

Bacheloroppgave

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

Asbjørn Seeland Medhus (492906)
Daniel Arturo Kværndal (489040)
Linn Cathrin Josephson (492923)

Konseptutvikling av tennisbenk

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse
Veileder: Kari Oline Øverseth
Mai 2020

Asbjørn Seeland Medhus (492906)
Daniel Arturo Kværndal (489040)
Linn Cathrin Josephson (492923)

Konseptutvikling av tennisbenk

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse
Veileder: Kari Oline Øverseth
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Konseptutvikling av tennisbenk	Dato: 20.05.2020		
	Antall sider: 88		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Asbjørn Seeland Medhus, Daniel Arturo Kværndal og Linn Cathrin Josephson			
Veileder: Kari Oline Øverseth			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			

Dette prosjektets formål er å utvikle et konsept for en benk tilegnet idrettsutøvere og brukes på tennisbaner. Konseptet skal oppfylle en rekke krav, samt inkludere noen alternative ønsker dersom det er rom for det. I første omgang er det ment at benken kun skal brukes hos Gjøvik Tennisklubb, der oppdragsgiver har tilknytning, men det er også ønskelig å se om benken kunne standardiseres og masseproduseres for et potensielt større marked.

Prosjektgruppen har brukt den kompetansen som er tilegnet i studieprogrammet Teknologidesign og ledelse. Der har metoder innen design, materiallære, modellbygning, informasjonssøking og 3D-tegning kommet til nytte. Gruppen har også hatt oppfølging med veileder og oppdragsgiver underveis i prosessen.

Konseptet i denne rapporten er et nisjeprodukt, der det er muligheter for masseproduksjon. Konseptet oppfyller nesten alle krav fra oppdragsgiver, der kun prisen er usikker. Da dette er et konseptforslag med tilhørende forslag til produksjon, vil pris per enhet avhenge av hvilken aktør som skal produsere denne.

Stikkord:

Tennis
Design
Konseptutvikling
Benk

(sign.)

Abstract

This paper shows the design process of a concept of a bench to be used on the tennis courts, and at the same time to be dedicated to the athletes. The concept should satisfy several requirements, as well as include alternative wishes if there was capacity for it. It was initially intended that the bench should only be used at Gjøvik Tennis Club, where the client is affiliated, but it is also desirable to see if the bench can be standardized and mass-produced for a potentially larger market. The design process is based on expertise acquired in the study program Technology Design and Management. Methods learned in design, material technology, model building, information retrieval and 3D drawing are used. The concept described in this report is primarily a niche product but is also exploring the opportunities of mass production. The concept fulfills almost all the requirements given by the client, and even some of the additional alternative wishes. The unit price and the aesthetic expression are somewhat uncertain.

Forord

Dette bachelorprosjektet har vært utfordrende og lærerikt på mange måter. Det er både på grunn av at det i utgangspunktet er en spennende oppgave og at prosjektet måtte omlegges midt i løpet. Vi vil derfor gjerne takke oppdragsgiver Ken Hellerud for å være en ivrig og god samarbeidspartner for oppgaven. Vi vil også takke veileder og studieprogramleder Kari Oline Øverseth for å være den kreative og ærlige personen hun er, som har kommet med gode råd og gitt oss evnen til å se på et produkt på så mange forskjellige måter. Til slutt vil vi takke ansatte ved NTNU i Gjøvik og ledelsen i NTNU som var raskt ute med å komme med beskjeder og retningslinjer. De gjorde det som var mulig for at vi som avgangselever å gjennomføre oppgaven vår, noe vi setter utrolig pris på.

Innholdsfortegnelse

Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste.....	viii
Begrepsavklaring.....	x
1 Oppgaven	1
1.1 Problemdefinisjon.....	1
1.1.1 Tema for problemstilling.....	1
1.1.2 Problemstilling	1
1.1.3 Definisjon av problemstilling.....	1
1.1.4 Effektmål og resultatmål	2
1.1.5 Koronaviruset sin påvirkning på prosjektet	2
1.2 Kravspesifikasjoner	3
1.2.1 Funksjonelle krav	3
1.2.2 Brukergruppe.....	3
1.2.3 Etikk	4
2 Teori	5
2.1 Tennis	5
2.1.1 Internasjonal historie	5
2.1.2 Tennis i Norge	6
2.1.3 Tennis i Gjøvik.....	6
2.1.4 Moderne tennis	6
2.1.5 Tennisutstyr.....	7
2.2 Tekniske spesifikasjoner.....	7
2.2.1 Dimensjonering	7
2.2.2 Universell utforming	8
2.2.3 Materialer	9
2.2.4 Materialteori	10
2.2.5 Livssyklusanalyse.....	10
2.2.6 Ergonomi.....	11

2.2.7	Rengjøring.....	11
2.2.8	Reklame.....	11
2.3	Designteori.....	12
2.3.1	Industridesign.....	12
2.3.2	Formgivning.....	12
2.4	Etikk.....	13
2.5	Reliabilitet og validitet.....	14
3	Metode.....	15
3.1	Metoder for design.....	15
3.1.1	Formveileder.....	15
3.1.2	Designmetodikk.....	16
3.1.3	Metode for modellering.....	17
3.1.4	Designanalyse.....	19
3.1.5	SWOT-analyse.....	19
3.2	Metode for innhenting av data.....	19
3.2.1	Kvalitative og kvantitative metoder.....	19
3.2.2	Spørreundersøkelse.....	20
3.2.3	Bedriftsbesøk.....	20
3.2.4	Veiledningsmøter.....	21
3.3	Solidworks.....	21
3.3.1	Digital 3D-modellering.....	21
3.3.2	Arbeidstegninger.....	22
3.3.3	Styrkeberegning.....	22
3.4	Metode for økonomisk budsjettering.....	23
3.5	Produksjonsmetoder.....	25
3.5.1	Kontaktpunkter.....	25
3.5.2	3D-printing.....	26
3.5.3	Bøying og valsing.....	26
3.5.4	Vannskjæring.....	27
3.5.5	Smelting og støping.....	27
3.5.6	Plaststøping.....	27
3.5.7	Kutting og skjæring.....	28
3.5.8	Overflatebehandling av treverk og aluminium.....	28

3.5.9	Produksjon av netting.....	29
4	Resultat.....	30
4.1	Konseptdesignet.....	30
4.1.1	Produktet	31
4.1.2	Brukerfunksjoner.....	32
4.1.3	Designforløp.....	32
4.2	Komponenter	33
4.2.1	Armlener.....	33
4.2.2	Sitteplate og hylle.....	35
4.2.3	Dreneringsplate	36
4.2.4	Knekter	37
4.2.5	Rygg og ryggholder.....	38
4.2.6	Reklameskilt.....	39
4.2.7	Skinne.....	40
4.2.8	Midtkonsoll	41
4.3	Oppbygning	43
4.3.1	Sammenføyninger	45
4.4	Brukte søketeknikker	46
4.4.1	Befaring hos ABM Reklame	46
4.4.2	Befaring i Gjøvik tennishall	47
4.4.3	Litteratursøk	48
4.4.4	Idéflom	48
4.4.5	Målinger	49
4.4.6	Designvurderingsskjema	49
4.4.7	Spørreundersøkelse	50
4.5	Mock-up.....	52
4.6	FEM-analyse.....	53
4.7	Produksjon av konseptets komponenter	55
4.7.1	Produksjon av armlenet.....	56
4.7.2	Produksjon av knekter.....	58
4.7.3	Produksjon av skinne	59
4.7.4	Produksjon av midtkonsoll.....	60
4.7.5	Produksjon av dreneringsplate	60

4.7.6	Overflatebehandling av sitteflaten	61
4.7.7	Netting til ryggstøtten.....	61
4.8	Modell.....	62
4.8.1	Spesifikasjoner og fremgangsmåte.....	64
4.9	Økonomisk resultat.....	65
5	Diskusjon og analyse.....	68
5.1	Diskusjon av prosjektforløpet.....	68
5.2	Modellbyggingen.....	69
5.3	Analyse av konseptet	70
5.3.1	SWOT-analyse	70
5.3.2	Diskusjon av spørreundersøkelse	71
5.3.3	Diskusjon av konseptets potensiale.....	72
5.3.4	Diskusjon om det økonomiske resultatet	72
5.3.5	Brukervennlighet.....	73
5.3.6	Diskusjon av bærekraft.....	73
5.4	Konklusjon.....	73
	Litteraturliste	75
	Vedleggsliste	78

Antall ord i besvarelsen: 17533.

Figurliste

Figur 1: Kaldvalsing	27
Figur 2: Endelig design	30
Figur 3: Design sett forfra og bakfra	30
Figur 4: Benkens dimensjoner	31
Figur 5: Armlenes plassering	33
Figur 6: Arbeidstegning av armlene	34
Figur 7: Sitteplaten og hyllens plassering	35
Figur 8: Dreneringsplaten plassering	36
Figur 9: Arbeidstegning av dreneringsplate	36
Figur 10: Knektenes generelle utforming	37
Figur 11: Knektenes plassering	37
Figur 12: Ryggens plassering	38
Figur 13: Montering av rygg	38
Figur 14: Reklameskiltenes plassering	39
Figur 15: Skinnens plassering	40
Figur 16: Arbeidstegning av skinne	40
Figur 17: Midtkonsoll	41
Figur 18: Sammenstilling av midtkonsoll	41
Figur 19: Midtkonsoll festes med skinne	42
Figur 20: Oversiktsbilde av midtkonsoll	43
Figur 21: Steg 1 og 2	43
Figur 22: Steg 3 og 4	44
Figur 23: Steg 5 og 6	44
Figur 24: Steg 7 og 8	45
Figur 25: Steg 9	45
Figur 26: Maskinskrue holder reklameskilt fast	46
Figur 27: Treskrue holder skinnen fast til sitteplaten	46
Figur 28: Maskinskrue holder sitte- og dreneringsplaten fast til knekten	46
Figur 29: Reklame-eksempler fra ABM Reklame	47
Figur 30: Befaring i Gjøvik tennishall	47
Figur 31: Tankekart	48
Figur 32: Resultat av spørreundersøkelse	51
Figur 33: Mock-up med midtkonsoll og uten rygg	52
Figur 34: Konsept 3, fra formveileder	53
Figur 35: Mock-up uten midtkonsoll i forskjellige vinkler	53
Figur 36: Spenninger i knekt	54
Figur 37: Deformasjon	55
Figur 38: Alle komponenter som inngår i armlenet	56
Figur 39: Bøying av armlenet	56
Figur 40: Tilvirkning av armlenet, steg for steg	57
Figur 41: Vannskjæring	57

Figur 42: Alle deler som inngår i armlenet	58
Figur 43: Knektens utforming	58
Figur 44: Støpemaskin lukket	58
Figur 45: Støpemaskin klar og åpen.....	59
Figur 46: Rullforming	59
Figur 47: Valsespor	59
Figur 48: Skjæring.....	59
Figur 49: Drilling	60
Figur 50: Samlebånd	60
Figur 51:Produksjonsdeler av midtkonsoll	60
Figur 52: Netting vevd med knuter og netting ekstrudert uten knuter	61
Figur 53: Modell uten rygg	62
Figur 54: Fullstendig modell	63
Figur 55: Underveis i sammensetningen	65

Begrepsavklaring

Amerikansk målesystem: Det amerikanske enhetssystemet for mål og vekt (Hofstad, 2016).

Bærekraft: Som følge FN-Sambandets definisjon, er bærekraftig utvikling en utvikling som tar vare på dagens ressurser, samtidig som de fremtidige generasjoners ressurser ikke ødelegges (FN-Sambandet, 2019). Bærekraft er dermed definert i henhold til denne rapporten, som et tiltak som er vennlig ovenfor både miljø og økonomi, i dag og i fremtiden.

Metrisk målesystem: Internasjonalt enhetssystem for mål og vekt. Hver enhet er konsekvent gjennomført i ti-deling (Holtebekk, 2019a).

Singularitet: I følge Store Norske Leksikon er noe som er singulært, noe som avviker fra normale regler (Holden, 2018). I denne forbindelse er singularitet en betegnelse på at et punkt er uendelig skarpt. Det er altså for mye data i det ene punktet til at det er analyserbart.

SI-enheter: Tilhører SI-systemet som er et enhetssystem. Det er internasjonalt og forkortelsen til «*Det internasjonale system for enheter*». Det er et system for enheter som måler fysiske størrelser (Holtebekk, 2019b).

X-Carve-maskin: En CNC-operert fresemaskin.

1 Oppgaven

1.1 Problemdefinisjon

Oppgaven og dens problemdefinisjoner baserer seg på og er beskrevet i forprosjektet som ligger vedlagt.

1.1.1 Tema for problemstilling

Oppgaven baserer seg på å designe en benk til idrettsarena med sporten tennis som hovedfokus. Motivasjonen bak oppgaven er å få ferdigstilt en fullskala modell av et ferdig produkt og en plan for mulig produksjon og eventuelt masseproduksjon. Produktet skal også ha et miljøfokus, med dette så siktes det spesifikt til bærekraft innenfor miljø og økonomi.

1.1.2 Problemstilling

Fra forprosjektrapporten:

Hvordan utvikle et konsept for en benk, med elementer fra tennis som inspirasjon?

Videre ved prosjektets oppstart ble problemstillingen mer spesifikk:

Hvordan utvikle et benkkonsept som oppfyller estetiske og funksjonelle krav for tennisspillere?

1.1.3 Definisjon av problemstilling

Konseptet i problemstillingen omhandler:

- Tennissporten
- For idrettsutøvere
- Bærekraft

- Estetikk
- Funksjonalitet
- Økonomisk gunstighet

1.1.4 Effektmål og resultatmål

Effektmål: Å skape et konsept for en benk som oppfyller definisjonen.

Resultatmål: Å kostnadseffektivt produsere og presentere en ferdig 1:1 skala modell av produktet og en rapport som beskriver produksjonsmetode for reelt produkt.

Som følge av krisesituasjonen i landet på grunn av koronaviruset, ble vi nødt til å endre på prosjektets resultatmål.

Nytt resultatmål: Å kostnadseffektivt produsere et estetisk og funksjonelt konsept og en produksjonsplan for det reelle produktet, samt en 1:4 skala modell.

1.1.5 Koronaviruset sin påvirkning på prosjektet

Den 12. mars 2020 ble det erklært en krisesituasjon i Norge som følge av koronavirusutbruddet. Dermed så NTNU det forsvarlig å stenge alle campuser, og dermed laber med umiddelbar virkning og på ubestemt tid. Dette gikk utover dette prosjektets plan om å bygge en fullskala modell, da denne i var avhengig av tilgang til NTNU sin lab. Modellen skulle bygges for å kunne vise de reelle funksjonene og dens sanne estetiske uttrykk, samt vise vår kompetanse i modellbygging og potensielt kunne testes. Vi var ikke i stand til å bygge en så stor modell hjemme, dermed ble vi enige i samråd med veileder om å lage en mindre modell. For å kompensere for mangelen, økte vi rapportens innhold for å best mulig kunne illustrere konseptet.

1.2 Kravspesifikasjoner

1.2.1 Funksjonelle krav

Som følge oppdragsgiver Ken Hellerud er det en del ønskede funksjoner og noen påkrevde funksjoner.

Påkrevde funksjoner:

- Benken skal kunne sittes på av to personer.
- Benken skal kunne oppbevare to tennisbagger.
- Benken skal kunne oppbevare to flasker.
- Benken skal være bærekraftig.
- Benken skal kunne være inne og ute.
- Et uttrykk som skaper assosiasjoner til tennis.
- Plass til reklameskilter.
- En pris på maks kr 5000.

Ønskede funksjoner:

- Beholder for verdisaker.
- Søppelkasse.
- Nedkjøling av drikke.
- Rygg for å støtte seg på.
- Armlener.

1.2.2 Brukergruppe

Målgruppen, eller brukergruppen, til det reelle produktet er mennesker som spiller tennis i førsteomgang ved Gjøvik Tennishall. Disse brukerne er ifølge Hellerud både barn, voksne og eldre mennesker.

1.2.3 **Etikk**

Produktet skal på ingen måte være støtende for noen brukergrupper. Det er med tanke på bruk av symbolikk, farger og utforming. Utviklingen av produktkonseptet skal heller ikke ha noen negativ påvirkning på de brukerne som potensielt gir sin tilbakemelding av designforslag eller endelig design.

2 Teori

2.1 Tennis

Tennis er en sport der man kan spille to mot to, eller en mot en. Begge kjønn kan spille. Spillet skjer på en bane enten inne eller ute. Banen er delt i to av et stort nett. Spillerne er utstyrt med en racket hver, og hovedpoenget med spillet er å slå en ball over nettingen helt til en av spillerne ikke klarer å sende ballen tilbake (Bryhn, 2020).

2.1.1 Internasjonal historie

For å kunne gi et produkt en essens av tennis, må det avklares hva tennis er. Derfor ble det gjort en gjennomgang av sportens historie og mulig opprinnelse. Det er per dags dato ingen konkrete bevis for noen av teoriene som er beskrevet. Teoriene tar utgangspunkt i hva historikere og fagfolk mener kan ha vært forløpet.

Det kan argumenteres for at sporten hadde sin opprinnelse i franske kloster i middelalderen. Da fantes det et spill som het «je de paume» eller «håndspillet», der de brukte håndflaten til å slå treballer over et utstrakt nett. Senere kan dette ha blitt til spillet «real tennis» som er et lignende spill som spilles innendørs nå i dag. Videre anser vi moderne tennis til å ha blitt lansert i 1873, da patenterte Major Walter C. Wingfield regler og utstyr for et spill han navnga «Sphairistike» som på gresk tyder «spiller på ball». Banene som Wingfield lagde var formet som timeglass (Bryhn, 2020).

Det ble stiftet et internasjonalt forbund i 1913, denne forbundet endret navn i 1977 og kjennes som International Tennis Federation. Per 2006 hadde de 200 medlemsland og hadde hovedkvarteret sitt i London. USA organiserte profesjonell tennis i 1920-årene. I 1988 fikk de amerikanske herre- og kvinnelagene innpass i OL (Bryhn, 2020).

2.1.2 Tennis i Norge

Tennissporten begynte først som mosjonsidrett allerede i slutten av 1870-årene, hvor de første etablerte klubbene og lagene kom i slutten på 1880-tallet. De første klubbene og lagene her i landet var henholdsvis Christiansands Lawn-Tennisklubb og en tennisavdeling i Christiania Footballclub. 30 år frem i tid, i 1909, blir Norges Tennisforbund stiftet. NM i utendørsspilling ble arrangert fra og med 1910 for begge kjønn, og fra 1927 har startet også NM i innendørsspilling. Dette inkluderte også lag-NM med seriespill gjennom flere divisjoner (Bryhn, 2020).

2.1.3 Tennis i Gjøvik

Gjøvik Tennisklubb ble stiftet 8. juni 1905, og regnes som en av de eldre klubbene lokalisert utenfor Oslo. Klubbens første baner var på Tongjordet, men var uheldigvis i så dårlig stand at de etter et par års tid fikk leie baner fra Alf Mjøen ved Gjøvik Gård. I 1911 åpnet Gjøvik kommune et idrettsanlegg på Hunnjordet, som inkluderte tre tennisbaner for den lokale klubben. I 1946 åpnet de opp for et helt nytt anlegg ved Fastland. Det nye anlegget inkluderte fem grusbaner og en «hardcourtbane» som lå ideelt plassert ved et stort lokalt friluftsbad (Gjøvik Tennisklubb, u.å.).

Utviklingen stoppet ikke der. I 1987 reiste de en egen tennishall med fire baner, bare noen få steinkast unna utendørsanlegget. En ildsjel som nevnes bak dette, er Knut Iversen. Klubben er kjent for sine relativt flotte anlegg, samt et stort antall spillere. På sitt største har klubben hatt over 400 jevnlig aktive medlemmer, og var blant landets ti største klubber (Gjøvik Tennisklubb, u.å.).

2.1.4 Moderne tennis

Basert på allmennkjentskap til tennis og hva tennisspiller Ken Hellerud forklarer, er banen delt i to ved at det er plassert et nett i midten. Videre er banen delt inn i ulike seksjoner som markerer banens poengfelt og spillerfelt. Banene er også inndelt for å fungere som singles- og doubles-kapable, som henholdsvis tyder én mot én og to mot to. Rutene nærmest nettet er kjent som servefelt, poenget er å få ballen til å treffe innenfor dette feltet over på motstanderes side, det vil gi poeng. Server slås alltid diagonalt over banen, det vil si at man slår fra høyre til

venstre eller venstre til høyre. Det byttes om etter hvert som spillet går, slik at det alltid er diagonal sending av ballen.

2.1.5 Tennisutstyr

Sporten har sitt særegne preg i form av utstyr, baner og regler for å gjøre spillet interessant og i andre tilfeller målbart. Tennis blir spilt ved bruk av racketer og spesialballer.

Racketen er essensiell i tennisspillet. Tennisracketen har en oval ramme med en rektangulær-søyleformet og avrundet håndtak. Inni den ovale rammen, er det spent et strenget nett.

Rekkerten ble laget av tre. Nå i senere tid benyttes ulike lettmetaller og komposittmaterialer. Slagflaten på en tennisracket, hvorav den ovale nettingbelagte flaten, har lengte og bredde på 39,40 og 29,20 cm. Racketens totale lengde er høyst satt til 73,70 cm og bredde lengst på 31,80 cm. Den totale vekten ligger rett under 400 gram (Bryhn, 2020).

Tennisballen er en hvit eller gul filtkledd gummiball med markerte ovale mønstre på siden, som kan virke som kontrastlinjer og kjennetegn. Vekten på tennisballer varierer i spennet mellom 56,00 til 59,40 gram, med et diameterspenn på 6,35 til 6,67 cm (Bryhn, 2020).

2.2 Tekniske spesifikasjoner

2.2.1 Dimensjonering

Det er ikke ukjent at alt av produksjon har standarder. I Norge følges det en rekke forskjellige nasjonale og internasjonale standarder. Det er tilsynelatende ingen standard tilgjengelig for oss som tar for seg den nøyaktige typen sittemøbel som dette prosjektet tar for seg. Det er i høy grad universell utforming og anbefalinger om utforming som er utgangspunkt for dimensjonering og design av benken. Riktig nok er det en standard som er satt for alle sittemøbler for hjemmebruk, men er unntatt ved en rekke type sittemøblelement som kontor- og utemøbler. Vi valgte likevel å ta den med i betraktning da den poengterer noen gode tiltak for å ta hensyn til brukeren av sittemøblelement.

NS:EN-12520:2015 er en europeisk standard som beskriver i hvor stor grad et sittemøblelement til hjemmebruk skal tåle av ytre påførte krefter. Den beskriver hvordan indre komponenter

skal være montert i forhold til hverandre og brukeren, samt at bruksanvisning er påbudt å følge med produktet. Det er også spesifisert at skarpe kanter skal være avrundet for å beskytte brukeren, og ingen komponenter skal falle ut ved bruk. Møblelementet skal ikke være til fare for brukeren, og det skal heller ikke være fare for at brukeren blir påført flekker ved å bruke sittemøblelementet. Da er det snakk om flekker som forekommer av oljer eller andre fuktighetsgivende midler. Standarden har en oversikt over hvilke fysiske tester møblelementet skal tåle og hvor mange Newton den minimum skal tåle under de spesielle testene (Standard Norge, 2015).

Da studenter ved Teknologidesign og ledelse har tilnærmet ingen kompetanse i styrkeberegning og fysiske lover da dette ikke inngår i læringsmiljøet, vil vi ikke gå noe i dybden på styrketester og -beregninger. Vi vil derimot ta denne standardens krav om styrkemessige dimensjoner med i betraktning og som et utgangspunkt for design. Videre vil krav om annen utforming fra denne standarden ligge til grunn for hvordan vi designer konseptet.

2.2.2 Universell utforming

Det er fem typer brukergrupper som det tas i betraktning når det kommer til universell utforming. Hørsel, syn, kognitivitet, hypersensitive og mobilitet. Da dette prosjektet tar for seg en benk som skal være ganske enkel, ser vi vekk fra syn, kognitivitet og hørsel, og ser nærmere på hvordan den kan tilrettelegges for hypersensitivitet og mobilitet.

