

«It`s all about the stretcher»

LESS beredskapsbåre i ny drakt.

Morten Fliflet-Jacobsen
Alexander Lunderø

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag – Teknologidesign og ledelse
Innlevert: mai 2022
Veileder: Kari Oline Øverseth og Ragnar Holthe

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

Oppgavens tittel:

«It`s all about the stretcher»

Dato: 19.05.2022**Antall sider:** 41**Masteroppgave:** **Bacheloroppgave:** x**Navn:**

Morten Fliflet-Jacobsen-Alexander Lunderø

Veileder:

Kari Oline Øverseth

Ragnar Holthe

Eksterne faglige kontakter/ veiledere:

Mathias Thomassen

Forretningsutvikling, LESS AS

Mobil: (+47) 99 78 20 38

Telefon: (+47) 61 16 00 55

E-post: mathias@less.no

Web: www.less.no

Sammendrag:

Formålet med dette prosjektet har vært å undersøke alternative materialer som evakueringsbåren til LESS kan produseres i, og hvilke produksjonsmetoder den kan produseres med.

Metodene som ble brukt for å undersøke dette begynte med en utforming av krav om hvilke egenskaper båren må ha. Det ble så brukt ulike metoder for å analysere det gamle produktet og komme frem til nye erstatningsmaterialer. For å eliminere bort alternativ ble materialene satt opp mot kravene og det ble gjort fysiske forsøk av forskjellige egenskaper.

Resultatene fra testene viste at de to termoplastene polypropylen og polyetylen var de plasttypene som egnet seg best. Det ble gjort datainnhenting om disse og prisen til polyetylen er billigere enn polypropylen. Dette la grunnlag for å konkludere med at polyetylen er et bra resirkulerbart alternativ for båren. Måten det skal produseres er ikke mulig å konkludere med da det krever oversikt over kompetansen og kapasitet hos fabrikker i Norge. Det er fordi materialet og produktet er mulig å lage med alle de nevnte metodene i denne oppgaven. Det er derfor behov for videre undersøkelse for å kunne konkludere med en produksjonsmetode.

Stikkord:

Evakueringsbåre

Termoplast

Resirkulerbar



(Morten Fliflet-Jacobsen)



(Alexander Lunderø)

Forord

Dette er et forskningsprosjekt skrevet av to studenter ved NTNU Gjøvik, ved linjen Teknologidesign og Ledelse vår-semesteret 2022. For dette prosjektet er LESS oppdragsgiver.

Vi ønsker å gi en stor takk til de som har vært med på fremme kvaliteten av vår oppgave, dette er:

LESS, de har satt av mye tid til statusmøter, veiledninger og utlevert mye nyttig materiell. Deres kompetanse har vært til stor hjelp for arbeidet.

Kari Oline Øverseth og Ragnar Holthe som er våre veiledere fra universitetet for oppgaven.

Kenneth Kalvåg for bistand på S-labben.

Ingunn Abel for røntgen bilder av de ulike materialene.

Tor Kristoffer Klethagen på bygg laben som hjalp oss med å gjennomføre testing av støttestruktur på modellene.

Abstract

The goal for this project has been to explore alternative materials for production of the emergency stretcher from LESS, and also what production method is the most suitable.

The methods used in the study began with defining the required traits that the stretcher needs to have. Following this, other methods were used to analyze the former version of the product, and to find new materials that could replace the old composition. The materials were then compared by traits and eliminated based on the requirements and physical testing of the different traits.

Results from testing showed that the two thermoplastics polypropylene and polyethylene were the most suitable materials. Based on research, the price of polyethylene was lower than the price of polypropylene. Because of this it was concluded that polyethylene is the best recyclable alternative. There is no conclusion on the production method, because this requires an overview of the competency and capacity of factories in Norway. It would be possible to produce the product in the new material with all the mentioned methods in the project. Because of this further research is needed.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract	iv
Innholdsfortegnelse	v
Tabelliste	x
1 Introduksjon	1
1.1 Hvem er LESS AS?	1
1.2 Relevante bærekraftsmål	2
2 Teori	3
2.1 Den gamle bårekonstruksjonen	3
2.1.1 Bårens utvikling	4
2.1.2 Egenskaper	5
2.1.3 Bårens funksjon.....	5
2.2 Materialer.....	6
2.3 Materialer fra bårekonstruksjonen og brainstorming	7
2.3.1 Isopor.....	7
2.3.2 Papp.....	7
2.3.3 Curv.....	7
2.3.4 Aluminium	8
2.3.5 Polyuretan.....	8
2.4 Fiber forsterkede polymerer	8
2.4.1 Karbon fiber	8
2.4.2 Glass fiber	9
2.5 Herdeplaster-resin.....	9
2.5.1 Epoxy	9
2.6 Termoplaster.....	9
2.6.1 Polyaktisk syre (PLA)	10
2.6.2 Akrylnitril-butadien-styren (ABS)	10
2.6.3 Polyetylen (PE)	10
2.6.4 Nylon (PA)	10
2.6.5 Polyvinylklorid (PVC)	10
2.6.6 Polykarbonat (PC).....	11

2.6.7	Polypropylen (PP)	11
2.6.8	Materialenes egenskaper	12
2.7	Formbarhet og pris.....	13
2.8	Produksjonsmetoder for termoplast.....	13
2.8.1	Sprøytetøping.....	13
2.8.2	Ekstrudering	14
2.8.3	Sprøytetøpeblåsing	14
2.8.4	Sprøytetrekkblåsing	14
2.8.5	Rotasjonsstøping	15
3	Metode.....	16
3.1	Brainstorming	16
3.2	SWOT-analyse.....	16
3.3	Kravspesifikasjon	17
3.4	QFD-analyse	17
3.5	Eliminering med kravspesifikasjon	18
3.6	Testing av gjennomlysning.....	19
3.7	Testing av isolasjons evne/telystesten	20
3.8	Eliminering med kostnad og formbarhet	20
3.9	Testing av støttestruktur	21
3.9.1	Gjennomføring	22
4	Resultater.....	23
4.1	Resultater fra brainstorming	23
4.2	Resultater fra SWOT-analyse.....	24
4.3	Resultater fra QFD.....	25
4.4	Resultater fra kravspesifikasjon.....	27
4.4.1	Isopor.....	29
4.4.2	Papp.....	29
4.4.3	Curv	29
4.4.4	Aluminium	29
4.4.5	Polyuretan.....	30
4.4.6	Karbonfiber kompositt	30
4.4.7	Glassfiber kompositt	30
4.4.8	Polyaktisk syre (PLA)	30

4.4.9	Akrylnitril-butadien-styren (ABS)	31
4.4.10	Polyetylen (PE)	31
4.4.11	Polyamid (Nylon)	31
4.4.12	Polyvinylklorid (PVC)	31
4.4.13	Polykarbonat (PC)	31
4.4.14	Polypropylen (PP)	31
4.5	Resultater fra røntgenbilder	32
4.6	Resultater fra telystesten	34
4.7	Resultater fra kostnad og formbarhet	35
4.8	Resultater fra testing av støttestruktur	35
5	Diskusjon og analyse	36
5.1	Brainstorming	36
5.2	Kravspesifikasjoner og SWOT-analyse	36
5.3	Røntgenbilder	36
5.4	Telystesten	37
5.5	Støttestruktur	37
5.5.1	Gjennomføring av testen	38
5.6	Valg av produksjonsmetode	38
5.7	I lys av FNs bærekraftsmål	38
5.7.1	God helse og livskvalitet	38
5.7.2	God utdanning	39
5.7.3	Ansvarlig forbruk og produksjon	39
5.8	Kildekritikk for teoriundersøkelse	39
5.9	Begrensninger av oppgaven/videre forskning	40
5.10	Gjennomføring av prosjektet	40
6	Konklusjon	41
7	Litteraturliste	42
8	Vedlegg	47
8.1	Røntgenbilder	47
8.2	Bilder fra telystesten	51
8.3	Test av støttestruktur	59
8.4	Bårestandard	64
8.5	Relevante delmål fra FNs bærekraftsmål	65

Figurliste

Figur 1 Tverrsnitt av båren og låsemekanismen til håndtakene. Tverrsnittet er fra før båren fikk aluminiumsrør som avstivning. (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	3
Figur 2 Versjon 1, 2, 3, 4, og 5. bårens utvikling. Bilder hentet fra LESS sin hjemmeside og utlevert materiell	4
Figur 3 Bårens egenskaper hentet fra PowerPoint av LESS (Utlevert materiell fra LESS AS)	5
Figur 4 Eksempel av QFD-analyse (Skjerm bilde: Hentet fra Blackboard SMF2298 Teknologiledelse høst 2021, Holthe, R).....	18
Figur 5 Testing av gjennomlysning. Her er materialene PVC, Aluminium og PLA. (foto: Lunderø, 2022).....	19
Figur 6 Hvordan stativet og den infrarøde måleren ble brukt til å gjennomføre testen (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	20
Figur 7 Modellene som ble laget til testen. (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	21
Figur 8 Test apparatet som ble brukt (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	22
Figur 9 Brainwriting pool på Miro, (Skjerm bilde: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	23
Figur 10 QFD-analyse (Illustrasjon: Lunderø, 2022).....	25
Figur 11 Kontroll bilde (foto: Lunderø, 2022).....	47
Figur 12 Røntgen bilde av styreform og isolasjons isopor (foto: Lunderø, 2022).....	48
Figur 13 Røntgen bilde av modell isopor og isopor brukt som støtdemping. (foto: Lunderø, 2022).....	48
Figur 14 Røntgen bilde av glassfiber, karbonfiber kompositt og papp (foto: Lunderø, 2022)	49
Figur 15 Røntgen bilde av nylon, polyuretan og polypropylen (foto: Lunderø, 2022).....	49
Figur 16 Røntgen bilde av polyetylen, ABS og polykarbonat (foto: Lunderø, 2022)	50
Figur 17 Røntgen bilde av PVC, Aluminium og PLA (foto: Lunderø, 2022)	50
Figur 18 Materialet PLA testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	51
Figur 19 Materialet Polykarbonat (PC) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	51
Figur 20 Materialet Polyuretan (PU) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	52
Figur 21 Materialet polyetylen (PE) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	52
Figur 22 Materialet ABS testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	53
Figur 23 Materialet Polypropylen (PP) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	53
Figur 24 Materialet polyvinylklorid (PVC) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	54
Figur 25 Materialet Polyamid (PA) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	54
Figur 26 Materialet glassfiber kompositt testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	55
Figur 27 Materialet karbonfiber kompositt testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	55
Figur 28 Materialet papp testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	56
Figur 29 Materialet aluminium testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	56
Figur 30 Materialet svart isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	57
Figur 31 Materialet grønn isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	57
Figur 32 Materialet hvit isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	58
Figur 33 Tilpasning av lengde (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	59
Figur 34 Tilpasser utvendig diameter med dreie operasjon (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	60
Figur 35 Utvendig diameter justeres fra 15mm til 13mm (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	60

Figur 36 Modell med rett struktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	61
Figur 37 Graf av rett støttestruktur.....	61
Figur 38 Modell med bølge struktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022).....	62
Figur 39 Graf av bølge struktur.....	62
Figur 40 Modell med papp som støttestruktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)	63
Figur 41 Graf av papp som støttestruktur.....	63
Figur 42 Målene for EU sin bærestandard (AFNOR, 1999).....	64
Figur 43 Målene for NATO sin bærestandard (NATO, 2013).....	65

Tabelliste

Tabell 1: En samlet oversikt over materialene sine egenskaper.....	12
Tabell 3: Kravspesifikasjon utarbeidet med LESS	17
Tabell 4: SWOT-analyse av LESS båren.....	24
Tabell 5: Vurdering av materialenes egenskaper ut fra LESS sine "skal ha" krav	27
Tabell 6: Vurdering av materialenes egenskaper ut fra LESS sine "bør ha" krav	28
Tabell 7 Oversikt av resultater fra røntgenbilder	32
Tabell 8: Oversikt over de forskjellige temperaturene som ble målt under telystesten	34
Tabell 9: Vurdering av formbarhet og pris.....	35
Tabell 10: Maks belastning til modellene	35

1 Introduksjon

Bakgrunnen for denne oppgaven er at LESS står i en situasjon hvor fabrikken deres må bygges på nytt. Dette skyldes en brann i februar 2021, da hele bygget, med deres produksjon, lager og kontorer, brant ned (Solhaug, Brekne, 2021). Denne situasjonen har gitt LESS muligheten til å omstille produksjonen sin helt og lage en tilsvarende bære i andre materialer med nye mindre detaljer. Dette gir gruppen mulighet til å undersøke hvilke materialer som egner seg, basert på krav utformet med LESS. Tema for oppgaven blir å forske på ulike materialer som kan erstatte den gamle sandwich konstruksjonen, som ble brukt for å produsere bårene frem til februar 2021.

Problemformuleringen:

«Hva slags materialer kan evakueringsbåren lages i, basert på en kravspesifikasjon utformet med LESS?»

Hvilke produksjonsmetoder egner seg for de valgte materialene?»

1.1 Hvem er LESS AS?

Dette prosjektet gjøres i samarbeid med bedriften LESS som har hatt produksjonslokaler på Kapp og har midlertidige lokaler på samme område nå.

LESS står for «Light Emergency Stretcher Systems», det er en bedrift som produserer og utvikler beredskapsutstyr for offentlige tjenester og private aktører som har behov for pasientevakuering. Bedriften har 5 forskjellige produktkategorier de tilbyr sine kunder: beredskapspakker, evakuerings utstyr, hypotermi forebygging, triage og sanering/smittevern.

Beredskapssystemer:

LESS AS leverer komplette systemløsninger for flere beredskapsbehov og vi har løsninger for komplett storulykke-beredskap.

Evakuering:

LESS AS er en ledende leverandør av materiell som understøtter en helhetlig evakuerings- og redningsstrategi ved større ulykker og katastrofer.

Hypotermi:

I en skadesituasjon er det å forhindre fall i pasientenes kroppstemperatur svært viktig. LESS har utviklet enkle produkter som gir pasientene en grunnleggende hypotermiforebyggende isolering.

Triage:

LESS har utviklet et enkelt merkesystem som fungerer uavhengig av hvilke medisinske algoritmer som benyttes.

