

Aleksandra Lango  
Julie Lundhagebakken  
Malin Brenli

## Design av brett for transport og lagring av kretskort

*Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Hapro Electronics?*

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse  
Veileder: Tor Erik Nicolaisen  
Mai 2023



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden



Aleksandra Lango  
Julie Lundhagebakken  
Malin Brenli

## **Design av brett for transport og lagring av kretskort**

*Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og  
transport av kretskort, som imøtekommer  
kravspesifikasjonen til Hapro Electronics?*

Bacheloroppgave i Teknologidesign og ledelse  
Veileder: Tor Erik Nicolaisen  
Mai 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

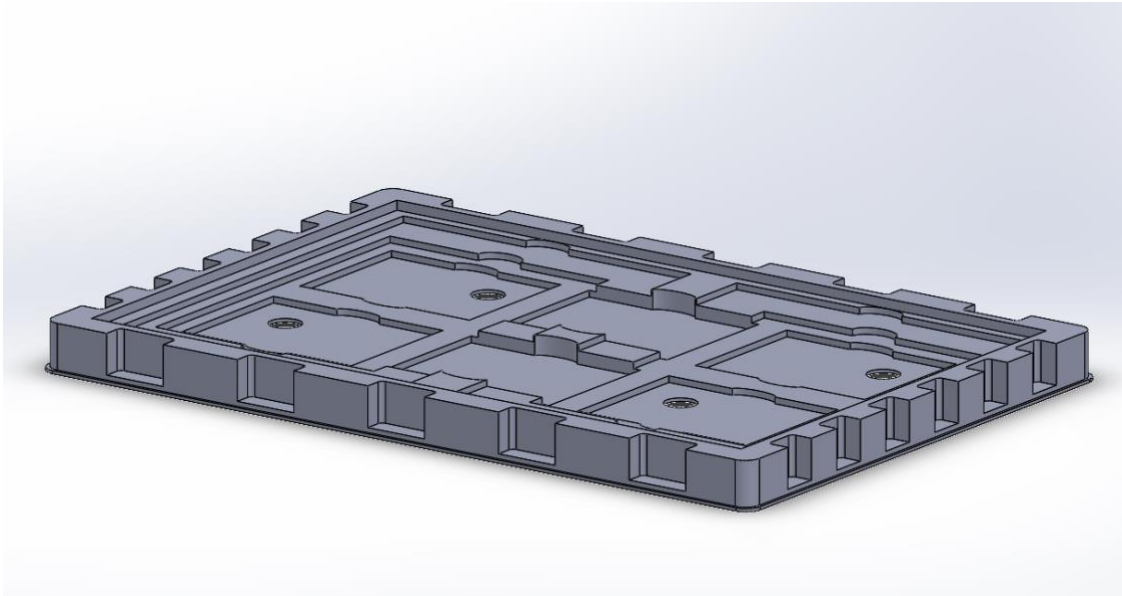




# NTNU

## Design av brett for transport og lagring av kretskort

*Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Hapro Electronics?*



Aleksandra Lango (545111), Julie Lundhagebakken (545115), Malin Brenli (545110)

Bachelor i teknologidesign og ledelse

Innlevert: Mai 2023

Veileder: Tor Erik Nicolaisen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for vareproduksjon og byggingteknikk

<b>Oppgavens tittel:</b>  Design av brett for transport og lagring av kretskort	Dato: 22.05.2023		
	Antall sider: 113		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
<b>Navn:</b> Malin Brenli, Aleksandra Lango og Julie Lundhagebakken			
<b>Veileder:</b> Tor Erik Nicolaisen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			
<b>Hapro:</b> Rino Magnussen	<b>NTNU:</b> Kari Oline Øverseth		

### **Sammendrag:**

Bacheloroppgaven tar sikte på å utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort som imøtekommer kravspesifikasjonen fra Hapro Electronics. Fabrikken står overfor utfordringer knyttet til den økende etterspørselen etter kretskort i ulike formfaktorer. For å belyse omfanget av produksjonen hos Hapro, har en uke 46 i 2022 blitt undersøkt, hvor det ble produsert 83 unike kretskort. Konsekvensene av leverandørers manglende evne til å levere brett som blir brukt for lagring og transport. Kapasiteten reduseres av dette og bedriften har vært nødt til å si nei til potensielle kunder.

Formålet til denne bacheloroppgaven er å utforske og presentere en løsning for lagring og transport av kretskort som oppfyller Hapro Electronics sin kravspesifikasjon. Sentrale trekk fra kravspesifikasjonen inkluderer evnen til å stable løsningen/produktet i høyden, bruk av ESD-godkjente materialer og en løsning med selvberende konstruksjon. For å oppnå dette formålet har forskningsmetoder som brukerundersøkelser og kartleggingsmetoder blitt anvendt. Disse metodene er i stor grad basert på de prinsippene som er presentert i bøkene til Erik Lerdahl, «Nyskapning» og «Slagkraft». Videre har ideutvikling og utvelgelse av ideer blitt brukt for å komme frem til et konsept som oppfyller kravene det stilles til den endelige løsningen.

Oppgaven presenterer systematisk utviklingsprosessen til et brett laget for transport og lagring av kretskort. Gjennom oppgaven gis det en grundig analyse av de ulike fasene i en slik utviklingsprosess. Metodene som er blitt brukt er mange, og utviklingsprosessen med bruk av metodikk har gitt resultater som viser til en løsning som har stort potensiale.

**Stikkord:**

Produktutvikling
Mellomstasjon til kretskort
Additiv tilvirkning
Brukersentrert design
ESD

Malin Brenli

(sign. Malin Brenli)

Aleksandra Lango

(sign. Aleksandra Lango)

Julie Lundhagebakken

(sign. Julie Lundhagebakken)

## Forord

Bacheloroppgaven har blitt utviklet våren 2023 av tre studenter ved NTNU Gjøvik og markerer avslutningen på det treårige studiet Teknologidesign og ledelse. Oppgaven ble allerede påtenkt sent på høsten 2022, etter et besøk hos Hapro Electronics. Gjennom hele prosessen har flere aktører bidratt til gjennomføringen av prosjektet. Gjennom oppgaven har hovedfokuset vært på hele idéutviklingsprosessen, fra en tidlig idé til et ferdig produkt. Sentrale emner fra hele studieløpet har bidratt til en fullverdig prosess, med blant annet emnene idéutvikling og visualisering, materiallære, produksjonsmetoder, dataassistert design og prosjektledelse og teknologiledelse.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Hapro Electronics, og vi vil takke Hapro Electronics, ved Rino Magnussen, for all hjelp. Vi vil også takke Bjørn Inge Østby som var med på å utforme prosjektoppgaven og legge frem oppgaven slik at det virket spennende for oss i samråd med Rino Magnussen.

Vi vil også rette en takk til veiledere ved NTNU Gjøvik ved Tor Erik Nicolaisen, hovedveileder og Kari Oline Øverseth som har gitt oss veiledning i sine fagfelt. Med jevnlig statusmøter med Nicolaisen og Magnussen har vi følt oss trygge på at vi har beveget oss i riktig retning. Ved tvil eller usikkerhet vil vi rette en spesiell takk til Magnussen for å få oss på rett spor og gitt oss klarhet i hvorfor vi gjennomfører prosjektet og rettet oss mot det som er viktig.

Mange aktører har vært med å bidra til gjennomføringen av prosjektet med den hjelpen vi har trengt. Innkjøper Rolf-Gunnar Smistad har vært til stor hjelp med innhenting av priser og kontakt med bedrifter og leverandører. Andre bedrifter gruppen selv har hatt direkte kontakt med har hjulpet oss på veien videre mot neste fase.

Til slutt ønsker vi å takke alle de personene som har gitt oss rikelig med verdifull informasjon gjennom brukerintervjuer og brukertesting.



## **Abstract**

The aim of this bachelor's thesis is to develop a solution for the storage and transportation of circuit boards that meets the specifications of Hapro Electronics. The factory is facing challenges related to the increasing demand for circuit boards in various form factors. To highlight the scale of production at Hapro, week 46 of 2022 was examined, during which 83 unique circuit boards were produced. The consequences of suppliers' inability to deliver the boards used for storage and transportation have resulted in reduced capacity, leading the company to decline potential customers.

The purpose of this bachelor's thesis is to explore and present a solution for the storage and transportation of circuit boards that fulfills the specifications of Hapro Electronics. Key features from the specifications include the ability to stack the solution/product vertically, the use of ESD-approved materials, and a self-supporting design. To achieve this goal, research methods such as user surveys and mapping techniques have been employed. These methods are largely based on the principles presented in Erik Lerdahl's books, "Nyskapning" and "Slagkraft." Furthermore, idea generation and selection have been utilized to arrive at a concept that meets the requirements of the final solution.

The thesis systematically presents the development process of a board designed for the transportation and storage of circuit boards. A thorough analysis of the different phases in such a development process is provided throughout the thesis. Various methodologies have been employed, and the development process, guided by these methodologies, has yielded results indicating a solution with significant potential.

# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>11</b>
<b>TABELL-LISTE</b> .....	<b>13</b>
<b>ORDFORKLARINGER</b> .....	<b>14</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>15</b>
1.1 OPPGAVENS OPPBYGGING .....	15
1.2 HAPRO ELECTRONICS .....	15
1.3 TEMA .....	16
1.4 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN .....	16
1.5 AVGRENSNING AV OPPGAVEN .....	17
1.6 UTFORMING AV PROBLEMSTILLING .....	17
1.7 PROBLEMSTILLING .....	17
1.8 MÅLGRUPPE .....	17
1.9 MÅL .....	18
1.9.1 <i>EFFEKT</i> MÅL.....	18
1.9.2 <i>RESULTAT</i> MÅL.....	18
1.10 RAMMER FOR OPPGAVEN .....	18
1.11 PRODUKTSPEFISIKASJON .....	19
1.11.1 <i>PRINSIPELL</i> PRODUKTSPEFISIKASJON .....	19
1.11.2 <i>DETALJERT</i> PRODUKTSPEFISIKASJON .....	20
1.12 KRAVSPESIFIKASJON.....	21
1.13 INNOVASJON, FORTJENESTE OG EGEN LÆRING.....	21
1.13.1 <i>ØKONOMISK</i> FORTJENESTE .....	21
1.13.2 <i>INNOVASJON</i> .....	21
1.13.3 <i>EGEN LÆRING</i> .....	22
1.14 <i>ØKONOMI</i> .....	22

1.15 VALIDITET, ETTERPRØVBARHET OG RELABILITET .....	23
2 TEORI .....	23
2.1 FORMLÆRE .....	23
2.2 ERGONOMI .....	23
2.3 HÅND OG GREP .....	24
2.4 TEKSTUR OG OVERFLATER .....	24
2.5 ESD .....	24
2.5.1 EPA-OMRÅDER .....	25
2.6 MATERIALER .....	26
2.6.1 PLAST .....	27
2.6.2 PLA .....	27
2.6.3 ESD-MATERIALER .....	27
2.6.4 KONDUKTIVT MATERIALE .....	28
2.7 PRODUKSJONSMETODER.....	28
2.7.1 VAKUUMFORMING.....	28
2.7.2 SPRØYTESTØPING.....	29
2.7.3 ADDITIV TILVIRKNING.....	30
2.8 PRODUSENTER.....	31
2.9 BÆREKRAFT .....	32
2.10 PROTOTYPING .....	33
2.11 LEAN .....	34
3 METODE .....	34
3.1 INNHENTING AV DATA .....	35
3.1.2 INFORMASJONSHENTING .....	35
3.2 DESIGNMETODIKK .....	36
3.2.1 SLAGKRAFT OG NYSKAPNING.....	36
3.3 KVALITATIV OG KVANTITATIV DATAINNHENTING .....	36
3.4 DOUBLE DIAMOND – METODEN.....	36
3.5 KARTLEGGINGSMETODER.....	38

3.5.1 STILLE SPØRSMÅL OG UFORMELT INTERVJU.....	38
3.5.2 BRUKERINTERVJU.....	38
3.5.3 DYBDEINTERVJU.....	38
3.6 SELVUTFORSKING.....	38
3.7 OBSERVASJON.....	39
3.8 METODER FOR IDÉUTVIKLING.....	39
3.8.1 BRAINSTORMING.....	39
3.8.2 TANKEKART.....	40
3.8.3 VISUALISERING AV LØSNINGSFORSLAG.....	40
3.9 UTVELGELSESMETODER.....	40
3.9.1 FORMULERING AV KRITERIER.....	41
3.9.2 EVALUERING MED FARGEPRIKKER.....	42
3.10 BRUKERTESTING.....	42
3.11 PRODUKTANALYSE.....	43
3.12 KONKURRENTKARTLEGGING.....	43
3.13 MODELLBASERT IDÉUTVIKLING.....	43
3.13.1 UTFØRELSE AV PROTOTYPING.....	43
3.14 TREDIMENSJONAL VISUALISERING.....	44
3.15 SWOT-ANALYSE.....	44
<b>4 RESULTATER.....</b>	<b>44</b>
4.1 KARTLEGGING.....	44
4.1.1 KARTLEGGING AV EKSISTERENDE LØSNINGER.....	44
4.1.2 KNOTTEBRETT.....	45
4.1.3 ANDRE EKSISTERENDE LØSNINGER.....	49
4.1.4 KARTLEGGING AV KRETSKORT.....	50
4.2 STILLE SPØRSMÅL OG UFORMELT INTERVJU.....	50
4.3 RESULTAT AV FØRSTE AVKRYSNINGSSKJEMA.....	51
4.4 OBSERVASJON.....	54
4.5 IDÉUTVIKLING.....	54

4.6 TANKEKART.....	55
4.7 ERGONOMI.....	56
4.8 UNIVERSELL UTFORMING.....	58
4.9 STABLEMULIGHETER.....	58
4.10 EVALUERING AV IDEER.....	60
4.11 INNFORING I MATERIALKUNNSKAP GJENNOM ESD-KURS.....	63
4.12 KONKURRENTKARTLEGGING.....	64
4.13 UTFØRELSE AV SKISSEMODELLER.....	65
4.14 FREMLEGG AV SKISSEMODELLER PÅ HAPRO FOR TILBAKEMELDINGER.....	68
4.15 VALG AV KONSEPT.....	69
4.16 VIDEREUTVIKLING AV KONSEPT.....	71
4.16.1 FORMUTFORSKNING.....	71
4.16.2 STØRRELSE PÅ BRETTE OG LOMMENE.....	72
4.16.3 TREDIMENSJONAL VISUALISERING AV LØSNINGEN.....	73
4.17 INNHENTING AV LEVERANDØRER.....	77
4.18 UTVIKLING AV ENDELIG KONSEPT.....	77
4.19 ENDELIG LØSNING.....	79
4.19.1 FORMALESTETISK PRODUKTANALYSE.....	84
4.20 PROTOTYPE.....	85
4.20.1 TESTING AV PROTOTYPE.....	87
4.21 VALG AV PRODUKSJONSMETODER OG MATERIALER TIL ENDELIG KONSEPT.....	91
4.22 ANDRE AVKRYSNINGSSKJEMA.....	91
4.23 TILBAKEMELDING FRA BRUKERE.....	94
4.23.1 TILBAKEMELDING FRA OPPDRAGSGIVER.....	94
<b>5 ANALYSE/DISKUSJON.....</b>	<b>95</b>
5.1 VALIDITET, RELABILITET OG ETTERPRØVBARHET.....	95
5.2 ENDELIG KONSEPT OPP MOT KRAVSPESIFIKASJON OG PRODUKTSPEFIFIKASJON.....	96
5.2.1 MÅL.....	97
5.2.2. KRAVSPESIFIKASJON.....	97

5.2.3 PRODUKTSPEKIFIKASJON .....	98
5.3 AVKRYSNINGSSKJEMA .....	99
5.4 SWOT-ANALYSE.....	100
5.5 MARKEDSANALYSE .....	101
5.6 RISIKOANALYSE.....	102
5.7 RISIKOMATRISSE.....	103
5.8 TIDSBUDSJETT .....	104
5.9 POTENSIELLE OMRÅDER FOR FORBEDRING.....	105
5.9.1 FORVIRRING RUNDT IDE.....	106
5.10 KOST-NYTTE ANALYSE .....	106
5.11 HVORDAN ER PROBLEMSTILLINGEN BESVART .....	108
5.12 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID .....	108
<b>6 KONKLUSJON .....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFI.....</b>	<b>110</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>113</b>

## Figurliste

Figur 1: Forside og bakside av ESD-pose (Selvillustrert foto, 2023) .....	25
Figur 2: Selvillustrert skisse av vakuumforming (Lundhagebakken, 2023) .....	29
Figur 3: Selvillustrert skisse av sprøytestøping (Lundhagebakken, 2023).....	30
Figur 4: Selvillustrert skisse av additiv tilvirkning (Lundhagebakken, 2023) .....	31
Figur 5: Utførelse av fargeprikkmetoden (Selvillustrert, 2023).....	42
Figur 6: Knottebrett (Selvillustrert foto,2023).....	45
Figur 7: Selvillustrert foto av hvordan kassene blir fraktet (2023).....	47
Figur 8: Selvillustrert foto av kasser brukt til frakting (2023).....	47
Figur 9: Stor kasse til frakting (Selvillustrert foto, 2023).....	48
Figur 10: Selvillustrert foto av hvordan kassene stables oppi (2023) .....	48
Figur 11: Lite knottebrett (Selvillustrert foto, 2023) .....	49
Figur 12: Kasset brukt til oppbevaring og frakting (Selvillustrert foto, 2023).....	50
Figur 13: Første avkrysnings skjema (Selvillustrert, 2023) .....	52
Figur 14: Kakediagram av 1.spørsmål fra første avkrysnings skjema (Selvillustrert 2023) .....	53
Figur 15: Kakediagram av 2.spørsmål fra første avkrysnings skjema (Selvillustrert, 2023) .....	54
Figur 16: Oversiktlig bilde av Miro (Selvillustrert, 2023) .....	55
Figur 17: Visualisering av undersiden på brettet er kantete, og kan være litt ubehagelig å holde på (Selvillustrert foto, 2023) .....	56
Figur 18: Visualisering av mulighetene ved håndtering (selvillustrert foto, 2023) .....	56
Figur 19: Grepet på dette bildet er grepet som er tiltenkt (Selvillustrert foto, 2023) .....	57
Figur 20: Bildet visualiserer hvordan brettet blir satt ned i den svarte boksen som brettene fraktes ut av huset med (Selvillustrert foto, 2023) .....	57
Figur 21: Skjerm bilde fra Miro (Selvillustrert, 2023) .....	58
Figur 22: Visualisering av krykke-funksjon (Selvillustrert, 2023).....	59
Figur 23: Skisse 1 (Lundhagebakken, 2023).....	60
Figur 24: Skisse 2 (Lundhagebakken, 2023).....	60
Figur 25: Skisse 3 (Brenli, 2023).....	60
Figur 26: Skisse 4 (Brenli, 2023).....	61
Figur 27: Skisse 5 (Lango, 2023).....	61
Figur 28: Skisse 6 (Lango, 2023).....	61
Figur 29: Skisse 7 (Lango, 2023).....	62
Figur 30: Skisse 8 (Lango, 2023).....	62
Figur 31: Utvelgelse av konsept i Miro (Selvillustrert, 2023) .....	63
Figur 32: WestConrtol sin løsning (WestControl, 2023).....	64
Figur 33: Norautron sin løsning (Norautron, 2023).....	65
Figur 34: Utforskning med nivåer i plastelina (Selvillustrert foto, 2023) .....	66
Figur 35: Sammensetting av modell (Selvillustrert foto, 2023) .....	66
Figur 36: Utskjæringer i arkitekt papp (Selvillustrert foto, 2023) .....	66
Figur 37: Skissemodeller til fremvisning på Hapro (Selvillustrert foto, 2023).....	69
Figur 38: Løsning 1 (Lango, 2023) .....	71
Figur 39: Løsning 2 (Lango, 2023) .....	71
Figur 40: Løsning 3 (Lango, 2023) .....	71
Figur 41: Løsning 4 (Lango, 2023) .....	72
Figur 42: Løsning 5 (Lango, 2023) .....	72
Figur 43: Tredimensjonal visualisering av lommer, forslag 1 og 2 (Lango, 2023) .....	74
Figur 44: Tredimensjonal visualisering, forslag 3 (Lango, 2023) .....	75

Figur 45: Mål på tredimensjonal visualisering, løsning 3, hvor alle mål er oppgitt i millimeter (Lango, 2023) .....	76
Figur 46: Utvendige mål på tredimensjonal modell oppgitt i millimeter (Lango, 2023) .....	79
Figur 47: Ulike mål til den tredimensjonale modellen (Lango, 2023) .....	80
Figur 48: Mål på lomme på den tredimensjonale modellen (Lango, 2023) .....	81
Figur 49: Visualisering av hvor kortene kan ligge på brettet, mulig plassering til forskjellige kort (Lango, 2023) .....	82
Figur 50: Visualisering av hvordan de stables uten kort på (Lango, 2023).....	83
Figur 51: Visualisering av hvordan de kan stables med kort på (Lango, 2023) .....	83
Figur 52: Prototypen printes (Selvillustrert foto, 2023) .....	86
Figur 53: Før og etter sammenstilling (Selvillustrert foto, 2023) .....	86
Figur 54: Testing av prototype i hyller på Hapro (Selvillustrert foto, 2023).....	87
Figur 55: Testing av ulike kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023) .....	88
Figur 56: Testing av flere kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023) .....	89
Figur 57: Testing av enda flere kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023) .....	90
Figur 58: Andre avkryssningsskjema (Selvillustrert, 2023) .....	92
Figur 59: Kakediagram av «Hva er forbedret med den nye løsningen» (Selvillustrert, 2023) .....	93
Figur 60: Kakediagram av «Bruk av ny løsning» (Selvillustrert, 2023) .....	93



## Tabell-liste

Tabell 1: Prinsipiell produktspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2023) .....	19
Tabell 2: Kravspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2023) .....	21
Tabell 3: Mål på knottebrett (Selvillustrert tabell, 2023) .....	46
Tabell 4: Mål på en mindre boks som blir brukt til frakting (Selvillustrert tabell, 2023) .....	46
Tabell 5: Mål av stor kasse (Selvillustrert tabell, 2023) .....	48
Tabell 6: Mål på utvalgte kretskort oppgitt i millimeter (Selvillustrert tabell, 2023).....	73
Tabell 7: Størrelse på lommer til tredimensjonal modell (Selvillustrert tabell, 2023) .....	79
Tabell 8: SWOT-analyse (Selvillustrert tabell, 2023) .....	100
Tabell 9: Risikoanalyse (Selvillustrert tabell, 2023) .....	103
Tabell 10: Risikomatrixe (Selvillustrert tabell, 2023) .....	104
Tabell 11: Kost-nytte-analyse (Selvillustrert tabell, 2023) .....	107

## Ordforklaringer

ESD	-	Electric Static Discharge, Elektrostatisk utladning
ESD materialer	-	Materialer som hindrer skade på elektroniske komponenter
EPA-område	-	ESD-beskyttet område
Kretskort	-	Kort med elektroniske komponenter med elektroniske kretser
Giga ohm	-	En måleenhet for elektrisk motstand. Tilsvarende en milliard ohm.
Ergonomi	-	Optimalisere helse mellom mennesker og arbeidsmiljø
Formstøping	-	Prosess, flytende materiale i form, for å produsere et fast objekt
Arkitektapp	-	Skumkartong eller foamboard brukt til modellering
PLA	-	En type plast laget av naturlige ressurser, er mer miljøvennlig
Skissemodell	-	Enkel og grov prototype tidlig i fasen for å visualisere og teste
CAD	-	Programvare for å lage nøyaktige tekniske tegninger
CAD-modell	-	En tredimensjonal digital modell
SolidWorks	-	3D CAD-programvareverktøy
PCB	-	Selve boardet på kretskortet, den grønne delen
Bliester	-	Form for brett med lommer du kan legge objekter ned i

# **1 Introduksjon**

## **1.1 Oppgavens oppbygging**

Bacheloroppgaven er bygget opp etter IMRAD-struktur, og forsøker å presentere utviklingsprosessen på en oversiktlig måte. Oppgaven består av flere kapitler med delkapitler, som presenterer de ulike fasene og områdene i oppgaven. I forkant av denne rapporten begynte gruppen med en prosjektplan som ble levert til godkjenning. Denne ligger som vedlegg nummer 1.

Kapittel 1 er et innledende kapittel med en introduksjon til oppgaven med bakgrunn for valg av oppgave, begrensning og begrunnelse. Den består også av problemstillingen og kravspesifikasjon.

Kapittel 2 tar for seg teori som er relevant for løsningen av problemet senere i oppgaven. Teorien som beskrives her skal gi en forståelse for å forstå noen aspekter ved løsningene som presenteres senere i oppgaven.