Hypersensitivitet, i denne forbindelse, handler for eksempel om allergener til materialer som er brukt i produkter.

I forhold til mobilitet er det viktig med hvilke høyder det er på sittemøbelet. Det er per nå ingen faste krav til sittemøbler, kun anbefalinger i forhold til det formålet møbelet skal tjene. Ifølge standard for universell utforming er monterte benker sin anbefalte høyde mellom 0,48 m og 0,50 m. Standarden går ut ifra benker som er i uteområder, og dermed er fastmontert, antakeligvis på grunn av stabilitet og sikkerhet mot tyveri (Standard Norge, 2011). Ettersom at det tilsynelatende ikke er andre anbefalinger å finne, er det logisk å gå ut ifra denne standardens krav.

2.2.3 Materialer

Aluminium er et grunnstoff som oftest brukes som legeringer. Metallet er lett og har i moderne tider blitt modifisert i legeringer til å bli sterkt nok til å erstatte stål. Jordskorpen inneholder 8,20 % aluminium. Dette metallet blir ekstrudert i hele verden, og per 2017 ble det produsert cirka 200 000 tonn aluminium på verdensbasis. Aluminium kan lett bearbeides ved metoder som valsing, pressing, ekstrudering, trekking og trykking. Det er et beskyttende lag av aluminiumsoksid som gjør at metallet ikke korroderer, oksiderer, er motstandsdyktig for kaldt og varmt vann, samt svake syrer. Aluminium er ufarlig utenpå kroppen, men kan skape alvorlige skader dersom det konsumeres (Pedersen, 2018).

Aluminiumslegeringer er aluminium som er blandet med andre metaller. De mest forekommende legeringsmetallene er kobber, silisium, magnesium og zink. Det skilles mellom forskjellige typer legeringer. Støpelegering og knalegering, som i hovedsak er legering egnet for støping, ekstrudering eller valsing. Det skilles også mellom herdbare og ikke-herdbare legeringer, som vil si på hvilken måte legeringen kan bearbeides (Christensen, 2019).

Treverk er nærmest like sterkt som stål, når man ser på egenskaper mot materialets egenvekt. Egenskapene til tre er derimot avhengig av fuktigheten. Dersom treverket er tørt vil det holde seg lenge, men hvis det er fuktig der for eksempel sopp kan forekomme, vil treet raskt brytes ned. Det kan derfor impregneres for å beskytte egenskapene (Foslie, 2018). Det finnes flere metoder for å impregnere tre på. Det mest vanlige er beis, der man kan velge organiske eller metallorganiske forbindelser. Middelet påføres ved å males eller sprøytes på, eller treet kan dyppes i det. Det kan også tas i bruk en type trykkimpregnering, der konserveringsmiddelet blir presset inn i treet med på trykk på 14 bar. Ettersom at det er forbudt å omsette trevirke som er behandlet med krom, arsen og kreosot, finnes det egne forskrifter på hvilke midler man kan bruke for impregnering (Tronstad, 2019).

Stål består av levert jern og er et tungt metall. Det brukes ofte i store konstruksjoner på grunn av dens styrke. Man kan sette sammen stållegeringen etter ønsket formål. Eksempelvis kan man lage rustfritt stål, syrefast stål, konstruksjonsstål, armeringsstål og stål med forskjellig styrke (Christensen og Almar-Næss, 2019).

Betong er et veldig tungt materiale som best egner seg til store konstruksjoner. Det er meget kompakt og tåler store påkjenninger. Derfor brukes det ofte i bygninger. Det kan riktig nok støpes i støpeform. I denne prosessen vil den måtte trykkes eller vibreres ned i formen slik at den fyller alle hjørner. Dette er viktig at den gjør før den størkner (Thue og Tekst fra Store norske leksikon, 2019). Dette materialet er mindre brukt til små produkter, men det kan forekomme møbler i betong.

2.2.4 Materialteori

Materiallærekompetansen som inngår i Teknologidesign og ledelse innebærer den grunnleggende forståelsen av hvordan metaller er bygd opp, hvordan de kan oppnå ønskede egenskaper og hvilke tilstander de kan befinne seg i.

Innledningsvis går materiallære litt inn i kjemi og materialenes oppbygning på atomnivå. Det er snakk om hvilken type bindinger atomene har. Videre går det på gitterstrukturer, deformasjoner og etter hvert på et større nivå av kornstrukturer. Denne delen av materiallære har vi til grunn for våre analyser og antagelser, men er ikke sentral.

Faser, egenskaper, deformasjoner og legeringer er derimot veldig relevant. Et materiale kan opptre i tre forskjellige aggregattilstander: fast, flytende og gass. I dette prosjektet jobbes det med faste materialer, men som kan være bearbeidet i flytende tilstand. For å oppnå et fast metall med gode egenskaper kan det lages legeringer. Det vil si at det blandes to, tre, fire eller flere forskjellige metalliske materialer, som til sammen oppnår nye egenskaper sammenlignet med rene metaller. Det kan være kjemiske, mekaniske og fysikalske egenskaper som kommer til. Deformasjoner og brudd oppstår hvis materialet er under påkjenning av en kraft som nærer seg og overstiger flytegrensen. Dette er en kombinasjon av metallets hardhet og bruddforlengede. Disse faktorene kan forbedres ved å øke den kalde deformasjonsgraden (Johansen, 2010b; 2010a).

2.2.5 Livssyklusanalyse

En livssyklusanalyse, LCA, er en analyse som hjelper å konkludere i hvilken grad et bygg, produkt eller en konstruksjon er bærekraftig. Analysen tar for seg hele livsløpet til produktet,

fra innsamling av råmaterialer, gjennom produksjon, bruksperiode og til slutt der produktet blir kastet eller resirkulert (Sintef, u.å.).

2.2.6 Ergonomi

Det var lite konkret litteratur å komme over, og det var tilsynelatende ingen tilgjengelige bøker på universitetsbiblioteket. Vi tok dermed kontakt med Stamina Group for å få erfaringsbasert teori om ergonomi og sittemøblement. HMS-rådgiver, bedriftsfysioterapeut og spesialrådgiver i ergonomi ga oss en liten innføring i tema.

God ergonomi i et møbel handler om muligheten til å tilpasse seg menneske, og arbeidsoppgaven. Denne tilpasningen bør være så enkel å gjøre og intuitiv at det faktisk gjøres. Målet med ergonomi er å unngå unødvendig belastning og skape rom for god variasjon. Dette handler om ergonomi både for den skal sitte, men også for den som skal rengjøre det.

Hun viste også en plakat som illustrerte i hvilke dimensjoner en person bør sitte for å sitte komfortabelt på et kontor foran en PC-skjerm. Denne oppgaven handler om en benk som brukes på en idrettsarena, så kravene som settes mot en kontorsituasjon er ikke helt passende. Det er likevel gunstig å være klar over at slike krav finnes.

2.2.7 Rengjøring

Det er tilsynelatende ingen krav til utforming i forhold til hygiene. Det er derimot en standard som beskriver hvordan man vurderer overflater etter hvor vanskelig det er å rengjøre dem (Standard Norge, 2018).

2.2.8 Reklame

Det er behov for å kunne feste reklame til benken. Hellerud forklarte til oss at benken vil kunne tjene inn penger til tennisklubben dersom sponsorer kan få ha reklame på den. Reklameplass er derfor en vesentlig inntjeningsfaktor.

Gjennom et bedriftsbesøk hos ABM Reklame, forklarer daglig leder om hvordan reklame blir produsert. I hovedtrekk blir reklame nå produsert på bannere, plakater og som folie. Reklame

som er egnet dimensjoner tilpasset sittemøbler, kan lages som klistremerker eller folieres på en passende flate. Klistremerkene har forskjellig kvalitet i limet, noe som gjør at den er avtagbar eller ikke. Det er også vanlig å produsere «spor» i limet, som gjør at hvis kunden skal plassere klistremerket selv, vil det være lett å trykke ut luften under klistremerket. Sporene leder da luften ut slik at det ikke blir noen ujevnheter.

De platene som brukes som reklameskilt finns i forskjellig kvalitet. Som oftest inneholder de en del aluminium for styrke. Plater av kun en aluminiumslegering vil være deformerbare, men plater av fiber som er dekt med aluminium vil holde seg sterke og flate. Mathisen forklarer også at skilt kan skjæres ut i alle slags former, så det ingen begrensning i forhold til reklame på møblement.

2.3 Designteori

2.3.1 Industridesign

Mennesker er flinke til å projisere sine følelser til ting. Derfor er menneskers identitet ofte knyttet til gjenstander. Gode produkter har da løsninger som forbinder for-, frem- og nåtid, samtidig som det ikke bryter så mye med omgivelsene at brukeren ikke kjenner seg igjen. Design er altså en samarbeidsprosess mellom produktdesigneren og brukeren. Det går mye ut på hvordan estetikk, ergonomi, teknologi, bærekraft, økonomi og marked fungerer sammen (Farstad, 2008).

2.3.2 Formgivning

Formgivning er i stor grad en metode som igjen blir beskrevet i neste kapittel. Det er likevel teori rundt forståelse av hva forming er. Det handler om hvordan idéen om et konsept blir til detaljer og til et produkt. Om hvordan uttrykk, estetikk og sosial identitet møter funksjonelle teknikker. Forming går linjer, flater, vinkler og buer til å møte hverandre og det kan være flere årsaker til dette:

- Formene som avledes er avhengig av bruksfunksjonen. Det gjelder både mot overflater, bruksflater og taktilitet.

- Opplevelsen av et design, innebærer hva mennesket i utgangspunktet er vant til og hvordan det kan brukes eller brytes. Det handler om mennesket foretrekker symmetri eller asymmetri i det bruksområdet. Hvordan objektet oppleves stabilt eller dynamisk. Det visuelle og hvilke assosiasjoner brukeren får preger produktets egenskap til å gi en opplevelse.
- Montering er det som bestemmer hvordan produktet eller designet er satt sammen på. Det er hvilke komponenter som inngår, og hvordan de skal festet til hverandre.
- Teknologi handler om hvordan vi fremstiller ting på og favoriserer forhold mellom emner og flater. Om de står vinkelrett på hverandre, skjevt eller om vi naturlig ser en akse gjennom en kule.
- Illusjon er vår evne til å forestille oss gjennom metoder som tegning eller modellering.
- Tilpasning er vesentlig for designet, da formet til designet må tilpasses hensikten eller bruksmåten.

(Farstad, 2008).

2.4 Etikk

Etikk går ut på hva man bør gjøre i gitte situasjoner. Det krever at man må analysere situasjonen, personene det gjelder og mulige utfall av diverse handlinger. Det er en del av filosofi, noe som vil si at det ikke er fasitsvar på etisk utfordrende situasjoner. Etikk er delt inn i fire typer etikk: metaetikk, normativ etikk, deskriptiv etikk og anvendt etikk (Sagdahl, 2019). Her beskriver vi to av disse typene.

Normativ etikk anvender regler og prinsipper som er forsvarlig å forsvare og akseptere. Denne etikken deles inn i tre underteorier: konsekvensialisme, pliktetikk og dydsetikk. Disse handler om hvilke konsekvenser som kan oppfattes som gode, hvordan ulike oppfatninger kan føre til forskjellige meninger om retningslinjer som er ansett som gyldige og om hvordan menneskets karakter kan settes fremfor regler (Sagdahl, 2019).

Anvendt etikk konkretiserer og avgrenser problemstillinger og handlingssituasjonene. Denne blir gjerne kategorisert i områdeetikk, da det kan handle om forskjellige «fagområder». Typiske områder kan være miljø-, profesjons-, krigs-, forsknings- og næringslivsetikk. I grove trekk tar denne etikken for seg spørsmål som er mye mer avgrenset enn de andre etikkene.

Denne typen etikk forholder seg ikke utelukkende til moralteori, den kan også stille spørsmål om hvordan man forholder seg til lovverk og praksis (Sagdahl, 2019).

2.5 Reliabilitet og validitet

Data er hva all forskning baseres på, og da er det et sentralt spørsmål hvor pålitelig dataen som analyseres er. Det er hva reliabilitet betyr på forskningspråket, altså pålitelighet. Påliteligheten avhenger av hvilke data, undersøkelsen av data, innsamling av data og hvordan den bearbeides på. Dermed er det forskjellige måter å teste reliabilitetens på. En metode er å gjøre den samme testen på to forskjellige grupper på forskjellige tider. Hvis resultatene viser seg å være det samme, har forskningen oppnådd høy reliabilitet. En annen metode er at flere forskere undersøker det samme. Da kan flere forskjellige komme frem til det samme resultatet, noe som også betegner god reliabilitet (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.44).

Validitet tar for seg hvor gyldig dataene er. Det vil si i hvilken grad dataene representerer fenomenet som blir forsket på. Det finnes flere typer validitet, men den mest relevante for dette prosjektet er begrepsvaliditet. Dette dreier seg om relasjonen mellom fenomenet som forskes på og dataene som representerer fenomenet. For å avgjøre om dataene er valide eller ikke, kan være utfordrende. I noen tilfeller blir det bare brukt sunn fornuft og avgjøre dette selv. Det kan også gjøres validitetstester. Det kan være en spørreundersøkelse for å undersøke om man måler det man faktisk ønsker å undersøke (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s. 74).

3 Metode

3.1 Metoder for design

Det finnes mange metoder for å starte, utvikle og avgjøre et design. De verktøyene og metodene som brukes er i aller høyeste grad tatt i utgangspunkt fra Per Farstad sin bok Industridesign. Her er en oversikt over de metodene som blir brukt i prosjektoppgaven.

3.1.1 Formveileder

Formveileder er et verktøy som kan brukes for å loggføre og rapportere om designprosessen til et produkt. Den åpner for at tanker og idéer rundt designarbeidet blir reflektert rundt og modnes underveis i prosessen. Veilederen skal beskrive hvilke uttrykk som skal komme frem, samt hvilke funksjoner designet skal ha. Det handler om hva som skal kommuniseres fra bedriften gjennom produktet (Farstad, 2008).

Formveilederens praktiske oppbygning kan se slik ut:

- Problemstilling, intensjon og inspirasjon.
- Bedriftens personlighet, posisjon, visjon og verdier.
- Bedriften sin identitet.
- Definert målgruppe. Deres karaktertrekk, funksjon og identitet.
- Potensielle og viktige konkurrenter.
- Illustrasjon av designprosess. Tegninger, modellering og bildemateriale.
- Egen analyse av styrker og svakheter, sett mot de overordnede punktene.

(Farstad, 2008).

Formveileder har blitt brukt mye i vårt studieløp, og det er kjent at oppbygningen til formveilederen kan variere. Det er i hovedsak en rapport som beskriver hele tanke- og

designprosessen fra start til slutt. Det er et godt hjelpemiddel for å holde designprosessen på rett sport, slik at utviklingen ikke viker vekk fra den originale intensjonen med designet. Punktene om designmetodikk, -analyse og modellbygging er metoder som ofte inngår i formveilederen.

Dette prosjektets formveileder ligger vedlagt.

3.1.2 Designmetodikk

En metode for å komme frem til et design er en planmessig fremgangsmåte som henter argumenter og løsninger til problemstillingen. Designmetodikk omfatter i mange tilfeller både innovativ tenkning og prosjektprosessen. Designmetodikk inngår i stor grad i formveiledermetoden, som en metode for designutvikling. I boken til Farstad blir disse skilt, så designmetodikk og prosjekteringsmetodikk er fremstilt som to forskjellige temaer. Designmetodikk er beskrevet godt i boken og stiller et sterkt grunnlag for designprosessen, der fire kjerneområder blir påpekt:

- Søkefilosofi
- Logisk-visuell søketeknikk
- Eksperimentell søketeknikk
- Undersøkelsesteknikk

Disse teknikkene er godt implementert i designemnene til Teknologidesign og ledelse, og blir brukt hyppig.

Søkefilosofi går ut på at designeren bruker alle sanser og gir seg selv mye frihet selv når det er en målrettet søken etter tanker og idéer forbundet med et prosjekt. Det kan innebære tanker og følelser assosiert med problemstillingens tema, noen særlige ord, bilder eller annen inspirasjon som er sterkt knyttet til problemstillingens tema. Denne filosofien byr på en mengde konseptforslag, noe som gjør designeren fri til å visualisere flere måter å tenke på. Slik vil designeren ikke være låst til en løsning for tidlig i prosessen. Det er også viktig at sjongleringen med idéer og konseptforslag holder seg til et visst sentralt tema i problemstillingen (Farstad, 2008).

Det er flere verktøy og teknikker innen søkefilosofi man kan bruke for å la kreativiteten flyte. Gode eksempler er litteratursøking, idéflom, idébytte og sansing. Alle disse teknikkene har idéskapning og flyt i kreativitet til felles. De er likevel ganske forskjellige (Farstad, 2008).

Der litteratursøking handler om å aktivt søke etter publiserte dokumenter, tekster og rapporter for å finne inspirasjon, handler idéflom, også kjent som «brainstorming», om spontanitet og lek. Idéflom gjøres i en gruppe eller individuelt, i en gitt tidsperiode. Her blir alle tanker og idéer skrevet ned, videreutviklet, kombinert med andre idéer og det blir et stort antall av dem. Til slutt blir idéene sortert og det som er mest relevant brukes videre i prosessen (Farstad, 2008).

Idébytte er i likhet med idéflom, oftest en gruppeaktivitet og innebærer at alle gruppemedlemmer illustrerer sin spontane konseptløsning på et ark om går på rundgang. Videre gir medlemmene forslag til endringer på de andre sine løsninger. Dette fører til at man får reflektert rundt løsningene uten å bli opphengt i sin egen løsning (Farstad, 2008).

Å bruke sansing ved tankepåvirkning baserer seg på å bryte de vanene man har og tenke på en helt ny og annerledes måte. Metoden går ut på å omdefinere, lukke eller åpne problemstillingen, slik at den ikke lenger virker låst. En måte å gjøre dette på er å tenke seg til løsninger som svarer på spørsmål som for eksempel disse:

- Hvilken løsning er den aller enkleste i forhold til brukerfunksjon?
- Hvilken løsning er den billigste?
- Hvilken løsning er den dyreste?
- Hvilken løsning er den mest innovative?
- Hvilken løsning er den mest materialforenklete?

Slike spørsmål tvinger designeren til å tenke på forskjellige innfallsvinkler, og kan dermed bidra til et design som skiller seg fra eventuelle konkurrenter (Farstad, 2008).

3.1.3 Metode for modellering

Bruk av modellering er en god metode for å se om teksturer og former går overens med hverandre. Det er en ting å se alt på en tegning i 2D eller 3D, men det er noe annet når man

kan ta og føle på produktet. Små modeller kalles mock-up, og skal illustrere enten det funksjonelle, det estetiske eller begge kombinert. Det er en metode for å enda bedre illustrere tanker og løsninger i designprosessen. Teorien under dette punktet er kun erfaringsbasert teori som er opparbeidet underveis i studieprogrammet i diverse designemner.

Modellering tar utgangspunkt i de opprinnelige arbeidstegningene som er utarbeidet for produktet. Ut ifra de målene som er oppgitt kan man begynne å skalere produktet, det vil si at man finner en målestokk som er passende for modellen som skal fremvises. Ut ifra den originale størrelsen finner man den ønskelige størrelsen for en modell.

Når det kommer til å lage en liten skala modell er det en omstendelig prosess. Dette fordi det meste av materiale må spesialtilpasses i alle mål. Det finnes ingen standard som passer nøyaktig og derfor må alle materialer bearbeides grundig til de passer på målene.

Det er viktig å ta hensyn til den typen materiale som kan brukes. Dette krever at man er kreativ med materialbruken. Noen materialer lar seg ikke håndtere i liten skala slik at det blir et pent resultat. Det er her man blir kreativ med å gi et falskt inntrykk av materialet som blir brukt, slik at et materiale kan gi uttrykk for å se ut som et annet. Prosessen foregår ved å bruke et underliggende materiale som en base. Deretter gir man overflaten en behandling som gir et inntrykk av at det er et annet materiale. Noen enkle teknikker illustreres i tabell 1.

Tabell 1:

Oversikt over materialer og behandling.

Base-materiale:	Behandles med:	Resultatet ligner på:
Styrofoam	Maling eller folier	Tre, plast, metall, tekstil, karbon
Tre	Diverse folier eller maling	Metall, plast, karbon, tekstil
Plast	Maling eller folier	Metall, tre, karbon,
Metall	Diverse folier	Tre, karbon, plast, tekstil

Et annet viktig aspekt med modellering er at man kan se om produktet lar seg lage i virkeligheten. Underveis i prosessen kan man se om detaljer stemmer overens med den opprinnelige planen. Detaljer som avsløres kan eksempelvis være: sammenføyninger, vinkler,

tilpasninger, fargesammensetninger eller lignende. Dessuten kan modellering virke som en liten produksjon i seg selv.

3.1.4 Designanalyse

I en designanalyse gjøres det en vurdering av et design basert på designets helhet av funksjonalitet, estetikk og forming. Her teller mye designteori inn, som beskrevet i 2.3.1 og 2.3.2. Metoden brukes som regel etter at et design er ferdigstilt, men det er også gunstig å gjøre en analyse av konseptforslag underveis i designprosessen. Slik vil designeren kunne gjøre seg en helhetsvurdering av sine egne løsninger, og til kunne skille ut gode og mindre gode løsninger til slutt.

3.1.5 SWOT-analyse

En SWOT-analyse er en metode som tar for seg et fenomen sine styrker, svakheter, muligheter og trusler. Disse faktorene blir gjerne fremstilt i en matrise, for å gjøre det oversiktlig. En slik analyse vil gi et underlag for beslutningene tatt i forskningen (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.61).

3.2 Metode for innhenting av data

3.2.1 Kvalitative og kvantitative metoder

For generell datainnsamling i et forskningsprosjekt, må forskeren planlegge fremgangsmåten på forhånd. Det må tas stilling til hvilken populasjon det skal forskes på og hvordan disse skal velges ut og rekrutteres. Det må også tas hensyn til hvilken type data forskeren ønsker å få inn, i henhold til problemstillingen (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.104).

Kvalitativ data er de dataene som kommer av observasjon eller intervju av en gitt populasjon som det forskes på. Dataene i seg selv kan da for eksempel være forskernes notater, som forklarer detaljer. Disse dataene er preget av forskeren selv sitt sanseintrykk av konkrete situasjoner som det forskes på (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.104).

Kvantitativ data er en målbar data, som man kan sette et tall på. Disse dataene får man vanligst med spørreundersøkelser, der det er faste spørsmål og gitte alternativer. Det kan brukes for eksempel til å anslå hvor stor av den gitte populasjonen som mener noe, kontra en annen mening (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.37).

3.2.2 Spørreundersøkelse

En spørreundersøkelse er gjerne standardisert og gjør at populasjonen som besvarer den generaliserer resultatet. Dataene fra en slik undersøkelse kan settes inn i statistikker, og kan tallfestes. Dess mer konkrete spørsmål som inngår i undersøkelsen, dess mer objektive data får man. Det kan oppstå ubalanse dersom spørsmålene er noe en skal ta en stilling til og dermed kan oppfattes forskjellige av de forskjellige respondentene. Derfor er det viktig å forme undersøkelsen slik at den vil gi svar på problemstillingene. Det er mulig å innføre åpne spørsmål, men dette kan gi usikre data. Ikke alle respondenter er gode til å ytre meninger eller uttrykke sine tanker skriftlig, så dette kan føre til ødeleggende svar. Undersøkelsen skal analyseres når nok respondenter har avgitt sine svar (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2011, s.277).

3.2.3 Bedriftsbesøk

En teoretisk begrunnelse på hvordan befaring eller et bedriftsbesøk fungerer og dens formål, viser seg å være heller utfordrende å finne i litteraturen tilgjengelig for oss. Vi kan riktignok forklare hvordan befaringsmetoden brukt i prosjektet ble teoretisk sett på.

