt .....	13
Figur 9 Fremgangsmåte, produktkravspesifikasjon (9) .....	14
Figur 10 MTT .....	16
Figur 11 Gummibolt .....	17
Figur 12 Skjærdemping .....	17
Figur 13 Skjærdemping .....	18
Figur 14 MTT, gjenger .....	19
Figur 15 MTT med fjær .....	19
Figur 16 MTT skisse .....	20
Figur 17 Lomme til stag .....	20
Figur 18 Materialer til visuellmodell .....	21
Figur 19 Visuellmodell .....	22
Figur 20 3D-modell .....	23
Figur 21 Komponenter, bryststøtte .....	24
Figur 22 Nøkkelmål .....	27
Figur 23 BMC, gummikloss (19) .....	28
Figur 24 Gummi, Spenning-tøyning (19) .....	29
Figur 25 Skjærkraft .....	30
Figur 26 Gummikloss .....	31
Figur 27 Gummiforbruk (20) .....	32
Figur 28 Gummitabeller (19) .....	32
Figur 29 Materiale, prototype .....	34
Figur 30 Gummipad .....	35
Figur 31 Visuellmodell .....	36
Figur 32 Komponenter, visuellmodell .....	36
Figur 33 Test av vandring 2 .....	37
Figur 34 Test av vandring 1 .....	37
Figur 35 Stabilitet .....	38
Figur 36 Utvidelse av gummikloss .....	39
Figur 37 Prototype, trepinne .....	39
Figur 38 Prototype, bolt .....	39
Figur 39 Utforming, gummikloss .....	40
Figur 40 Kompresjon av gummikloss .....	41
Figur 41 Spenning/tøyning .....	42
Figur 42 Utvidelse, gummikloss .....	42
Figur 43 Styrkeberegning .....	45
Figur 44 Spenning .....	46
Figur 45 Forskyvning .....	46
Figur 46 Styrkeberegning, bolt .....	47
Figur 47 Styrkeberegning, bolt .....	48

Figur 48 Momentarm .....	49
Figur 49 Brakett, ny simulering .....	49
Figur 50 Styrkeberegning, gummikloss.....	51
Figur 51 SN-kurve (26) .....	52
Figur 52 Middelspenning (27) .....	53
Figur 53 Goodman (27) .....	53
Figur 54 SN-kurve, gummi (28) .....	54
Figur 55 Gummikloss.....	55
Figur 56 Endelig utseende.....	56
Figur 57 Endelig utseende, lomme .....	57
Figur 58 Endelig utseende, borrelås .....	57
Figur 59 Skenosykkelen med ny bryststøtte .....	57
Figur 60 Brukermanual, steg 1 .....	58
Figur 61 Brukermanual, steg 2 .....	59
Figur 62 Brukermanual, steg 3 .....	59
Figur 63 Brukermanual, steg 4 .....	60

# Tabelliste

Tabell 1 Tilpassede sykkeldeler.....	3
Tabell 2 IPM-modellen, faser og resultat .....	6
Tabell 3 Sykkelulykker.....	7
Tabell 4 Brukerkrav .....	10
Tabell 5 Resultat, prosjektoppgave.....	11
Tabell 6 Produktkravspesifikasjon .....	14
Tabell 7 Komponenter .....	24
Tabell 8 Materialtabell .....	26
Tabell 9 Formål, funksjonsmodell .....	33
Tabell 10 Resultat, vandring.....	37
Tabell 11 Stabilitet.....	38
Tabell 12 Temperatur .....	40
Tabell 13 Vandring .....	41
Tabell 14 Styrkeberegning, brakett.....	46
Tabell 15 Styrke .....	47
Tabell 16 Styrkeberegning, bolt .....	48
Tabell 17 Brakett, ny simulering .....	50
Tabell 18 Tilfredsstillelse av produktkravene .....	61



# 1 Introduksjon

## 1.1 Visjon og misjon

Skeno AS er selskap som utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. Et av prosjektene deres er å utvikle en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp. Hensikten med sykkelen er at den skal være brukervennlig og trygg å bruke, slik at flere personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp får mulighet til sykle i hverdagen. Dette skal gjøres ved å utvikle ekstra deler til sykkelen som er tilpasset funksjonsevnen til personen. Mitt prosjekt er å utvikle en av disse tilpassede delene for denne sykkelen som Skeno AS utvikler.

**Visjon:** Gi flere personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp mulighet til å sykle i hverdagen.

**Misjon:** Utvikle en sykkel med deler som er tilpasset etter personens funksjonsevne.

## 1.2 Bruker

Som nevnt i forrige underkapittel utvikler Skeno AS en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. For at sykkelen skal bli så brukervennlig og trygg som mulig, er det vesentlig å tilpasse sykkelen etter funksjonsevnen til personen som skal bruke den. Graden av funksjonsevne varierer fra person til person, som medfører at flere forskjellige behov må tas hensyn til når sykkelen utvikles. Derfor vil syklene fra Skeno i stor grad være spesialtilpasset hver enkelt bruker, og syklene som utvikles vil dermed variere litt i både utseende og funksjonalitet. Den sykkelen jeg har jobbet med er utviklet og tilpasset spesifikt for personer med kun en arm, eller en arm og en armprotese.

**Bruker:** Person med kun én arm, eller én arm og én armprotese.

## 1.3 Brukssituasjon

Sykkelen har i hovedsak to bruksområder. Det ene bruksområdet er transport. Sykkelen brukes som transportmiddel til jobb, skole, butikken og andre daglige gjøremål. Her brukes sykkelen typisk i bytrafikk i stedet for andre fremkomstmidler som bil, buss og trikk. Ifølge syklistenes landsforening er totalt 68% av alle sykkelturen i Norge i forbindelse med transport der sykkelen er transportmiddelet; 23% kommer fra sykling til, fra eller i arbeid, 19% kommer fra daglige gjøremål, 14% kommer fra besøksreiser, og 12% er skolereiser (1).

Det andre bruksområdet for sykkelen er i forbindelse med mosjon og trening der sykkelen er treningsapparatet. Da er det vanlig å bruke en landeveissykkel hvis treningsturen er på landevei, eller en terrengsykkel hvis det skal sykles i skog og mark.

## 1.4 Dagens Skenosykel

Figur 1 viser hvordan sykkelen til Skeno ser ut i dag. Det er en terrengsykkel som ser noe annerledes ut enn en vanlig terrengsykkel. Det er fordi sykkelen har en rekke løsninger og tilpassede sykkeldeler som gjør sykkelturen lettere og tryggere for en personen med armlammelse.



Figur 1 Skenosykkelen



Tabell 1 Tilpassede sykkeldele

**Bryststøtte:** Den delen på sykkelrammen som skiller seg mest fra vanlige sykler visuell er bryststøtten. Bryststøtten er festet foran på rammen til sykkelrammen og står skrått oppreist mot brystet til syklisten. I enden av bryststøtten er det en plate som syklisten kan lene seg inntil når vedkommende sykler. Bryststøtten er den delen av sykkelrammen jeg har jobbet med i prosjektet. Nærmere beskrivelse av bryststøtten kommer i neste kapittel.

**Knebrems:** På siden av rammen er det festet en knebrems. Knebremsen bremses på bakhjulet. For å bremse må syklisten bruke låret/kneet til å presse staget til knebremsen inn mot rammen. Dette er en praktisk løsning som gjør at syklisten slipper å ha to bremsehåndtak på styret, noe som ville vært svært tungvint da brukeren bare har en hånd. Forbremsen på sykkelrammen er festet på styret på vanlig måte.

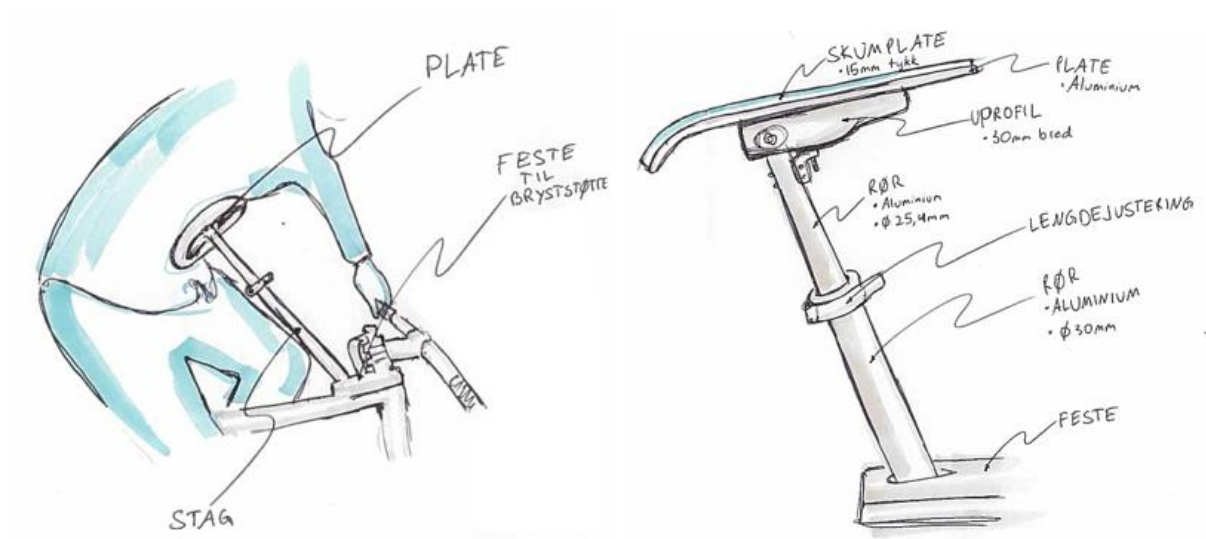
**Hydraulisk setejustering:** Setepinnen til sykkelrammen er hydraulisk justerbar. Det vil si at høyden til sykkelsetet kan justeres med en knapp på sykkelstyret. Dette gjør det enklere for syklisten å gå av og på sykkelrammen, samt det gjør det mulig å justere setehøyden mens man sykler.

**Styredemper:** Styredemperen er en funksjon som påvirker rotasjonen av sykkelstyret. Når styrken på styredemperen justeres opp vil styrebevegelsen på sykkelrammen bremses. Dette vil øke stabiliteten til sykkelrammen som er spesielt gunstig da syklisten bare kan ha en hånd på styret.

**Gjennomgående hjulaksling:** Hjulakslingen er en gjennomgående aksling. Dette gjør at sykkelrammen kan betjenes med én hånd, noe som kommer godt med når for eksempel sykkelhjulet har punktert og må løsnes fra sykkelrammen.

**Kun bakgir:** De fleste sykler har både framgir og bakgir, der komponentene for å bytte gir sitter på hver sin side av sykkelstyret. Skenosykkelen har kun bakgir da brukeren kun kan ha én hånd på styret. (Til gjengjeld har bakgiret ekstra tannhjul.)

## 1.5 Dagens bryststøtte

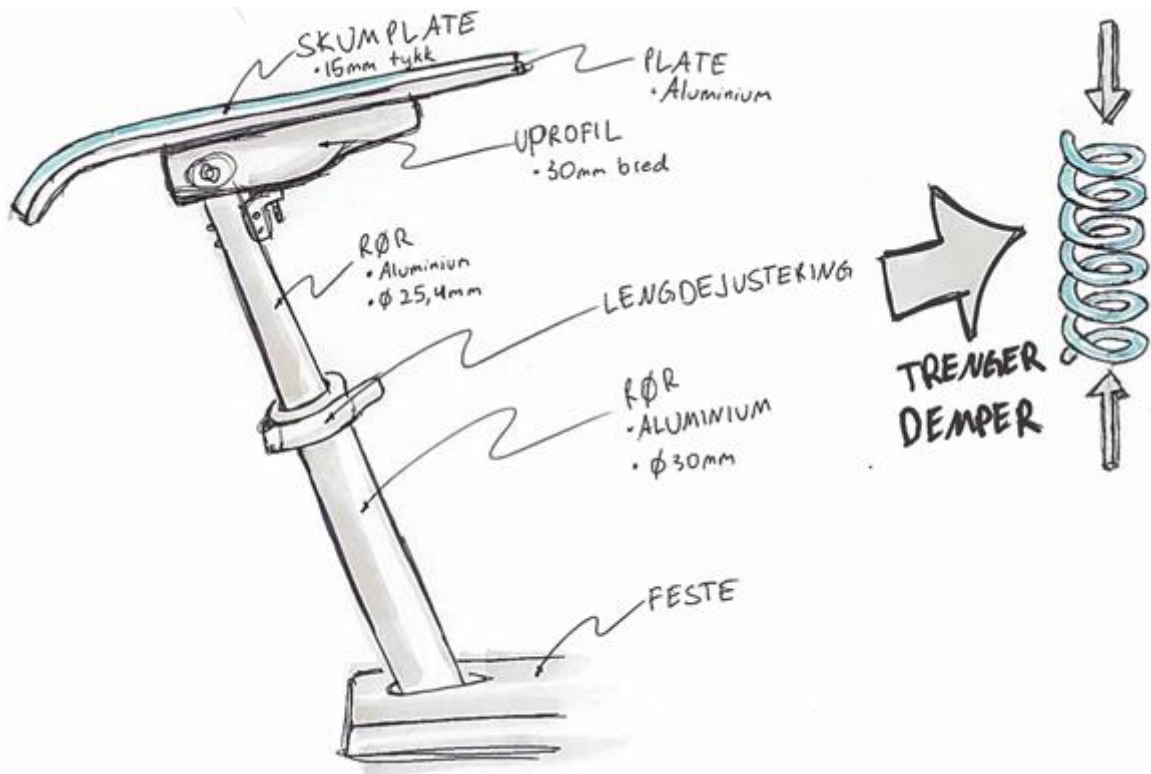


Figur 2 Tegning sykkel

I dag ser bryststøtten ut som på figur 2. Den består i hovedsak av et stag, en plate og en festebrakett som festes på styregaffelen. Staget består av to rør av aluminium. Platen er festet til staget gjennom en u-profil. På toppen av den stive og tynne aluminiumsplatene ligger det en noe tykkere skumplate. Vinkelen på bryststøtten kan enkelt justeres opp ved å vippe bryststøtten oppover. På denne måten kan brukeren selv velge hvor kontaktflaten mellom bruker og bryststøtten skal ligge; om den skal være på brystet eller lengre ned på magen. I tillegg har staget en funksjon som gjør at brukeren kan justere lengden på bryststøtten. Med justerbar vinkel og justerbar lengde har brukeren god mulighet til å tilpasse bryststøtten etter egen høyde og sittestilling.

## 1.6 Problemstilling

Bryststøtten til Skeno er i dag helt stiv og den trenger en dempefunksjon for at syklisten skal unngå slag i brystet under sykkelturen. Dette er slag som gjerne kommer når man sykler over dumper, kanter og lignende. I prosjektoppgaven ble det samlet og utviklet konsepter for å løse dette dempebehovet. Konseptene skal vurderes og sammenlignes før det mest lovende konseptet velges for videre produktutvikling. Konseptet skal utvikles så langt som mulig. Skeno skal kunne produsere den nye bryststøtten basert på resultatene i oppgaven.

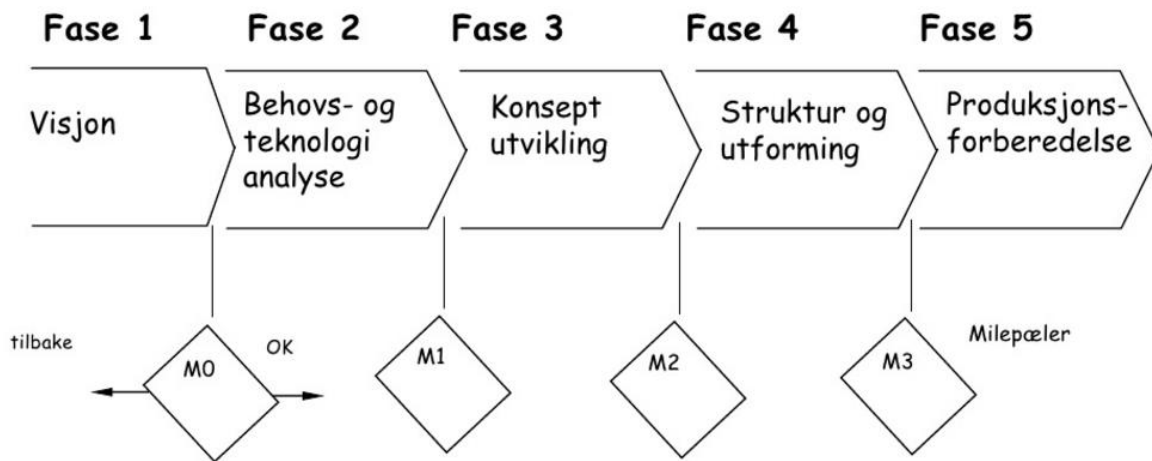


Figur 3 Problemstilling

## 1.7 Metodikk

For å lykkes i utviklingen av et produkt er man avhengig av effektive metoder og arbeidsprosesser.

Metoden som er brukt i utviklingen av den nye bryststøtten er IPM-modellen. IPM-modellen er basert på milepæler, og den deler produktutviklingsprosessen inn i fem faser; visjon, behovs- og teknologianalyse, konseptutvikling, struktur og utforming, og produksjonsforberedelse (2). Det arbeides i én fase av gangen. Milepælene i metoden er i slutten av hver fase hvor det avgjøres om man er klar til å bevege seg til neste fase.



Figur 4 IPM-modellen (2)

I besvarelsen av masteroppgaven blir samtlige fem faser gjennomgått. Siden oppgaven dreier seg om en forbedring av et produkt, nemlig dagens bryststøtte, vil fase 1 og 2 være den samme som for det eksisterende produktet. Fase 1 og 2 er dermed blitt gjennomført av Skeno. Disse fasene ble presentert i prosjektoppgaven, men blir også presentert i denne oppgaven da det gir oppgaven bedre flyt og et mer helhetlig inntrykk. Hovedfokuset i masteroppgaven vil av den grunn ligge på fase 3,4 og 5.

Tabellen 2 viser hva som skal dekkes under hver fase, og hvor i besvarelsen de er dekket.

Tabell 2 IPM-modellen, faser og resultat

Fase	Kapittel	Resultat
1 Visjon	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosjektspesifikasjon</li> </ul>
2 Behovs- og teknologianalyse	2 - 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruker- og bruksanalyse</li> <li>• Brukerkravspesifikasjon</li> <li>• Teknologianalyse</li> <li>• Produktkravspesifikasjon</li> </ul>
3 Konseptutvikling	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idégenerering</li> <li>• Alternative konsepter og løsninger</li> <li>• Konseptevaluering</li> <li>• Grov visuellmodell</li> </ul>
4 Struktur og utforming	6 - 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D-modell</li> <li>• Funksjonsmodell</li> <li>• Simulering av egenskaper</li> <li>• Evaluering av resultat</li> </ul>
5 Produksjonsforberedelse	11 - 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaljtegning</li> <li>• Sammenstillingstegning</li> <li>• Beskrivelse av produksjonsprosesser</li> </ul>

## 2 Behovsanalyse

### 2.1 Behov for sykkel

Det gjennomføres omlag 650 000 sykkelturner om dagen i Norge, og det er ikke uten grunn at sykkel er så populær (1). Sykkelen er et praktisk transportmiddel som i mange tilfeller er tidsbesparende i forhold til å gå eller benytte seg av motoriserte transportmidler som bil og buss. I tillegg er sykling godt for både miljøet og egen helse da det gir god mosjon. Sykkelen er lett tilgjengelig, og kan kjøpes i de aller fleste sportsbutikker til en rimelig pris.

Sykling i trafikken er imidlertid ikke helt uten risiko. Tabellen 3 viser ulykkesstatistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB). Tallene viser gjennomsnittlig skadeomfang per år i perioden 2010-2014 (2).

Tabell 3 Sykkelulykker

Antall omkomne syklister i trafikken	10
Antall meget alvorlig skadde syklister i trafikken	4
Antall alvorlig skadde syklister i trafikken	60
Antall lettere skadde syklister i trafikken	455
Antall ulykker med uoppgitt skadegrad	12

Statistikken til SSB baserer seg på politianmeldte ulykker. Mange sykkelulykker blir ikke rapportert til politiet fordi ingen andre trafikanter enn syklisten selv er involvert i ulykken. Denne typen ulykke kalles eneulykke. Derfor kan man med trygghet anta at det virkelige tallet på sykkelulykker betydelig høyere enn tallene til SSB. Trygg Trafikk anslår at rundt 4500 syklister skades i trafikken hvert år (3). Anslaget er basert på tall fra legevakt/akuttomtak. 3 av 4 sykkelulykker er eneulykker der ulykken oftest er fall ved oppbremsing eller at man sklir og velter. For personer med armlammelser vil det være enda vanskeligere å unngå fall ved oppbremsing. Generelt vil disse personen ha vanskeligere for å være stabile på sykkel som øker risikoen for ulykker. De har derfor et klart behov for Skenosykkelen som har løsninger som legger til rette for en så trygg sykkelturn som mulig.

## 2.2 Behov for bryststøtte

Når man sykler med kun én arm på en vanlig sykkel vil man møte på flere utfordringer. Den største og mest åpenbare utfordringen er å holde balansen i eventuelle kuperte deler av sykkelturen. Spesielt krevende situasjonene vil være ved oppbremsing, i svinger, når underlaget er ujevnt, i nedoverbakker med i høy fart, og ved sykling i stående posisjon. Den aller vanskeligste situasjonen er kanskje å holde balansen på sykkelen når brukeren må bråbremse, og all kroppsvekten som er på vei fremover må tas imot med bare én arm. Brukeren vil da få store belastninger på armen og skulderen. Bryststøtten er utviklet for å motvirke dette. Den er ment for å gi støtte og stabilisering til brukeren. Dermed kan brukeren bruke armen til å svinge, bremse og gire, istedenfor å holde balansen.

**Hovedfunksjon:** ta vekk belastning i armen og skulderen ved å stabilisere og gi støtte til brukeren.

## 3 Bruksanalyse

### 3.1 Testperson

Brukergruppen av sykkelen er som allerede beskrevet i introduksjonen; personer med kun én arm, eller én arm og én armprotese. Testpersonen for denne sykkel heter Mads Andreassen. Mads er født uten høyre arm, og faller dermed inn under brukergruppen.

Mads er alpinist og var blant annet med i de Paralympiske vinterleker i Sotsji 2014 (4). Han er svært aktiv og legger ned en treningsmengde på ca 500 timer i året. Mye av treningen er i form av sykling, både i og utenfor terreng. Mads har brukt sykkel fra Skeno mye, og har derfor en stor mengde erfaringer med bruk av bryststøtten.

#### Brukerprofil

Navn: Mads Andreassen

Alder: 33 år

Funksjonshemming: Født uten høyre arm

Yrke: Fagansvarlig barne- og ungdomsidrett,  
Norges idrettsforbund

Hobby: Trening, alpint og golf



Figur 5 Brukerprofil

### 3.2 Brukerkrav

Når det skal utvikles en dempefunksjon til bryststøtten er det nødvendig å ta hensyn til erfaringene til testpersonen Mads Andreassen. I tillegg til Mads, har utviklerne fra Skeno, Peder Kjærnli og Anders Seim, også mye erfaring med sykkel og bryststøtten. Etter å ha snakket med alle tre har jeg fått innblikk i hvordan bryststøtten fungerer i praksis, og hva som er viktig å tenke på når det skal utvikles en ny.

En situasjon som oppstår hyppig i løpet av sykkelturen hvor bruk av bryststøtten er essensiell, er i nedoverbakker. Da er farten til syklisten gjerne høy og det blir fort ustabil. I nedoverbakker legger syklisten hele vekten sin på bryststøtten, og han er da avhengig at bryststøtten står stabilt. Derfor skal bryststøtten være stiv helt til et eventuelt slag kommer. Etter å ha dempet det eventuelle slaget skal bryststøtten gå raskt tilbake til sin opprinnelige stive tilstand, slik at den igjen er et stabilt støttepunkt for syklisten. Bryststøtten skal heller ikke ha en dempefunksjon med stor vanding. Vandingen til en demper er lengden

demperen kan komprimeres. Peder og Anders anslår at vandringen skal være mellom 5 mm og 20mm.

Som på enhver sykkel er det også for Skenosykkelen viktig med vedlikehold for at sykkelen skal holde lenge. Da brukerne av sykkelen mangler en arm kan de ikke gjøre særlig grad av vedlikeholdet selv. Derfor er det en fordel at løsningen krever lite vedlikehold.

Den nye bryststøtten må også kunne lengdejusteres, slik som bryststøtten kan i dag. Dette gir gode muligheter for tilpasning for brukeren.

Det er hensiktsmessig å holde vekten til sykkelen så lav som mulig for å kunne sykle fort, og for at det skal være enklest mulig å bære den med en hånd. For å unngå redusert mobilitet for sykkelen må vekten til bryststøtten holdes så lav som mulig. Prisen skal også holdes så lav som mulig.

Tabell 4 Brukerkrav

Nummer	Kategori	Brukerkrav	Utsagn
1	Demping	Skal være stiv helt til slaget kommer	Mads
2	Demping	Vandringen skal være 5 – 20 mm	Peder/Anders
3	Vedlikehold	Må kreve lite vedlikehold	Mads/Peder/Anders
4	Brukertilpasning	Må være mulig med lengdejustering i staget	Mads/Peder/Anders
5	Vekt	Vekt holdes så lav som mulig	Peder/Anders
6	Pris	Pris holdes så lav som mulig	Peder/Anders





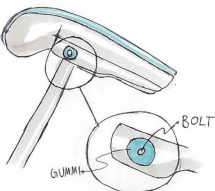
## 4 Teknologianalyse


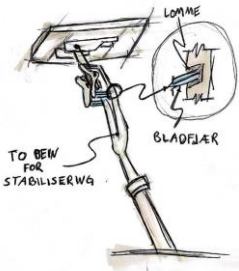

Teknologianalysen i produktutviklingsprosessen går ut på å undersøke hvilke teknologier som finnes i dagens produkter. Da det skal utvikles en dempefunksjon til bryststøtten er det naturlig å undersøke dempeteknologier som finnes/brukes i dag. Dette ble gjort allerede i prosjektoppgaven, i kapittel 5. Der ble dempekonsepter og løsninger til dempebehovet kartlagt og beskrevet. Konseptene ble deretter rangert etter graden av tilfredsstillelse i forhold til brukerkravene til den nye bryststøtten. (I neste kapittel kommer en rask oppsummering av resultatene fra prosjektoppgaven.)

### 4.1 Resultat fra prosjektoppgaven

Resultatet fra prosjektoppgaven der dempekonseptene ble rangert, er vist i tabellen 5.

Tabell 5 Resultat, prosjektoppgave

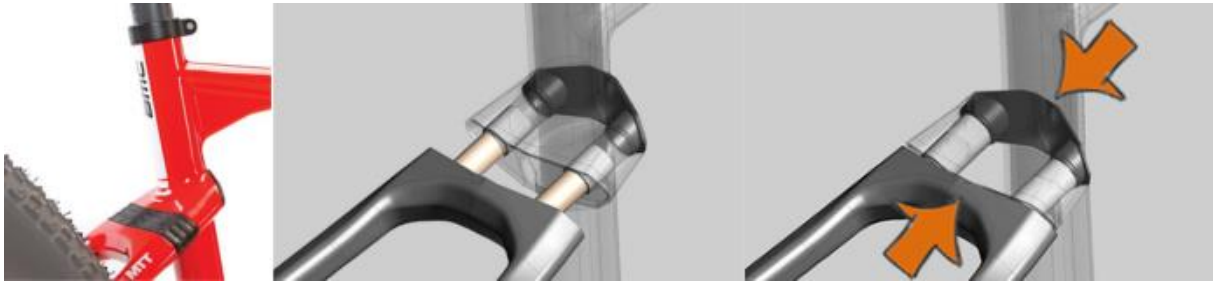
Prinsipp	Illustrasjon	Poengsum
MTT		13
Tykkere skumplate		13
Gummibolt		12

CG-R		11
Lauf		10
Bakdemper		5

Konseptene som kom best ut av rangeringen var MTT, tykkere skumplate og gummibolt. Løsningen der skumplaten gjøres tykkere er den letteste løsningen. Løsningen fikk en bra poengsum fordi den verken tilfører vekt eller kostnad i forhold til dagens bryststøtte. Da en tykk skumplate fort kan bli ustabil velges det å fokusere på de andre konseptene.

## 4.2 MTT

MTT-konseptet er hentet fra en terrengsykkel som er utviklet av den sveitsiske sykkelprodusenten BMC. Sykkelen er fulldempet, som vil si den har demper både foran og bak på sykkelen. Det er teknologien i den bakre demperen som er interessant i dette tilfellet. BMC kaller teknologien for Micro Travel Technology (MTT). Vandringen på demperen er 15 mm (5)., noe som tilfredsstillter brukerkrav 2. MTT demperen er designet for å gi en liten demping, og den skal ikke ta opp energi fra tråkkene på pedalene (6). Den er altså designet for å være stiv til støtet kommer. I følge sykkelprodusenten krever demperen minimalt med vedlikehold, og den gir en ubetydelig vektøkning til sykkelen.



Figur 6 MTT (7) (6)

Prinsippet til demperen er enkelt. Figuren 6 viser hvordan MTT-demperen ser ut, og hvordan demperen uten gummiklossen vil kunne trykkes helt sammen. Uten gummiklossen står de to pinnene fritt til å bevege seg i lengderetningen inni rørene, og demperen kan enkelt trykkes sammen. Når gummiklossen settes rundt pinnene vil den gi motstand mot trykk. Det er kompresjonen av gummiklossen som gir dempingen til systemet.

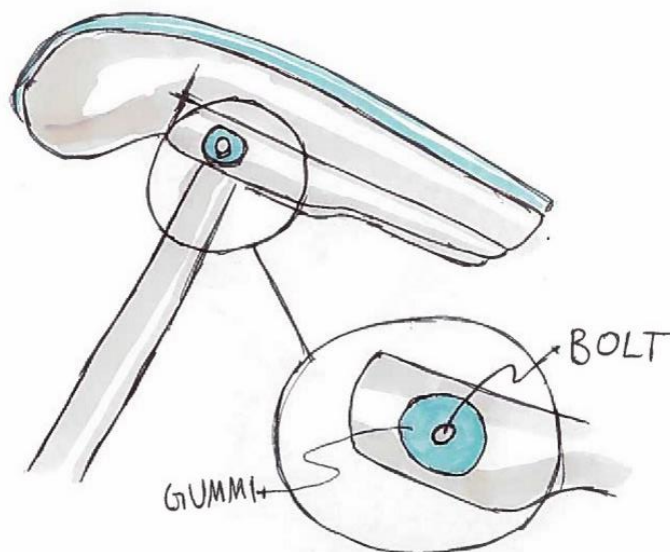
### 4.3 Gummibolt

Denne løsningen her er, i motsetning til den forrige løsningen, ikke basert på noe dempeteknologi som brukes på terrengsykler. I dette prinsippet skal dempingen til bryststøtten ligge i festet mellom staget og u-profilen under platen. Tanken er at rundt bolten som går gjennom staget, skal det ligge en tykkere bolt av gummi. Når brystplaten utsettes for trykk vil gummi komprimeres, og vil dermed gi en liten demping.