Kapittel 3 tar for seg de teoretiske metodene som er tatt i bruk i oppgaven.

Kapittel 4 tar for seg resultater som på forskjellige tidspunkter i prosessen har vært viktige for videre utviklingsprosess. Avslutningsvis i dette kapittelet vil det presenteres utforming av gruppens endelige konseptløsning for lagring og transport av kretskort.

Kapittel 5 tar for seg analyse og diskusjon/drøfting på etterprøvnbarhet, reliabilitet og endelig løsning mot kravspesifikasjon, produksjon, materialer og levereadør. Besvare problemstilling.

Kapittel 6 er et avsluttende kapittel som avrunder oppgaven med en konklusjon. Gruppen beskriver i hvor stor grad oppgaven har besvart problemstillingen og presenterer forslag til videre arbeid.

## **1.2 Hapro Electronics**

Hapro Electronics er en elektronikkprodusent som har hovedbase i Mohagen på Jaren, men har til sammen tre ulike lokasjoner for produksjon. Hapro Electronics er et datterselskap i konsernet Hapro, hvor Hapro AS er morselskapet og Hapro Jobb og Karriere og Hapro Electronics er datterselskap. Hapro Jobb og Karriere er ledende i Norge innen yrkeskvalifisering. Helt siden 1973 har Hapro vært knyttet til industriell elektronikk og er ledende produsenter innen sitt fagfelt (Hapro AS, 2023).

Med høyteknologisk utstyr og kvaliteten på arbeidet, leverer Hapro Electronics sammenstilte produkter og komponenter til flere deler av verden. Hapro leverer og sammenstiller blant annet kretskort og større komplette enheter med både mekatronikk og elektronikk (Hapro AS, 2023).

### **1.3 Tema**

Valgt tema og motivasjon for valget kom etter et møte med kvalitetsingeniør og produksjonssjef på Hapro. Møtet var et initiativ fra deres side.

Lagring og transport er en stor del av en produksjonsbedrift og produksjonsprosess.

Kretskortene på Hapro blir blant annet transportert mellom de ulike lokasjonene de har på Jaren. Lagring av kretskortene foregår også ved alle lokasjonene, i ulik grad. Noen steder kreves det at mange kretskort blir lagret samtidig. Ved disse områdene krever det at lagringen skal ta så lite plass som mulig, men også lagre i stort volum. Transporten skal også transportere kretskortene på en måte som ikke skader kortene. Kortene blir i dag transportert på brett, de samme brettene som blir brukt under lagring. Disse brettene har ulike mangler og problemer, og er som sagt ikke lenger mulig å oppdrive.

For å kunne være konkurransedyktig i dagens kompetitive samfunn, er man nødt til å kunne levere etter en standard og det ønskede volumet. For å produsere ønsket og nødvendig volum, er hjelpemidlene rundt produksjonen helt nødvendig. Det er også nødvendig at volumet av hjelpemidler er tilstrekkelig for å samkjøre med produksjonen.

Det haster med en løsning, og all jobb vi legger ned vil være med på å fremskynde prosessen til ferdige tegninger som kan sendes videre til fabrikkens som skal produsere den eventuelle løsningen.

### **1.4 Bakgrunn for oppgaven**

Fabrikkens i dag produserer et høyt antall kretskort i ulike formfaktorer. For å illustrere hvor mange, er det tatt utgangspunkt i uke 46 i 2022, hvor det ble produsert 83 unike kretskort. Behovet for brett er økende, og ettersom leverandøren ikke lenger leverer disse brettene og det er økende produksjon, vil konsekvensene bli fatale. Bedriften har vært nødt til å takke nei til potensielle kunder da mangel på brett har senket kapasiteten.

Hapro Electronics er avhengig av at produksjonen har en jevn flyt uten stopp over en lengre periode. Bedriften har selv drevet med utviklingen av produktet over flere år, men ikke kommet i mål grunnet manglende ressurser. Manglende ressurser var også en av grunnene til

at vi fikk tilbud om denne oppgaven i utgangspunktet. Med det økte antallet av produserte enheter, og avslutningen av produksjonen på brett er dette en jobb som haster og en jobb med fortsettelse etter bacheloroppgavens innlevering.

## **1.5 Avgrensning av oppgaven**

Oppgaven i seg selv har ingen avgrensning, da dette er noe Hapro uansett skal igangsette og gjennomføre. En avgrensning er noe vi har vært nødt til å utarbeide med tanke på studieprogrammets krav og med tanke på tiden vi har til rådighet. Løsningen vil derfor ha et stort potensial ettersom Hapro ønsker seg et produkt/løsning som de kan implementere og igangsette i sitt arbeid. Vi har først og fremst et mål om å utvikle en prototype/modell, etter en grundig brukerundersøkelse av nåværende løsning.

Det minste kravet er å presentere ett eller flere potensielle konsepter som har blitt utforsket med ulike materialer og hvor det er blitt laget en prototype på minst et av konseptene. Det skal også kontaktes en mulig leverandør av produktet, og utforskes norske produsenter med ulike produksjonsmetoder og bruk av materialer. Det er ikke en nødvendighet å bestille opp et visst antall produkter, da det i hovedsak er digitale teninger vi skal levere fra oss.

## **1.6 Utforming av problemstilling**

Oppgaven ble utdelt under et møte med Bjørn Inge Østby og Rino Magnussen.

Utformingen av problemstillingen ble nøye vurdert og satt sammen. Kravene er spesifikke og oppgavens «størrelse» kan være avhengig av hvordan problemstillingen blir formulert.

Det har vært utformet flere forskjellige forslag til hvordan ordlyden av problemstillingen skal lyde, men vi landet på en vi mener er den som passer best og beskriver på en god måte det vi skal gjøre gjennom prosjektet.

## **1.7 Problemstilling**

*«Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Hapro Electronics.»*

## **1.8 Målgruppe**

Målgruppen for prosjektet er brukere av dagens løsning. Det vil si de som bruker brettet for å utføre arbeidsoppgaven sin. Dette er i hovedsak de ansatte og arbeiderne på Hapro. Brettene brukes til å håndtere lagring av kretskort, samt frakte kortene rundt på samme bygning, men

også mellom alle bygningene de bruker. Målgruppen og interessentene her vil være den samme gruppen mennesker.

## **1.9 Mål**

### **1.9.1 Effektmål**

Under er det listet opp effektmålene vi ønsker å oppnå med løsningen/oppgaven.

- Skape effektivt arbeid med løsningen vår.
- Brukeren skal ikke få noe form for belastningsskade ved bruk av produktet/hjelpemiddelet (ergonomi).
- Fleksibel løsning (passe til ulike typer kretskort)
- Lett å rengjøre

### **1.9.2 Resultatmål**

Under er det listet opp resultatmålene med oppgaven, Dette er alle målene som vi ønsker å oppnå i form av resultatmål.

- Den endelige løsningen skal fremstilles innenfor prosjektets rammer for både tid og kostnader
- En digital modell av løsningen i tegneprogrammet SolidWorks
- Ulike løsningsforslag i form av skisser eller prototyper
- En skissemodell i størrelsesforholdet 1:1
- Utseenderiktig modell i størrelsesforhold i 1:1 så langt det lar seg gjøre med tilgjengelige ressurser, både materialer og tid
- Kontakte mulige leverandører

## **1.10 Rammer for oppgaven**

Det er satt rammer for oppgaven fra oppdragsgiver, og de er satt opp i en kravspesifikasjon med nødvendig og ønskelige produktspesifikasjoner. Kravspesifikasjonen inneholder krav til materiale, krav til funksjon, krav til miljø og krav til verifisering, testing og kvalitetssikring.

Utover de kravene som kom i førsteomgang, vil det jevnlig komme andre krav fra oppdragsgiver, skole og oss selv til både produkt og prosessen frem til det ferdige produktet.

I boken Slagkraft av Erik Lerdahl blir det påpekt viktigheten av å ha klare og konkrete rammer i et prosjekt. Rammene skal kunne fremme kreativitet, slik at prosessen der det skal genereres gode ideer. Tema i oppgaven bygger på forbedring av allerede eksisterende

løsning, noe som gir grunnlag for flere av rammene og kravspesifikasjonen fra Hapro. Videre vil det være mulig for oss å lage en produktspesifikasjon som kan ta for seg andre typer ønsker og krav til produktet (Lerdahl, 2018).

## 1.11 Produktspesifikasjon

Produktspesifikasjonen er spesifikasjoner til produktet basert på markedsundersøkelser, observasjoner vi har gjort og det vi har blitt oppmerksomme på etter intervjuer under kartleggingsfasen.

### 1.11.1 Prinsipiell produktspesifikasjon

I startfasen av oppgaven er det formulert noen prinsipielle krav, som legger lite vekt på detaljene. Disse kravene vil være en del av suksesskriteriene til løsningen. De sorteres etter viktighetsgradene, skal, bør og kan. Den følger metoden «produktspesifikasjon» i boken *Slagkraft* av Erik Lerdahl.

Tabell 1: Prinsipiell produktspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2023)

	Skal	Bør	Kan
Estetisk			x
Ergonomisk		x	
Funksjonell	x		
Flerfunksjonell		x	
Bærekraftig		x	
Brukervennlig	x		
Lett å rengjøre		x	
Integrerbar i allerede eksisterende produkter	x		
Minske skader på kretskort	x		
Lav kostnad	x		
ESD godkjente materialer	x		
Innovativ			x

### 1.11.2 Detaljert produktspesifikasjon

Mer spesifikke krav til løsningen er formulert basert på markedsundersøkelser, brukerintervju og observasjon i kartleggingsfasen. Måten disse behovene har blitt kartlagt på kan leses om senere i rapporten i kapittel 3 *Metode* og under kapittel 4 *Resultater*. Dette er en oppsummering av de kartlagte behovene som gruppen anser som kritiske i utviklingen av et produkt til dette formålet. Disse kravene er en vesentlig og sentral del av kvalitetssikringen til de løsningene som utvikles. Oppfyllelse av alle «*skal*» krav vil være vesentlig og essensielt, kravene «*bør*» og «*kan*» er mer fleksible. Det vil forsøkes å oppfylle flest mulig av disse.

- Løsningen skal kunne lagre kretskort på en måte som fungerer.
- Løsningen skal enkelt kunne brukes av brukeren.
- Løsningen skal bestå av de kanter, underlag og andre faktorer slik at kretskortene ikke sklir av eller på brettet.
- Løsningen skal ha en lav kostnad.
- Løsningen skal være i de typer materialer som gjør den ESD godkjent, for å unngå statisk elektrisitet som ødelegger kretskortene.
- Løsningen bør ha et grep som er komfortabelt for brukeren.
- Løsningen bør kunne brukes til mange ulike kretskort.
- Løsningen bør være bærekraftig og gjenbrukbar.
- Løsningen bør ha overflater som er enkle å rengjøre.
- Løsningen bør være integrerbar i sammen med esker, paller, traller, hyller og andre områder/produkter som brukes sammen med løsningen.
- Løsningen kan ha et utseende som er estetisk og fint å se på.
- Løsningen kan være innovativ i seg selv som produkt.



## 1.12 Kravspesifikasjon

Tabell 2: Kravspesifikasjon (Selvillustrert tabell, 2023)

	Nødvendig	Ønskelig
ESD sikkert ihht IEC 61340-5-1 med verifisering gjennom vareprøve	X	
Løsning må kunne brukes til mange ulike kretskort	X	
Løsning må være mulig å stable i høyden med kretskort	X	
Må være selvbærende for å unngå belastning på kretskort	X	
Risikovurdering med tanke på skader på kretskort ved håndtering, lagring og transport	X	
Fremskaffelse av leverandør for valgt løsning		X
Ledetid og etterbestillinger for valgt løsning		X
Kost/nytte analyse opp mot valgt løsning	X	
Færrest mulige varianter av løsningen/produktet for kretskortene.		X
Løsning må kunne lagres/transporteres med minst mulig volum når de ikke er i bruk		X
Løsningen skal være bærekraftig og kan gjenbrukes		X
Legge inn bestilling på produkt, teste og verifisere		X
Implementere løsningen i bedriften		X

## 1.13 Innovasjon, fortjeneste og egen læring

### 1.13.1 Økonomisk fortjeneste

For bedriften er vil det ikke være en direkte økonomisk fortjeneste på løsningen da dette ikke er noe bedriften selger til kunder. Likevel vil det være med på å effektivisere arbeidet og redusere sløsing. Noe som er prinsipper i LEAN. Dette nevnes det mer om senere i rapporten. Løsningen vi designer vil ha som mål å øke kvaliteten på arbeidet. Med dette mener vi kortene skal være sikre under lagring og transport.

### 1.13.2 Innovasjon

Gjennom studiet har vi jobbet gjentatte ganger med innovasjon, og hva som kreves for å innovere noe. Et produkt eller en tjeneste skal dekke et behov, og måten det blir gjort på kan være mangt. Innovasjon finnes i mange ulike former og funksjoner, blant annet som re-design. Både prosess og produkt kan videreutvikles og innoveres.

Produktet vi skal utvikle kan være både et re-design, eller det kan være et helt nytt design. Tanken er at det skal være de samme bruksområdene på den nye løsningen som det er på den nåværende løsningen. Det blir gjort gjennom en produktinnovasjon hvor det blir vesentlig forbedret med hensyn til egenskaper, komponenter eller tekniske løsninger. Innovasjon kan også være prosessen frem mot et nytt eller forbedret resultat (Ørstavik & Isaksen, 2023). Utgangspunktet er den nåværende løsningen, og sluttresultatet vil uansett bli en eller annen form for innovasjon. Det kan kategoriseres som produktinnovasjon.

### **1.13.3 Egen læring**

Gjennomføringen av en bachelorgrad og bacheloroppgave er en lærerik prosess som krever innsats og dedikasjon. Under denne prosessen vil vi studenter oppleve en rekke forskjellige læringsmuligheter som bidrar til personlig og faglig utvikling. En viktig del for denne prosessen er å ha vært aktivt engasjert i forelesninger, seminarer og andre læringsaktiviteter, samt være åpen for å lære av foreleser og medstudenter. Ved å gjennomføre en bacheloroppgave vil vi som studenter utvikle en evne til å analysere og kritisere faglig litteratur. Gjennom et gruppearbeid, utfordrerne og varierte oppgaver vil vi som studenter også utvikle evne til å samarbeide og kommunisere på en effektiv måte sammen med andre. Videre vil gjennomføringen av bachelor bidra til å utvikle evnen til å ta ansvar for egen læring og planlegge sin tid effektivt. Dette inkluderer evne til å sette realistiske mål, prioritere oppgaver og håndtere stress og press i en akademisk sammenheng. Alt i alt vil gjennomføringen av en bachelorgrad gi studenter en solid og bred faglig bakgrunn, og en rekke andre nyttige ferdigheter som kan være verdifulle både i videre studier og i arbeidslivet.

### **1.14 Økonomi**

Inkluderingen av økonomi i oppgaven kan være en utfordring av flere grunner. I denne oppgavens tilfelle har det vært utfordrende å finne relevante og pålitelige kilder og data for økonomisk analyse. En annen utfordring har vært begrenset med tid og ressurser tilgjengelig for å inkludere bredere økonomi i oppgaven. Vi har senere i oppgaven kontaktet ulike leverandører, noen av de har gitt oss svar tilbake, men tallene og prisene vi har fått innhentet er ikke spesifikt nok til å kunne inkludere det i et budsjett eller en økonomisk analyse. Disse tallene blir presentert i en kost-nytte-analyse i slutten av oppgaven.

## **1.15 Validitet, etterprøvnbarhet og relabilitet**

Et styringsverktøy underveis i denne prosessen vil være kvalitetssikring. Her handler det om å gjennomføre planlagte og systematiske aktiviteter som hele tiden sørger for at løsningen tilfredsstillende krav til kvalitet.

Kvalitetssikringen gjennomføres ved hjelp av rammer som er utgitt i oppgaven og de ulike krav- og produktspesifikasjonene som er formulert under kapittel *1.11 Produktspesifikasjon* og *1.12 Kravspesifikasjon*. Noen av disse er målbare krav som løsningsforslagene kan måles mot. Kvalitetssikring av løsningene gjennomføres underveis i prosessen, etter de ulike ideutviklingsfasene, for å sørge for at løsninger og ideer tilfredsstillende de faktiske behov og de krav som er satt. Dette stryker validiteten til løsningen, og etterprøvnbarhet av den vil resultere i veldig like løsninger. Kvalitetssikring vil også foregå ved at prosessen/løsningen kontinuerlig settes opp mot problemstillingen. Dette for å sørge for at oppgaven svarer på den.

## **2 Teori**

Teorikapittelet er en viktig del av en akademisk oppgave. Hensikten er å presentere relevant teoretisk kunnskap på feltet som oppgaven omhandler. Teorikapittelet skal gi leseren en forståelse av teoretiske begreper som er relevante for oppgavens tema.

### **2.1 Formlære**

Utseende til produktet er en konsekvens av materiale, farge, overflate, struktur, form og dimensjon. De geometriske formene er grunnlaget for mange gjenstander som er fremstilt industrielt, og ved additiv og subtraktiv metode kan formene bli komplekse. Harde kanter og myke kanter kan gi helt forskjellige uttrykk. Form og uttrykk skaper identitet til et produkt, og kan skape en merkeidentitet. Valget av produksjonsmetode og materiale vil være avgjørende for hvilke uttrykk og identitet produktet har (Øverseth, 2021).

### **2.2 Ergonomi**

Ergonomi handler om tiltak som har hensikt i å tilpasse arbeidsredskaper til de menneskene som skal betjene dem, og er en betegnelse på både forskning og praktiske tiltak gjort gjennom tilpassing. Ergonomi brukes til å forebygge eventuelle feilbelastninger eller slitasje som kunne vært unngått på arbeidstakere (Levi, 2020). Ergonomi har i hovedsak kommet som en reaksjon på at et monotont arbeid, som maskinstyrt arbeid, har gitt plager da kroppen beholdes ganske statisk under arbeidet.

Målet er å skape et hjelpemiddel som ivaretar menneskets helse, at det ikke forekommer belastningsskader ved bruk. Ergonomisk tilpasning kan i flere tilfeller også gjøre personer med nedsatt funksjonsevne arbeidsdyktige (Levi, 2020).

### **2.3 Hånd og grep**

Hånden er et eget verktøy, og berøringssansen gjør at det er mulig for oss å oppleve detaljer på produktets overflate og strukturen i produktet. Både i privatlivet og i arbeidslivet er hendene viktige deler av alle arbeidsoppgavene man utfører i løpet av en dag. Verktøy har visse krav til hvordan hånden skal ligge på eller rundt verktøyet, samt krav til yteevne og andre tekniske funksjoner.

Det finnes flere forskjellige grep, og de ulike grepene krever ulik kraft og presisjon. De åtte grepene deles inn i to kategorier, kraftgrep og presisjonsgrep. Kraftgrepet kan karakteriseres med at det er de store muskelgruppene i underarmen som aktiveres under grepet. Det gir et kraftfullt grep, men med noe dårligere presisjonsegenskaper. Grepet rundt en hammer er et kraftgrep. Presisjonsgrep styres mer av fingermusklene som gir litt dårligere kraft, men kan gi veldig presise bevegelser. Her er tommelen et viktig verktøy, og et presisjonsgrep kan være grepet rundt en penn (Øritsland, 1999).

### **2.4 Tekstur og overflater**

Overflater og teksturer spiller en viktig rolle inn i produktdesign, ettersom de kan påvirke både utseende og følelsen av produktet. Overflater kan være glatte, ru, blanke eller matte, mens teksturer kan være grove, mønstrede, myke eller harde (Eppinger, 1994).

### **2.5 ESD**

ESD står for Electric Static Discharge, Elektrostatisk utladning, og er en forflytning av en elektrisk ladning mellom to objekter som skjer plutselig. Det er forårsaket av at objektet eller objektene får en betydelig ladning med fortegn som er forskjellige og det dannes et elektrisk felt. Opphoping av statisk elektrisitet kan skje på grunn av friksjon eller kontakten mellom ulike materialer (Grøn, 2021). Det finnes en IEC-standard, NEK IEC 61340-5-1:2016, som er en brukerguide for beskyttelse av elektroniske enheter fra elektrostatiske fenomener.

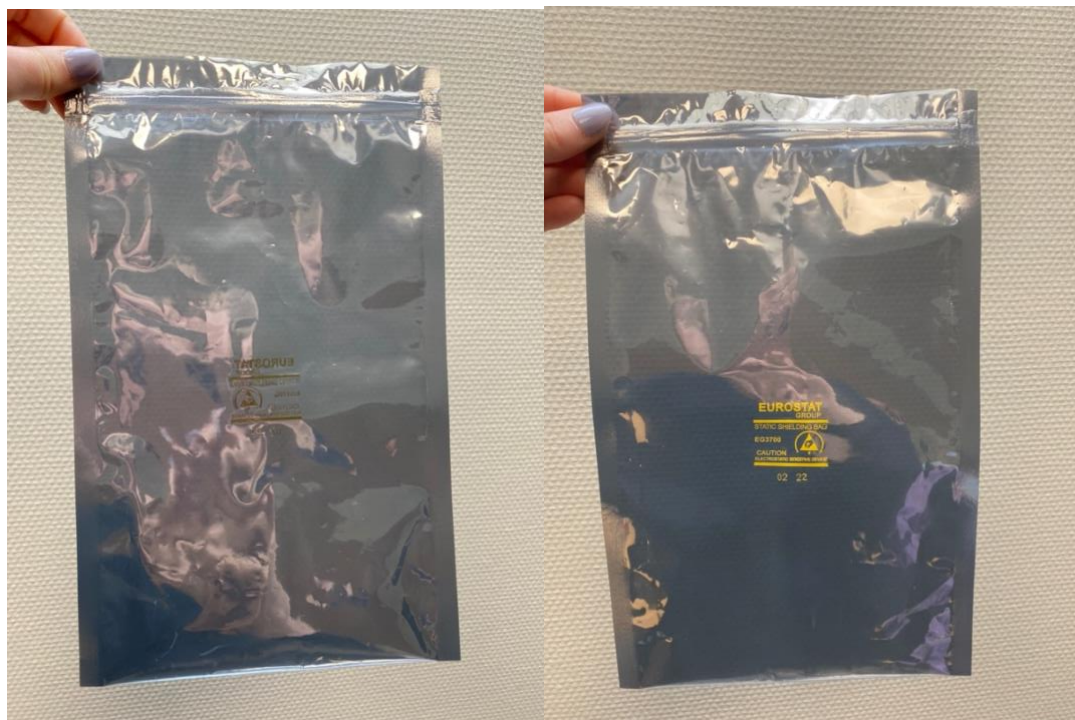
Menneskekroppen inneholder spenninger og kan ved berøring gi fra seg flere hundre volt. Denne spenningen kan ødelegge et kretskort ved berøring med mindre man har på seg egnede klær for å stoppe at denne spenningen kommer ut ved berøring. Kretskort består av flere komponenter, og alle komponentene gjør en jobb for at kortet skal utføre oppgaven det er

blitt designet til å gjøre. Dersom kortet får tilført spenning, vil det kunne skje kortslutninger som både er synlige og usynlige. De synlige kan man gjøre noe med dersom man ser hvor skaden er. Da kan man lodde eller justere på komponentene slik at de er på sin rette plass. Med ESD som en veldig viktig del av designet, er det ekstra nøye hvilke materialer som blir brukt på produktene.

### 2.5.1 EPA-områder

Inne i fabrikk er det egne ESD-områder, kalt EPA-områder (Electrostatic Discharge Protected Area), med jording i gulvet og det er påbudt med riktig bekledning. Det skal brukes frakk med kobbertråder, genser eller t-skjorte og sko.

Artikler som skal tas med inn til EPA-områder og som kan skade komponentene, ikke ESD-godkjente artikler, må fraktes i ESD-poser. ESD-posene som oftest blir brukt på Hapro blir vedlagt som to bilder rett under.



Figur 1: Forside og bakside av ESD-pose (Selvillustrert foto, 2023)

Inne i EPA-områdene er det krav til luftfuktighet, da denne også kan være med på å gjøre komponentene ikke brukbare. Dersom luften er tørr, vil den være mere statisk enn om den ikke er så tørr. Den optimale luftfuktigheten i produksjonslokalet er mellom 30% og 70%, med  $\pm 3\%$ .

Gulvet i hele fabrikken der man arbeider med kretskort og komponenter er jordet. Jordingen gjør at strøm ikke blir ledet gjennom gulvet. I tillegg er det matter oppå arbeidsplasser og traller der det skal ligge kort eller andre utsatte komponenter, som er jordet. Bekledningen holder ikke når arbeiderne skal håndtere kort og komponenter, da det kan komme spenninger fra kroppen om beina ikke er i kontakt med gulvet. Da er det påbudt å bruke armlenker som stopper spenningen. Ved jevnlig rengjøring skal det brukes et antistatisk middel for å behandle overflatene. Det er en sprayflaske med et middel du sprayer på og tørker av. (Svåsand, 2023).