For å finne informasjon med kvalitet er det ofte vanlig å søke i litteraturen til trygde kilder. Befaring er derimot et fysisk søk i felt og betyr i seg selv å gå ut og gjøre en undersøkelse av noe på det relevante stedet. Det er ofte brukt i sammenhenger med prosjekter som krever informasjon av for eksempel et sted det skal bygges en bro, eller hvor mye en trafikkert vei er før et eventuelt byggeprosjekt. I denne sammenhengen blir befaring brukt i form av et bedriftsbesøk, noe som gir gunstig informasjon fra aktive aktører i næringslivet som bruker informasjonen en ser etter til daglig. Det er altså informasjon som virksomheter aktivt bruker, baserer seg på og videreutvikler. Det vil altså være god kvalitet i informasjon som hentes gjennom befaring til næringslivet.

3.2.4 Veiledningsmøter

Veileding- eller statusmøter med veileder og oppdragsgiver er en metode for å holde prosjektet i tråd med pensum og oppdragsgivers ønsker underveis i prosessen.

3.3 Solidworks

Solidworks er et tegne- og simuleringsprogram som er tilgjengelig for alle studenter ved NTNU. Det er den programvaren som studentene ved Teknologidesign og ledelse bruker når det kommer til modellering digitalt. Programmet brukes i hovedsak til modellering fremfor simulering på dette studieprogrammet. Teorien beskrevet under dette punktet er erfaringsbasert teori.

3.3.1 Digital 3D-modellering

Den akademiske versjonen som er tilgjengelig for studenter, lar brukeren tegne og modellere 3D-objekter i både enkle og komplekse sammensetninger. Modelleringsmulighetene er dermed mange. Man kan modellere enkeltstående modeller, og man kan sette sammen flere modeller og skape en større konstruksjon. Man kan også gi objekter eller modeller man lager egenskaper ved å tilegne dem et materiale. Det er flere materialtyper som ligger inne i programmet, så man kan velge for eksempel materialet stål for så å spesifisere hvilke legeringer man ønsker. Muligheten ved å velge materialer er ikke kun gunstig i forhold til materielle egenskaper, men også for teksturer. Programmet har et eget kamera og rendermuligheter, som gir realistiske bilder av modeller. Dermed vil man kunne se forskjell på for eksempel matt eller blankt metall. Det er mulig å modellere i både det metriske og amerikanske målesystem, men metrisk er det vanligste i Norge og Europa generelt. SI-enheten millimeter [mm] er også den som brukes mest når det kommer til modellering av produkter.

3.3.2 Arbeidstegninger

Arbeidstegning er en skisse eller en tegning i en gitt målestokk som gir et virkelighetsrett bilde på det som skal produseres. Målestokk er det forholdet som er mellom det reelle produktet som skal lages og tegningen (Leverandør NRK, 2019).

I Solidworks kan man produsere arbeidstegninger, eller eDrawings, som det heter i programmet. Her får man muligheten til å sette opp modellene i alle slags målestokker. Programmet gir mulighet til å automatisk vende og rotere modellene slik at man kan se alle sider, samt en del tilleggsfunksjoner som å gjøre særlig detaljerte områder større. Dimensjonstallene kommer opp automatisk der man velger det, og er de samme som man bestemte da man modellerte objektet. Den vanligste måten å vise frem objekter i en slik tegning er å vise selve objektet i sin sanne tekstur og farge. Deretter er det tegninger som viser alle relevante sider med nok mål til at man skal kunne tegne objektet på nytt. Formatet som vanligvis brukes er A3, og målestokken varierer etter hvilken opprinnelig størrelse objektet har fra modelleringsfasen. Det er vanlig å bruke millimeter på tegninger, akkurat som i modelleringen.

3.3.3 Styrkeberegning

Styrkeberegning eller også kjent som fasthetslæren, baserer seg på beregning av spenninger i konstruksjoner både med og uten påkjenning. Hensikten med disse beregningene er for å se om og hvor deformasjoner i konstruksjonen sin sammensetning vil opptre. Disse deformasjonene kan være brudd eller plastiske formendringer, som vil være avhengig av hvilke spenninger som opptrer i materialene. Hvordan konstruksjonen er satt sammen og hvilke typer spenninger som opptrer avhenger av hvordan påkjenningene treffer konstruksjonen (Ormestad, 2009). Disse beregningene kan gjøres for hånd ved hjelp av diverse formler og matriser, men de kan også gjennomføres via en FEM-analyse i Solidworks. En FEM-analyse står for «Finite element method», eller endelig elementmetode. Den er en numerisk simulering i et program, som forenkler objektet som simuleres og deler den opp i elementer (Simscale, u.å.).

Fremgangsmåten på hvordan man simulerer i Solidworks varierer veldig fra hva man ønsker å simulere. En erfaringsbasert fremgangsmåte starter ved å definere påkjenninger, opplagere og

eventuelt kontaktflater til komponenten. Det må også opprettes et «mesh» for å kunne kjøre simuleringer. Det er altså et nett av elementer som hele overflaten deles opp i, for at programmet skal kunne beregne hvor og hvor store spenninger oppstår. For å få et reelt resultat er det viktig å gjøre flere tester med forskjellige mesh-innstillinger for å se hvor spenningene konvergerer. Det vil si å for eksempel gjøre mesh-elementene mindre, altså finere, mellom hver test til spenningsresultatene ikke varierer nevneverdig fra test til test. Det er også gunstig å øke mesh-kvaliteten i kanter og hjørner der spenninger antas å oppstå, for å få reelle resultater og unngå singulariteter.

Erfaringsmessig brukes denne typen simulering for å se hvordan spenninger, deformasjoner og krefter oppfører seg på en gitt komponent. Det er vanlig å sammenligne resultatene med egenskapene til materialet som komponenten har. Hvordan egenskapene påvirkes av eksterne faktorer er nevnt i materialteoripunktet 2.2.4.

3.4 Metode for økonomisk budsjettering

Budsjett er et av de viktigste verktøyene økonomisk sett. Et budsjett settes opp i etterkant av undersøkelser basert på hva man trenger av ressurser, materialer og økonomiske midler. Et budsjett er et grovt estimat av de kostnadene som kommer til å forløpe ved en aktivitet som innebærer utgifter som kan knyttes opp mot resultatmålet. En annen måte å beskrive et budsjett på er som en detaljert og tallfestet handlingsplan for en gitt fremtidig periode (Hoff og Hælbekk, 2018, s.422.). Grunnen til at man setter opp et budsjett kan sammenfattes med noen stikkord med en enkel forklaring til.

Tabell 2:

Metode for økonomisk budsjettering.

Aktivitet	Grunnlag
Planlegging	Gir en metode for å styre mot delmål og resultatmålet samtidig som det gir en pekepinn om det styres i riktig retning
Koordinering	Beslutninger treffes på et felles grunnlag direkte relatert til undersøkelser i forkant
Kommunikasjon	Gir informasjon om hvorvidt man ligger noenlunde på estimat eller om det er større eller mindre avvik

Motivering	Gir motivasjon om man klarer å overholde budsjett eller ikke overstiger i for stor grad
Definering og delegering av ansvar	De ulike postene viser hvem og hvor ansvar ligger fordelt
Allokering av ressurser	Sørge for at ressurser blir brukt på riktig måte
Oppfølging og kontroll	Sammenligne estimerte tall mot reelle tall og registrere avvik.

Beregning av budsjettets poster gjøres på grunnlag av informasjon som hentes inn etter at resultatmålet er definert. De ulike tallene hentes inn og settes inn en tabell som beskriver et antatt estimat av hva kostnadene kommer til å bli (Hoff og Hælbekk, 2018).

I denne oppgaven brukes budsjett basert på metoder som beskrevet i boka Prosjektarbeid av Harald Westhagen. Det er fordi måten å sette opp et budsjett er i større grad direkte relatert til prosjektarbeid enn for eksempel bedriftsøkonomi. Prosjektbudsjettering skiller seg ut fra vanlig budsjettering hovedsakelig ved at man ikke i særlig grad har noen reelle tall å forholde seg til, annet enn fra eventuelle noenlunde lignende prosjekter. Prosjektbudsjettering strekker seg over en noe udefinert tidsperiode, kontra vanlig budsjettering som omfatter en helt bestemt tidsperiode. Vanlig budsjettering baserer seg på tall fra foregående år og er egentlig mer en justering i forhold til de tallene. Disse strekker seg over en helt bestemt tidsperiode, gjerne fra en måned, ofte kvartalsvis, halvt eller helt år. Prosjektbudsjettering deles gjerne opp i to metoder. Ved mindre prosjekter setter man gjerne opp et samlet budsjett for hele perioden og fordeler kostnadsartene på delprosjekter eller hovedaktiviteter. Ved større prosjekter brukes gjerne periodebaserte budsjetter i tillegg til et hovedbudsjett. Vårt prosjekt regnes som lite og vi har valgt å bruke den første metoden med et samlet budsjett for hele perioden (Westhagen, Faafeng og Hoff, 2018).

3.5 Produksjonsmetoder

3.5.1 Kontaktpunkter

Et kontaktpunkt er der to emner møter hverandre. Disse må festes til hverandre skal det sitte fast. Det kan gjøres på flere forskjellige måter. De mest relevante måtene sett i henhold til dette prosjektet er sveise- og skrueforbindelser.

Sveiseteknikk er en måte å sammenføye to emner i metall eller plast. Man kan sammensveise dem, eller påleggssveise. Det er naturlig å dele sveisemetoder inn i to kategorier: press- og smeltesveising. Pressveising kan bestå av motstand-, friksjon- eller ultralydsveising. Mens smeltesveising innebærer metodene gass- og buesveising, samt noen spesielle sveisemetoder (Corneliussen, 2015).

For sveising av aluminium kan TIG- og MIG-sveising ansees å være mest gunstig.

Godstykkelsen er det som avgjør om man bør velge TIG eller MIG (Johansen, 2017). Både TIG- og MIG-sveising er en form for buesveising. Buesveising består av en elektrisk ladende lysbue av varme gasser, som produseres mellom to elektroder. Gasstaven utgjør den ene elektroden, arbeidsstykket utgjør den andre. MIG-sveising er den mest brukte metoden av de to, da den har en større sveisehastighet enn TIG. Den har også en høyere energitetthet i lysbuen, som gir et smalere varmepåvirket område på godset enn det TIG gir (Corneliussen, 2015). Det dannes i tillegg et oksidasjonssjikt når aluminiumets overflate kommer i kontakt med oksygen. Dette sjiktet har et smeltepunkt på 2060°C, som skaper problemer når det kommer til å sveise dette materialet. Varmen som kreves for å sveise, øker også dette oksidasjonssjiktet. TIG- og MIG-sveising som bryter ned dette oksidasjonssjiktet, fordi de involverer et gasslag som fjerner oksygenet rundt sveiseflaten (Alumeco, u.å.).

En skrue er en bolt med et skruehode og gjenger. Det finnes flere forskjellige varianter av skruer tilegnet forskjellige bruksområder. I dette prosjektet er det i hovedsak maskin- og treskruer som er relevant å ta for seg. Maskinskruen er butt og har flatere gjenger enn treskruen. Det finnes flere standarder for skruer, skiver og muttere, NS-EN 1993-1-1 2005+NA:2009 er en av dem og baserer seg i hovedsak på stålkonstruksjoner. Standarder for aluminiumskonstruksjoner var dessverre utilgjengelig for oss, men den informasjonen vi så gunstig fra førstnevnte standard virker relevant.

Ifølge standarden skal knutepunkter som er skjærpåkjente og som kan utsettes for støt, festes med midler som: sveis, skrue med låsinnretning, forspent skrue, injeksjonsskrue, nagler eller andre spesielle skruer som hindrer bevegelse. Hvis det heller ikke er akseptabelt at det kan oppstå glidning i konstruksjonen, er det anbefalt å bruke skrue av type B, C eller passkruer. Skruer er også avhengige av å ha den rette fasthetsklassen, slik at den ikke vil deformeres eller gå til brudd under påkjenning av de krefter og spenninger som kan oppstå i kontaktpunktene (Standard Norge, 2015).

3.5.2 3D-printing

3D-printing er en additiv tilvirkning. Det er en metode der emner blir bygd opp lag for lag, basert på en tredimensjonal digital modell. Den enkle forklaringen på hva som skjer i en 3D-printer, er at et materiale blir ført inn i printeren og blir varmet opp gjennom en dyse og føres ned på underlaget (Mæhlum, 2020).

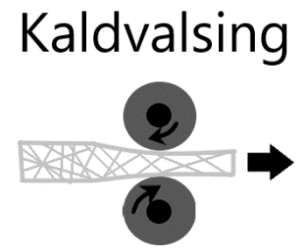
Erfaringsbasert er 3D-printing med plastmaterialer en meget effektiv metode for å lage småskala modeller som kan simulere et reelt produkt. Ved å lage disse småskala produktene kan man raskt se potensielle feil ved produktet eller problemer ved utfordringer, som for eksempel former som i realiteten ikke går overens. Det kan også være at produktet kun ser stabilt ut på tegningen, men når den blir printet ut viser det seg at det er behov for en annen utforming for å faktisk oppnå ønsket stabilitet. Dessuten kan man ganske enkelt printe organiske former, noe som er en stor utfordring for tradisjonelle produksjonsmetoder.

Oppsummert kan man si at 3D-printing er særlig anvendelig redskap, spesielt innen prototyping og preproduksjonsfase. Det er meget anvendelig for produksjon av organiske former, vanskelige buer og vinkler, samt at man har muligheten til å få et produkt som er en enkel enhet uten skjøter og sammenføyninger.

3.5.3 Bøying og valsing

Prosessen kjent som rull bøying har en av de mest fleksible og kostbesparende måtene sammenliknet med resultatet det leverer (Kersten aluminium bending, u.å.).

Prosessen knyttes til kaldbearbeiding, også kjent som kaldvalsing. Når materialet behandles på denne måten, blir krystallene i materialet forlenget i den retningen som deformasjonen fører an. Dette medfører da at hardheten og styrken i godset øker. Metoden er hyppigst brukt på ren aluminium eller aluminiumslegeringer som ikke lar seg herdes ved varmebehandling (Johansen, 2012).



Figur 1: Kaldvalsing

Figurkilde: Egen illustrasjon.

3.5.4 Vannskjæring

Vannskjæring fører ikke til innsnevring eller ujevnheter rundt kuttflaten, simpelthen fordi at det ikke varmepåvirker materialet som er en naturlig følge av friksjon fra sagblad eller kappsager. Det blir ingen deformasjoner i materialet. Dette gir rene kutt og tilnærmet ingen behov for etterbehandling av det kuttede emnet (Norsk Stål, u.å.).

3.5.5 Smelting og støping

Denne produksjonsprosessen er godt egnet for deler som har komplekse former eller tilpasninger som ellers ville tatt betraktelig med tid å gjøre annerledes. Dette er en prosess som har blitt benyttet i mange generasjoner, helt tilbake til oldtidens sivilisasjoner. Denne prosessen tar som oftest noen sekunder, trykket og temperaturen fra den flytende smelteovnen og over til støpeformen er ganske høyt en kort periode. Dette er for å unngå at det flytende metallet størkner før det har spredd seg ut i formen (Premier Die Casting Company, 2017).

3.5.6 Plaststøping

Noen av de beste egenskapene et produkt kan få via plaststøping er avansert geometri, effektiv forming og fullautomatikk. Grunnet trykket som skjer inni selve støpeformen, gir det mulighet for meget detaljerte utforminger under selve støpesekvensen, da plasten presses ut for å fylle alle tomrom. Alle prosesser relatert til denne produksjonsmetoden er også ofte helautomatiske, noe som er kostbesparende i lengden grunnet redusert behov for arbeidskraft (Nanomold Coating, 2014).

3.5.7 Kutting og skjæring

En form for kutting er kaldbladsaging. Fordelene med kaldbladsaging er at friksjonsvarmen er mindre sammenlignet med andre kuttemetoder, samt at bladene er lette å vedlikeholde. Et slikt sagblad kan slipes opp mot 40 ganger, har god presisjon og kutfart. Bladet på sagen ser ut som bladet på en større sirkelsag (Penn Tool Co, 2020).

3.5.8 Overflatebehandling av treverk og aluminium

Trematerialer trenger forskjellige typer av overflatebehandling avhengig av bruksområde. Den primære grunnen for overflatebehandling er å øke treverkets motstandsevne mot fukt. Den sekundære er grunnen er det estetiske uttrykket som gis ved å tilsette farger i overflatebehandlingen. Overflatebehandling kan også forenkle prosessen ved vask og vedlikehold av materialet. Dersom treverket er beregnet på innendørsbruk uten at det skal være i nærhet av fukt trenger man ikke å overflatebehandle. Er bruksområdet derimot beregnet å være i et våtrom, kjøkken, generelt utsatt for fukt eller damp innendørs eller utendørs, trenger man en form for overflatebehandling (Ore, 2009).

I de fleste tilfeller bruker man impregnert trevirke. Det er en prosess der trevirket behandles med kreosot for å fylle porer og hulrom. Det gjør materialet vannavstøtende og forhindrer råte (Årtun, 2020). Deretter tilsettes ofte en form for grunning. Det er gjerne fortynnet maling som trenger godt inn i porene enn det ufortynnet maling ville gjort. Denne grunningen trenger ikke å være i samme farge som det tiltenkte ferdige fargen. Man kan faktisk duse ned mørke farger eller mørkne lyse farger for å hindre gjennomskinn av den opprinnelige fargen (Ore, 2009).

Grunning egner seg spesielt godt til å dekke over urenheter og ujevnheter som kvist. Denne grunningen gir en god forankring for videre behandling av materialet. Når materialet er ferdig grunnet, kan man begynne overflatebehandlingen. De mest vanlige behandlingene er forskjellige typer av beis, maling, lakk eller voks. Disse velges på grunnlag av hva materialet skal utsettes for, siden de besitter ulike egenskaper som de tilfører sluttproduktet. Det er vanlig å etterbehandle malte eller lakkerte overflater etter cirka tre år (Ore, 2009).

Tilsvarende fremgangsmåte for overflatebehandling kan brukes på aluminium og stål. På disse materialene brukes det en såkalt primer istedenfor grunning. Det er også to metoder som hyppigst brukes for å gjøre aluminium motstandsdyktig mot korrosjon. Dette er anodisering

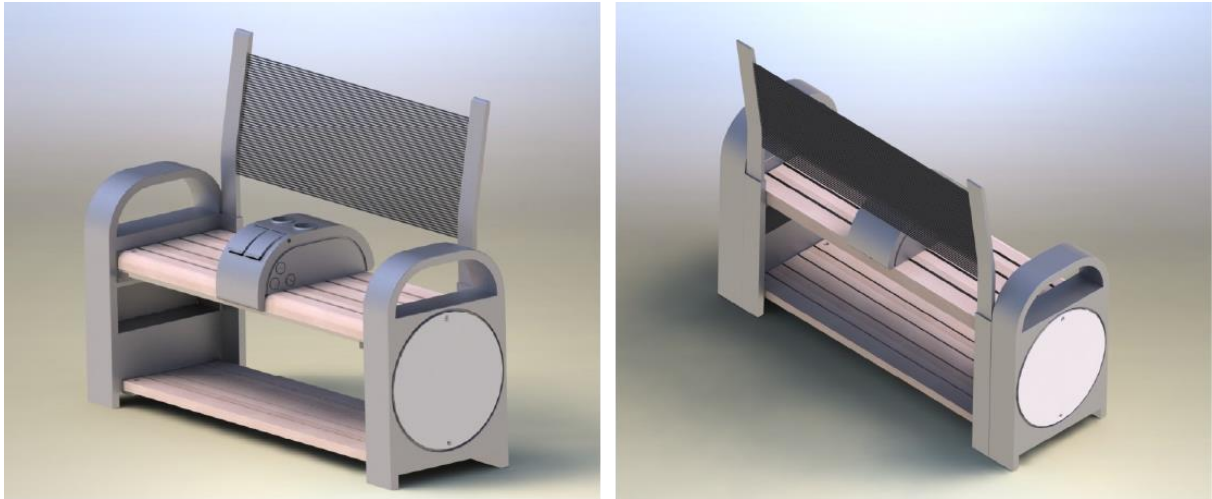
og eloksering. Dette går ut på å legge metallet i et oksiderende bad som bygger et beskyttende lag på overflaten. Deretter lakkeres overflaten for videre beskyttelse og fargeuttrykk (Almar-Næss, 2018).

3.5.9 Produksjon av netting

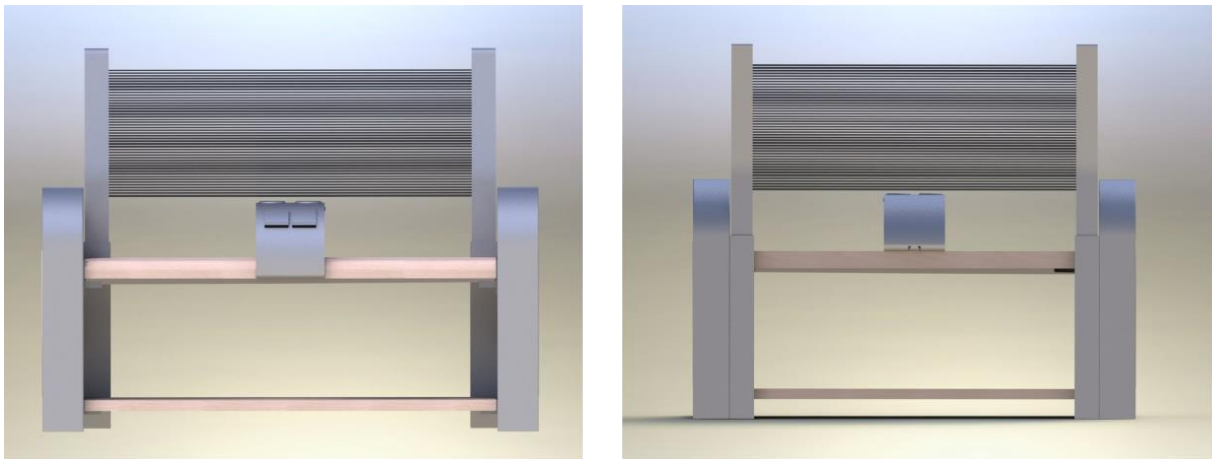
Tradisjonelle vevde nettinger kan inneholde knuter, noe som byr på lite komfort. Produksjon av knutefri netting skiller seg litt ut. Vevd netting baserer seg på ordinære vevemaskiner som vever sammen tråder og knyter disse sammen i strukturerte knutemasker. Ved produksjon av knutefrie nett så brukes det plast i form av polypropylen eller polyetylen. Denne platen smeltes til et granulat som kan brukes i en ekstruder. Granulatet smeltes til flytende tilstand og presses gjennom en ekstruder i Y- og X-akse, ned i form med forhåndsinnstilt nettmaskevidde. Denne formen gir også en karakteristisk fasong, der den ene siden som ligger ned mot overflaten blir glatt og flat. Den andre siden blir lettere buet og ru. Nettingen blir avkjølt og så rullet opp på spoler for lagring (Industrial Netting, 2018).

4 Resultat

4.1 Konseptdesignet



Figur 2: Endelig design



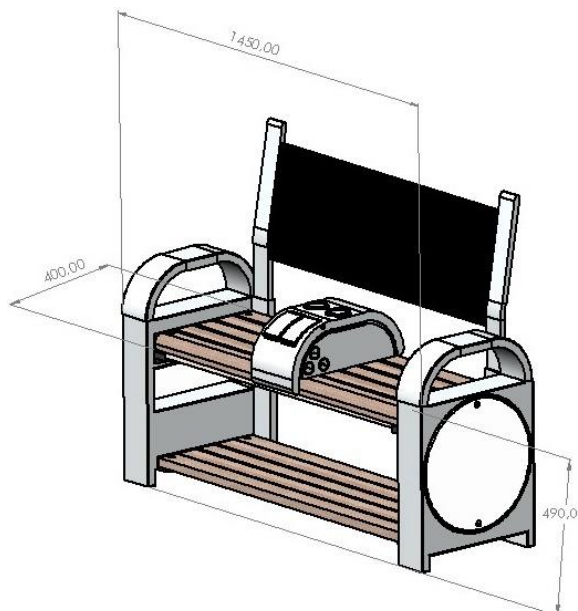
Figur 3: Design sett forfra og bakfra

4.1.1 Produktet

Benkens endelige design er som vist på figur 2 og 3, og hele designet er bygd opp på kombinasjonen av en ordinær hagebenk, sammen med farge, elementer og former fra tennissporten. Sirkler og buer er en tilnærming av formene på tennisball. Ryggen er laget av svart netting, og representerer et direkte element fra tennis: nettingen over banen. Nettingen skal i realiteten være rutete med noe større ruter, men dette kommer litt dårlig frem i tegneprogrammet denne modellen er tegnet i.