Denne løsningen gir ingen betydelig økning i kostnad eller vekt. Men siden bolten er omringet av gummi i alle retninger, vil den kunne gi vandring i alle retninger. Dette kan gjøre bryststøtten litt mer ustabil og kan medføre at bryststøtten ikke er stiv helt til støtet kommer.



Figur 7 Bryststøtte

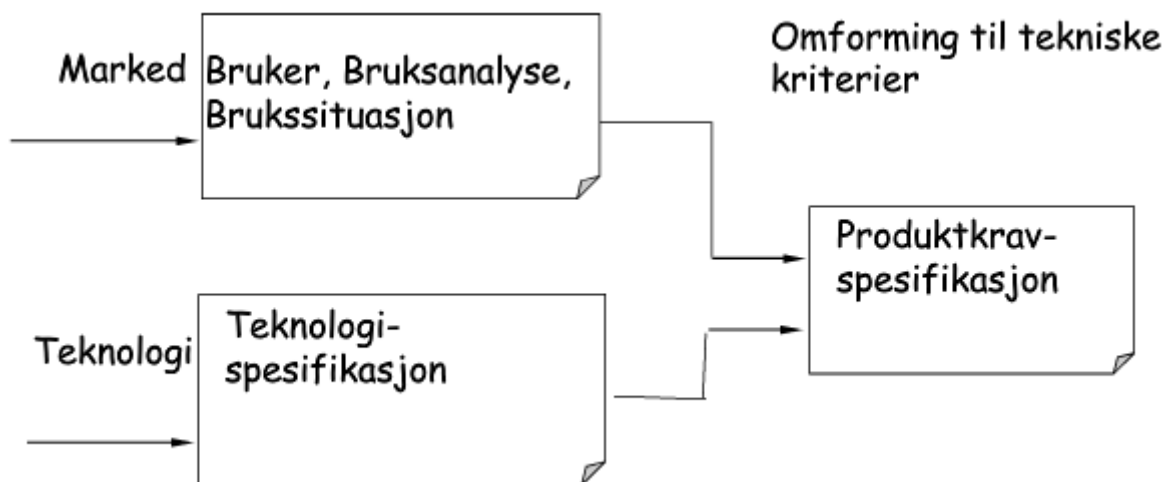


Figur 8 Gummibolt

## 4.4 Diskusjon

Felles for de to mest aktuelle konseptene, MTT og gummibolt, er at begge dempefunksjonene er basert på sammentrykking av en gummikloss/sylinder. Begge konseptene er tatt med videre til konseptutvikling. Der er det videre idégenerert, og utviklet alternative løsninger som alle har en dempefunksjon basert på bruken av en gummikloss.

## 4.5 Produktkravspesifikasjon



Figur 9 Fremgangsmåte, produktkravspesifikasjon (9)

På bakgrunn av behovsanalysen, bruksanalysen og teknologianalysen som er gjennomført etableres det produktkravspesifikasjon. Produktkravspesifikasjonen inneholder tekniske krav for den nye bryststøtten. Spesifikasjonen brukes under videre utvikling for å få best mulig resultat med hensyn på brukerkravene og andre krav til produktet.

Tabell 6 Produktkravspesifikasjon

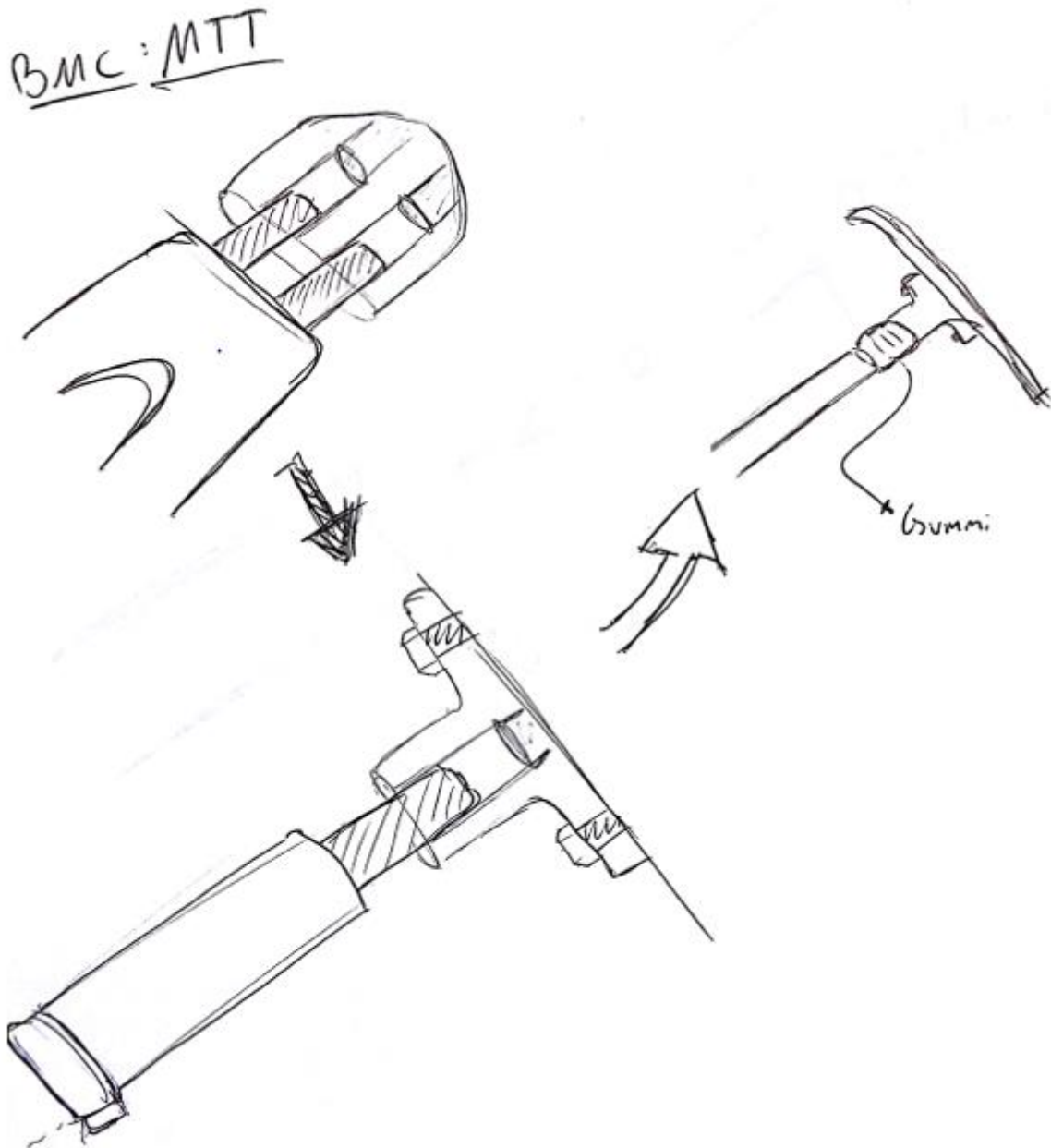
Beskrivelse	Bør	Skal
<b>1 Funksjonskrav</b>		
1.1 Stabilisere og gi støtte til brukeren		x
1.2 Ha dempefunksjon		x
1.2.1 Mindre enn 20 mm vandring		x
1.2.2 Mer enn 5 mm vandring	x	
1.3 Være stiv før slaget		x

1.4 Mulighet for justere hardheten til demperen	x	
<b>2 Omgivelseskrav</b>		
2.1 Fungere i alle værforhold(snø/regn)		x
2.2 Fungere i vinterkulden	x	
<b>3 Operasjonelle krav</b>		
3.1 Lengdejustering		x
3.2 Vinkeljustering	x	
3.3 Ikke hindre på-/avstigning		x
3.4 Enkelt å montere/skifte ut komponenter i produktet	x	
<b>4 Utseende</b>		
4.1 Ha utseende som passer med resten av sykkelen	x	
<b>5 Sikkerhetskrav</b>		
5.1 Tåle belastningen fra syklist på 100 kg		x
5.2 Tåle 100 000 sykler med belastning		x
<b>6 Andre krav</b>		
6.1 Lav vekt		x
6.1.1 Optimalisert design mhp vekt	x	
6.2 Lav pris		x
6.2.1 Ha standardiserte deler	x	
6.3 Lite vedlikehold	x	

# 5 Konseptutvikling

## 5.1 Alternative løsninger

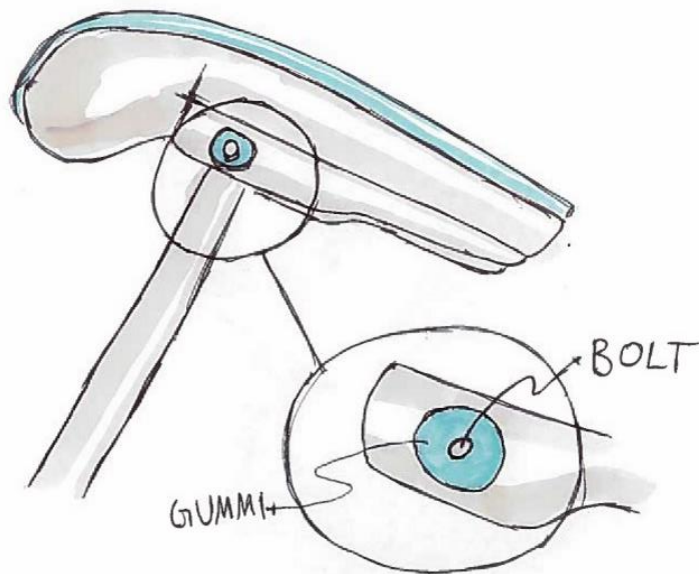
### 5.2.1 MTT



Figur 10 MTT

Måten MTT-konseptet kunne flyttes over til bryststøtten ble vurdert i denne fasen av produktutviklingen.

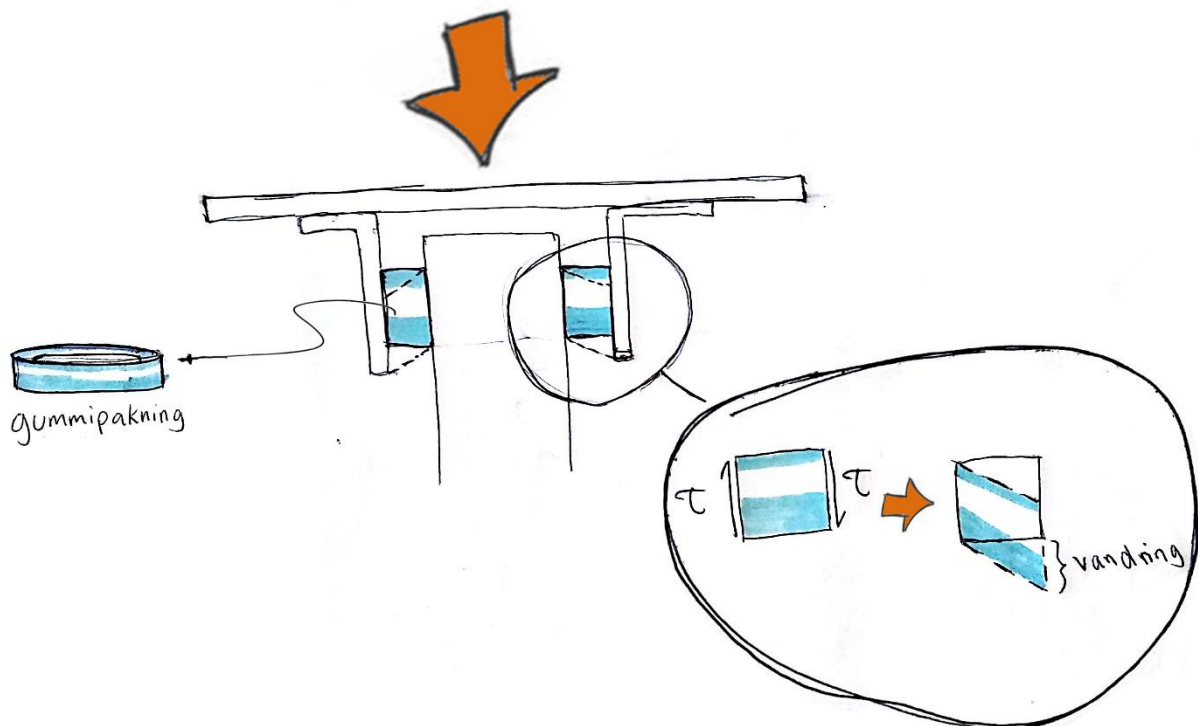
## 5.2.2 Gummibolt



Figur 11 Gummibolt

Konseptet går ut på å ha en gummisylinder rundt bolten som fester u-profilet til staget.

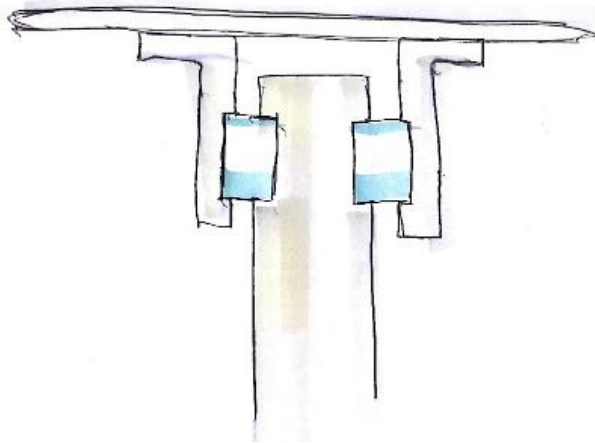
## 5.2.3 Skjærdemping



Figur 12 Skjærdemping

Skjærdemping er et nytt konsept som ble funnet på under idémyldringen av løsninger til dempebehovet. Konseptet har fått navnet skjærdemping fordi det er skjærkraften som skaper demping. Pakningen kan limes i sidene mellom brakett og stag, eller den kan festes mekanisk ved å lage hakk i stag og brakett.

mekanisk festing av pakningen



Figur 13 Skjærdemping

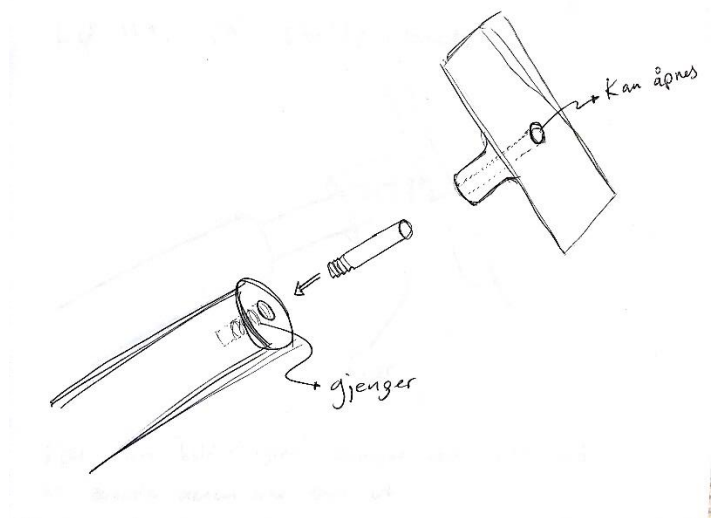
## 5.2.4 Valg av konsept

Løsningene ble vurdert på bakgrunn av graden de antageligvis ville tilfredsstillende produktkravene. MTT-konseptet ble valgt da de andre løsningene trolig ikke ville vært like godt egnet til bryststøtten.

## 5.2 Videre konseptutvikling av MTT

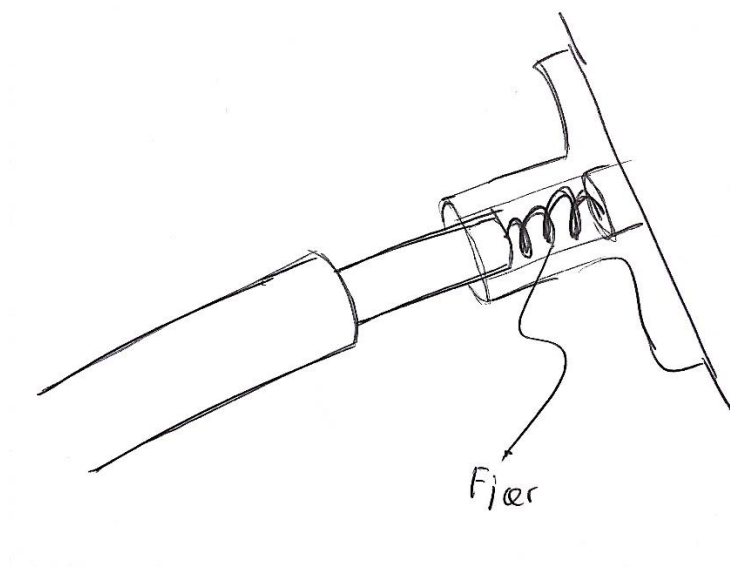
Under den videre konseptutviklingen ble det tidlig bestemt at pinnen som går gjennom gummiklossen måtte festes til staget med gjenger.



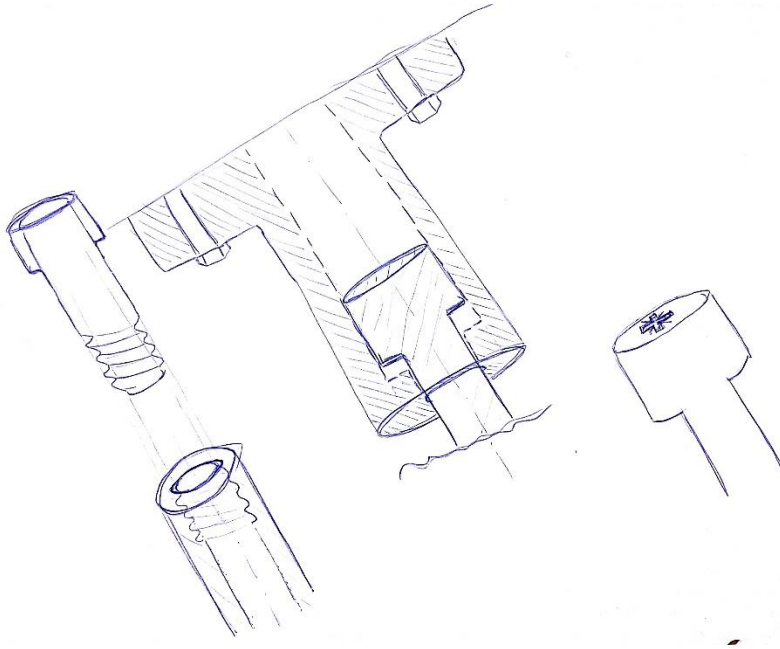


Figur 14 MTT, gjenger

Det oppstod raskt et stort problem med det foreløpige designet, nemlig at modellen ikke ville tåle strekk. Platen kunne simpelthen løftes av pinnen. Løsninger på problemet ble derfor generert.

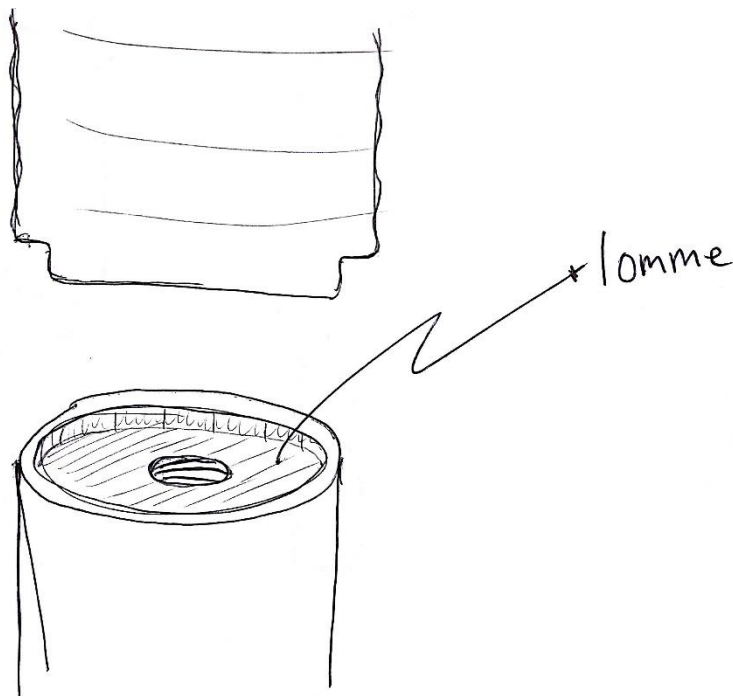


Figur 15 MTT med fjær



Figur 16 MTT skisse

Den ble av de genererte løsningene på strekkproblemet var den løsningen hvor pinnen hadde et skruhode i enden. Ved å ha en tynnere, indre diameter nederst i braketten ville skruhodet hindre at plate til bryststøtten kunne tas av. Dermed kom idéen med bruk av bolt i stedet for pinne.



Figur 17 Lomme til stag

I denne delen av konseptutviklingen kom også idéen om ha en liten lomme i enden av staget og braketten, slik at gummiklossen ville sitte bedre fast mellom dem.

## 5.3 Visuellmodell

### 5.3.1 Formål

Da det foreløpig kun var skissert designet på papir oppstod det et behov for å få et fysisk bilde på størrelsen av designet. Selv om omtrentlige mål var skrevet inn på noen av skissene var det vanskelig å forestille seg den faktiske størrelsen på produktet. Formålet med prototypen var derfor å gi et fysisk bilde på størrelsen av designet. Prototypen trengte verken å ha en fungerende dempefunksjon eller riktig utseende, så lenge formen og målene på modellen stemmer.

### 5.3.2 Material

Alle komponentene til prototypen ble laget av papp. Papp var lett tilgjengelig og enkelt å forme, og ble dermed et naturlig valget av materiale. Ingen deler ble kjøpt inn til denne prototypen



Figur 18 Materialer til visuellmodell

### 5.3.3 Utseende

Modellen viser kun utseende til øvre halvdel av bryststøtten. Dette er fordi det kun er denne delen av det nye designet som er forskjellig fra den nåværende bryststøtten.



*Figur 19 Visuellmodell*

Modellen illustrerer størrelsesforholdet mellom øvre stag, gummikloss, brakket og plate.

# 6 Utforming

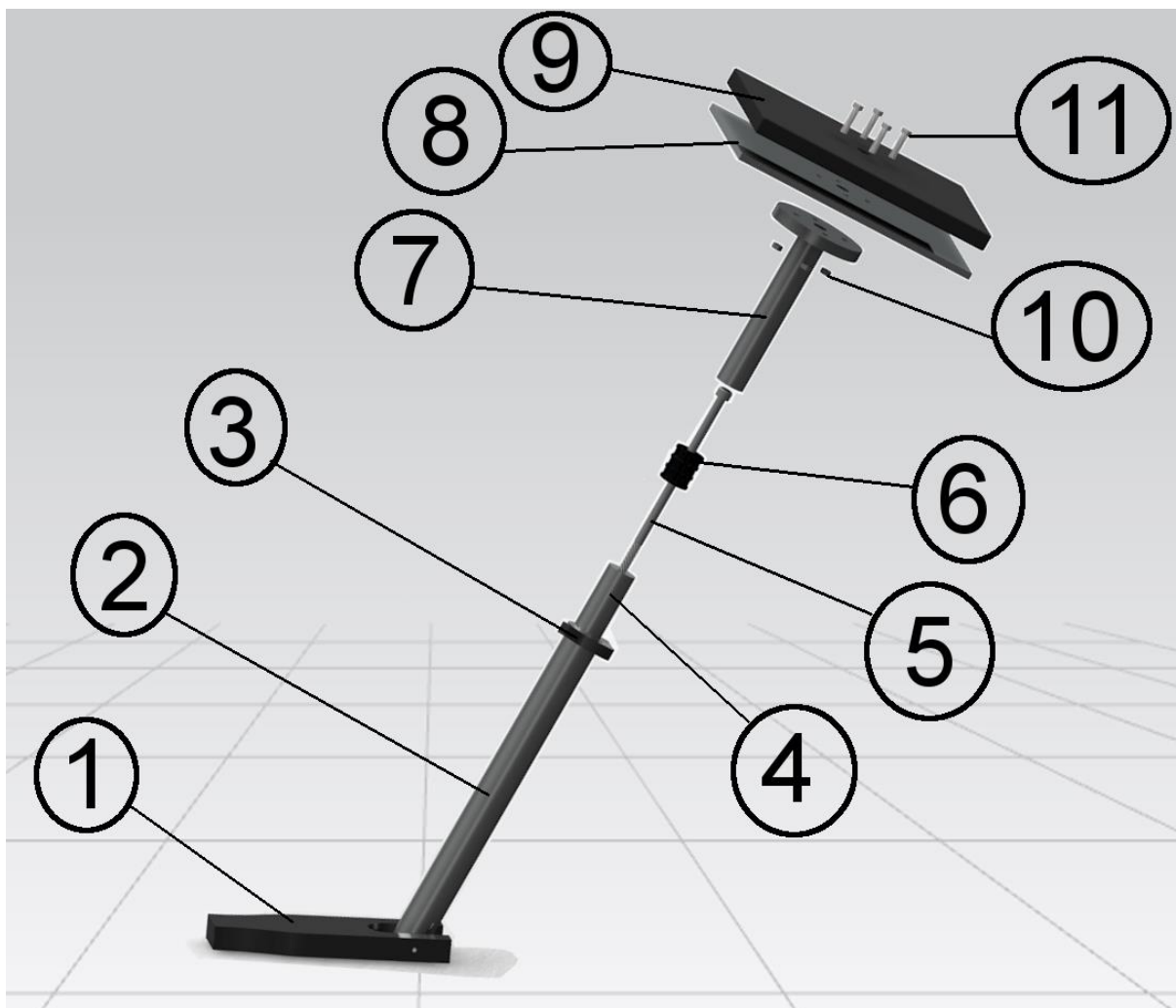
## 6.1 3D-modell

En 3D-modell av det foreløpige designet til den nye bryststøtten har blitt generert. Generering av 2D- eller 3D-modeller ved bruk av dataprogram kalles Computer-Aided Design (CAD), og ble i dette prosjektet gjort i programmet Siemens NX. Modellen gir en god visuell illustrasjon av hvordan bryststøtten vil komme til å se ut. Den vil også bidra til økt oversikt over størrelsesforhold mellom komponentene, noe som er hensiktsmessig når det senere skal bygges prototype. I tillegg er 3D-modellen nødvendig når det senere skal gjennomføres simuleringer styrkeforhold i designet.



Figur 20 3D-modell

Figur 20 viser bryststøtten både med og uten gummiklossen fra forskjellige vinkler. I denne 3D-modellen ble platen og skumplaten forenklet til å være rektangulære da det er enklere å lage i NX. Nedenfor er det en oversikt over alle komponentene til det nye designet. Navnet på de ulike komponentene er vist i tabell 7.



Figur 21 Komponenter, bryststøtte

Tabell 7 Komponenter

Nummerering	Komponent
1	Festekloss
2	Nedre stag
3	Lengdejustering
4	Øvre stag
5	Bolt
6	Gummikloss
7	Brakett
8	Plate
9	Skumplate
10	Skrue
11	Mutter

## 6.2 Materialvalg

Den nederste delen av den nye bryststøtten beholder komponentene som brukes i den nåværende bryststøtten. Dette inkluderer festeklossen og det nedre staget med lengdejusteringen som dermed beholder samme materiale og dimensjoner som de har i dagens bryststøtte. Det er heller ikke nødvendig å velge materiale for platen og skumplaten, da også disse komponentene beholder sin utforming og sine materialer. Den eneste forandringen i platen og skumplaten blir lokasjonen til skruehullene. Dette kommer av at u-profilen, som pleide å feste platen til det øvre staget er erstattet med en brakett. Skruene skal være helt standard skruer i stål, det samme gjelder mutterne. Komponentene som det gjenstår å velge materiale for er øvre stag, bolt, gummikloss og brakett. Gummiklossen er den mest sentrale komponenten med tanke på dempeegenskapene til bryststøtten, og blir derfor gått mer i dybden om i kapittel 7.

### 6.2.1 Øvre stag

Det øvre staget i den nåværende bryststøtten består av aluminium. Aluminium veier mindre enn stål men har til gjengjeld mindre styrke (10). Det nedre staget i det nye designet vil være en av de største komponentene i modellen, og det er derfor er fordel at den består av et forholdsvis lett materiale. Materialet for denne komponenten velges derfor, i likhet med det nedre staget i dagens bryststøtte, til å være aluminium.

Det er i midlertid en rekke forskjellige legeringer av aluminium som kan være aktuelle. Aluminiumslegeringen 6061-T6 er vanlig å bruke i sykkelrammer og sykkelkomponenter (11) da den er enkel å bearbeide, og velges derfor som materiale til det øvre staget.

### 6.2.2 Brakett

I likhet med de fleste andre komponentene i bryststøtten skal braketten også bestå av aluminium, og da nærmere bestemt 6061-T6.

### 6.2.3 Bolt

Bolter kan bli produsert i en rekke forskjellige materialer som aluminium, stål og rustfritt stål. Når materialet til bolten i bryststøtten skal velges er det viktig å tenkte på både pris og egenskapene til materialet. Det er gunstig å bruke en bolt i et materiale som er vanlig å bruke i bolter. Dette vil gjøre det enklere å finne en bolt i riktig dimensjon og til en relativt lav pris. Samtidig må belastningene boltene vil bli utsatt for tas i betraktning. Stål er det mest brukte materialet i bolter (5). Materialeegenskapene i stål, som er en legering av hovedsakelig jern og karbon (6), vil variere med ståletlegeringen. Lavkarbonstål, som er stål med lavt innhold av karbon, er den vanligste formen for stål (7). Denne stållegeringen har en flytespenning på 370 MPa (8), som er høyere en flytespenningen til både aluminium 6061 T6 og rustfritt stål (9). Lavkarbonstålet AISI 1018 velges som materiale for boltene.