## **2.6 Materialer**

I kravspesifikasjonen er det tydelige rammer på hvilke krav materialene skal oppfylle. Uavhengig av kravspesifikasjonen, er termoplast et bra materiale vi skal gå nærmere inn på da det potensielt har de egenskapene både vi og bedriften ønsker. Det er også mulig å benytte andre materialer for prototype av løsningen.

For at et materiale skal kunne brukes sammen med kretskortene på Hapro, må det være en total mostand i materialet som er mindre enn en giga ohm. Plasten bør ha behandlet karbon i seg, for at kretskortene ikke skal bli utsatt for statisk elektrisitet. Å bruke konjunktiv materiale vil gjøre at det har en holdbarhet på lenger enn 6 måneder, som mye av materialene innen ESD har en holdbarhet på.

Hvilke materialer som kan bli brukt er også avhengig av hvilken eller hvilke produksjonsmetoder som skal benyttes til produksjonen av det endelige produktet. ESD Service er en leverandør av produkter som er ESD-godkjente, og materialene de bruker er et polymer, en amorf termoplast som er billig og derfor veldig vanlig.

Videre vil vi beskrive noen ulike materialer, blant annet ESD-materialer som er materialkrav fra Hapro. Plast og metaller er materialer vi har kunnskap om etter emnene Materiallære og Materiallære II. Metaller er ikke like aktuelt i denne sammenheng, men noen konduktive materialer inneholder metaller.

### **2.6.1 Plast**

Plast er et materiale som er svært allsidig, og som kan gjennom polymerisasjon danne forskjellige syntetiske materialer med ulike egenskaper. Plast som materiale er oljebasert og formes ofte til sammenvevdede fibre eller med lengre filmer. Det skilles mellom to hovedtyper plast, termoplast og herdeplast. Termoplast kan varmes opp igjen og formes på nytt, og herdeplast får en endelig form etter herdingen og er ofte vanskeligere å resirkulere (Puskas, 2013).

### **2.6.2 PLA**

Poly(laktidsyre)(PLA) er et biobasert og nedbrytbart termoplastisk polymermateriale som har blitt populært i en rekke forskjellige anvendelser. Dette på grunn av dens positive egenskaper. PLA er produsert fra maisstivelse, sukkerrør eller poteter, og er derfor en fornybar ressurs som reduserer miljøpåvirkning og karbonavtrykket sammenlignet med de tradisjonelle petroleumsbaserte plastmaterialer. PLA er kjent for sine positive egenskaper som høy styrke, stivhet, gjennomsiktighet, varmemotstand og lav toksisitet. PLA har vist seg å være nedbrytbart i komposteringsanlegg og i naturen, noe som er en viktig egenskap for å redusere påvirkningen på miljøet.

PLA kan brukes i flere forskjellige applikasjoner, inkludert medisinsk utstyr, emballasje, bæreposer, tekstiler og 3D-utskrift. PLA brukes mye i 3D-utskrift på grunn av dets høye styrke og stivhet, og også evnen til å lage komplekse geometrier. 3D-utskrift med PLA som materiale kan blant annet brukes til å produsere verktøy, maskindeler og prototyper (Ahmed Z. Nazer, 2021).

### **2.6.3 ESD-materialer**

Det finnes ingen liste på hvilke materialer som er ESD-materialer, og hvilke som ikke er det. Konsentrasjonen av ledende og ikke-ledende materialer er essensielt for å ikke føre spenninger og strøm videre.

ESD-materialer er materialer som er designet for å hindre at det blir skade på elektroniske komponenter og utstyr ved å lede bort den elektroniske utladningen. Materialene har vanligvis en høy elektrisk ledningsevne og kan redusere eller eliminere potensielle skader eller problemer forårsaket av elektrisk utladning (READING PLASTIC MACHINING AND FABRICATION, 2023).

## 2.6.4 Konduktivt materiale

Konduktive materialer er materialer som har evnen til å lede elektrisk strøm. Dette betyr at elektroder kan fritt bevege seg gjennom materialet, noe som gjør at elektrisk energi kan overføres effektivt. Eksempler på materialer som er konduktive inkluderer metaller som kobber og aluminium. Konduktiviteten til et materiale avhenger av ulike faktorer, inkludert sammensetning, struktur og temperatur. Den kan også påvirkes av forurensninger i materialet (William D. Callister, 2020).

Plast med karbon i seg er et materiale som egner seg godt i bruk med elektronikk fordi det ikke ødelegger komponenter med statisk elektrisitet. Det er også mulig å produsere slikt materiale som er resirkulerbart.

## 2.7 Produksjonsmetoder

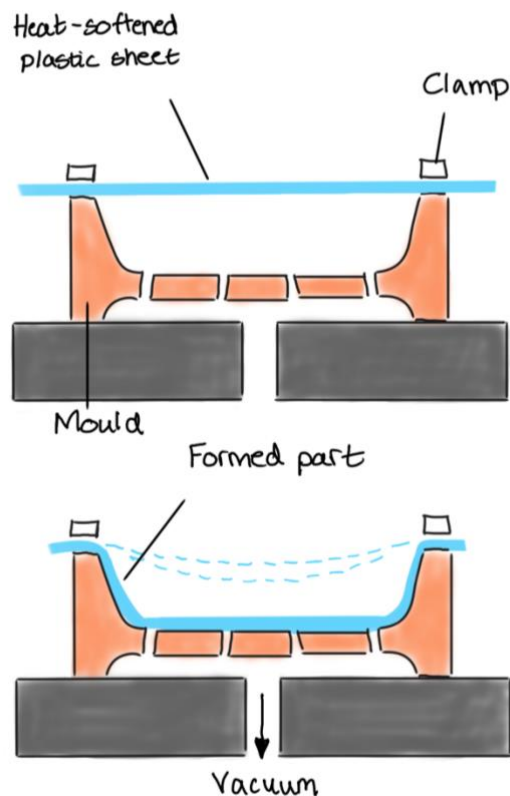
Produksjonsmetoder som kan brukes til å utvikle en eventuell løsning vil være flere. Produksjonsmetodene blir begrenset av materialene, og materialene blir begrenset av produksjonsmetoden. Tidligere har vi presentert plast som materiale og vil nå beskrive noen ulike produksjonsmetoder som kan brukes med dette materialet, og for en mulig løsning på oppgaven. Produksjonsmetoder kan også bli begrenset av hva slags leverandør som blir valgt. Da det er de som bestemmer og styrer hvordan de produserer varer til kunder. I bachelorløpet har vi hatt emnet TEK2116 *Produksjonsmetoder*, noe som har gitt oss kunnskap om flere ulike produksjonsmetoder. Under nevnes noen som vil være mer relevante for oppgaven. Hapro benytter seg av maskinteknologi og roboter til å utføre noen av produksjonsprosessene de har.

### 2.7.1 Vakuumforming

Vakuumforming er en produksjonsmetode som brukes til å forme plastplater eller plastfolier ved hjelp av varme over en form. Prosessen involverer oppvarming av plastmaterialet til smeltepunktet, og deretter så strekkes og trekkes det over en form ved hjelp av en vakuumkilde. Dette gjør at plastmateriale former seg etter den formen. Prosessen kan kombineres ved bruk av et stempel eller pressluft for å skape vakuemet om former platen etter varme.



Prosesen brukes ofte til å lage produkter som har en form som er vanskelig eller kostbar å fremstille med andre metoder. Dette inkluderer produkter som skilt, emballasje eller beskyttelsesdeksler (Helseth, 2023).

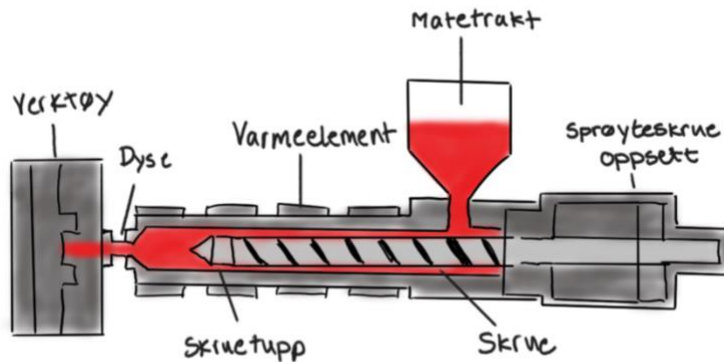


Figur 2: Selvillustrert skisse av vakuumforming (Lundhagebakken, 2023)

## 2.7.2 Sprøytstøping

Sprøytstøping er en produksjonsprosess som brukes til å lage plastdeler i større volum. Prosessen innebærer å smelte plast i en sprøytemaskin og dermed injisere plasten under høyt trykk inn i en form. Når plasten er nedkjølt, fjernes delen fra formen og er dermed klar til bruk. Prosessen kan variere i en viss grad avhengig av kompleksiteten til den ønskede delen. Denne prosessen kan produsere en rekke forskjellige produkter, fra små leker til store bilkarosserideler. Ved hjelp av denne metoden kan man produsere raskt et stort antall plastdeler med god kvalitet og presisjon (MVP, 2023).

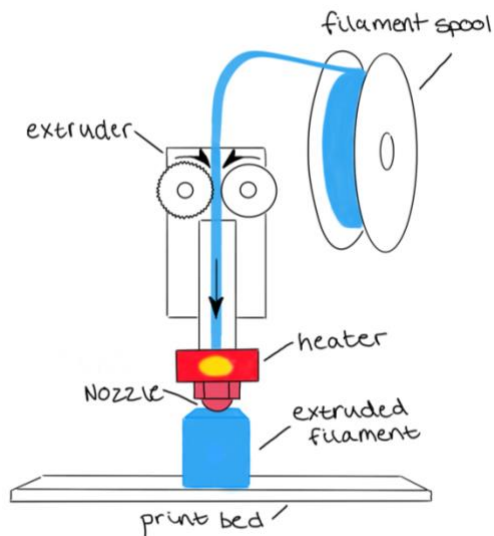
For eksempel kan termoplast blir varmet opp til det er delvis flytende, og prosessen er mulig å reversere. Et stempel presser ut det bearbeidede materialer som da kan være termoplast, gummi eller metall. En tilmålt mengde materiale blir presset over i en avkjølt form (Helseth, 2021).



Figur 3: Selvillustrert skisse av sprøytestøping (Lundhagebakken, 2023)

### 2.7.3 Additiv tilvirkning

Additiv tilvirkning er en fremstillingsprosess hvor en 3D-printer. Til dette brukes det en 3D-datafil, for eksempel en CAD-fil, for å smelte filament lagvis og bygge en modell i henhold til CAD-filens instruksjoner. En slicer-programvare konverterer 3D-objektfilen til et format som kan forstås av printeren, og gir instruksjoner om filamenttykkelsen, matehastigheten og fyllingsgraden. Filamentet, som ofte består av PLA, varmes opp og presses ut av en dyse på printeren. Denne fremstillingen skjer i X- og Y-plan og bygger seg lagvis oppover Z-planet. Ofte vil det være nødvendig med støttestrukturer for å unngå at printen kollapser. Under er en selvillustrert skisse av metoden.



Figur 4: Selvillustret skisse av additiv tilvirkning (Lundhagebakken, 2023)

## 2.8 Produsenter

Bedriften Hapro Electronics holder sted på Jaren. De ønsker å produsere denne løsningen med en lav kostnad. En av oppgavene våre har vært å utforske muligheter for leverandører. Vi har undersøkt både fordeler og ulemper med å bruke leverandører i Norge og i utlandet. Vi har også undersøkt noen muligheter hos leverandører Hapro har brukt før. Å bruke leverandører i utlandet, for eksempel Kina vil gi både fordeler og ulemper. Fordelene ved å bruke leverandør fra Kina vil være:

- Lavere produksjonskostnader: Tradisjonelt sett så har Kina hatt lave produksjonskostnader sammenlignet med flere andre land. Dette kan derfor gjøre det mer kostnadseffektivt å produsere varer der.
- Stort utvalg av leverandører: I Kina er det en stor og voksende produksjonsindustri. Dette betyr dermed at der er et bredt utvalg av produksjonsmuligheter og leverandører som er tilgjengelig for bedrifter.
- Teknologisk kompetanse: Kina har i de siste årene gjort store fremskritt innen teknologisk utvikling. Dette kan bedrifter ta nytte av ved å inngå samarbeid med leverandører her.

Det vil også være noen ulemper ved å bruke leverandører i Kina. Blant annet er mange kinesiske produkter forbundet med kvalitetsproblemer. Dette kan koste bedriften penger i retur- og garantikostnader. Det kan oppstå kommunikasjonsproblemer på grunn av kulturelle og språklige forskjeller. Dette kan skape forsinkelser eller misforståelser. Leveringstider fra Kina vil også være en del lenger enn fra eventuelt lokale leverandører. Det er også flere fabrikker i Kina som har dårlig vilkår for arbeiderne sine, noe norske bedrifter ikke ønsker å støtte (BaySource, 2023).

Leverandører i Norge kan gi følgende fordeler:

- Kortere leveringstider: Leverandørene i Norge kan tilby rask levering, noe som kan være viktig for bedrifter om man trenger å produsere noe raskt.
- Høy kvalitet: Norske leverandører er kjent for å tilby produkter av høy kvalitet, og dette kan bidra til å styrke brukertilfredsheten.
- Bedre kommunikasjon: Kommunikasjonen vil ofte være noe enklere på grunn av kulturelle og språklige likheter.

Ulempene ved å bruke norske leverandører kan blant annet være at det er høyere produksjonskostnader. Det er mer begrenset utvalg av leverandører i Norge. Det er også en begrenset teknologisk kompetanse på visse områder sammenliknet med andre land.

## **2.9 Bærekraft**

I dagens samfunn er det en økende bevissthet om behovet for bærekraftig utvikling. Det er svært viktig at dagens utvikling tilfredsstiller våre behov uten å ødelegge muligheter for fremtidige generasjoners behov. Dette innebærer å være mer bevisste i forhold til hvilke valg som blir tatt i henhold til materialer, produksjon og transport, slik at vi kan bidra til å nå FNs bærekraftsmålet nummer 12. *Ansvarlig forbruk og produksjon.*

For å oppnå bærekraftige produkter er det flere faktorer som spiller inn. En av de viktigste faktorene er å bruke materialer som har god kvalitet og lengre levetid. Dette kan føre til en reduksjon i avfallet og behov for å produsere nye produkter. I tillegg til dette er det også viktig å sørge for at materialene kan gjenvinnes og brukes på andre områder etter endt levetid, for eksempel som energi.

For å oppnå en bærekraftig produksjon, er det viktig å vurdere hele produksjonsprosessen. Dette inkluderer å velge energieffektive produksjonsmetoder, samt redusere bruken av farlige kjemikalier. I tillegg til dette kan man vurdere å bruke fornybar energi i produksjonen, noe som kan redusere klimautslippene som oppstår ved bruk av fossilt brensel.

Behovet for bærekraftig utvikling, inkluderer også å styrke partnerskap for å nå FNs bærekraftsmålet nummer 17. *Samarbeid for å nå målene*. En bærekraftig utvikling krever samarbeid på tvers både sektorer og landegrenser for å oppnå økonomisk, sosial og miljømessig utvikling.

For å kunne oppnå et bærekraftig partnerskap, må det være en forpliktelse til å samarbeide og dele kunnskap og ressurser fra alle parter. Bærekraftsmålet nummer 17 er en viktig del av FNs bærekraftsmål, og krever en felles innsats fra alle parter for å oppnå en bærekraftig utvikling.

## **2.10 Prototyping**

En prototype kan defineres som en tidlig versjon eller en modell av et produkt, system eller løsning, Prototypen er laget for å teste og evaluere ulike aspekter ved løsningen eller produktet. En prototype kan være en fysisk modell, simulering eller en digital modell, og den kan være både enkel og kompleks avhengig av formålet med den.

Formålet med en prototype er å teste eller evaluere ulike aspekter ved produktet eller løsningen før det skal masseproduseres eller lanseres på markedet. En prototype skal avdekke eventuelle mangler eller feil som må forbedres til den endelige løsningen. Dette kan bidra med å redusere kostnadene ved produksjonen og sørge for at produktet tilfredsstiller de behov som er aktuelle.

En prototype gjør det mulig å utføre bruketesting om det er et produkt som skal brukes av mennesker. Gjennom prototype sjekkes funksjonaliteten til et produkt, og gjennom brukertesting kan man identifisere hvordan de potensielle brukerne interagerer med produktet, hvilke funksjoner som fungerer bra og hvilke som kan forbedres. Det kan også identifisere eventuelle problemer eller andre utfordringer som kan oppstå i brukersituasjonen. Dette bidrar med å kvalitetssikre produktet før det skal produseres og lanseres.

Prototyping er en viktig del av en produktutviklingsprosess, og det er vanlig å lage flere prototyper med stadig høyere grad av kompleksitet og detaljer etter hvert som løsningen utvikles og forbedres. Ved å prototype reduserer man risikoen for feil og mangler i den endelige løsningen eller produktet (Hallgrimsson, 2019).

## **2.11 LEAN**

LEAN er en metodikk som har som mål å skulle eliminere unødvendig sløsing under produksjonsprosesser og også forbedre effektiviteten. Dette vil oppnås ved å kontinuerlig forbedre og eliminere aktiviteter som ikke skaper verdi for kunden. LEAN-metodikken er basert på fem grunnleggende prinsipper:

1. Verdistrømsanalyse – kartlegging av prosessene for å identifisere forbedringspotensial og sløsing.
2. Flyt – optimalisering av flyten av materialer og informasjonen gjennom produksjonsprosessen.
3. Pull – Produksjon basert på kundenes etterspørsel.
4. Standardisering – utviklingen av standarder for å sikre kvalitet og effektivitet.
5. Kontinuerlig forbedring – kontinuerlig evaluering og justering av prosessene for å kunne eliminere sløsing og forbedre kvalitet og effektivitet.

I produksjonsbedrifter brukes LEAN til å forbedre produksjonsprosessene og også øke effektiviteten. Dette kan oppnås ved å eliminere og identifisere unødvendige aktiviteter, forbedre flyten av informasjon og materialer gjennom produksjonsprosessen og fokusere på å produsere basert på kundenes etterspørsel. Metodikken blir også brukt til å utvikle standarder for å sikre effektiviteten og kvaliteten (Michael George, 2004). Hapro har LEAN-koordinatorer og bruker metodikken i sine arbeidsprosesser. Det blir også avholdt kurs for å opprettholde kunnskapen.

## **3 Metode**

Prosjektet har vært preget av en prosess bestående av mange metoder, derav metoder for kvalitetssikring og metoder for utvikling. Metode-kapittelet tar for seg hvilke metoder som er brukt gjennom prosjektet. Det er delt inn kronologisk, der metodene for kartlegging og datainnhenting kommer først og deretter idéutvikling og utvelgelser.

### **3.1 Innhenting av data**

Datainnhenting har vært en kontinuitet gjennom utviklingen av produktet. Det er en viktig del av problemløsning, og en del av kvalitetssikringen. Ved å hente inn data fra allerede eksisterende produkter, både internt i bedriften og eksternt, vil det gi en større sjanse til å kunne utvikle et endret og forbedret produkt, samtidig som det er viktig å vite hvilke størrelser vi er nødt til å holde oss innenfor med tanke på hyller og lagringsplass det er nødt til å passe inn i.

Datainnsamling skjer gjerne i samråd med brukere og andre personer involvert, enten direkte eller indirekte. Det er både kvalitativ og kvantitative svar vi har hentet inn, som blir nærmere forklart i et senere delkapittel. Å holde på objektiviteten blir en nøkkel til å holde kvaliteten oppe i oppgaven og i selve datainnhenting. Det skal være mulig for andre å kunne fremskaffe de samme resultatene.

#### **3.1.2 Informasjonshenting**

For å kunne løse oppgaven er vi avhengig av å ha mest mulig troverdig informasjon. Hvis ikke kan vi ende opp med løsninger som ikke er tilfredsstillende. Denne metoden hjelper oss å hente inn nødvendig informasjon for å kunne løse oppgaven på best mulig måte. For å hente inn informasjon om materialer, har gruppen vært i kontakt med Audun Svåsand ved Hapro, for å bli kjent med ESD-godkjente materialer. Alle medlemmene i gruppen har vært med på et ESD-kurs, som ga oss nødvendig kunnskap om sikkerheten og behandling av kretskort, samt bekledning inne i produksjonsområdet. Rolf-Gunnar Smistad har vært et mellomledd, hvor han har kontaktet andre leverandører med lignende produkter av det gruppen ønsker å produsere.

Vi har forsøkt å gjennomføre konkurrentkartlegging. Formålet med denne metoden er å få oversikt over aktuelle konkurrenter, og hva de leverer av løsninger. Ved å analysere deres styrker, og svakheter kan det bidra til nye ideer til løsninger. Vi har også individuelt søkt etter andre bedrifter, som også produserer kretskort, for å finne hvilke løsninger de benytter seg av (Lerdahl, 2017, p. 50).

## **3.2 Designmetodikk**

Designmetodikk er et samlebegrep på metoder og andre tilnæringer som brukes for å utvikle et produkt eller en tjeneste ved hjelp av en designprosess. Denne prosessen har ofte flere underprosesser som materiale, produksjon og bærekraft. En kombinasjon av flere metoder vil gi en god uttelling ved et designprosjekt. Viktige prosesser er skissering, modellering, diskusjon, idéutvikling og teoretisk skriving (Brown, 2008). Metodikken som er anvendt i oppgaven er beskrevet under.

### **3.2.1 Slagkraft og Nyskapning**

Gjennom studieløpet har sentrale lærebøker vært Erik Lerdahls verk «Slagkraft» og «Nyskapning». Bøkene presenterer metoder som har vist seg å være verdfulle i kreative prosesser. Disse to bøkene introduserer forskjellige systemer som systematiserer det kreative arbeidet, og gir en struktur til prosessen, samt at metodene fremme de kreative tankeprosessene. Metodene presentert videre i rapporten stammer hovedsakelig fra nevnte bøker, og har blitt brukt i hele prosessen som en helhet.

## **3.3 Kvalitativ og kvantitativ datainnhenting**

Kvantitativ data består av kalde, harde fakta, nemlig tall. Kvantitativ data er statistisk og strukturert, og er nyttig når du behøver å trekke generelle konklusjoner fra undersøkelsene dine. Kvalitative data er informasjon som beskriver et emne istedenfor å måle det. Dette kan være inntrykk, meninger og synspunkter. En kvalitativ undersøkelse er ikke like strukturert som kvantitativ undersøkelse. Målet med en kvalitativ undersøkelse er å dykke dypt ned i det aktuelle tema for å få informasjon om personers tanker og holdninger. Dette gir en dypere innsikt i undersøkelsesspørsmålene, men det gjør også at det blir vanskeligere å analysere resultatene fra undersøkelsene (SurveyMonkey by momentive, u.d.).

## **3.4 Double Diamond – metoden**

Dobbel diamant er utviklet av British Design Council og er en modell som viser designprosessen. Den er delt inn i fire faser innenfor to diamanter, som bygger på åpne- og lukkefaser. Gruppen har bestemt seg for å velge denne metoden for designprosessen fordi den er oversiktlig, og vi mener det er greit å følge en metode som tar for seg hele prosessen fra start til slutt.



I et designprosjekt starter man med å hente inn innsikt og inspirasjon. I denne fasen begynner man å identifisere problemet, ta kontakt med sluttbruker og analyserer trender og muligheter. Noen av de typiske aktivitetene i denne fasen er:

- Identifisere problemet som skal løses
- Utvikle innsikts- og analysegrunnlag
- Utvikle problemstilling som skal løses

Neste fase handler om å definere. Alle ideer og funn man har gjort, blir analysert og strukturert. Disse settes gjerne opp mot kravene fra kunden, som i vårt tilfelle blir kravspesifikasjon som er utarbeidet av Hapro. Målet med fasen er å utvikle rammer for hva som er mulig, og jobbe ut ifra de. Noen av de typiske aktivitetene i denne fasen er:

- Analysere resultatene fra innsiktsfasen
- Identifisere et antall mulige løsninger, med utgangspunkt i funnene
- Lage plan for videre arbeid

Den tredje fasen har fokus på utvikling. I felleskap med sluttbrukeren, videreutvikler man ideene og tester ulike konsepter, for å til slutt kunne velge den løsningen som svarer best på oppgaven. Målet med fasen er å utvikle løsninger som er klare for implementering. Noen av de typiske aktivitetene i denne fasen er:

- Designe løsningene som er en del av en helhetlig opplevelse
- Teste løsningene på sluttbrukeren, og justere på bakgrunn av tilbakemeldingene
- Kartlegge hva som må til for å implementere løsningen

Den siste fasen handler om å ferdigstille og levere sluttresultatet. Ut ifra arbeidet gjort i forrige fase skal man forsøke å implementere løsningen. I de fleste tilfellene skal leveransen administreres av noen andre, derfor at det viktig med overføring av eierskap. Noen av de typiske aktivitetene denne fasen er:

- Ferdigstille produkt
- Dele erfaringer med utviklingsprosessen

(Design og arkitektur Norge, 2023)

### **3.5 Kartleggingsmetoder**

Gjennom prosessen har det blitt brukt flere metoder for kartlegging. Godt forarbeid fører til gode resultater, og kartlegging er med på å legge grunnmuren for videre arbeid.