Produktet er i utgangspunktet et nisjeprodukt, som har muligheter til å bli masseprodusert dersom det slår an på markedet. Derfor skal produktet kunne flatpakkes og sendes til kunden, der kunden selv kan montere benken i enkle steg. Benken kan derfor også demonteres, dersom det er behov for det på grunn av oppbevaringsmuligheter av flere benker. Ryggen og midtkonsollen kan enkelt tas av uten verktøy. Dette er med hensikt på lagring, dersom det er begrenset på lagerkapasitet. Det er også tatt hensyn til at benken potensielt kan oppbevares ute ved vinterstid, ved at den er vannavstøtende. Dersom benken skal oppbevares ute gjennom alle årstider og lagres ute på vinterstid, anbefales det å dekke den til med en presenning og sette den under tak. Basert på simulering i Solidworks, er benkens egenvekt antatt å være på cirka 60 kg. Det vil si at det kan kreve to personer til å flytte benken når den er montert.

Benken sin sitte høyde er 0,49 m. Den totale bredden er på 1,45 m, mens selve sittebredden er på to ganger 0,50 m. Hvis midtkonsollen fjernes, er den totale sittebredden på 1,20 m. Dybden på setet er på 0,40 m. Det er cirka 7,00 cm med rom mellom underlaget og hyllen sin nederste kant. Dette er for å få hyllen opp fra underlaget, for å beskytte materialet. Det er med tanke på utebruk og at underlaget kan være av ru, for eksempel av grus eller gress. Det er cirka 0,34 m med plass mellom hyllen og sitteplaten.



Figur 4: Benkens dimensjoner

Produktet er utformet med universell utforming som en avgjørende faktor. Det vil si at det ble gjort bevisste valg ved valg av materialer, der det ikke ble brukt metall og treverk som er

kjent for å skape allergener. Det er også tatt hensyn til bruk av former som ikke kan assosieres med symboler. Det er for å oppnå et inkluderende og ikke-fornærmende produkt.

4.1.2 Brukerfunksjoner

Benkens hovedfunksjon er å gi hvile til brukeren i en sittende posisjon. Deretter kommer det en rekke tilleggsfunksjoner. Alle funksjonene som oppdragsgiver hadde som et krav er implementert: flaskeholder, oppbevaringsbenk, sittemulighet, reklameplass og mulighet for å ha benken inne og ute. De ønskelige funksjonene som ble tatt med er rygg, armlener og beholder for verdisaker. Sjøppelkasse og nedkjøling av drikkeflasker ble underveis i designprosessen vurder som overflødig og ikke gjennomførbart i forhold til den økonomiske begrensningen på 5000 kr per benk.

Brukerfunksjoner er tilgjengelig fra følgende komponenter:

- Sittebenk: Gir brukeren mulighet til å hvile i sittende stilling.
- Oppbevaringsbenk: Lar brukeren kunne oppbevare en til to tennisbagger.
- Midtkonsoll: Lar brukeren kan bevare flasker og verdisaker.
- Armlener: Lar brukeren kan hvile armene, samt at de bærer benken.
- Rygg: Slik at brukeren kan hvile ryggen, i tillegg kan ryggen tas av og pakkes vekk når benken ikke er i bruk, for eksempel over vinterstid.
- Reklameskilt: Slik at eieren av benken kan selge reklameplass til sponsorer.
- Dreneringsplate: Slik at eventuelt oppbevarte bagger ikke bli våt dersom benken befinner seg ute i regnvær, eller brukeren søler drikke over benken.
- Materialer: Det er i hovedsak brukt tre og aluminium for å gjøre benken stabil, men lett. Slik vil benken kunne flyttes uten at det krever maskiner til å løfte den.

En mer utfyllende forklaring på hver komponent kommer i punkt 4.2 Komponenter.

4.1.3 Designforløp

For å komme frem til dette designet ble metode med formveileder brukt. Formveilederen tar for seg målet med designet, brukergruppen, inspirasjon fra tennissporten, designprosessen og

en kort presentasjon av det endelige designet. Da prosjektgruppen består av tre deltakere, ble det mest hensiktsmessig å dele designprosessen i tre parallelle løp. Alle designprosessene er detaljert i formveilederen, da alle bruker kreativ tenkning forskjellig i en skaperprosess. Det ble brukt både digitale og håndskissede tegninger, for å se og prøve ut hvordan ulike former og sammensetninger gikk overens. Formveilederen er i hovedsak vedlagt denne rapporten for å vise helheten av designforløpet, selv om en del blir beskrevet her.

4.2 Komponenter

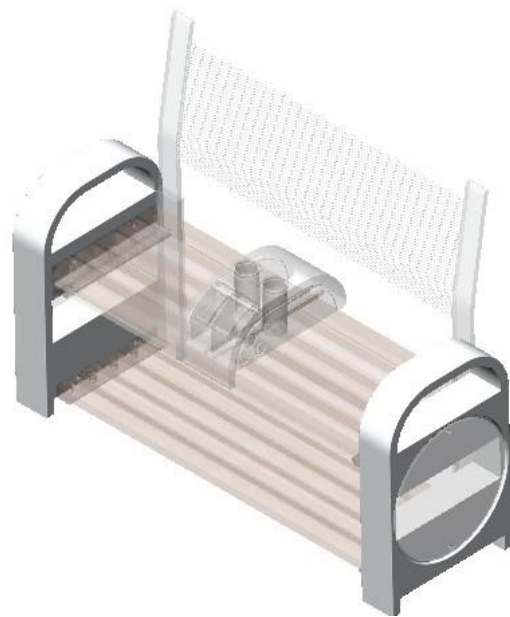
Vi har laget arbeids- og detaljtegninger av alle komponenter i Solidworks som inngår i designet. Alle arbeidstegninger med korrekte dimensjoner ligger vedlagt.

4.2.1 Armlener

Armlenenes forbrukerhensikt er at brukeren skal kunne hvile armene sine når den bruker benken. Videre har de en hensikt som ramme eller bærer av hele benken, da de er komponentene som holder sammen hele konstruksjonen. De er montert til både hyllen, sitteplaten og har spor til reklameskiltene.

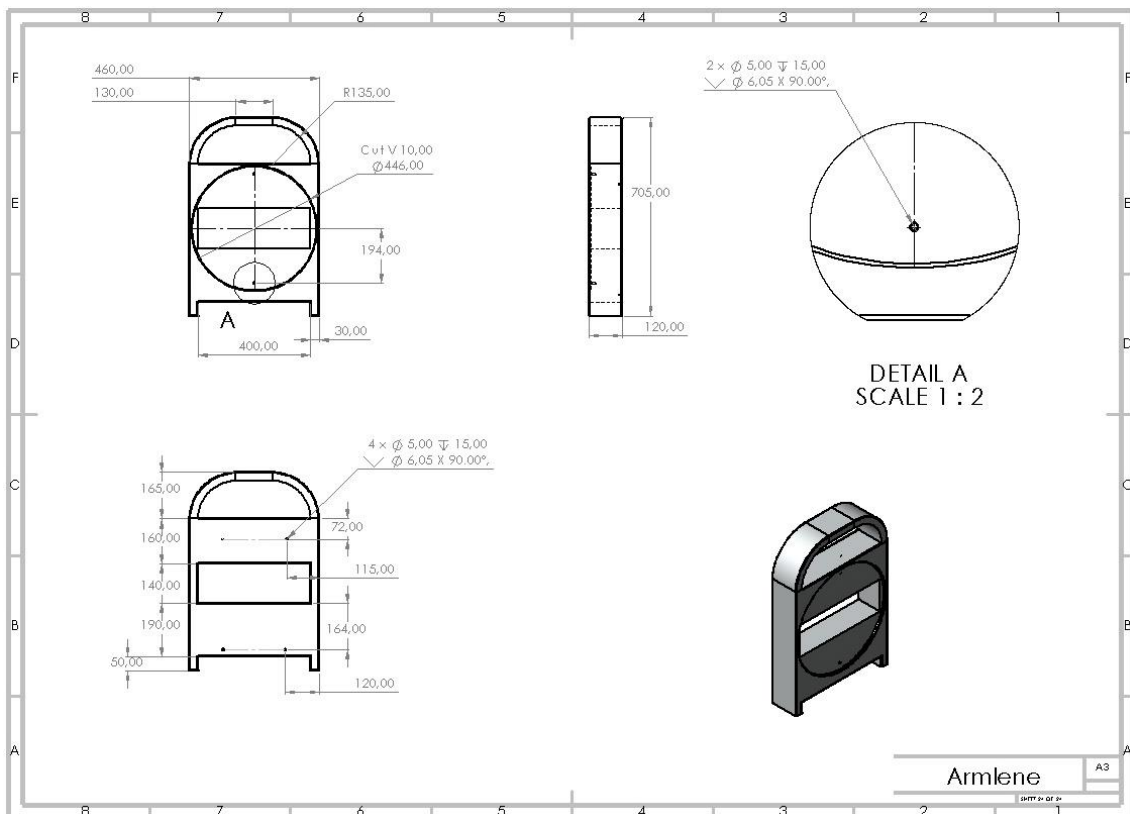
Materialet som er tiltenkt armlenene er aluminium. Det har som hensikt å gi den rette tenkte teksturen, samt at det er et av de lettere metallene. På den måten vil benken kunne være mulig å flytte med en eller no mennesker, og vil ikke være avhengig å bli flyttet av for eksempel en truck.

Armlenene er formet med først med tanke på en tennisracket, men ble litt flatet ut på toppen til slutt gjennom designprosessen. De er designet litt brede, for å gi inntrykk av stabilitet og for å faktisk fungere som de eneste stabilisatorene. Bredde gjør at det blir vanskelig å forskyve eller velte benken.



Figur 5: Armlenes plassering

Videre på neste figur er arbeidstegningen til armlene illustrert. Oppsummeringsvis er det to armlener som er utformet helt likt. Det er en utskjæring og to skruehull til reklameskiltet på den ene siden, og fire skruehull til knektene på andre siden. Selve armlenet er 46,00 cm bred, og 70,50 cm høy. Det er en glippe mellom selve føttene på armlenet, som er 40,00 cm bred og 5,00 cm høy. Denne er designet slik for å virke lett. Dersom den var designet til å være heldekkende langs bakken, ville den ha sett mye tyngere ut.



Figur 6: Arbeidstegning av armlene

4.2.2 Sitteplate og hylle

Både sitteplaten og hyllen er lagd av impregnert og overflatebehandlet furu. Begge platene er 120,00 cm lang, men har forskjellig tykkelse og bredde. Dette kommer av at sitteplaten er tiltenkt å kunne bære en mye større vekt enn det hyllen skal. Så de er dermed designet forskjellig i henhold til krav og fokus på bærekraft.

Sitteplaten er 40,00 cm dyp, som nevnt tidligere. Den består av fem planker, der den ene planken er avrundet. Dette er den siden som er tenkt at ligger under knærne til brukeren, når noen sitter på den. Dette er i henhold til ISO-standarden om

sittemøblement, der det er spesifisert at møbelet ikke skal ha noen spisse kanter som er til fare for brukeren. Tanken bak å runde av denne planken var da å skåne brukeren for eventuelle friksjonsskader mot kanten.

Hyllen er 38,00 cm bred og består også av fem planker. Dens forbrukerfunksjon er å oppbevare tennisbagger. Hyllen har ingen avrundinger, da det kun er egnet for gjenstander og ikke til mennesker. Valget av å ha en hylle fremfor en skuff, ble gjort for å gjøre det mulig for brukeren å kunne dra bena sine under seg i sittende stilling. Denne detaljen var vi inne på, og fikk bekreftet av oppdragsgiver at var et behov.

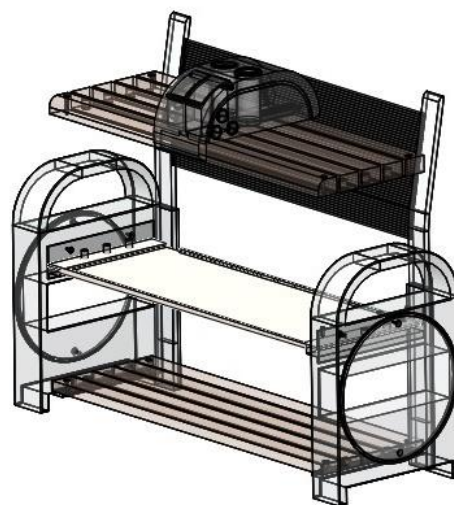


Figur 7: Sitteplaten og hyllens plassering

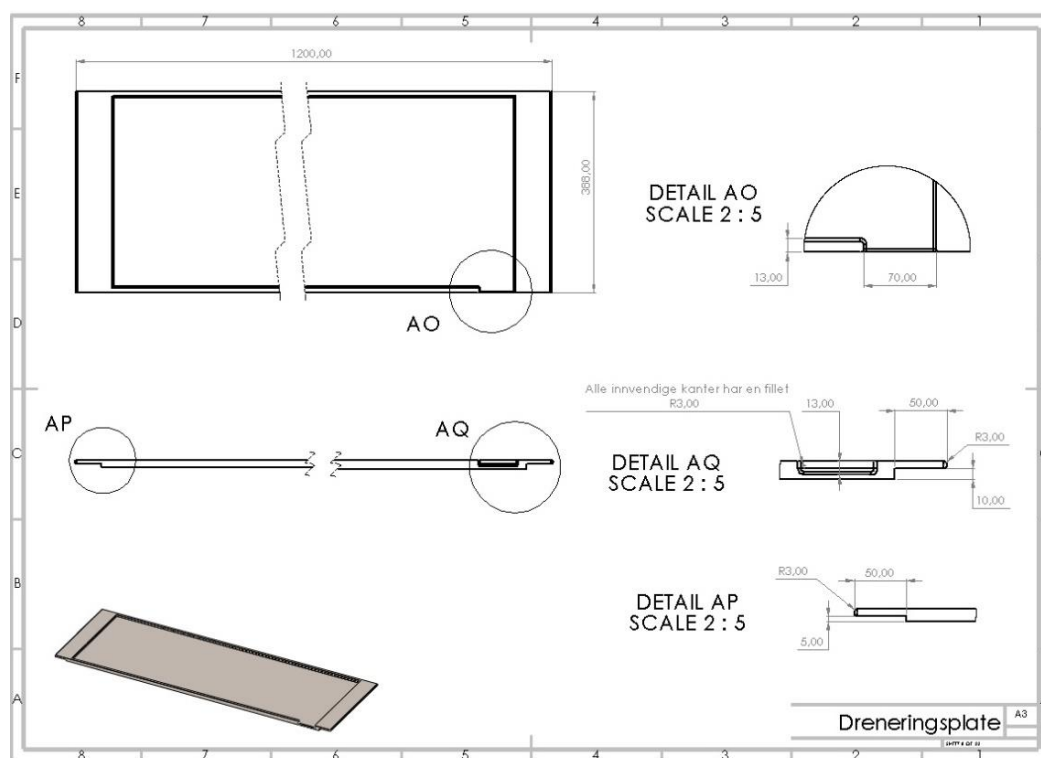
4.2.3 Dreneringsplate

Dreneringsplaten er montert under sitteplaten for å samle opp og sende vekk væske. Dette er med tanke på potensielt regnvær eller søl som kan forekomme. Dreneringsplaten er laget i plast, som er vanntett og glatt, slik at væske lett kan renne over overflaten.

Selve utformingen er ganske enkel. Platen har en vannrett topp, som vil ligge oppå knektene. Under platen er den 1,00 cm dyp på den ene siden, og 0,50 cm dyp på den andre siden. Dette er for å oppnå en liten vinkel som gjør at vannet renner til siden. Flaten er lukket, foruten om en åpning på den ene siden på den dype enden. Her er det tenkt at vannet skal renne ut. Denne er ment til å være plassert bak benken, slik at vannet kan renne ut uten å treffe den som potensielt sitter på benken. Helningen er ikke så stor på grunn av at vi så det lite sannsynlig at benken er i bruk når det er mye regnvær.



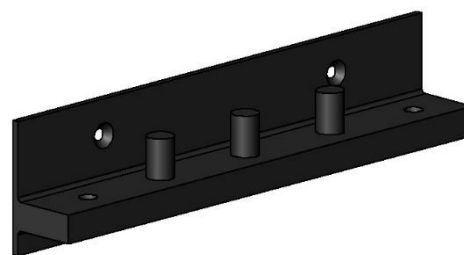
Figur 8: Dreneringsplattens plassering



Figur 9: Arbeidstegning av dreneringsplate

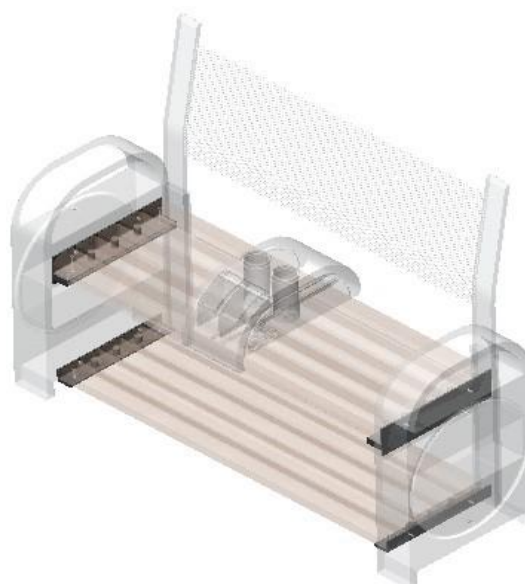
4.2.4 Knekter

Det er to type knekter som inngår i sammenstillingen. Knekt for sitteplate og knekt for hylle. Det er bare noen små forskjeller på disse. Begge knektene er tenkt at skal produseres i rustfritt stål. Ettersom at disse i stor grad er et skjøtepunkt mellom plate og armlene, så er det viktig at de er sterke og ikke ruster hvis utsatt for vann.



Figur 10: Knektens generelle utforming

Knektene er designet i to forskjellige størrelser, da de bærer to forskjellige plater. Knekten for sitteplaten er generelt litt større enn knekten for hyllen, da sitteplaten er større og tyngre enn hyllen. Utformingen er derimot helt lik. Det er to skruehull på flaten som ligger inntil armlenet, og det er to skruehull på flaten som ligger inntil platen. Skruehullene som ligger inntil armlenet har en nedsenkning til skruehodet først, her skal knekten skrues fast i armlenet. Mens hullene på den andre siden har ikke dette, og her er det ment at skruene som skrues ned fra platens overside kommer gjennom disse hullene. Denne blir festet med en mutter på undersiden. For at resten av plankene til platen skal ligge i ro, er det designet tre utstikkere som er sentrert under hver planke.



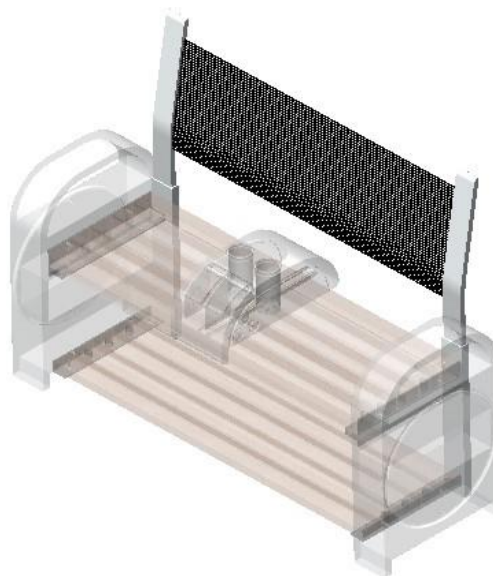
Figur 11: Knektens plassering

Etter en simulering av styrke på knekten som bærer sitteplaten, fant vi ut at knekten er såpass sterk at den kan gjerne være litt mindre for å spare material og vekt. Det er derfor lagt to arbeidstegninger av knekten, en viser før og den andre viser etter endringen ble gjort.

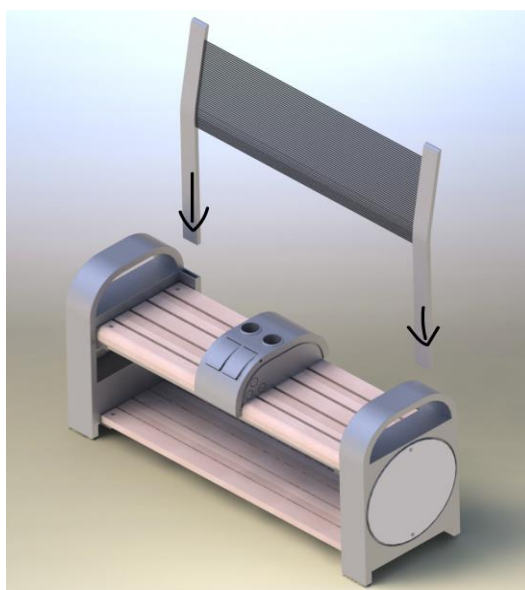
4.2.5 Rygg og ryggholder

Ryggen og holderen er laget av aluminium, for å stå i samsvar med armlenene. Slik blir det gjentakende bruk av materialer og teksturer. Selve delen der brukeren skal lene ryggen er laget av polyetylen i form av netting. Denne nettingen er formet som et rutenett og er stramt. Ryggen har også fått en slak kurve 20,00 cm opp fra sitteplatens overflate. Dette er for å oppnå god komfort for brukeren. Ryggen er en egen del, og ryggholderen er to andre separerte deler. Tanken er at holderne, som er to hule og rektangulære rør, er sveis fast i armlenene. Ryggen skal dermed kunne føres ned i holderne. Holderne har ingen lås, men er dype nok til at ryggen ikke kan skli opp ved bruk.

Ryggholderne er totalt 56,00 cm lange, slik at de når helt ned til bakken for støtte. Hulrommet inni er derimot kun 21,00 cm dyp, slik at ryggen får den rette høyden over sittebenkens overflate. Ryggholderen detaljerte arbeidstegning er vedlagt.



Figur 12: Ryggens plassering



Figur 13: Montering av rygg

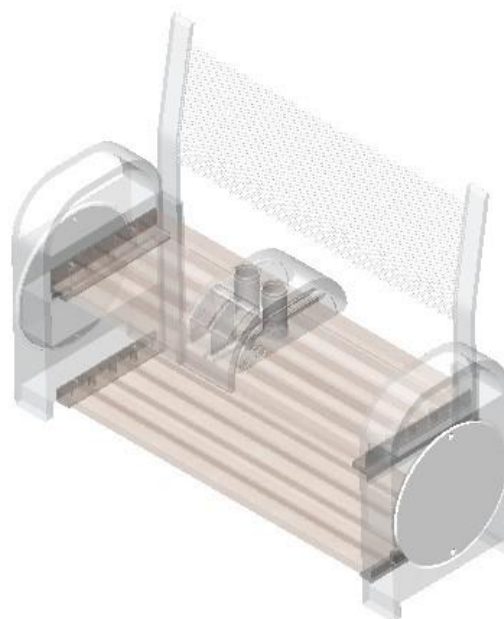
4.2.6 Reklameskilt

Det er to reklameskilt på benken, med et areal på 0,142 kvm hver. Dette arealet er rent tilfeldig og kun avgjort av plassmulighet på armlenet etter at det var designet.

Den sirkulære formen kommer av tennisballens form. Overflaten er hvit, men ettersom den er beregnet på reklame vil utseende på dette være avhengig av hvem som har reklamen sin der.

Selve skiltet er laget av en plate som består av flere lag av papp og aluminium. Slik som ABM Reklame anbefalte ved bedriftsbesøket vi hadde hos dem. Med det materialet vil skiltet forbli stivt og ikke deformert ved berøring. På denne måten vil reklameskiltet ha et standardisert mål som bestilles og skjæres ut av reklamefirmaer som for eksempel ABM.