## 6.2.4 Materialtabell

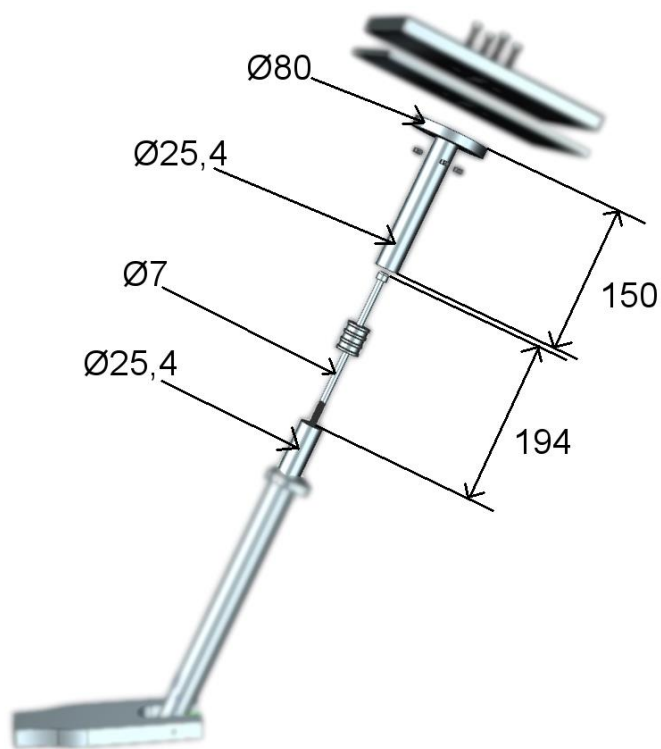
Tabell 8 Materialtabell

Nummerering	Komponent	Materiale
1	Festekloss	Aluminium
2	Nedre stag	Aluminium
3	Lengdejustering	Aluminium
4	Øvre stag	Aluminium
5	Bolt	Stål
6	Gummikloss	Naturgummi
7	Brakett	Aluminium
8	Plate	Aluminium
9	Skumplate	Skum
10	Skruer	Stål
11	Mutter	Stål

## 6.3 Detaljering(nøkkelmål)

Det er essensielt for videre utvikling av produktet å kunne forholde seg til fastsatte dimensjoner på modellen. Dette gjelder spesielt for bygging og testing av prototype, og simuleringer av styrkeforhold i modellen. For å illustrere størrelsesforhold og dimensjoner er det laget et bilde med nøkkelmålene til modellen.





Figur 22 Nøkkelmål

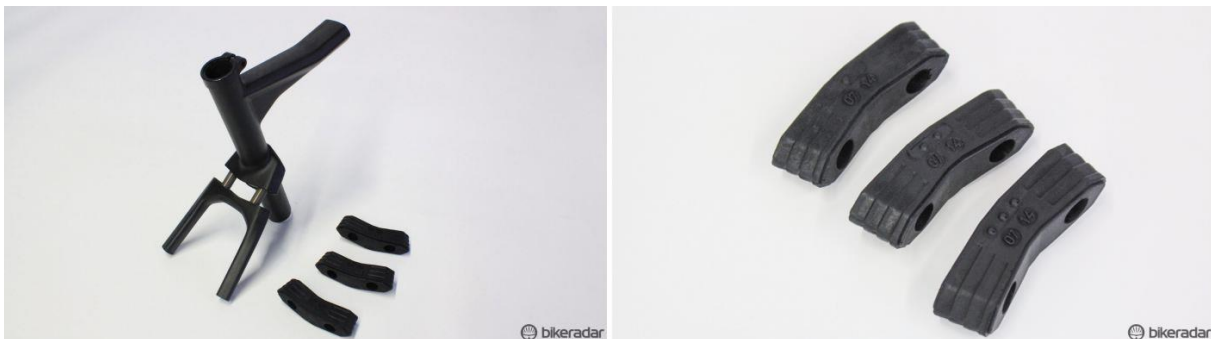
Målene som er fremhevet i figur 22 tilhører de komponentene som ikke brukes i til dagens bryststøtte. Det poengteres at figuren ikke er ment for å være en maskintegning, men heller et oversiktsbilde over diverse foreløpig bestemte mål til modellen. Diameteren til det øvre staget er satt til å være 25,4 mm som er samme diameter på staget som brukes i dagens bryststøtte. Dette er avgjørende for at det nedre staget og festeklossen i den nåværende løsningen også skal kunne brukes i den nye bryststøtten.

# 7 Gummiklossen

Den mest sentrale komponenten for dempefunksjonen til bryststøtten er gummiklossen. Når gummiklossen utsettes for trykk vil den komprimeres, og dette gir demping til systemet. Materialeegenskapene og størrelsen til gummiklossen er derfor helt avgjørende for hvordan dempeegenskapene til systemet blir. Disse faktorene skal velges slik at systemet får en demping som tilfredsstiller dempekravene.

## 7.1 BMC-sykkelen

Materialet BMC har brukt i sitt MTT konsept er en type elastomer. Elastomer er en fellesbetegnelse på polymerer som har gode høyelastiske egenskaper (17). Gummi som er av typen polymere materialer, går med andre ord under den mer generelle betegnelsen elastomer. Elastomer har lav elastisitetsmodul og høy bruddtøyning (18). Disse egenskapene gir materialet stor elastisk deformasjon, noe som gjør materialet godt egnet til demping. Til dempesystemet til BMC-sykkelen følger det med 3 gummiklosser. De 3 gummiklossene har ulik stivhet, slik at syklisten kan tilpasse dempingen etter egen preferanse. BMC har også designet dempesystemet sitt slik at demperen enkelt kan monteres og demonteres, slik at syklisten kan bytte gummikloss på en effektiv måte. Dette er en god løsning som tilfører demperen enda en egenskap, nemlig brukertilpasning. Det er ønskelig å lage en tilsvarende funksjon til designet av bryststøtten, slik at også brukeren av bryststøtten får mulighet til å tilpasse dempingen etter eget ønske.



Figur 23 BMC, gummikloss (19)

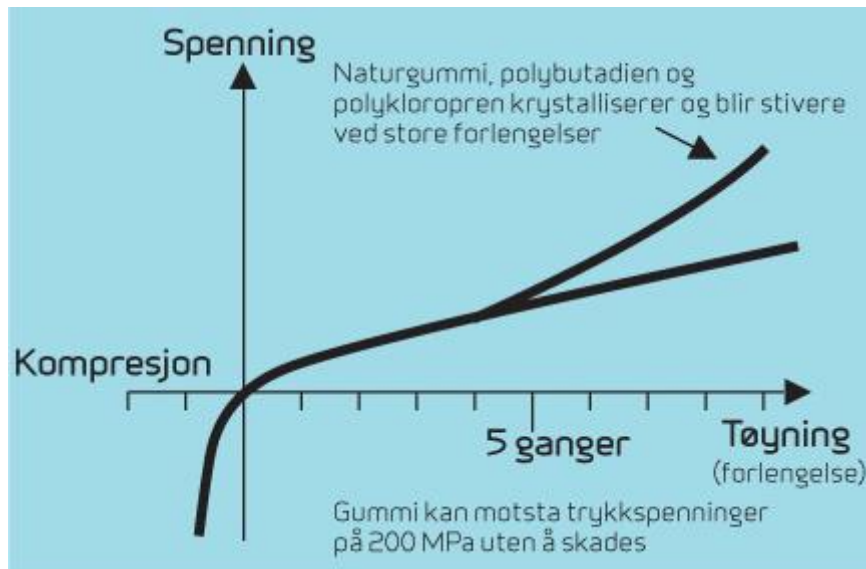
## 7.2 Bryststøtten

### 7.2.1 Demping

Når det gjelder gummiklossen til bryststøtten må materialet og utformingen tilpasses etter brukerkravene. De to første brukerkravene er de som direkte påvirker utformingen av gummiklossen. Brukerkrav 2 krever at demperen skal ha en vandring på mellom 5 og 20

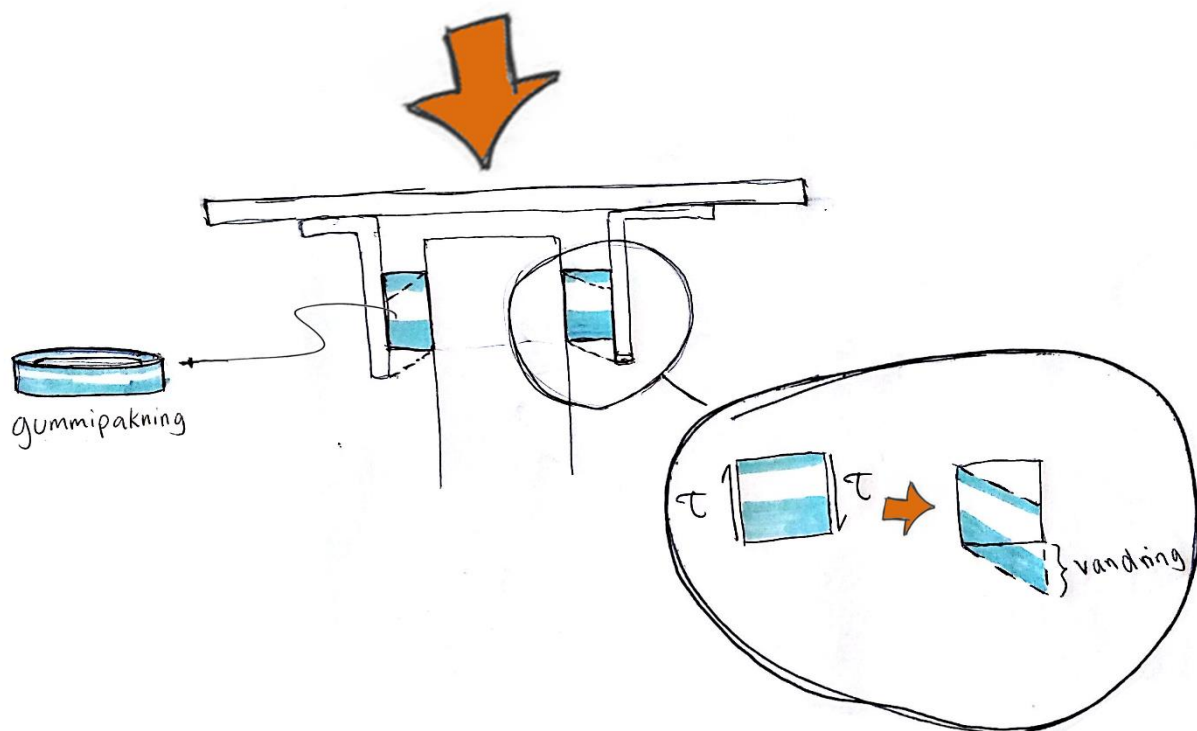
mm. Dette kravet vil være relativt enkelt å oppnå da vandringsen kan justeres ved å simpelthen justere lengden på gummiklossen.

Brukerkrav 1 krever at bryststøtten skal være fast helt til slaget kommer. Brukeren skal kunne lene seg mot bryststøtten uten at demperen trykkes sammen. Demperen må med andre ord være stiv når den er belastet med mindre trykkrefter. Først når slaget kommer og trykkraften blir stor skal demperen gi etter.



Figur 24 Gummi, Spenning-tøyning (19)

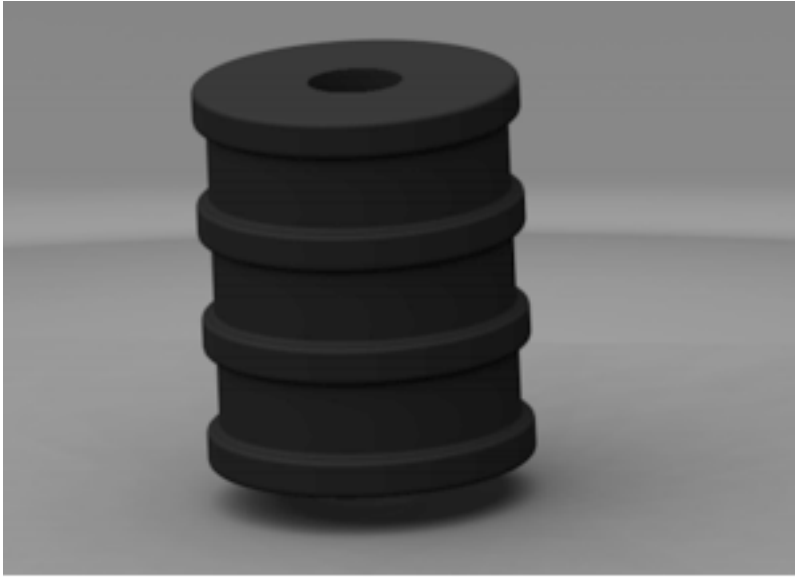
Grafen på figur 24 viser hvordan gummi oppfører seg under strekk- og trykkspenninger. Venstresiden av grafen er mest interessant i dette tilfellet da gummien i demperen vil komprimeres og ikke tøyes. Grafen viser at når gummien komprimeres øker spenningen progressivt i trykkretningen. Det vil si at gummiklossen gir økt motstand jo mer den trykkes sammen. Dempere som gir mer motstand jo mer den er trykket sammen kalles progressive dempere. Denne egenskapen passer dårlig til kravet om at demperen skal være stiv til slaget kommer, da det er mer optimalt med en demper som er hard helt fra starten av kompresjonen. For å få en mer lineær demping i systemet er det nødvendig å endre utformingen av gummiklossen eller måte den brukes på.



Figur 25 Skjærkraft

Ett av dempekonseptene som ble vurdert i konseptutviklingen var skjærdemping. I dette konseptet brukes det en gummipakning til å oppnå demping, men her er det ikke kompresjon av gummi som skaper dempingen. Gummipakningen ligger rundt det øvre staget og på innsiden av braketten, som vist på figur 25. Det er viktig at pakningen er godt festet til stag og brakett for eksempel ved bruk av lim. Når bryststøtten påføres trykkrefter vil gummi få en forskyvning. Her er det altså skjærkreftene på gummipakningen som skaper dempingen. Ved å benytte skjærkraft på gummi i stedet for trykk, vil systemet få en lineær demping i stedet for en progressiv demping. Dette illustrerer hvordan man kan endre måten gummi brukes på for å få en lineær demping, og dermed i høyre grad tilfredsstillende brukerkrav 1. Dette konseptet var imidlertid ikke det konseptet som ble valgt til å gå videre med. For å gi konseptet som ble valgt, MTT-konseptet, et dempesystem som i høyere grad tilfredsstillende brukerkrav 1, er det heller fokusert på utformingen av gummiklossen.

## 7.2.2 Utforming



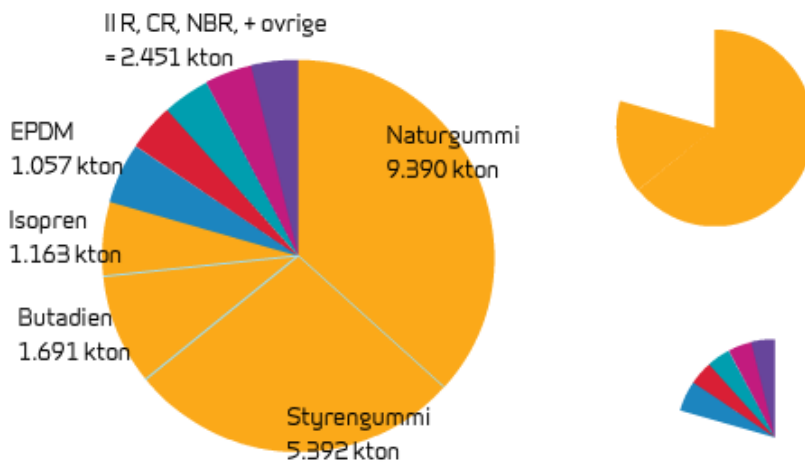
Figur 26 Gummikloss

Det foreløpige designet til gummiklossen er vist i figuren 26. Gummiklossen er formet som en sylinder med en ytre og indre diameter på henholdsvis 25,4 mm og 7 mm. Den ytre diameteren er lik diameterne til det øvre staget og braketten. Den indre diameteren er satt til 7 mm da bolten skal gå gjennom den. Basert på størrelsen til gummiklossen til BMC-sykkelen, er lengden til gummiklossen foreløpig satt til 30 mm. Prototypetesting vil avgjøre om lengden må justeres for at modellen skal tilfredsstillе brukerkrav 2. Det skal også undersøkes om de små hakkene på siden av sylinderen kan bidra til en mer lineær demping og dermed høyere tilfredsstillelse av brukerkrav 1.

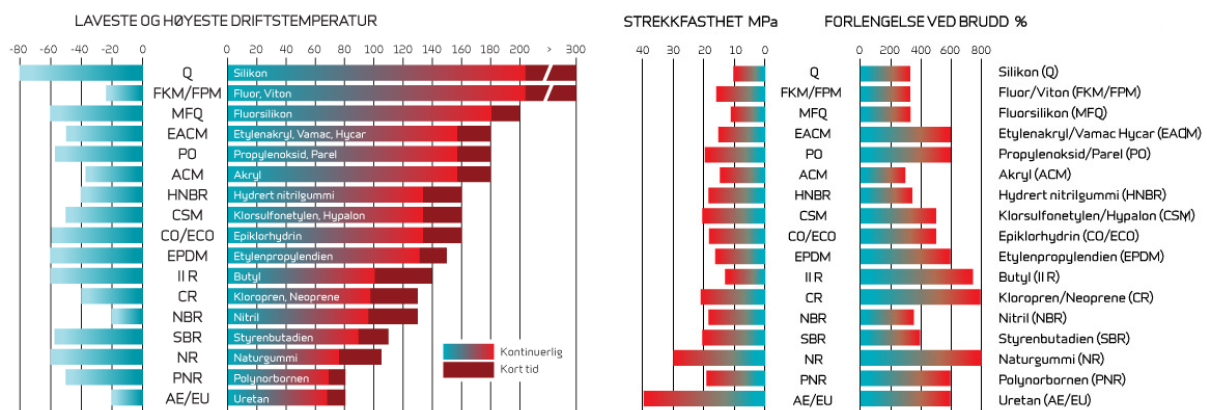
Det er vesentlig å tenke på hva som faktisk skjer med gummiklossen når den komprimeres. Ved kompresjon av gummiklossen vil tverrsnittet øke og den vil utvide seg. Dette kan gi designet en ekstra utfordring da økning i tverrsnittet til gummiklossen kan føre til at gummiklossen strammes rundt bolten som går gjennom. Dette kan øke friksjonen mellom bolten og gummiklossen. Utvidelse av gummiklossen kan antageligvis også medføre en litt ujevn demping. Effekten av dette har blitt undersøkt gjennom prototypetesting.

## 7.2.3 Gummimaterialet

VERDENSFORBRUK = 21.144 Ktonn (2009)



Figur 27 Gummiforbruk (20)



Figur 28 Gummitabeller (19)

Av alle typene gummi som finnes er det mange som kan være egnede å bruke i den nye bryststøtten. Naturgummi er den klart mest brukte typen gummi. Sammenlignet med andre typer gummi har den høy strekkfasthet og forlengelse ved brudd. For å tilfredsstille produktkrav 2.2 er laveste og høyeste driftstemperatur tatt i betraktning. Naturgummi (NR) har ifølge tabellen i figur 28 driftstemperatur mellom -60 og 80 grader Celsius, noe som tilfredsstiller produktkravet. Naturgummi velges som materiale for gummiklossen

Det er i tillegg ønskelig å ha to gummiklosser med ulik hardhet som hører til bryststøtten, slik at bruker velge variere hardheten på demperen ved å bytte gummikloss. Gummimaterialer basert på en gummitype kan ha forskjellige egenskaper avhengig av tilsetningsstoffene i materialet. Det er ønskelig å ha to gummiklosser av typen naturgummi, hvor den ene gummiklossen er noe hardere enn den andre.

# 8 Prototype

En prototype defineres gjerne som en foreløpig utgave eller modell av et produkt (21). Formålet med å lage prototyper er simpelthen å få svar på ting man lurer på rundt produktet som utvikles. I utviklingen av et produkt er prototyper et helt vesentlig verktøy som kan brukes både i tidlige og sene faser av produktutviklingsprosessen. For at produksjonen av prototypen skulle bli mest mulig effektiv er det blitt fokusert på å tydelig formulere formålet til prototypen før den ble laget. Da kan det på kortest mulig tid lages en simpel prototype som likevel gir svar på det utvikler lurer på.

I utviklingen av den nye bryststøtten er det blitt produsert to fysiske prototyper. Den første prototypen er visuellmodellen fra kapittel 5.3 som ble laget allerede i konseptutviklingsfasen av produktutviklingsprosessen. Den andre prototypen ble laget i struktur- og utformingsfasen, og er en funksjonsmodell. Prototypene dekker to forskjellige aspekter ved produktet. Visuellmodellen ble lagd for å illustrere utseende mens funksjonsmodellen ble lagd for å teste funksjonaliteten til produktet.

## 8.1 Funksjonsmodellen

### 8.1.1 Formål

Funksjonsmodeller ble produsert for å teste funksjonaliteten til et produkt. Formålet med modellen var dermed å teste dempefunksjonen til designet. Med unntak av at målene på øvre stag og gummiklossen som måtte være riktige, var utseende til denne prototypen uviktig så lenge testingen av modellen ga troverdige svar på det som skal undersøkes. Følgende ting skulle undersøkes med testing av prototypen.

Tabell 9 Formål, funksjonsmodell

Maksimal vandring	Tilfredsstill den maksimale vandring på modellen brukerkravet på 5 - 20 mm?
Stabilitet	Er modellen stabil, og vil den tilfredsstill brukerkravet om at bryststøtten skal være stiv før slaget kommer?
Utvidelse av gummikloss	Vil utvidelsen av gummiklossen når den trykkes sammen påvirke dempeegenskapene til modellen?
Friksjon	Hvordan vil friksjonen mellom gummiklossen og bolten påvirke dempeegenskapene?
Temperatur	Hvordan vil lave temperaturer påvirke dempeegenskapene?
Utforming av gummiklossen	Hvordan vil utformingen av gummiklossen påvirke dempeegenskapen? Hvilken utforming gir best egnet dempeegenskap?

## 8.1.2 Materiale

I produksjonen av funksjonsmodellen ville det vært naturlig å benytte samme materialer som de bryststøtten skal produseres av, som hovedsakelig er aluminium. Aluminium er forholdsvis enkelt å bearbeide, i tillegg til at det er et stort utvalg av aluminiumsdeler tilgjengelig på verkstedet der modellen ble produsert. Men ingen av aluminiumsrørene på verkstedet hadde riktige dimensjoner i forhold til staget på bryststøtten. Da bestilling av nye aluminiumsrør ville kostet tid og penger, samt at materialet til prototypen var uviktig så lenge funksjonaliteten kunne bli testet, var nytt materialvalg et bedre alternativ.

Med unntak av gummiklossen, endte hele prototypen opp med å bestå av tre. Alt av treverk som trengtes ble funnet enten i verkstedet på skolen eller liggende i kjelleren hjemme. Staget i prototypen ble laget fra skaftet til en feiekost, mens bolten kom fra trepinnen fra en gammel kleshenger. For å undersøkte effekten av friksjonen mellom gummiklossen og stålet i bolten, ble i tillegg en bolt i stål fra verkstedet brukt under prototypetestingen.



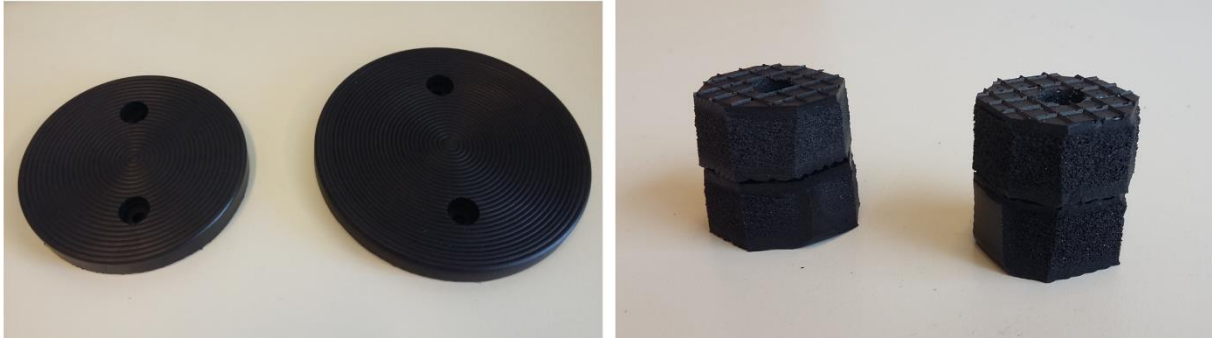
Figur 29 Materiale, prototype

## 8.1.3 Spesifikasjon av innkjøpte deler

Den eneste delen til prototypen som måtte kjøpes var gummiklossen. Den ble kjøpt på nettbutikken gummipad.no, som er en importør og distributør av beskyttelsesutstyr for løfting av biler (21). Det ble kjøpt to ulike gummipader for henholdsvis 154 og 168 kr. Etter at behovet og formålet med gummiklossen var beskrevet for en av de ansatte i nettbutikken, var det disse gummipadene som ble anbefalt. Begge gummipadene var 14 mm tykke gummiskiver med diameter på henholdsvis 120 og 150 mm. Gummipadene hadde ulik hardhet slik at dempefunksjonen til modellen kunne testes med forskjellig hardhet på gummiklossen for å finne den mest egnede løsningen. Den ansatte i nettbutikken trodde materialet i gummipadene var naturgummi, men vedkommende kunne ikke med bekrefte



dette. Vedkommende visste heller ikke hva som gjorde at den ene gummipaden var hardere enn den andre. Det antas videre i oppgaven at begge gummipadene er ulike typer av naturgummi. Den myke gummitypen refereres heretter som gummitype 1, mens den harde refereres som gummitype 2.



Figur 30 Gummipad

Figur 30 viser gummipadene som ble kjøpt inn, og gummiklossen som ble laget fra de innkjøpte gummipadene. Det ble skjært ut til sammen fire gummiklosser. To av gummiklossene kom fra gummitype 1 mens de to andre kom fra gummitype 2. To og to av gummiklossen kunne legges sammen slik at de dannet to lengre, sylinderformede gummiklosser, som vist til høyre i figuren. Dermed kan funksjonsmodellen det testes med gummiklosser av forskjellig hardhet og lengde. Lengdene som kan testes var 14 mm og 28 mm, da to gummiklosser med lengde på 14 mm legges oppå hverandre som vist i figuren. Målet er at to gummiklosser med samme lengde tilpasses slik at begge tilfredsstillende produktkravene. Med to gummiklosser med ulik hardhet vil brukeren av sykkelen selv kunne velge ønsket hardhet på demperen.

Det skal også nevnes at overflaten til gummiklossen ble åttekantede i stedet for helt runde. Virkningen av dette antas å være minimale.

## 8.1.4 Utseende

Funksjonsmodellen bestod av komponentene fra den øvre halvdelen av bryststøtten, det vil si fra det øvre staget og oppover. Dette var fordi hele dempefunksjon befinner seg i den øvre halvdelen av bryststøtten.

For å få troverdige resultater fra prototypetestingen ble det fokusert på å ha riktige dimensjoner på gummiklossen, og riktig diameter på stagene. Da prototypen skal testes i en lab-rigg og ikke på en sykkel, var lengden på stagene samt størrelsen på platen til modellen viktig. Av praktiske grunner ble modellen en del kortere enn størrelsen på bryststøtten.



Figur 31 Visuellmodell

Den sammensatte modellen består av fem komponenter; en plate, to trestag, gummiklossen, og en bolt eller trepinne. Årsaken til at det ble tatt med både en bolt i stål og en trepinne var for å undersøke effekten av friksjonen mellom gummi og stål. Både gummiklossene og trestagene har en ytre diameter på 25,0 mm og en indre diameter på 8 mm. De virkelige diameterne på gummiklossen og staget skal være henholdsvis 25,4 og 7 mm. Det ble dermed et lite avvik mellom de virkelige dimensjonene og dimensjonene til funksjonsmodellen, men dette avviket er så lite at det antas å ha minimal effekt i forhold til dempeegenskapene.

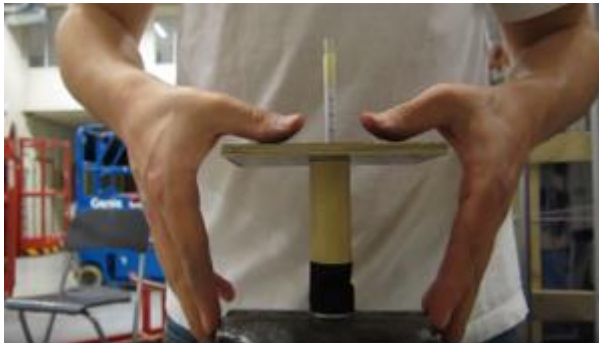
Diameteren til trepinnen og bolten var henholdsvis 8 og 7 mm.



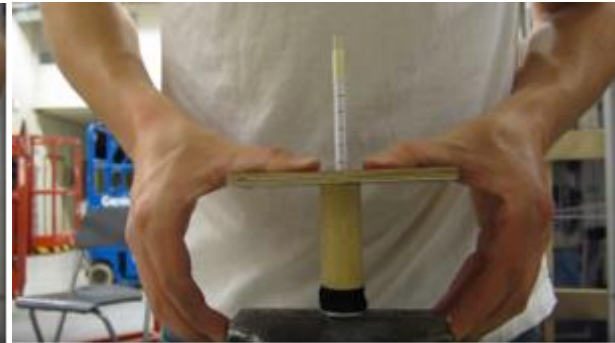
Figur 32 Komponenter, visuellmodell

## 8.2 Testing av prototypen

### 8.2.1 Vandring



Figur 34 Test av vandring 1



Figur 33 Test av vandring 2

Figurene over viser hvordan prototypen ble testet for å finne maksimal vandring. Bunnen av den gjennomgående pinnen ble spent fast i en skrustikke. På toppen av pinnen ble det teipet på et målebånd. Staget som normalt ligger under gummiklossen ble byttet erstattet med en tynn aluminiumsskive med samme ytre og indre diameter. Maksimal vandring ble funnet ved å måle avstanden platen ble trykket ned under stor påført trykkraft. Begge gummitypene ble testet, både for 14mm og 28mm lang gummikloss.

Tabell 10 Resultat, vandring

Lengde på gummikloss	Vandring	
	Gummitype 1	Gummitype 2
14 mm	7 mm	5 mm
28 mm	15 mm	11 mm

Begge gummitypene tilfredsstilte brukerkrav 1 da vandringen var mellom 5 og 20 mm. Testingen viste hvordan lengden på gummiklossen påvirker vandringen på demperen. Lengde på 28mm foretrekkes da den 14 mm lange gummikloss knapt ga stor nok vandring.

## 8.2.2 Stabilitet



Figur 35 Stabilitet

Før å teste stabiliteten og hvorvidt konseptet tilfredsstillter brukerkrav 1, bryststøtten skal være stiv før slaget, ble prototypen spent fast slik som bildet til venstre i figuren over. Bunn av prototypen ble igjen spent fast i en skrustikke slik at den ikke kunne beveges i lengderetning. Vinkelen til modellen (i forhold til det horisontale plan) ble justert etter hvilken sittestilling som følte naturlig. Målet med testtriggen med testen var å simulere sittestillingen på skenosykkelen. I figuren sammenlignes sittestillingen i testingen med sittestillingen på skenosykkelen.