#### **3.5.1 Stille spørsmål og uformelt intervju**

Stille spørsmål metoden er en utforskende metode, og det som skal utforskes er oppgaven eller problemstillingen som skal løses. Det er seks grunnleggende spørsmål som ligger i metoden, og det er hvem, når, hvorfor, hvordan, hvor og hva. Ved hjelp av disse spørsmålene, kan svarene gi en klarhet i hvordan man kan gå frem for å løse oppgaven eller problemstillingen (Lerdahl, 2017, p. 52).

Uformelt intervju vil gi intervjuobjektet muligheten til å snakke fritt. Vi har valgt å bruke stille spørsmål og uformelt intervju metodene i en tidlig fase for å starte kartleggingen med åpenhet og muligheten for å få innsikt fra flere forskjellige sider.

#### **3.5.2 Brukerintervju**

Brukerintervju er en metode for å samle inn kvalitativ data. Informasjonen kommer fra erfaringer, perspektiver og behov fra brukeren selv i forhold til produktet. Brukerintervju er en av de metodene som kan gi best forståelse av brukerens opplevelse av produktet (Norman, 1986).

#### **3.5.3 Dybdeintervju**

Dybdeintervju er et mer intensivt intervju med kun en person av gangen hvor målet er å få en dypere forståelse av problemstillingen eller et tema. Samtalen eller intervjuet blir som oftest gjort uten en fast plan eller noe skjema å gå etter. Intervjuobjektene er aktører med kunnskap og erfaringer med oppgaven. Dybdeintervju benyttes gjerne når det er en oppgave som er definert som skal løses, eller når man er på utkikk etter nye ideer og behov (Lerdahl, 2018, pp. 80-81).

### **3.6 Selvutforsking**

Metoden går ut på at man personlig tester ut dagens løsning og hvordan den fungerer, for å finne dens mangler og styrker. Denne metoden kan gi grobunn for nye ideer og løsninger.

Øvelsen ble gjennomført ved at hver av oss fikk bære et brett med kretskort over en kort strekning. Vi har prøvd både med mange små kretskort på brettet, og noen av de større kretskortene, for å se om det er en forskjell på hvor stabilt kretskortene ligger på brettet under

bevegelse. Vi har også stablet opp brettene opp på hverandre, ved hjelp av knotter som er dagens løsning for stabling. Når brettene med kretskort skal fraktes over en lengre strekning, plasseres brettene i bokser. Vi har stablet brettene i en tilsvarende eske for å teste hvordan dette fungerer per dags dato (Lerdahl, 2017, p. 76).

### **3.7 Observasjon**

Observasjon er en metode som brukes i forskning for å samle inn data om fenomener eller hendelser ved å observere dem direkte og systematisk. Det innebærer å bruke egne sanser, som syn, hørsel, lukt, eller følelse, for å kunne beskrive og registrere det man ser og opplever.

Observasjon kan brukes til å samle kvantitative data, men også kvalitative data, avhengig av formålet. Det er viktig å være klar over at denne metoden kan være påvirket av ens egne fordommer eller antakelser, og det er derfor viktig å være bevisst på sin rolle som observatør og holdninger.

Metoden har foregått mens vi har vært rundt på Hapro sine tre lokasjoner og observert de ansatte mens de arbeider med den nåværende løsningen.

### **3.8 Metoder for idéutvikling**

Idéutvikling kan være en uoversiktlig prosess, og det er dermed viktig å kunne gjøre noen av stegene systematisk.

#### **3.8.1 Brainstorming**

Brainstorming er en velkjent metode for idégenerering, som tar sikte på å frembringe et bredt spekter av ideer som er potensielle. Denne prosessen er karakterisert av en atmosfære av impulsivitet samtidig kreativitet, der deltakerne oppmuntres til å tenke fritt og helt uten begrensninger. Et sentralt prinsipp i brainstorming er at ingen ideer blir betraktet som dårlige ideer og umiddelbart avvist. I stedet oppfordres deltakerne til å skrive ned alle sine ideer, uansett hvor absurde eller urealistiske de kan virke ved første tanke. Denne inkluderende tilnærmingen bidrar til å skape et trygt rom hvor alle ideer blir verdsatt og vurdert på lik linje. Ved å samle et slikt bredt spekter av ideer kan brainstorming bidra til å utforske nye og uventede løsninger på et problem eller en utfordring (Lerdahl, 2017, p. 110).

### **3.8.2 Tankekart**

Et tankekart er en form for visuell organisering av ideer eller konsepter, og er en effektiv måte å utvikle nye ideer på. Denne metoden er utviklet av Tony Buzan, og kan utføres både individuelt og i grupper. Det er vanlig å starte med et nøkkelord eller tema man skal ta for seg, og deretter bygge seg utover. Ut ifra midtpunktet assosierer man ulike tanker og informasjon, som skrives ned. Disse underemnene kan igjen ha enda flere forgreninger, som kan danne en detaljert oversikt over et bestemt emne. Målet er å skrive opp flest mulige assosiasjoner, så det blir seende ut som et tre med grener (Lerdahl, 2018, pp. 124-127).

For å gjennomføre denne metoden har gruppen valgt å bruke verktøyet Miro. Miro er et online samarbeidsverktøy som lar brukerne samarbeide, brainstorme og dele ideer med teamet sitt. Temaet som vi hadde skrevet opp i midten var «Brett for transport og lagring av kretskort», og det var det vi tok utgangspunktet i for videre arbeid. Gruppen har kommet opp med assosiasjoner som materialer, stablefunksjon, forbedringer og ideutvikling. Deretter har vi jobbet rundt de assosiasjonsordene. Basert på denne metoden har vi fått en god oversikt over mulige løsninger, og dette har vært grunnmuren for videre ideutvikling.

### **3.8.3 Visualisering av løsningsforslag**

Visualisering av løsningsforslag er en metode som brukes for å skape en visuell fremstilling av en mulig løsning. Når man får visualisert en ide er det lettere å oppdage mangler, styrker og svakheter ved løsningen. Visualiseringen kan fremstilles i form av skisser, prototyper og digitale tegninger. Når man skisserer i en tidlig fase er det ikke kvaliteten som står i fokus.

Etter å ha kommet opp med flere mulige ideer har hvert gruppemedlem skissert noen løsninger, hver for seg. Grunnen til dette er fordi selvstendig arbeid kan ha positiv innvirkning i akkurat denne settingen, ettersom man ikke blir påvirket av andres tanker, og dette åpner opp et rom for flere ulike løsninger. De første skissene ble tegnet ved hjelp av iPad og applikasjonen Sketchbook. Denne typen digital tegning gjør at man kan være mer presis enn tegning på ark, og i tillegg får man et mer realistisk resultat ettersom applikasjonen gir tilgang til flere ulike typer pensler, blyanter, farger og mønstre (Lerdahl, 2017, p. 162).

### **3.9 Utvelgelsesmetoder**

For å velge en idé over en annen er det lurt å bruke metodisk utvelgelse for å holde oversikt og ha en struktur på hvordan det blir gjort. Måten det kan bli gjort på er gjennom blant annet utvelgelsesmetoder.

### 3.9.1 Formulering av kriterier

For at løsningen skal være mest mulig optimal bør det tilfredsstilles ulike kriterier. Det kan både være kriterier innenfor for eksempel økonomi eller brukervennlighet. Kriteriene gir oss et tydeligere bildet av hva slags løsning vi ønsker. En slik liste ble klargjort tidligere i prosessen, som kalles for en produktspesifikasjon. Disse kriteriene er følgende:

- Løsningen skal kunne lagre kretskort på en måte som fungerer.
- Løsningen skal enkelt kunne brukes av brukeren.
- Løsningen skal bestå av de kanter, underlag og andre faktorer slik at kretskortene ikke sklir av eller på brettet.
- Løsningen skal ha en lav kostnad.
- Løsningen skal være i de typer materialer som gjør den ESD godkjent, for å unngå statisk elektrisitet som ødelegger kretskortene.
- Løsningen bør ha et grep som er komfortabelt for brukeren.
- Løsningen bør kunne brukes til mange ulike kretskort.
- Løsningen bør være bærekraftig og gjenbrukbar.
- Løsningen bør ha overflater som er enkle å rengjøre.
- Løsningen bør være integrerbar i sammen med esker, paller, traller, hyller og andre områder/produkter som brukes sammen med løsningen.
- Løsningen kan ha et utseende som er estetisk og fint å se på.
- Løsningen kan være innovativ i seg selv som produkt.

Gruppen har tatt utgangspunktet i disse kriteriene for å velge hvilken idé som skal tas med videre i prosessen. De som ble vektlagt mest av alle, er de kriteriene som skal bli tilfredsstillt. Gruppen har i felleskap analysert alle de tre utvalgte konseptene opp mot produktspesifikasjonen og funnet hvilken løsning som er mest optimal, med bakgrunn i analysen (Lerdahl, 2017, pp. 180-181).

### 3.9.2 Evaluering med fargeprikker

Denne metoden for evaluering er en rask og effektiv måte å evaluere ideer på, som gjør det tydelig å se hvilken ide som er gruppens favoritt. Alle medlemmene i gruppen får stemt på sine favoritter, før de velger hvilke ideer de skal ta med videre i prosessen. Metoden gjennomføres ved at de ideene som skal stemmes over, blir klargjort og gjort synlig for alle medlemmene. Deretter får deltakerne utdelt et visst antall prikker hver, som de skal bruke til avstemning (Lerdahl, 2017, p. 146).

Bildet under visualiserer hvordan metoden kan bli brukt.



Figur 5: Utførelse av fargeprikkmotoden (Selvillustrert, 2023)

### 3.10 Brukertestning

I utvikling av nye ideer er det veldig vanlig at man ser seg blind. For eksempel kan man overse noen kritiske faktorer som gjør at brukeren ikke vil velge løsningen. Med en brukertestning er det mulig å teste løsningene på sluttbrukeren og eventuelt avdekke vesentlige mangler. Denne tilbakemeldingen tar man med seg videre i prosessen for videreutvikling av løsningene (Lerdahl, 2017, pp. 186-187).

Metoden gjennomføres ved at man klargjør ideen, i form av skisser, modeller eller en blanding av disse. Deretter presenteres ideene for sluttbrukeren på en nøytral måte, slik at brukerne blir minst mulig påvirket i evalueringen. Under presentasjonen stilles det åpne spørsmål for å få innhente mye informasjon, som kan være avgjørende videre i prosessen. Gruppen har på forhånd utformet spørsmålene og noen av det er følgende: hva liker du med løsningen? Savner du noe med løsningen? Hva er grunnen til at du ville brukt denne løsningen over den andre? Spørsmålene kan gjennomføres som en spørreundersøkelse, eller som et åpent brukerintervju.

### **3.11 Produktanalyse**

En produktanalyse kan være en analyse om det formalestetiske, hvilke former består objektet av, er det struktur i objektet, og hvordan denne strukturen er, hvordan er volumet og tettheten, virker formen tung eller lett og hvordan påvirker utseende den som ser på. Det er også mulig å analysere selve bruken av produktet, kostnader og hvordan det fungerer til sitt bruk (Øverseth, 2021).

### **3.12 Konkurrentkartlegging**

En konkurrentkartlegging er med på å kartlegge hvilke konkurrenter som finnes i markedet til det produktet eller den tjenesten man forbedrer, designer eller utformer. Det kan gjøres på forskjellige måter. Vi har valgt å bruke denne metoden for å få en forståelse for hvilke type hjelpemiddel andre lignende bedrifter har valgt å bruke for sin lagring og forflytting av kretskort. Ved å finne ut av hva andre bedrifter benytter seg av, vil det gi inspirasjon og være en del av kvalitetssikringen (Lerdahl, 2017, pp. 54-55).

### **3.13 Modellbasert idéutvikling**

Modellbasert utvikling er en fin måte å til å utvikle og bearbeide ideer på. En mulighet til å teste ideer i praksis (Lerdahl, 2018). Modellene er laget av formbart materiale, med mulighet til å visualisere så tett opp mot skissene som mulig. Hvilket eller hvilke materialer som brukes spiller ingen rolle, så lenge visualiseringen er hovedfokuset og de viktigste funksjonene til modellen kommer tydelig frem.

En idéutviklingsprosess består av å visualisere og forme fysiske modeller og prototyper. Den fysiske presentasjonen i form av en modell vil gi en bredere forståelse av skisser som i hovedsak er i to-dimensjonale og vanskeligere å forestille seg tre-dimensjonale. Å teste ideer i praksis gjennom modellering og prototyping kan avdekke eventuelle mangler eller detaljer som må endres for optimalt bruk.

#### **3.13.1 Utførelse av prototyping**

Skolen har et modellverksted til vår disposisjon. Materialer i forskjellige kategorier, verktøy i forskjellige kategorier og bearbeidingsmaskiner til utlån for å kunne utarbeide prototyper og modeller til ulike skoleoppgaver. Gruppen har valgt å gå gjennom en modellbasert idéutvikling for å optimalisere skissene og se størrelsesforhold, samt avdekke eventuelle mangler og se etter justeringer.

### **3.14 Tredimensjonal visualisering**

SolidWorks er et program vi har brukt jevnlig gjennom løpet. Faget TEK2114 Dataassistert design er faget som baserte seg mye på dette programmet, samtidig som vi fikk en innføring i TEK1000, Innføring i teknologi første semester. Vi har derfor valgt å bruke SolidWorks til å lage 3D tegninger og såkalt CAD-tegning av løsningen. Dette er en fin måte å få nøyaktige mål og en mer realistisk visualisering.

### **3.15 SWOT-analyse**

SWOT-analyse er en metode som brukes strategisk for å identifisere og vurdere en virksomhet, løsning eller produkt sine styrker, svakheter, muligheter og trusler. På denne måten kan virksomheter utvikle strategier som tar hensyn til sine styrker og muligheter, samtidig som den adresserer sine svakheter og trusler. SWOT-analyse har også vært brukt i markedsføring for å vurdere konkurranseposisjonen til produkter eller tjenester. Den kan også brukes til å analysere et produkt basert på styrker, svakheter, muligheter og trusler på en strukturert måte (Westbrook, 1997).

## **4 Resultater**

Basert på den innsamlede informasjonen i kapittel 2 *Teori* og kapittel 3 *Metode*, vil kapittel 4 *Resultater* presentere funnene som har hatt innvirkning på utviklingsprosessen og det endelige konseptet. Resultatene vil i hovedsak bygge på kapittel 3 *Metode*, hvor gruppen har anvendt ulike metoder basert på teori, og hvilke resultater det har gitt underveis i prosessen. Kapittelet vil presentere det endelige konseptet for lagring og transport av kretskort.

### **4.1 Kartlegging**

Kartleggingen har vært en stor del av hele prosjektet, og har gitt mange ulike resultater gjennom forskjellige metoder for kartlegging.

Med jevnlige møter på Hapro, har kartleggingen skjedd bevisst og ubevisst. Observasjoner er blitt gjort, notater er tatt, avkryssningsskjemaer er laget og blitt besvart, spørsmål er blitt stilt og tankekart er blitt laget. Kartlegging skjer på flere plan, og i flere faser.

#### **4.1.1 Kartlegging av eksisterende løsninger**

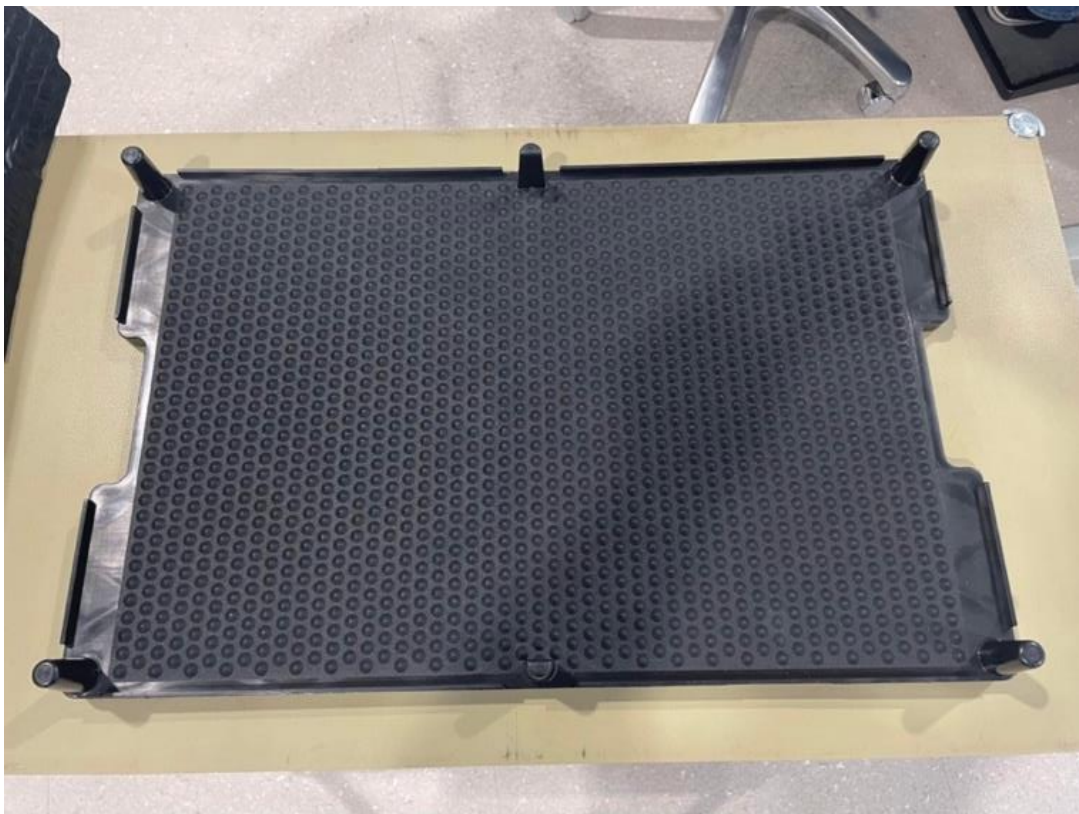
Hapro har flere eksisterende løsninger for hvordan de oppbevarer, transporterer og lagrer kretskortene sine. For å vite hvilket utgangspunkt vi har å jobbe med, var det nødvendig å gjøre en kartlegging på hva som benyttes i dag, både til transport, lagring og oppbevaring.



### 4.1.2 Knottebrett

Det første utgangspunktet vi hadde å gå ut fra var bildet lagt ved under. Bildet ble tatt før første fysiske møte på Hapro av en avdelingsleder med tilknytning til den ene kandidaten på gruppen. Han har stilt til brukerintervju om den eksisterende løsningen sammen med flere andre for å kartlegge hva som fungerer og hva som ikke fungerer til bruken produktet har. Metodene som er brukt for å hente inn data er da brukerintervju, stille spørsmål, dele ut avkrysningsskjema og ved observasjoner som blir utdypet senere i oppgaven. Vedlagt under er et bildet av den eksisterende løsningen vi har tatt utgangspunkt i.

Denne løsningen har ingen merkbare mangler, og fungerer til bruken den har i dag som et hjelpemiddel til produksjonen, et lagringsbrett og et transportbrett.



Figur 6: Knottebrett (Selvillustrert foto,2023)

En av fasene i kartleggingen er å hente ut kvantitativ data om det nåværende produktet.

Tabellen under viser målene til det nåværende brettet.

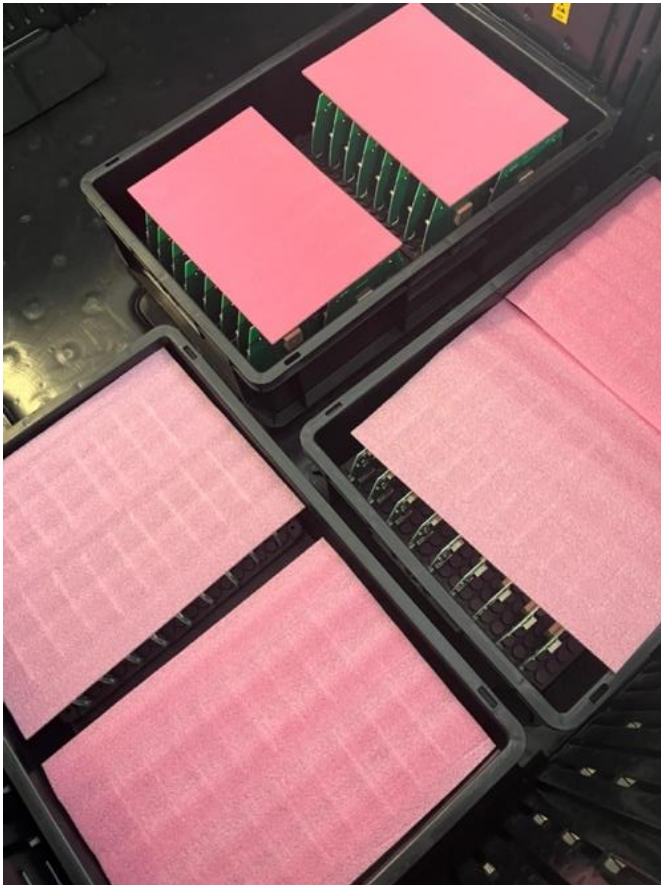
Tabell 3: Mål på knottebrett (Selvillustrert tabell, 2023)

	Lengde (mm)
Høyde på brettet med stablefunksjon	56
Høyde på kant	6
Høyde med kant	22
Høyde uten kant	16
Lengde på brett	545
Bredde på brett	350
Størrelse på knotter	40
Knotter - øverste diameter	15
Knotter – nederste diameter	16

Et annet produkt til sikker frakting av kort er en mindre boks, (figur 8), brettene blir lagt inni før de blir lagt i store frakkasser som blir fraktet på en pall rundt til de andre lokasjonene fra hovedbygningen. De mindre kassene blir brukt til oppbevaring og lagring inne i hovedbygningen også. Disse boksene har andre mål, og de blir listet opp under her.

Tabell 4: Mål på en mindre boks som blir brukt til frakting (Selvillustrert tabell, 2023)

	Lengde (mm)
Lengde innvendig	565
Lengde utvendig	600
Bredde innvendig	365
Bredde utvendig	395



*Figur 7: Selvillustret foto av hvordan kassene blir fraktet (2023)*



*Figur 8: Selvillustret foto av kasser brukt til frakting (2023)*

Andre fraktmuligheter er kasser. Kasser, (figur 9), blir i hovedsak brukt til å frakte kort ut fra huset og til de to andre lokasjonene der kort er nødvendig for produksjonen. Det er både store kasser som passer på en pall, eller mindre bokser som brettene passer ned i. Målene er listet i tabellen under.