Sanering og smittevern:

Økt transport av farlige stoffer på veg og bane, globalisering og mer reising bland publikum, et langt mer alvorlig trusselbilde; Alt dette er med på å øke risikoen for CBRNe- hendelser som krever bedre beredskap (LESS 2022)

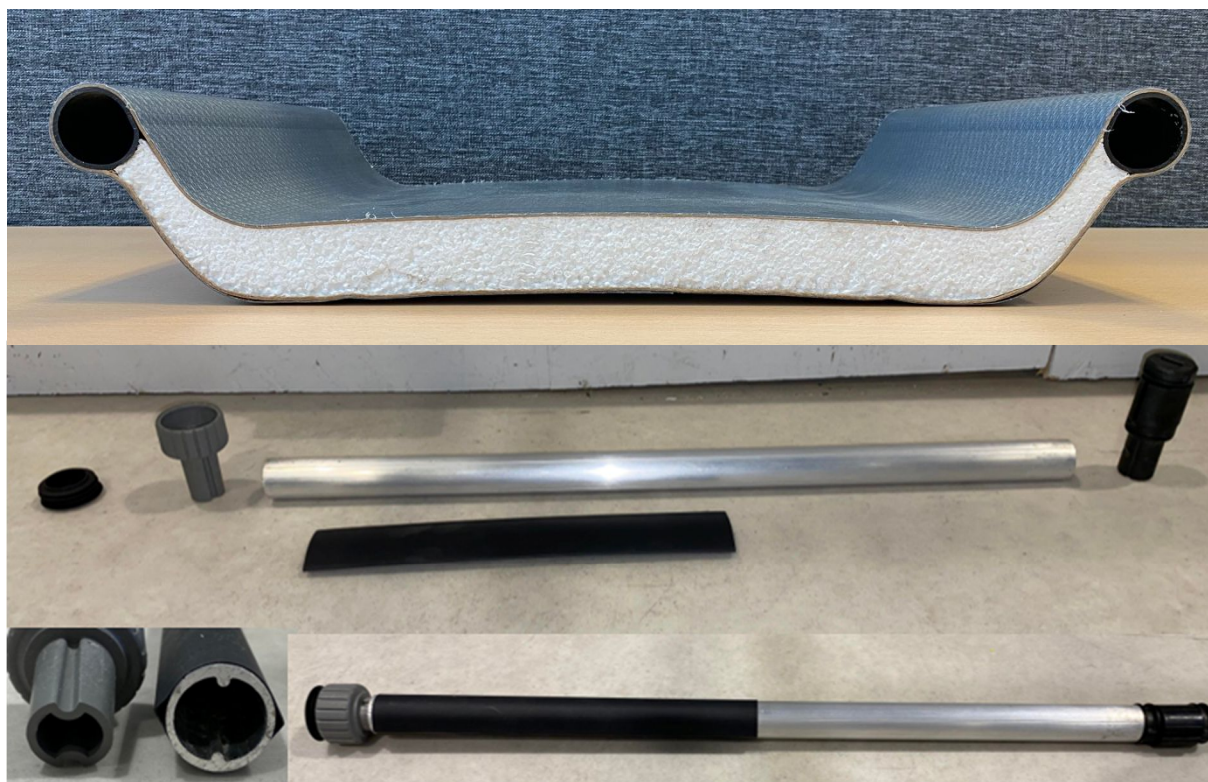
LESS har blitt en stor merkevare med kunder over hele verden, de tilbyr fra store pakkeløsninger, fullt innrede skaphengere og containere til enkle evakueringsbårer. Det er denne båren som prosjektet dreier seg om.

1.2 Relevante bærekraftsmål

Ifølge håndboken for bachelor oppgaver ved IVB, er det viktig å være bevisst på hvilke konsekvenser produktene og løsningene har for å skape et bærekraftig samfunn. Oppgaven blir dermed knyttet opp mot FNs bærekraftsmål, som er verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030 (FN, 2022a). I forhold til samfunnet kan denne oppgaven gi innsikt i materialer og produksjonsmetoder i bærekraftig forstand. De relevante bærekraftsmålene for denne oppgaven er, *3. God helse og livskvalitet*, *4. God utdanning*, og *12. Ansvarlig forbruk og produksjon*.

2 Teori

2.1 Den gamle bårekonstruksjonen



Figur 1 Tverrsnitt av båren og låsemekanismen til håndtakene. Tverrsnittet er fra før båren fikk aluminiumsrør som avstivning. (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

Båren sitt utseende er preget av EU og NATO sine bårestandarder, båren har uttrekkbare håndtak og de ulike versjonene har forskjellig antall bærepunkter langs siden.

Sammensetningen av materialer i den gamle båren til LESS har bestått av isopor, papp, aluminium, plast og plastfolien curv. Materialene har særegne egenskaper og sammen har de gitt en båre som har fungert bra tross høye krav. Båren har blitt produsert med en kjerne av isopor, denne blir laget ut fra store isopor blokker som de kutter opp til flere kjerner. Videre blir det plassert to rør av aluminium på hver langside. Deretter surres dette inn i med papp, det blir lagt 3 lag rundt kjernen og rørene. For å holde pappen på plass blir det surret et lag med curv rundt båren. Dette blir varmpresset sammen og folien hefter seg med pappen. For de uttrekkbare håndtakene blir det brukt ekstruderte aluminiumsrør med et innvendig spor for montering av sprøytstøpte deler, dette kan sees på figur 2. Håndtakene har samme utvendig diameter som innvendig diameter til rørene i båra. De sprøyte støpte delene har en oval

utforming, ved rotasjon presser disse mot det støpte aluminiums røret. Dette gjør det mulig å låse håndtaket i forskjellige posisjoner. Når låsemekanismen og håndtak er plassert blir det støpt på et endestykke i plast som tetter og låser fast håndtakene i båra. Til slutt blir det satt på en krympestrømpe og endestykker på håndtakene.

2.1.1 Bårens utvikling

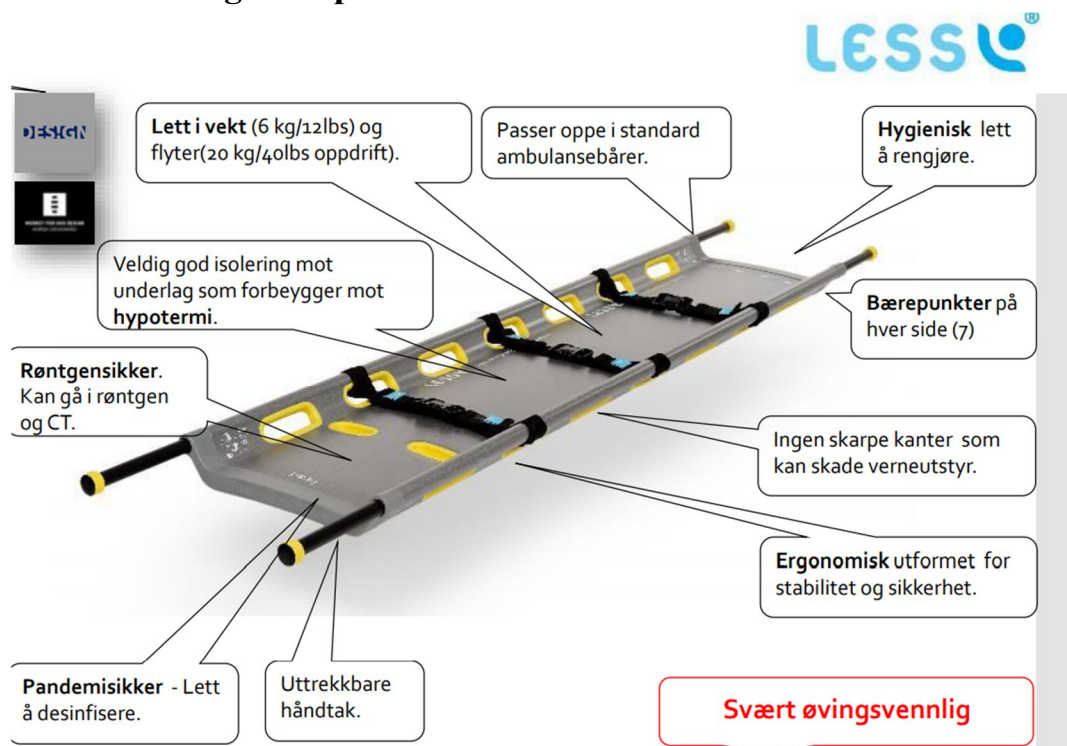


Figur 2 Versjon 1, 2, 3, 4, og 5. bårens utvikling. Bilder hentet fra LESS sin hjemmeside og utlevert materiell

Båren har hatt flere ulike versjoner der form og dimensjoner i stor grad har vært det samme. Forandringene ligger i ulike egenskaper, materialer og farger. Den første versjonen var en båre laget i papp. Neste versjon er en lyseblå båre laget med plast folie og uttrekkbare håndtak, men ikke håndtak langs siden. Denne versjonen ble avbildet i Teknisk Ukeblad for dens design og konstruksjon. Versjon 3 ble det gjort forandringer på fargevalg og denne har en grå bakgrunn mens det er samme blåfarge på endene. Versjon 3 ble lansert med PVC avstivningsrør, men dette førte til at båren var litt elastisk. Derfor fikk denne båren en oppgradering med aluminiumsrør i stedet for PVC. Dette ble gjort i 2010 samtidig som neste versjon ble lansert. Versjon 4 var den samme grå båren med to håndtak på hver side og to gjennomføringshull for 4-punkts ambulansesele. Denne versjonen ligger i sortimentet kalt «standard» båre, da det er et alternativ til versjon 5. Siste versjon er en «pro» utgavene av versjon 4, den er lik med unntak av gule detaljer og har totalt 7 håndtak langs hver side. Versjon 6. er under utvikling.

Gjennom alle versjonene til båra, blir den lagd i samme størrelse og dimensjoner, hvor de største endringene ligger i farge og håndtak. Dette er fordi de utvendige dimensjonene er formet etter NATO og EU sine standard mål for bårer (NATO, 2013, AFNOR, 1999). De er formet slik at de passer oppi bårer som følger begge disse standardene. Denne funksjonen er en grunnleggende del av LESS båra og er noe som er viktig å ha med i oppgaven vår. Bårens dimensjoner er derfor låst og burde ikke endres. Bårestandardene kan ses i vedlegg 8.4.

2.1.2 Egenskaper



Figur 3 Bårens egenskaper hentet fra PowerPoint av LESS (Utlevert materiell fra LESS AS)

På

figur 3 ser man alle egenskapene til pro båren fra LESS. Forskjellen på egenskapene mellom denne og standard båren er færre bærepunkter langs siden.

2.1.3 Bårens funksjon

Denne båren er hovedelementet i et system som LESS AS har utviklet for å effektivisere pasientevakuering ved større ulykker. Dette har gitt båren en rekke egenskaper og tilleggsartikler. Bårens design gjør at man kan transportere en skadet fra skadested til sykehus uten unødvendige flytt, båren med pasient plasseres oppi bårene i ambulanser. Dette minsker evakueringstid samt risikoen ved å bevege nakke og rygg ved høyenergi skader. Under evakuering over lenger distanser har man mulighet til å være flere som bærer da båren er

designet med flere håndtak langs siden. Om det bare er to personer til å bære tilbyr LESS bæreseler som hektes på de uttrekkbare håndtakene. Dette er en sele som belaster skuldre og rygg, på samme måte som en ryggsekk. De har da begge hender fri og to personer kan transportere en pasient over lengre distanse. Bårene har veldig gode isolerende egenskaper, men ved fare for nedkjøling har LESS en termopose i bobleplast som tilleggs utstyr. Denne sammen med bære skaper veldig god hypotermiforebygging. Disse bårene har fått designet egne trillebager, dette gjør det mulig for en person å transportere opptil 5 bårer til et skadested (LESS, 2022).

2.2 Materialer

Den gamle bærekonstruksjonen består av materialene isopor, papp, curv folie, aluminium og polyuretan. Disse materialene sine egenskaper blir listet opp først før alternative materialer fra brainstorming blir lagt frem. For å sammenligne disse materialene skal det fokuseres på egenskapene: tetthet og E-modul. Massetetthet er en måleenhet på hvor mye en gitt masse av et materiale veier. Måten dette oppgis på er hvor mange kg materialet veier per kubikkmeter. Dette brukes for å sjekke om materialene kan flyte i vann. For å oppnå flyteevne må materialet ha lavere tetthet enn vann som har en tetthet på 997kg/m^3 (Hofstad, 2021). Strekkfasthet er hvor stor deformasjon et materiale tåler før det begynner å revne, dette blir da maks belastning materialet tåler. E-modulen er hvor stor belastning et materiale tåler uten å få en varig deformasjon, det betyr at ved å fjerne belastningen vil materiale gå tilbake til sin opprinnelige form (Grøndalen, 2007, s. 56). Måten man finner ut E-modulen til et materiale gjøres med en strekktest av materialet. Dette gjøres med teststaver av ønskede materialer og plassere disse en om gangen i maskinen. Det blir da påført krefter som river materialet fra hverandre, maskinen måler da hvor mye materialet strekker seg. Måleapparater lager en graf hvor man kan lese av hvor stor kraft som forårsaker ulike deformasjoner (Grøndalen, 2002. s. 56).

2.3 Materialer fra bårekonstruksjonen og brainstorming

2.3.1 Isopor

Isopor er en eset form av termoplasten polystyren (Isopor, 2018). Denne esingen gjøres ved å varme opp termoplasten sammen med et esemiddel. Det oppstår en kjemisk reaksjon som frigjør gasser, disse fører til mange små porer inne i plasten (Stori, 2018). Dette gjør at isopor er veldig lett, har god isoleringsevne og lav tetthet (Polystyren, 2022). Bruksområder for materialet er: isolasjon, engangs utstyr for matvarer og emballasjer (Dielectric Manufacturing, 2021). Isoporen man finner i kjernen til båren er en type som har fått mye esing i produksjonen, derfor har den veldig gode isolerende egenskaper. Dette forekommer av stillestående luft inne i materialet (UngEnergi, 2022).

2.3.2 Papp

Papp er et materiale som lages veldig likt som ark, papir og kartong. Det er fordi alle disse stammer fra tre-fibre. Dette gjør at papp er et nedbrytbart materiale og miljøvennlig. Papp starter sin produksjon likt som papir. For å lage papp blir det lagt flere papir oppå hverandre, som presses sammen til et tykkere produkt (Norengros AS, 2022). Ved produksjon av papir er det forskjellige måter og behandle tre-fibre på utfra om man ønsker mykere eller stivere papir. Til produksjon av papp bruker man stivt papir. Det er forskjellige typer papp, man kan lime sammen papir til det blir veldig tykk papp eller man kan lage litt tynnere papp plater og lime et ark imellom disse med bølgestruktur. Dette kalles korrugert papp og gir stivhet, isolerende effekt og støtdemping (Papp, 2019). Ren papp er ikke vanntett og uten overflate behandling vil det begynne å trekke til seg vann. Når dette skjer, vil dens styrke svekkes og papp vil til slutt løses opp (GWPGGroup, 2022).

2.3.3 Curv

Polypropylen er en type plast som har veldig mange bruksområdet. Den er veldig vanlig å bruke til emballasje og til husholdningsprodukter, som en matboks av plast. Dette er en plast som er relativt stiv, som også gjør at den er ganske sprø. For å lage curv kan man bruke resirkulert polypropylen som blir strukket til lange tråder (Factory Direct Promos, 2019).

Disse trådene blir så vevd sammen til en solid folie, med 50% av vekten til et glassfiberforsterket materiale (MaterialDistrict, 2006).

2.3.4 Aluminium

Aluminium er et lett-metall som har mange bruksområder, det har lav egenvekt kombinert med høy styrke. Det er et materiale som er kostbart å fremstille, men billig og resirkulere da dens smeltepunkt er på 660 grader (Grøndalen, 2002. s. 142)

2.3.5 Polyuretan

Polyuretan eller PUR, er et herdeplast-materiale som også forekommer som termoplastisk polyuretan, TPU. Det er et veldig variert materialet siden det kan produseres med ulike tettheter og stivheter, og det er dermed flere forskjellige typer polyuretan. Materialet har gode isolasjonsevne og brukes til for eksempel kjøleskap og fryserer, i tillegg til at det kan brukes til for eksempel møbler, madrasser og bilindustri (Plastindustrien, 2021).

2.4 Fiber forsterkede polymerer

Fiber forsterkede polymerer kalt FRP, er kompositt bestående av to eller flere materialer. Det er en flytende substans som binder fibrene sammen, når denne flytende substansen stivner fungerer fibrene som forsterkning. En kompositt er for eksempel bildeler laget av karbon fiber, Kevlar armerte klær og glassfiber båter. Fibrene som er brukt i komposittene fungerer som armering og kan være tilsatt på forskjellige måter som, opphakkert materiale, duk eller vevet duk. Dette gjøres for å skape forskjellige egenskaper (Grøndalen. 2002. S. 177).