Testen ga en god indikasjon på stabiliteten i den nye bryststøtten. Det er derimot litt vanskelig å svare helt sikkert på om den tilfredsstillter brukerkrav 1. Det er fordi en bryststøtte med dempefunksjon alltid vil (gi litt etter) når man lener seg mot den. Da jeg i testen lente meg mot modellen ble gummiklossen trykket litt sammen. Man kan dermed si at bryststøtten ikke er helt stiv før slaget kommer, og at løsningen ikke tilfredsstillter brukerkrav 1. Da en bryststøtte med dempefunksjon aldri vil være helt stiv når man lener seg mot den, er følgende et mer relevant spørsmål med tanke på prototypetestingen; er løsningen stiv nok når man lener seg inntil den til at den gjør syklisten helt stabil. Til syvende og sist er det kun brukerne av skenosykkelen som kan avgjøre dette. Likevel påstås det at testen ga forholdsvis tydelige indikasjon på hva som er stabilt eller ustabil til å komme med en konklusjon.

Det var en vesentlig forskjellen mellom den myke og den harde gummitypen i stabilitet. Naturlig nok ga den hardeste gummiklossen, gummitype 2, den mest stabile bryststøtten. I tillegg var lengden på gummiklossene også avgjørende for stabiliteten til gummiklossen, der lengre gummiklosser var mindre stabile. Ikke overraskende konkluderes det dermed med at større vandringen i demperen er gjør bryststøtten mindre stabil, og gir derfor mindre tilfredsstillelse av brukerkrav 1.

Tabell 11 Stabilitet

Lengde på gummikloss	Stiv før slaget kommer?	
	Gummitype 1	Gummitype 2
14 mm	Ja	Ja
28 mm	Nei	Ja

### 8.2.3 Utvidelse av gummikloss

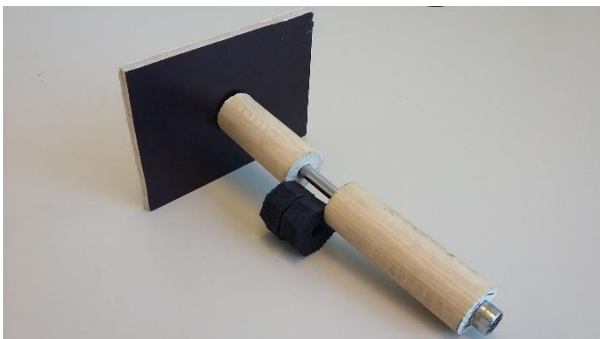


Figur 36 Utvidelse av gummikloss

Det skulle undersøkes hvordan utvidelsen av gummiklossen under sammentrykking ville påvirke dempeegenskapene. Som figuren viser ble gummiklossen trykket litt mer sammen på høyre siden. Det kan skyldes at gummiklossen ikke er helt symmetrisk. Det gjør dempingen ujevn, noe som er uheldig. Derfor har gummiklossen blitt utformet annerledes og testet på nytt for å se om det gir mer jevn demping.

### 8.2.4 Friksjon

For å undersøke effekten av friksjonen mellom gummi og stål, ble prototypen testet både med en trepinne og med en bolt i stål. Ved å sammenligne resultatene fra begge testene vil effekten av friksjonen avgjøres.



Figur 38 Prototype, bolt



Figur 37 Prototype, trepinne

Figurene over viser hvordan prototypen så ut da den ble testet med bolten, og hvordan den så ut da bolten ble erstattet med en trepinne.

Dempeegenskapene til modellen var den samme med bolten og med trepinnen. Vandringen var like stor i begge tilfellene, og jeg merket ingen forskjell da jeg testet dem i test-riggen, vist i kapittel 9.1.2. Dermed kan det konkluderes med at friksjonen mellom gummiklossen og stål utgjør minimal betydning.

## 8.2.5 Temperatur

For å undersøke funksjonaliteten til bryststøtten i vintertid, altså ved lave temperaturer, ble vandringen til modellen med nedkjølt gummikloss testet. Gummiklossen ble lagt i en fryser i 24 timer hvor temperaturen var omkring -18 grader Celsius. Deretter ble den maksimale vandringen testet på samme måte som testen i kapittel 8.2.1.

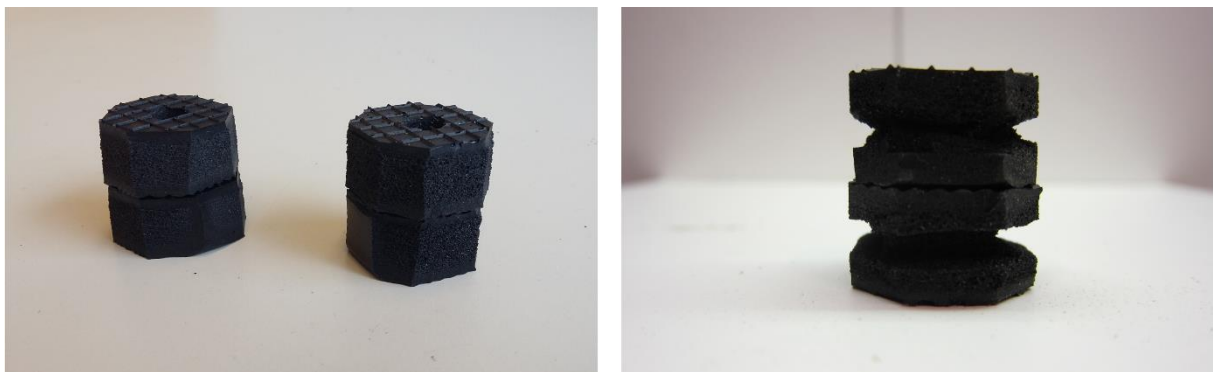
Tabell 12 Temperatur

Lengde på gummikloss	Gummitype 1		Gummitype 2	
	Vandring	Reduksjon	Vandring	Reduksjon
14 mm	5mm	28,57%	3 mm	40,00%
28 mm	12 mm	20,00%	7 mm	36,36%

Den lave temperaturen medførte en betydelig reduksjon i vandringen til demperen. Likevel tilfredsstilte begge gummitypene, med 28 mm lang gummikloss, brukerkrav 2 da vandringene var mer enn 5 mm. Dermed er også produktkravet om at bryststøtten skal fungere i lave temperaturer tilfredsstillt.

## 8.2.6 Utforming

I samtlige tester av prototypen så langt har gummiklossen vært sylinderformet, se figur 39 til venstre. Under testing av utformingen ble effekten av utformingen av gummiklossen undersøkt. Denne gang med hakk inn i sidene på sylindere, se høyre i figur 39.



Figur 39 Utforming, gummikloss

## Maksimal vandring

Det første som ble testet var effekten den nye utformingen hadde på maksimal vandring. Vandring ble testet på samme måte som i kapittel 8.2.1.

Tabell 13 Vandring

Lengde på gummikloss	Gummitype 1		Gummitype 2	
	Vandring	Økning	Vandring	Økning
14 mm	7 mm	0%	5 mm	0%
28 mm	16 mm	6,67%	12 mm	9,09%

Hakkene på sidene av sylindrene medførte en beskjeden økning i maksimal vandring. Ingen av gummitypene fikk en større vandring en 20 mm, og brukerkrav 1 er dermed fortsatt tilfredsstillt.

## Stabilitet

Stabiliteten ble testet i samme testtrigger som i kapitlene 8.2.1 og 8.2.2. Hensiktene med testen var å undersøke effekten den nye utformingen av gummiklossen hadde på stabiliteten oppfylleelsesgraden av brukerkrav 1, altså om bryststøtten er stabil og stiv før slaget. Den nye utformingen ga en noe annerledes følelse av dempefunksjonen til modellen. I stedet for gradvis kompresjon av gummiklossen var kompresjonen tydeligere oppdelt i tre faser, se figur under.

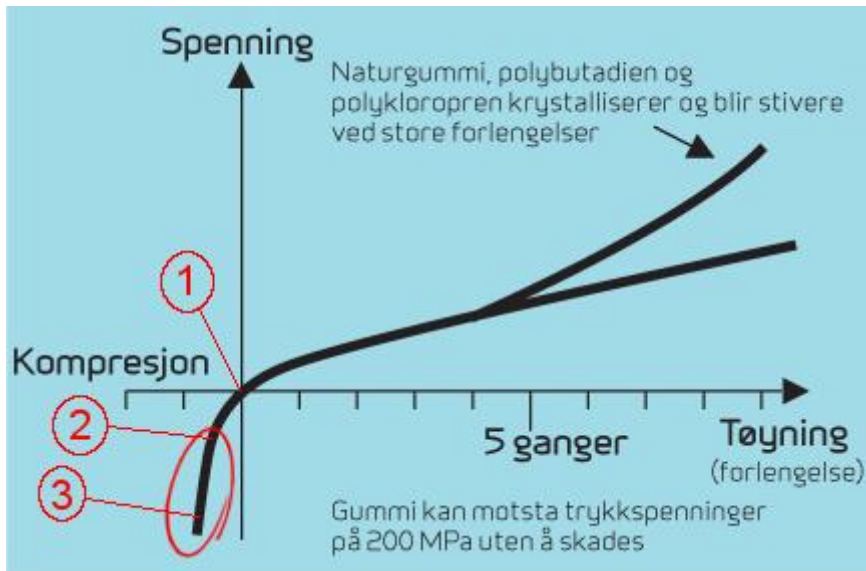


Figur 40 Kompresjon av gummikloss

Mellom fase 1 og 2 tettes hullene i sidene på cylinderen, og demperen ga liten motstand mot trykkraft. Mellom fase 2 og 3 komprimeres gummi ytterligere til den når fase 3 der maksimal vandring er nådd. I overgangen mellom fase 2 og 3 ga demperen stor motstand mot trykk, samtidig som dempingen kjentes lineær.

For å tilfredsstille brukerkrav 1 skal derfor gummiklossen i den nye bryststøtten spennes fast med en liten forspenning. Det vil si at gummiklossen vil bli trykket litt sammen av måten

bryststøtten monteres. Dermed vil gummiklossen starte direkte i fase 2 i stedet for fase 1. Slik vil bryststøtten i stor grad være stiv før slaget kommer. I spenning/tøyning-grafen i figuren under viser de tre fasene i kompresjonen av gummiklossen. Ved å bruke forspenning i gummiklossen vil gummiklossen befinne seg i den lineære delen av kompresjonen, som er mellom fase 2 og 3.



Figur 41 Spenning/tøyning

### Utvidelse av gummiklossen

Hakkene i sidene på sylinderen reduserte kraftig utvidelsen som gummiklossen fikk under kompresjon. Figuren under sammenligner utvidelsen av gummiklossen før og etter utformingen av gummiklossen. Den nye utformingen ga en demping som følte mer jevn og kontrollert.



Figur 42 Utvidelse, gummikloss



## 8.2.3 Resultat av test

På bakgrunn av resultatene fra prototypetestingen er følgende endringer i designet gjort:

- Lengden til gummiklossen er redusert fra 30 mm til 28 mm.
- Utformingen til gummiklossen skal inkludere hakk i siden av sylindren.
- Bryststøtten skal være designet slik at gummiklossen påføres en forspenning når støtten monteres.

## 9 Dimensjonering

For å optimalisere dimensjoneringen i modellen er deformasjon, spenningsforhold og utmatting i modellen analysert. Modellen optimaliseres ved å justere strukturen eller dimensjonene til komponentene som eventuelt viser seg å være under- eller overdimensjonert. Underdimensjonerte komponenter må oppjusteres(?) simpelthen for å unngå flyt og brudd fra belastningene, mens overdimensjonerte komponenter må nedjusteres fordi de ved å være unødvendig store veier mer enn de trenger. Da lav vekt er ønskelig, er unødvendig store komponenter ikke optimalt for produktet.

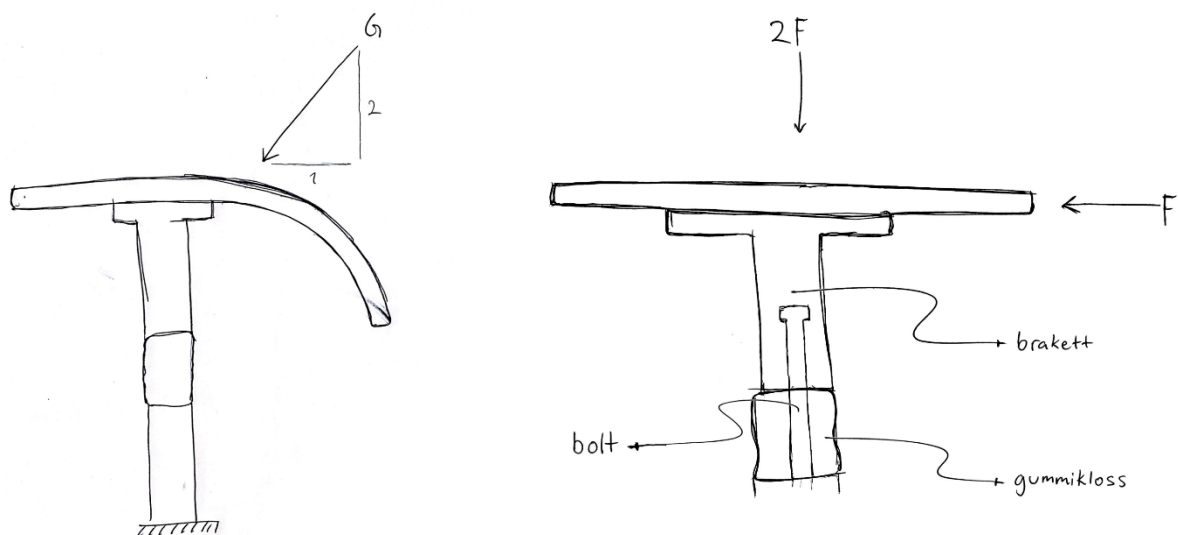
For å se om det foreløpige designet av modellen tåler belastningen den vil bli utsatt for under bruk, gjøres det styrke- og utmattingsberegninger. Beregningene gjøres ved å kjøre finite element method (FEM) simuleringer i NX. FEM analysen er kort forklart en numerisk metode for å gjøre simuleringer ved å dele geometrien til modellen i flere mindre enklere enheter, eller endelige elementer (5). Alle de endelige elementene danner et mesh, som er representasjonen av modellen som skal simuleres. Det skal simuleres spenningen og deformasjonen som opptrer i de kritiske komponentene i modellen. I tillegg skal det skal regnes ut sikkerhetsfaktor i forhold til flytespenning i materialet. Flytespenningen er den spenningen der et materiale går fra å oppføre seg elastisk til å oppføre seg plastisk (6). Det vil si at deformasjonene i materialet blir permanente, noe som naturligvis er uakseptabelt. For store elastiske deformasjoner er heller ikke ønskelig.

Da bryststøtten også skal tåle gjentatte belastninger er det nødvendig å se på utmattingen i komponentene i modellen.

Komponentene som skal analyseres er:

- braketten
- bolten
- gummiklossen

Figurene under viser hvordan kreftene som virker på bryststøtten er blitt forenklet under beregningene.



Figur 43 Styrkeberegning

Modellen er fast innspent i bunnen av det øvre staget ved lengdejusteringen, og den belastet med en ytre kraft  $G$ . Platen til bryststøtten er i virkeligheten bøyd på den ene siden. Derfor er kraften satt med en vinkel i stedet for helt vertikal. Til høyre i figur 43 vises det hvordan kraften  $G$  dekomponeres til en vertikal og en horisontal kraft. På grunn av vinkelen til kraften  $G$  er den vertikale kraften dobbelt så stor som den horisontale. Platen til høyre i figuren er flat fordi platen i 3D modellen er flat. Kraften  $G$  er satt til å være 1 kN, som er litt i overkant av kraften en 100kg tung syklist ville påført bryststøtten dersom vedkommende skulle falle med hele sin kroppsvekt mot bryststøtten med en akselerasjon lik tyngdeakselerasjonen.

## 9.1 Styrkeberegning

I beregningen av sikkerhetsfaktorer for de enkelte komponentene skal Tresca- og Von Mises-kriteriene benyttes. I Tresca-kriteriet brukes den maksimale skjærspenning til å finne sikkerhetsfaktoren, mens i Von Mises-kriteriet brukes Mises-spenningen som også blir kalt jevnføringsspenning (7).

$$\eta_{Tresca} = \frac{\sigma_y}{2 \tau_{max}}$$

$$\eta_{Mises} = \frac{\sigma_y}{\sigma_j}$$

$\eta$  – sikkerhetsfaktor

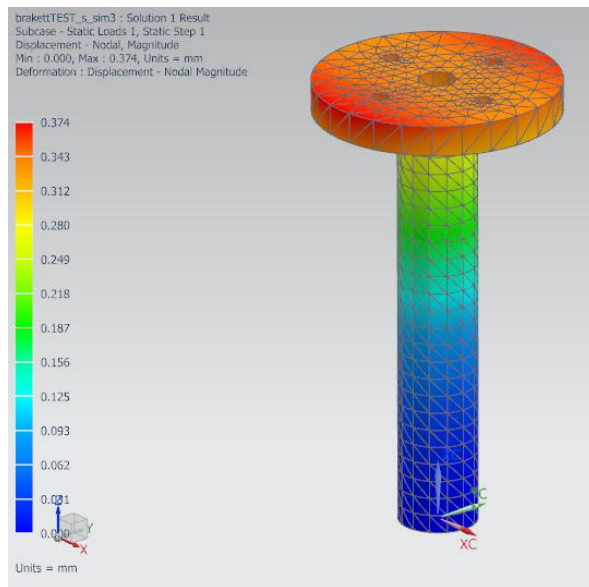
$\sigma_y$  – flytespenning

$\tau_{max}$  – maksimal skjærspenning

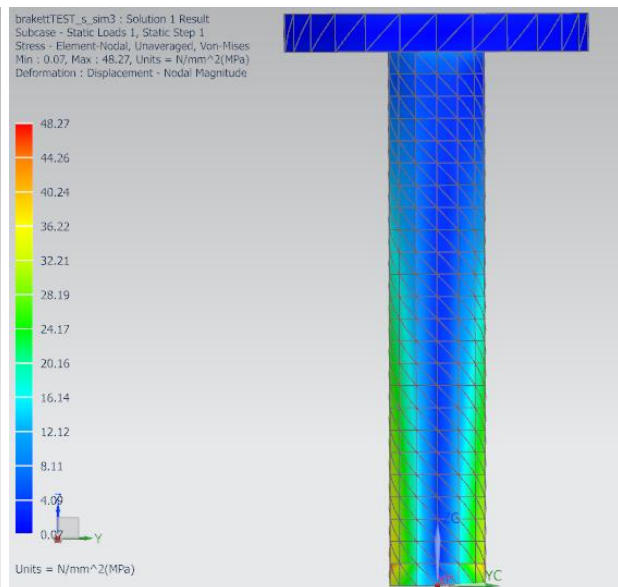
$\sigma_j$  – Mises spenning

Det skal også betraktes deformasjonene som oppstår i komponentene.

## 9.1.1 Brakett



Figur 45 Forskyvning



Figur 44 Spenning

Tabell 14 Styrkeberegning, brakett

Materiale	Maksimal forskyvning	$\sigma_y$	$t_{maks}$	$\eta_{Tresca}$	$\sigma_j$	$\eta_{Mises}$	Sim.kvalitet
Aluminium 6061-T6	0,374 mm	276 Mpa (20)	25,83 MPa	5,34	48,27 MPa	5,72	96,44%

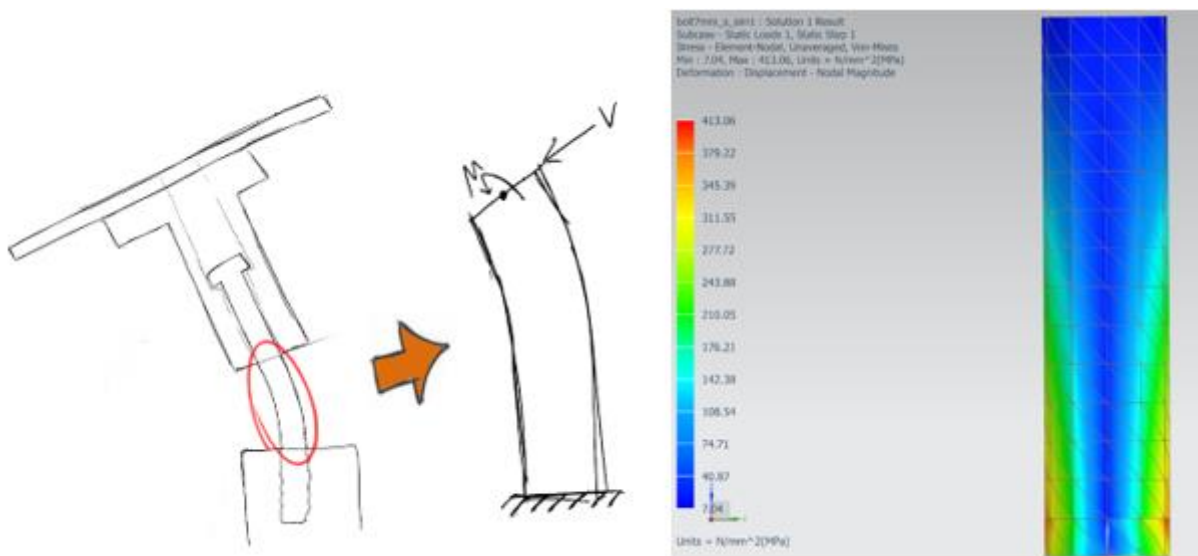
Resultatene fra simuleringen vises i figurene over. De illustrerer forskyvingene og spenningsfordeling i komponentene. Det er ingen synlig deformasjon i komponenten fra belastningene. Den maksimale forskyvningen i komponenten er 0,374, og den finner sted i de områdene markert i rødt i simuleringresultatet i figur x. Forskyvning er lengden en node eller et punkt i modellen er blitt flyttet(forskjøvet) fra sin originale lokasjon. Dette er en liten forskyvning og den vil ikke påvirke funksjonaliteten til modellen på noen måte.

Med en sikkerhetsfaktor mot flyt på over 5 er langt fra store nok belastninger på materialet til at det skal forekomme flyt eller brudd i materialet. Med en sikkerhetsfaktor kan det virke som komponenten er overdimensjonert. En ny simulering er derfor gjort der dimensjoner er justert ned.

Simuleringskvaliteten var ifølge NX på 96,44%. Simuleringskvaliteten er funnet ved å kvalitetsteste meshet som er laget i simuleringen. Tallet forteller oss grunnlaget vi har til å stole på resultatet fra simuleringen, der jeg regner alt over 95% som et godt resultat der ingen videre forfining av meshet er nødvendig.

## 9.1.2 Bolt

Figuren under viser hvordan boltene vil deformeres under belastningen, og den kritiske delen av boltene er tydelig markert. Boltene vil ikke ta opp noe av den vertikale kraftkomponenten til G. Den vil til gjengjeld få skjærkraft fra den vertikale belastningen på bryststøtten, samt et dreiemoment. Momentet kommer som følge av den vertikale kraften på platen på bryststøtten, og momentarmen som blir avstanden mellom platen og den kritiske delen av boltene, se figur 48. Derfor er spenningene som opptrer i boltene både avhengig av størrelsen på den vertikale kraften til G og momentarmen x. I simuleringene som er gjort er kun den kritiske delen tatt i betraktning. Den er fast innspent der gjengene starter i staget under, og den er påført skjærkraft og moment, som i figuren.



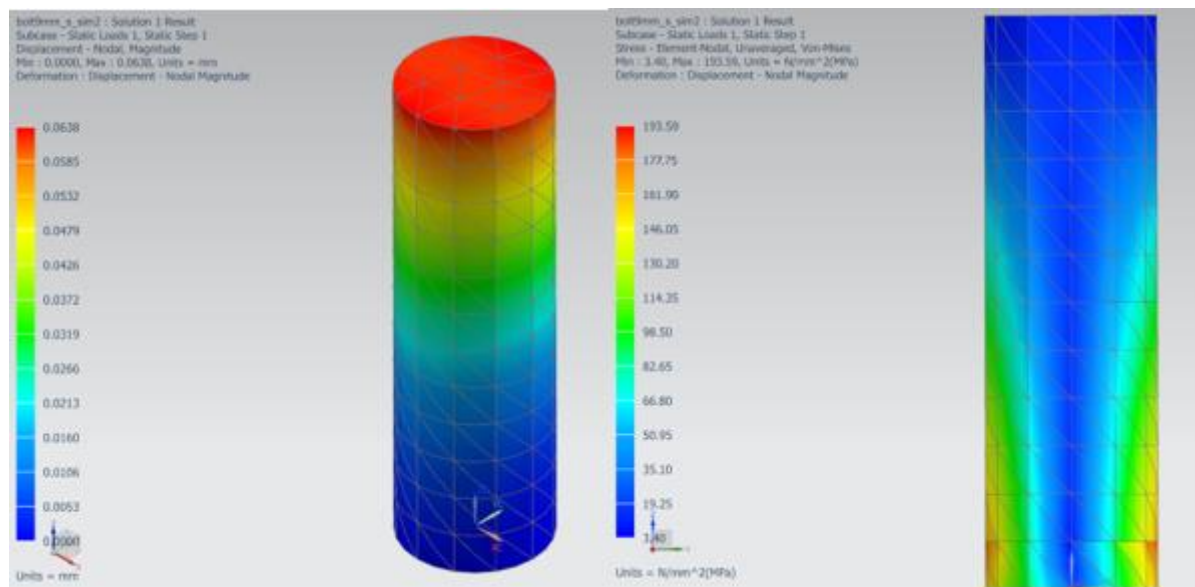
Figur 46 Styrkeberegning, bolt

Tabell 15 Styrke

Materiale	Maksimal forskyvning	$\sigma_y$	$t_{maks}$	$\eta_{Tresca}$	$\sigma_j$	$\eta_{Mises}$	Sim.kvalitet
Karbonstål AISI 1018	0,17 mm	370 Mpa (15)	220 MPa	0,84	413 MPa	0,90	97,22%

Selv om det den maksimale forskyvningen er liten og det ingen synlig deformasjon, er det store spenninger som opptrer i komponenten. Sikkerhetsfaktoren er under 1, som vil si at det vil bli flyt i materialet som følge av belastningen. For å hindre at dette skal skje må det dermed gjøres justeringer i modellen. For å gjøre bolten sterkere økes diameteren fra 7mm til 9 mm, og det gjøres ny simulering for å se endringen i simuleringresultatet. Samme rammebetingelser er satt i den neste simuleringen som i forrige.

Figurene under viser resultatene fra simuleringen da diameteren var satt til 9 mm. Den venstre figuren viser deformasjon mens den høye viser spenning.

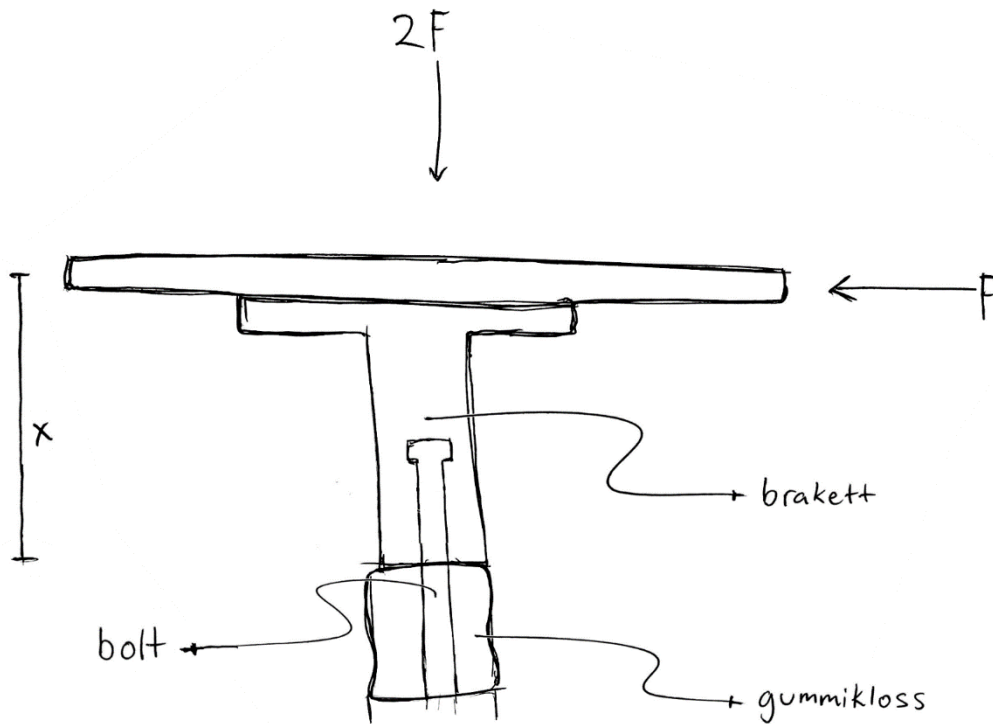


Figur 47 Styrkeberegning, bolt

Tabell 16 Styrkeberegning, bolt

Materiale	Maksimal forskyvning	$\sigma_y$	$t_{maks}$	$\eta_{Tresca}$	$\sigma_j$	$\eta_{Mises}$	Sim.kvalitet
Karbonstål AISI 1018	0,0638 mm	370 Mpa	101 MPa	1,83	194 MPa	1,91	97,15%

Økningen av diameteren til bolten ga positiv effekt da sikkerhetstallene for Tresca og Von Mises ble henholdsvis 1,83 og 1,91. Dermed vil det ikke bli flyt og deformasjonene som forekommer vil ikke bli permanente. Likevel vil sikkerhetstall på under 2 gi flyt dersom spenningene hadde vært dobbelt så store som det de er her. For å gjøre komponentene i modellen endre mer motstandsdyktig mot belastningene vil jeg gjøre enda en justering. Som følge av det store dreiemomentet bolten blir utsatt gjøres lengden til braketten kortere. Platen til bryststøtten vil dermed ligge nærmere gummiklossen og bolten. Dette vil redusere momentarmen og dermed også gjøre dreiemomentet mindre.