Tabell 5: Mål av stor kasse (Selvillustrert tabell, 2023)

	Lengde (mm)
Lengde på stort Brett til pall	1400
Bredde på stort Brett til pall	1030



Figur 9: Stor kasse til frakting (Selvillustrert foto, 2023)

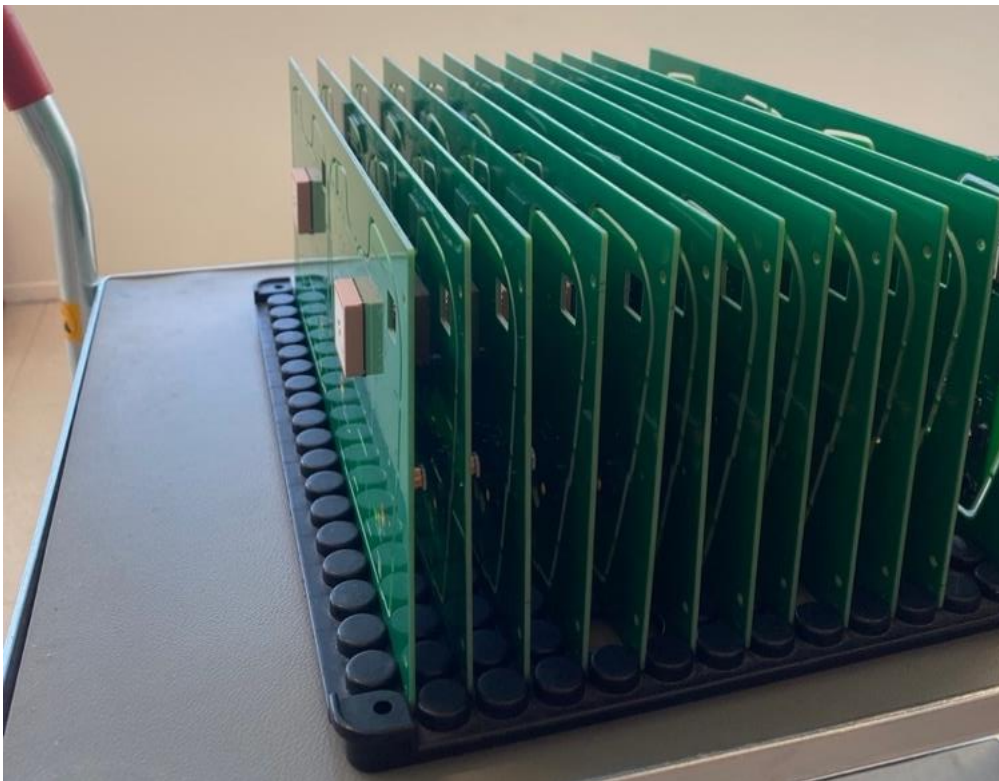


Figur 10: Selvillustrert foto av hvordan kassene stables oppi (2023)

### 4.1.3 Andre eksisterende løsninger

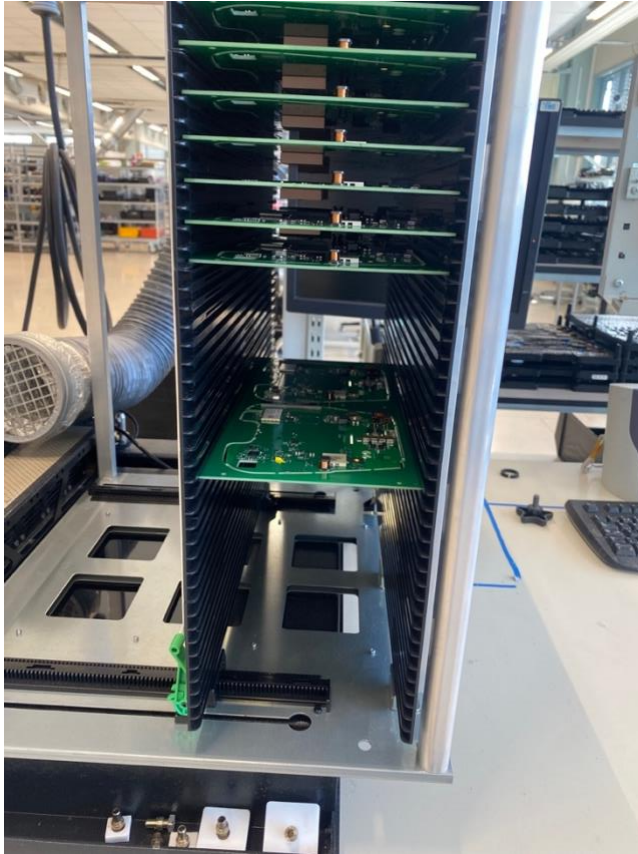
I fabrikken finnes det flere måter å oppbevare kretskort på. Enkelte av produktene er til kretskort som ikke er blitt depanelert. Mange kort produseres i flak, både på grunn av pris, men også på grunn av effektivitet. På et flak kan det være alt fra to kort til 8-10 kort. For å få kortene fra hverandre i flaket blir det depanelert. Rundt hvert enkelt kort er det ekstra PCB, den grønne delen av kretskortet, som senere blir skilt vekk i en prosess kalt depanelering. Ofte blir det gjort i en maskin som skjærer vekk den unødvendige delen når kortet skal monteres på et produkt, men det er en nødvendig del for å klare å lage kretskortene med alle komponentene som skal på.

En annen type knottebrett er vist under, som viser til stående kort som ikke er depanelert. Selve brettet er et brett som er mye brukt på markedet i dag.



Figur 11: Lite knottebrett (Selvillustrert foto, 2023)

En annen oppbevaringsmåte er kassetter. Kassettenes du kan skli kort som ikke er depanelert inn i er også en løsning mange lignende produksjoner benytter seg av. Kortene ligger stabilt, og det er en trygg måte å frakte og oppbevare kort på.



Figur 12: Kassetter brukt til oppbevaring og fraktning (Selvillustrert foto, 2023)

#### 4.1.4 Kartlegging av kretskort

Løsningen vår skal passe flest mulige kretskort som er i omløp på Hapro. For at vi skal klare å få det til er vi nødt til å finne formfaktor og størrelsen på kretskortene. Gjennom et digitalt møte med Rino, har vi fått tildelt hvilke kort det er essensielt å måle formfaktoren på, og det er disse vi har gått ut fra når form og størrelse prøves ut. Totalt har vi målt 21 forskjellige kort, fra flere av Hapro sine kunder. Det er noen kort som er veldig lik i størrelse og form, derfor har vi valgt å ta med kun et mål på de som er like. Basert på målene vi har innhentet på kretskortene laget vi en oversikt i Excel. Den finnes i delkapittel 4.16.1, *Formutforskning*.

#### 4.2 Stille spørsmål og uformelt intervju

Stille spørsmål metoden er en hyppig brukt metode fra start til slutt. Helt fra start, har vi vært nødt til å stille spørsmål for å kunne danne et grunnlag for arbeidet som skal gjøres.

Spørsmålene kan komme frem på en kort og konsis måte, og vi kan få de få svarene vi er ute etter, eller det kan være mange følelser involvert og stort sprik i svarene. Det store spriket og følelser involvert i svarene kjennetegner den kvalitative datainnhenting.

Første del av kartleggingen bestod av å stille spørsmål. Spørsmålene stilte vi til flere med ulike stillinger for å en viss bredde i svarene. Produksjonsmedarbeidere, avdelingsledere, kvalitetsledere og teamledere er noen av stillingene. Hvor ofte de håndterer brettene varierer også veldig. Grunnen til at vi stilte spørsmål til så mange forskjellige var nettopp for å få et stort sprik i svarene, for å få innblikk i alle utfordringene fra alle vinkler.

Spørsmålene vi stilte og svarene vi fikk la grunnlaget for den første brukerundersøkelsen, som var et avkrysningsskjema. Videre ga det grunnlaget for et uformelt intervju. Det var flyt i samtalen, og vi fikk stille akkurat de spørsmålene vi ønsket, og fikk gode svar fra alle som deltok.

### **4.3 Resultat av første avkrysningsskjema**

Brukerundersøkelse i form av et avkrysningsskjema gir svar på akkurat det vi spør om, for det er vi som har formulert både spørsmål og svaralternativer. Da kan vi være med å finne vinklingen vi ønsker, samt at vi kan føre deltakerne inn i en viss retning. Retningen vi ønsket å føre dem inn i, var en retning mot kravspesifikasjonen. Samtidig ønsket vi å holde det ganske åpent med svaralternativer i alle retninger.

Avkryssningsskjemaet vi sendte ut til ansatte på Hapro så slik ut:

**BRUKERUNDERSØKELSE**

**Jobber du i produksjonen?** JA  NEI

**Jobber du på en linje?** JA  NEI

**Hvor ofte håndterer du brettene kretskortene ligger på?**

1-2 ganger i uken  3-4 ganger i uken  hver dag

**Opplever du problemer ved håndteringen?**

JA  NEI

**Hvis ja, er dette noen av årsakene?**

Grep   
Stabilitet   
Små   
Store   
Underlaget på brettet   
Stablefunksjon

**Hvis nei, hva fungerer bra?**

Grep   
Stabilitet   
Små   
Store   
Underlaget på brettet   
Stablefunksjon

**Hvilke av disse utsagnene kjenner du deg igjen i?**

Kortene sklir på brettet   
Kortene sklir av brettet   
Ønske om høyere kant   
Vanskelig å bære brettet   
Vanskelig å frakte Brett på traller

Har du andre erfaringer du vil dele som kan være nyttig for utvikling av brettet?

TUSEN TAKK FOR TIDEN DERES ☺

Figur 13: Første avkryssningsskjema (Selvillustrert, 2023)

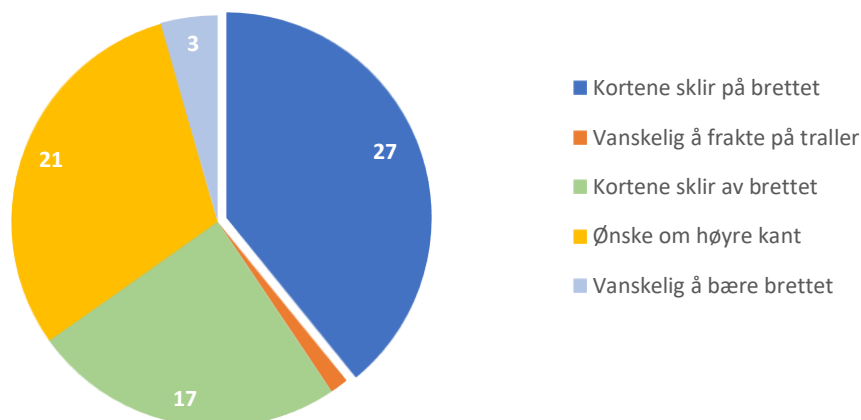


Avkrysningskjemaet ble laget for å avdekke hvilke utfordringer som fantes ved den nåværende løsningen, samt hva som fungerte bra. Som nevnt tidligere er spørsmålene nøye satt sammen etter tilbakemeldinger fra uformelle intervjuer og stille spørsmål metodene. Ettersom det er en kvalitativ metode, vil det alltid være store sprik i svarene og dermed mer utfordrende å analysere. Den analysen vi kommer frem til vil være utgangspunktet for videre idéutvikling.

Vi har trukket ut enkelte spørsmål, og laget et oversiktlig diagram ut fra hvor mange som har svart de ulike svaralternativene. Spørsmålet blir presentert først, deretter kommer diagrammet med hvor stor andel som har krysset av på de ulike svarene.

### 1. Hvilke av de utsagnene kjenner du deg igjen?

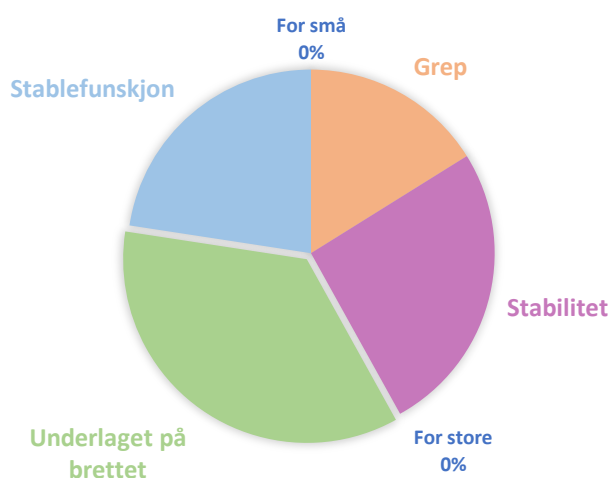
#### BRUKERUNDERSØKELSE



Figur 14: Kakediagram av 1.spørsmål fra første avkrysningskjema (Selvillustrert 2023)

## 2. Er noe av dette årsaken til problemene med håndtering av brettene?

### BRUKERUNDERSØKELSE



Figur 15: Kakediagram av 2.spørsmål fra første avkryssingsskjema (Selvillustrert, 2023)

Da vi ikke leverte ut alle avkryssingsskjemaene selv, var det enkelte avvik på svarene der vi ikke hadde forklart godt nok intensjonen med spørsmålet. To produksjonslinjer fikk utdelt avkryssingsskjemaet av avdelingslederen sin uten noe grundig forklaring fra vår side til de som delte ut. Spørsmålene er i utgangspunktet veldig intuitive, men det er alltid rom for mistolking og muligheter for å svare på flere svaralternativer der det er tenkt at man kun skal svare på et.

#### 4.4 Observasjon

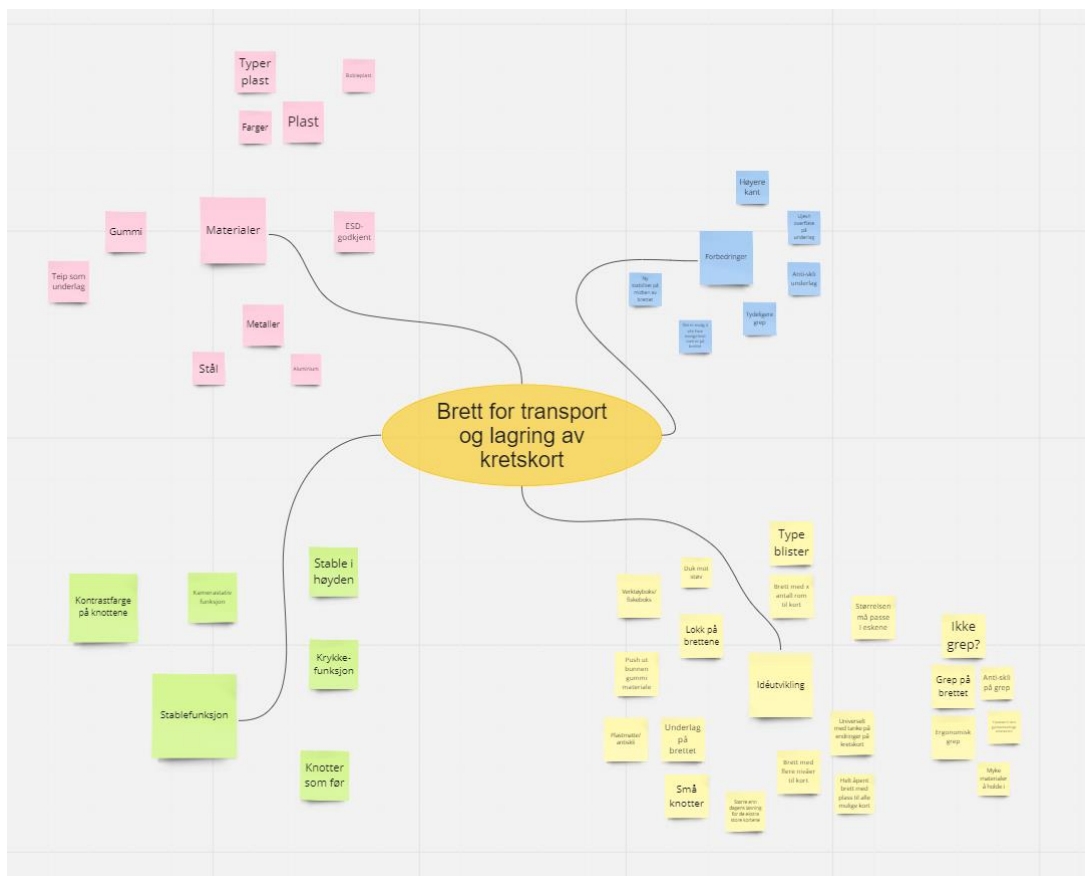
Observasjoner kan gi verdifull informasjon. Det skjer både bevisst og ubevisst gjennom hele prosessen. I hovedsak er det gjort observasjoner på Hapro gjennom kartlegging av behov og hvordan den nåværende løsningen blir brukt og fungerer i praksis. Alle medlemmene har hatt mulighet til å fritt bevege seg rundt om i produksjonsområde, noe som førte til at vi kunne observere arbeidsprosessen og få bedre forståelse for hvordan nåværende løsning blir anvendt.

#### 4.5 Idéutvikling

Idéutviklingen startet med et åpent sinn, og ingen begrensninger utover det som er åpenbart med tanke på kravspesifikasjonen. Miro er et verktøy vi har valgt å bruke for å få en oversiktlig idéutvikling. Verktøyet er enkelt å bruke, og har ingen begrensninger, samt at man har alt på et sted i enhver utviklingsfase.

## 4.6 Tankekart

Ved bruk av hjelpemiddelet Miro har gruppen utviklet tankekart som åpnet opp ideutviklingen, og som var grunnmuren for videre arbeid. Vi har valgt å kalle temaet for «Brett for transport og lagring av kretskort» og skrevet opp assosiasjoner i forhold til det. Vi kom frem til fire ulike under-temaer som er stablefunksjon, materialer, forbedringer og ideutvikling. Rundt ordet stablefunksjon kom vi frem til flere andre måter til stabling av brettene, da dette var et av kravene fra bedriften. Noen av forslagene vi kom frem til var kamerastativ-funksjon, krykke-funksjon og kontrastfarge på knottene. Rundt begrepet materialer fikk vi frem mulige forslag til materialer som kan brukes på løsningen. Noen av de forslagene er plast, aluminium og gummi. Rundt det vi har kalt forbedringer har vi fokusert på å finne løsninger til noen av utfordringene som brukeren har kommet med, under kartleggingsfasen. Løsninger som dukket opp er høyere kant, tydeligere grep og ujevn overflate. Det siste begrepet i tankekartet var ideutvikling. Denne boblen med avholdt til generell ideutvikling, og tanker knyttet til løsningene. Tankekartet i Miro kommer som et vedlegg.

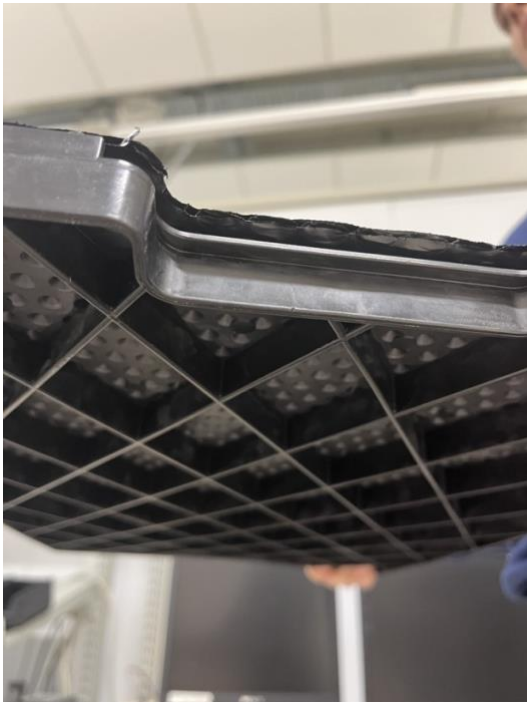


Figur 16: Oversiktlig bilde av Miro (Selvillustrert, 2023)

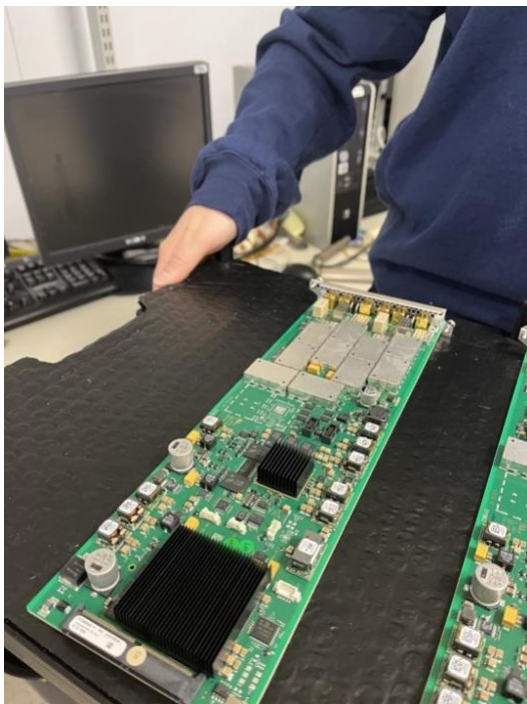
## 4.7 Ergonomi

Den ergonomiske utformingen på brettet skal ta hensyn til arbeidstaker, og hvor man belastes. Det skal ikke forekomme belastningsskader ved bruk, og det skal være en løsning som velges på bakgrunn av blant annet at det ikke er ubehagelig å bruke.

Vedlagte bilder viser til testing av grep på eksisterende løsning. Det er testet forskjellige måter å holde brettene på, og forskjellige grep.



*Figur 17: Visualisering av undersiden på brettet er kantete, og kan være litt ubehagelig å holde på (Selvillustrert foto, 2023)*



*Figur 18: Visualisering av mulighetene ved håndtering (selvillustrert foto, 2023)*



*Figur 19: Grepet på dette bildet er grepet som er tiltenkt (Selvillustrert foto, 2023)*



*Figur 20: Bildet visualiserer hvordan brettet blir satt ned i den svarte boksen som brettene fraktes ut av huset med (Selvillustrert foto, 2023)*

## 4.8 Universell utforming

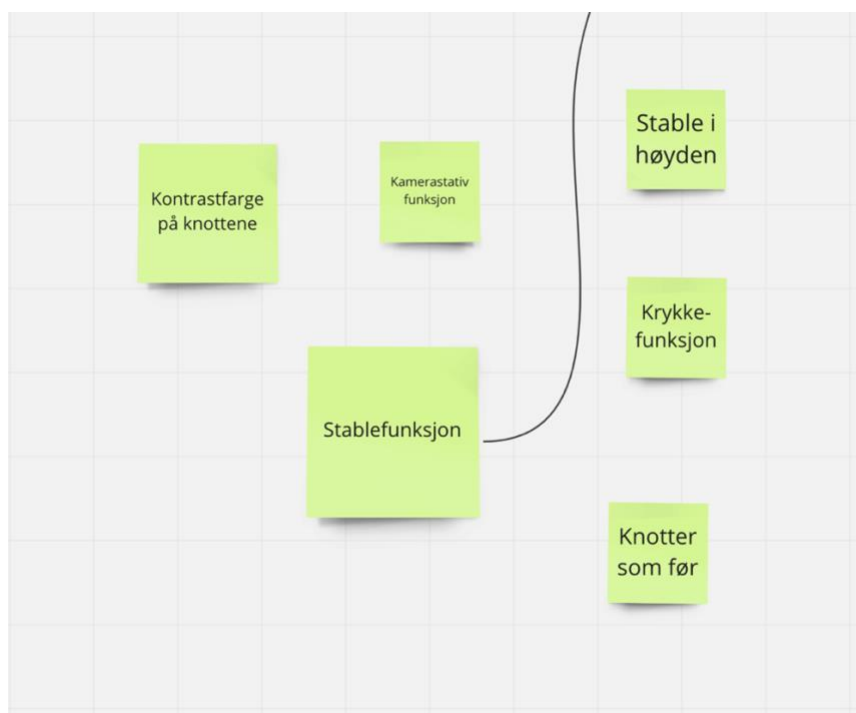
Det er mange måter å holde et Brett på, selv om det er laget en viss form for håndtak eller utskjæringer for grep. Det er ikke gitt at utformingen passer for alle selv om den er så universell som mulig. Noen vil alltid ha litt større eller mindre hender i forhold til gjennomsnittet, og hva man foretrekker vil alltid være forskjellig.

Den universelle utformingen har gått over til å bli mer ergonomisk ettersom det er en privat bedrift som ikke har behov for å utforme produktet til noen andre enn de som håndterer det daglig. Vi har valgt å bruke oss selv som testkandidater i den første delen av brukertesting på grep. Grunnen til at vi valgte å gjøre det slik er hvilke materialer vi har til rådighet på skolen, og tiden vi har til rådighet til å lage prototypene som skal testes. I tillegg gjorde vi som gruppe en testing av grep på eksisterende løsning.