2.4.1 Karbon fiber

Karbon fiber er et materiale som brukes i en kompositt som kalles *Carbon Fiber Reinforced Polymers*. Dette dannes ved at man binder herdeplast resiner, som epoxy, til karbon fibret. Egenskapene til materialet bestemmes av bindingstypen, hvordan fibrene er satt sammen og antall fibre i forhold til polymerer (Dielectric Manufacturing, 2022). Materialet har flere

egenskaper, som for eksempel god isolasjonsevne, høy styrke og høy E-modul (Grøndalen, 2002 S. 180).

2.4.2 Glass fiber

Glass fiber blir laget ved å varme opp glass til flytende form og ført gjennom tynne små dyser som lar glasset sige ut. Ved å tilføre en rask avkjøling får man fibre som egner seg som i et «FRP»-materiale, Ved en mer langsom avkjøling får man den type fiber som man bruker til isolasjon (Grøndalen, 2002. S. 179). På grunn av høy styrke og lav kostnad, er glassfiber en av de mest brukte forsterkningene innen kompositt. I tillegg har glassfiber god isolasjon, varmebestandighet, god korrosjonsmotstand og høy mekanisk styrke (Grøndalen, 2002. S. 185).

2.5 Herdeplaster-resin

2.5.1 Epoxy

Er et materiale med som er ofte brukt der produktet kan være utsatt for vann eller fuktighet. Epoxy har høy glans som gir kompositten en fin overflate samt at den er motstandsdyktig mot vann inntrenging. Dette gjør at det har blitt et populært resin valg til produksjon av bildeler sammen med karbon fiber som forsterkning (Gjøco AS, 2022).

2.6 Termoplaster

Av de forskjellige plastene skilles det mellom to typer, herdeplast og termoplast.

Hovedforskjellen mellom disse er at herdeplast er en type plast som blir fremstilt og støpt i en type form. Når dette er gjort er dette ikke reverserbart. I termoplaster er dette reverserbart, dvs. at man kan varme opp igjen materialet og gi det en ny form flere ganger (Grøndalen, 2002. S. 165)

2.6.1 Polyaktisk syre (PLA)

Er en termoplast som er nedbrytbar mellom 6-12 måneder samt billig å fremstille. Det har smeltepunkt på 180 grader og glass temperatur på 60 som gjør den mye brukt som materiale for 3D printing (Mayer 2022).

2.6.2 Akrylnitril-butadien-styren (ABS)

ABS er en plast som finnes i mange elektroniske komponenter. Dette er fordi materialet har dårlig elektrisk ledeevne og ved brann avgir det lite røyk. Dette materialet finner man i pc-tastatur, adaptere og støpsel til telefoner (Williams, 2018).

2.6.3 Polyetylen (PE)

Er en plast som er veldig billig å produsere samt at den er giftfri. Dette gjør at den egner seg godt som forbrukerplast, den er brukt i produksjon av plastflasker (for vaskemiddel), handleposer, emballasje til mat og beholdere i plast (Williams, 2018).

2.6.4 Nylon (PA)

Er en plast med høy styrke, dette gjør at materialet er brukt til å produsere drev og tannhjul i forskjellige produkter. Det er vanlig å finne disse delene i elektriske komponenter til biler, som kupevifte (Williams, 2018)

2.6.5 Polyvinylklorid (PVC)

Er et materiale som blir brukt mye i bygge bransjen der man ønsker å spare vekt og kostnad. Man finner materialet i elektriske komponenter der er PVC brukt som isolasjon, i vann og avløp, der er PVC brukt som rør (Ore og Stori, 2021).

2.6.6 Polykarbonat (PC)

Er et materiale med gode optiske egenskaper og i støping har det en jevn krymping ved herding. Dette gjør at materialet egner seg til produkter med krav om nøyaktighet som i CD, og DvD'er (Williams, 2018)

2.6.7 Polypropylen (PP)

Dette materialet har mange av de samme egenskapene og bruksområdene som Polyetylen (PE). Det har høy fleksibilitet som gjør at den kan lage hengsler som kan beveges mye uten å bli ødelagt. Dette gjør at materialet er mye brukt i korker, løkk til forskjellige beholdere til spiselige produkter (Williams, 2018).

2.6.8 Materialenes egenskaper

Tabell 1: En samlet oversikt over materialene sine egenskaper

Egenskaper	Tetthet	E-modul
Isopor	11-32kg/m ³ Forskjellige typer esing	3000 MPA
Papp	155kg/m ³	33 MPA
Curv	946kg/m ³	0,193 MPA
Aluminium	2700kg/m ³	45 MPA
Polyuretan	1400 kg/m ³	7000 MPA
Karbon fiber	1760kg/m ³	250 000 – 300 000 MPA
Glass fiber	2600kg/m ³	70 000 – 85 000 MPA
Epoxy	1200 kg/m ³	50 MPA
Karbonfiber armert epoksy	1500 kg/m ³	2 350 MPA
Glassfiberarmert epoksy	1800 kg/m ³	200 MPA
PLA	1240 kg/m ³	49 MPA
ABS	1040 kg/m ³	64 MPA
PE	920 kg/m ³	12 MPA
PA	1140 kg/m ³	16 MPA
PVC	1300 kg/m ³	52 MPA
PC	1200 kg/m ³	62 MPA
PP	946 kg/m ³	43,4 MPA

Informasjonen i denne tabellen er hentet fra: (Azo materials, 2001. Lovepac, 2014. Jaya og Ayurini, 2020. Ore, 2019. Polymerdatabase, 2022. Grøndalen, 2002. S. 142, 171, 181. MatWeb, 2022a, b, c, d. Vinidex, 2022)

2.7 Formbarhet og pris

Basert på resultatet fra kravspesifikasjonen er det materialene polyetylen og polypropylen som er mest hensiktsmessig å bruke. For å avgjøre hvilke av disse materialene som er best egnet blir formbarheten og prisen til materialene vurdert.

Prisen på de to termoplastene er basert på gjennomsnittlig pris i 2020. Prisen for 1 ton med polyetylen var 815 U. S. dollar. Dette tilsvarer ca. 7164 norske kroner (Statista, 2022a). Prisen for 1 ton med polypropylen var 1285 U. S. dollar. Dette tilsvarer ca. 11295 norske kroner (Statista, 2022b). Begge materialene er enkle å bearbeide og de har god formbarhet. (Ore, 2019, Ore og Stori, 2019).

2.8 Produksjonsmetoder for termoplast

Som nevnt over er det en type termoplast som er aktuelt å produsere den nye båren i. For å avgjøre hvordan båren skal lages er det hentet teori om de vanligste produksjonsmetodene for termoplaster.

2.8.1 Sprøytstøping

I denne metoden varmes platen opp til en flytende konsistens før den blir presset inn i en form. Formen holder en lav temperatur noe som fører til at platen stivner kjapt inne i formen. Når delen er ferdig avkjølt, deles/åpnes støpeformen for å få den støpte delen ut (Ore og Stori, 2021). Fordeler med å bruke sprøytstøping er at man har lite svinn, komplekse former på produktet, det er en effektiv metode. Ulemper ved denne metoden er, støpeformene lages i verktøy stål, dette gjør at en liten endring på designet er tidskrevende og dyrt. Samtidig er det høye krav til overflate og presisjon på verktøyet da dette påvirker produkt (Nicolaisen, 2020).

2.8.2 Ekstrudering

Denne metoden starter på samme måte med smelta plast som blir påført trykk, men istedenfor en form er det et verktøy. Dette verktøyet skaper formen på en ønsket profil som plasten får når den går gjennom. Etter plasten har gått gjennom verktøyet blir det raskt nedkjølt for å minske mulig deformasjon. Dette er en metode som egner seg om man skal lage lange profiler eller rør som man kan kappe i ønskede lengder (Ore og Stori, 2021). Fordeler med denne metoden: den egner seg til produksjon av lange produkter som profiler, det er lite svinn og maskinen kan jobbe kontinuerlig om det legges til rette for det. Ulemper med denne metoden: utformingen av verktøyet er kritisk, asymmetriske deler krever at verktøyet har feil dimensjoner, kostbart å gjøre mindre endringer i design (Nicolaisen, 2020).

2.8.3 Sprøytstøpeblåsing

I denne metoden ekstruderes det et plastrør som blir ført inn i et delt verktøy. Når verktøyet settes sammen knipes røret sammen i bunnen, i toppen er det et trykkluftør som stikker inn i det ekstruderte røret. Når verktøyet er lukket, blir det påført trykkluft og det ekstruderte røret blir presset mot verktøyet. Verktøyet kjøles ned før det åpner seg og ut kommer produktet. Fordeler med denne metoden: produserer høyt volum raskt, automatisk produksjonsprosess og lite svinn. Ulemper med denne metoden: produktet får et hull i ene enden på grunn av trykkluft røret (Nicolaisen, 2020).

2.8.4 Sprøytstrekblåsing

Denne metoden deler likehetstrekk med sprøytstøpeblåsing ved at plast blåses opp innvendig i et verktøy. Forskjellen er at plasten blir først sprøytstøpt rundt et verktøy med luftkanaler. Denne blir så tatt ut av sprøyte støpe verktøyet og satt inn i et formverktøy. Det blir påført trykkluft og den sprøytstøpte delen blir presset ut til veggen av form verktøyet. Materialet kjøles ned og verktøyet åpner seg. Ulemper med denne metoden er: man må kombinere to prosesser, det er mindre effektivt enn sprøytstøpeblåsing og man får hull fra verktøyet med trykkluft (Nicolaisen, 2020).

2.8.5 Rotasjonsstøping

Det er en metode som egner seg for å lage produkter med hul kjerne. Måten denne metoden fungerer på er at det blir tilsatt pulver eller opphakkede biter av ønsket type plast inne i en form. Denne blir da varmet opp slik at plasten begynner å flyte samtidig som den roterer. Rotasjonen skaper g-krefter som får materialet til å flyte utover i formen. Når formen avkjøles, beholder plasten formen og ved å åpne formen kan man hente ut produktet. Ulemper med denne metoden er at produkter får homogen veggtykkelse, kompliserte formen kan være vanskelig å lage, overflaten inne i produktet er ikke mulig å tilpasse og det tar stor plass. Fordeler er at produkter blir automatisk hule innvendig, det er billige forme, billig produksjonsmetode (Nicolaisen, 2020).

3 Metode

3.1 Brainstorming

For å starte prosessen med å finne mulige alternative materialer, utførte gruppen en brainstorming aktivitet som kalles for «brainwriting pool». Metoden går ut på at gruppen skriver ned ideer rundt temaet alene. Deretter samles alle ideene slik at man kan ta inspirasjon fra andres ideer og utvikle flere (Lerdahl, 2017, s.112). Det ble gjort en forenklet versjon hvor gruppemedlemmene skrev ned de materialene som kunne være en mulig erstatte. Dette ble gjort digitalt via Miro, på et Miro board.

3.2 SWOT-analyse

Det ble utført en SWOT-analyse for oppgaven, av båren til LESS. Denne analysen ble gjort for å få et raskt overblikk over produktet og markedet. Analysen går ut på at man ser på styrker, svakheter, muligheter og trusler for en organisasjon, et produkt eller et nytt løsningsforslag. En slik oversikt kan legge grunnlag for å lage nye og bedre løsninger (Lerdahl, 2017, s.58). Et eksempel på hvordan en slik analyse kan settes opp kan sees i tabell 2.

Tabell 2 Eksempel av en SWOT-analyse

SWOT-analyse	
Styrker	Svakheter
Muligheter	Trusler

3.3 Kravspesifikasjon

Ut fra egenskapene til den gamle båren og ved samarbeid med LESS, har det blitt utviklet en kravspesifikasjon. Her har egenskapene fra den gamle båren blitt rangert etter hva den nye båren «skal ha», «bør ha» og «kan ha».

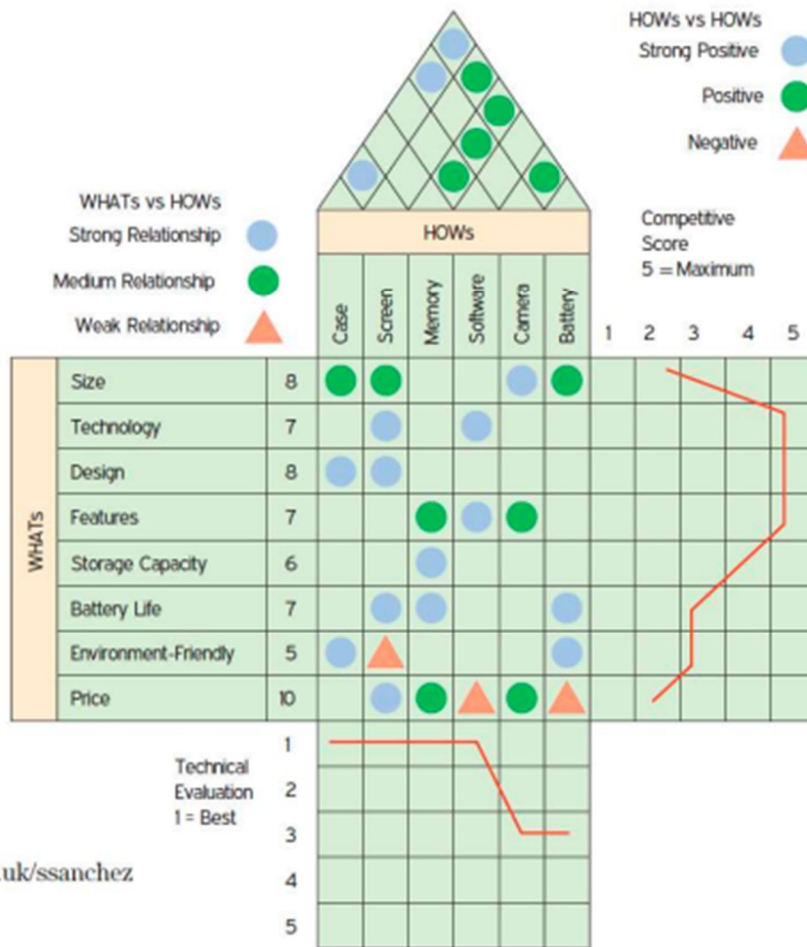
Tabell 2: Kravspesifikasjon utarbeidet med LESS

Kravspesifikasjon	Skal ha	Bør ha	Kan ha
Like dimensjoner	x		
Samme utseende, (kjennemerke)	(x)	x	
Hypotermiforebygging/isolasjon	x		
Gjennomlysningsevne/røntgensikkerhet	x		
Desinfiserbar		x	
Samme antall bærehåndtak		x	
Lett, (6kg)		x	(x)
Ergonomisk		x	
Uttrekkbare håndtak		x	
Bedre resirkuleringsevne		x	
Belastning 150kg	x		

3.4 QFD-analyse

QFD-analyse, også kjent som *Quality function deployment*, er en metode som brukes i starten av designprosesser til å se på, og vurdere krav fra kunden for et produkt eller en tjeneste. QFD metoden lager en liste over hva kunden vil ha, før designteamet bestemmer hvordan kravene skal oppnås. Deretter brukes metoden til å se på forholdet mellom kundens krav og hvordan kravene skal oppfylles (Paton, Clegg, Hsuan og Pilkington, 2021, s.456-457). Dette ble gjort for å finne ut av hva fokuset for oppgaven burde ligge på, i forhold til LESS sine ønsker. I tillegg kan denne metoden bidra til å øke blant annet produktkvalitet og kundetilfredshet.