Etter samtale med sponsoransvarlig i Gjøvik Tennisklubb, kom det frem en rekke interessante faktorer. Klubben jobber oftest med større flater, typisk 120,00 x 240,00 cm eller 18,00 x 2,00 m. Det regnes cirka 2000 til 3000 kr i reklameinntekter for hvert skilt. Klubben tegner minimum treårsavtaler, med mulighet om forlengelse. Reklameskiltene på den planlagte benken vil da åpne for et nytt størrelsesformat, og mulig lavere eller tilsvarende prisklasse for reklameplassering. Dette indikerer at plassering av reklameskilt er et lurt økonomisk valg.



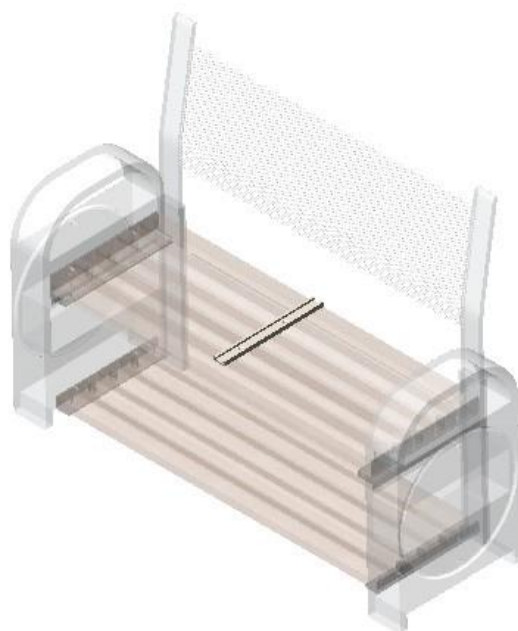
Figur 14: Reklameskiltenes plassering

4.2.7 Skinne

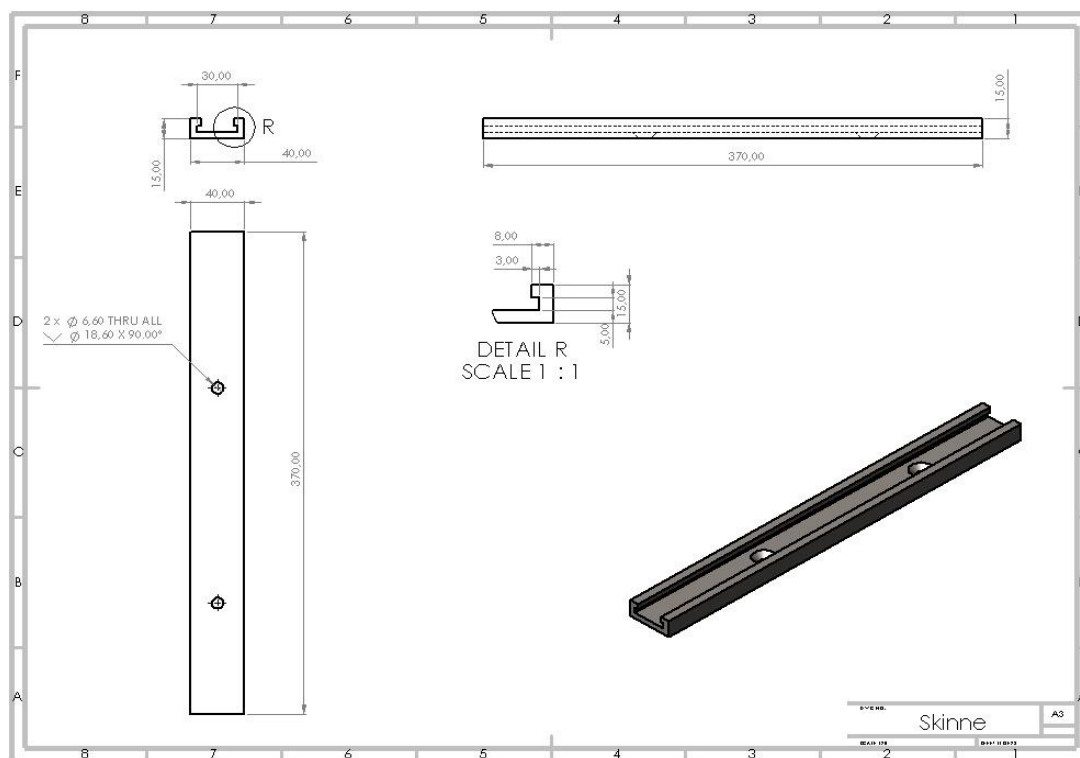
Skinnen er ikke synlig når hele benken er montert ferdig. Den ligger nemlig under midtkonsollen, og er den delen som holder midtkonsollen fast i sitteplaten. Den er laget av aluminium som resten, men det kan diskuteres om den burde ha en foring av for eksempel plast eller gummi for å øke friksjonen mellom midtkonsoll og skinne.

Subjektivt er utformingen er veldig simpel. Den er den negative til det åpne sporet som fins på undersiden av midtkonsollen, se neste punkt.

Toleransen mellom skinne og midtkonsoll er meget liten, noe som fører til høy friksjon. Dette er for å gjøre det tungt å skyve midtkonsollen på og av, og det vil da motvirke at midtkonsollen kan skyves ut mens brukeren bruker midtkonsollen.



Figur 15: Skinnens plassering



Figur 16: Arbeidstegning av skinne

4.2.8 Midtkonsoll

Midtkonsollen kan sees på som et eget produkt i seg selv, fordi den er i stor grad enkeltstående. Den har en slak avrunding akkurat slik som armelene, som gir gjentakning av former i designet. Som figuren viser, har midtkonsollen flaskeholdere og lokk som lukker rom for oppbevaring av verdisaker. På siden er det skjært ut dekorerende former. Dette er for å gi midtkonsollen et mindre massivt uttrykk, samt implementere enda flere elementer fra tennis. Sirkelene som er utskåret illustrerer tennisballen med den velkjente buen over sirkelen.



Figur 17: Midtkonsoll

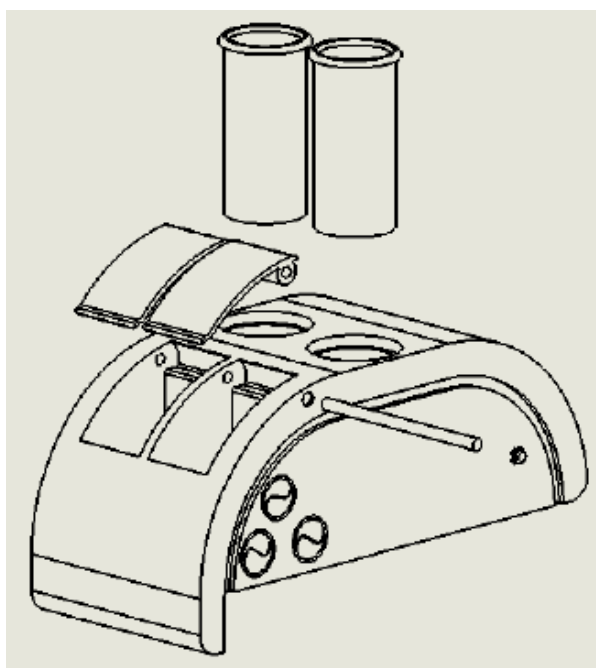
Selve midtkonsollen er satt sammen av til sammen seks komponenter. Disse komponentene er:

- Flaskeholder x 2
- Lokk x 2
- Aksling
- Cap

Hver av disse komponentene er veldig enkle og skal være lett å montere. Aksling, lokk og cap er ment til å monteres en gang. Akslingen først inn i sporet ved verdisakbeholderen,

deretter føres inn i klemmene på lokket slik

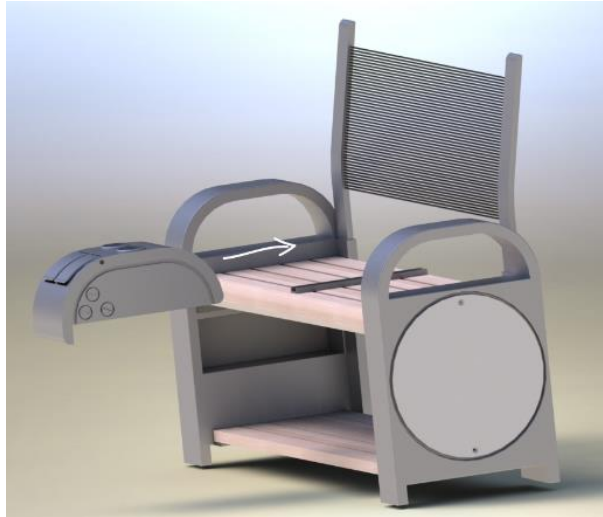
at lokket kan rotere om akslingen. Deretter dyttes akslingen helt inn til den stopper i andre enden av det sirkulære sporet. Cappen er der for å hindre at akslingen synes, og lukker hele systemet slik at ingen brukere blir fristet til å pirke akslingen ut. Denne cappen er lagd av gummi, slik at den er fleksibel og kan tas vekk dersom det er behov for å demontere konsollen igjen. Flaskeholderne er designet dype nok til å kunne holde typiske sportsflasker. De er



Figur 18: Sammenstilling av midtkonsoll

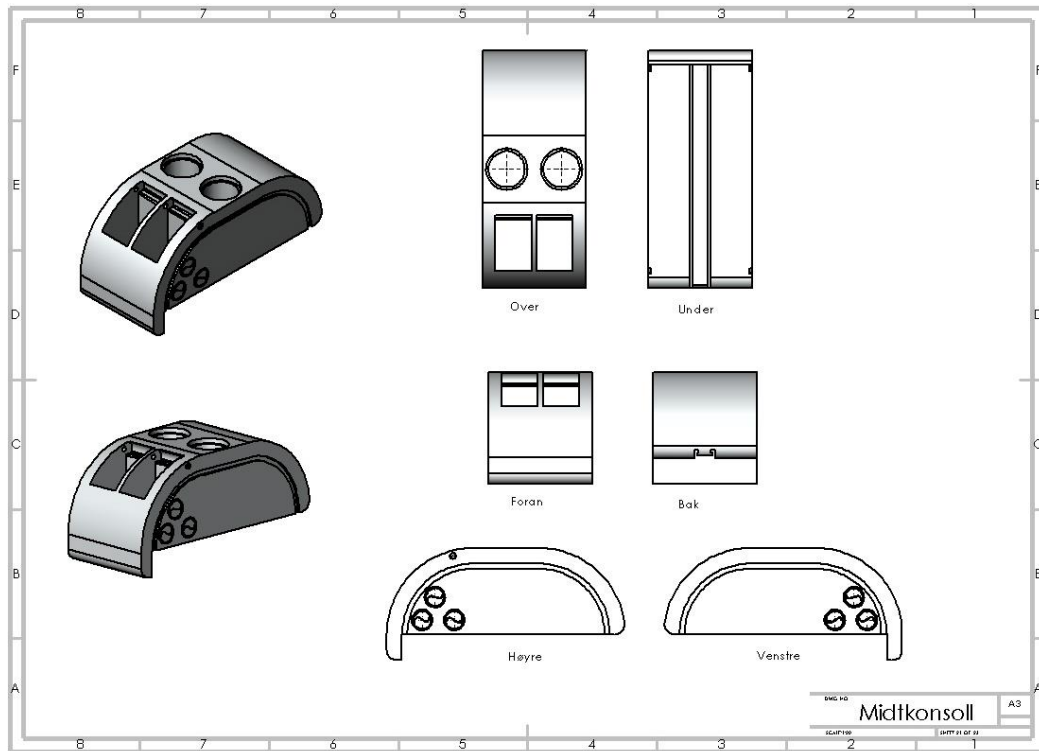
avtagbare for å gjøre det lett å rense beholderen. Det er drenering i bunnen av selve koppen som holder flasken, og beholderen er tett. Så hvis det kommer søl ned i koppene kan de lett tas ut og rengjøres, samt selve beholderen lett kan rengjøres.

Midtkonsollen monteres ved at den lett skyves inn på et spor som er skrudd fast i sitteplaten. Her er toleransen liten, slik at friksjonen blir stor nok til at den ikke sklir ut av seg selv, eller ved forsiktig berøring. Den kan likevel fjernes når som helst, og skinnen skrues av sitteplaten dersom det er ønskelig å ha bruke benken uten konsoll. Konsollen er laget av hovedsakelig aluminium, og skal tåle både inne- og utetemperaturer. Den skal altså kunne oppbevares ute over vinterstid.



Figur 19: Midtkonsoll festes med skinne

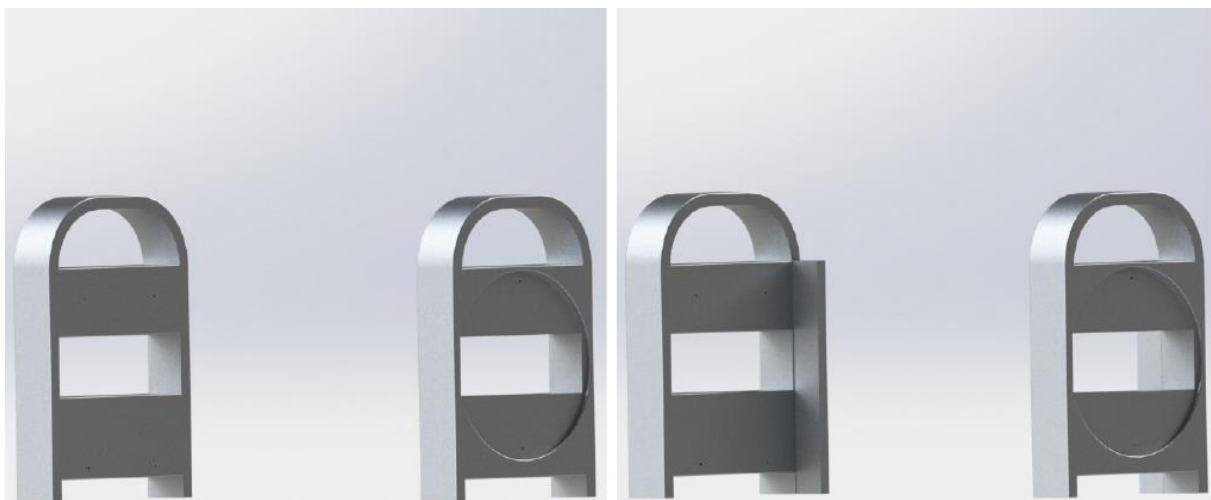
Vekt har mye å si for produktet, og det er ugunstig å ha et tilleggsprodukt som skal enkelt tas av og på dersom det er veldig tungt. Underveis i prosessen ved å regne ut pris på denne komponenten, viste det seg at den er utrolig tung slik arbeidstegningene illustrerer. Vi gjorde derfor noen endringer for å gjøre komponenten lettere. Endringene besto i hovedsak i å hule ut hele delen, og spare materialbruk. Det er dermed to versjoner av midtkonsollen i de vedlagte arbeidstegningene. Den originale og den forbedrede versjonen.



Figur 20: Oversiktsbilde av midtkonsoll

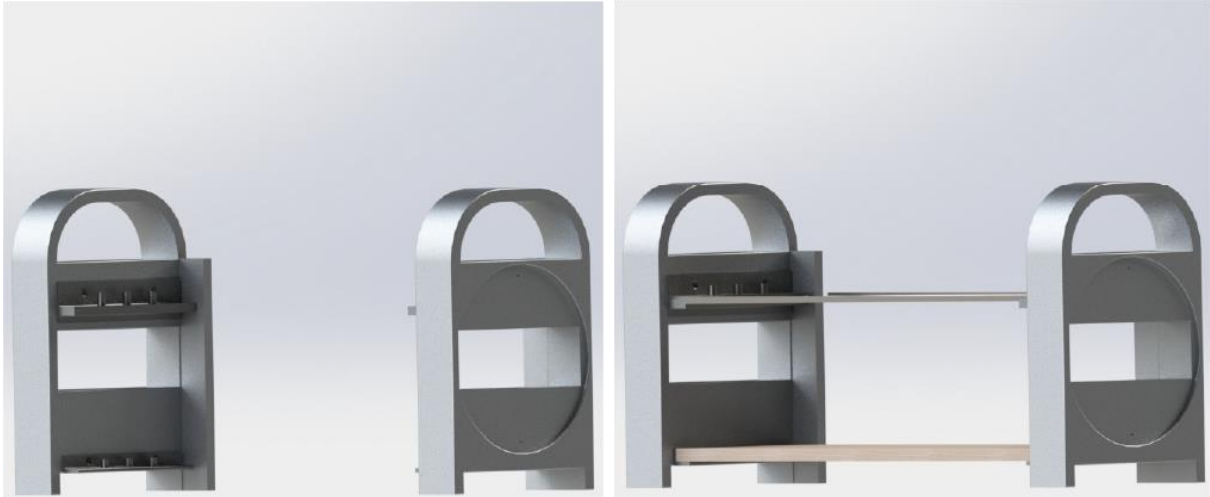
4.3 Oppbygning

Benken skal kunne settes sammen i enkle steg. For å lettere vise hvordan den satt vi sammen er en liten bildeserie laget i Solidworks.



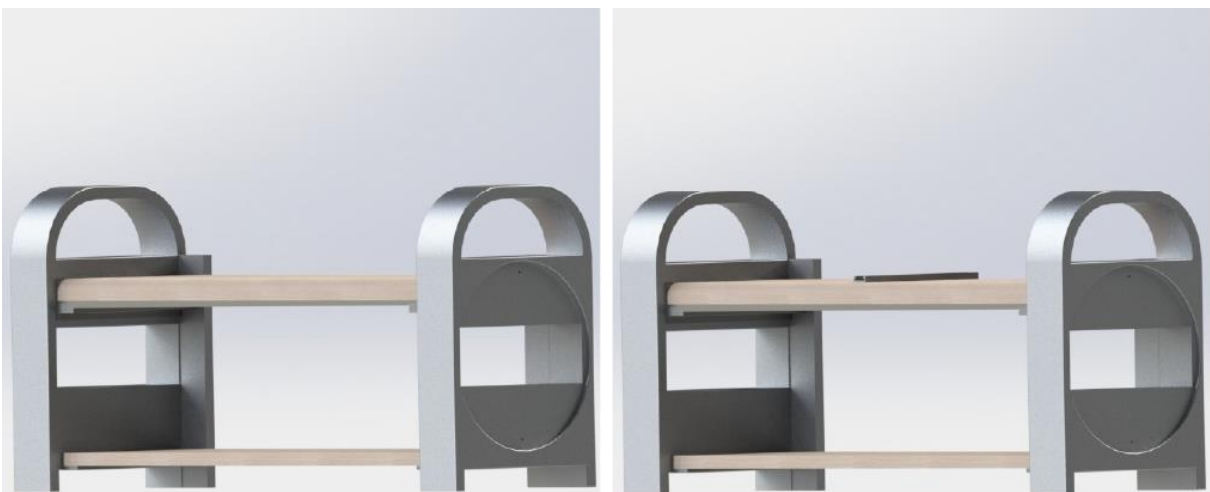
Figur 21: Steg 1 og 2

I steg 1 er armlenene enkelt satt opp med flatsiden mot hverandre. I steg 2 er ryggholderne sveist på baksiden av armlenene, dette kreves at blir gjort før benken blir sendt til kunden. Etter dette steget skjer all montering med skruer.



Figur 22: Steg 3 og 4

På det tredje steget er knektene for både sitteplate og hylle montert. Dette gjøres med skruer, mer informasjon om sammenføyninger er i punkt 4.2.9. I steg 4 er dreneringsplaten enkelt plassert ned på utstikkerne på de øverste knektene. Samtidig er hyllen plassert og skrudd fast i de nederste knektene.



Figur 23: Steg 5 og 6

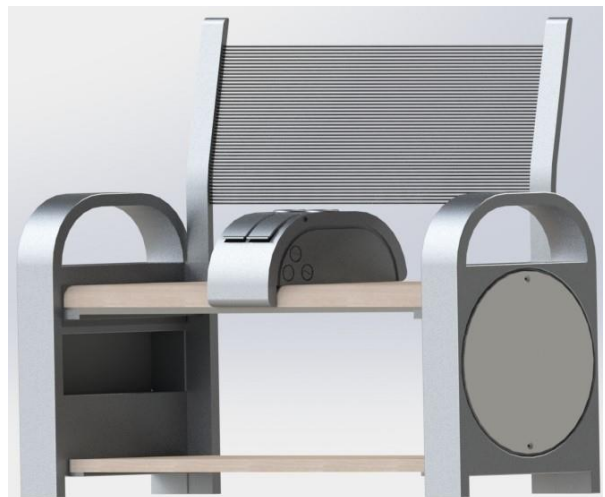
På steg 5 og 6 blir sitteplaten og skinnen montert. Sitteplaten legges ned på utstikkerne og deretter skrues fast i knektene. Skinnen skrues enkelt fast i sitteplaten.



Figur 24: Steg 7 og 8

Steg 7 og 8 innebærer å enkelt skru reklameskiltene fast på hver side av armlenene, og sette ryggen på plass i ryggholderne. Disse tingene kunne ha blitt gjort når som helst etter at armlenene var sveist sammen med ryggholderne, men ettersom dette er enkle monteringer så er det greit nok å gjøre det mot slutten.

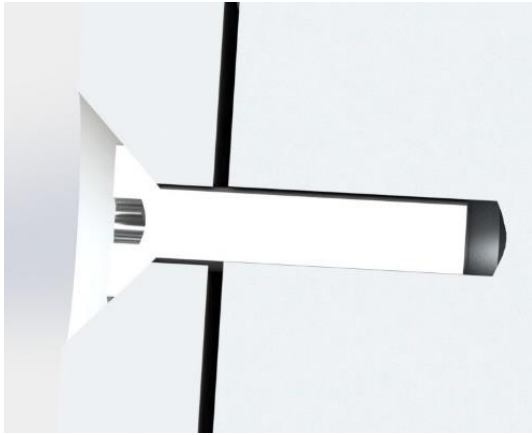
Til slutt blir midtkonsollen skjøvet på plass.



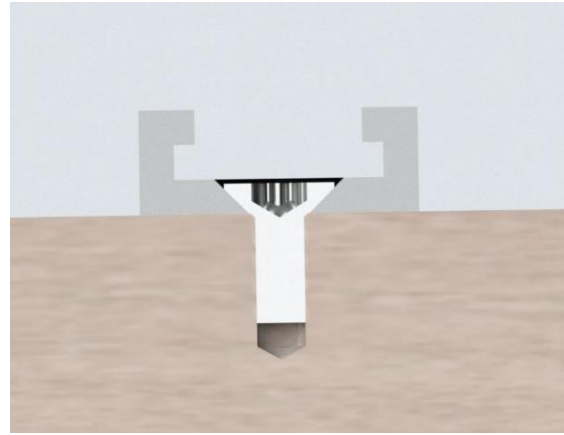
Figur 25: Steg 9

4.3.1 Sammenføyninger

Det er i hovedsak skruer som er brukt som sammenføyninger i konstruksjonen. Det er brukt skruer med nedsenket skruehode, da alle stedene som er skrudd sammen er avhengig av at overflaten forblir jevn og flat. Derfor er det ikke brukt noen skiver sammen med skruene. Det er tenkt at skruene er i rustfritt stål, slik at de vil tåle påkjenningene av vann og væske.



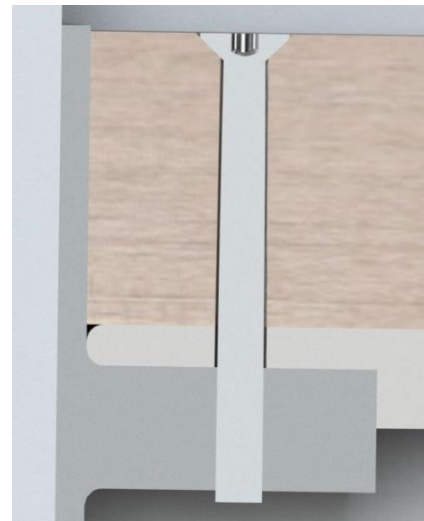
Figur 26: Maskinskrue holder reklameskilt fast



Figur 27: Treskrue holder skinnen fast til sitteplaten

Det er illustrert med bilder fra benken tegnet i Solidworks, men gjengene og små detaljer kommer ikke frem på bildene. Skruene brukt gjennom skinne og reklameskilt er tiltenkt dimensjonen M6 og for skruen gjennom sitteplaten og dreneringsbenken er tenkt til å være M8.