## 4.9 Stablemuligheter

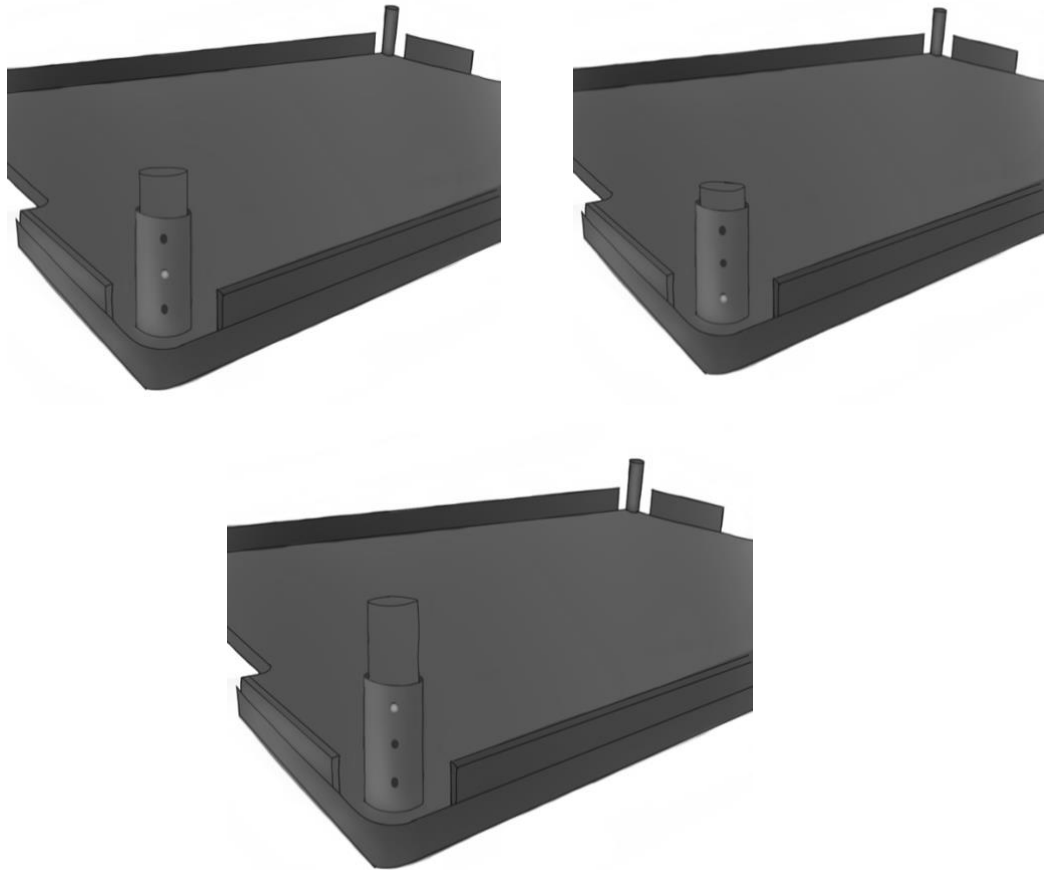
Den nåværende løsningen har en stablefunksjon med knotter. Knottene kan stables i høyden, og gjør det mulig å stable flere Brett over hverandre selv med kretskort som har store komponenter.

Idéutviklingsprosessen på stablemuligheter er blitt gjort i Miro, synkront med idéutviklingsprosessen til selve brettet.



Figur 21: Skjerm bilde fra Miro (Selvillustrert, 2023)

Den tidlige fasen tok for seg alle mulige stablefunksjoner vi kunne komme på, blant annet en krykkefunksjon. Visualisering av denne funksjonen blir vist på figurene under.



*Figur 22: Visualisering av krykke-funksjon (Selvillustrert, 2023)*

Ved å bruke samme stablefunksjon som allerede eksisterer sparer man tid, ressurser og penger. Tid ved at man ikke bruker unødvendig tid på å lære seg noe annet, ressurser ved at man ikke trenger andre tilleggsprodukter og tid ved at man ikke produserer noe helt nytt.

Gjennomgangen av skissene i delkapittelet under tar for seg hvilke stablefunksjoner som er tiltenkt de forskjellige ideene. Skisse 1 og skisse 2 tar blant annet utgangspunkt i den nåværende stablefunksjonen. Enkelte av de andre skissene kan være vanskelig å tyde, men beskrivelsen forklarer hva som er tenkt.

## 4.10 Evaluering av ideer

Alle gruppe-medlemmene har skissert flere skisser hver, og det er da nødvendig å ta en utvelgelse på hvilke vi skal gå videre med til modellbasert idéutvikling. Før en utvelgelse er det viktig å snakke sammen for å forklare hverandre hva som er ment med de forskjellige designene. Hvordan er det tenkt at kortene skal ligge og hvilke funksjoner brettene har.

For å få en bedre forståelse av skissene, kommer det bilder med forklarende tekst med tanken bak designet.



Figur 23: Skisse 1 (Lundhagebakken, 2023)

Skisse 1 viser hvordan kortene skal ligge på brettet. Det er tre lommer med en viss helling, der lange kort har muligheten til å ligge over kort som kommer i neste lomme. Underlaget er tenkt at skal være noe form for skumgummi som er ESD-sikkert, og et materiale uten noe stor mulighet for friksjon.



Figur 24: Skisse 2 (Lundhagebakken, 2023)

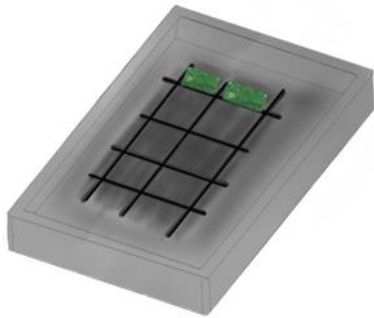
Skisse 2 viser også hvordan kortene kan ligge på brettet. Løsningen er et re-design av den eksisterende løsningen med en høyere kant og et annet materiale som underlag der det er mindre friksjon. Størrelsen er lik det eksisterende brettet. Brettet skal stables på samme måte som før.



Figur 25: Skisse 3 (Brenli, 2023)

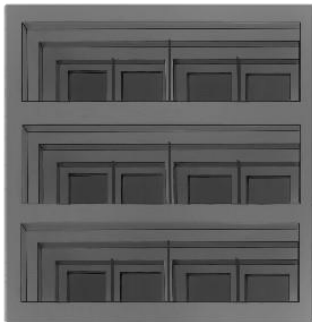
Skisse 3 er et Brett med høye kanter og en litt annen dimensjon enn det eksisterende brettet. Tanken er at dette brettet i hovedsak skal bli brukt til transport, og har mål etter hvordan brettene blir fraktet ut av huset. Det blir fraktet på pall i en stor eske, der det er tiltenkt at brettet skal fylle hele esken på langs og tvers uten noe luft for å benytte seg av det arealet som er. Tanken er at brettet skal kunne stables på hverandre.





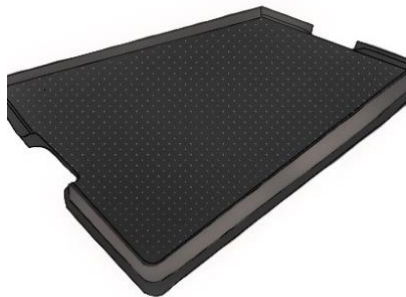
Figur 26: Skisse 4 (Brenli, 2023)

Skisse 4 er et brett med spor du kan skli kortene ned i. Størrelsen på brettet er tenkt at skal være lik den nåværende løsningen. Det er tenkt at underlaget inni lommene skal være et mykt materiale for å ikke skade kortene.



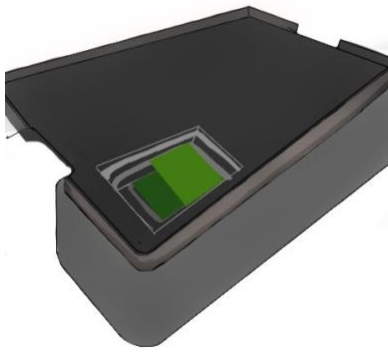
Figur 27: Skisse 5 (Lango, 2023)

Skisse 5 er en løsning med lommer. Det er lommer i forskjellige størrelser, der det skal kunne gå an å legge flere forskjellige kort på samme brett. Brettet er laget for å skape en lomme slik at kortene ikke sklir ut av brettet eller sklir oppå brettet. Brettet skal stables ved at brettene sklir inn i hverandre ved hjelp av spesiellutformet kanter.



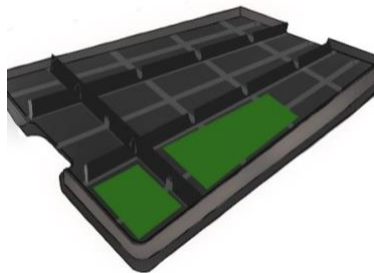
Figur 28: Skisse 6 (Lango, 2023)

Skisse 6 er veldig lik skisse 2 i utseende og funksjoner. Det er et enkelt brett med et underlag som skaper lite friksjon for kortene. Størrelsen er lik det nåværende brettet, med en høyere kant og uten noe form for deling. Brettet har ingen tiltenkt stablefunksjon.



Figur 29: Skisse 7 (Lango, 2023)

Skisse 7 er også en skisse med lommer. Det er tenkt at det skal være lommer over hele, med flere nivåer ned for at det skal kunne brukes av kort med forskjellige størrelser. Skissen viser en av flere påtenkte lommer på brettet.



Figur 30: Skisse 8 (Lango, 2023)

Skisse 8 er et brett som er utstyrt med litt flere funksjoner. Brettet har flere «skinner» der du kan flytte kantene rundt etter hvor store kortene er. De flyttbare kantene vil gi kortene stabilitet, samtidig som det blir rom for flere formfaktorer og størrelser.

Utvelgelsen ble gjort på bakgrunn av flere faktorer. Ved å gjøre en grundig evaluering av hver skisse vil det senke risikoen for at flere behov og krav blir glemte bort. Evaluering med fargeprikker ble gjort for å finne en favoritt hos hvert gruppemedlem, hvor de skissene som fikk flest prikker ble med til videreutvikling. I denne metoden ble Miro brukt som verktøy for metoden for å få en oversiktlig utvelgelse. Metoden visualiseres i delkapittel 3.9.2, og resultatet blir visualisert på figuren under.



Figur 31: Utvelgelse av konsept i Miro (Selvillustrert, 2023)

Evalueringsmetoder er metoder vi har brukt gjennom blant annet fagene TEK2117, Produktdesign, form og funksjon og TEK1315, Form og tredimensjonal modellutvikling.

#### 4.11 Innføring i materialkunnskap gjennom ESD-kurs

I samarbeid med Hapro fikk vi muligheten til å gjennomføre et ESD-kurs. Kurset var til viss grad obligatorisk, da to av grupped medlemmene ikke er ansatte og har tilgang til å gå rundt i fabrikk på egenhånd. Det var en sikkerhet vi var nødt til å ha, i tilfelle det ene grupped medlemmet som er ansatt skulle være syk en dag. Et slikt kurs er obligatorisk for alle nye ansatte, og de som potensielt skal vandre rundt i fabrikk. Kurset omhandler hvordan man på best mulig måte beskytte kretskortene fra å bli ødelagt av tilførte spenninger fra kroppen eller fra andre produkter. Kurset har også gitt oss mye bakgrunnskunnskap om ESD, noe som er essensielt for hele oppgaven sin del.

Under ESD-kurset fikk vi muligheten til å teste ulike materialer for å se hva som kan brukes og hva som ikke kan brukes. Herunder ulike typer plast og andre materialer som en bok. Veilederen for materialer på Hapro viste oss hvordan ESD-posere kan skjerme for statisk elektrisitet fra andre ikke ESD-godkjente materialer. Materialene kunne være en sko, en bok eller en telefon. Det er dermed vanskelig å si akkurat hvilke materialer som kan være aktuelle eller ikke for vårt produkt. I etterkant av møtet fikk vi tilgang til en standard. Standarden tok for seg lite av den informasjonen som var relevant til oppgaven, men det som var relevant ligger i kapittel 2.

## 4.12 Konkurrentkartlegging

En metode vi brukte til konkurrentkartlegging var å sende mail til tilsvarende bedrifter for å høre hva de bruker som hjelpemiddel til frakting av kretskort. Det er fire bedrifter i Norge til sammen som produserer på samme måte som Hapro med de samme produktene. Det er Norautron, Kitron, WestControl og Hapro. I alt var det var seks bedrifter som fikk mail, alle innenfor elektronikk. Vedlagt ligger mailen vi sendte ut til de fem bedriftene.

Gruppen har i tillegg forsøkt å søke på nettet etter relevant informasjon. Vi ser at det er gjentakelse i hva bedriftene bruker til oppbevaring av kretskortene. Det viser seg at mange bedrifter velger å bruke en løsning hvor kretskortene er plassert stående, ganske tett mot hverandre. Den andre populære løsningen er en type stablevogn i forskjellige størrelser. Begge de løsningene blir også brukt av de to bedriftene som har besvart mailen vår. Det som er gjentakende ved disse løsningene er at kretskortene plasseres stående. Fordelen med dette er at du får plass til relativt mange kretskort sammenliknet med et Brett hvor kortene ligger. Det vi ser som en utfordring ved stående løsning er at sikkerheten til kretskortene ikke er ivarettatt, spesielt under transport. Vi har utformet et moodboard for å få oversikt over løsningene til konkurrentene. På bakgrunn av opphavsrett på bildene, legger vi ikke ved moodboardet.

De seks bedriftene vi sendte mail til var Kongsberg Maritim, Topro, Norautron, Kitron og WestControl. Det er kun to bedrifter som har svart oss på mailen, og beskrevet hvilken løsning de benytter seg av. Disse to bedriftene var WestControl og Norautron.

WestControl ga svar på forespørselen, og bedriften sendte bilde av produktet som oppbevarer kort visualisert på figur 32 under. Kortene stilles opp etter hverandre stående.



Figur 32: WestControl sin løsning (WestControl, 2023)

Norautron svarte også på forespørselen, og sendte bilde av hvordan bedriften oppbevarer kort. Figur 33 visualiserer oppbevaringen og hvordan det blir transportert.

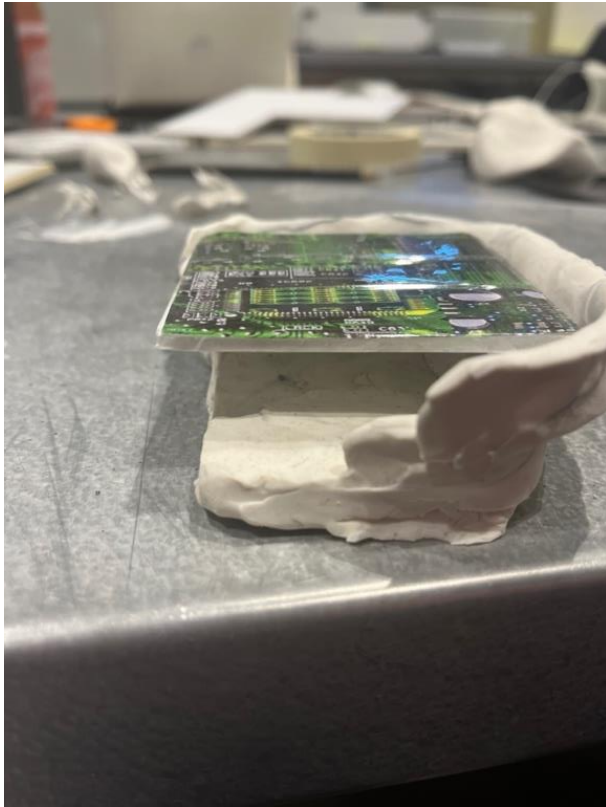


Figur 33: Norautron sin løsning (Norautron, 2023)

#### 4.13 Utførelse av skissemodeller

Skolen disponerer et modellverksted med materialer vi kan bruke til å lage en prototype eller en modell for å visualisere ideene vi har skissert. Etter å ha valgt ut konseptene som vi ønsker å gå videre med, startet vi med bygging av skissemodeller.

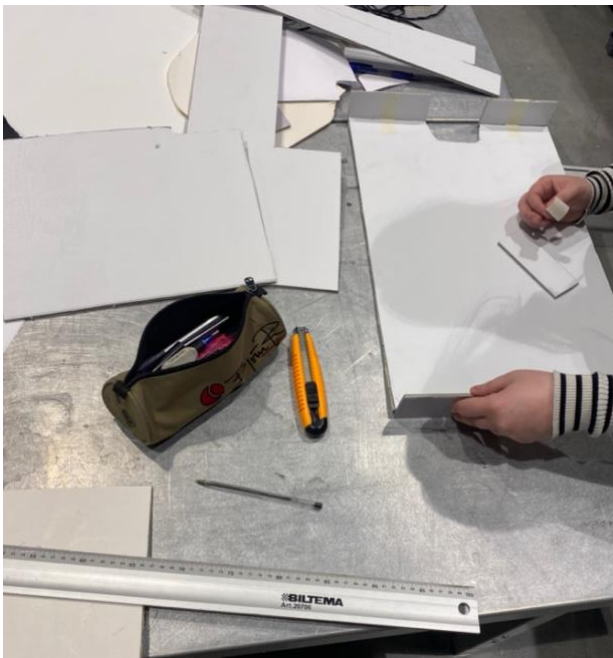
Målet med denne metoden er å undersøke mulige feil og svakheter ved løsningen, som ikke ble oppdaget tidligere i prosessen. Ved at man bygger et fysisk produkt, gjør det også enklere å forklare løsningen til brukerne, samt teste produktet.



Figur 34: Utforskning med nivåer i plastelina (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 35: Sammensetting av modell (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 36: Utskjæringer i arkitektpapp (Selvillustrert foto, 2023)

Alle materialene vi har brukt til prototyping er brukt for å gjenspeile utseendet på de materialene vi ville brukt til et ferdig produkt. Modellene avdekket visse små feil som var enkelt å rette opp i fra skissetegningene til et endelig konsept. Et av materialene vi benyttet oss mest av var arkitektpapp. Arkitektpapp er materialet som i hovedsak brukes til å visualisere fundamentet til de ulike brettene. Materialet er lett å forme, og har en viss styrke slik at det tåler å få andre lette materialer oppå seg, som for eksempel skumgummi, uten å miste formen sin. For å forme og sette sammen skissemodellene har gruppen brukt limpistol, teip, saks, papir og papp. Skissemodellene ble laget i størrelsesforhold 1:1. De endelige målene på skissemodellene er 510 x 420 mm og 545mm x 350mm. I tillegg har vi laget etterlikning av kretskort i forskjellige størrelser for å kunne teste modellen. Dette ble gjort også ved hjelp av arkitektpapp og bilde av et kretskort som ble limt på.

Kravspesifikasjonen og produktspesifikasjon har gitt oss en del krav vi er nødt til å fokusere på, og det har ikke gitt oss full frihet til å utforske materialer og størrelsesfaktorer. Formfaktorer er noe vi kan utforske til en viss grad, men de første modellskissene er laget i «trygge» rammer for at det skal kunne være mulig å åpne opp litt igjen etter tilbakemeldinger fra Hapro. Til de endelige skissemodellene har vi fått med oss knotter fra Hapro, da det er noe vi ikke skal videreutvikle. Ved å implementere det allerede eksisterende produktet spares det tid, og man kan gjøre justeringer og teste med en gang uten å måtte dra fysisk til Hapro. Det er også en fin måte å visualisere hvordan det endelige produktet kan se ut.

For å teste størrelsen på brettene vi lager, opp mot de målene de bør være innenfor, trenger vi en kasse med samme mål eller tilsvarende som Hapro benytter. Skolen har kasser i samme størrelse, og vi har valgt å bruke disse istedenfor å ta med kasser fra Hapro. Det er en del av kvalitetssikringen å tilpasse brettene til kassene for å ivareta kortene sin sikkerhet i forhold til frakting. Det er kun den ene modellen som var planlagt å passe i en slik kasse, mens den andre modellen skulle fraktes i en annen kasse, som er mye større og det er plass til flere brett. I forhold til den kassen måtte skissemodellen testes fysisk på Hapro.

Andre faktorer som er nødvendige for å dobbeltsjekke at kravene blir oppfylt er å måle størrelse på flere forskjellige kretskort for å være sikker på at det blir ivaretatt et mangfold. Formfaktor er ekstremt viktig for å klare å dekke en viss mengde av kortene som er i omløp på Hapro. Det er tenkt på både dimensjoner og størrelsesforhold på de ferdige skissemodellene så det skal være mulig å teste de opp mot produksjonen på Hapro.

På grunn av ESD er det bare visse områder det går an å teste de, men det vil uansett gi en pekepinn på hva som fungerer og hva som ikke fungerer.

Om det skal være noen justeringer eller om det er faktorer som spiller inn vi ikke har tenkt på, vil det bli avdekket på testingen som vi tidligere avtalte på Hapro. Gjennom testing med brukere vil vi få muligheten til å få innspill vi selv ikke har klart å tenke på. Utenforstående har ofte et annet syn på samme sak, og det vil dermed være essensielt å få så mange brukere som mulig til å teste modellene og gi ærlige tilbakemeldinger.

#### **4.14 Fremlegg av skissemodeller på Hapro for tilbakemeldinger**

For å teste skissemodellene planla vi et møte på to av lokasjonene der produksjonen holder til på Hapro for å få flest mulige tilbakemeldinger. Både tilbakemeldinger på funksjon, men også estetikk til en viss grad. Valg av lokasjoner er tatt på bakgrunn av hvor brettene blir brukt, og steder hvor frakt og transport er et tema. Ønsket er å kunne bevare sikkerheten til kretskortene både ved frakt, transport og oppbevaring, og tilbakemeldinger på tanker rundt denne sikkerheten er dermed veldig viktig.

Gruppen tok med seg to skissemodeller til Hapro for å få tilbakemeldinger fra brukere. Før vi dro, utarbeidet vi åpne spørsmål for å få konkrete tilbakemeldinger. Ved å ikke lage spørsmål på forhånd kan man risikere å få kvalitative data med tilbakemeldinger som kan være styrt av følelser og synsing. Et spørsmål var følgende «Hva er grunnen til at du ville brukt denne løsningen over dagens løsning?». De andre spørsmålene vi har stilt blir nevnt i metodekapittelet.

Etter møtet satt vi oss ned for å samle alle tilbakemeldinger for å vurdere hvilken av skissemodellene vi ønsker å gå videre med. Generelt fikk vi gode tilbakemeldinger fra sluttbrukeren og det var tydelig å se hvilken ide som falt i smak hos de fleste. Vi fikk en oppfatning at mange var positivt innstilt til nye løsninger, og likte at vi kom frem til noe som skiller seg ut fra dagens løsning. Tilbakemeldingene basert på spørsmålene som ble stilt var ganske enstemmig. De fleste ansatte likte skissemodellen hvite løsningen på figur 37 best, og var positivt innstilt på å ta i bruk løsningen. En tilbakemelding vi fikk fra flere er at den hvite skissemodellen oppfattes litt stor, og kan skape utfordringer ved håndtering.



Tidligere i kartleggingsfasen fikk vi et ønske av noen ansatte at de vil vite hvor mange kort som er på brettet, uten å måtte telle det hver eneste gang. Det er et ønske vi har tenkt på og hatt i bakhodet, men ikke noe vi har prioritert å tilfredsstille da det er krav- og produktspesifikasjon som var fokuset. Under testingen av våre skissemodeller fikk vi tilbakemelding av de ansatte om at vi har klart å oppfylle deres ønske med den hvite skissemodellen.

Vedlagt bilde viser til fremlegg av skissemodellene i kantinen på Hapro for tilbakemeldinger av vår veileder Rino.



*Figur 37: Skissemodeller til fremvisning på Hapro (Selvillustrert foto, 2023)*

#### **4.15 Valg av konsept**

For å velge konsept har vi brukt metodikk for utvelgelse, men på en litt annen måte. Hovedfokus har vært å fokusere på kravspesifikasjonen, hva som vil være gunstig, hvilken løsning som går litt bort fra det allerede eksisterende produktet og hva vi selv har mest tro på. Metoden baserer seg på formulering av kriterier metoden som er skrevet om tidligere.

Vi har valgt å ta siste avgjørelse ut ifra hva vi selv mener er det produktet som ivaretar sikkerheten til kortene best, da det har vært den største utfordringen vist gjennom det første avkryssingsskjemaet. Det er i tillegg andre faktorer som spiller inn for hvilke skisser som skal bli valgt til konsept.

En ny formulering av kriterier forekommer i denne delen av prosessen, og det for å trekke ut det viktigste fra produktspesifikasjon og kravspesifikasjon.

- Løsningen skal ivareta sikkerheten til kortene. Skal bestå av de kanter, underlag og andre faktorer slik at kretskortene ikke sklir på eller av brettet
- Løsningen skal enkelt kunne brukes av brukeren
- Løsningen skal ha en lav kostnad
- Løsningen skal være ESD sikker
- Løsningen skal kunne stables i høyden

Det absolutt viktigste er å bevare sikkerheten til kortene, at det ikke blir synlige skader eller skader som skaper problemer senere, enten under eller etter sammenstilling. Noen ganger oppdages det ikke før produktet kommer ut til kunden, noe som kan føre til reklamasjon. Da må produktet sendes tilbake til Hapro, og Hapro er nødt til å sende et nytt produkt ut til kunden. Denne prosessen tar mye tid, og koster fabrikken unødvendige penger.

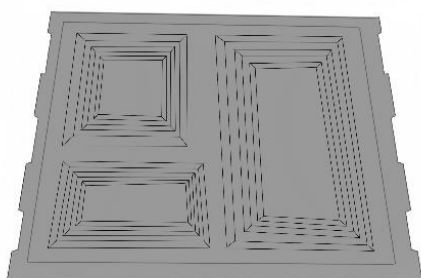
Valg av hvilke løsning vi har valgt å gå videre med, og at vi kun har valgt å gå videre med et konsept er det flere grunner til. Tid og kostnader er to hovedgrunner. Tiden, det krever mye tid å utarbeide prototyper og CAD-tegninger av det endelige produktet. Kostnad ved at det koster mye å utarbeide flere prototyper med for eksempel 3D-printing. Gruppen tok på bakgrunn av dette en beslutning om å kun gå videre med en skissemodell til videreutvikling og prototyping.