Figure 13.17 Example of iPhone



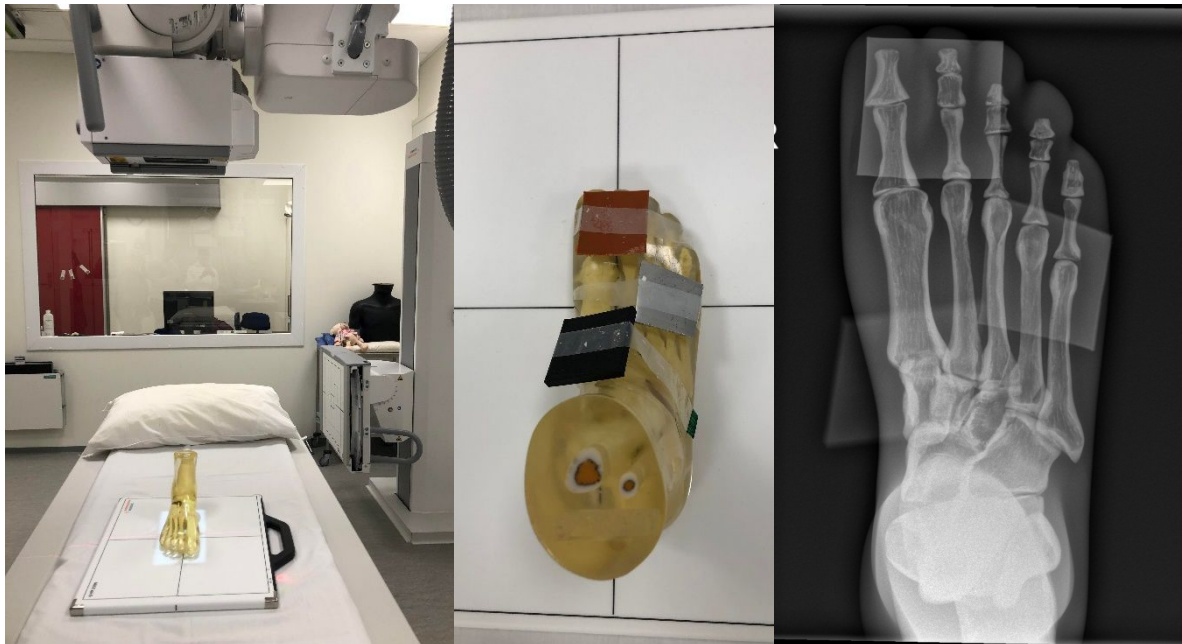
gs.warwick.ac.uk/ssanchez

Figur 4 Eksempel av QFD-analyse (Skjerm bilde: Hentet fra Blackboard SMF2298 Teknologiledelse høst 2021, Holthe, R)

3.5 Eliminering med kravspesifikasjon

For å vurdere hvordan de ulike materialene sine egenskaper stiller seg opp mot kravene fra LESS, har gruppen utformet to tabeller. Disse bruker fargekodene rød, grønn og gul. De rutene som er markert med rød betyr, egenskapen til materialet oppfyller ikke kravet som LESS har bestemt. Gul farge betyr, materialet oppfyller egenskapen, men at det er komplikasjoner. Ved grønn farge oppfyller materialet kravet. Den ene tabellen består av kravene som er vurdert til «skal ha» og den andre er krav vurdert til «bør ha». Ved vurdering av gjennomlysnings evne og isolerende effekt, har det blitt gjennomført egne forsøk. For vurdering av egenvekt har materialets tetthet blitt brukt. Ved vurdering av styrke har materialets E-modul blitt brukt, ved å dele denne på tetthet får man et forholdstall som sier noe om materialets styrke i forhold til vekt.

3.6 Testing av gjennomlysning



Figur 5 Testing av gjennomlysning. Her er materialene PVC, Aluminium og PLA. (foto: Lunderø, 2022)

For testing av hvilke materialer som har god gjennomlysningsevne ble det tatt røntgenbilder av de ulike materialene. Måten dette ble gjort på var ved å feste materialer på en modell som er laget for å representere menneskelig skjelett og bløtvev. Ved å feste materialene oppå modellen ble det mulig å avgjøre om materialet hindrer identifisering av brudd.

3.7 Testing av isolasjons evne/telystesten



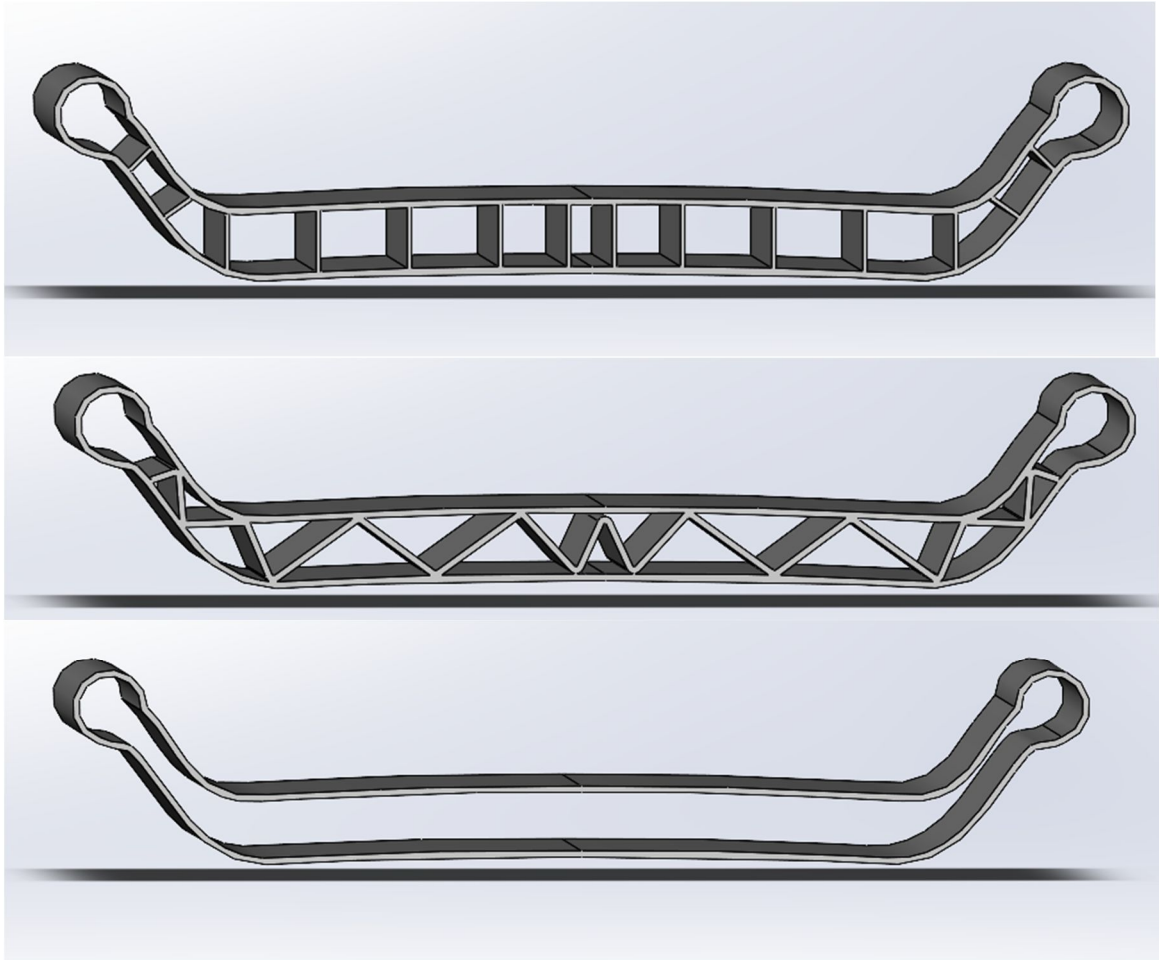
Figur 6 Hvordan stativet og den infrarøde måleren ble brukt til å gjennomføre testen (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

For å vurdere de ulike materialenes evne til å isolere ble deres egenskaper til å overføre varme testet. Dette ble gjort med et telys som varmekilde, infrarød varmemåler og et stativ som sørger for lik avstand mellom telyset og materialene. Stativet ble designet i solid Works og 3d printet i PLA. Måten testen ble gjennomført på var ved å plassere materialtestene i stativet, måle start temperatur og måle temperaturen etter 2 minutter med telyset som varmekilde. Differansen mellom start og slutt temperatur viser hvor mange grader overflaten til materialet økte i temperatur. Det materialet med den laveste differansen har da isolert varmen best.

3.8 Eliminering med kostnad og formbarhet

For å vurdere hvilket av de to materialene som er best egnet er det blitt utformet en kravspesifikasjon basert på faktorer som er viktige ved produksjon og salg av produktet. Dette er formbarheten og prisen til polypropylen og polyetylen. Disse to faktorene er basert på resultatet fra SWOT-analysen. I denne er pris en trussel for produktet. En høy materialkostnad og dårlig formbarhet vil gjøre produktet dyrt og kjøpe inn samt vanskelig å produsere. Dette kan føre til at utsalgsprisen til den nye baren må økes.

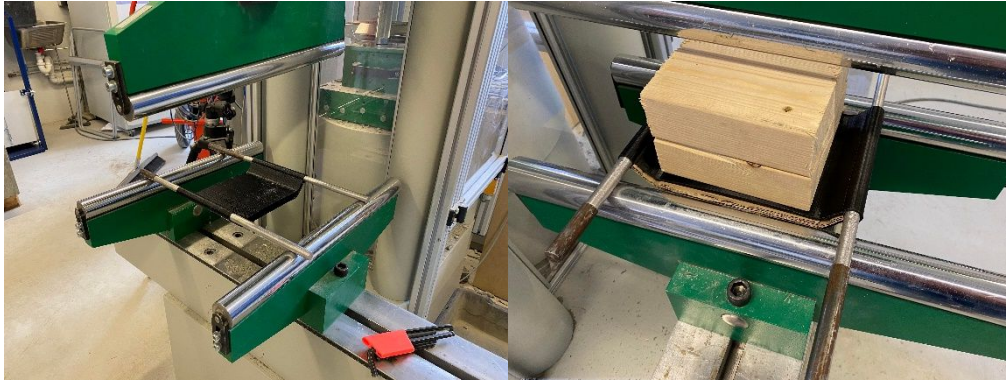
3.9 Testing av støttestruktur



Figur 7 Modellene som ble laget til testen. (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

Basert på resultatet av formbarhet og pris skulle det gjøres forsøk på forskjellig støttestruktur i modeller laget av Polyetylen. Til denne testen ble det laget 3 modeller hvor den ene har rette linjer som skaper stivhet. Den andre har fått en støttestruktur som ligner mere på bølger, dette er inspirert fra bølgestrukturen som er brukt i korrugert papp. Siste modellen ble laget uten støttestruktur i plast, men denne ble fylt med korrugert papp. For å få en så utseende riktig modell som mulig ble modellen tegnet over et bilde av tverrsnittet fra den gamle båren. Det ble så brukt de faktiske målene til båren på modellen, men ved produksjon skulle den 3Dprintes. Da måtte modellen skaleres ned med 50% for at den skulle være innenfor maskinens begrensninger. Det ble forsøkt å lage modellene i PE, men dette fungerte ikke da maskinen ikke har de rette egenskapene for dette materialet. Det ble derfor brukt PLA isteden til å lage modellene.

3.9.1 Gjennomføring

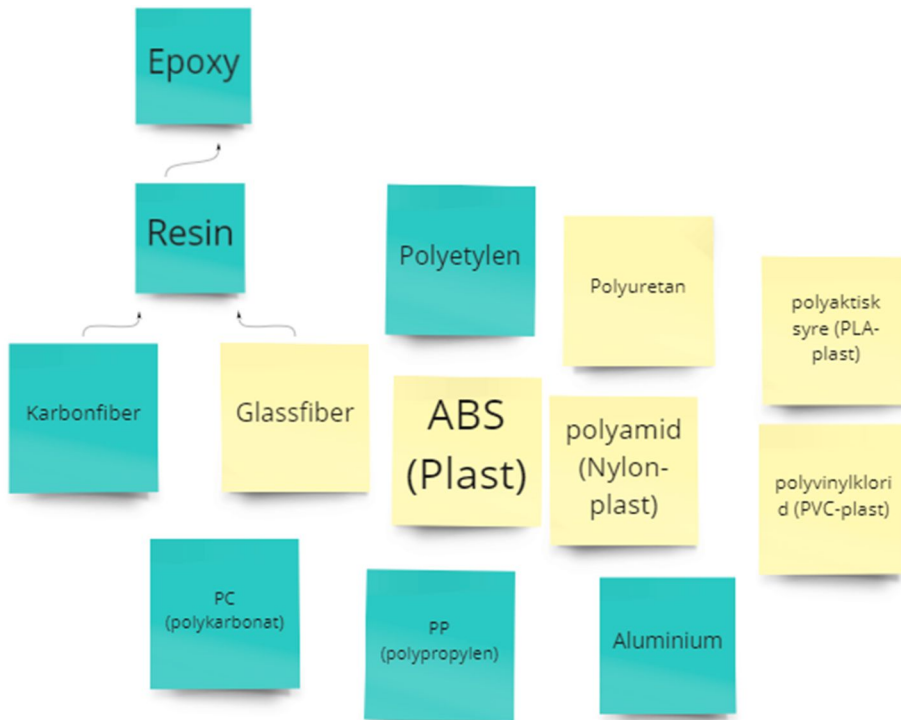


Figur 8 Test apparatet som ble brukt (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

Måten testen ble gjennomført på var ved å bruke en presse med måleapparat som registrerer hvor mye trykk den belaster materialer. Modellene fikk to stål stenger tilpasset som representerer aluminiums rørene i den opprinnelige båren. Disse stengene ble lagt på anleggsflaten til pressen og det ble lagt treklosser oppå for å fordele presset. Dette ble gjort for å simulere måten en person sprer belastningen når de ligger på båren. Når dette var gjort senket armen over båren seg nedover med en kraftøkning på 10nm i sekundet helt til modellene ble destruert.

4 Resultater

4.1 Resultater fra brainstorming



Figur 9 Brainwriting pool på Miro, (Skjerm bilde: Fliflet-Jacobsen, 2022)

Ved hjelp av denne metoden kom gruppen fram til flere mulige alternative materialer. Gruppemedlemmene brukte forskjellige farger på lappene for å få oversikt over hvem som har skrevet hva. Materialene som gruppen kom frem til i denne øvelsen kan sees på figur 9.