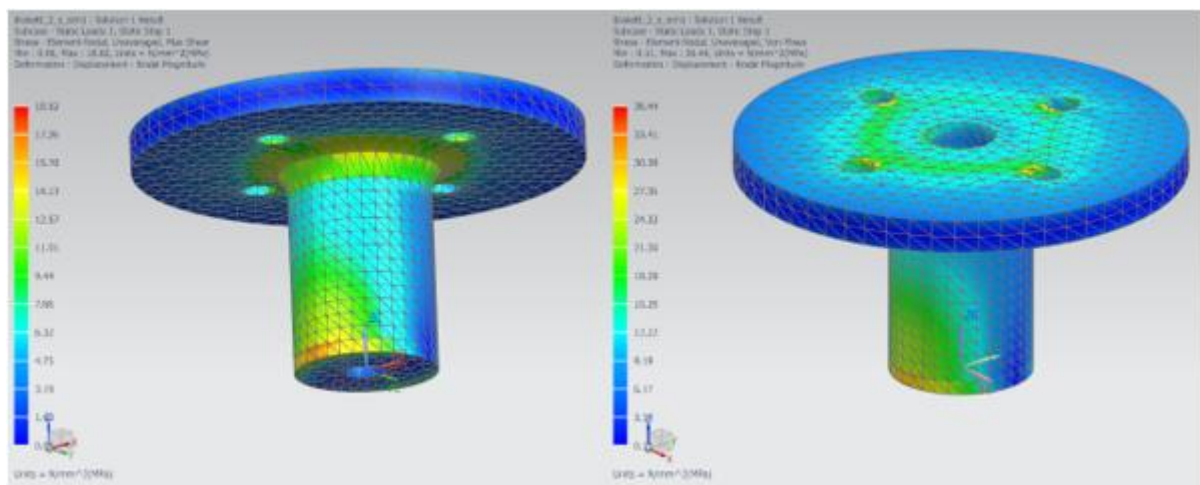


Figur 48 Momentarm

### 9.1.3 Brakett, ny simulering

En ny simulering av spenningsfordeling i braketten er gjort. Noen av dimensjonene i braketten er blitt justert som følge av de tidligere simuleringresultatene. Følgende endringer er gjort i utformingen av braketten:

- Lengden på braketten redusert med 70% (for å senke moment)
- Tykkelsen på skiven er senket fra 10 mm til 6 mm
- Rundt kant mellom sylinderen og skiven for å hindre svakt punkt i kanten



Figur 49 Brakett, ny simulering

Tabell 17 Brakett, ny simulering

Materiale	Maksimal forskyvning	$\sigma_y$	$t_{maks}$	$\eta_{Tresca}$	$\sigma_j$	$\eta_{Mises}$	Sim.kvalitet
Aluminium 6061-T6	0,0556 mm	276 Mpa (20)	18,82 MPa	7,33	36,44 MPa	7,57	95,62%

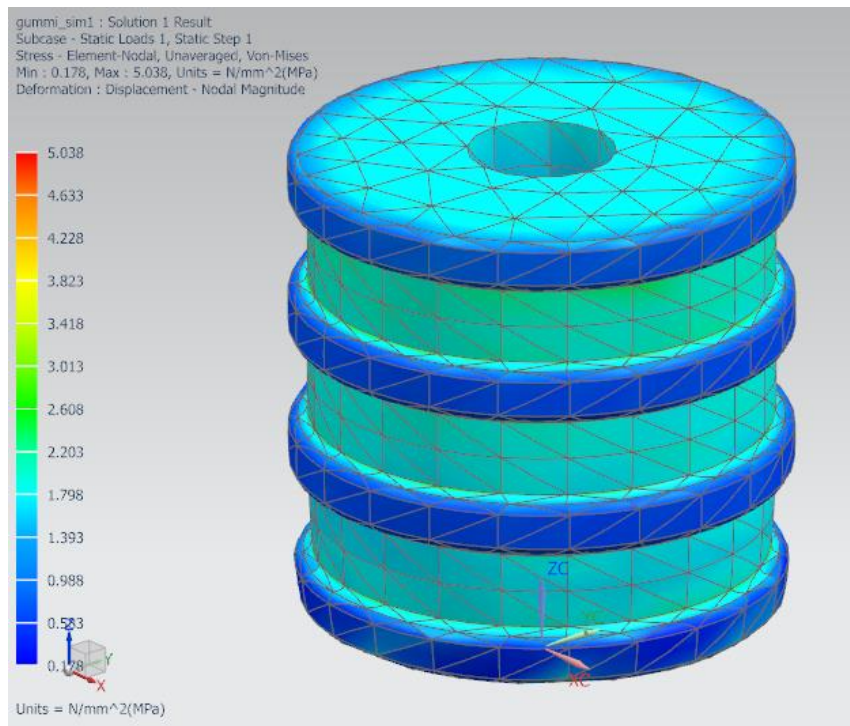
Til tross for at tykkelsen på skiven ble justert ned ble sikkerhetsfaktoren mot flyt høyere. Dette skyldes først og fremst at lengden ble kraftig redusert. Dimensjonene på sylindere kan ikke endres. Den ytre diameter må være lik ytre diameter på staget. Den indre diameteren kan heller ikke endres da bolten skal ligge inni den. Derfor beholdes dimensjonene på braketten.

### 9.1.4 Gummikloss

Hensikten med styrkeberegningene for gummiklossen er kun for å påse at den vil tåle belastningene, altså at den ikke er underdimensjonert. Det er fordi dimensjonene til gummiklossen skal optimaliseres med tanke på dempeegenskaper i stedet for vekt.

Under belastningen på bryststøtten vil gummiklossen ta opp hele den vertikale kraftkomponenten til kraften G, men ingenting av den horisontale komponenten. Den vil altså kun bli belastet med trykk. Testingen av maksimal vandring i prototypen, i kapittel 8.2.1 (sjekk om fortsatt stemmer), indikerte at gummiklossen tåler belastningen den vil bli påført. Deformasjonen ble i samme test også undersøkt, og det er dermed ikke nødvendig å gjennomføre en like grundig FEM-simulering for gummiklossen som for komponentene over.



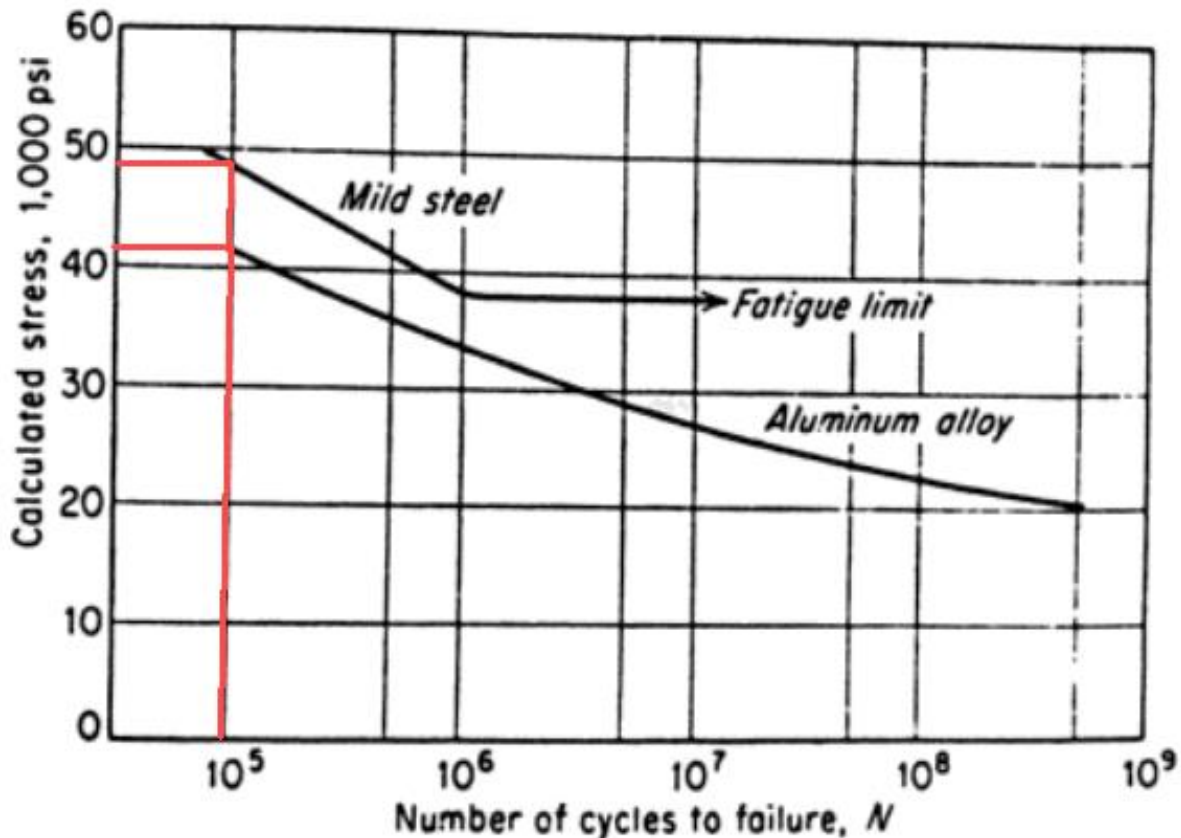


Figur 50 Styrkeberegning, gummikloss

En rask FEM-simuleringen forteller at den maksimale Von Mises-spenningen er 5,04 MPa. Da naturgummi har en flytespenning på 20 – 30 MPa (13), gir det en sikkerhetsfaktor på 3,97. Det er vanskelig å si hvor reel denne sikkerhetsfaktoren er med tanke på at hvor forskjellig gummi oppfører under strekk og trykk. Ifølge gummiprodusenten Rubberstyle AS kan gummi motstå trykkspenninger på 200 MPa uten å skades (14). Den reelle sikkerhetsfaktoren vil i så fall være mange ganger så høy. Uansett så kan det konkluderes med at gummiklossen vil tåle belastningen.

## 9.2 Utmatting

Et materiale kan oppnå brudd selv om belastningene er lavere enn flytespenningen. Ved gjentatte belastninger kan det oppstå utmattingsbrudd i materialet. For at ikke den nye bryststøtten skal lide av utmattingsbrudd er utmatting i modellen undersøkt. Dette er gjort ved bruk av S-N kurve som er en kurve som plottes stress (S) mot levetid i sykler (N). For alle sykler som produseres er det standard å teste med alternerende belastning på 850 N i 100 000 sykler (25). Kravet til levetiden for bryststøtten i antall sykler er derfor 100 000. Utmatting er undersøkt for de samme komponentene som i styrkeberegningen i kapittel 9.1, nemlig braketten, boltene og gummiklossen.



Figur 51 SN-kurve (26)

Figuren viser SN kurven for Mild steel og Aluminum alloy som gjelder for bolten og braketten da de består av henholdsvis lavkarbon og aluminiumslegering. I grafen er alternerende spenning plottet mot levetid i sykler. Spenningene som gir 100 000 sykler levetid for stålet og aluminiumet er markert med rødt i grafen. For aluminium er spenningen omkring 42 000 psi mens for stålet er spenningen omkring 48 000 psi, noe som tilsvarer henholdsvis 290 MPa og 330 MPa.

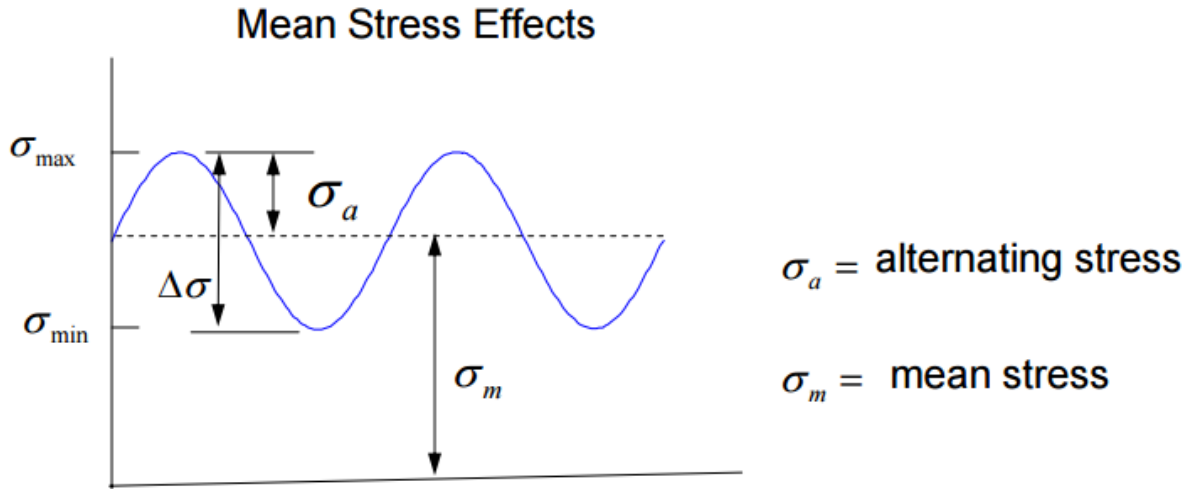
## 9.2.1 Brakett

Fra simuleringsresultatene i kapittel 9.1 ble den maksimale spenningen i aluminiumsbraketten funnet og fastslått til å være 36 MPa. Da dette er så langt fra 290 MPa konkluderes det med at braketten tilfredsstiller kravet om en levetid på minst 100 000 sykler.

## 9.2.2 Bolt

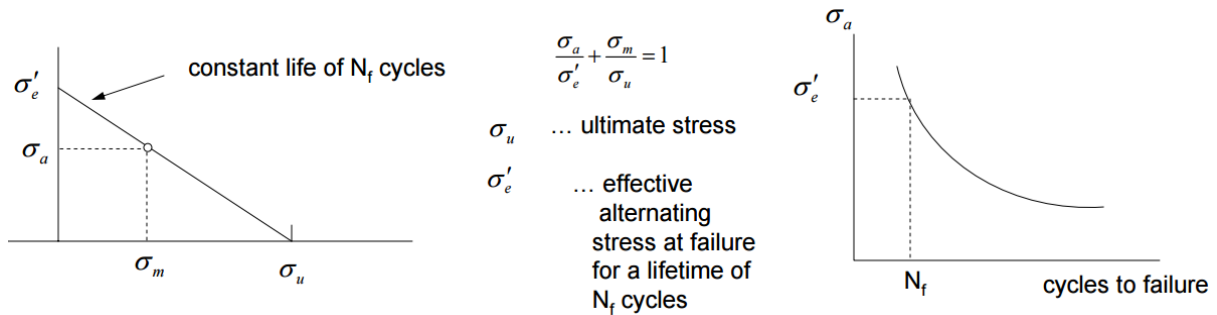
Den maksimale spenningen i bolten ble funnet til å være 194 MPa. Selv om den maksimale spenningen er godt under 330 MPa kan det ikke med sikkerhet konkluderes med at

komponenten tåler 100 000 sykler. Dette er fordi effekten av middelspenning først må tas i betraktning.



Figur 52 Middelspenning (27)

Figuren viser sammenhengen mellom maksimal spenning, minimal spenning, alternerende spenning og middelspenning. I SN-kurven er den alternerende spenningen plottet mot levetid, men da er det ikke tatt hensyn til effekten av middelspenningen. Middelspenningen er gjennomsnittet mellom den maksimale og den minimale spenningen som oppstår i materialet. For å estimere effekten av middelspenningen er det blitt tatt i bruk Goodman linjen, som er forklart i figuren under.



Figur 53 Goodman (27)

Kort fortalt estimeres den effektive alternerende spenningen som deretter sammenlignes med SN-kurven. Strekkfastheten til lavkarbonstålet er 440MPa (15)

$$\sigma_a = 95,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 98,7 \text{ MPa}$$

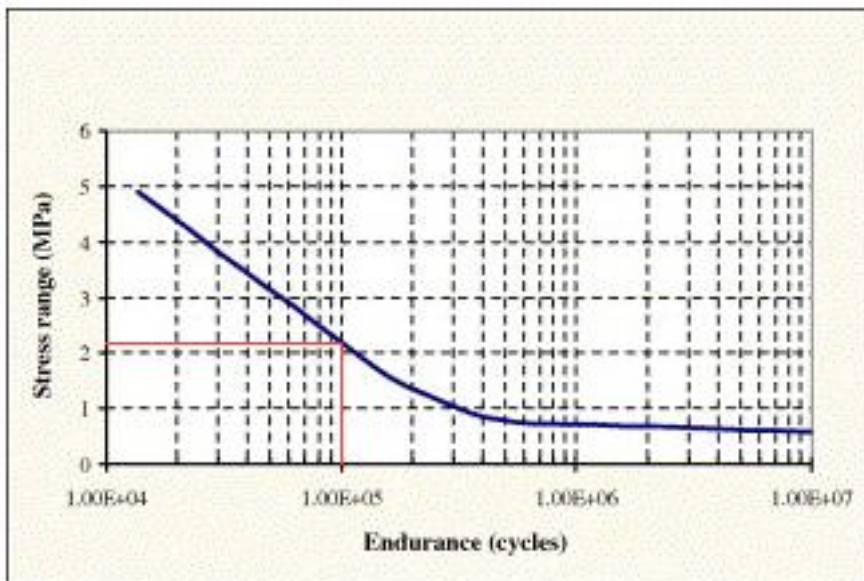
$$\sigma_u = 440 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_a}{\sigma'_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_u} = 1$$

$$\sigma'_e = 123 \text{ MPa}$$

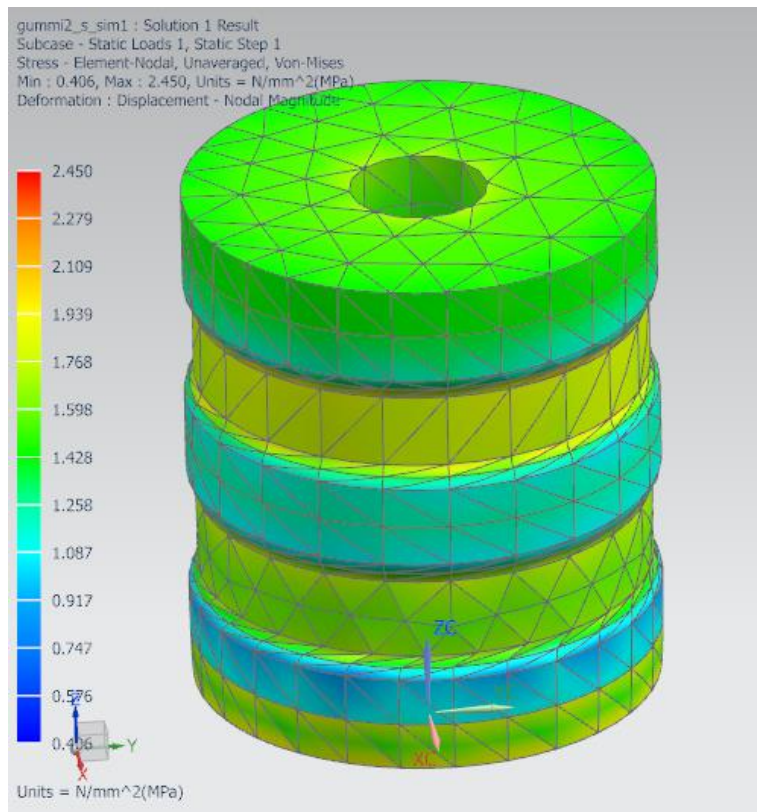
Den effektive alternerende spenningen er blitt estimert til å være 123 MPa. Da den effektive alternerende spenningen er lavere 330 MPa konkluderes det med at bolten vil tåle 100 000 sykler.

### 9.2.3 Gummikloss



Figur 54 SN-kurve, gummi (28)

Figur 54 viser SN-kurven for gummimaterialer. Denne ganger er spenningsvidde (stress range), som er differansen mellom maksimal og minimal spenning i materialet, plottet mot levetiden i sykler. Fra plottet ser man at spenningsvidden maksimalt kan være omkring 2,1 MPa for å oppnå en levetid på 100 000 sykler. Simuleringen av spenningsfordelingen i gummiklossen i kapittel 9.1.4. ga maksimal og minimal spenningen på henholdsvis 5,04 og 0,18 MPa. Spenningsvidden er da 4,86 MPa og dermed for høy til at materialet skal tåle 100 000 sykler. Av den grunn er det gjort en mindre endring i utformingen til gummiklossen. Ny simulering av det nye utseende til gummiklossen er gjort for å finne spenningsvidden.



Figur 55 Gummikloss

Med en maksimal og minimal spenning på henholdsvis 2,45 og 0,41 MPa, gir dette en spenningsvidde på 2,04. Dermed vil gummiklossen tåle 100 000 sykler.

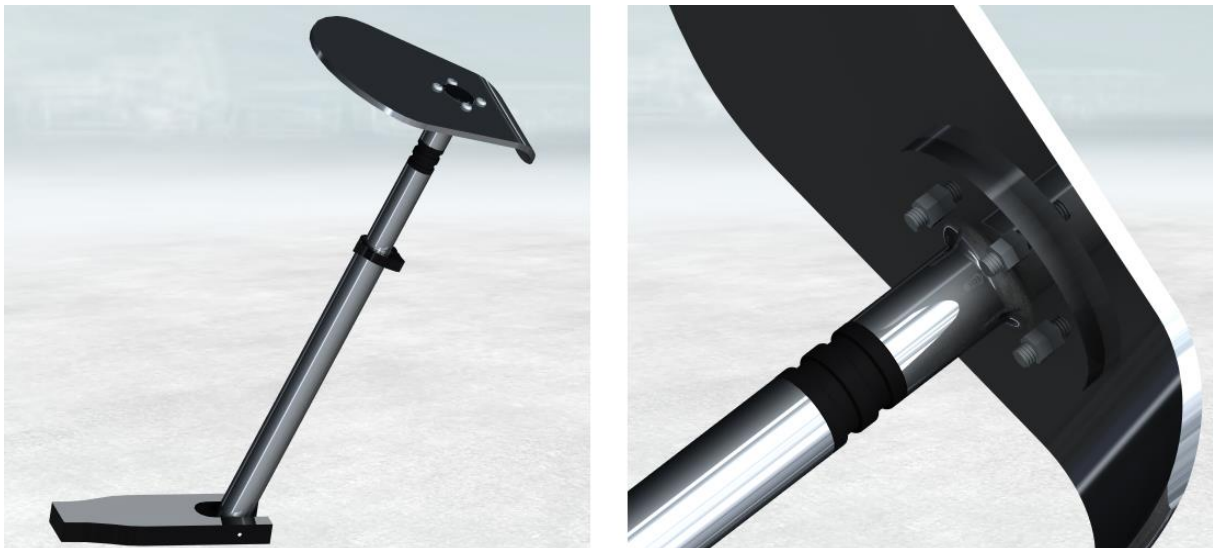
# 10 Resultat

## 10.1 Forbedringer

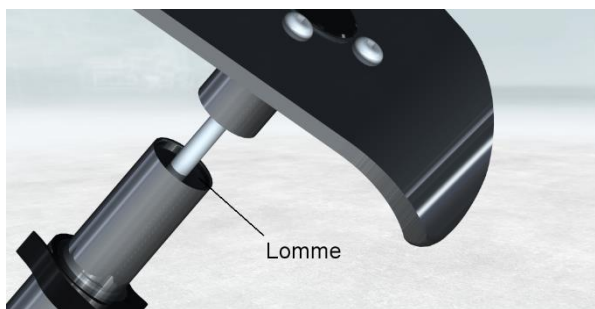
Etter flere runder med testing av prototype samt simuleringer av styrkeforhold i modellen ved hjelp av dataprogrammet NX, er det kommet fram til en rekke forbedringer av designet. Følgende endringer er gjort i designet siden den første 3D-modellen ble generert:

- Bolten har fått økt diameter og redusert lengde. Lengden ble redusert både for å redusere spenningene i bolten, og for å gi gummiklossen en forspenning.
- Lengden på braketten og tykkelsen på skiven har blitt redusert, og overgang mellom sylinter og skive har blitt buet.
- Gummiklossen har fått liten endring i utformingen, samt at den skal bli spent fast med en forspenning.
- Staget og braketten har begge fått en liten lomme i kontaktflaten med gummiklossen, slik at gummiklossen sitter bedre fast mellom brakett og stag.
- Skumplaten festes til platen med borrelås slik at det enkelt kan tas av og på.
- Et plastlokk er laget for å dekke hullet i platen der bolten går gjennom.

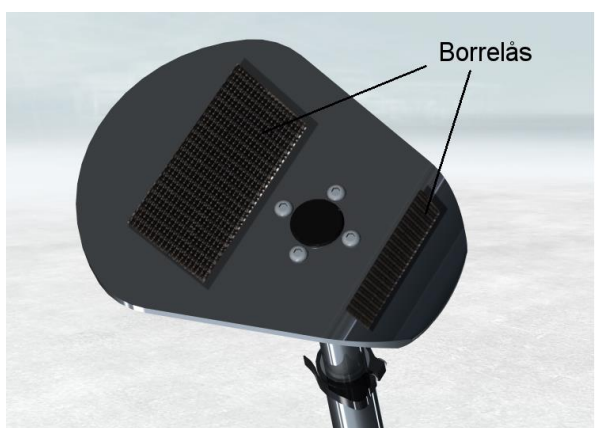
## 10.2 Endelig Design



Figur 56 Endelig utseende



Figur 57 Endelig utseende, lomme



Figur 58 Endelig utseende, borrelås



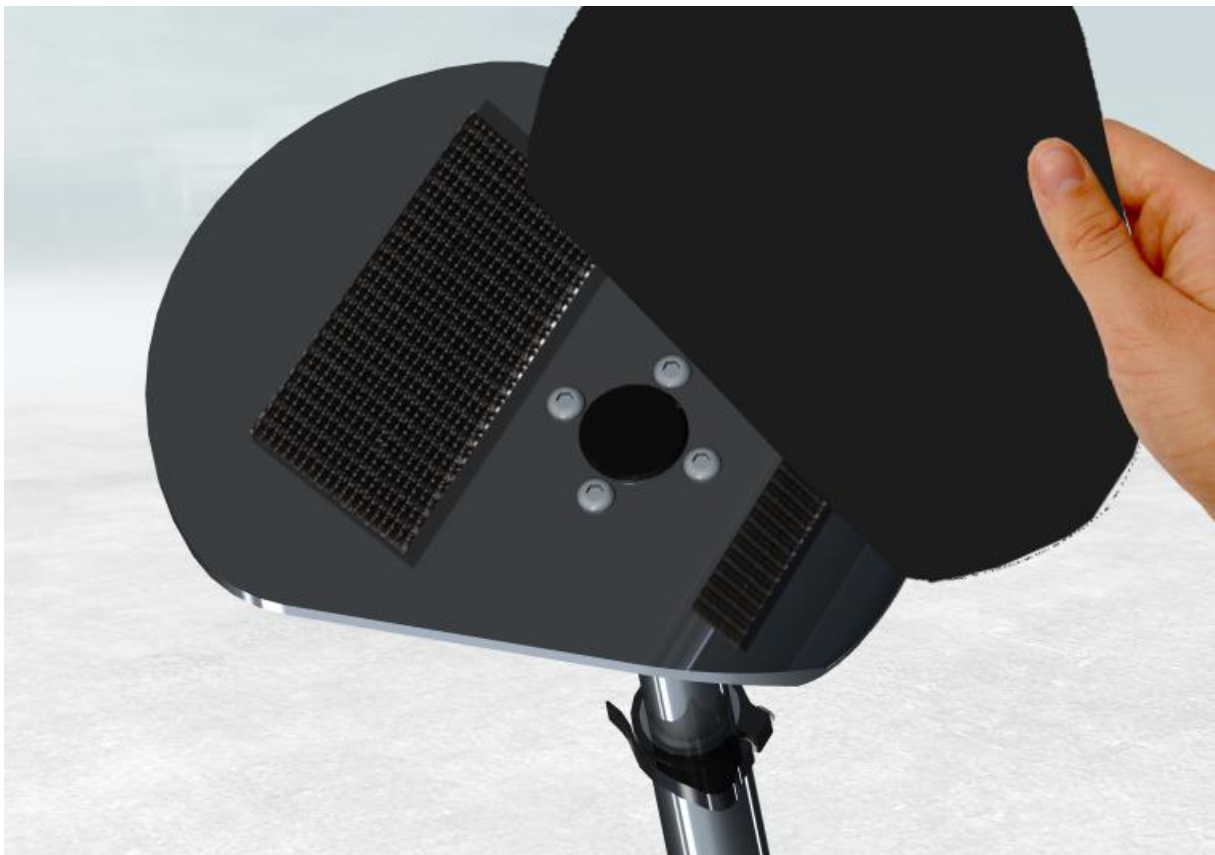
Figur 59 Skenosykkelen med ny bryststøtte

## 10.3 Brukermanual

For at bruker selv skal kunne endre på hardheten på demperen er det laget en brukermanual som forklarer hvordan man bytter gummikloss i bryststøtten. Brukermanualen består av fem enkle steg som skal følges før å gjør utskiftingen rask og effektiv. Målet er at utskiftingen av gummiklossen skal gå såpass raskt at brukeren ikke vegrer seg for å bytte gummikloss før sykkelturen. Da vil demperen ofte bli tilpasset etter brukerens aktuelle dempebehov, og brukeren får dermed maksimalt utnyttelse av bryststøttens funksjoner.

De eneste verktøyene som trengs for å skifte gummikloss er en skrutrekker og en unbrakonøkkel. Bryststøtten er designet slik at det skal være enkelt å skifte gummikloss bruk av med kun én arm.

### Steg 1

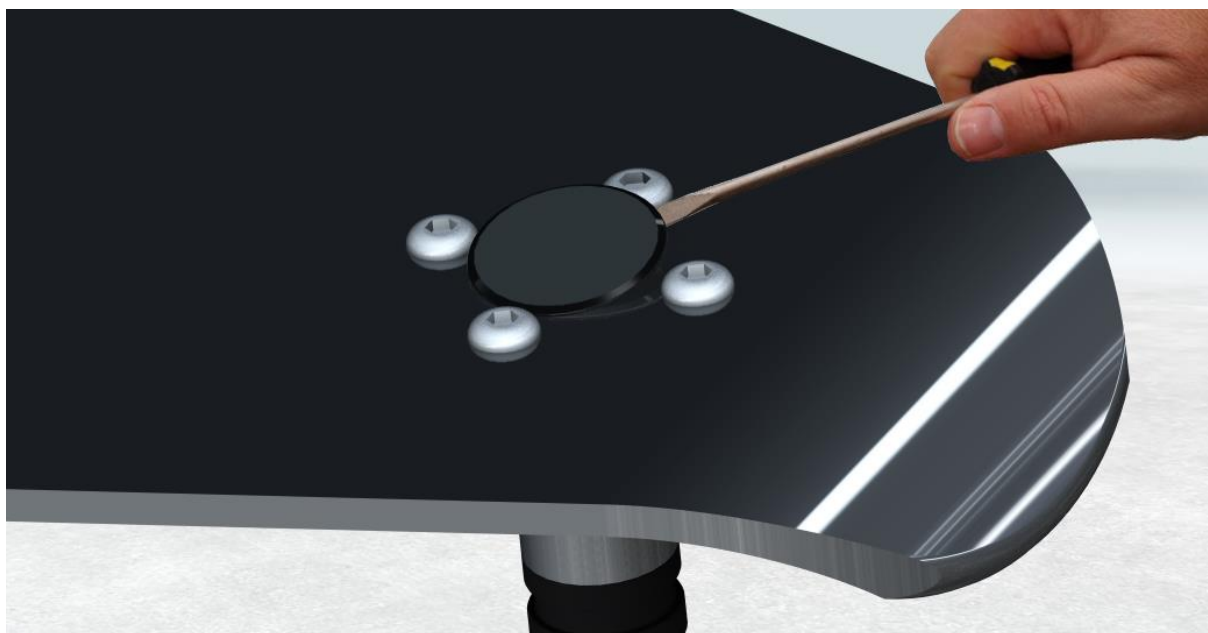


*Figur 60 Brukermanual, steg 1*

Løft av skumplaten som er festet til platen med borrelås.