Etter skissemodellering og testing viste det seg at kun et av modellene egnet seg best med tanke på hvilke behov som skal dekkes, samt at gruppen ønsker det skal være en ny løsning og ikke et redesign av det nåværende produktet. En av de løsningene vi har kommet opp med er veldig lik dagens løsning, og det er dermed ikke en stor jobb å ta det videre for Hapro om de ønsker det på et senere tidspunkt. Den andre løsningen vi ikke valgte å gå for var en løsning med mindre potensiale enn den vi endte opp med å gå videre med.

## 4.16 Videreutvikling av konsept

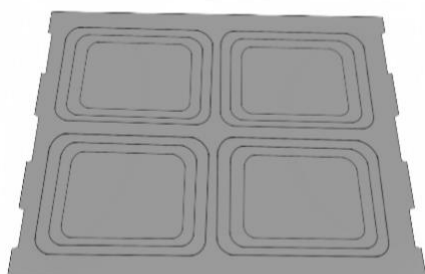
### 4.16.1 Formutforskning

Etter å ha valgt ut konseptet vi ønsker å videreutvikle var neste steg å gjøre formutforskning på lommene slik at vi kan begynne å lage 3D-dimensjonal tegning. Gruppen har utforsket forskjellige formfaktorer på brettet, og hvordan lommene skal være fordelt, slik at det passer flest mulige kretskort, og at det samtidig unyttes all plassen. Vi kom frem til fem mulige løsninger, som vi testet ut, for å finne den rette. Alle løsningene har samme størrelse på selve konstruksjonen.



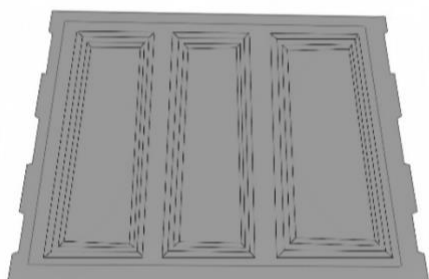
Figur 38: Løsning 1 (Lango, 2023)

Løsning 1 viser tre lommer, hvor alle lommene er i forskjellige størrelser. Det gjør at man sikrer at brettet passer mange forskjellige kretskort. Ulempen er at hvis bedriften ønsker å ha et type kretskort om gangen på brettet, vil det mest sannsynlig bare være en lomme som passer om gangen, og dermed vil det være lite hensikt å plassere kun et kort på et så stort Brett.



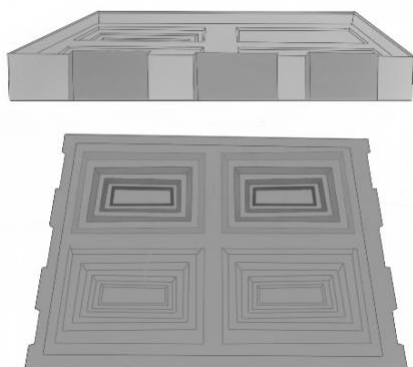
Figur 39: Løsning 2 (Lango, 2023)

Løsning 2 viser totalt fire lommer, hvor alle har lik størrelse. Denne løsningen vil nok ikke passe alle kretskortene, men den vil kunne tilfredstille en andel. Ulempen er at lommene er ganske firkantet, og det vil skape utfordring for de kortene som er veldig rektangulære.



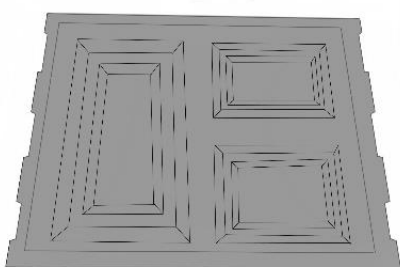
Figur 40: Løsning 3 (Lango, 2023)

Løsning 3 har tre lommer, som er ganske avlange, og alle tre har samme størrelse. Denne løsningen vil passe mange kretskort som har en mer avlang form. I tillegg er tanken at det kan ligge flere kort i samme lomme, spesielt de minste kretskortene, sånn at man får utnyttet mer av plassen.



Figur 41: Løsning 4 (Lango, 2023)

Løsning 4 er ganske lik løsning 2. Det som skiller mest de to løsningene er antall nivåer som går nedover, og dermed vil det tilfredstille flere typer kretskort.



Figur 42: Løsning 5 (Lango, 2023)

Løsning 5 er en annen variant av løsning 1. Den største lommen er lik den første løsningen. Forskjellen er at de to andre lommene er like hverandre.

Gjennom felles diskusjon har gruppen sett på fordeler og ulemper med hver løsning, og resulterte i at vi har valgt å gå videre med løsning nr. 3. Vi har nøye vurdert hvilken løsning som passer best i formen sin. Ved at lommene er avlange passer det både til kort som er kvadratiske og rektangulære. Størrelsen på lommene gjør også at plassen blir bedre utnyttet, og det er ikke mye tomrom på brettet.

#### 4.16.2 Størrelse på brettet og lommene

Gruppen har vurdert størrelsen på selve brettet. Målet er at det skal passe i en stor kasse med mål 1400mm x 1030mm, og at brettene skal fylle opp all plassen ved transport. Tidligere i prosessen har vi foreslått et mål på 510mm x 420mm, hvor det da ville være plass til totalt seks brett i kassen. Etter å ha testet skissemodellene våre, hvor den ene modellen hadde følgende mål, oppdaget vi at brettet er litt stort, og kan være vanskelig å håndtere. Dermed har vi begynt å se på andre muligheter, og kom frem til en størrelse 500mm x 340mm. Basert på kartleggingen vi gjennomførte kan vi konkludere at størrelsen på nåværende brett er optimal i forhold til håndtering og bæring. Målene på den nye løsningen er litt mindre, som gjør oss sikker på at det er en størrelse som vil fungere og er lett å implementere i produksjonen.

Ut ifra målene på kretskortene forsøkte vi å finne passende størrelser på lommene. Målet er å finne passende størrelser som tilfredsstillende alle 21 kort. For å finne målene startet vi med å lage en oversikt over alle målene på kretskort i stigende rekkefølge. Basert på denne oversikten kom vi frem til sju mulige størrelser som vi har valgt å utforske og teste i SolidWorks. Det er kun et kort vi måtte utelukke av alle 21 kortene vi har tatt utgangspunktet i, på grunn av størrelsen.

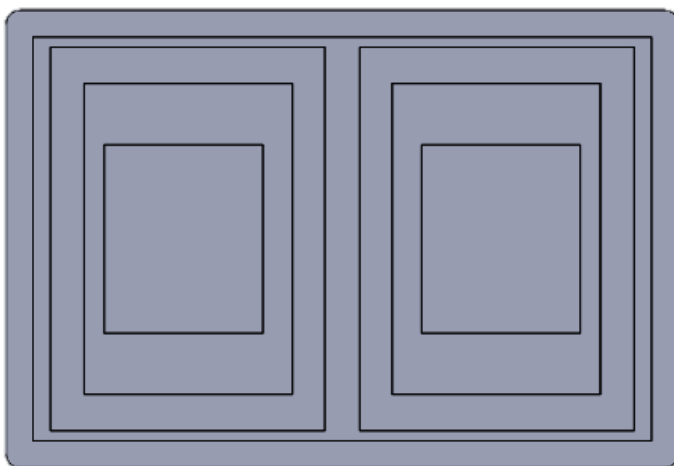
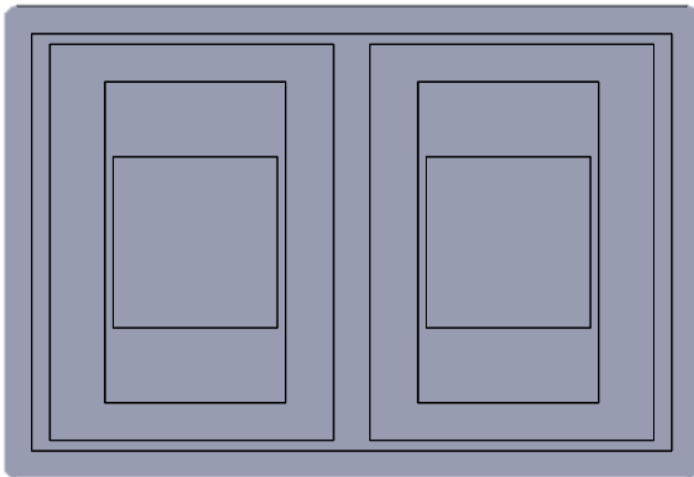
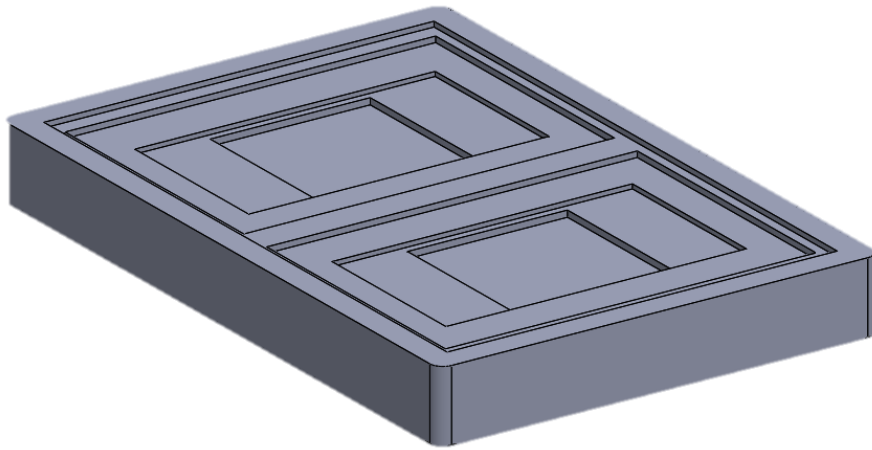
Tabell 6: Mål på utvalgte kretskort oppgitt i millimeter (Selvillustrert tabell, 2023)

Mål på utvalgte kretskort				
	Lengde	Bredde	Mål på lommene	Passer brett nr.
1.	181,0	73,5	71 x 101	2., 4.
2.	90,0	70,0	74,5 x 192	16., 1.
3.	461,0	85,0	92 x 133	10., 14.
4.	100,0	70,0	118 x 123	20., 13.
5.	222,0	175,0	125 x 231	21., 8., 7.
6.	331,0	173,0	202 x 250	11., 9., 5., 18., 19.
7.	222,0	116,0	260 x 332	17., 6., 15., 12.
8.	230,0	124,0		
9.	249,0	161,0	Lomme nr.1	71 x 101
10.	131,0	83,0	Lomme nr.2	92 x 133
11.	202,0	161,0	Lomme nr.3	118 x 123
12.	153,0	116,0	Lomme nr.4	125 x 231
13.	121,0	117,0	Lomme nr.5	202 x 250
14.	132,0	91,0	Lomme nr.6	260 x 332
15.	280,0	222,0		
16.	191,0	71,0		
17.	280,0	141,0		
18.	211,0	201,0		
19.	215,0	201,0		
20.	116,0	100,0		
21.	230,0	100,0		

For å dobbeltsjekke at kretskortene passer inn i lommene har vi designet alle de 20 kretskortene i programmet for å få mulighet til å teste alt underveis. Det gjorde at vi jevnlig kunne kvalitetssikre størrelsen på lommene.

### 4.16.3 Tredimensjonal visualisering av løsningen

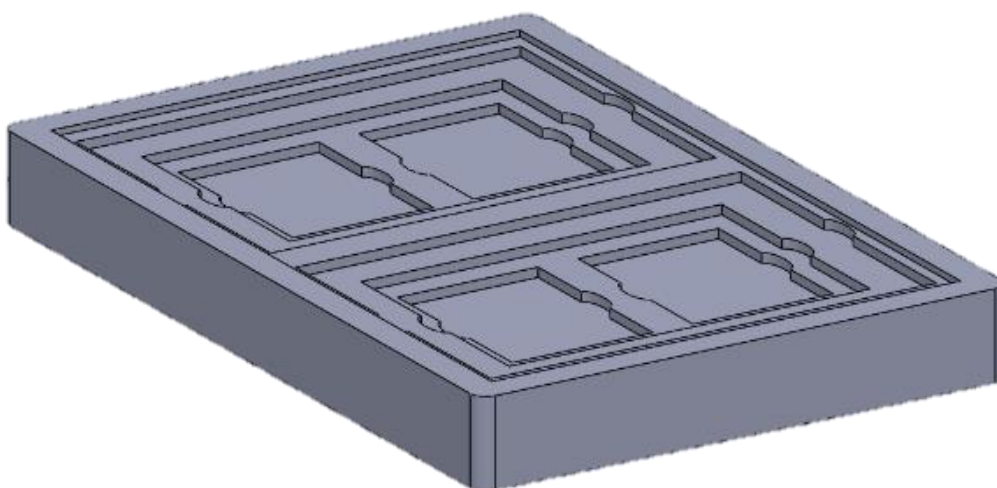
Basert på målene vi har kommet frem til og ideutviklingen startet vi med 3D-tegning i SolidWorks. Gruppen startet med å lage basen til blisteret og deretter lommene med nivåer. Tegningene startet ut ifra mål på utvalgte kretskort og størrelsen på lommene vi har presentert i figur 43. Vi merket tidlig i denne fasen at det vil være knapt med plass til tre lommer som vi har bestemt oss for å lage. For å komme frem til en løsning som passer flest mulige kort, forsøkte vi å starte med to lommer istedenfor, med totalt fire nivåer i forskjellige størrelser. Figur 43 viser den første modellen vi utformet. Gruppen ser tydelig at det er mye plass som ikke blir utnyttet, i tillegg var det tre forskjellige kretskort som passet dårlig i lommene. Basert på disse tankene tok vi steget videre i utviklingen.



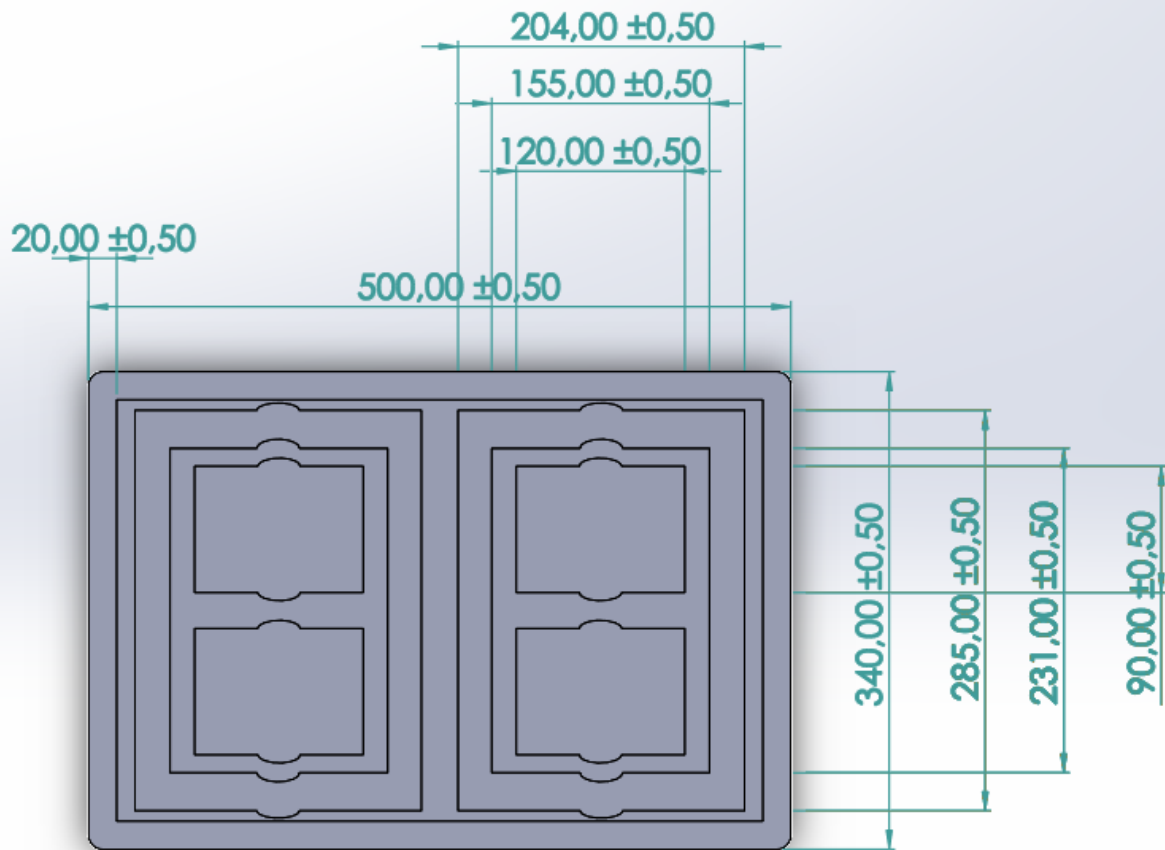
Figur 43: Tredimensjonal visualisering av lommer, forslag 1 og 2 (Lango, 2023)

For at flest mulige kretskort skal passe inn på brettet, og at mest mulig plass blir utnyttet endret vi størrelsen på to av de nederste nivåene. Vi testet lommene med kretskortene som vi designet, og med denne løsningen klarte vi å tilfredsstille alle de 20 kortene. Likevel er det en del plass som ikke er unyttet og det vil vi helst unngå, slik at brettet klarer å bære flest kort om gangen. I denne delen av prosessen har det bare vært å utprøve forskjellige størrelser for på komme frem til en løsning som oppfyller kravene. Mens vi designet i SolidWorks tok vi diskusjoner og avgjørelser underveis, og det førte til at plassering, formene og størrelsene på lommene stadig ble endret på.

Det er flere av kortene som passer perfekt inn i lommene, og bruker omtrent all plassen. For at det skal være lett for sluttbrukeren å kunne løfte opp kretskortene har vi tenkt å lage en utskjæring til fingergrep. For å finne riktig størrelse har vi målt tykkelsen på totalt åtte personer av begge kjønn, og basert på denne målingen laget vi utskjæring for fingergrep. På figur 44 ser man hvordan brettet ser ut med utskjæring til fingrene, samt noen endringer på nivåene. Vi valgte å gjøre det minste nivået litt mindre, slik at vi fikk plass til totalt fire av tilsvarende nivåer på hele brettet. Med denne endringen klarer vi fortsatt å ta vare på at alle de 20 kretskortene passer på brettet. Bildene viser CAD-modellen på det nåværende tidspunkt med alle mål. Det var de tegningene og denne løsningen vi viste frem til vår oppdragsgiver for første gang i CAD. Før dette var det skissemødelene vi hadde vist frem tidligere som var det siste oppdragsgiveren fikk se av prosessen.



Figur 44: Tredimensjonal visualisering, forslag 3 (Lango, 2023)



Figur 45: Mål på tredimensjonal visualisering, løsning 3, hvor alle mål er oppgitt i millimeter (Lango, 2023)



#### **4.17 Innhenting av leverandører**

Innkjøp ved Hapro har hjulpet oss med hvilke leverandører vi kan kontakte. Vi har sendt tegninger til ansatt på innkjøp, og han har sendt videre til Hapro sine leverandører for å høre om det er mulig å produsere produktet vi har kommet frem til.

Gruppen har mottatt en liste over norske firmaer eller leverandører som utfører de produksjonsmetodene det er tiltenkt at vi skal bruke. Firmaene er:

- MVP – Innovative plastløsninger
- Plasto
- OM BE Plast, Spesial- og masseproduksjon av plast i Sellebakk
- HV Plast AS
- Pur Plast
- BEFORM
- GYLI Plast
- Mjøsplast – Strukturplast

En innkjøper på Hapro har hjulpet til med å kontakte de leverandørene fabrikken bruker per dags dato for å høre om det er muligheter for å produsere det vi har tanke om at skal produseres før vi selv tar kontakt med konkrete forespørsler. De tre bedriftene innkjøper sendte mail til var ESD Center ved Geir Ingemar Henriksen og Stefan Sjøkvist, Teknisk plast og kompositt ved Otto Olsen og Arne Svenning og EUROSTAT.

Kina har et større marked for å produsere i store kvanta. Samtidig som det som oftest vil være et minstekrav til antall produserte enheter for å ikke gå i minus med verktøykostnader og produksjonskostnader. Hvor stort antall som skal produseres spiller en stor rolle for om det er gunstig å bruke de forskjellige leverandørene, da i hovedsak i Norge. Flere leverandører har også minstekrav til antall med tanke på verktøykostnad.

#### **4.18 Utvikling av endelig konsept**

Når vi har lagt frem løsningen og tegningene til oppdragsgiver fikk vi tilbakemeldinger, tanker og forslag til videreutvikling. Det er ikke alltid like lett å se mulighetene når man jobber med samme oppgave over en lengre periode, derfor er det en utmerket mulighet til å vise løsningen til andre, slik at man får andre synspunkter.

En av mulighetene vi ble gjort oppmerksomme på var om brettet kan totalt ha plass til seks av de minste nivåene for å utnytte plassen enda bedre. Denne tilbakemeldingen åpnet opp utviklingen og vi begynte raskt å utprøve nytt design. Ved å flytte de eksisterende lommene ut til kantene fikk vi plass til to av de minste nivåene. Det gjør at det er plass til enda flere kretskort av den minste størrelsen. Vi har også utforsket om vi får plass til en til av det mellomste nivået, men det ble akkurat for knapt med plass.

Et av kravene fra bedriften er at brettet skal kunne stables. Gruppen har vurdert flere mulige alternativer for stabling. Det er nødvendig å tenke på at brettet skal ta minst mulig plass når den ikke er i bruk, samtidig at den skal kunne stables i høyden. Vår ide har vært å spesielt designe de utvendige kantene på brettet slik at de sklir inn i hverandre når brettene stables den ene veien, og at de står fint oppå hverandre den andre veien. Det er en løsning som blir brukt på noen blisterbrett i dag, og det er der vi har tatt inspirasjon fra.

Av egne erfaringer og tilbakemeldinger av brukeren vet vi at det kan være vanskelig å få fra hverandre slike blisterbrett. Når det er flere brett som stables oppå hverandre når de ikke er i bruk, er de tett inntil hverandre og det er ingen lufttilførsel. Dette gjør at det oppstår vakuumbet mellomrommet og skaper utfordringer med å få brettene fra hverandre. For å unngå at dette skjer har vi valgt å legge til fire hull på brettet på forskjellige plasseringer. På grunn av hullene vil det være lufttilførsel som vil løse problematikken. Plasseringen til hullene er gjennomtenkt slik at de gjør funksjonen sin både når blisterne lagres og er i bruk.

Utvikling av det endelige konseptet er et steg for å forbedre det valgte konseptet slik at det kan lages en ordentlig prototype. Målet siden start har vært å kunne 3D-printe løsningen for å få et visuelt bilde på hvordan det blir seende ut i virkeligheten.

Etter vi får svar fra leverandører er det muligens enkelte justeringer som må til før det kan produseres. Dersom det er justeringer i forhold til toleranser er det ofte bedriften som produserer produktet som selv setter toleranser i forhold til de verktøyene de har til å utføre arbeidet. Om det er andre justeringer i forhold til utseende og funksjon, er det en viktig del av prosessen å gjøre disse endringene for å komme frem til et resultat vi er fornøyde med.

For å gjøre små justeringer på design, størrelser og utforminger har vi brukt SolidWorks. Det er en enkel måte å endre størrelse og justere kanter der det er nødvendig i en tredimensjonal modell det går an å vri og vende på for å se fra alle vinkler.