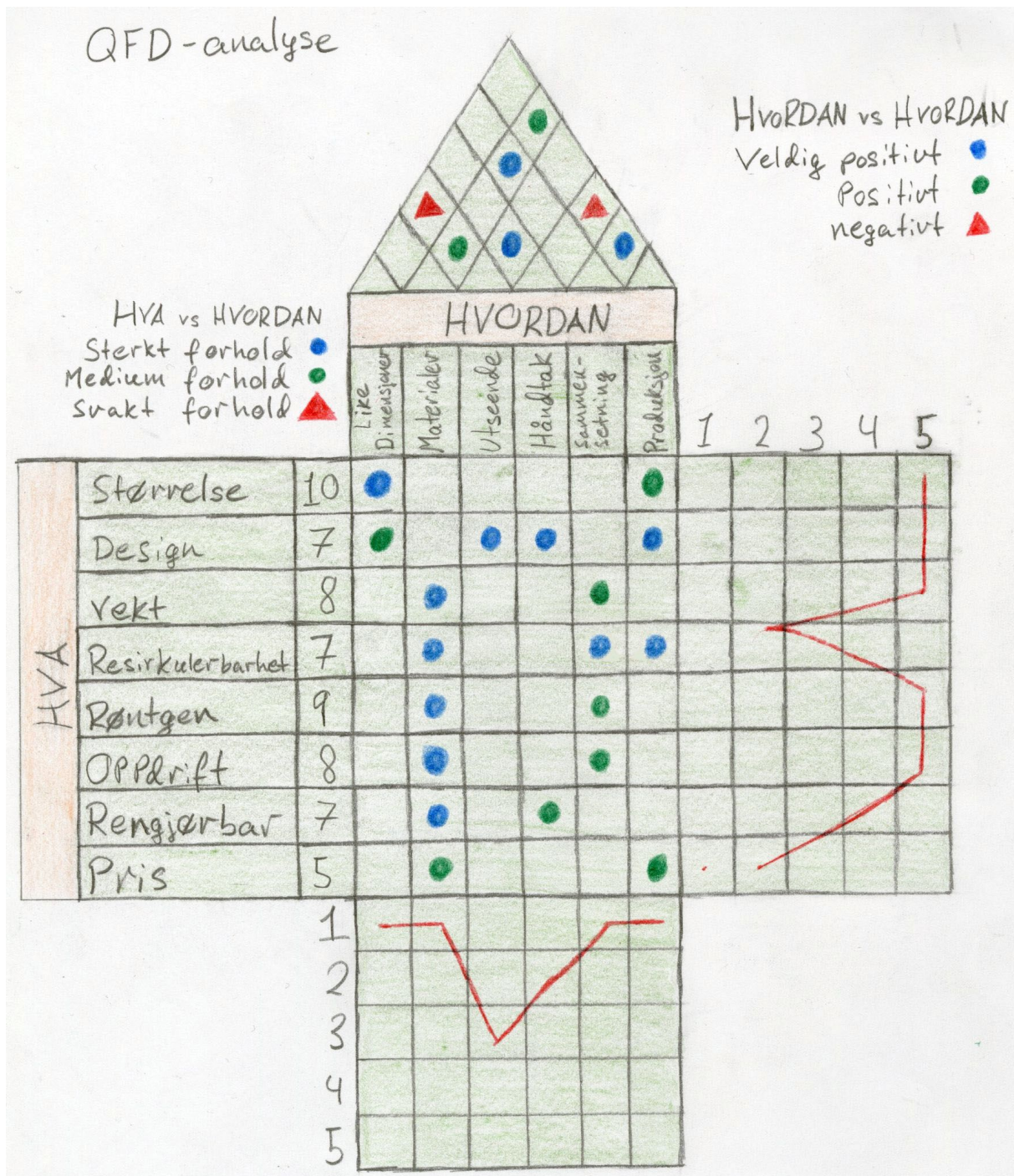
4.2 Resultater fra SWOT-analyse

Tabell 3: SWOT-analyse av LESS båren

SWOT-analyse av LESS båre	
Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Bra isoleringsevne• Røntgensikkert• Lav vekt• Oppdrift• Originalt konsept	<ul style="list-style-type: none">• Resirkuleringsevne (restavfall)• Mellomrom ved uttrekkbare håndtak
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none">• LEAN• Marked over hele verden innen evakuering• Samarbeid med nasjonale og internasjonale helsetjenester	<ul style="list-style-type: none">• Økte materialkostnader• Pris

Basert på SWOT-analysen, kan man se at båra har mange positive egenskaper og muligheter. At konseptet LEAN integreres i evakuering ved hjelp av båra, gjør det til et originalt produkt (LESS, 2022). Båra kan brukes i mange områder på grunn av egenskaper som røntgensikkerhet og oppdrift. Likevel har den noen forbedringspunkter. Svakheterne er resirkuleringsevnen, og at LESS-båra sin utforming i forhold til EU og NATO standarder gir lite plass mellom de uttrekkbare håndtakene. I tillegg kan båra trues av økningen av materialkostnader, noe som kan påvirke prisen.

4.3 Resultater fra QFD



Figur 10 QFD-analyse (Illustrasjon: Lunderø, 2022)

QFD-analysen ble illustrert basert på eksemplet i Operations Management boka. Den er bygget opp av LESS sine ønsker, *Hva*, på venstre siden, og hvordan gruppen mener ønskene kan oppnås, *Hvordan*, på oversiden. I midten er det en *Relationship Matrix*. Den viser

forholdet mellom *Hva* og *Hvordan*. For eksempel er det et sterkt forhold mellom røntgen og materialer, men røntgen har et svakere forhold til sammensetning (sammensetning av materialer). Et sterkt forhold er markert med blå prikk, medium forhold er markert med grønn prikk, og svakt forhold er markert med rød trekant. Over *Hvordan*, er det en *Correlation Matrix*, som ser på sammenhengen mellom *Hvordan* punktene. En positiv sammenheng vil si at en forbedring i det ene punktet, fører til en positiv forbedring i det andre punktet. En negativ sammenheng vil si at en forbedring i et punkt fører til en negativ utvikling i et annet.

Grafen til høyre er en analyse av kundens produkt i forhold til konkurrenter. Den er rangert fra 1-5, hvor 5 er best. Det ble gjort et enkelt søk for å sammenligne LESS båra med andre like produkter. Det konkluderes med at LESS båra presterer best når det kommer til størrelse, design, vekt, røntgen og oppdrift, men båra er veldig kostbar i forhold til andre lignende produkter. I tillegg får båra igjen, dårlig resultat i forhold til mulighet for resirkulering. Dette er fordi det er brukt polypropylen duk som varmpresses og smeltes fast i pappen, dette blir en kompositt hvor det er vanskelig å skille materialene fra hverandre.

Grafen nederst er rangert fra 1-5, hvor 1 er best, og viser hvilke design elementer ved *Hvordan* som er viktigst. Der kom gruppen fram til at det viktigste var å beholde like dimensjoner, materialer, sammensetning av materialer og produksjon. Utseende og håndtak er rangert som mindre viktig i forhold til de andre elementene.

Det er klart ut ifra analysen at produktet sliter i kategoriene resirkulerbarhet og pris. Samsvaret mellom disse gjør det vanskelig å gjøre positive endringer i begge retninger. Det er derfor valgt å fokusere på resirkulerbarhet for denne oppgaven, fordi det kan knyttes opp mot FNs bærekraftsmål om ansvarlig forbruk og produksjon. Resirkulerbare materialer vil derfor prioriteres videre. I tillegg til materialer, har resirkulerbarhet sterke forhold til produksjon og sammensetning av materialer ved produksjon, noe som skal undersøkes senere i prosjektet.

4.4 Resultater fra kravspesifikasjon

Resultatene er som nevnt delt inn i to tabeller, tabell 5 inneholder «skal ha» kravene og tabell 6 inneholder «bør ha» kravene.

Tabell 4: Vurdering av materialenes egenskaper ut fra LESS sine "skal ha" krav

	Like dimensjoner	Hypotermi-forebyggende	Gjennomlysningsvegne	Oppdrift	Belastning 150kg/E-modul	Forhold mellom E-modul og vekt
Isopor		Testing	Testing		3000 MPA	139,535
Papp		Testing	Testing		0,193 MPA	0,001
Curv		Testing	Testing		45 MPA	0,048
Aluminium		Testing	Testing		7000 MPA	2,593
Polyuretan		Testing	Testing		11000 MPA	7,857
Karbonfiber		Testing	Testing		235 000 MPA	156,667
Glassfiber		Testing	Testing		200000 MPA	111,111
PLA		Testing	Testing		49 MPA	0,040
ABS		Testing	Testing		64 MPA	0,062
PE		Testing	Testing		200 MPA	0,217
PA		Testing	Testing		1600 MPA	1,404
PVC		Testing	Testing		4000 MPA	3,077
PC		Testing	Testing		154 MPA	0,128
PP		Testing	Testing		1350 MPA	1,427

Tabell 5: Vurdering av materialenes egenskaper ut fra LESS sine "bør ha" krav

	Samme utseende	Uttrekkbare håndtak	Antall bærehåndtak	Desinfiser bar	6kg egenvekt	Ergonomisk	Resirkuleringsevne
Isopor					21,5kg/m ³		
Papp					155kg/m ³		
Curv					946kg/m ³		
Aluminium					2700kg/m ³		
Polyuretan					1400 kg/m ³		
Karbonfiber kompositt					1500kg/m ³		
Glassfiber kompositt					1800kg/m ³		
PLA					1240 kg/m ³		
ABS					1040 kg/m ³		
PE					920 kg/m ³		
PA					1140 kg/m ³		
PVC					1300 kg/m ³		
PC					1200 kg/m ³		
PP					946 kg/m ³		

4.4.1 Isopor

Dette materialet oppfyller begge kravene om like dimensjoner og oppdrift. For belastning har det en middels E-modul, men det får et relativt høyt resultat siden den har lav egenvekt. Dette gir det 2. beste forholdstallet. Utfra «bør ha» kravene stiller isopor seg bra til da det er muligheter for å forme skjære ut ønsket former. Det skaper stor oppdrift i vann, men det er ikke et materiale som er enkelt å desinfisere. Det er fordi ved esing av materialet skaper dette mange små luftlommer som gjør overflaten veldig ujevn. Derfor er dette materialet best egnet som et forsterkningsmateriale innvendig i en bære konstruksjon som den er blitt brukt til tidligere.

4.4.2 Papp

Materielt oppfyller kravet om like dimensjoner. For kravet om oppdrift har det blitt markert med gult. Det er fordi materialet flyter i vann, men det trekker også til seg vann. Når papp blir gjennomtrukket med har det dårligere oppdrift og det vil starte og løse seg opp. Det har også fått stryk på ved mulighet for desinfisering. Det har laveste verdiene når det kommer til begge kolonene for styrke. Siden materialet ikke kan være i direkte kontakt med flytende væske kan et bruksområde for papp være innvendig struktur for å skape luftlomme for isolerende egenskaper og oppdrift i vann.

4.4.3 Curv

Materialet oppfyller «skal ha» kravene om dimensjoner og oppdrift. Det har en lav E-modul og ender opp med lav styrke i forhold til vekt. Ved «bør ha» kravene oppfyller materialet alle krav utenom resirkulering. Denne har blitt markert med gul farge da materialet i seg selv er mulig å resirkulere, men om det varmeheftes til et annet materiale er disse ikke mulig å adskille. Dette gjør at materialet egner seg ikke i kombinasjon med andre materialer, men kan brukes alene.

4.4.4 Aluminium

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om dimensjoner, men den oppfyller ikke kravet om oppdrift. Det har en av de høyere E-modulene av materialene, men det har også den høyeste

egenvekten av materialene. Dette gjør at det materialet kommer på en 6. plass ved sammenligning av styrke og vekt. For «bør ha» kravene oppfyller materialet alle kravene utenom «samme utseende», selv om materialet er resirkulerbart krever det vesentlig høyere temperatur enn ved omsmelting av termoplaster. Aluminium krever temperatur på over 660 grader, mens termoplaster ligger på ca. halvparten.

4.4.5 Polyuretan

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner. Det oppfyller ikke kravet om oppdrift. Materialet har en høy E-modul og egenvekt sammenlignet med de andre termoplastene. Allikevel er E-modulen vesentlig høy i forhold til vekt og materialet har det 4. beste forholdstallet for disse. For «bør ha» oppfyller materialet alle kravene.

4.4.6 Karbonfiber kompositt

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner, men oppfyller ikke kravet om oppdrift. Derimot har karbonfiber komposittet høyest rangert E-modul og en grei egenvekt. Dette gir materialet det høyeste forholdstallet mellom styrke og egenvekt. For «bør ha» kravene oppfyller karbonfiber alle kravene utenom resirkuleringsevne. Dette er fordi det er vanskelig å skille fibrene fra resin etter den er herdet.

4.4.7 Glassfiber kompositt

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner, Det oppfyller ikke kravet om oppdrift. Det har en høy E-modul som gir et forholdstall som er 3. best. For «bør ha» kravene oppfylles alle krav utenom mulighet for resirkulering. Dette materialet har samme problem ved resirkulering som karbonfiber kompositten.

4.4.8 Polyaktisk syre (PLA)

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner. Det oppfyller ikke kravet om oppdrift. Det har en lav E-modul som gjør at forholdstallet er 13. beste. For «bør ha» tilfredsstillende materialet alle kravene

4.4.9 Akrylnitril-butadien-styren (ABS)

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner. Det oppfyller ikke kravet om oppdrift i vann da det har for høy tetthet. Forholdstallet mellom E-modul og tetthet er 11. beste. For «bør ha» kravene tilfredsstiller materialet alle kravene.

4.4.10 Polyetylen (PE)

Materialet oppfyller «skal ha» kravene om like dimensjoner og oppdrift. Med dens E-modul og egenvekt får den et forholdstall som er 9. best. Det tilfredsstiller også alle «bør ha» kravene.

4.4.11 Polyamid (Nylon)

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner, men oppfyller ikke krav om oppdrift. Med materialets E-modul og vekt er forholdstallet 8. best. Materialet tilfredsstiller også alle «bør ha» krav.

4.4.12 Polyvinylklorid (PVC)

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner, men oppfyller ikke krav om oppdrift. Med materialets E-modul og vekt er forholdstallet 5. best. For «bør ha» kravene tilfredsstiller materialet alle.

4.4.13 Polykarbonat (PC)

Materialet oppfyller «skal ha» kravet om like dimensjoner, men oppfyller ikke krav om oppdrift. Med materialet E-modul og vekt er forholdstallet 10. best. Det tilfredsstiller også alle «bør ha» krav.

4.4.14 Polypropylen (PP)

Materialet oppfyller «skal ha» kravene om like dimensjoner, oppdrift og alle «bør ha» kravene. Med materialets E-modul og vekt er forholdstallet 7. best.

4.5 Resultater fra røntgenbilder

Tabell 6 Oversikt av resultater fra røntgenbilder

Materiale	Resultat
Isopor	Det var ingen forstyrrelser fra isopor, det ble testet forskjellige typer isopor og ingen syntes på bilde.
Papp	Det var mulig å se materialet på bildet, veldig svakt. Det er ikke problem å identifisere brudd gjennom dette materiale.
Curv	Curv ble ikke testet. Dette er vevd polypropylen, derfor blir testen av rent polypropylen avgjørende.
Aluminium	Det var synlig på bildet, men det er mulig å se nok av benstrukturer til å avgjøre om det er brudd.
Polyuretan	Det var synlig på bildet, men det var veldig svakt avbildet. Man ser benstruktur veldig godt og vil kunne avgjøre om det er brudd.
Karbonfiber kompositt	Det var synlig på bildet, men det er mulig å se nok av benstrukturer til å avgjøre om det er brudd.
Glassfiber kompositt	Det var synlig på bildet, men det er mulig å se nok av benstrukturer til å avgjøre om det er brudd.
PLA	Det var synlig på bildet, men det er mulig å se nok av benstrukturer til å avgjøre om det er brudd.
ABS	Det var synlig på bildet, men det var veldig svakt avbildet. Man ser benstruktur veldig godt og vil kunne avgjøre om det er brudd.
PE	Det var synlig på bildet, men det var veldig svakt avbildet. Man ser benstruktur veldig godt og vil kunne avgjøre om det er brudd.