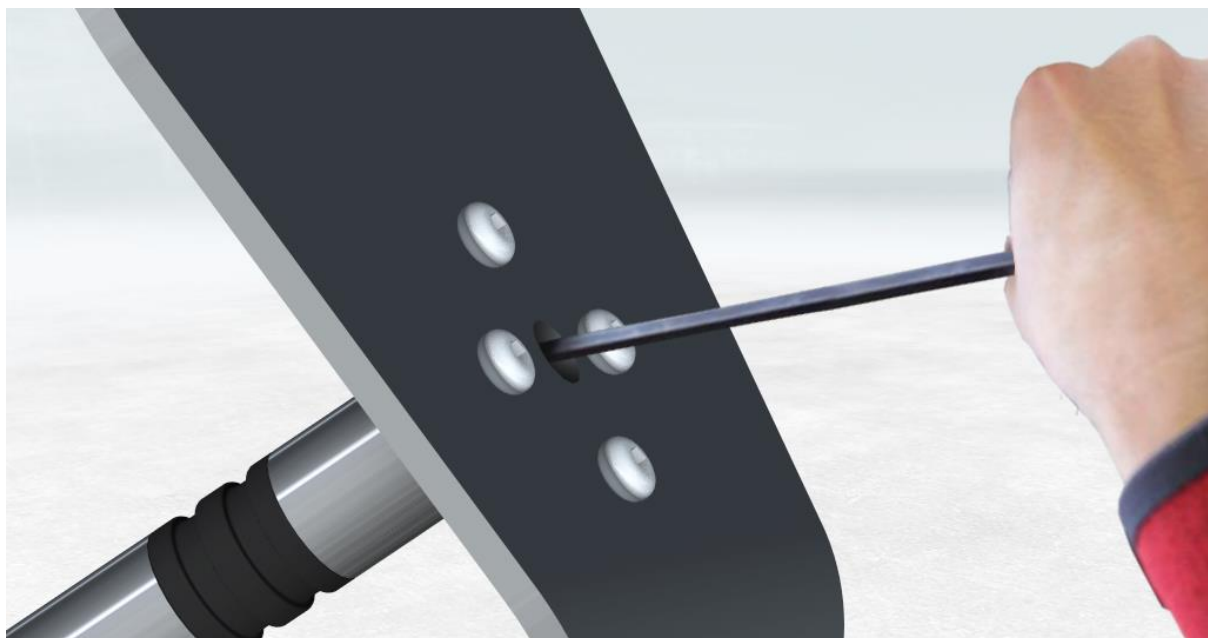
## Steg 2



*Figur 61 Brukermanual, steg 2*

Løft lokket fra platen med en skrutrekker eller lignende.

## Steg 3



*Figur 62 Brukermanual, steg 3*

Løsne bolten med en unbrakonøkkel.

#### Steg 4



Figur 63 Brukermanual, steg 4

Bolten løftes opp gjennom hullet i platen. Deretter kan gummiklossen fjernes fra bryststøtten.

#### Steg 5

Sett inn den andre bryststøtten og skru inn bolten med unbrakonøkkelen. Sett tilbake lokket i hullet i platen, og fest skumplaten på toppen av platen.

## 10.4 Diskusjon

Det poengteres at brukeren av Skenosykkelen vil kunne ha flere 2 ulike nivåer med demping i bryststøtten. Da det kun er den øvre halvdel til nye bryststøtten som er forskjellig fra dagens bryststøtte, vil det være mulig å på kort tid bytte mellom den nye og den gamle bryststøtten. Dette gjøres på samme måte som lengden til bryststøtten justeres. Ved å løsne på lengdejusteringen kan det øvre staget dras ut og erstatte med øvre halvdel av den andre bryststøtten. Dette er et resultat av den nye bryststøtten ble designet med samme diameter i staget som på den nåværende bryststøtten. Brukeren vil dermed kunne velge mellom den stive bryststøtten og den støtdempende bryststøtten. Da den nye bryststøtten kommer med to ulike hardheter vil brukeren dermed ha tre nivåer av demping å velge mellom. Det er imidlertid ikke sikkert utskiftingen av bryststøtte lar seg gjøre da brukeren kun har én arm, men det antas at dette ikke blir noe problem da brukeren klarer å justere lengde på bryststøtten selv.

## 10.5 Tilfredsstillelse av produktkravene

Tabellen viser graden sluttproduktet tilfredsstillere produktkravene. De kravene som verken er merket under høy eller lav grad av tilfredsstillelse er ikke blitt testet eller undersøkt.

Tabell 18 Tilfredsstillelse av produktkravene

Beskrivelse	Høy	Lav
<b>1 Funksjonskrav</b>		
1.1 Stabilisere og gi støtte til brukeren	X	
1.2 Ha dempefunksjon	X	
1.2.1 Mindre enn 20 mm vandring	X	
1.2.2 Mer enn 5 mm vandring	X	
1.3 Være stiv før slaget	X	
1.4 Mulighet for justere hardheten til demperen	X	
<b>2 Omgivelseskrav</b>		
2.1 Fungere i alle værforhold(snø/regn)		
2.2 Fungere i vinterkulden	X	
<b>3 Operasjonelle krav</b>		
3.1 Lengdejustering	X	
3.2 Vinkeljustering	X	
3.3 Ikke hindre på-/avstigning		
3.4 Enkelt å montere/skifte ut komponenter i produktet	X	
<b>4 Utseende</b>		
4.1 Ha utseende som passer med resten av sykkelen	X	
<b>5 Sikkerhetskrav</b>		
5.1 Tåle belastningen fra syklist på 100 kg	X	
5.2 Tåle 100 000 sykler med belastning	X	
<b>6 Andre krav</b>		
6.1 Lav vekt		
6.1.1 Optimalisert design mhp vekt	X	
6.2 Lav pris		
6.2.1 Ha standardiserte deler		X
6.3 Lite vedlikehold		

# 11 Produksjonsforberedelse

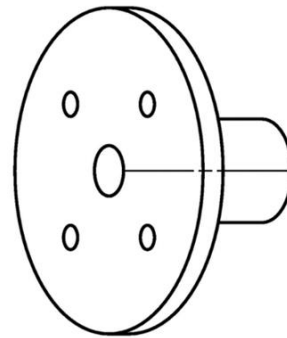
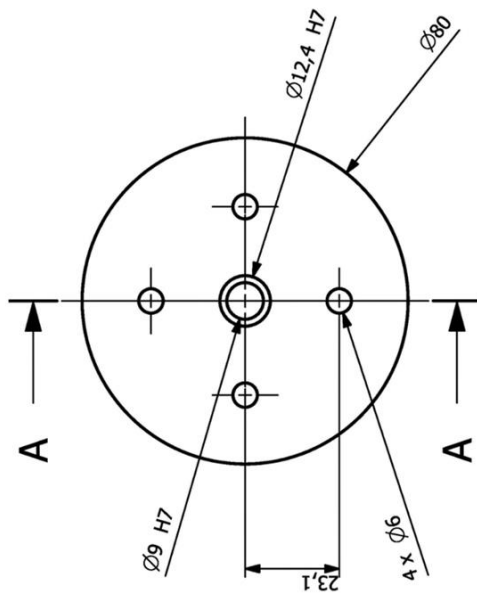
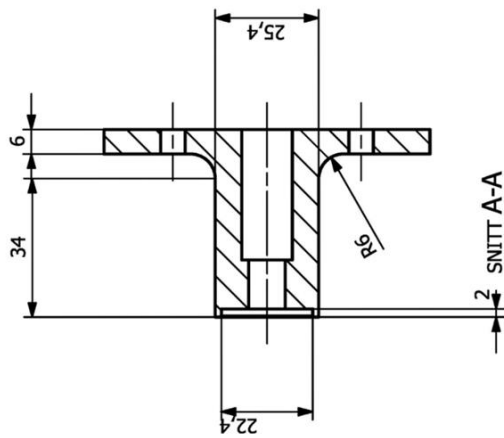
## 11.1 Maskintegning

For å kunne produsere den nye bryststøtten er Skeno avhengig av maskintegninger av komponentene. Det er ikke blitt laget maskintegning av alle komponentene da flere av dem er like som i dagens bryststøtte. Komponentene det har blitt laget maskintegning av er:

- Braketten
- Bolten
- Øvre staget
- Gummiklossen

Av disse komponentene er braketten den mest komplekse. Maskintegningen av braketten er vist på neste side, mens maskintegningene for de andre komponentene er lagt i vedlegget.

Det er blitt spesifisert toleransen for akslingene og boringene i maskintegningene. Pasningen som er blitt benyttet er løpepasning. Gjengetypen som er blitt benyttet er metriske gjenger.



Date:	Revisy./Tegn.: <b>MK</b>	Skj. ant.: 1	Maleteknikk: <b>1:1</b>	<b>NTNU - IPM</b>	
		Prosjekt nummer: [Symbol]		Erstatning for:	Erstatlet av:
Hvers innng:			Beregning:		

## 11.2 Produksjonsprosesser

Av de komponentene det er laget maskintegning for, er det kun det øvre staget og braketten som trenger å maskineres. Bolten kjøpes ferdig i de riktige dimensjonene, og gummiklossen kan også bestilles med ønskede dimensjoner fra gummileverandøren. Både staget og braketten må maskineres fra aluminiumssylindere.

Staget maskineres raskest fra et aluminiumssylinder med diameter på minimum 25,4 mm. Først dreies cylinderen til den får diameter på 25,4 mm. Deretter bores det hull i den ene ende av cylinderen. Dette gjøres også ved dreiebenken.

Braketten maskineres også på dreiebenken. Først dreies cylinderen til den får riktige ytre diametere. Deretter bores det hull fra den enden med størst diameter. Med andre ord, den enden hvor skiven ligger. Når de riktige dimensjonene for de indre diametere er oppnådd, trengs det bare å lage skrue hullene før komponenten er ferdig.

## 12 Konklusjon

Skeno AS har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. En av løsningene på sykkelen er en bryststøtte som støtter og gir stabilisering til personen ved oppbremsing. Bryststøtten er helt stiv. Det har i denne oppgaven blitt jobbet med en forbedret utgave der bryststøtten skal ha en dempefunksjon. Hensikten er å unngå slag i brystet når det sykles over dumper, kanter og lignende.

Det har blitt arbeidet videre med resultatet fra prosjektoppgaven. I prosjektoppgaven ble det samlet flere konsepter for å løse dempebehovet i bryststøtten. Konseptene ble deretter rangert etter hvilken grad de tilfredsstilte brukerkravene for den nye bryststøtten. Det valgte konseptet har blitt videre utviklet på veien mot et produksjonsklart produkt. På bakgrunn av brukerkravene og teknologianalysen fra prosjektoppgaven, ble det formulert en produktkravspesifikasjon. Produktkravspesifikasjon ble mye brukt under videre utvikling av produktet med den hensikt å få et best mulig sluttprodukt.

Det er gjennomført både fysiske og virtuelle tester av designet. De fysiske testene var i form av prototypetesting mens de virtuelle testen ble gjort i form av Finite Element Method (FEM)-simuleringer i dataprogrammet NX. Basert på testresultatene ble designet av bryststøtten optimalisert for å i høyest grad tilfredsstillende produktkravene.

Sluttresultatet ble en bryststøtte som i teorien tilfredsstiller produktkravene i en svært høy grad. Da den nye bryststøtten ikke har blitt testet enda, er det vanskelig å vite helt sikkert hvordan den vil fungere i praksis. Det er imidlertid blitt gjort produksjonsforberedende arbeid med produktet slik at Skeno kan produsere produktet basert på denne oppgaven.

Til slutt skal det sies at det ikke er gjort noen estimat over eventuell økning i produksjonskostnaden til den nye bryststøtten. Selv om den nye bryststøtten utvilsomt er en billig løsning vil den ha noe høyere produksjonskostnad enn dagens bryststøtte, da dempefunksjonen krever noen ekstra komponenter. Spørsmålet er om den lille dempingen den nye bryststøtten bidrar med er verdt den ekstra produksjonskostnaden den medfører. Alternativt kan tykkelsen på skumplaten, som bruker lener seg mot, økes. Dermed vil man oppnå en liten demping helt uten å øke produksjonskostnaden. Om den nye bryststøtten er verdt den ekstra produksjonskostnaden er ikke noe jeg kan avgjøre nå, men det er heller noe Skeno må avgjøre etter de har prøvd det nye produktet.

## 13 Videre arbeid

Det som eneste som gjenstår av arbeid er produksjon og videre testing av den nye bryststøtten. Etter at bryststøtten er produsert må det naturligvis testes hvordan den fungerer i praksis når den er spent fast på sykkelen. Dette er det viktigste av det videre arbeidet som må gjøres.

I tillegg er det et par andre ting fra produktkravspesifikasjonen som ikke har blitt testet enda. Følgende ting må testes:

- Om utskiftningen av gummiklossene faktisk er mulig med kun én arm.
- Effekten av støvete og skittene omgivelser. Et av kravene var at modellen skulle kreve lite vedlike. Dette er ikke blitt testet.
- Økningen i produksjonskostnad. Ett av kravene var lav pris, noe som antas å være oppfylt, men den eksakte prisøkningen er ikke undersøkt.

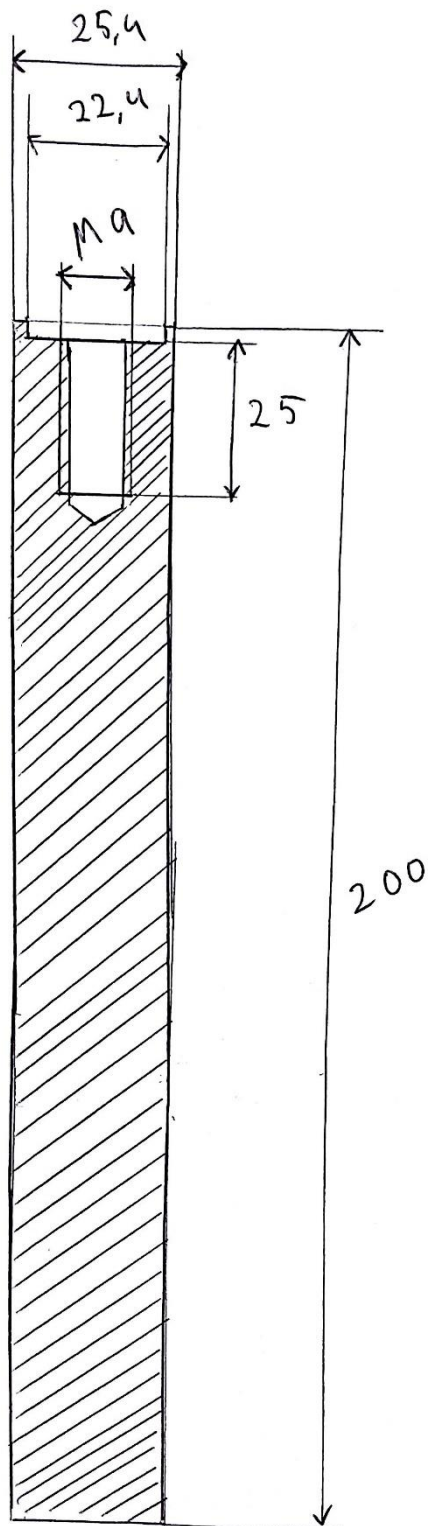


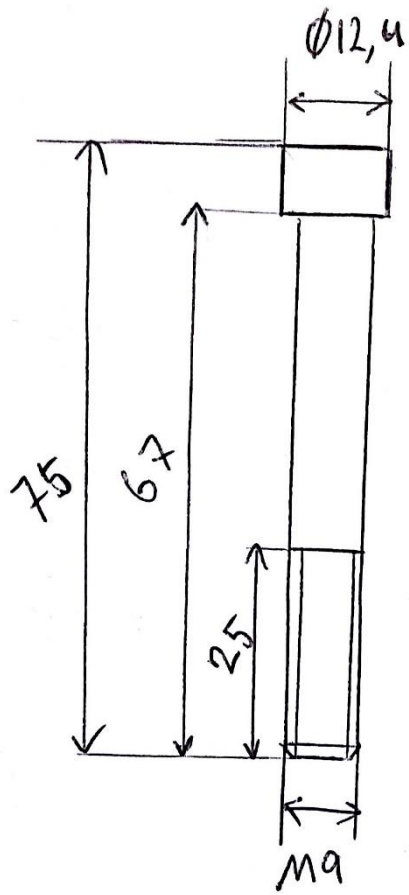
# Referanser

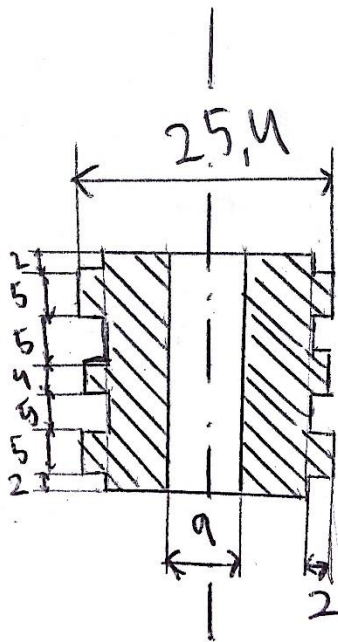
1. landsforening, Syklistenes. Sykkel som transportmiddel. *syklistene.no*. [Internett] [Sisert: 30 januar 2016.] <http://www.syklistene.no/syklopedia/fakta-om-sykling/fakta-om-sykkel-som-transportmiddel/>.
2. TMM4150. *slideshare.net*. [Internett] 27 august 2009. [Sisert: 28 januar 2016.] <http://www.slideshare.net/guestde0f1dc/tmm4150>.
3. sentralbyrå, Statistisk. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter kjønn, skadegrad, trafikantgruppe, tid og statistikkvariabel. *ssb.no*. [Internett] [Sisert: 5 februar 2016.] <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectout/ShowTable.asp?FileformatId=2&Queryfile=2016527123558517474746VeitrafikkSD&PLanguage=0&MainTable=VeitrafikkSD&potsize=50>.
4. trafikk, trygg. Ulykker på sykkel. *tryggtrafikk.no*. [Internett] [Sisert: 4 februar 2016.] <https://www.tryggtrafikk.no/tema/ulykkesstatistikk/sykkelulykker/>.
5. skiforbund, Norges. Landslaget: Mads Andreassen. *skiforbundet.no*. [Internett] [Sisert: 16 februar 2016.] <http://www.skiforbundet.no/funksjonshemmede/landslag/utovere-langrenn/mads-andreassen/>.
6. Cunningham, Richard. Old is New: BMC Teamelite 01 introduces Micro Travel Technology. *pinkbike.com*. [Internett] 9 mai 2015. [Sisert: 7 desember 2015.] <http://www.pinkbike.com/news/old-is-new-bmc-teamelite-01-introduces-micro-travel-technology.html>.
7. BMC. The New Teamelite 01 – a Racing Evolution. *bmc-switzerland.com*. [Internett] [Sisert: 7 desember 2015.] <http://www.bmc-switzerland.com/int-en/the-new-teamelite-01-a-racing-evolution/>.
8. Action, Mountain Bike. BIKE TEST: BMC TEAMLITE 01. <http://mbaction.com/>. [Internett] 22 desember 2015. [Sisert: 1 juni 2016.] <http://mbaction.com/uncategorized/bike-test-bmc-teamlite-01>.
9. PuP1 F3. <http://slidegur.com/>. [Internett] [Sisert: 3 februar 2016.] <http://slidegur.com/doc/232810/pup1-f3>.
10. Aluminium. *wikipedia.org*. [Internett] [Sisert: 20 april 2016.] <https://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium>.
11. 6061 aluminium alloy. *wikipedia.org*. [Internett] [Sisert: 20 april 2016.] [https://en.wikipedia.org/wiki/6061\\_aluminium\\_alloy#6061-T6](https://en.wikipedia.org/wiki/6061_aluminium_alloy#6061-T6).
12. Depot, Bolt. About Fastener Materials. *boltdepot.com*. [Internett] [Sisert: 5 mars 2016.] <https://www.boltdepot.com/fastener-information/materials-and-grades/materials.aspx>.
13. Steel. *wikipedia.org*. [Internett] [Sisert: 5 mars 2016.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Steel>.

14. Carbon steel. *wikipedia.org*. [Internett] [Sisert: 5 mars 2016.]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_steel](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_steel).
15. Materials, Azo. AISI 1018 Mild/Low Carbon Steel. *azom.com*. [Internett] 13 juli 2013.  
[Sisert: 5 mars 2016.] <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6115>.
16. Aerospace Specification Metals inc. AISI Type 304 Stainless Steel.  
<http://asm.matweb.com/>. [Internett]  
<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MQ304A>.
17. Finite element method. *wikipedia.org*. [Internett] [Sisert: 15 april 2016.]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Finite\\_element\\_method](https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_element_method).
18. Flytespenning. *wikipedia*. [Internett] [Sisert: 16 april 2016.]  
<https://no.wikipedia.org/wiki/Flytespenning>.
19. Irgens, Fridtjov. *Formelsamling mekanikk*. s.l. : Tapir Akademisk Forlag, Trondheim 1999, 2010.
20. Materials Data Book. <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/>. [Internett] [Sisert: 2 mai 2016.] <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>.
21. AS, Rubberstyle . Egenskaper til gummi. *rubberstyle.com*. [Internett] [Sisert: 2 mai 2016.] [http://www.rubberstyle.com/?page\\_id=3584](http://www.rubberstyle.com/?page_id=3584).

# Vedlegg







NTNU	Kartlegging av risikofylt aktivitet			Utarbeidet av	Nummer	Dato
				HMS-avd.	HMSRV2601	22.03.2011
HMS				Godkjent av		Erstatter
		Rektor		01.12.2006		



Enhet: Department of engineering design and materials Dato: 02.02.2016

Linjeleder:

Deltakere ved kartleggingen (m/ funksjon): Knut Einar Aasland, veileder/ Martin Kloster, student  
(Ansv. veileder, student, evt. medveiledere, evt. andre m. kompetanse)

Kort beskrivelse av hovedaktivitet/hovedprosess: Masteroppgave student Martin Kloster. Utvikling av sykkel for funksjonshemmede.

Er oppgaven rent teoretisk? (JA/NEI): NEI

risikovurdering. Dersom «JA»: Beskriv kort aktiviteten i kartleggingskjemmet under. Risikovurdering trenger ikke å fylles ut.

Signaturer: Ansvarlig veileder: Knut Einar Aasland

«JA» betyr at veileder innestår for at oppgaven ikke inneholder noen aktiviteter som krever risikovurdering.

Student: Martin Kloster

ID nr.	Aktivitet/prosess	Ansvarlig	Eksisterende dokumentasjon	Eksisterende sikringsstiltak	Lov, forskrift o.l.	Kommentar
1	Bruk av Prototype-Lab	MK	Ukjent	Ukjent		
1a	Bruk av fresemaskin	MK	Maskinens brukermanual	Ukjent	Ukjent	
2	Prøvekjøring av sykkel	MK	Ukjent	Ukjent	Ukjent	

NTNU		<b>Risikovurdering</b>		Utarbeidet av		Nummer		Dato	
 HIMS				HMS-avd.		HMSRV2601		22.03.2011	
				Godkjent av		Rektor		Erstatter	

Enhet: Department of engineering design and materials Dato: 02.02.2016

Linjeleder:


Deltakere ved kartleggingen (m/ funksjon): Knut Einar Aasland, veileder/ Martin Kloster, student  
(Ansv. Veileder, student, evt. medveiledere, evt. andre m. kompetanse)

Risikovurderingen gjelder hovedaktivitet: Masteoppgave student Martin Kloster. Utvikling av sykkel for funksjonshemmede.

Signaturer: Ansvarlig veileder: Knut Einar Aasland *Knut Aasland* Student: Martin Kloster *Martin Kloster*

ID nr	Aktivitet fra kartleggings-skjemaet	Mulig uønsket hendelse/ belastning	Vurdering av sannsynlighet (1-5)	Vurdering av konsekvens:				Risiko-Verdi (menneske)	Kommentarer/status Forslag til tiltak
				Menneske (A-E)	Ytre miljø (A-E)	Øk/ materiell (A-E)	Om-dømme (A-E)		
1	Bruk av Prototype-Lab								
1a-i	Bruk av fresemaskin	Stor kuttskade	2	D	A	A	D	2D	Sørg for at roterende deler er tilstrekkelig sikret/dekket.
		Liten kuttskade	3	B	A	A	A	3B	Sørg for at roterende deler er tilstrekkelig sikret/dekket.
		Flygende spon/gjenstander	3	C	A	A	B	3C	Bruk øyevern
2	Prøvekjøring av sykkel	Veltskade	3	B	A	A	A	3B	Kjør forsiktig, bruk hjelm



NTNU	<b>Risikovurdering</b>		Utarbeidet av	Nummer	Dato
			HMS-avd.	HMSRV2601	22.03.2011
HMS			Godkjent av		Erstatter
			Rektor		01.12.2006



### Sannsynlighet vurderes etter følgende kriterier:

Svært liten 1	Liten 2	Middels 3	Stor 4	Svært stor 5
1 gang pr 50 år eller sjeldnere	1 gang pr 10 år eller sjeldnere	1 gang pr år eller sjeldnere	1 gang pr måned eller sjeldnere	Skjer ukentlig

### Konsekvens vurderes etter følgende kriterier:


Gradering	Menneske	Ytre miljø Vann, jord og luft	Øk/materiell	Omdømme
<b>E</b> Svært Alvorlig	Død	Svært langvarig og ikke reversibel skade	Drifts- eller aktivitetstans > 1 år.	Troverdighet og respekt betydelig og varig svekket
<b>D</b> Alvorlig	Alvorlig personskade. Mulig ufarhet.	Langvarig skade. Lang resitusjonstid	Driftstans > ½ år Aktivitetstans i opp til 1 år	Troverdighet og respekt betydelig svekket
<b>C</b> Moderat	Alvorlig personskade.	Mindre skade og lang resitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstans < 1 mnd	Troverdighet og respekt svekket
<b>B</b> Liten	Skade som krever medisinsk behandling	Mindre skade og kort resitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstans < 1 uke	Negativ påvirkning på troverdighet og respekt
<b>A</b> Svært liten	Skade som krever førstehjelp	Ubetydelig skade og kort resitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstans < 1 dag	Liten påvirkning på troverdighet og respekt

### Risikoverdi = Sannsynlighet x Konsekvens

Beregn risikoverdi for Menneske. Enheten vurderer selv om de i tillegg vil beregne risikoverdi for Ytre miljø, Økonomi/materiell og Omdømme. I så fall beregnes disse hver for seg.

### Til kolonnen "Kommentarer/status, forslag til forebyggende og korrigerende tiltak":

Tiltak kan påvirke både sannsynlighet og konsekvens. Prioriter tiltak som kan forhindre at hendelsen inntreffer, dvs. sannsynlighetsreduserende tiltak foran skjerpet beredskap, dvs. konsekvensreduserende tiltak.

NTNU		Risikomatrikse		Nummer		Dato	
				HMSRV2604		08.03.2010	
HMS/KS				HMS-avd.		Erslatter	
				godkjent av		09.02.2010	
				Rektor			

## MATRISSE FOR RISIKOVURDERINGER ved NTNU

KONSEKVENSENS	Svært alvorlig	E1	E2	E3	E4	E5
	Alvorlig	D1	D2	D3	D4	D5
	Moderat	C1	C2	C3	C4	C5
	Liten	B1	B2	B3	B4	B5
	Svært liten	A1	A2	A3	A4	A5
		Svært liten	Liten	Middels	Stor	Svært stor
<b>SANNSYNLIGHET</b>						

Prinsipp over akseptkriterium. Forklaring av fargene som er brukt i risikomatriksen.

Farge	Beskrivelse
Rød	Uakseptabel risiko. Tiltak skal gjennomføres for å redusere risikoen.
Gul	Vurderingsområde. Tiltak skal vurderes.
Grønn	Akseptabel risiko. Tiltak kan vurderes ut fra andre hensyn.

# MASTERKONTRAKT

## - uttak av masteroppgave

### 1. Studentens personalia

Etternavn, fornavn <b>Kloster, Martin Zander</b>	Fødselsdato <b>20. des 1991</b>
E-post <b>martizki@hotmail.com</b>	Telefon <b>45467336</b>

### 2. Studieopplysninger

Fakultet <b>Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi</b>	
Institutt <b>Institutt for produktutvikling og materialer</b>	
Studieprogram <b>Master i produktutvikling og produksjon</b>	Studieretning <b>Produktutvikling og materialer</b>

### 3. Masteroppgave

Oppstartsdato <b>15. jan 2016</b>	Innleveringsfrist <b>10. jun 2016</b>
Oppgavens (foreløpige) tittel <b>UTVIKLING AV SYKKEL FOR FUNKSJONSHEMMEDE</b>	
Oppgavetekst/Problembeskrivelse Ved NTNU har vi i samarbeid med Skeno AS utviklet en sykkel beregnet for folk med dysmeli eller lammelser i en eller begge armene. Et viktig element i den valgte løsningen er en bryststøtte som skal holde kroppsvekten og treggheten i kroppen ved kraftig bremsing eller andre former for bråstopp.  Den første løsningen er helt stiv, og kan være litt tøff mot brystet. Kandidaten har derfor i sin prosjektoppgave jobbet med en forbedret versjon, der demping og/eller fjæring er et vesentlig moment. Han har kommet fram til mange gode løsninger, og det foreligger en liste over alternative konsepter og egenskaper ved disse.  I denne masteroppgaven skal dette arbeidet fullføres. Det skal jobbes videre med de beskrevne konseptene og velges ett som basis for Skenos neste modell bryststøtte. Dette konseptet skal så utvikles så langt som mulig, helst fram til en fungerende prototype. Det skal være mulig for Skeno å produsere støtten basert på resultatet av oppgaven.	
Hovedveileder ved institutt <b>Førsteamanuensis Knut Einar Aasland</b>	Medveileder(e) ved institutt
Merknader <b>1 uke ekstra p.g.a påske.</b>	

#### 4. Underskrift

**Student:** Jeg erklærer herved at jeg har satt meg inn i gjeldende bestemmelser for mastergradsstudiet og at jeg oppfyller kravene for adgang til å påbegynne oppgaven, herunder eventuelle praksiskrav.

Partene er gjort kjent med avtalens vilkår, samt kapitlene i studiehandboken om generelle regler og aktuell studieplan for masterstudiet.