Videre er sveising en av sammenføringene som er passende for å få ryggholderen til å sitte sammen med armlenene. Sveising av disse komponentene blir beskrevet under punkt 4.7.

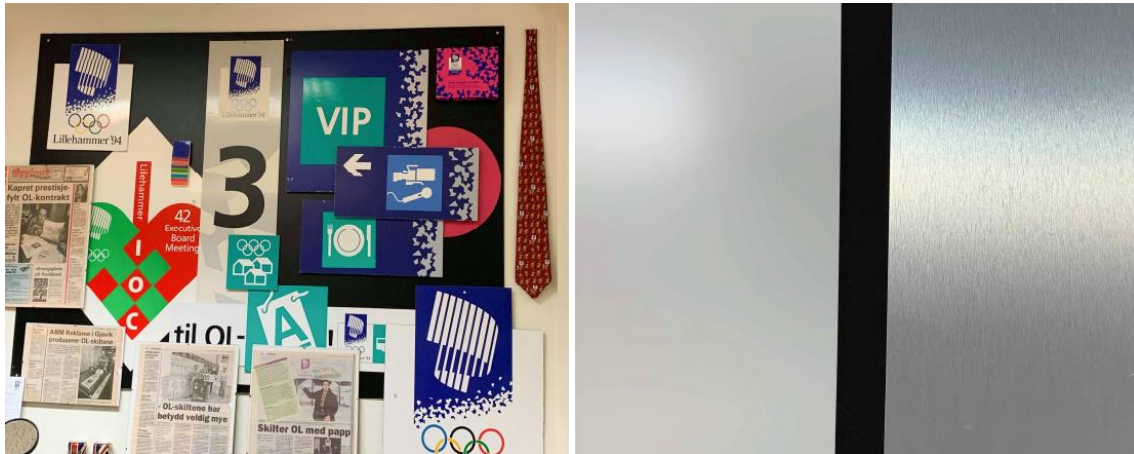


Figur 28: Maskinskrue holder sitte- og dreneringsplaten fast til knekten

4.4 Brukte søketeknikker

4.4.1 Befaring hos ABM Reklame

Vi fikk mulighet til å besøke ABM Reklame som driver med produksjon av reklameskilt. Daglig leder hos bedriften ga oss informasjon om hvordan reklame kan produseres. Se punkt 2.2.7 for informasjon om dette. Vi kom frem til at reklame som kan klistres til en overflate hos eieren av benken, er det mest gunstige for dette formålet. På høyre på figuren vises det frem to typer reklameskilter, et i papp og aluminium og et i kun aluminium.



Figur 29: Reklame-eksempler fra ABM Reklame

Figurkilde: Egne fotografier.

4.4.2 Befaring i Gjøvik tennishall

Den 26. februar fikk vi en omvisning i den lokale tennishallen der oppdragsgiver tilhører. Her var vi tilskuere under noen kamper og fikk ta noen bilder. Det var en junior turnering med deltakere fra 14 land som spilte denne dagen.

Turen i hallen viste oss et par viktige punkter rundt målgruppen til prosjektets benk. Blant annet at utøverne sitter i korte perioder av gangen på den respektive benken, og har ikke en positur som tilsier at vedkommende slapper av hele kroppen. De sitter som vist på bildet, ut på kanten av benken og fremoverlent, som følge av høy intensitet i kampen. Det skal sies at på denne dagen var det proffe spillere til stedet, og at den hverdagslige aktiviteten som ellers er her er av noe lavere intensitet.



Figur 30: Befaring i Gjøvik tennishall

Figurkilde: Egne fotografier.

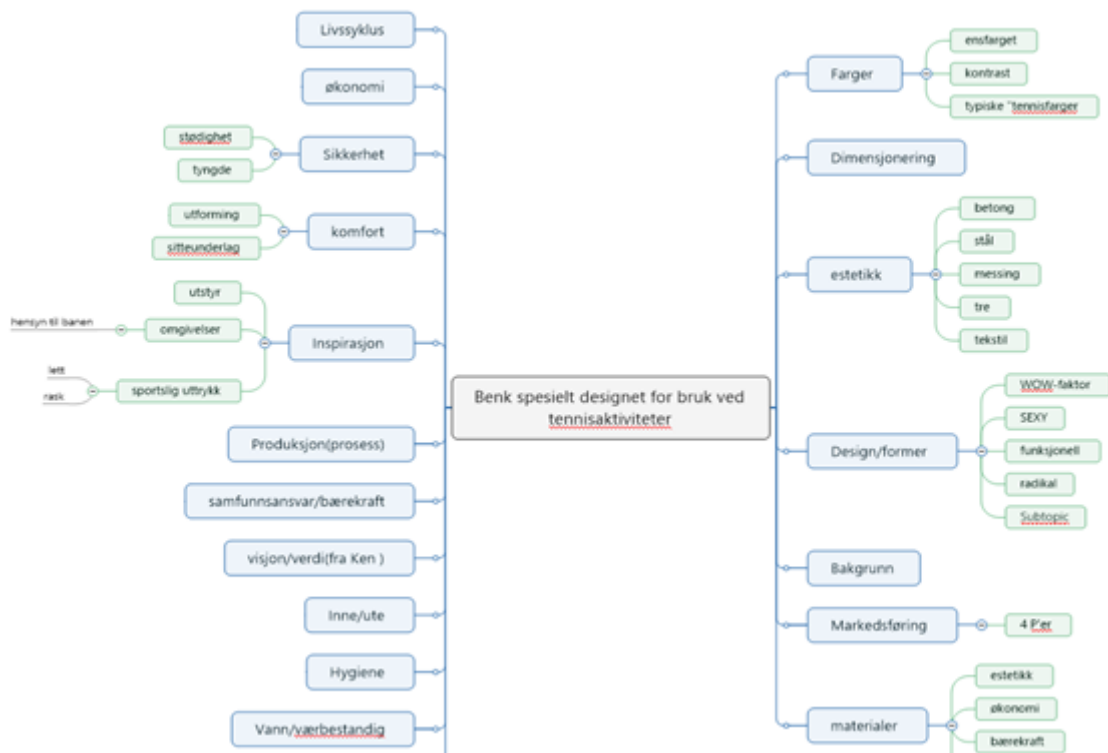
4.4.3 Litteratursøk

NTNU sitt universitetsbibliotek sin søkemotor Oria ble den mest brukte litteratursøkemotoren. Det var for å sikre reliable kilder. I tillegg ble mange av pensumbøkene fra studieprogrammets tidligere emner brukt for å støtte opp teori vi allerede visste om.

Dersom det ikke var mulig å få tilfredsstillende informasjon av litteraturen, tok vi kontakt med relevant næringsliv for en konsultasjon.

4.4.4 Idéflom

I startfasen gikk vi gjennom en idéflomprosess om hva prosjektet og konseptet skulle innebære og ha fokus på. Det hele foregikk på cirka en halv time, der vi ropte ut alle ting som ble assosiert med problemstillingen og en av oss skrev alt opp på et tankekart på en tavle. Tankekartet ble notert elektronisk i etterkant, som illustrert på figuren.



Figur 31: Tankekart

Figurkilde: Egenprodusert illustrasjon, hentet fra egen formveileder.

Denne metoden sammen med en utstrakt versjon av idébyttemetoden ble brukt ved utviklingen av selve konseptet. Denne metoden ble benyttet i formveilederen.

Fremgangsmåten var at alle deltakerne ga sitt forslag til konsept, og deretter prøvde seg på endringer og forbedringer på de konseptforslagene som alle mente på at var mest relevante. Og slik ble antall forslag økt i starten og deretter begrenset ned til tre før det så ble en stående til slutt som alle var enige i.

4.4.5 Målinger

Da vi ikke kunne finne noen retningslinjer eller standarder på hvor høy benker generelt bør være i idrettsarenaer, bestemte vi oss for å gjøre noen målinger og høre med andre hvilke høyder de finner behagelig å sitte på. Vi fikk mål bare et par typer benker før NTNU stengte sine campuser og myndighetene satte i gang tiltak mot koronavirusutbruddet. Dermed sto vi igjen med noen benkehøyder fra 45,00 cm til 51,00 cm, og ingen tilbakemeldinger av forbrukere. Vi så det etisk rett å ikke be folk gå ut og sette seg på benker og selv måle dem, da dette strider mot de tiltak og oppfordringer myndighetene har kommet med per utgangen av mars.

Som nevnt tidligere ble benken vår 0,49 m høy, da vi selv opplevde at dette er en høyde som er høy nok til å gi hvile, men ikke la forbrukeren «synke sammen» på benken. Dybden på setet er satt til 0,40 m, det er basert på dybden på andre hagebenker som ligger for salg på nett.

4.4.6 Designvurderingsskjema

Da konseptutformingene gikk mot slutten ville vi få en tilbakemelding fra oppdragsgiver selv om vi fortsatt var i tråd med det han så for seg at konseptet skulle inneholde. Etter samtale og råd fra veileder lagde vi derfor et skjema for å få en helhetsvurdering på de siste forslagene som var gjort per 3. mars.

Det var syv forslag, flere av dem veldig like og noen som hadde en helt annen vri. Hensikten med å ha så mange forslag var for å få oppdragsgiver sin umiddelbare vurdering og se om vurderingene samsvarte med hverandre på de konseptene som lignet veldig på hverandre.

Skjemaet i seg selv tok for seg i hvilken fra en til fem det relevante konseptet ga uttrykk for å oppfylle følgende faktorer: Stabilitet, estetisk uttrykk, reklameplassering, reklamestørrelse, uttrykk for komfort av rygg, materialbruk, flaskebeholder, verdisakbeholder, oppbevaring av utstyr, oppheng for racket, armlene, uttrykk for komfort av sete.

Selve vurderingsskjemaet er vedlagt denne rapporten.

4.4.7 Spørreundersøkelse

For å få bedre innsikt i hva de målgruppen til produktet vårt foretrekker, valgte vi å lage en spørreundersøkelse. For å sikre at den faktiske målgruppen besvarte undersøkelsen, sendte vi skjemaet til flere tennisklubber i Norge, derav Kristiansand Tennisklubb, Haugesund Tennisklubb og Bygdø Tennisklubb. I tillegg hjalp oppdragsgiver Hellerud, ved å dele undersøkelsen med tennisklubber i Innlandet. Dette var for å sikre pålitelige data.

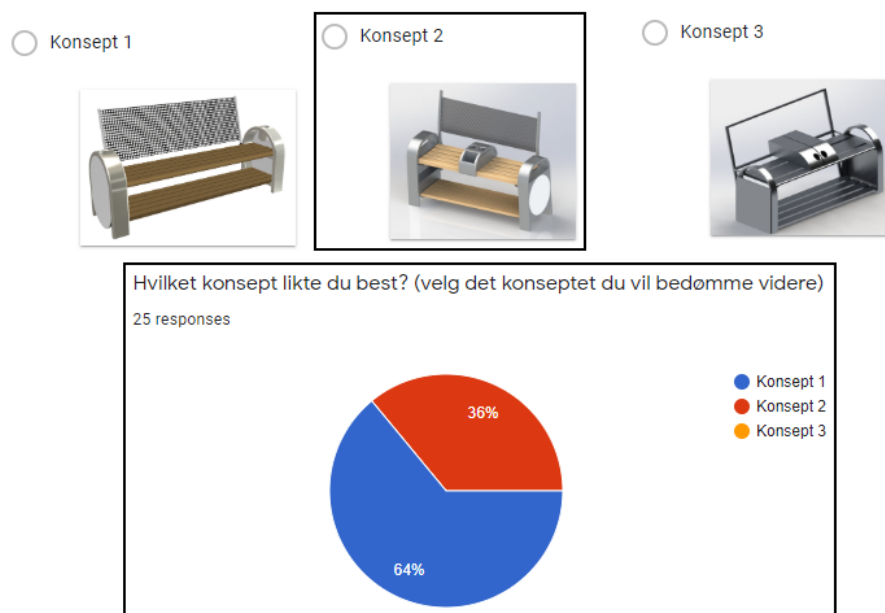
Undersøkelsen ble laget ved hjelp av Google Forms, og fikk totalt 25 svar. Undersøkelsen var helt anonym og var tilgjengelig fra 10.03.2020 til 16.04.2020. I utgangspunktet hadde vi en kortere periode planlagt til undersøkelsen, men da det kom få tilbakemeldinger i løpet av de første to ukene, bestemte vi oss for å utvide perioden og oppsøke flere klubber. På det tidspunktet hadde vi allerede valgt et konsept, så denne undersøkelsen gikk parallelt med videreutviklingen av det valgte konseptet. Likevel viser det seg at undersøkelsen støtter opp våre valg av konsept.

Spørreundersøkelsen begynner først ved at deltakeren velger hvilket konsept de vil bedømme videre i spørreskjemaet, deretter etterfulgt av totalt ni funksjoner. Eksempelvis dersom man velger Konsept 2, vil man bare besvare spørsmålene tilknyttet Konsept 2. Denne vurderingen baserer seg i høy grad på designvurderingsskjema som oppdragsgiver fikk, som nevnt i 4.4.6.

- Stabilitet
- Pen
- Komfort
- Størrelse på reklameskilt
- Reklameskilt-plassering

- Funksjonalitet
- Passende til tennishall (Ute og inne)
- Material- og fargevalg
- Har du noen meninger eller tanker ang. designet?

Spørsmålene rangeres akkurat som i vurderingsskjemaet, fra en til fem. Vi samlet dataene tilknyttet Konsept 2, og satt det inn i regneark i Microsoft Excel. Google Forms har en funksjon som gir oss tilgang til hvert individuelle svar som er tilknyttet de ulike konseptene.



Figur 32: Resultat av spørreundersøkelse

Konsept 1 fikk flest stemmer, men etter analyse av dataene kom vi frem til at Konsept 2 kontra Konsept 1, hadde høyest score på de ønskelige kravene satt av oppdragsgiver. Resten av undersøkelsens data baseres derfor ut fra de som valgte Konsept 2.

Etter å ha sortert og regnet sammen svarene, viser det seg at den totale scoren til Konsept 2 er på 4,4, som er meget høyt da maks score er totalt 5,0. Dette er en indikator som viser at vi har forstått forbrukeren, når det kommer til å finne samsvar med produktet vi har skapt satt opp mot tennissporten og dens utøvere. Det kan likevel diskuteres om Konsept 2 har bommet på det estetiske uttrykket og truffet på det funksjonelle, siden flertallet klikket inn på Konsept 1 aller først.

Dataene fra undersøkelsen er vedlagt.

4.5 Mock-up

Ved bruk av mock-up fikk vi se hvordan benken ville bli seende ut fysisk. Det er noe annet å kunne snu og vende på en fremstilling av produktet, enn å bare se på det digitalt eller på tegninger. Denne mock-upen ble lagd med et av konseptforslagene fra formveilederen som utgangspunkt.

Tilvirkningen av denne mock-upen består av 3D-printing i all hovedsak. Både armlener, reklameskilt, plater, rygg og knekter er 3D-printet i plast. Noen av delene var printet i sin respektive farge, mens armlenene, platene og ryggen måtte males i etterkant for å få frem det rette uttrykket.



Figur 33: Mock-up med midtkonsoll og uten rygg

Det viste seg da mock-upen var ferdig at designet så fullstendig ut, foruten om en komponent. Ryggen så veldig spinkel ut i forskjell til resten av benken. Stengene som holdt ryggen, hadde ingen avrunding og pekte dermed oppover. Dette var i stor forskjell fra resten av formene som imidlertid var avrundet og førte blikket nedover. Konseptforslaget i formveilederen er noe redigert med hensyn på disse påpekningene. Det synes mye bedre på mock-upen hvor alene og spinkel ryggen ser ut i forskjell fra resten av designet.



Figur 34: Konsept 3, fra formveileder



Figur 35: Mock-up uten midtkonsoll i forskjellige vinkler

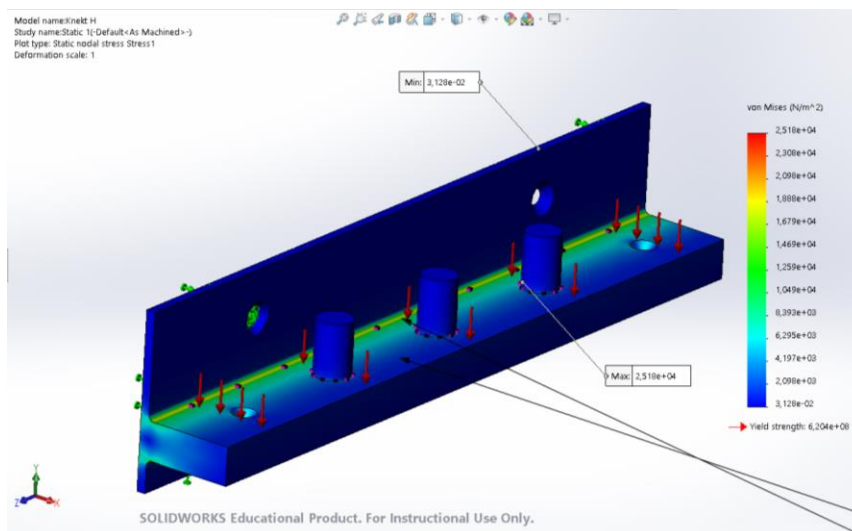
Figurkilde: Egen modell og eget fotografi.

4.6 FEM-analyse

Et av de mest kraftpåkjennte komponentene i konstruksjonen er knektene som holder sitteplaten. I Solidworks gjorde vi en liten analyse på hvordan kreftene påvirker denne komponenten.

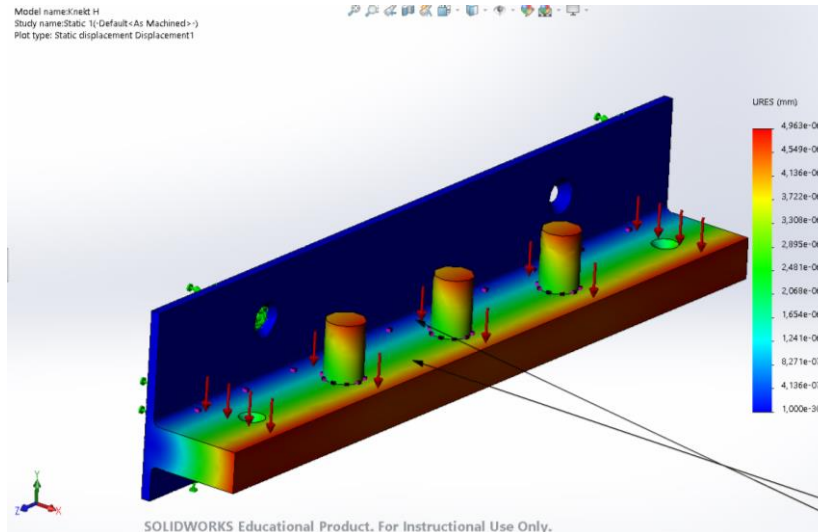
Her vises en statisk simulering. Knekten har et fast opplager på flaten på baksiden, som er skrudd fast i armlenet, og en jevnt fordelt last på 790 N tilsvarende cirka 80 kg. Denne lasten er kun en eksempellast, og tilsvarer en totalvekt på 120 kg på benken, der hver av knektene tar opp halvparten av kreftene. Kiloene er i dette regnestykket en masse m , som ganget med tyngdekraften $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, som gir et kraftuttrykk med benevnningen N [Newton].

Resultatene viser at de største spenningene oppstår akkurat i hjørnet på knekten. Disse synes med gul og grønn farge. Den aller største spenningen finnes kun i et punkt ved en av utstikkerne, og er ikke veldig mye høyere enn spenningene langs hjørnet. Ettersom spenningene konvergerer på dette resultatet, kan den maksimale spenningen i dette punktet kanskje forklares med at det ikke er lagt inn noen avrundinger rundt utstikkeren. Og dette punktet blir «uendelig» skarp, og dermed oppstår det en singularitet og spenningsfordelingen blir urealistisk i dette punktet.



Figur 36: Spenninger i knekt

Deformasjonen, eller forflytningen, i komponenten er størst der det er rød farge. På det største ligger den på $4,96 \times 10^{-6}$ mm. Det vil si 0,00000496 mm, som er utrolig lite sammenlignet med de virkelige dimensjonene til knekten. Det kan likevel diskuteres om knekten kan forsterkes enda mer for å motvirke deformasjon.



Figur 37: Deformasjon

Resultatet er tilfredsstillende da de maksimale spenningsresultatene ikke overstiger flytegrensen på $6,01e^{+08}$ N/m². Hadde spenningene oversteget dette ville materialet gått til brudd, og komponenten hadde blitt ødelagt.

Nå er det høyst sannsynlig at personer over 80 kg hver kan komme til å sitte på benken. Derfor gjorde vi en ny simulasjon med 1962 N, tilsvarende 200 kg på knekten. Det vil si en totalvekt på 400 kg på benken. Det tåler knekten med god margin. Den største spenningen som oppstår ligger på $5,80e^{+04}$ N/m², og den største deformasjonen er på $1,26 e^{-05}$ mm. Dermed ligger spenningene fortsatt godt under flytegrensen, og vil ikke gå til brudd. Av hensyn av de andre komponentene vil vi da si at den maksimale tillatte brukervekten på benken er satt til 400 kg.

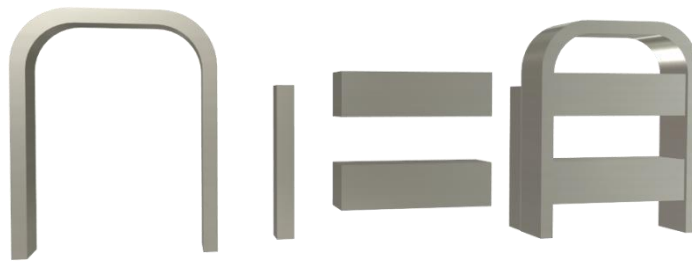
På grunn av den store styrken av knekten, gjorde vi en endring av knekten for å spare materiale og vekt. Deretter gjorde vi en ny simulering med 1962 N. Ved gjentagende simuleringer med finere og finere mesh, er den største spenningen som oppstår cirka $2,66e^{+05}$ N/m². Den er noe mindre enn spenningen som oppsto før endringen av knekten, så det kan vise seg at det er gunstigere med en knekt uten en ekstra profil under.

4.7 Produksjon av konseptets komponenter

For å kunne analysere og konkludere i hvilken grad konseptet er realiserbart, bærekraftig og økonomisk gunstig, har vi sett på hvordan den kan produseres. I hovedsak er konseptet et

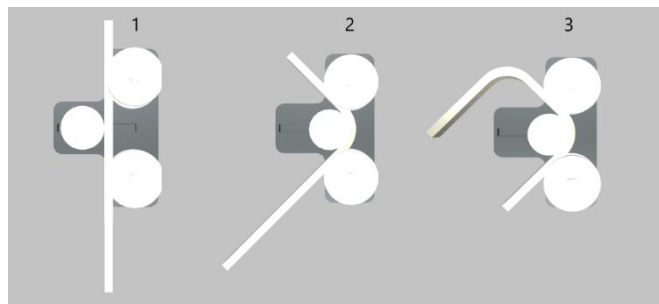
nisjeprodukt, noe som kan påvirke produksjonsmetodevalgene. Vi har likevel sett en del på hvordan benken kan masseproduseres, da dette var noe som oppdragsgiver var interessert i å vite om. Denne produksjonsplanen og metodene som nevnes i den er basert på virkelige produksjonsprosesser. Det skal sies at denne planen ikke er utviklet i samarbeid med fabrikker eller produsenter. Dette er prosesser og maskiner som vi, basert på vår kompetanse, ser på som ideelle prosesser for realiseringen av masseproduksjonen for vårt konsept. Alle bilder og illustrasjoner herunder er selvprodusert og baserer seg på virkelige maskiner fra næringslivet.