PA	Det var veldig sterkt avbildet. Ved bruk av dette materialet vil man ikke kunne identifisere brudd.
PVC	Det var synlig på bildet, og det skaper mere skygge enn bløtvevene i kroppen. Det er fortsatt mulig å se benstruktur.
PC	Det var synlig på bildet, men det skaper mindre skygge enn bløtvev. Dette gjør det er enkelt å avgjøre om det er brudd.
PP	Det var synlig på bildet, men det skaper mindre skygge enn bløtvev. Dette gjør det er enkelt å avgjøre om det er brudd.

Denne testen viser at mange materialer oppfyller kravet om å ikke skape skygge på røntgenbilder. Det materialet som kom best ut av testen var isopor, mens det som kom dårligst ut var nylon/polyamid. De resterende materialene er synlige, men de lager ikke for mye skygge. Man vil fortsatt være i stand til å identifisere brudd eller skader på skjelett. Alle bildene som ble tatt under testingen kan sees i vedlegg 8.1 Røntgenbilder.

4.6 Resultater fra telystesten

Tabell 7: Oversikt over de forskjellige temperaturene som ble målt under telystesten

Materiale	Start temperatur	Slutt temperatur	Forskjell
PLA	24,1	34,8	10,7
PC	23,8	30,3	6,5
PU	24	46,5	22,5
PE	24,5	39,4	14,9
Abs	24,7	52,5	27,8
PP	23,9	37,8	13,9
PVC	23,6	37,7	14,1
PA	23,2	35,4	12,2
Glassfiber	23,8	30	6,2
Karbonfiber	23,5	26,3	2,8
Papp	24	33	9
Aluminium	24,6	26,8	2,2
Isopor svart	24,8	35,3	10,5
Isopor lilla	23,5	29,9	6,4
Isopor grønn	24	31,9	7,9
Isopor hvit	24,8	48,7	23,9

Resultatet her viser at det er ABS som overfører mest varme og gir derfor dårligere isolering mot varmen. Det materialet som ga det beste resultatet var aluminium da dette bare økte med 2,2 grader. Blant de ulike termoplastene var det Polykarbonatsom hadde det beste resultatet med en økning på 6,5 grader. Kompositt materialene gjorde det generelt bra i testen, men karbonfiber hadde en økning på 2,8 grader og er da nest best i testen. Bilder fra denne testen kan sees i vedlegg 8.2.

4.7 Resultater fra kostnad og formbarhet

Tabell 8: Vurdering av formbarhet og pris

	Formbarhet	Pris
Polyetylen	God	7164kr per ton
Polypropylen	God	11295kr per ton

Resultatet fra kravene her gjør polyetylen (PE) til det best egnede materialet. Det er fordi begge materialene har god formbarhet, men «PE» er et vesentlig billigere materiale basert på råvareprisen.

4.8 Resultater fra testing av støttestruktur

Tabell 9: Maks belastning til modellene

Deformasjons test	Rett støttestruktur	Bølge struktur	Papp som støttestruktur
Maks belastning	352kg	772kg	1145kg

Resultatene fra testen viser at det er papp som støttestruktur som gir den største stivheten til modellen, med en belastning på over 1 tonn før den ble deformert. Bølgestruktur ga også et godt resultat i testen og kan være et alternativ til papp. Rett struktur ga det dårligste resultatet med en belastning på 352kg. Bilder av de destruerte modellene og modifikasjon av stålstenger kan sees i vedlegg «8,3 test av støttestruktur».

5 Diskusjon og analyse

5.1 Brainstorming

Denne øvelsen la grunnlaget for forskningen i prosjektet, materialene som ble diskutert var et resultat av hva gruppelemmer klarte å komme på. Om det hadde blitt jobbet videre med denne øvelsen, og med teori undersøkelse kunne flere materialer blitt vurdert. Dette er en faktor som kunne ha påvirket sluttresultatet.

5.2 Kravspesifikasjoner og SWOT-analyse

Ut fra den største kravspesifikasjonen ble resultatet stående mellom PE og PP. Forholdstallet til disse materialene tilsier at det var PP som er det beste materiale for den nye båren. Etter veiledning fikk gruppen vite at forskjellen mellom styrken til de to plast typene såpass liten at det ikke burde være avgjørende faktor for materialvalg. Det ble derfor satt søkelys på truslene funnet i SWOT-analysen til den gamle båren. Disse faktorene ble da grunnlaget for de siste kravspesifikasjonene som vurderte formbarhet og pris til de to materialene.

5.3 Røntgenbilder

Resultatet fra røntgenbildene ble gjennomført med de fleste materialene i samme størrelse og tykkelse. Det ble brukt isopor med en større tykkelse enn de andre materialene, dette hadde ikke noe utslag for resultatet da de var gjennomlys bare. For materialet PA/nylon ble det brukt et tannhjul, dette hadde en mye større tykkelse enn de andre materialene. Dette kan ha hatt innvirkning på hvor stor grad det ble skygge på bildene. For aluminium ble det brukt en veldig tynn plate på 0,5mm, dette gjorde at denne var veldig tynn i forhold til de andre materialene som igjen kan ha ført til at det la lite skygge på røntgen bildet som ble tatt.

5.4 Telystesten

Resultatet fra telystesten viser at det er aluminium som er det beste materialet for isolasjon og ABS som det dårligste. Gjennomføring av testen ble det brukt samme material prøvene som ble brukt under røntgenbildene. Dette gjør at svarene her også er veiledende og det må gjøres mere grundig testing av termisk konduktivitet før man kan konkludere med et svar.

Utformingen til materialet nylon kan ha hatt innvirkning på resultatet da den er mye tykkere og har helt annerledes utseende. For materialet aluminium var denne mye tynnere enn de andre materialene og gruppen mistenker at det ble komplikasjoner ved avlesning av temperaturen. Det er fordi det ble avlest en økning på 2,2 grader, men den følte mye varmere ved berøring. Gruppen mistenker at materialets blanke overflate kan ha forstyrret avlesningen til måleapparatet, da dette er en åpenbar forskjell fra aluminium til de andre materialene. Ved testing av isopor var denne mye tykkere enn de andre materialene, i tillegg begynte den å smelte fra varmen av telyset. Dette er to faktorer som kan ha innvirkning på resultatet av disse. En faktor som kan ha gjort et utslag på alle materialene er selve telyset. Dette brant kontinuerlig gjennom hele testen og flammen var større ved testing av de første materialene. Om telyset har gitt variert sin termiske stråling gjennom testen har dette påvirket resultatet.

5.5 Støttestruktur

Resultatene som ble gjort under denne testen gir en indikasjon på hvilken modell med størst stivhet. For produksjon av modellene skulle det bli brukt polyetylen, men dette lot seg ikke gjøre da 3D printeren ikke klarte å lage modellene med dette materialet. De ble derfor laget i PLA (Polyaktisk syre). Dette materialet har ikke akkurat de samme egenskapene som polyetylen og derfor vil ikke resultatene være like. De resultatene som ble gitt av testen er bare veiledende, for å vite med sikkerhet hvilken struktur som gir den største stivheten må det gjøres mengde testing av de samme modellene i riktig materiale. Ved å gjøre dette vil man med sikkerhet kunne si at en struktur gir større stivhet. Problemet ved å ikke gjøre mengdetesting er at det kan ha blitt en svakhet i modellene under produksjon som kan påvirke resultatet.

5.5.1 Gjennomføring av testen

Under gjennomføring av testen på modellen med rett støttestruktur ble det ikke brukt to treklosser som mellomlegg. Det ble bare brukt en, bårens elastisitet var så stor at pressen klarte og presse på stålstengene før den ble destruert. I modellen ble det deformasjoner i støttestrukturen, men den totale deformasjonen er ikke i like stor grad som på de to andre modellene.

5.6 Valg av produksjonsmetode

For valg av produksjonsmetode er det mange faktorer som spiller inn. Om båren skal ha støttestruktur i plast og dens utforming påvirker dette valget. Basert på resultatet fra deformasjonstesten er det papp som støttestruktur som gir den høyeste stivheten. Dette gjør at man kan lage denne type bære i alle de nevnte produksjons metodene. Dette er fordi skallet er tomt innvendig, da kan man ekstrudere, rotasjons støpe eller bruke støpning med trykkluft for å lage denne formen. Faktorene som har en viktig påvirkning, er tilgangen på maskiner til å lage produktet. Dette er et produkt med relativ stor størrelse, verktøyet i alle prosessene må da være enda større for å lage båren. Dette gjør at man må undersøke hvilke muligheter man har for å produsere dette innenfor Norge. Dette kan være avgjørende for hvilken produksjonsmetode man ender opp med å bruke. Om man er åpen for å sette produksjonen til utlandet vil tilgangen på de ulike produksjonsmetodene være større. Ved produksjon i utlandet er faktorer som frakt og kommunikasjon noe som vurderes. Ved problemer ved en eller begge disse faktorene kan ønsket om produksjon i Norge være høy.

5.7 I lys av FNs bærekraftsmål

5.7.1 God helse og livskvalitet

Målet med dette bærekraftsmålet er å sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder (FN, 2022b). Grunnen til at dette kan være relevant for oppgaven er fordi LESS sine produkter blir brukt innenfor helsetjenester. Hovedbruken til produktene derimot, er ved store

hendelser og katastrofer, noe det ikke er særlig fokus på i bærekraftsmålene. Likevel kan delmålene 3.6 og 3.d være relevante for framtidig bruk av produktet.

5.7.2 God utdanning

Bærekraftsmålet om god utdanning går ut på å sikre inkluderende, rettferdig og god utdanning og fremme muligheter for livslang læring for alle (FN, 2022c). Dette målet er relevant fordi denne oppgaven er et forskingsprosjekt for en bachelor utdanning, som skal publiseres offentlig, noe som bidrar til læring for alle. Prosjektet kan spesielt bidra til delmålene 4.3, 4.4 og 4.7.

5.7.3 Ansvarlig forbruk og produksjon

Dette bærekraftsmålet går ut på å sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre, og er det mest relevante målet for denne oppgaven (FN, 2022d). Siden det har blitt satt fokus på resirkulerbarhet, så er dette en oppgave som bidrar til dette målet. Det er spesielt delmålet 12.5 som er mest relevant, fordi det prioriteres resirkulerbare materialer. Andre delmål som kan være relevante for oppgaven eller videre arbeid er 12.2, 12.4, 12.6 og 12.7.

Delmål finnes i vedlegg 8.5.

5.8 Kildekritikk for teoriundersøkelse

Under teori delen av oppgaven, om materialene, ble det ikke satt en begrensning for hvilke kilder som skulle tas i bruk. Undersøkelsen ble gjennomført ved at gruppen fant ulike kilder på internett og i bøker, med generell info om de forskjellige materialene. Siden undersøkelsen ble gjort uten begrensninger, kan det hende at informasjonen som ble brukt er forenklet eller noe uriktig. I tillegg er den ene boken som ble brukt, mer enn 10 år gammel. Tanken bak dette er at den teorien om materialene gruppen søkte etter i boken, ikke kan ha endret seg i den perioden.

5.9 Begrensninger av oppgaven/videre forskning

Videre forskning i denne prosessen vil være å kartlegge hva slags kompetanse og ledig kapasitet bedrifter i Norge har til å teste ulike produksjonsmetoder for båren i polyetylen. Ved ønske om å legge produksjonen i utlandet, gjelder det å kartlegge de samme faktorene, i tillegg til andre faktorer som frakt, kost og arbeidskraft. Før man setter i gang med produksjon må det gjøres beregninger på om det er lønnsomt å bruke materialet polyetylen og hva som er den mest kost effektive produksjonsmetoden.

Som nevnt i kapittel 5.3 over, må det også gjøres mengdetesting av støttestruktur for at man skal få et sikkert resultat. De ulike støttestrukturene må testes gjentatte ganger, i tillegg til at produksjonsmetoden av båren må undersøkes for å se om det gjør noe forskjell i testing av stivheten. For eksempel hvis man 3D-printer to modeller med den samme støttestrukturen, i rask versus normal hastighet, vil modellene da tåle like mye?

5.10 Gjennomføring av prosjektet

Begge gruppemedlemmene fikk pådratt Corona underveis i prosjektet. Dette førte til små perioder med ineffektivitet, fordi arbeid måtte gjøres hjemmefra eller gjennom Teams. Utenom dette har det blitt jobbet jevnt utover hele semesteret, med møter og statusrapporter med veiledere og LESS. I tillegg opplevdes det ingen restriksjoner slik at man fikk gjennomført blant annet møter og tester.

6 Konklusjon

Gjennom undersøkelser og testing gjort under dette prosjektet er det mulig å konkludere oppgaven ved å se på resultatene i forhold til problemformuleringen.

«Hva slags materialer kan evakueringsbåren lages i, basert på en kravspesifikasjon utformet med LESS?»

Hvilke produksjonsmetoder egner seg for de valgte materialene?»

Gruppen endte opp med å konkludere at Polyetylen er det materialet som oppfyller alle kravene best. Kravspesifikasjonen som ble utformet i samarbeid med oppdragsgiveren LESS, ble aktivt brukt til å utforske de ulike materialene som evakueringsbåren kunne lages i. Kravene ble brukt til å eliminere uaktuelle materialer, og ved hjelp av andre metoder som QFD-analysen, ble det satt et større fokus på resirkulerbarhet, selv om dette bare var et «bør ha»-krav fra LESS. På grunn av dette ble det ikke aktuelt å ha en sammensetning av flere materialer.

For produksjonsmetode egner alle de nevnte metodene seg for produksjon av en bære i polyetylen. Gruppen har ikke kunnet avgjøre hvilken av de som er best egnet, fordi det er for mange variabler som spiller inn. Dette er noe som må gjøres ved videre forskning.

7 Litteraturliste

AFNOR (1999) *European standard, Specifications for stretchers and other patient handling equipment used in road ambulances*. 1. utgave

Azo materials (2001) *Polystyrene – PS*. Tilgjengelig fra:

<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=798> (Hentet: 08.03.2022).

Dielectric Manufacturing (2021) *Material Properties of Thermoplastic Polysulfone - PSU*

Tilgjengelig fra: <https://dielectricmfg.com/knowledge-base/psu-polysulfone/> (Hentet: 08.03.2022).

Dielectric Manufacturing (2022). *Carbon Fiber Characteristics*. Tilgjengelig fra:

<https://dielectricmfg.com/knowledge-base/carbon-fiber/> (Hentet: 09.03.2022)

FactoryDirectPromos (2019) *Woven Vs. Non-Woven Polypropylene Bags. Which One Is Right for YOUR Marketing?* Tilgjengelig fra: [https://www.factorydirectpromos.com/blog/woven-](https://www.factorydirectpromos.com/blog/woven-vs-non-woven-polypropylene-bags-which-one-is-right-for-your-marketing/)

[vs-non-woven-polypropylene-bags-which-one-is-right-for-your-marketing/](https://www.factorydirectpromos.com/blog/woven-vs-non-woven-polypropylene-bags-which-one-is-right-for-your-marketing/) (Hentet: 10.03.2022).

FN (2022a) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: [https://www.fn.no/om-fn/fns-](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal)

[baerekraftsmaal](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal) (Hentet: 19.04.2022).

FN (2022b) *God helse og livskvalitet*. Tilgjengelig fra: [https://www.fn.no/om-fn/fns-](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet)

[baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet) (Hentet: 10.05.2022)

FN (2022c) *God utdanning*. Tilgjengelig fra: [https://www.fn.no/om-fn/fns-](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-utdanning)

[baerekraftsmaal/god-utdanning](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-utdanning) (Hentet: 10.05.2022)

FN (2022d) *Ansvarlig forbruk og produksjon*. Tilgjengelig fra: [https://www.fn.no/om-fn/fns-](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon)

[baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon](https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon) (Hentet: 10.05.2022)

Gjøco (2022) *Epoksy*. Tilgjengelig fra: <https://gjoco.no/other/epoksy/> (Hentet: 16.03.2022).