*Trondheim 2/2-16*

**Sted og dato**

*Martin Kloster*

**Student**

*[Signature]*

**Hovedveileder**

Originalen lagres i NTNUs elektroniske arkiv. Kopi av avtalen sendes til instituttet og studenten.



# Videreutvikling av sykkel for funksjonshemmede: forbedret bryststøtte

Martin Zander Kloster

Prosjektoppgave høsten 2015

Veileder: Knut Einar Aasland, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for Produktutvikling og Materialer

**PROSJEKTOPPGAVE HØST 2015  
FOR  
STUD.TECHN. MARTIN KLOSTER**

**VIDEREUTVIKLING AV SYKKEL FOR FUNKSJONSHEMMEDE: FORBEDRET  
BRYSTSTØTTE**

Ved NTNU har vi i samarbeid med Skeno AS utviklet en sykkel beregnet for folk med dysmeli eller lammelser i en eller begge armene. Et viktig element i den valgte løsningen er en bryststøtte som skal holde kroppsvekten og tregheten i kroppen ved kraftig bremsing eller andre former for bråstopp.

Den valgte løsningen er helt stiv, og kan være litt tøff mot brystet. I denne oppgaven skal det derfor jobbes med en forbedret versjon, der demping og/eller fjæring kan være et vesentlig moment.

I oppgaven skal:

- Eksisterende løsning i Skenos sykkel gjennomgås og vurderes med hensyn på styrker og svakheter
- Alternative løsninger for demping og eventuelle andre forbedringer av bryststøtten tas fram
- De genererte alternativene vurderes opp mot kravene til sykkelen
- En løsning (eventuelt for hver funksjon) velges for videre bearbeiding
- De(n) valgte løsningen(e) utvikles så langt som tida tillater

## Formelle krav:

Tre (3) uker etter utlevering av prosjektoppgaven leverer kandidaten et A3-ark med tekst og bilder som beskriver hva oppgaven går ut på (et elektronisk eksemplar i pdf-format). Mal for arket finnes på instituttets hjemmeside på siden for "prosjekt og fordypningsemner" (<http://www.ntnu.no/ipm/prosjekt>).

Eksperimentelt arbeid i prosjektoppgaven skal risikovurderes. Hovedaktiviteter som er kjent/planlagt skal risikovurderes ved oppstart og skjema skal leveres innen 3 uker etter utlevering av oppgavetekst. Skjemaet må signeres av veileder. Risikovurdering er en løpende dokumentasjon og skal gjøres før oppstart av enhver aktivitet som KAN være forbundet med risiko. Kopi av signert risikovurdering skal være inkludert i vedlegg ved levering av rapport.

Senest 1 uke før innlevering av prosjektoppgaven skal kandidaten levere et A3-ark som illustrerer resultatet av arbeidet.

Innleveringsfrist for prosjektbesvarelsen er 15. desember 2015, innen kl 15:00. Besvarelsen leveres i to papirversjoner og elektronisk på e-post til [iipmprosjekt@ivt.ntnu.no](mailto:iipmprosjekt@ivt.ntnu.no).

Ved bedømmelsen legges det vekt på at problemstillingen presenteres klart, at besvarelsen er skikkelig gjennomarbeidet og at kandidaten gir en selvstendig framstilling av stoffet med egne vurderinger.

Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst og skal forsynes med innholdsfortegnelse. Rapporten innledes med en klar formulering av problemstillinger bearbeidet i prosjektet, et sammendrag av viktige resultater, og konklusjoner. Rapporten skal være på maksimum 30 sider, inklusive skisser innarbeidet i tekst. Eventuelle tabeller, tegninger, detaljerte skisser, fotografier, med videre, kan medtas i et bilag som regnes i tillegg til de 30 sider. I besvarelsen henvises til de respektive steder i vedleggene, men besvarelsen skal skrives slik at den kan leses uten vedlegg. Figurer og tabeller skal inneholde alle nødvendige påskriften. Litteraturhenvisninger skal være fullstendige med angivelse av forfatter, bok (artikkel), tittel, forlag, årstall og sidenummer. Henvisninger foretas ved nummer i teksten og dette refererer til en nummerert litteraturliste bak i rapporten.

I tillegg til rapporten skal kandidaten levere inn en PU-journal i instituttets format.

### Kontaktpersoner:

Ved NTNU:

Fra Skeno AS: Peder Kjærnli / Anders Seim



Knut Aasland  
Faglærer



NTNU  
Norges teknisk-  
naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktutvikling  
og materialer

# Forord

Prosjektoppgaven ble gjennomført høsten 2015 ved Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, Norge. Prosjektoppgaven er en del av et større prosjekt i regi av Skeno AS. Skeno AS utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. Skeno AS eies og drives av Peder Kjærnli og Anders Seim.

Skeno AS har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. Et av elementene på sykkelen er en bryststøtte. Oppgaven gikk ut på å utvikle en forbedret bryststøtte ved å implementere en dempefunksjon.

Jeg vil gjerne takke Peder Kjærnli og Anders Seim for muligheten for å jobbe med denne oppgaven, og for hjelp og støtte underveis i prosjektoppgaven. Jeg vil også takke Knut Einar Aasland ved Institutt for Produktutvikling og Materialer for all veiledning gjennom hele oppgaven. Til slutt vil jeg takke Mads Andreassen for å ha delt kunnskap og erfaringer om sykkelen til Skeno.

NTNU, Trondheim, 15.12.2015



# Sammendrag

Det gjennomføres omlag 650 000 sykkelture om dagen i Norge. Sykkelen er svært populær og det er ikke uten grunn. Sykling er bra for miljøet, egen helse og lommebok, og sykkelen vil i mange tilfeller være tidsbesparende. Men sykling er ikke risikofritt. 3 av 4 sykkelulykker i trafikken er eneulykker der ingen andre enn syklisten selv er involvert. I de fleste av eneulykkene er årsaken fall under oppbremsing. For personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen er det en ekstra stor utfordring å unngå sykkelulykker som dette.

Skeno AS er et selskap som utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. De har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. Sykkelen har løsninger som gjør sykkelturen lettere og tryggere.

En av løsningene på sykkelen til Skeno AS er en bryststøtte. Bryststøtten stabiliserer og gir støtte til brukeren under oppbremsing, og tar på den måten vekk belastning i armen og skulderen. Bryststøtten er stiv og kan være litt tøff mot brystet. Denne oppgaven dreier seg om utvikling av en forbedret bryststøtte som skal ha en dempefunksjon. Dempefunksjonen skal ta opp slag fra underlaget når det sykles over dumper eller kanter.

Det har blitt samlet løsninger på behovet om dempefunksjon på bryststøtten. Det har blitt presentert brukerkrav for den forbedrede bryststøtten. Brukerkravene ble fremmet av utviklerne fra Skeno AS, Peder Kjærnli og Anders Seim, og av testperson og bruker Mads Andreassen. Løsningene har blitt vurdert etter graden de tilfredsstiller brukerkravene som ble presentert.

Basert på Det konkluderes med at den mest egnede løsningen er basert på dempersystem utviklet av sykkelprodusenten BMC. BMC kaller teknologien for Micro Travel Technology (MTT). Det understrekes at det er flere løsninger som er nesten like godt egnet som MTT løsningen ifølge disse vurderingene, og at det er vanskelig å vite sikkert hvilken løsning som er best før man tester dem i praksis. Dette skal undersøkes og testes nærmere i en masteroppgave for våren 2015 der hensikten er å finne den beste løsningen til bryststøtten.

# Innhold

---

Innledning

Sammendrag

Innhold

1 Introduksjon

1.1 Visjon og Misjon

1.2 Bruker

1.3 Brukssituasjon

1.3 Dagens sykkel

1.4 Dagens bryststøtte

2 Behov

2.1 Behov, sykkel

2.1 behov, bryststøtte

3 Problemstilling

4 Bruksanalyse

4.1 Testperson

4.2 Brukerkrav

5 Løsninger (eller prinsipper)

5.1 Bakdemper

5.2 Lauf Spring system

5.3 Cobl Gobl-R (CG-R) CARBON SEATPOST

5.4 Micro Travel Technology (MTT)

5.5 Gummibolt

5.6 Tykkere skumplate

6 Resultat

7 Videre utvikling av bryststøtte

8 Konklusjon

9 Videre Arbeid

Referanser

Vedlegg 1: Risikoanalyse

# Figurliste

Figur 1 Skenosykkelen.....	2
Figur 2 Tegning bryststøtte .....	4
Figur 3 Bryststøtte.....	4
Figur 4 Tegning problemstilling .....	7
Figur 5 Tegning sykkel .....	10
Figur 6 Terrengsykkel .....	11
Figur 7 Bakdemper .....	11
Figur 8 Tegning bakdemper .....	12
Figur 9 Lauf spring 1 .....	13
Figur 10 Lauf spring 2 .....	13
Figur 11 Oscar Pistorius.....	13
Figur 12 Tegning lauf .....	14
Figur 13 CG-R.....	15
Figur 14 Tegning CG-R.....	16
Figur 15 MTT 1 .....	17
Figur 16 MTT 2 .....	17
Figur 17 MTT 3 .....	17
Figur 18 Tegning MTT.....	18
Figur 19 Bryststøtte 2.....	19
Figur 20 Tegning gummibolt.....	20
Figur 21 Tykkere skumplate .....	22

# Tabelliste

Tabell 1 Sykkelulykker .....	5
Tabell 2 Brukerkrav .....	9
Tabell 3 Bakdemper .....	12
Tabell 4 Lauf .....	14
Tabell 5 CG-R .....	16
Tabell 6 MTT .....	18
Tabell 7 Gummibolt .....	20
Tabell 8 Tykkere skumplate .....	22
Tabell 9 Resultat .....	23

# 1 Introduksjon

## 1.1 Visjon og Misjon

Skeno AS er selskap som utvikler sportsutstyr for personer med nedsatt funksjonsevne. Et av prosjektene deres er å utvikle en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp. Hensikten med sykkelen er at den skal være brukervennlig og trygg å bruke, slik at flere personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp får mulighet til sykle i hverdagen. Dette skal gjøres ved å utvikle ekstra deler til sykkelen som er tilpasset funksjonsevnen til personen. Mitt prosjekt er å utvikle en av disse tilpassede delene for denne sykkelen som Skeno AS utvikler.

**Visjon:** Gi flere personer med nedsatt funksjonsevne i overkropp mulighet til å sykle i hverdagen.

**Misjon:** Utvikle en sykkel med deler som er tilpasset etter personens funksjonsevne.

## 1.2 Bruker

Som nevnt i forrige underkapittel utvikler Skeno AS en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. For at sykkelen skal bli så brukervennlig og trygg som mulig, er det vesentlig å tilpasse sykkelen etter funksjonsevnen til person som skal bruke den. Graden av funksjonsevne varierer fra person til person, som betyr at flere forskjellige behov må tas hensyn til når sykkelen utvikles. Derfor vil syklene fra Skeno i stor grad være spesialtilpasset den enkelte brukeren, og syklene som utvikles vil dermed variere litt i både utseende og funksjonalitet. Den sykkelen jeg har jobbet med er spesifikt utviklet og tilpasset for personer med kun en arm, eller en arm og en armprotese.

**Bruker:** Person med kun en arm, eller en arm og en armprotese.

## 1.3 Brukssituasjon

Sykkelen har i hovedsak to bruksområder. Det ene bruksområdet er transport. Sykkelen brukes som transportmiddel til jobb, skole, butikken og andre daglige gjøremål. Her brukes sykkelen

typisk i bytrafikk i stedet for andre fremkomstmidler som bil, buss og trikk. Ifølge syklistenes landsforening er totalt 68% av alle sykkelturen i Norge i forbindelse transport der sykkelen er transportmiddelet; 23% kommer fra sykling til, fra eller i arbeid, 19% kommer fra daglige gjøremål, 14% kommer fra besøksreiser, og 12% er skolereiser.

Det andre bruksområdet for sykkelen er i forbindelse med mosjon og trening, der sykkelen er treningsapparatet. Da er vanlig å bruke en landeveissykkel hvis treningsturen er på landevei, eller en terrengsykkel hvis det skal sykles skog og mark.

### 1.3 Dagens sykkel

På figur 1 ser vi hvordan sykkelen til Skeno ser ut i dag. Det er en terrengsykkel som ser noe annerledes ut enn en vanlig terrengsykkel. Det er fordi sykkelen har en rekke løsninger og tilpassede sykkeldeler som gjør sykkelturen lettere og tryggere for en personen med armlammelse.



Figur 1 Skenosykkelen

**Bryststøtte:** Den delen på sykkelen som skiller seg mest fra vanlige sykler utseendemessig er bryststøtten. Bryststøtten er festet foran på rammen til sykkelen og står skrått oppreist mot brystet til syklisten. I enden av bryststøtten er det en plate som syklisten kan lene seg inntil når vedkommende sykler. Bryststøtten er den delen av sykkelen jeg har jobbet med i prosjektet. Nærmere beskrivelse av bryststøtten kommer i neste kapittel.

**Knebrems:** På siden av rammen er det festet en knebrems. Knebremsen bremser på bakhjulet. For å bremse må syklisten bruke låret/kneet til å presse staget til knebremsen inn mot rammen. Dette er en praktisk løsning som gjør at syklisten slipper å ha to bremsehåndtak på styret, noe som ville vært svært tungvint da brukeren bare har en hånd. Forbremsen på sykkelen er festet på styret som på vanlig måte.

**Hydraulisk setejustering:** Setepinnen til sykkelen er hydraulisk justerbar. Det vil si at høyden til sykkelsetet kan justeres ved en knapp på sykkelstyret. Dette gjør det enklere for syklisten å gå av og på sykkelen, samt det gjør det mulig å justere setehøyden mens man sykler.

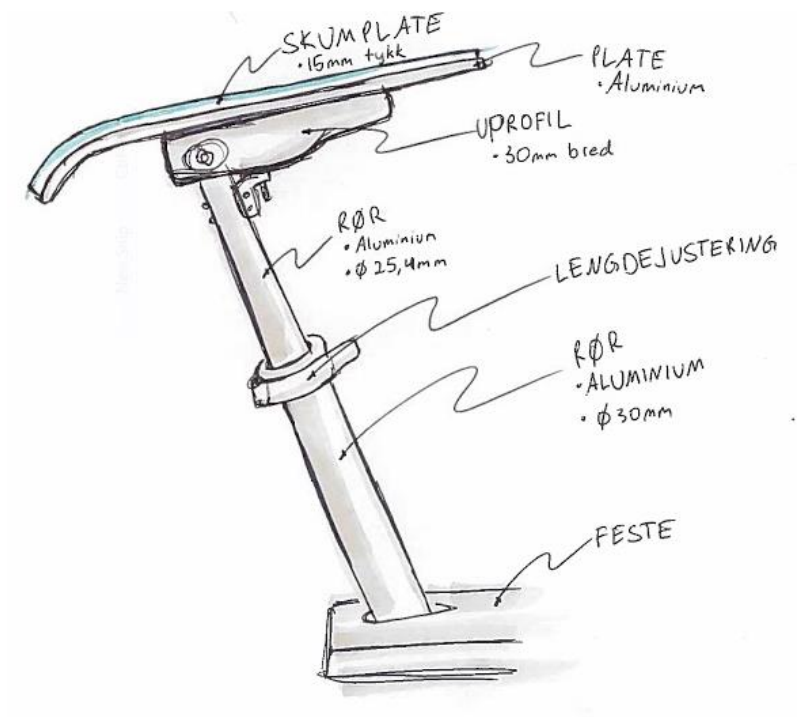
**Styredemper:** Styredemperen er en funksjon som virker på rotasjonen av sykkelstyret. Når styrken på styredemperen justeres opp vil styrebevegelsen på sykkelen bremses. Det vil gi sykkelen større stabilitet og er spesielt gunstig da syklisten bare kan ha en hånd på styret.

**Gjennomgående aksling:** Hjulakslingen er en gjennomgående aksling. Dette gjør at sykkelen kan betjenes med en hånd, som kommer godt med når for eksempel sykkelhjulet har punktert og må løsnes fra sykkelen.

**Kun bakgir:** De fleste sykler har både framgir og bakgir, der komponentene for å bytte gir sitter på hver sin side av sykkelstyret. Skenosykkelen har kun bakgir da brukeren kun kan ha en hånd på styret. Til gjengjeld har bakgiret ekstra tannhjul.



## 1.4 Dagens bryststøtte



Figur 2 Tegning bryststøtte

I dag ser bryststøtten ut som på bildet til høyre. Den består i hovedsak av et stag, en plate og et festebrakett som festes på styregaffelen. Staget består av to rør av aluminium. Platen er festet til staget gjennom en u-profil. Platen har et stivt tynt lag av aluminium i bunnen, og et noe tykkere lag av skum på toppen. Vinkelen på bryststøtten kan enkelt justeres opp ved å vippe bryststøtten oppover. På denne måte kan brukeren selv velge hvor kontaktflaten mellom bruker og bryststøtten skal ligge, om den skal være på brystet eller lengre ned på magen. I tillegg har staget en funksjon som gjør at brukeren kan justere lengden på bryststøtten. Med justerbar vinkel og justerbar lengde har brukeren god mulighet til å tilpasse bryststøtten etter egen høyde og sittestilling.



Figur 3 Bryststøtte

## 2 Behov

### 2.1 Behov for sykkel

Det gjennomføres omlag 650 000 sykkelturner om dagen i Norge, og det er ikke uten grunn at sykkel er så populær (1). Sykkelen er et nyttig transportmiddel som i mange tilfeller er tidsbesparende i forhold til å gå eller benytte seg av motoriserte transportmidler som bil og buss. I tillegg er sykling godt for både miljøet og egen helse da det gir god mosjon. Sykkelen er lett tilgjengelig, og kan kjøpes i de aller fleste sportsbutikker til en rimelig pris.

Men sykling i trafikken er ikke helt uten risiko. Tabellen under viser ulykkesstatistikk fra SSB. Tallene er gjennomsnitt per år for årene 2008-2012 (2).

Tabell 1 Sykkelulykker

Antall omkomne syklister i trafikken	10
Antall hardt skadde syklister i trafikken	60
Antall lettere skadde syklister i trafikken	500

Statistikken til SSB baserer seg på politianmeldte ulykker. Mange ulykker blir ikke rapportert til politiet fordi ingen andre trafikanter enn syklisten er involvert i ulykken, denne typen ulykke kalles eneulykke. Derfor er det virkelige tallet på sykkelulykker betydelig høyere enn tallene til SSB. Trygg trafikk anslår at rundt 4500 syklister skades i trafikken hvert år. Anslaget er basert på tall fra legevakt/akuttmottak. 3 av 4 sykkelulykker er eneulykker der ulykken oftest er fall ved oppbremsing eller at man sklir og velter. For personer med armlammelser vil det være enda vanskeligere å unngå fall ved oppbremsing. Generelt vil disse personen ha vanskeligere får være stabil på sykkel som øker risikoen for å bli utsatt for ulykker. De har derfor er klart behov for skenosykkelen som har løsninger som legger til rette for en så trygg sykkelturn som mulig.

### 2.1 Behov for bryststøtte

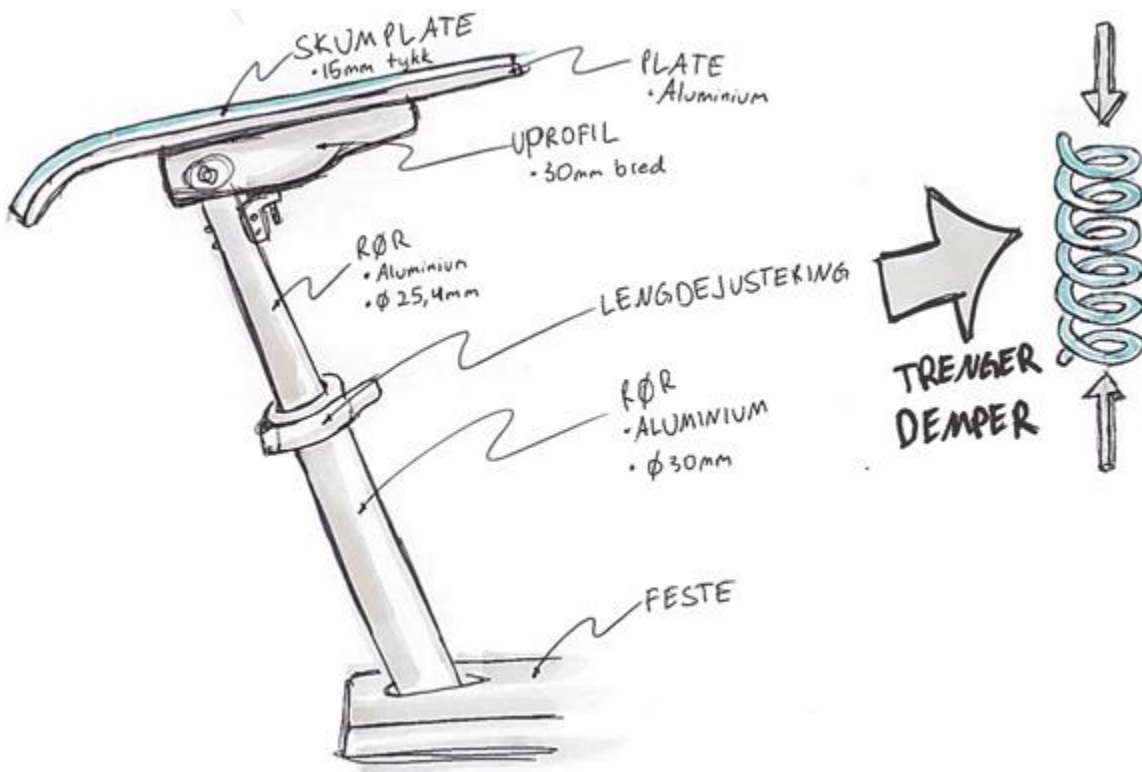
Når man med kun en arm sykler på en vanlig sykkel vil man møte på flere utfordringer. Den største og mest åpenbare utfordringen er å holde balansen i de mer ustabile delene av sykkelturnen da man bare kan ha en arm på styret. De mest krevende situasjonene er ved oppbremsing, i svinger, når underlaget er ustabil, når man sykler i nedoverbakke i høy fart, og når man skal stå å sykle i oppoverbakke. Den aller vanskeligste situasjonen er kanskje å holde

balansen på sykkelen når brukeren må bråbremse, og all kroppsvekten som er på vei fremover må tas imot med bare en arm. Brukeren vil da få store belastning på armen og skulderen. Bryststøtten er utviklet for å motvirke dette. Den er ment for å gi støtte og stabilisering til brukeren. Dermed kan brukeren bruke armen til å svinge, bremse og gire, istedenfor å holde balansen.

**Hovedfunksjon:** ta vekk belastning i armen og skulderen ved å stabilisere og gi støtte til brukeren.

### 3 Problemstilling

Bryststøtten er i dag helt stiv og den trenger en dempefunksjon for å unngå slag i brystet når man sykler. Slag som gjerne kommer når man sykler over dumper, kanter og lignende. Det skal samles eksisterende løsninger og prinsipper for demping, og undersøke om disse prinsippene kan overføres og brukes på bryststøtten. Prinsippene skal vurderes etter hvilken grad de oppfyller brukerkravene, og deretter sammenlignes for å finne den mest egnede løsningen.



Figur 4 Tegning problemstilling

# 4 Bruksanalyse

## 4.1 Testperson

Brukergruppen av sykkelen er som allerede beskrevet i introduksjonen; personer med kun en arm, eller en arm og en armprotese. Testpersonen for denne sykkelen heter Mads Andreassen. Mads er født uten høyre arm, og faller dermed inn under brukergruppen.

Mads er alpinist og var blant annet med i de Paralympiske vinterleker i Sotsji 2014 (3). Han er svært aktiv og legger ned en treningsmengde på ca 500 timer i året. Mye av treningen er i form av sykling, både i og utenfor terreng. Mads har brukt sykkelen fra Skeno mye, og har derfor store mengder av nyttige erfaringer med bruk av bryststøtten.

### Brukerprofil

Navn: Mads Andreassen

Alder: 33 år

Funksjonshemming: Født uten høyre arm

Yrke: Fagansvarlig barne- og ungdomsidrett,  
Norges idrettsforbund

Hobby: Trening, alpint og golf



Figur 5 Brukerprofil

## 4.2 Brukerkrav

Når det skal utvikles en dempefunksjon til bryststøtte er det nødvendig å ta hensyn til erfaringene til testpersonen Mads Andreassen. I tillegg til Mads, har utviklerne fra Skeno, Peder Kjærnli og Anders Seim, også mye erfaring med sykkelen og bryststøtten. Etter å ha snakket med alle tre har jeg fått innblikk i hvordan bryststøtten fungerer i praksis, og hva som er viktig å tenke på når det skal utvikles en ny.

En situasjonen som oppstår hyppig i løpet av sykkelturen hvor bruk av bryststøtten er essensiell, er i nedoverbakker. Da er farten til syklisten gjerne høy og det blir fort ustabilt. I nedoverbakker legger syklisten hele vekten sin på bryststøtten, og han er da avhengig at

bryststøtten står stabilt. Derfor skal bryststøtten være stiv helt til et eventuelt støt kommer. Etter å ha dempet det eventuelle støtet skal bryststøtten gå raskt tilbake til sin opprinnelige stive tilstand, slik at den igjen er et stabilt støttepunkt for syklisten. Bryststøtten skal ikke heller ha for myk og for stor demping. Peder og Anders anslår at dempingen skal være 5 mm - 20mm.

Som på enhver sykkel er det også for skenosykkelen viktig med vedlikehold for at sykkelen skal holde lenge. Da brukerne av sykkelen mangler en arm kan de ikke gjøre særlig grad av vedlikeholdet selv. Derfor er det en fordel at løsningen krever lite vedlikehold

Den nye bryststøtten må også kunne lengdejusteres, slik som bryststøtten kan i dag. Dette gir gode muligheter for tilpasning for brukeren.

Det er hensiktsmessig å holde vekten til sykkelen så lav som mulig for å kunne sykle fort, og for at det skal være enklest mulig å bære den med en hånd. Dermed må også vekten til bryststøtten holdes så lav som mulig. Prisen må også holdes så lav som mulig.

Tabell 2 Brukerkrav

Kategori	Brukerkrav	Utsagn
Demping	Skal være stiv helt til slaget kommer	Peder/Anders
Demping	Ikke for myk og stor demping	Mads
Vedlikehold	Må kreve lite vedlikehold	Mads/Peder/Anders
Brukertilpasning	Må være mulig med lengdejustering i staget	Mads/Peder/Anders
Vekt	Vekt holdes så lav som mulig	Peder/Anders
Pris	Pris holdes så lav som mulig	Peder/Anders

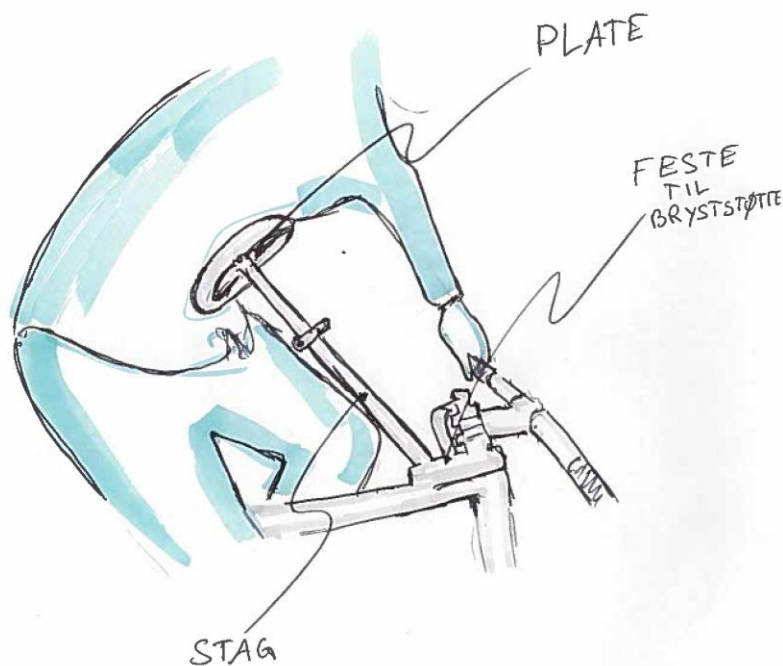
## 5 Løsninger

For å finne en tilfredsstillende løsning på behovet om demping på bryststøtten, er det samlet en rekke dempeprinsipper fra forskjellige typer sykler. Jeg har også funnet på et par løsninger som kan være aktuelle å bruke. Det er ingen krav om hvor på bryststøtten dempingen skal ligge, den være på staget, i platen eller i festebraketten.

I de neste underkapitlene skal det gås gjennom alle dempeprinsippene hver for seg. Prinsippene skal forklares hvordan de fungerer, og hvordan de kan være en løsning på dempebehovet. Alle prinsippene blir vurdert etter graden de tilfredsstiller brukerkravene. For hvert brukerkrav blir prinsippet gitt en poengsum fra 1 til 4, der 4 er stor grad av tilfredsstillelse og 1 er liten grad av tilfredsstillelse.

Jeg har ikke personlig testet ut noen av prinsippene, men jeg baserer poengsummene på hva jeg lest av artikler og tester på internett, samt egen vurdering og tro på løsningen.

To av brukerkravene er ikke tatt med i vurderingen. Det ene er kravet om at bryststøtten skal kunne justeres i lengden. Alle løsningene kan lengdejusteres og kravet er derfor ikke avgjørende når løsningene skal sammenlignes med hverandre. Det samme gjelder kravet om at dempingen ikke skal være for stor, fordi alle dempeprinsippene kan skaleres eller justeres ned til å gi liten nok demping.



Figur 6 Tegning sykkel

## 5.1 Bakdemper

Når det skal samles dempeprinsipper som kan brukes på bryststøtten, er det naturlig å først se på den eksisterende dempeteknologien som brukes på mange terrengsykler. På en fulldempet sykkel er det demping både foran og bak på sykkelen. Dempersystemet består av en fjærende enhet og en dempende enhet (4). Den fjærende enheten absorberer støt og består typisk av luft eller fjær. Den dempende enheten som består av olje eller luft, reduserer farten og gjør det mulig å justere farten på den fjærende delen ved kompresjon og tilbakegang. De demperne som bruker fjær er ofte rimeligere enn de som bruker olje/luft. Olje og luft i demperen kan ofte justeres for å gjøre demperen mykere eller hardere.