4.7.1 Produksjon av armlenet



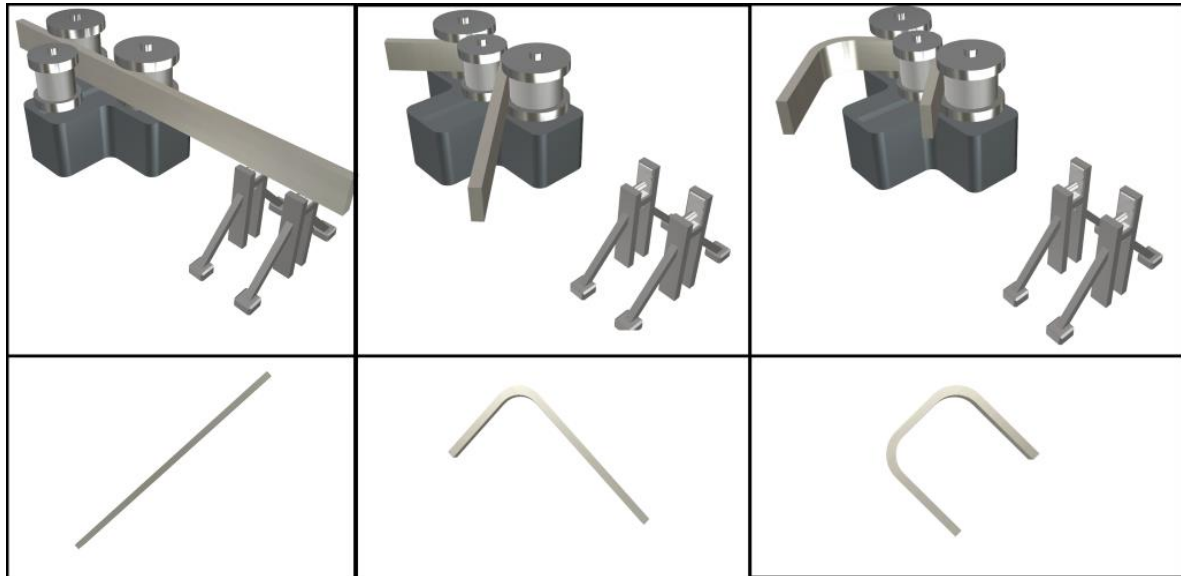
Figur 38: Alle komponenter som inngår i armlenet

Vi starter med å se på utformingen av benkstøtten, som her også er i ett med armlenet til benken. Alt gjøres her ved at man benytter en allerede ferdigkuttet aluminiumsprofil.



Figur 39: Bøying av armlenet

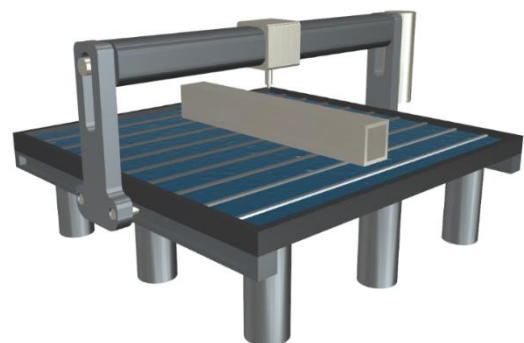
Det begynner med at det langstrakte emnet føres ned en rekke med hjul på stabilisatorer. Det er en naturlig vinkling i stabilisatorene, som gjør at emnet lener seg noen få grader mot støtteveggen helt til høyre i stabilisatorene. Når emnet når tromlene, benyttes tromlenes egen presskraft til å videre bevege emnet mellom seg. Selve bøyesekvensen skjer ved at tromlen i midten skyves frem og tilbake for å regulere bøyingegrad.



Figur 40: Tilvirkning av armlenet, steg for steg

Bjelkene som holder ryggen, blir også valset. Her gjøres det med en betraktelig mindre trykkraft, for å ikke lage en for vinklet bue. Her tas det også høyde for å benytte en CNC-programmert bor for å lage spor til eventuelle nett i ryggpartiet.

For å ferdigstille armlenet som er selve rammeverket i benken, mangler vi enda noen essensielle deler. Feste for reklameskilt, platefester, stabilisering av selve buen og ryggfester. Det løser vi ved at vi tar uthullede aluminiumbjelker og kapper dem etter de mål som passer oss. Dette gjøres ved bruk av en vannskjærer.

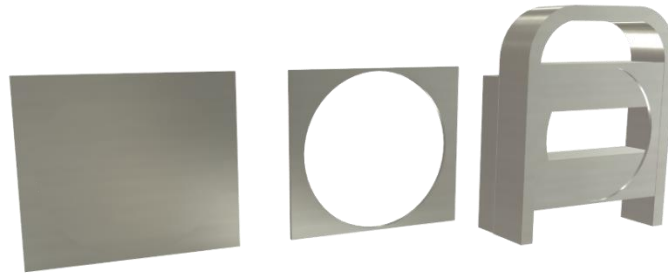


Figur 41: Vannskjæring

Nå som vi har fått kappet opp bjelker etter våre spesifikke mål, kan monteringen begynne. Her er det tiltenkt at emnene sveises fast. Dette kan gjøres både manuelt eller via en robotsveiser.

Det å sveise aluminium har sine kjente utfordringer. Oksidasjonsjiktet som oppstår skaper problemer når det kommer til å sveise dette materialet. Varmen som kreves for å sveise, øker også dette oksidasjonssjiktet, som i teorien forverrer oppgaven vi alt prøver å gjøre. Basert på den teorien vi beskrev i 3.5. Løsningen blir å benytte seg av TIG- eller MIG-sveising, som

bryter ned oksidasjonssjiktet. De nevnte metodene involverer gas-lag, som fjerner oksygenet rundt sveiseflaten.



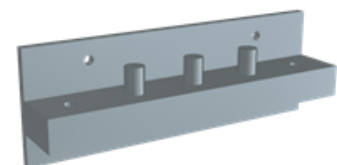
Figur 42: Alle deler som inngår i armlenet

Videre skal det skjæres ut et hull i en plate som skal utgjøre reklameplassen på benken. Her tenkes det også at vi benytter oss av vannskjæring, for å få presise kutt. Den kuttete platen sveises deretter på armlenet, ved å benytte samme teknikker som nevnt tidligere.

Det sirkulære uthullede emnet kan også benyttes som mal eller som reklameskilt som kan tilpasses. Det kuttes ut på denne måten for at det enklere skal kunne byttes ut eller sendes inn for påføring av reklamedekor og liknende.

4.7.2 Produksjon av knekter

Videre i prosessen vil vi benytte oss av støping. Støping innebærer at vi i dette tilfellet har en form som vi fyller opp med flytende metall, som deretter stivner grunnet trykk eller ved hjelp av tyngdekraft.



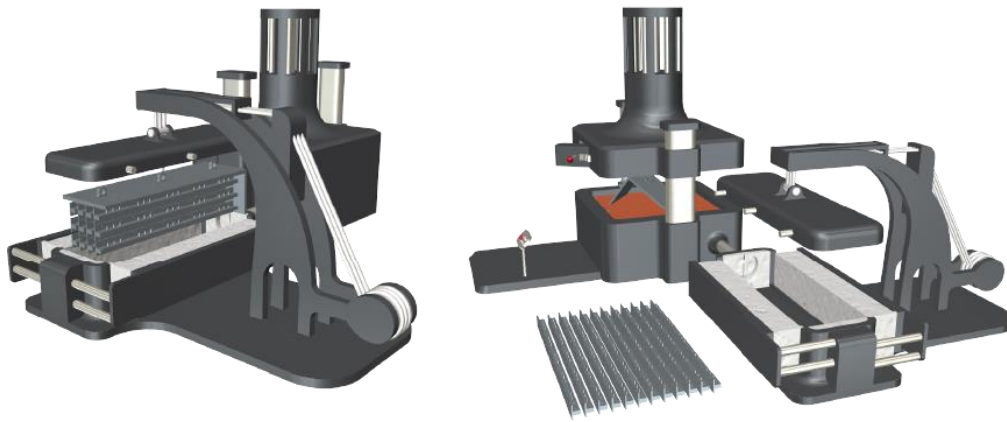
Figur 43: Knektens utforming

Det er mange former for støping og støpeformer for ulike typer gods. Valget vårt falt på en Ståltilpasset permanent form, som egner seg for gjenbruk, da mange andre former ofte knuses etter støping for å frigjøre gods. Vårt alternativ baserer seg på en fast form, som vi senere «trekker fra hverandre» for å frigi det innvendige godset. Det ferdigstøpte godset heises deretter ut av formen ved hjelp av kran eller truck.



Figur 44: Støpemaskin lukket

Videre separeres delene fra støperester. Støperestene smeltes om igjen for å redusere materialsvinn. Senere kappes de individuelle stengene ned til kortere emner.



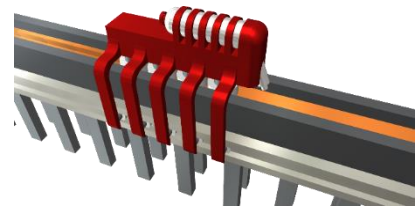
Figur 45: Støpemaskin klar og åpen

4.7.3 Produksjon av skinne

Produksjonen av skinnene til benken tiltenkes å foregå ved å ta bruk de samme prinsipper som gjelder for produksjon av togskinner. Det blir noe nedskalert, men funksjonen og utformingen er meget identisk.

Det hele foregår på et automatisert samlebånd som til sammen har tre funksjoner. Funksjonene er rullforming av varmt metall, som former spor under størkningsforløpet. Deretter saging for å dele det langstrakte emnet ned til rett lengde, etterfulgt av boring av hull.

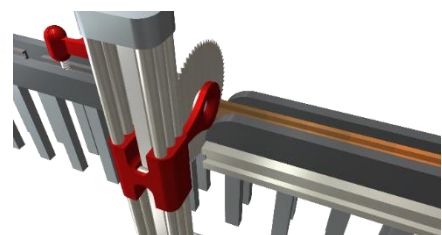
Metallet varmes opp ved bruk av gass i starten av prosessen. Emnet som til dels enda er flytende, varmes opp rett før det kommer tre ulike valseemner som går fra skarpkantet ned til avrundet for å skape kuttеспор.



Figur 46: Rullforming



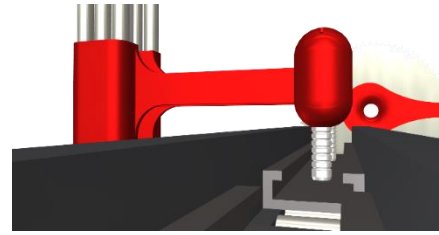
Figur 47: Valsespor



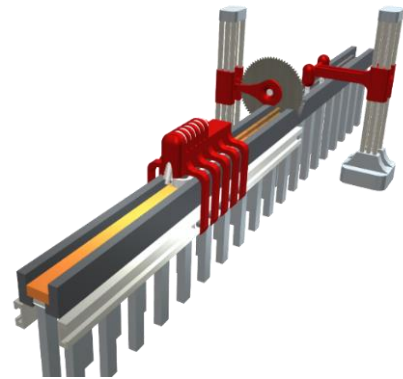
Figur 48: Skjæring

Deretter fraktes emnet videre mot en sag. Sagen er hydraulisk og beveger seg opp og ned, for å kunne dele emnene opp i like lengder.

Videre er det en drilling som står for tur. Her borres det hull for at skinnene skal få en festemetode på benken sine sitteplanker. Drillene er automatisert, og følger det samme hydrauliske systemet som sagen, de kan beveges opp og ned.



Figur 49: Drilling



Figur 50: Samlebånd

4.7.4 Produksjon av midtkonsoll

Produksjon av midtkonsollen benytter de allerede kjente metodene som er diskutert ovenfor. Det blir bøyd et emne gjennom kaldvalsing, slik som armlenet. Dette emnet er også mindre i lengde, da det ikke har noen støttebein. Støttevegger og innvendig skillevegg er tynne aluminiumsplater som er frest ut av tynne plateprofiler. De er laget for å skape lukkede hulrom under selve buen til boksen. De kuttete plateprofilene sveises sammen for å danne en lukket form, for deretter å sveises buen på.



Figur 51: Produksjonsdeler av midtkonsoll

4.7.5 Produksjon av dreneringsplate

Dreneringsplaten tenkes å støpeformes i plast. Støpeforming i plast har et høyt trykk inne i formen, som gjør at den flytende plasten strekker seg ut for å fylle alle formens tomrom. Dette gjør at vi kan tilvirke relativt komplekse former, slik som dreneringsplaten har.

4.7.6 Overflatebehandling av sitteflaten

Sitteflaten kan lages av 2" x 2" trevirke i ferdig impregnert furu. Dette fordi benken er tenkt for utendørs bruk og dermed er det viktig at trevirket i utgangspunktet er vannavstøtende. Deretter tilføres et lag med grunning av typen Jotun Heftgrunning Universal. Grunning brukes for å få et bedre grunnlag for en penere finish, siden den er med på å nøytralisere den naturlige trefargen. Deretter falt valget på maling for utendørs bruk av typen Jotun Skumringsgrå, med fargekoden 9904/S1000-N.

Det er vanlig å etterbehandle malte eller lakkerte overflater cirka hvert tredje år, på grunn av normal slitasje. I den forbindelse er det to muligheter. Den første vil være å opplyse kunden om behovet for vedlikehold og sørge for at informasjon om type av overflatebehandling er lett tilgjengelig, slik at kunden kan ordne dette selv. Den andre muligheten er at selger og kunde inngår en serviceavtale, der selger forplikter å holde vedlikehold av benken i et gitt antall år.

4.7.7 Netting til ryggstøtten

Av komforthensyn bør nettingen til ryggstøtten være knutfri. De rimeligste nettene viser seg å være laget med knuter for enkel og rimelig produksjon. Disse knutepunktene vil oppleves som ubehagelige å lene seg mot, og dermed vil den knutfrie typen regnes som den aktuelle å bruke selv om den er dyrere i produksjon. Den knutfrie produseres med ekstrudert plast av typen polypropylen eller polyetylen i motsetning til tradisjonell vevd knutemaskert nett. Dette er beskrevet i detalj i avsnitt 3.5.9. Det utseendemessige målet for nettingen uten knuter er illustrert på figuren. Bildet under til høyre er en vareprøve fra Industrial Netting.



Figur 52: Netting vevd med knuter og netting ekstrudert uten knuter

Figurkilde: Colourbox.com (Manakul, u.å.) og eget fotografi av vareprøve.

4.8 Modell

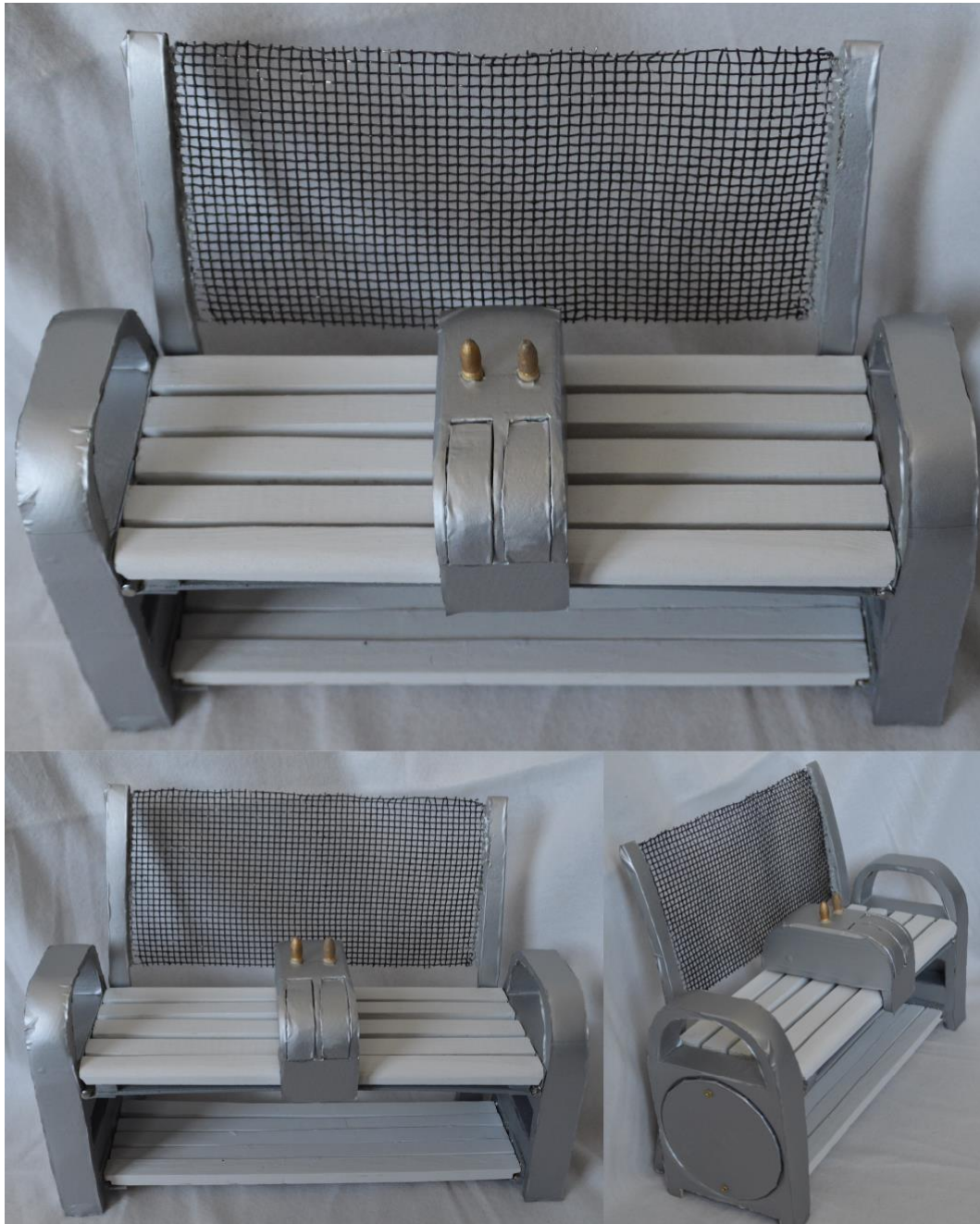
Vår plan for prosjektet var å lage en fullskalert modell av produktet. Hensikten var i hovedsak av estetiske og delvis funksjonelle grunner, men underveis i prosjektet så vi behov for å ha et produkt å teste og gjøre undersøkelser på. Et gruppe-medlem skulle stå hovedansvarlig for modellbyggingen, men da campus ble stengt bestemte vi oss for å lage en 1:4 skalert modell. Dette ble ikke mulig å gjøre sammen, så hovedansvarlig gjorde dette hjemme.

Prosessen startet med innsamling av nødvendig utstyr som stikksag, feinsag, håndsag, vater, deltasliper, stemjern, drill, hulldrill, skrutrekker og lim. Da det var klart hvilke materialer og verktøy som var tilgjengelig, ble arbeidstegningene i rett dimensjon lagd.



Figur 53: Modell uten rygg

Modellen i 1:4 skala er en funksjonsmodell. På denne figuren vises funksjonene til selve benken og midtkonsollen. Sitte- og oppbevaringsflatene fikk en litt lysere farge enn opprinnelig designet, men dette var den fargekoden lå nærmest sammenligningen mellom det digitale forslaget og tilgjengelige malinger.



Figur 54: Fullstendig modell

4.8.1 Spesifikasjoner og fremgangsmåte

Modellen er i 1:4 skala og dens dimensjoner er som listet.

- Total høyde: 270 mm
- Total bredde: 350 mm
- Total dybde: 120 mm

Det virkelige produktet ville bestått i hovedsak av tre, aluminium og mindre komponenter av stål. Dette ble «faket» i modellbyggingen, og avkapp av tre ble brukt for å bygge hoveddelene av benken.

Armlenene som opprinnelig skal være i aluminium ble skåret ut i tre, og pusset på. Deretter ble de foliert med en folie som har overflate som simulerer en matt aluminiumsflate. Dermed var det vesentlig at treverket under var finpusset og helt fri for ujevnheter.

Knektene som i utgangspunktet er av stål, var noe utfordrende å modellere. Alternativet ble å bruke ekte hengsler. Disse ble skrudd på plass med skruer. Hengslene svinger fritt i 270 graders vinkel, så de måtte modifiseres slik at de satt fast i 90 graders vinkel. Dette ble gjort ved hjelp av vater og lodding. Hengslene fremstår ikke helt i rett skala, noe som fikk påvirkning på størrelsen på dreneringsplaten.

Nettingryggen var planlagt å lages i den type netting som er beregnet for det ekte produktet. Vi bestilte en materialprøve fra produsenten i statene, dessverre kom ikke denne i posten i tide. Det ble brukt et finmasket gitter av ståltråd som et alternativ. Ståltrådens stivhet ble en utfordring i forhold til kurven på ryggen. Dette ble løst ved å lodde noen festepunkter langs ryggstolpene og festet selve gitteret med lim. Deretter ble det brukt silikon for å øke fleksibiliteten.

Midtkonsollen ble bygd med en liten justering i forhold til lokkene på oppbevaringsrommet. Mekanismen for å åpne lokkene lot seg ikke lage i en liten skala. Dette ble løst ved å drille hull inne i oppbevaringsrommet og et tilsvarende hull i lokkene. En splint av ståltråd er limt inn i hullene og fungerer som en aksling, dermed kan lokkene bevege seg rundt ståltråden. Dekorasjoner på siden av konsollen ble vurdert til at det ble for smått og unøyaktig å lage til og disse ble dermed utelatt fra modellen.



Figur 55: Underveis i sammensetningen

Ved hjelp av klemmer, tvinger og noen improviserte teknikker ble det til slutt en ferdig sammensatt modell.

Figurkilder: Egne fotografier av egen modell.

Bildeserie av modelleringsprosessen er vedlagt.

4.9 Økonomisk resultat

Vi satte opp et budsjett som er basert på reelle tall fra Byggmakker Raufoss bygg, Industrial Netting, Biltema, Metallco, Plastbutikken.no, Alustrax og Pedersen Sveis og Maskinering. Budsjettet baserer seg på enkeltproduksjon av et nisjeprodukt. Grunnen til dette er at det var lettere å finne reelle tall fra lokale næringsdrivende, enn å se på masseproduksjon av eksterne virksomheter. Det å bruke lokale materialer og arbeidskraft spiller også en rolle for sikret bærekraft, så disse tallene reflekterer både antatt pris og kvalitet på utført produksjonsarbeid.

Denne benken er laget av materialer som regnes i det lavere prissjiktet. Den består i hovedsak av aluminium, stål, tre og polyetylen. De kostnadene som må påberegnes er priser for aluminium, maskinering og arbeidstimer for disse profilene. Aluminium kan kjøpes og bearbeides av Pedersen Sveis og Maskinering. Nettingen til ryggen kan kjøpes fra Industrial

Netting. Byggmakker Raufoss bygg ble stedet for informasjon om trevirke og priser på trevirke samt overflatebehandling av tre. Etter en konsultasjon med næringslivet, ble vi anbefalt å bruke impregneret furu. Furu blir levert av Moelven trevare.

I dette tilfellet er alle priser inkludert moms. Dersom benken skal masseproduseres av et eller flere selskap vil moms ikke bli en del av kalkylen, siden produksjonsbedrifter ikke opererer med moms på innkjøp av råvarer. De betaler momsen, men legger på prisverdien igjen ved salg. Dermed vil de to faktorene gå mot hverandre og resultere i null.

Tabell 3:

Økonomisk oversikt.