Grøndalen, Ø. (2002) *Materiallære*. Bergen: Fagbokforlaget.

GWPGroup (2022) *Waterproof Cardboard*. Tilgjengelig fra:
<https://www.gwp.co.uk/coatings/waterproof-cardboard/> (Hentet: 09.03.2022).

Helseth, L. (2020) Kevlar, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Kevlar>
(Hentet:10.03.2022).

Hofstad, K. (2021) Massetetthet, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/massetetthet> (Hentet: 10.03.2022).

Isopor (2018) *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/isopor> (Hentet:
08.03.2022).

Mayer, M. (2022) *Is PLA heat resistant? ABS, ASA, PETG and more*. Tilgjengelig fra:
<https://3dsolved.com/is-pla-heat-resistant-abs-asa-petg-and-more/> (Hentet: 19.05.2022)

Jaya R. P. og Ayurini, M. (2020) *Clove oil extraction by steam distillation and utilization of clove buds waste as potential candidate for eco-friendly packaging. 1st ed. [ebook] indonesia*.
Tilgjengelig fra:
http://file:///D:/Nedlastninger/Clove_Oil_Extraction_by_Steam_Distillation_and_Uti.pdf
(Hentet: 09.03.2022).

Lerdahl, E. (2017) *Nyskapning*. Oslo: Gyldendal Akademisk

LESS (2022). *LESS, light emergency stretcher systems*. Tilgjengelig fra: <https://less.no/>
(Hentet: 10.02.2022)

Lovepac (2014) *Corrugated Cardboard Strength*. Tilgjengelig fra:
<https://lovepac.com/en/2014/05/22/corrugated-cardboard-strength/> (Hentet: 09.03.2022).

MaterialDistrict (2006) *Curv*. Tilgjengelig fra: <https://materialdistrict.com/material/curv/>
(Hentet: 10.03.2022).

MatWeb (2022a) *The Online Materials Information Resource*. Tilgjengelig fra:
<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=ab96a4c0655c4018a8785ac4031b9278&ckck=1> (Hentet: 15.03.2022).

MatWeb (2022b) *Overview of materials for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Molded*. Tilgjengelig fra:

<https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=eb7a78f5948d481c9493a67f0d089646> (Hentet: 15.03.2022).

MatWeb (2022c) *Overview of materials for Polycarbonate, Molded*. Tilgjengelig fra: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=84b257896b674f93a39596d00d999d77> (Hentet: 15.03.2022).

MatWeb (2022d) *Overview of materials for Polypropylene, Molded*. Tilgjengelig fra: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=08fb0f47ef7e454fbf7092517b2264b2> (Hentet: 15.03.2022).

NATO (2013) *AMedP-2.1, STRETCHERS, BEARINGS BRACKETS AND ATTACHMENT SUPPORTS*. 1. utgave

Nicolaisen, T. E. (2020) *Tilvirkning av plastprodukter*. [powerpoint] Tilgjengelig fra: Blacboard rommet produksjonsmetoder (TEK 2116) 2020 vår (Hentet: 19.04.2022).

Norengros AS (2022) *Hva er papir, kartong og papp?* Tilgjengelig fra: <https://www.norengros.no/papir-kartong-papp> (Hentet: 09.03.2022).

Ore, S. (2019) Polypropylen, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/polypropylen> (Hentet: 10.03.2022).

Ore, S. og Stori, A. (2019) Polyetylen, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/polyetylen> (Hentet: 20.04.2022)

Ore, S. og Stori, A. (2021a) Plast, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/plast> (Hentet: 19.04.2022)

Ore, S. og Stori, A. (2021b) Polyvinylklorid, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/polyvinylklorid> (Hentet: 16.03.2022).

Papp (2019) *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/papp> (Hentet: 09.03.2022).

Paton, S., Clegg, B., Hsuan, J. og Pilkington A. (2021) *Operations Management*. 2. utgave
London: McGraw Hill

Plastindustrien (2021) *Det store plastleksikonet*. Tilgjengelig fra: <https://plast.dk/det-store-plastleksikon/#P> (Hentet: 20.04.2022).

Polymerdatabase.com (2022) *Polypropylene (PP)*. Tilgjengelig fra: <https://polymerdatabase.com/Commercial%20Polymers/PP.html> (Hentet:10.03.2022).

Polystyren (2022) *Wikipedia*. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Polystyren> (Hentet: 08.03.2022).

ScienceDirect (2022) *Poly lactide*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/poly lactide> (Hentet: 24.03.2022)

Solhaug, E. A. og Brekne, T. A. (2021) *Alt har gått tapt*. Tilgjengelig fra: <https://www.oa.no/alt-har-gatt-tapt/s/5-35-1287254> (Hentet: 19.05.2022)

Statista (2022a) *Global HDPE prices 2022*. Tilgjengelig fra <https://www.statista.com/statistics/1171074/price-high-density-polyethylene-forecast-globally/> (Hentet: 20.04.2022)

Statista (2022b) *Price of polypropylene worldwide from 2017 to 2022*. Tilgjengelig fra: <https://www.statista.com/statistics/1171084/price-polypropylene-forecast-globally/> (Hentet: 10.03.2022).

Stori, A (2018) Ekspandert plast, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/ekspandert_plast (Hentet: 08.03.2022).

UngEnergi (2022) *Isolasjon*. Tilgjengelig fra: <https://ungenergi.no/miljoteknologi/bygg/isolasjon/> (Hentet: 08.03.2022).

Vinidex (2022) *PVC Properties*. Tilgjengelig fra: <https://www.vinidex.com.au/technical-resources/material-properties/pvc-properties/> (Hentet: 15.03.2022).

Williams, C. (2018) *The 10 Most Popular Injection Molding Materials*. Tilgjengelig fra: <https://www.starrapid.com/blog/the-ten-most-popular-plastic-injection-molding-materials/> (Hentet: 03.03.2022)

Ycharts.com (2022a) *US Producer Price Index: Polystyrene Foam Product Manufacturing*. Tilgjengelig fra:

https://ycharts.com/indicators/us_producer_price_index_polystyrene_foam_product_manufacturing (Hentet: 09.03.2022).

Ycharts.com (2022b) *US Producer Price Index: Pulp, Paper, and Allied Products: Corrugated Wastepaper*. Tilgjengelig fra:

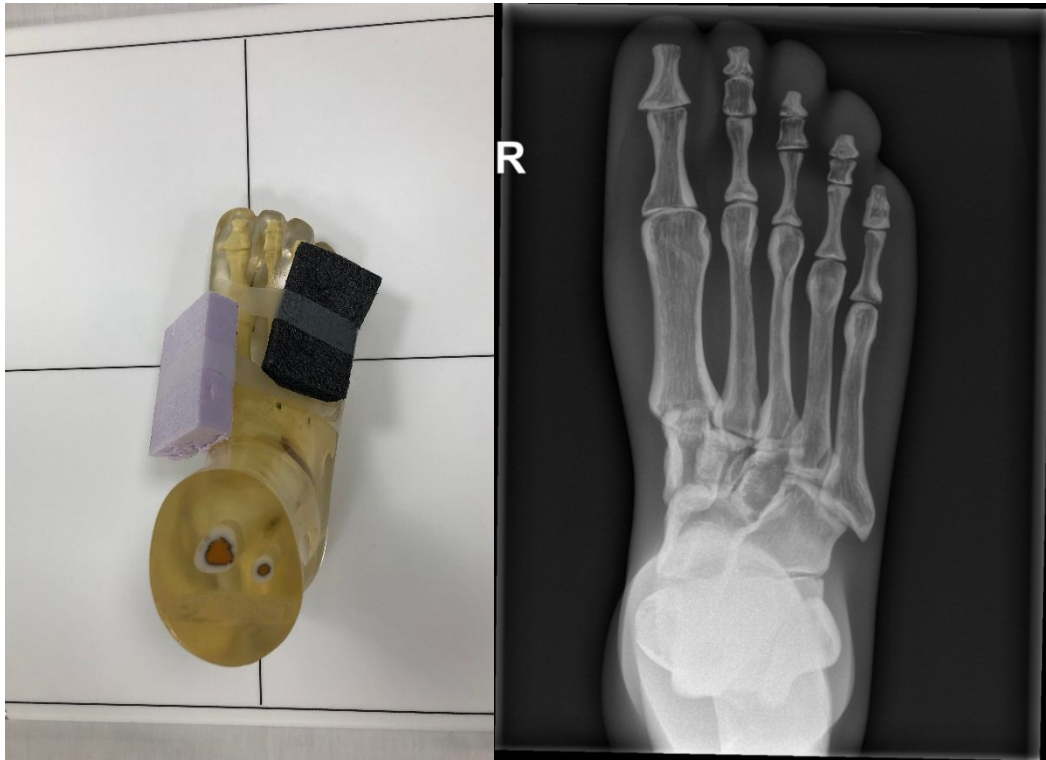
https://ycharts.com/indicators/us_producer_price_index_pulp_paper_and_allied_products_corrugated_wastepaper_unadjusted (Hentet: 09.03.2022).

8 Vedlegg

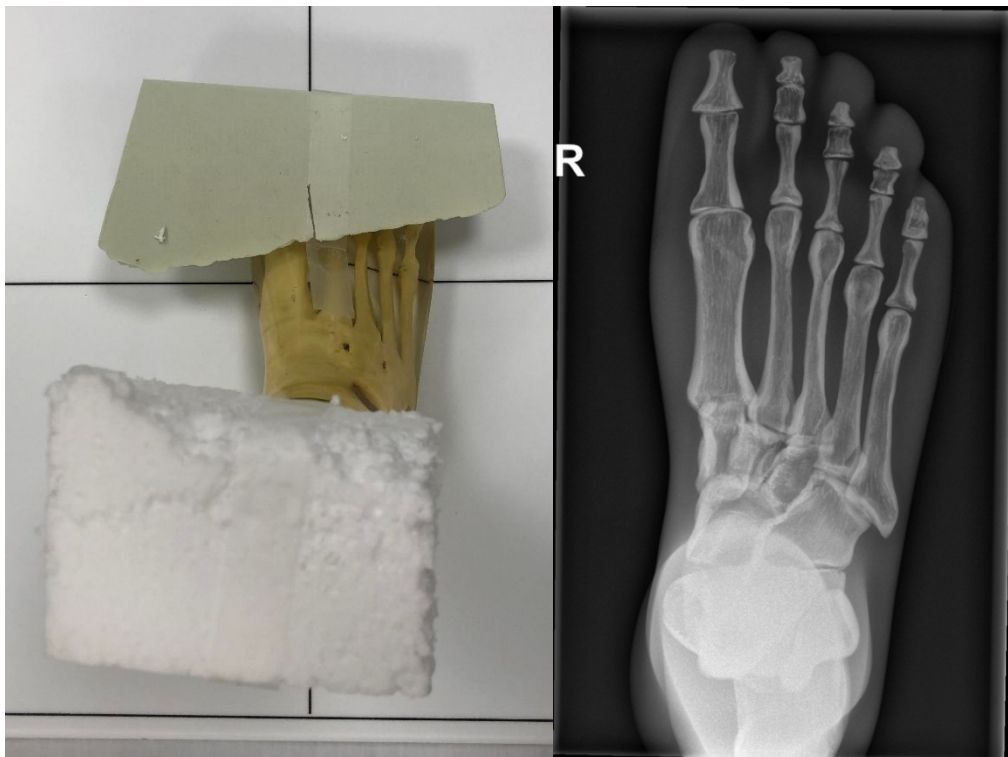
8.1 Røntgenbilder



Figur 11 Kontroll bilde (foto: Lunderø, 2022)



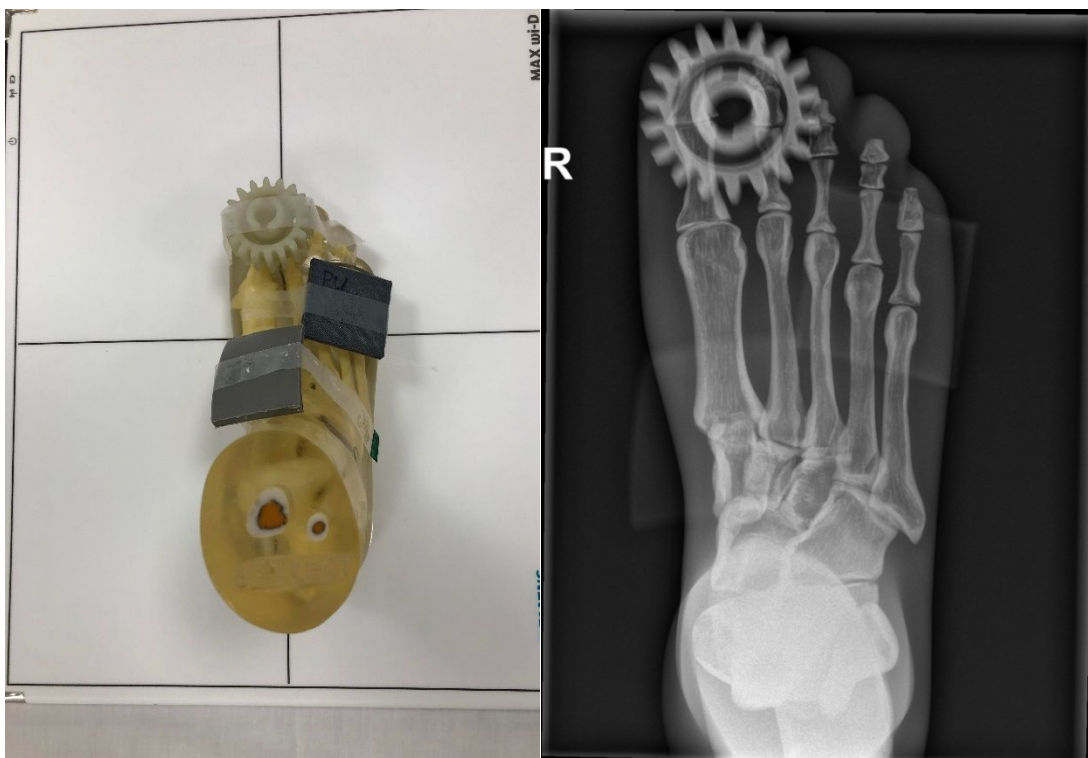
Figur 12 Røntgenbilde av styreform og isolasjons isopor (foto: Lunderø, 2022)



Figur 13 Røntgenbilde av modell isopor og isopor brukt som støtdemping. (foto: Lunderø, 2022)