Figur 7 Fulldempet terrengsykkel



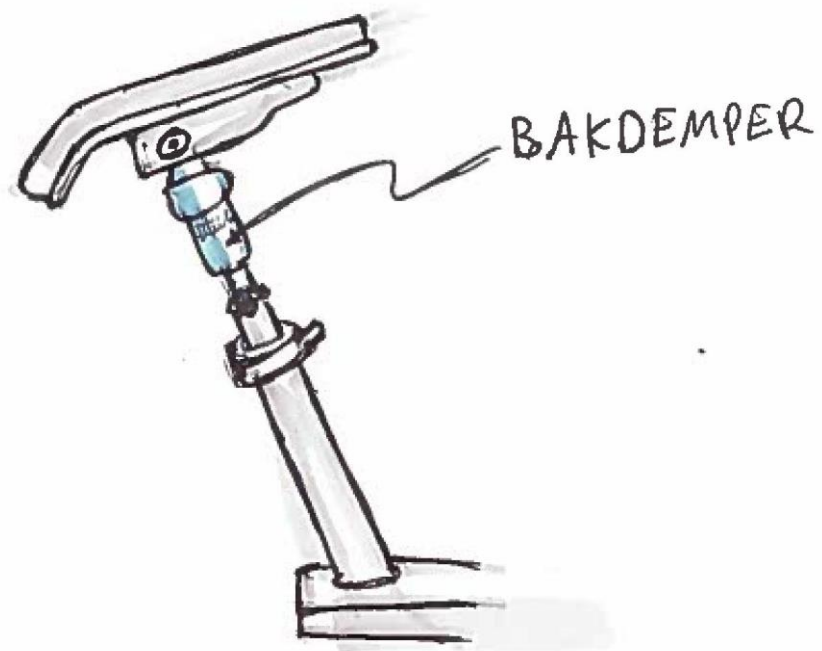
Figur 8 Bakdemper

Demperen foran på sykkelen består av en dempegaffel med to bein, ett på hver side av hjulet. Bakdemperen derimot består bare av et bein, som gjør den mer egnet for å brukes i bryststøtten. Luftdemper er å foretrekke framfor oljedemper, da luftdempere veier mindre og gjerne er lettere å justere med tanke på hardhet. Olje- og luftdempere har også forskjellige demperater. Oljedemper gir en lineær demping, mens en luftdemper gir progressiv demping. Del vi si at luftdemperen gir mer motstand i begynnelsen når demperen blir utsatt for trykk, som gjør at den i større grad oppfyller kravet til bryststøtten om å være stiv før støtet.

Tanken bak denne løsningen er å feste en bakdemper til bryststøtten, og justere den med lufttrykk slik at demperen blir hard nok til å være stiv helt til støtet kommer, og at den gir en demping mellom 5 og 20mm.

Denne løsningen er vil øke vekten til bryststøtten betydelig. Den er også dyr og krever vedlikehold da jevnlig må fylles i demperen.





Figur 9 Tegning bakdemper

Tabell 3 Bakdemper

Prinsipp	Bakbrems
Tegning	
Stiv til slaget kommer	2
Vedlikehold	1
Vekt	1
Pris	1
Totalsum	5

## 5.2 Lauf Spring system

Lauf Spring systemet er et nytt dempeprinsipp som blir brukt foran på en terrengsykkel. Dempegaffelen kalles Lauf fork, og er utviklet av Benedikt Skulason, en sykkelentusiast fra Island (5). Skulason er ortopediingeniør og jobbet med å designe fotproteser av komposittmaterialer. Inspirert av karbonprotesen til friidrettsutøveren Oscar Pistorius, fikk Skulason idéen om å lage en ny dempegaffel.

Beina til dempegaffelen som går ned på hver side av hjulet består av karbon. Hvert bein er koblet til et nytt karbonrør via to sett med bladfjær av glassfiber som ligger horisontalt mellom karbonrørene. Mellom de to karbonrørene på hver side av hjulet, går hjulakslingen som forbinder hjulet med dempegaffelsystemet. Når dempegaffelen utsettes for støt vil bladfjærene flekse, og det er dette som gir dempingen til systemet.

Lauf fork gaffelen er den letteste dempegaffelen på markedet. I tillegg har dempegaffelen ingen bevegelig deler, olje, luft under trykk eller pakninger, som gjør den helt vedlikeholdsfri. Begge disse kvalitetene gjør dempesystemet aktuelt for bryststøtten.

I en artikkel fra terrengsykkel.no, der dempegaffelen er testet, skrives det at selv ved stående klatringer og kraftfulle fartsøkninger føltes gaffelen nærmest som en stiv gaffel (6). Dette tyder på at demperprinsippet i stor grad vil tilfredsstillende brukerkrauet om at bryststøtten skal være stiv helt til støtet kommer.

Dempegaffelen kan gi opptil 60mm demping. Dette er mer enn hva som trengs til bryststøtten. Derfor er det aktuelt å utvikle en bryststøtte med samme dempeprinsipp, bare i mindre utgave slik at dempingen ikke blir for stor. Den største svakheten ved denne løsningen er kostnaden. Selv om vekten til Lauf dempergaffel er lavere enn vekten til alle andre dempergaffler, er likevel denne løsningen ikke blant de letteste løsningene til bryststøtten.



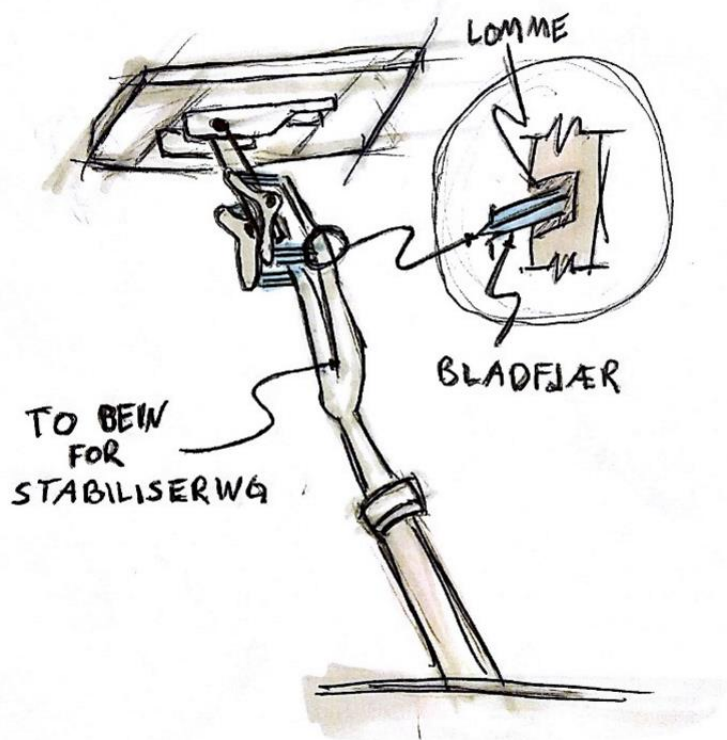
Figur 10 Lauf spring 1



Figur 11 Lauf spring 2



Figur 12 Oscar Pistorius



Figur 13 Tegning Lauf

Tabell 4 Lauf

Prinsipp	Lauf
Tegning	
Stiv til slaget kommer	3
Vedlikehold	4
Vekt	2
Pris	1
Totalsum	10

## 5.3 Cobl Gobl-R (CG-R) SEATPOST

Sykkelprodusenten Specialized har utviklet en setepinne med innebygget dempefunksjon som de kaller CG-R Carbon seatpost. Like under festepunktet mellom setepinnen og setet, har setepinnen en skarp knekk. Inne i knekken er det lagt inn et gummimateriale (elastomer) (7). Når setepinnen, som består av karbon, utsettes for støt i lengderetningen vil setepinnen flekse. Ifølge Specialized er setepinnen designet for å flekse under trykk fra støt fra underlaget, uten å ta opp energi fra pedaltråkkene til syklisten (8). Altså skal setepinnen være stiv nok til at den ikke flekser når syklisten sitter og trækker hardt på pedalene. Den skal med andre ord være stiv til støtet kommer.



Figur 14 CG-R


Dette prinsippet kan brukes på bryststøtten. Ved å lage en tilsvarende type knekk i staget, kan dette være en løsning som vil dempe støt på bryststøtten.

Vekten til setepinnen er rundt 200 g, og den kan maksimalt gi 18 mm fleksing (9). Dette passelig størrelse for demping for bryststøtten. Staget til bryststøtten vil med denne løsningen dermed veie omtrent det samme som denne setepinnen, noe som gjør dette til en løsning med lav vekt. Løsningen vil kreve minimalt med vedlikehold, men vil til gjengjeld være dyr.



Figur 15 Tegning CG-R

Tabell 5 CG-R

Prinsipp	CG-R
Tegning	
Stiv til slaget kommer	4
Vedlikehold	3
Vekt	3
Pris	1
Totalsum	11

## 5.4 Micro Travel Technology (MTT)

Et aktuelt dempeprinsipp finner vi på en terrengsykkel som er utviklet av det sveitsiske sykkelprodusenten BMC. Sykkelen er fulldempet, som vil si den har demper både foran og bak på sykkelen. Det er teknologien i den bakre demperen som er interessant i dette tilfellet. BMC kaller teknologien for Micro Travel Technology (MTT). Den maksimale dempingen er kun 15 mm, noe som passer bra da et av kravene til bryststøtten er at den ikke skal ha for stor demping (10). MTT demperen er designet for å gi en liten demping, og den skal ikke ta opp energi fra tråkkene på pedalene (11). Den er altså

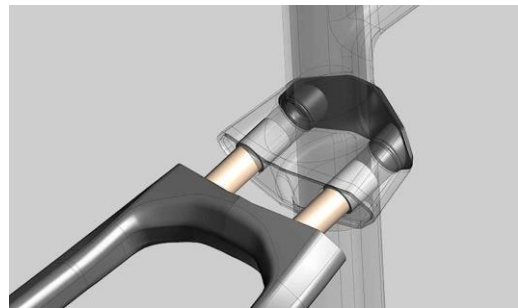
designet for å være stiv til støtet kommer. I følge sykkelprodusenten krever demperen minimalt med vedlikehold, og den gir en ubetydelig vektøkning til sykkelen.

Prinsippet til demperen er enkelt. På figur 17 ser man demperen hvor gummiklossen er fjernet. De to pinnene står nå fritt til å bevege i lengderetning inni rørene, og demperen kan enkelt trykkes sammen. I figur 18 ser vi hvordan demperen blir trykket sammen når den mangler gummiklossen. Når gummiklossen settes rundt pinnene vil den gi mostand mot trykk. Det er kompresjonen av gummiklossen som gir dempingen til systemet.

Denne løsningen bruker MTT prinsippet til å gi demping til bryststøtten. Denne løsningen er billig og vil gi minimalt med vektøkning til bryststøtten.



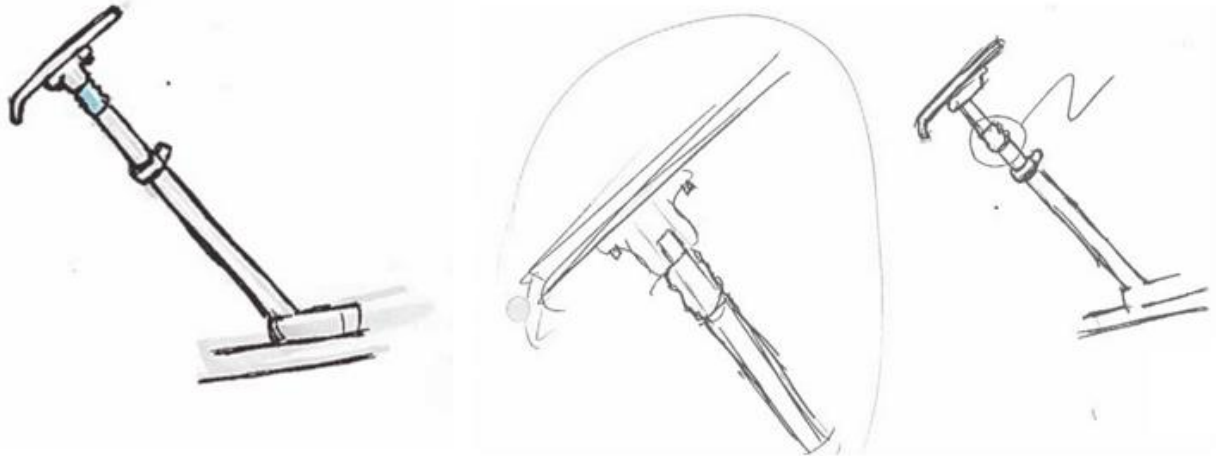
Figur 16 MTT 1



Figur 17 MTT 2




Figur 18 MTT 3



Figur 19 Tegning MTT

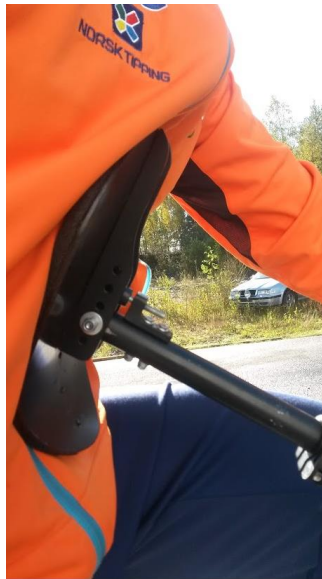
Tabell 6 MTT

Prinsipp	MTT
Tegning	
Stiv til slaget kommer	4
Vedlikehold	3
Vekt	3
Pris	3
Totalsum	13

## 5.5 Gummibolt

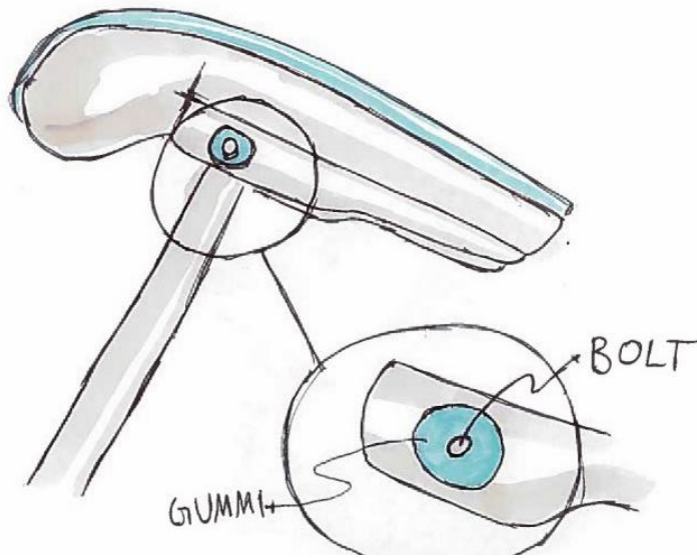
Denne løsningen her er i motsetning til de forrige løsningene, ikke basert på noe dempeprinsipp som brukes på terrengsykler. Dette prinsippet er veldig enkelt, og dempingen ligger i festet mellom staget og u-profilen under platen. Tanken er at rundt bolten som går gjennom staget, skal det ligge en tykkere bolt av gummi. Når brystplaten utsettes for trykk vil gummien komprimeres, og vil dermed gi en liten demping.

Denne løsningen gir ingen ekstra kostnad eller vekt. Men siden bolten er omringet av gummi i alle retninger, vil den kunne gi vandring i alle retninger. Dette kan gjøre bryststøtten litt mer ustabil og kan medføre at bryststøtten ikke er stiv helt til støtet kommer.



*Figur 20 Bryststøtte 2*





Figur 21 Tegning gummibolt

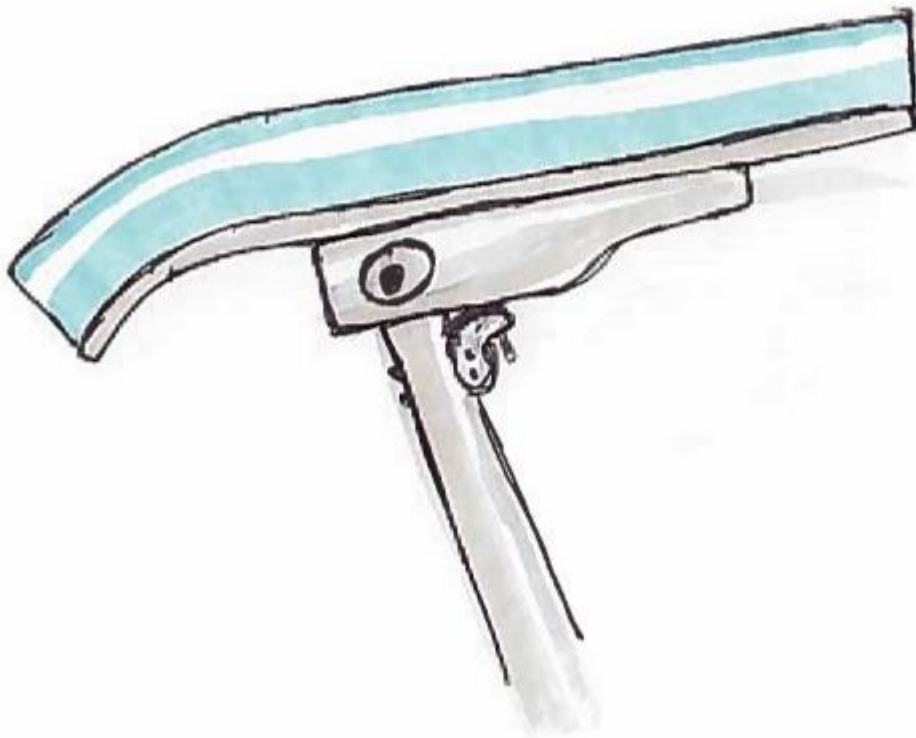
Tabell 7 Gummibolt

Prinsipp	Gummibolt
Tegning	
Stiv til slaget kommer	2
Vedlikehold	3
Vekt	4
Pris	4
Poengtrekk*	-1
Totalsum	12

\*Trekkes 2 poeng fordi løsning gir demping i alle retninger istedenfor kun demping i lengderetning.

## 5.6 Tykkere skumplate

Det er ikke et krav at dempingen skal ligge på staget til bryststøtten, slik som er tilfelle i de forrige løsningene. I denne løsningen er idéen at dempingen ligger på platen som brukeren lener seg på. På platen til bryststøtten slik den ser ut i dag ligger det allerede en tynn skumplate. Skumplaten er 15 mm tykk og gir allerede en ørliten demping, men denne demping er altså ikke stor nok til å dempe støt. Den aller enkleste løsningen for å gi mer demping til bryststøtten er å øke tykkelsen på skumplaten. Dette gir ingen ekstra økning i pris eller i vekt. For at skumplaten skal gi en demping mellom 5 og 20 mm må den være betraktelig tykkere enn den er i dag. Den tykkere skumplaten vil komprimere etter selv lavt trykk. Denne løsningen vil gi lineær demping og vil derfor i liten grad oppfylle kravet om at bryststøtten skal være stiv helt til støtet kommer.





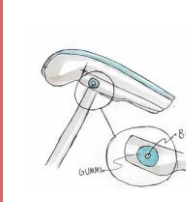

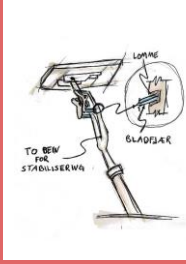

Figur 22 Tykkere skumplate

Tabell 8 Tykkere skumplate

Prinsipp	Tykkere skumplate
Tegning	
Stiv til slaget kommer	1
Vedlikehold	4
Vekt	4
Pris	4
Totalsum	13

# 6 Resultat

Tabell 9 Resultat

Prinsipp	Tegning	Poengsum
MTT		13
Tykkere skumplate		13
Gummibolt		12
CG-R		11
Lauf		10
Bakdemper		5

Tabellen 9 viser løsningene rangert etter hvilken grad de tilfredsstilte brukerkravene. Det er to løsninger som deler på å ha den høyeste poengsummen. Den ene løsningen er tykkere skumplate, og den andre løsningen er bruk av MTT prinsippet. Begge løsningene fikk 13 poeng av 16. De andre løsningen endte opp med poengsummer som varierte mellom 10 og 12, altså like under vinnerpoengsummen som var 13. Eneste unntaket er løsningen med bakdemper som med en poengsum på 5 skiller seg drastisk fra de andre løsningene, og ble med det testens store taper.

## 7 Konklusjon

Skeno AS har utviklet en sykkel for personer med nedsatt funksjonsevne i overkroppen. En av løsningene på sykkelen er en bryststøtte som støtter og gir stabilisering til personen ved oppbremsing. Bryststøtten er helt stiv. Det har i denne oppgaven blitt jobbet med en forbedret utgave der bryststøtten skal ha en dempefunksjon. Hensikten er å unngå slag i brystet når det sykles over dumper, kanter og lignende.

Det har blitt samlet flere løsninger for dempefunksjon til bryststøtten. Flesteparten av løsningene er basert på dempeprinsipper som eksisterer på markedet for terrengsykler. Følgende løsninger for demping er blitt generert:

- Bakdemper
- Lauf Spring system
- Cobl Gobl-R seatpost
- Micro Travel Technology
- Gummibolt
- Tykkere skumplate

Løsningene ble vurdert opp mot brukerkravene til bryststøtten. Brukerkravene ble fremmet av utviklerne fra Skeno AS, Peder Kjærnli og Anders, og av testperson og bruker Mads Andreassen. De genererte løsningene ble vurdert etter følgende brukerkrav:

- Bryststøtten skal være stiv helt til slaget kommer
- Løsningen må kreve lite vedlikehold
- Vekten må holdes så lav som mulig
- Prisen må holdes så lav som mulig

Løsningene ble rangert etter hvilken grad de tilfredsstillte brukerkravene. De to løsningene som ble vurdert som best var Micro Travel Technology og tykkere skumplate. Med unntak av løsningen bakdemper, ble de andre løsningene vurdert som nesten like gode som bakdemper og MTT. Løsningen bakdemper skilte seg ut som den klart svakeste løsningen.

Under vurdering av løsningene ble alle brukerkravene betraktet som like viktige. Løsningene ble rangert etter totalsum uavhengig av hvilke brukerkrav løsningen tilfredsstilte mest. Dette kan ha gitt et litt misvisende resultat da kravet om at bryststøtten skal være stiv til slaget kommer, etter min mening, er det viktigste brukerkravet. Hvis bryststøtten ikke er stiv vil bryststøtten være mindre stabil, og hovedfunksjonen til bryststøtten blir dermed litt borte. Micro Travel Technology løsningen tilfredsstillte kravet om stiv bryststøtte til slaget kommer i betraktelig større grad enn løsningen med tykkere skumplate. Micro Travel Technology konkluderes dermed som den beste løsningen til behovet om dempefunksjon til bryststøtten.

Det skal sies at det er vanskelig å avgjøre helt sikkert hvilken løsning som er best uten å ha testet løsningene i praksis.

# 8 Videre Arbeid

## 8.1 Masteroppgave våren 2016

- Bygge prototyper for de mest aktuelle løsningene basert på vurderingene som har blitt gjort.
- Teste prototypene.
- Vurdere hvilken løsning som fungerer best i praksis.
- Videre utvikle valgte løsning

# Referanser

1. **landsforening, Syklistenes.** Sykkel som transportmiddel. *syklistene.no*. [Internett] [Sisert: 4 desember 2015.] <http://www.syklistene.no/syklopedia/fakta-om-sykling/fakta-om-sykkel-som-transportmiddel/>.
2. **trafikk, trygg.** Ulykker på sykkel. *tryggtrafikk.no*. [Internett] [Sisert: 4 desember 2015.] <https://www.tryggtrafikk.no/tema/ulykkesstatestikk/sykkelulykker/>.
3. **skiforbund, Norges.** Landslaget: Mads Andreassen. *skiforbundet.no*. [Internett] [Sisert: 16 november 2015.] <http://www.skiforbundet.no/funksjonshemmede/landslag/utoverelangrenn/mads-andreassen/>.
4. **Paul 'Supersonic' Hayes, Simon Young & Andrew Dodd.** Buyer's guide to mountain bike suspension. *bikeradar.com*. [Internett] 24 november 2010. [Sisert: 1 desember 2015.] Buyer's guide to mountain bike suspension.
5. **Sumner, Jason.** Video: Lauf TR29 Fork – 990 Grams, 60mm of Travel. <http://reviews.mtbr.com/>. [Internett] 10 september 2013. [Sisert: 2 desember 2015.] <http://reviews.mtbr.com/eurobike-2013-lauf-tr29-fork-%E2%80%93-990-grams-60mm-of-travel>.
6. **Testet: Særegent fra Island - Lauf Trail Racer 29.** *terrengsykkel.no*. [Internett] 6 august 2015. [Sisert: 2 desember 2015.] <http://www.terrengsykkel.no/Utstyr/Lauf-Trail-Racer>.
7. **Robson, Paul.** Specialized CG-R seatpost. *bikeradar.com*. [Internett] 14 august 2014. [Sisert: 6 desember 2015.] <http://www.bikeradar.com/road/gear/category/components/seatpost-seat-pin/product/review-specialized-cg-r-seatpost-14-48630/>.
8. **SMOOTHER IS FASTER.** *specialized.com*. [Internett] [Sisert: 6 desember 2015.] <http://www.specialized.com/us/en/technology/smooth-is-faster>.
9. **MAGAZINE, CYCLOCROSS. SPECIALIZED COBL GOBL-R (CG-R) AND ERGON CF3 SUSPENSION SEAT POSTS FOR CYCLOCROSS – INTERBIKE 2012 VIDEO.** *cxmagazine.com*. [Internett] 30 september 2012. [Sisert: 6 desember 2015.] <http://www.cxmagazine.com/specialized-cobl-gobl-ergon-cr3-suspension-seatposts-cyclocross-road>.
10. **Cunningham, Richard.** Old is New: BMC Teamelite 01 introduces Micro Travel Technology. *pinkbike.com*. [Internett] 9 mai 2015. [Sisert: 7 desember 2015.] <http://www.pinkbike.com/news/old-is-new-bmc-teamelite-01-introduces-micro-travel-technology.html>.
11. **BMC.** The New Teamelite 01 – a Racing Evolution. *bmc-switzerland.com*. [Internett] [Sisert: 7 desember 2015.] <http://www.bmc-switzerland.com/int-en/the-new-teamelite-01-a-racing-evolution/>.



12. CG-R CARBON. *specialized.com*. [Internett] [Sisert: 6 desember 2015.]  
<http://www.specialized.com/us/en/ftb/road-components/seat-posts/cgr-carbon-seatpost>.

# Vedlegg 1: Risikoanalyse

NTNU		Kartlegging av risikofylt aktivitet		Utarbeidet av		Nummer		Dato	
				HMS-avd.		HMSRV2601		22.03.2011	
HMS				Godkjent av				Erstatter	
				Rektor				01.12.2006	

Enhet: Department of engineering design and materials    Dato: 09.09.2015

Linjeleder:

Deltakere ved kartleggingen (m/ funksjon): Knut Einar Aasland, veileder/ **Martin Kloster**, student  
 (Ansv. veileder, student, evt. medveiledere, evt. andre m. kompetanse)

Kort beskrivelse av hovedaktivitet/hovedprosess:    Prosjektoppgave student Martin Kloster. Utvikling av demping for bryststøtte til sykkel

Er oppgaven rent teoretisk? (JA/NEI): **NEI**


Risikovurdering. Dersom «JA»: Beskriv kort aktiviteten i kartleggingsskjemaet under. Risikovurdering trenger ikke å fylles ut.

Signaturer: Ansvarlig veileder: *Knut Einar Aasland*

Student: *Martin Kloster*

ID nr.	Aktivitet/prosess	Ansvarlig	Eksisterende dokumentasjon	Eksisterende sikringstiltak	Lov, forskrift o.l.	Kommentar
1	Bruk av Prototype-Lab	MK	Ukjent	Ukjent		
1a	Bruk av fresemaskin	MK	Maskinens brukermanual	Ukjent	Ukjent	
2	Prøvekjøring av sykkel	MK	Ukjent	Ukjent	Ukjent	



NTNU	Risikovurdering		Utarbeidet av	Nummer	Dato
			HMS-avd.	HMSRV2601	22.03.2011
HMS			Godkjent av		Erstatter
			Rektor		01.12.2006



### Sannsynlighet vurderes etter følgende kriterier:

Svært liten 1	Liten 2	Middels 3	Stor 4	Svært stor 5
1 gang pr 50 år eller sjeldnere	1 gang pr 10 år eller sjeldnere	1 gang pr år eller sjeldnere	1 gang pr måned eller sjeldnere	Skjer ukentlig

### Konsekvens vurderes etter følgende kriterier:

Gradering	Menneske	Ytre miljø Vann, jord og luft	Øk/materiell	Omdømme
<b>E</b> Svært Alvorlig	Død	Svært langvarig og ikke reversibel skade	Drifts- eller aktivitetstians > 1 år.	Troverdighet og respekt betydelig og varig svekket
<b>D</b> Alvorlig	Alvorlig personskade. Mulig uførhet.	Langvarig skade. Lang restitusjonstid	Driftstians > ½ år Aktivitetstians i opp til 1 år	Troverdighet og respekt betydelig svekket
<b>C</b> Moderat	Alvorlig personskade.	Mindre skade og lang restitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstians < 1 mnd	Troverdighet og respekt svekket
<b>B</b> Liten	Skade som krever medisinsk behandling	Mindre skade og kort restitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstians < 1uke	Negativ påvirkning på troverdighet og respekt
<b>A</b> Svært liten	Skade som krever førstehjelp	Ubetydelig skade og kort restitusjonstid	Drifts- eller aktivitetstians < 1dag	Liten påvirkning på troverdighet og respekt

### Risikoverdi = Sannsynlighet x Konsekvens

Beregn risikoverdi for Menneske. Enheten vurderer selv om de i tillegg vil beregne risikoverdi for Ytre miljø, Økonomi/materiell og Omdømme. I så fall beregnes disse hver for seg.

### Til kolonnen "Kommentarer/status, forslag til forebyggende og korrigerende tiltak":

Tiltak kan påvirke både sannsynlighet og konsekvens. Prioriter tiltak som kan forhindre at hendelsen inntreffer, dvs. sannsynlighetsreducerende tiltak foran skjerpet beredskap, dvs. konsekvensreducerende tiltak.

NTNU		Risikomatrixe		Dato	
HMS/IKS		HMS-avd.		08.03.2010	
		godkjent av		Erstatter	
		Rektor		09.02.2010	
		Nummer		HMSRY2604	
		ularbeidet av			



## MATRISSE FOR RISIKOVURDERINGER ved NTNU

KONSEKVENSENS	Svært alvorlig	E1	E2	E3	E4	E5
	Alvorlig	D1	D2	D3	D4	D5
	Moderat	C1	C2	C3	C4	C5
	Liten	B1	B2	B3	B4	B5
	Svært liten	A1	A2	A3	A4	A5
		Svært liten	Liten	Middels	Stor	Svært stor
		SANNSYNLIGHET				

Prinsipp over akseptkriterium. Forklaring av fargene som er brukt i risikomatrixen.

Farge	Beskrivelse
Rød	Uakseptabel risiko. Tiltak skal gjennomføres for å redusere risikoen.
Gul	Vurderingsområde. Tiltak skal vurderes.
Grønn	Akseptabel risiko. Tiltak kan vurderes ut fra andre hensyn.