Del	Materiale	Material-behov	Pris (Kr per kg/ m/ l/ fot/ time)	Sum
Sitteplate	Impregneret furu	6 m	Kr 17,90	Kr 107,40
Hylleplate	Impregneret furu	6 m	Kr 17,90	Kr 107,40
Behandling: Sitte- og hylleplate	Grunning	2 l	Kr 229,00	Kr 458,00
Behandling: Sitte- og hylleplate	Jotun, skumrings-grå maling	2 l	Kr 269,00	Kr 538,00
Armlene	Aluminium	20 kg x 2	Kr 17,00	Kr 680,00
Ryggstolpe	Aluminium	1 kg x 2	Kr 17,00	Kr 34,00
Ryggholder	Aluminium	1 kg x 2	Kr 17,00	Kr 34,00
Midtkonsoll	Aluminium	5 kg	Kr 17,00	Kr 85,00
Reklameskilt	Aluminium	1 kg x 2	Kr 17,00	Kr 34,00
Skinne	Aluminium	0,9 kg	Kr 17,00	Kr 15,30
Dreneringsplate	Plast	3 kg	Fast pris etter dimensjon	Kr 1099,23
Knekter	Stål	1 kg x 4	Kr 17,00	Kr 68,00
Ryggstøtte	Polyetylen	4 fot	Kr 34,26	Kr 137,04
Festing av nett	Lim	0,31	Kr 183,00	Kr 56,73
Arbeidstimer privat		10 timer	Kr 200	Kr 2000
Arbeidstimer proff		8 timer	Kr 720,00	Kr 5760
Sum A: privat				Kr 5454,10
Sum B: proff				Kr 9214,10

Dette budsjettet presenterer en antatt tilvirkningskostnad for produktet, basert på en enkel oversikt over hvilke materialer og hvilken pris det er per enhet av materialet. Vekten per komponent er tatt fra et estimat som Solidworks produserer, basert på dimensjon og materiale på 3D-tegningene av komponentene. Antall arbeidstimer er kun et estimat, og basert på

veiledning av labansvarlig Nicolaisen, og aktører i næringslivet. Her kom vi frem til at det er to muligheter for produksjon av en enkel enhet. A: Dersom man kan gjøre jobben selv på et laboratorium eller verksted, eller B: dersom jobben utføres profesjonelt ved en bedrift. Kostnaden for timepris dersom benken produseres privat, er en symbolsk sum basert på «vennetjeneste» eller studentprosjekt. Dersom vi skulle produsere denne for Gjøvik Tennishall, ville vi siktet på en timepris i dette sjiktet. Potensiell kostnad ved drift av maskiner er ikke tatt med i beregningen.

Beregningene som er gjort ved «sum» er å multiplisere verdien for behovet av materiale, med pris per enhet. Eksempelvis veier reklameskiltet 1,00 kg, lages i aluminium og har en kilopris på kr 17,00. Det er behov for to reklameskilt, som totalt gir et behov på 2,00 kg. Dermed blir summen av reklameskiltkostnadene 17,00 kr ganget med 2,00 kg aluminium.

Dreneringsplaten sin pris baserer seg på total kostnad for plaststøping av emner i denne dimensjonen. Nøyaktige priser for dreneringsplaten er funnet hos plastforhandleren Plastbutikken sine nettsider.

5 Diskusjon og analyse

5.1 Diskusjon av prosjektforløpet

Dette prosjektet begynte i januar 2020, med et kort og konkret forprosjekt og en oversiktlig fremdriftsplan. Målet med prosjektet var å designe et konsept for en benk tilegnet tennisspillere, samt lage en fullskala modell. Modellen skulle illustrere et ferdigprodusert produkt, samt kunne prøves ut for å verifisere at konseptet faktisk oppfylte de stilte kravene.

Designprosessen var det som var beregnet til å ta lang tid. De første to månedene gikk til skissering, innsamling av avgjørende informasjon og diskusjon rundt alternative løsninger. Vi begynte skriving av teori, metode og resultater i månedsskiftet mellom februar og mars, og vi hadde et fullstendig avklart konsept i uke 11. Dermed begynte vi forberedelsene mot å bygge en fullskala modell og avklare alle relevante temaer som måtte inngå i rapporten.

Da beskjeden om at campus ville bli stengt umiddelbart og på ubestemt tid, avlyste vi planene om å bygge en fullskala modell. Denne ville ha vært avhengig av materialer ved laben på campus, samt verktøy, oppbevarings- og arbeidsplass på verkstedet. Tiden som fulgte, skapte mye usikkerhet rundt hvordan vi som avgangsstudenter kunne produsere en god nok besvarelse. Vi konkluderte med at en av oss skulle lage en liten modell hjemme, og få mindre skriving i rapporten for å balansere arbeidsmengden. Videre bestemte vi oss for å utvide illustrasjonene av konseptet ved å bruke Solidworks.

Vi som gruppe tok hele omlegnelsen av planen vår kjapt og greit. Vi var alle enige i løsningen og startet med en gang. Alle statusmøter og veiledningsmøter gikk til normal tid, men over Skype for Business eller Zoom, noe som har fungert bra for oss. Det som heller viste seg å bli utfordrende etter at myndighetene stengte store deler av næringslivet og campus, var våre privatliv, yteevne og i hvilken grad det var lett å få kontakt med relevante bedrifter. Vi lærte også at når det kommer til å kontakte bedrifter, bør dette skje ved hjelp av e-post hvis man ønsker detaljerte opplysninger. Det viste seg at flere bedrifter som var relevant til dette prosjektet hadde stengt store deler av tiden, etter at koronaviruset kom til Norge.

Til tross for at dette prosjektet havnet på en tid der det ble mye uforutsigbarhet og vanskeligheter med samarbeid i forhold til næringslivet, har NTNU taklet situasjonen bra. Vi var heldige som kunne legge om prosjektet slik at det ikke ble avhengig av lab på campus, men NTNU hadde muligheter for et delvis samarbeid ved utlån av utstyr som vi benyttet oss av. Selv om vi klarte å gjennomføre prosjektet teoretisk, uten noen produksjon av et reelt produkt, fikk resultatet noen mangler. Problemet med et helt teoretisk prosjekt er mangelen på et ekte inntrykk av et fysisk produkt. Vi oppdaget små potensielle fysiske avvik ved konseptet mot slutten av prosjektet. Disse hadde kanskje vært oppdaget og avklart tidligere hadde vi hatt tilgang til lab og mulighet til å bygge en fullskala modell.

5.2 Modellbyggingen

Modellbygging hjemme bød på utfordringer og en bratt læringskurve, særlig da det meste i næringslivet var stengt og det ble travelt hjemme med familien. Heldigvis hadde vi planlagt modellbygging med god margin i utgangspunktet, samtidig som NTNU lot oss låne noe utstyr. Noe essensielt utstyr ble kjøpt inn for anledningen, men dette var i stor begrensning da det er uklart om pengene for dette utstyret blir refundert av NTNU.

I retrospekt kunne enkelte ting kunne vært gjort annerledes. Noen spesielt viktige faktorer var tilgang til riktig utstyr, god planlegging og muligheten for å være to stykker om modelleringen i noen kritiske øyeblikk. Utstyr som var sårt savnet var blant annet en kappsag for å få jevne og beine skjæreflater. Denne var dessverre dyr. Vi vurderte å kjøpe en som senere ville bli refundert av NTNU. Dette var universitetet ikke med på fordi de ville ende opp med uønsket ekstra utstyr og ville dermed ikke refundere kjøpet. Hadde vi hatt tilgang til verksted og utstyr på campus, kunne enkelte deler av modelleringen gått enklere. Eksempelvis jobben med armlenekomponentene. Slike buede former kan enkelt skjæres ut i X-Carve-maskinen som står i laben, med fraksjoner av millimeterpresisjon, nøyaktig radius og helt uten behov for pussing.

Det kunne vært hensiktsmessig å ha økt skalaen opp til 1:3, med tanke på utstyret som var tilgjengelig. Dette ville ført til bedre en mulighet for å lage små detaljer for en modell mer lik det opprinnelige designet. Dette kunne spart inn timer med pussing av deler, siden toleransen

for unøyaktigheter minsker vesentlig. Små avvik viste seg å bli store, da delene skulle settes sammen.

5.3 Analyse av konseptet

5.3.1 SWOT-analyse

Å analysere sin egen produktidé i etterkant av utviklingsprosessen er viktig for å finne egne svakheter og styrker. Da kan det fort oppstå faktorer som var oversett i prosessen. Vi gjorde en analyse ved bruk av en SWOT-analyse.

Tabell 4:

SWOT-analyse.

Styrker	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Inneholder de påkrevde funksjonene• Tåler stor brukervekt• Bærekraftig• Er etisk utformet, og er ikke fornærmende mot noen• Kan brukes ute og inne• Kan flatpakkes og monteres hos kunden• Plass til reklame for inntekt fra sponsorer• Kan både produseres som nisjeprodukt lokalt, og masseproduseres eksternt	<ul style="list-style-type: none">• Mulig ustabil ved sideveis bevegelse.• Usikkert estetisk uttrykk• Er for tung for en person kan løfte den• Usikker reel pris
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none">• Kan redesignes for å spare vekt• Kan redesignes for å oppnå bedre stabilitet• Masseproduksjon	<ul style="list-style-type: none">• Andre standardiserte benker kan være mer attraktivt da de er billigere og lettere.

Svakhetene som kom fram, kan være avgjørende for om produktet faktisk kan brukes eller produseres. Det første punktet som nevner mulig ustabilitet ved sideveis bevegelse, kunne ha blitt avklart ved testing av et fullskalert produkt, eller en full digital analyse av benken. Slik kunne vi sett hvordan komponentene ville oppført seg under påvirkning av eksterne

påkjenninger fra forskjellige vinkler. Dessverre har ingen av oss gjort FEM-analyser med store sammensetninger i Solidworks. Dersom det skulle vise seg at benken er for svak for påført kraft fra sidene, kan det hjelpe med et redesign. Løsningen kan eksempelvis være å legge inn et kryss av aluminiumsprofiler i bakkant av benken, som avstivere. Eller en stiv gittervegg montert i bakkant mellom armlenene. Da ville benken fått mer støtte i lengderetningen, og potensielt fått en ny funksjon ved et delvis lukket oppbevaringsrom for utstyr på hylla. Avstivere som dette bør ikke bare kastes på til slutt, da det kan bryte med hele designuttrykket. Det vil føre til en ny problemstilling: Hvordan kan dette konseptet redesignes, for at produktet oppnår bedre sideveis stabilitet samtidig som det estetiske uttrykket ivaretas?

Benkens tyngde en svakhet. Da benken ble designet var det mest fokus på å oppnå funksjonelle og estetiske krav, og lite på tyngde. Det var tidlig bestemt at aluminium skulle brukes fremfor stål eller stein, nettopp for å forhindre behovet for maskiner til å flytte benken. Dette viser seg at ikke var tilstrekkelig. Vi gjorde noen endringer på komponentenes utforming da vektproblemet ble oppdaget. Disse endringene gikk i hovedsak ut på å hule ut og fortynne profiler som i utgangspunktet var unødvendig massive.

5.3.2 Diskusjon av spørreundersøkelse

Ifølge spørreundersøkelsen som ble gjennomført, fikk det konseptet vi gikk videre med gode tilbakemeldinger om dens funksjonelle faktorer. Det tok litt tid før vi fikk tilbakemeldinger på konseptene, så vi gikk i utgangspunktet videre med det konseptet vi presenterer her før vi hadde alle tilbakemeldinger på plass.

Det kan likevel stilles spørsmål om konseptet stiller til krav om estetisk uttrykk, da den største andelen av deltakerne valgte å vurdere det første konseptet. Undersøkelsen kunne ha blitt strukturert annerledes for å kanskje oppnå et annet resultat. Vår mistanke i ettertid av undersøkelsen er at nummerering av konseptene kan ha hatt en psykologisk effekt på deltakerne. Det er kun spekulasjoner, men at «nummer 1» er assosiert med å være først og best, kan ha vært en avgjørende faktor for noen av deltakerne. I tillegg kan det ha vært en avgjørende faktor at konsept 1 er mye mer tradisjonell enn konsept 2. I retrospekt ville vi ha gjort en undersøkelse uten bruk av nummer, og presentert bildene av konseptene på en bedre måte. Det kan eksempelvis være ved å forstørre bildene og tydeliggjøre farger, kontraster og

andre bildeelementer. Mulighetene for å verifisere om konseptet som vi gikk videre med faktisk stiller til estetisk mål, kan være å gjøre en ny undersøkelse der målgruppen vurderer produktet ved en fysisk visning av en fullskalert modell. På den måten vil deltakerne «oppleve» konseptet i sin helhet, kontra å evaluere et fotografi der estetikken avhenger av kvaliteten på bildet.

5.3.3 Diskusjon av konseptets potensiale

Produktet vi presenterer tar for seg alle de påkrevde funksjonene, så vi vil si at på den måten har vi oppfylt oppdragsgivers bestilling. Noen av de ønskede funksjonene ble ikke inkludert, da vi konkluderte med at det ble overflødig og potensielt for dyrt. Likevel har vi designet en benk som i stor grad kan bli modulbasert. Det vil si at det kan være mulig å designe alle de tilleggsfunksjonene som kun var ønskelig, og gjøre det mulig å sette sammen «sin egen benk» med de funksjonene man ønsker. Det kan være en god strategi dersom benken skal masseproduseres til markeder utenfor Norge. Da det kan være større behov for nedkjøling av drikkevarer eller for søppelkasser, enn det det er i Gjøvik Tennishall i dag. Dette byr på et utvidet prosjekt der ny problemstilling kunne ha blitt: Hvordan kan dette produktet redesignes til å bli et 100% modulbasert produkt?

5.3.4 Diskusjon om det økonomiske resultatet

Ut ifra budsjettet kan vi konkludere med at å produsere et enkeltstående produkt av dette designet til Gjøvik Tennishall ikke vil la seg gjøre innenfor oppdragsgivers krav på maks 5000 kr. Dersom vi gjør det privat vil prisen falle på cirka 5454 kr, noe som er vesentlig billigere enn det en produsent hos en bedrift kan stille opp med. Argumentet for at tennishallen likevel bør bruke mer penger på benken enn det de først ønsket, er at benken har plass til reklame som kan tjene inn penger.

For å kunne oppnå en gunstigere pris vil en større bestilling av enheter være løsningen. Det vil si at det må opprettes et sted der benkens komponenter samles og pakkes, før videre utsending til kunder eller distribusjonskanaler. Det vil bli en ekstra omkostning, men rimeligere i lengden. Grunnen til det er at eksterne produsenter i utlandet kan ha billigere kilopris på råvarer ved innkjøp av materialer i stort kvantum. Det kontra bestilling av eksakt

mengde materialer til en benk, gjør enhetsprisen billigere på sikt. Det er også muligheter for at råvarer allerede finnes på lager til produsentene, og dermed til prisen bli enda rimeligere.

Grunnen til at en enkeltprodusert enhet blir dyr å få laget hos en bedrift, er fordi det må lages utstyr og støpte profiler spesielt for denne enheten. Enhetskostnadene vil falle for hver benk som produseres, da utstyr og former kan gjenbrukes. Det er altså veldig mange faktorer som spiller inn, men konklusjonen er at å masseprodusere, eller i det minste produsere en større bestilling på antall enheter vil være mye gunstigere.

5.3.5 Brukervennlighet

Designet av benken har tatt høyde for universell utforming og etiske utforminger. Det kan likevel oppstå ubehag for de brukerne som kanskje har behov for å fjerne midtkonsollen for å få plass på benken. Dette kan oppleves som høyst krenkende for brukeren. Denne problemstillingen var ikke innlysende for oss, da vi i hele prosessen har tenkt på idrettsutøvere. Vi opplevde det ikke naturlig å se for oss spesielt tunge eller store mennesker da vi designet dette, noe som kan tolkes som diskriminerende mot dem som faktisk er fysisk større utøvere av sporten. Dette er høyst beklagelig, og noe vi har lært av. Dette ville vi gjort grundigere undersøkelser på og tilrettelagt for, hvis vi hadde vært klar over dette tidligere.

5.3.6 Diskusjon av bærekraft

Alle valg vi tok i forhold til materialer har vi gjort med hensyn på bærekraft. Aluminium, stål, plast og treverk kan resirkuleres. Mye av materialene som behøves til dette produktet, kan gjenbrukes av resirkulerte materialer. Det har vært hovedfokuset ved valg av materialer.

5.4 Konklusjon

Produktet vi presenterer i denne rapporten oppfyller følgende krav:

- To seter
- Oppbevaring til to bagger
- Oppbevaring til to flasker

- Bærekraftig
- Egnet til bruk ute og inne
- Bruk av tennisrelaterte former og farger
- Dedikert plass til reklameskilt
- Oppbevaring av verdisaker
- Armlener
- Ryggstøtte

Dermed har løsningen vår oppfylt noen estetiske og nesten alle funksjonelle krav gitt av problemstillingen. Som følge av spørreundersøkelsen kan vi ikke med sikkerhet konkludere med at vi har oppfylt de estetiske kravene. Prisen på benken vil koste mer enn 5000 kr ved produksjon av en enhet, men enhetsprisen vil falle ved produksjon av flere enheter.

Litteraturliste

- Almar-Næss, A. (2018) Anodisering *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/anodisering> (Hentet: 14.04.20).
- Alumeco (u.å.) Sveising. Tilgjengelig fra: <https://www.alumeco.no/kunnskap-og-teknikk/maskinbearbeiding/sveising> (Hentet: 03.04.2020).
- Bryhn, R. (2020) Tennis *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/tennis> (Hentet: 11.03.2020).
- Christensen, N. (2019) Aluminiumslegeringer *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/aluminiumlegeringer> (Hentet: 11.03.2020).
- Christensen, N. og Almar-Næss, A. (2019) Stål *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/st%C3%A5l> (Hentet: 11.03.2020).
- Corneliussen, R. G. (2015) *Tilvirkningsteknikk*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke.
- Farstad, P. (2008) *Industridesign*. Universitetsforlaget.
- FN-Sambandet (2019) *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/Baerekraftig-utvikling> (Hentet: 27.04.2020).
- Foslie, M. (2018) Tre - egenskaper *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/tre-egenskaper> (Hentet: 11.03.2020).
- Gjøvik Tennisklubb (u.å.) *Om Gjøvik Tennisklubb*. Tilgjengelig fra: <https://gjoviktennisklubb.no/om-gjovik-tennisklubb/> (Hentet: 11.03.2020).
- Hoff, K. G. og Hælbekk, M. (2018) *Bedriftens økonomi*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Hofstad, K. (2016) Amerikansk enhetssystem for mål og vekt. *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Amerikansk-enhetssystem-for-m%C3%A5l-og-vekt>.
- Holden, H. (2018) singular - matematikk *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/singul%C3%A6r-matematikk>.
- Holtebekk, T. (2019a) metersystemet *Store Norske Leksikon*. *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/metersystemet>.
- Holtebekk, T. (2019b) SI-systemet *Store Norske Leksikon*. *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/SI-systemet>.
- Industrial Netting (2018) Extruded Siamon & Square Mesh *Industrialnetting.com* (b. 2020): Industrial Netting. Tilgjengelig fra: <https://www.industrialnetting.com/extruded-mesh.html>.
- Johannessen, A., Christoffersen, L. og Tufte, P. A. (2011) *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Abstrakt Forlag.
- Johansen, H. (2010a) Faser, Fasediagrammer og legeringer *Materialteknologi*. Tilgjengelig fra: <http://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/4.%20legeringer-fasediagrammer/Materiallaere-TDL-4-legeringer-fasediagrammer-10.pdf> (Hentet: 10.04.20).
- Johansen, H. (2010b) Generelle framgangsmåter til å styrke metallene *Materialteknologi*. Tilgjengelig fra: [http://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/6.%20generelle%20framgangsm%20styrke%20met/Materiallaere-TDL-6-Generelle%20framgangsmater%20styrke%20metalliske%20materialer%20\(IM+TDL\)-10.pdf](http://folk.ntnu.no/hennj/materialteknologi/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/6.%20generelle%20framgangsm%20styrke%20met/Materiallaere-TDL-6-Generelle%20framgangsmater%20styrke%20metalliske%20materialer%20(IM+TDL)-10.pdf) (Hentet: 10.04.20).

- Johansen, H. (2012) Aluminium *Materialteknologi*. Tilgjengelig fra: http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Skriftserien/ML_Aluminium_2012_nr.5.pdf (Hentet: 03.04.20).
- Johansen, H. (2017) Sveiste forbindelser *Materialteknologi*. Tilgjengelig fra: <http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/joining-al-sveising.htm> (Hentet: 19.03.2020).
- Kersten aluminium bending (u.å.) *Bøyeteknologi*. Tilgjengelig fra: <https://www.alubending.com/nl/bending-technology> (Hentet: 03.04.2020).
- Leverandør NRK (2019) Arbeidstegning *Nasjonal Digital Læringsarena*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subjects/subject:38/topic:1:193464/resource:1:22901> (Hentet: 28.03.2020).
- Manakul, N. (u.å.) *Net of Tennis Court* [Stock image]. Tilgjengelig fra: <https://www.colourbox.com/image/net-of-tennis-court-image-11950084?fbclid=IwAR2C-tPgCQCqYEvtciupWbOmRrEKePtj0UQ-bG4rs9Pymm4VYUoMIk29xqU> (Hentet: 14.04.2020).
- Mæhlum, L. (2020) 3D-printing *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/3D-printing> (Hentet: 03.04.2020).
- Nanomold Coating (2014) 5 Major Advantages to Using Plastic Injection Molding for the Manufacturing of Parts (b. 2020). [nanomoldcoating.com](https://nanomoldcoating.com/5-major-advantages-to-using-plastic-injection-molding-for-the-manufacturing-of-parts/): Nanoplas,inc. Tilgjengelig fra: <https://nanomoldcoating.com/5-major-advantages-to-using-plastic-injection-molding-for-the-manufacturing-of-parts/>.
- Norsk Stål (u.å.) *Vannskjæring*. Tilgjengelig fra: <https://norskstaal.no/tjenester/vannskjaering/> (Hentet: 03.04.2020).
- Ore, S. (2009) Grunning *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/grunning> (Hentet: 14.04.20).
- Ormestad, H. (2009) Fasthetslære.-teknikk *Store Norske Leksikon*. *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fasthetsl%C3%A6re.-teknikk> (Hentet: 18.03.2020).
- Pedersen, B. (2018) Aluminium *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/aluminium> (Hentet: 11.03.2020).
- Penn Tool Co (2020) *Metal Cold Saw*. Tilgjengelig fra: <https://www.penntoolco.com/cold-saws/> (Hentet: 14.04.2020).
- Premier Die Casting Company (2017) The Best Casting Process for Your Needs (b. 2020). Tilgjengelig fra: <https://diecasting.com/blog/2017/07/31/best-casting-process-for-your-needs/> (Hentet: 04.03).
- Sagdahl, M. (2019) Etikk *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/etikk> (Hentet: 28.03.2020).
- Simscale (u.å.) *What is FEA / Finite Element Analysis?* Tilgjengelig fra: <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/fea/whatisfea.html> (Hentet: 26.03.2020).
- Sintef (u.å.) *Livsløpsanalyser av bygninger (LCA)*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/livsløpsanalyser-av-bygninger/> (Hentet: 01.05.2020).
- Standard Norge (2011) *NS 11005:2011 Universell utforming av opparbeidete uteområder - Krav og anbefalinger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=507700> (Hentet: 28.02.2020).
- Standard Norge (2015) *NS-EN 12520:2015 Møbler Styrke, holdbarhet og sikkerhet Krav til sittemøbler til hjemmebruk*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=805743> (Hentet: 28.02.2020).

- Standard Norge (2018) *NS-INSTA 800-1:2018 Rengjøringskvalitet - Del 1: System for å fastsette og bedømmer rengjøringskvalitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-INSTA+800-1%3a2018> (Hentet: 28.02 2020).
- Thue, J. og Tekst fra Store norske leksikon (2019) Betong *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/betong> (Hentet: 11.03.2020).
- Tronstad, S. (2019) Treimpregnering *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/treimpregnering> (Hentet: 11.03.2020).
- Westhagen, H., Faafeng, O. og Hoff, K. G. (2018) *Prosjektarbeid*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Årtun, T. (2020) impregnering *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/impregnering> (Hentet: 17.04.2020).

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Forprosjekt

Vedlegg 2: Formveileder

Vedlegg 3: Data fra spørreundersøkelse

Vedlegg 4: Vurderingsskjema

Vedlegg 5: Arbeidstegninger

Vedlegg 6: Modelleringsprosess