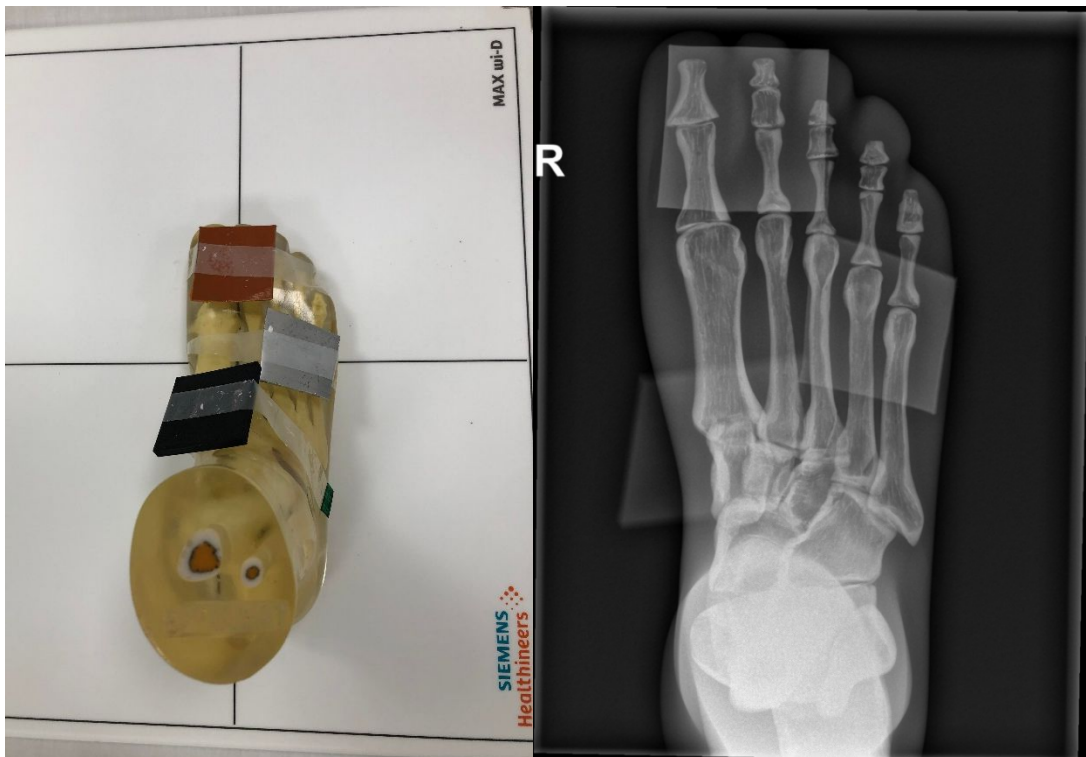
Figur 14 Røntgen bilde av glassfiber, karbonfiber kompositt og papp (foto: Lunderø, 2022)



Figur 15 Røntgenbilde av nylon, polyuretan og polypropylen (foto: Lunderø, 2022)



Figur 16 Røntgenbilde av polyetylen, ABS og polykarbonat (foto: Lunderø, 2022)



Figur 17 Røntgenbilde av PVC, Aluminium og PLA (foto: Lunderø, 2022)

8.2 Bilder fra telystesten



Figur 18 Materialet PLA testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 19 Materialet Polykarbonat (PC) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 20 Materialet Polyuretan (PU) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 21 Materialet polyetylen (PE) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 22 Materialet ABS testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 23 Materialet Polypropylen (PP) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 24 Materialet polyvinylklorid (PVC) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 25 Materialet Polyamid (PA) testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 26 Materialet glassfiber kompositt testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 27 Materialet karbonfiber kompositt testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 28 Materialet papp testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 29 Materialet aluminium testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 30 Materialet svart isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

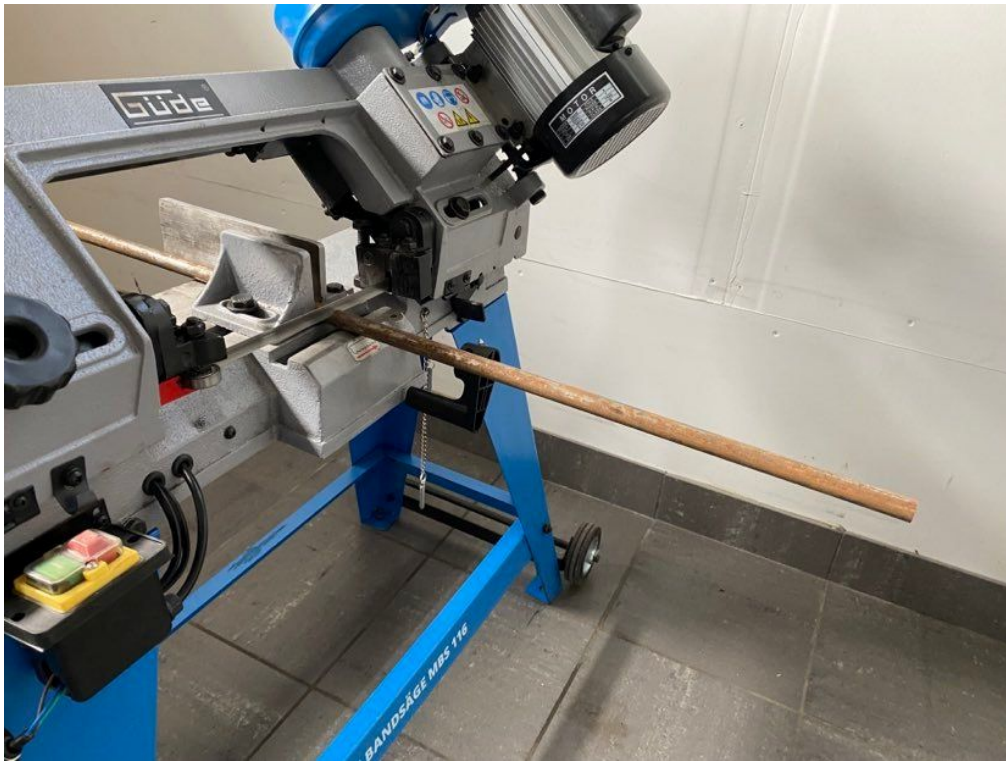


Figur 31 Materialet grønn isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 32 Materialet hvit isopor testes (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)

8.3 Test av støttestruktur



Figur 33 Tilpasning av lengde (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



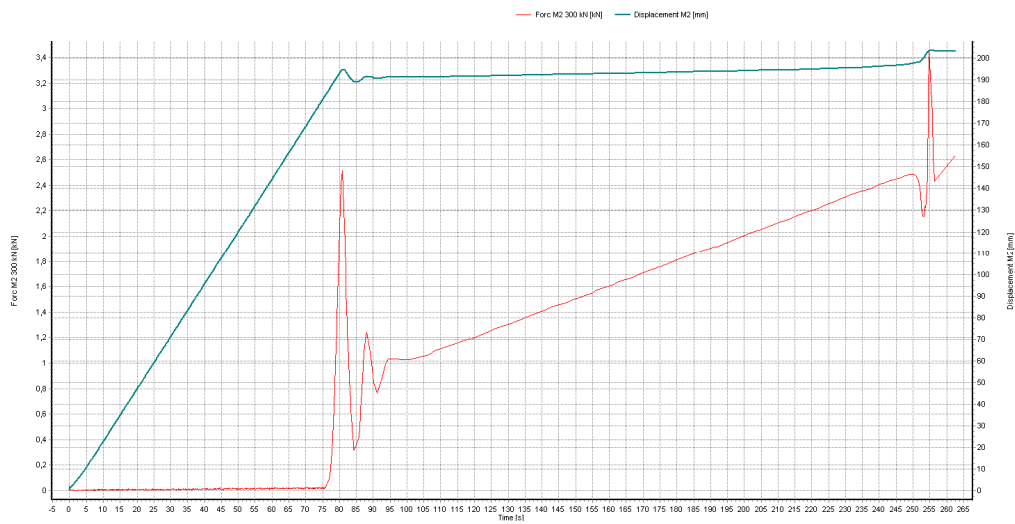
Figur 34 Tilpasser utvendig diameter med dreie operasjon (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 35 Utvendig diameter justeres fra 15mm til 13mm (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



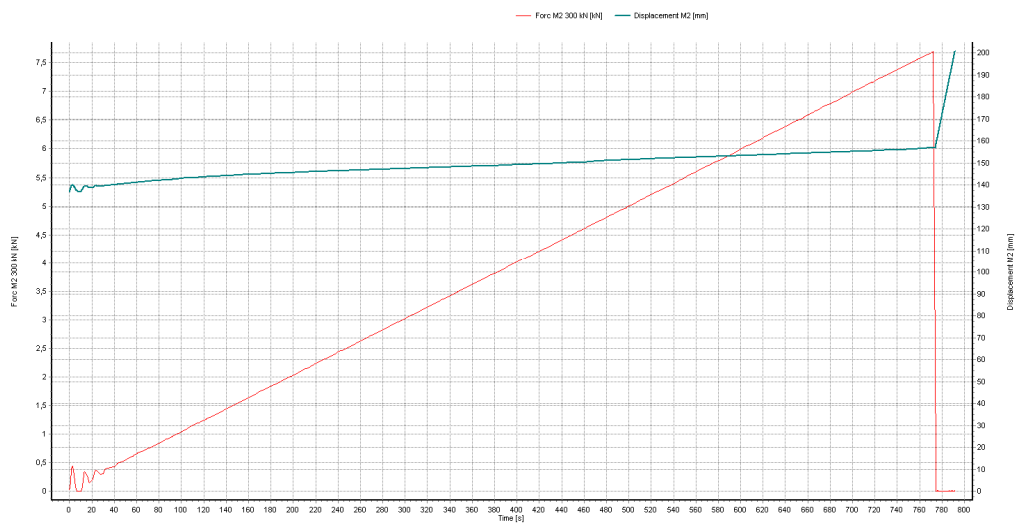
Figur 36 Modell med rett struktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 37 Graf av rett støttestruktur



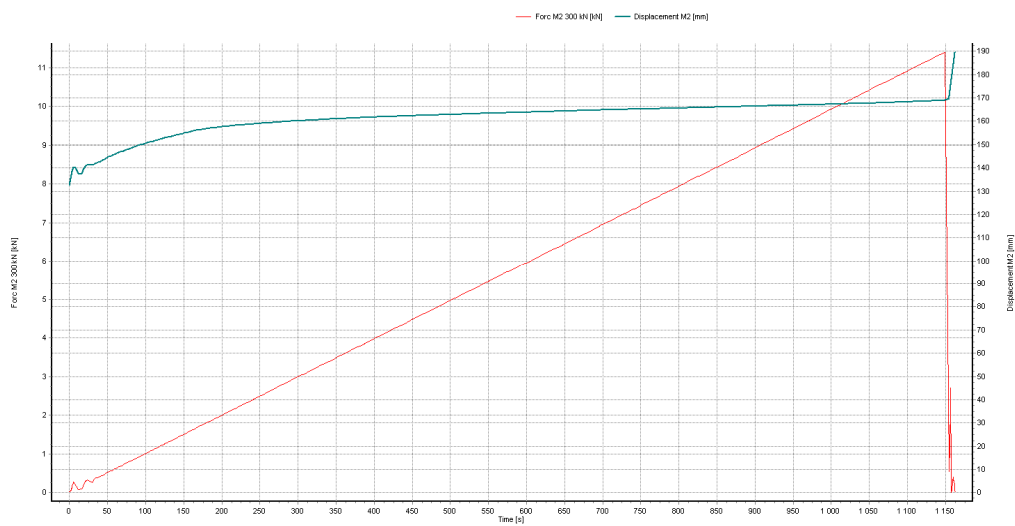
Figur 38 Modell med bølge struktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 39 Graf av bølge struktur



Figur 40 Modell med papp som støttestruktur (foto: Fliflet-Jacobsen, 2022)



Figur 41 Graf av papp som støttestruktur

8.4 Bårestandard

4.1 Main stretcher

4.1.1 General

The main stretcher shall consist of a stretcher part that can be used alone or in combination with an integrated or separable undercarriage.

It shall be designed to provide that the full weight of the patient and the carried stretcher part will only be lifted/carried by the personnel for the minimum period of time.

It shall be designed to provide that during loading and unloading the maximum burden on any personnel is half of the total weight of patient and stretcher and for the minimum possible time and in an optimal ergonomic position so that back bending is minimized.

4.1.2 Dimensions

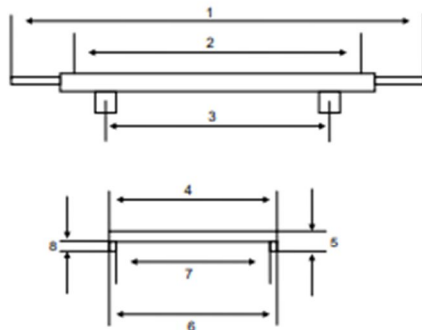
Dimensions shall be measured from the outermost edges.

Stretcher part:	length:	$(1950 \pm \frac{20}{50})$ mm
	width:	(550 ± 20) mm
	height:	maximum 300 mm from loading holding assembly to unloaded lying part. This height dimension does not apply to stretchers with monoblock undercarriages. If a monoblock is not available, the stretcher must be constructed such that it is detachable from the undercarriage.
Undercarriage:	length and width of the frame of the undercarriage in car position shall not exceed length and width of the stretcher part.	

Figur 42 Målene for EU sin bårestandard (AFNOR, 1999)

ANNEX A DIMENSIONS OF STRETCHERS

A.1. FRAME AND SUPPORT



Millimeters (1)	
1	2290 (0 - 6) Length, overall
2	1950 (0 - 50) Length, of the cover
3	1170 (+/- 10) Distance, lengthwise centre to centre
4	584 (0 - 20) Width, overall
5	Max. 171 Height
6	Max. 584 Maximum width between the outer faces of the support (2)
7	Min. 476 Minimum width between the inner faces of the support
8	Min. 30 Clearance ground - transverse joint

Notes: (1) Tolerances
(2) Measured at the support bearings surfaces. At the height of 40 mm of the support this distance should not be longer nor shorter.

A-1 Edition A Version 1

Figur 43 Målene for NATO sin bårstandard (NATO, 2013)

8.5 Relevante delmål fra FNs bærekraftsmål

3.6) Innen 2020 halvere antall dødsfall og skader i verden forårsaket av trafikkulykker

3.d) Styrke kapasiteten i alle land, særlig i utviklingsland, for tidligvarsling, risikoreduering og håndtering av nasjonale og globale helserisikoer

4.3) Innen 2030 sikre kvinner og menn lik tilgang til god teknisk og yrkesfaglig opplæring og høyere utdanning, inkludert universitetsutdanning, til en overkommelig pris

4.4) Innen 2030 oppnå en betydelig økning i antall unge og voksne som har kompetanse, blant annet i tekniske fag og yrkesfag, som er relevant for sysselsetting, anstendig arbeid og entreprenørskap

4.7) Innen 2030 sikre at alle elever og studenter tilegner seg den kompetansen som er nødvendig for å fremme bærekraftig utvikling, blant annet gjennom utdanning i bærekraftig utvikling og livsstil, menneskerettigheter, likestilling, fremme av freds- og ikkevoldskultur, globalt borgerskap og verdsetting av kulturelt mangfold og kulturens bidrag til bærekraftig utvikling

12.2) Innen 2030 oppnå bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser

12.4) Innen 2020 oppnå en mer miljøvennlig forvaltning av kjemikalier og alle former for avfall gjennom hele livssyklusen, i samsvar med internasjonalt vedtatte rammeverk, og betydelig redusere

utslipp av kjemikalier og avfall til luft, vann og jord for mest mulig å begrense skadevirkningene for folkehelsen og for miljøet

12.5) Innen 2030 redusere avfallsmengden betydelig gjennom forebygging, reduksjon, materialgjenvinning og ombruk

12.6) Stimulere selskaper, særlig store og flernasjonale selskaper, til å ta i bruk bærekraftige metoder og integrere informasjon om egen bærekraft i sine rapporteringsrutiner

12.7) Fremme bærekraftige ordninger for offentlige anskaffelser, i samsvar med de enkelte landenes politikk og prioriteringer

Hentet fra FN.no (FN, 2022b, c, d)