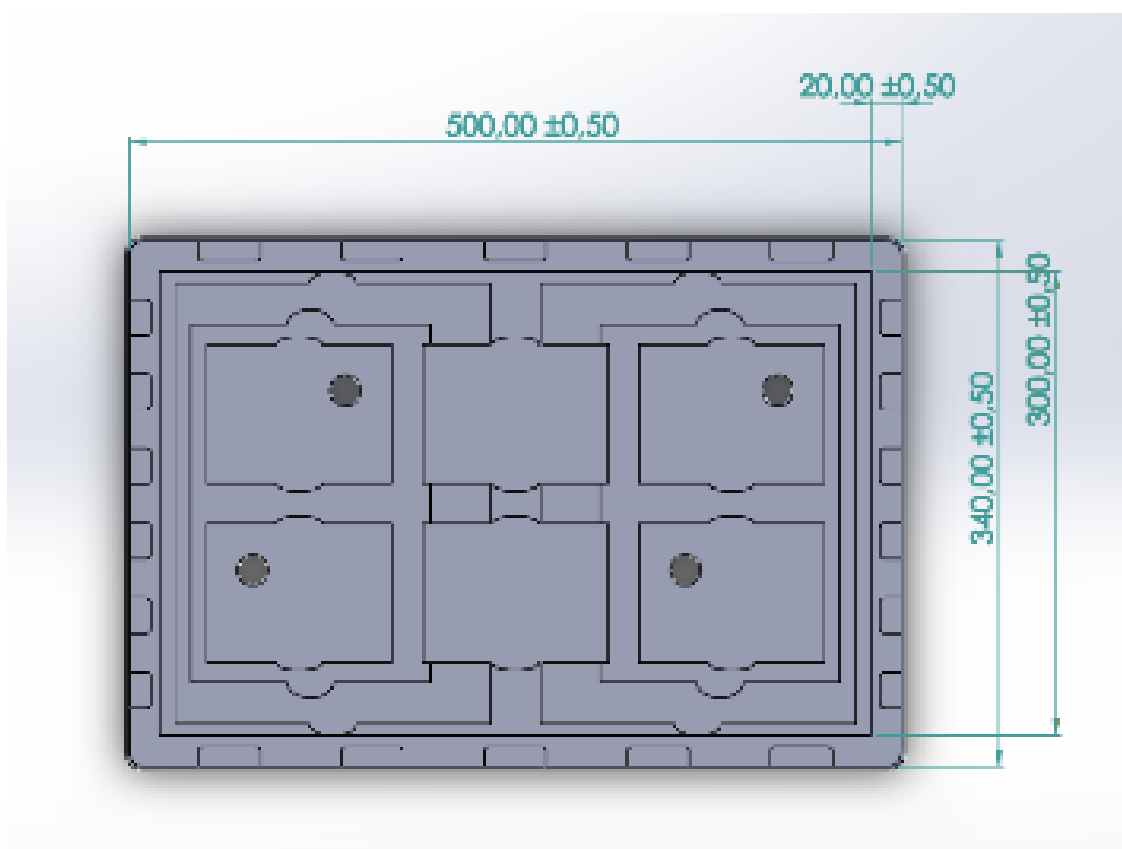
## 4.19 Endelig løsning

Ved hjelp av mange ulike metoder og forbedringer gjort underveis har vi kommet frem til den endelige løsningen.

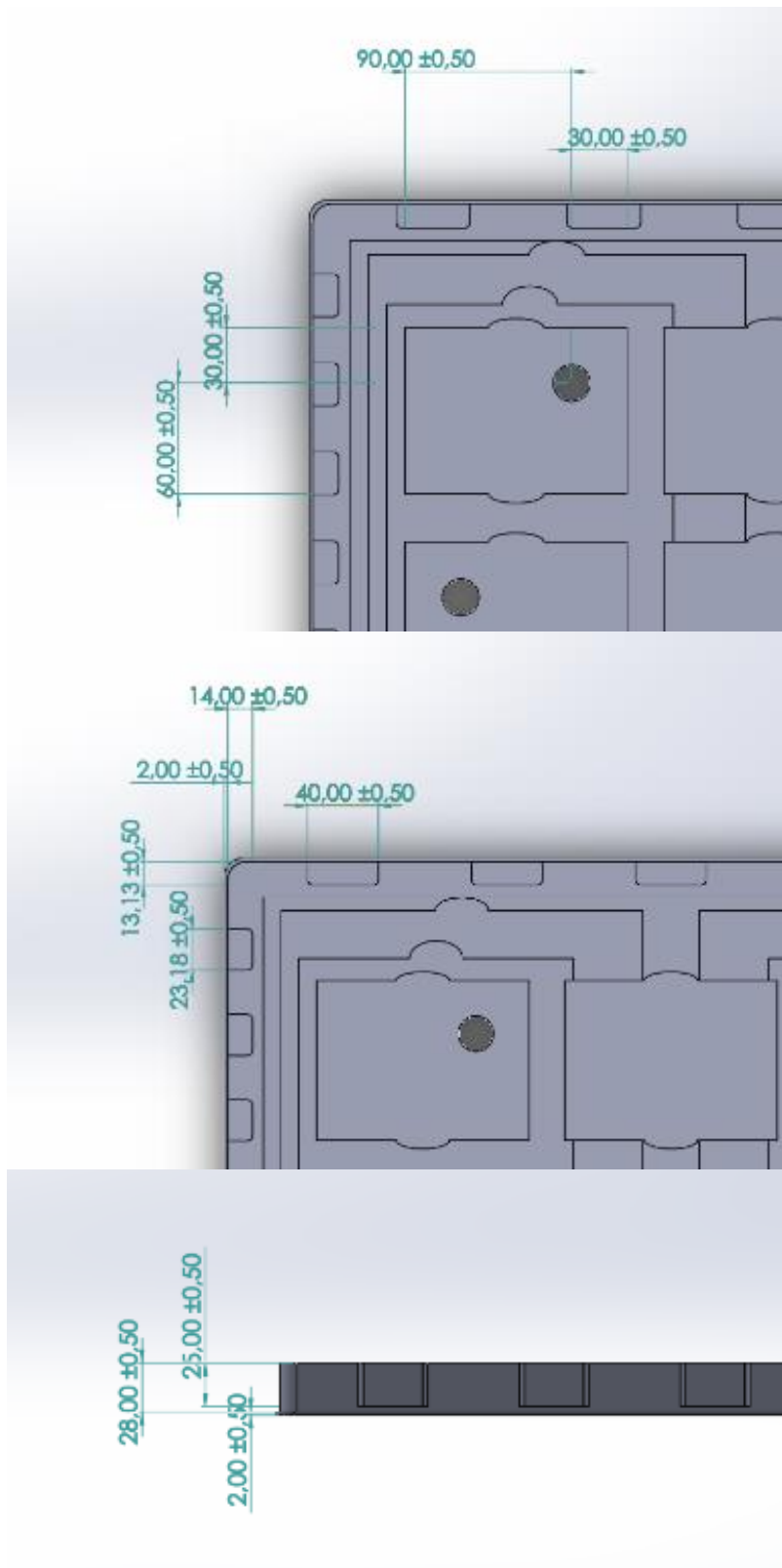
Løsningen vår er et brett som skal brukes til transport og oppbevaring av kretskort hos Hapro. Brettet har en størrelse på 500mm x 340mm, og en høyde på 30mm. Kretskortene skal oppbevares i det vi har valgt å kalle for lommer, med totalt fire nivåer i forskjellige størrelser som går nedover. Brettet har et av det største nivået, to av de to neste nivåene, mens det minste nivået er det totalt seks av. Det øverste nivået har en nedfelling på 6mm, mens alle de resterende har nedfelling på 4mm. På fingerutskjæringene har vi satt en lengde på 30mm.

Nivå nummer	Mål (mm)
1	460 x 300
2	204 x 285
3	155 x 231
4	120 x 90

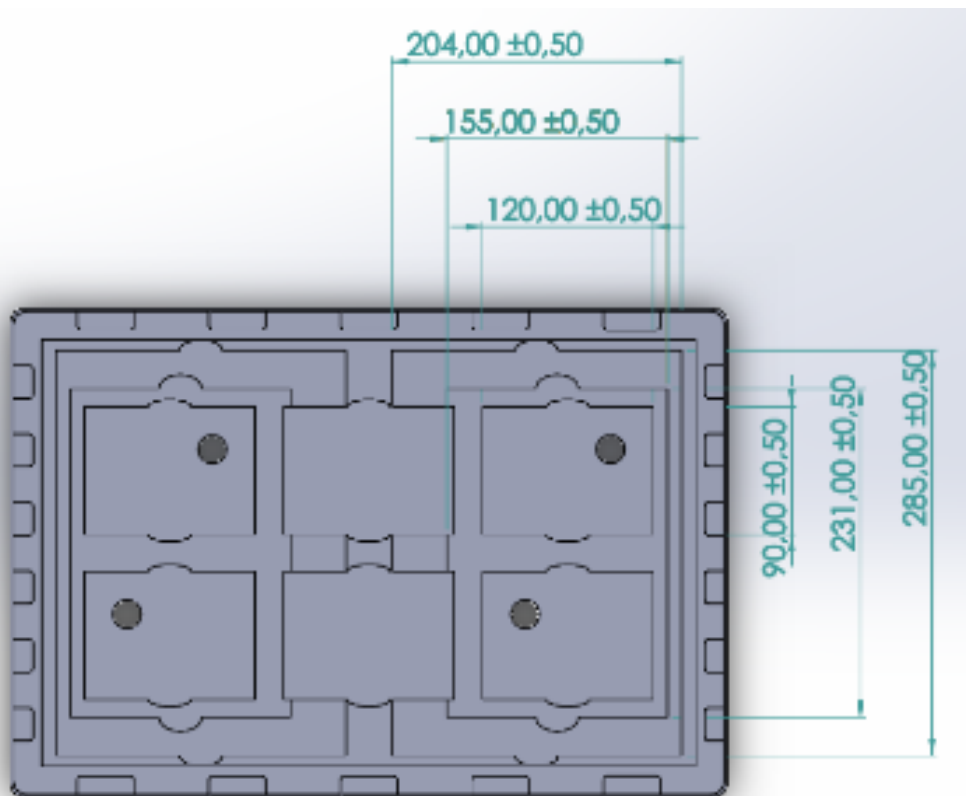
Tabell 7: Størrelse på lommer til tredimensjonal modell (Selvillustrert tabell, 2023)



Figur 46: Utvendige mål på tredimensjonal modell oppgitt i millimeter (Lango, 2023)

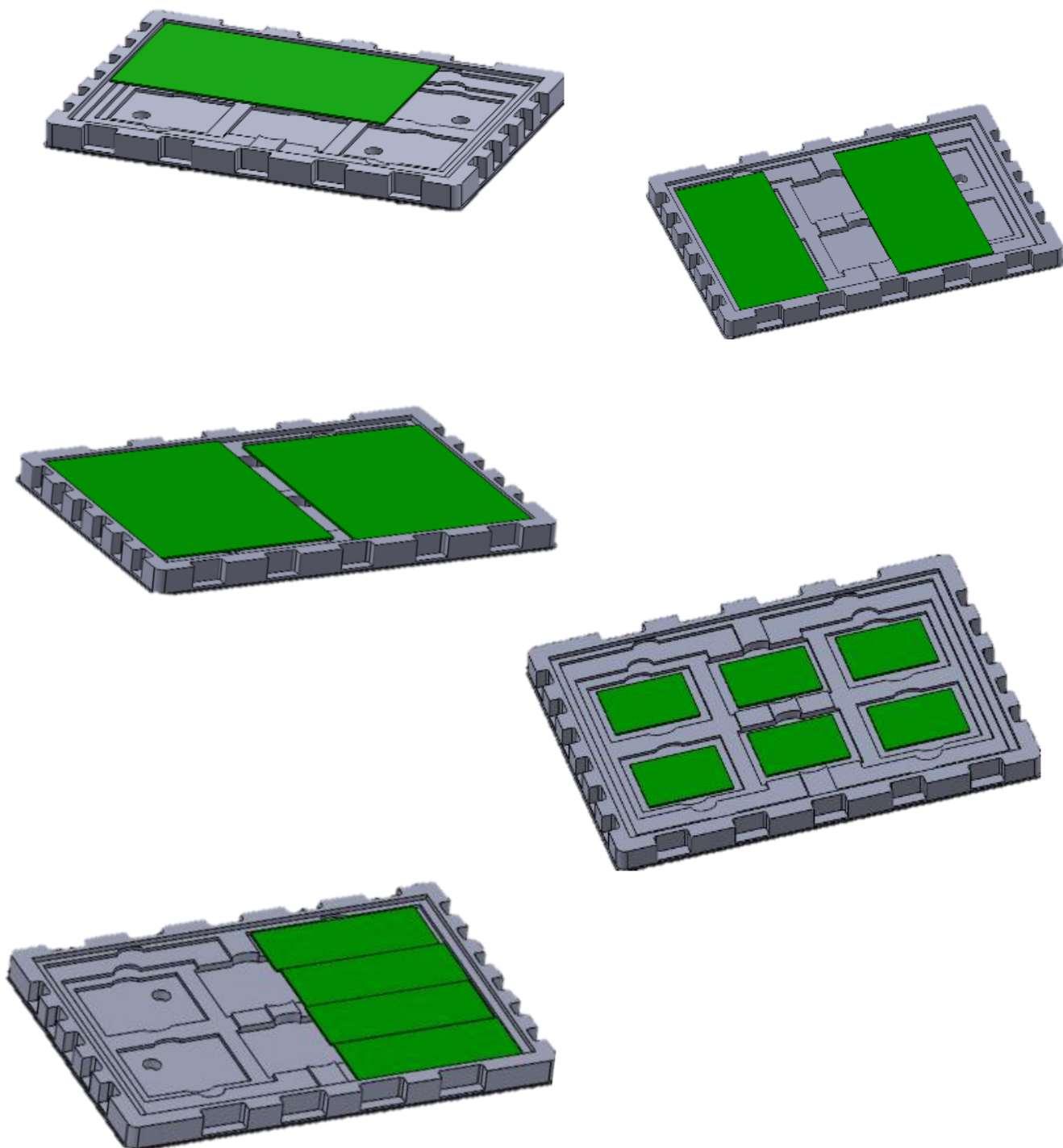


Figur 47: Ulike mål til den tredimensjonale modellen (Lango, 2023)



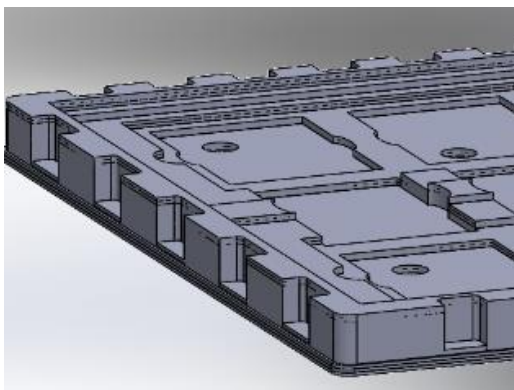
Figur 48: Mål på lomme på den tredimensjonale modellen (Lango, 2023)

Brettet skal bære samt oppbevare kretskortene som produseres på Hapro. Kretskortene skal legges i de ulike lommene, og plasseres i det nivået som passer best til det utvalgte kretskortet. Ettersom kretskortene har flere ulike komponenter på seg, fører dette til at kretskortene i sin helhet har en relativ stor høyde. På bakgrunn av dette skal det plasseres et kort om gangen i valgt lomme. Det vil si at hvis brukeren plasserer et kretskort på nivået nummer 2, skal det ikke ligge flere kretskort, verken på nivået under eller over. Det kan derimot ligge flere kretskort på samme nivå for å fylle opp plassen. Under demonstreres hvordan kretskortene kan plasseres på brettet. Bildene viser en mulig plassering til utvalgte kort.

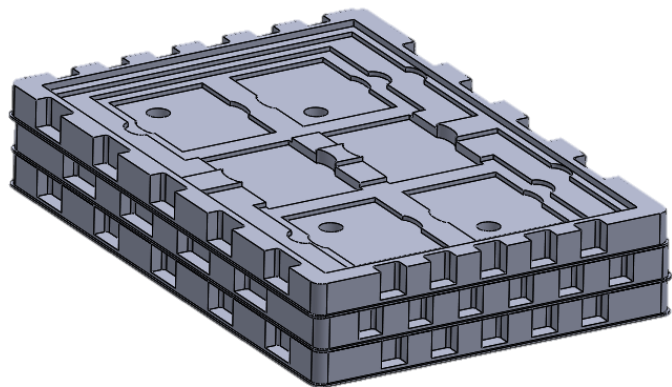


Figur 49: Visualisering av hvor kortene kan ligge på brettet, mulig plassering til forskjellige kort (Lango, 2023)

Brettet skal stables både når det er i bruk med kretskortene på, men også når brettet er uten kretskort. Løsningen vår har utskjæringer på utsiden av kantene på brettet. De er asymmetriske ovenfor hverandre. Stablefunksjonen fungerer følgende; når brettet plasseres rett oppå hverandre i samme retning, sklir utskjæringene inn i hverandre. På denne måten stables de når brettene ikke er i bruk, og tar veldig lite plass da det ikke er mye luft mellom de stablende brettene. Når man snur brettet i motsatt retning vil ikke utskjæringene være ovenfor hverandre, og da kan brettet settes på den øverste kanten. Her illustreres hvordan brettene stables.



Figur 50: Visualisering av hvordan de stables uten kort på (Lango, 2023)



Figur 51: Visualisering av hvordan de kan stables med kort på (Lango, 2023)

Produktet vårt, som alle andre produkter har sine positive og negative sider. Løsningen vår ivaretar sikkerheten til kretskortene som ligger på brettet. Det ser vi på som en svært positiv side av brettet. Måten produktet er utformet på, begrenser retningen kortene kan skli, og gjør at de ligger stabilt i det nivået de har blitt lagt i. En annen positiv side er at brettet kan stables i høyden, både når den er i bruk, og ikke. Det er et krav fra oppdragsgiveren som vi har klart å tilfredsstille. Når brettene stables med kretskortene på, er det ikke rom for at kretskortene støves, noe som gjør at produktet ivaretar sikkerheten til komponentene og reduserer at disse skades på grunn av støvet. Det gjelder ikke det øverste brettet i stabelen, men en mulighet kan være å avslutte stablingen med et tomt Brett. Uten at vi har målt vekten på løsningen vår, så vet vi basert på valgt materiale at brettet vil ha en lav vekt. Det ser vi på som en positiv side da dette fører til bedre brukervennlighet. Allikevel er det nødvendig at det er en viss tyngde på brettet på grunn av stabiliteten.

I starten av prosessen har vi forsøkt å finne en løsning som tilfredsstillende alle 83 kretskortene som var på Hapro i uke 46, 2022. Raskt fant vi ut at det er svært vanskelig å få til, samtidig som vi oppfyller kravene fra oppdragsgiver. Løsningen vår er basert på 20 ulike mål på kretskortene, som gjør at 24% av alle kretskortene passer på brettet. Samtidig er det mange kretskort som har lik eller tilnærmet størrelse, og derfor antar vi at løsningen vår passer til 50% av kretskortene som er i omløp på Hapro, eller mer. Allikevel er det fortsatt ikke 100% og løsningen vår er dermed ikke universell. Ettersom det er flere kretskort som har en relativ stor størrelse vil det ikke være plass til mange av samme kretskort på brettet. Det kan sees på som en negativ side ved løsningen, ettersom man ikke utnytter all plassen, og dette fører til at man må bruke flere brett om gangen. Det er også forbedringspotensialet knyttet til grep. Vi har ikke designet eget grep på brettet, og dette kan føre at det kan være ubehagelig å holde i, spesielt ved bæring av en stabel med brett.

#### **4.19.1 Formalestetisk produktanalyse**

**Materialer og tekstur:** Løsningen vår skal ha et ESD-sikkert materiale og produktet vil være i en blanding av plast og kobberpulver. Det er ikke blitt bestemt nøyaktig hvilken type plast produktet vil ende opp med, men uansett hvilken type plast det blir, vil det være et materiale som er lett formbart.

**Fargebruk:** Fargen på brettet vil avgjøres av type plast. Om brettet er laget i hardplast vil det mest sannsynlig være i en mørk farge, for eksempel svart eller mørkegrå. Om man derimot bruker termoplast vil det mest trolig være gjennomsiktig eller veldig lys farge. For at det skal være bedre kontrast på produktet vil det være mest hensiktsmessig at brettet er i en mørk farge. Det gjør også at nivåene og lommene kommer bedre frem sammenliknet med et gjennomsiktig materiale.

**Formfaktor:** Brettet har en bestemt formfaktor ut fra kretskortene vi har kartlagt. Det gjelder både størrelsen på selve brettet, men også lommene. Alle kantene på brettet skal være avrundet. Grunnen til dette er estetikken, men også valgt produksjonsmetode. Brettet har en åpen form og er hul på undersiden. Det er generelt lav tetthet og produktet vil dermed oppfattes som lett. Lommene er symmetriske, og dette skaper harmoni.

**Merking:** Det kreves at alle produkter som er ESD godkjente har et ESD-logo på seg. Det vil også være aktuelt i dette tilfellet.



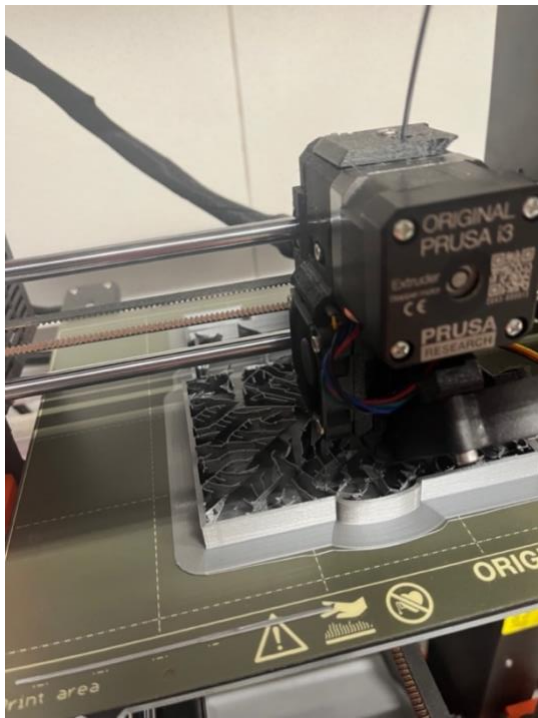
## 4.20 Prototype

Gruppen har gjennomført en vellykket prototyping-prosess ved å benytte seg av CAD-tegninger i SolidWorks og additiv tilvirkning, spesifikt 3D-printing, som produksjonsmetode. Ved å utnytte programmet SolidWorks, som er en avansert datamaskinbasert konstruksjonsprogramvare, kunne gruppen nøyaktig og presist lage digitale 3D modeller av prototypen. Dette gjorde at det ble en grundig visualisering og optimalisering av designet før den faktiske produksjonen startet.

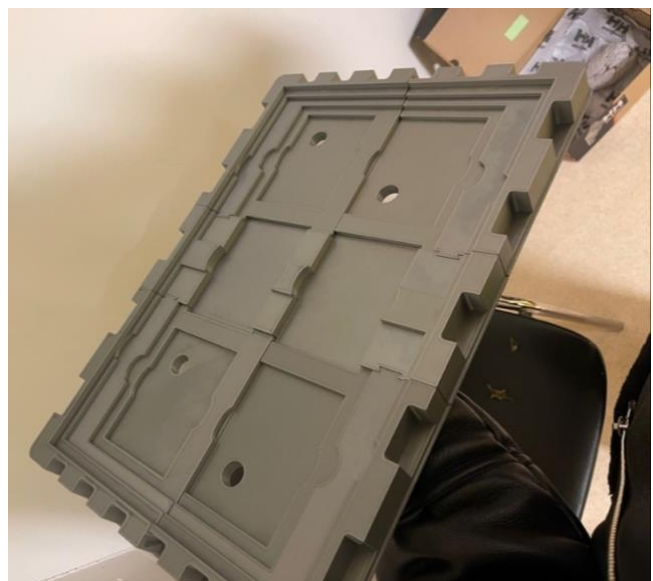
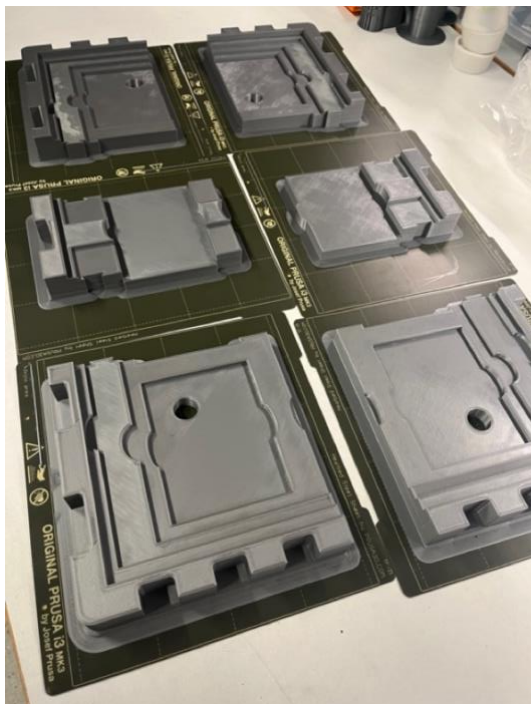
Ved å benytte seg av additiv tilvirkning, spesielt 3D-printing, som produksjonsmetode, kunne gruppen skape prototypen lagvis ved hjelp av PLA som materiale. Denne metoden gir betydelig fleksibilitet og muligheter til å realisere komplekse geometriske former og detaljer som kanskje ikke er like enkelt å oppnå gjennom mer tradisjonelle produksjonsmetoder.

Spesifikt i SolidWorks har gruppen delt hele modellen i seks biter og satt inn «svanehaler» for å kunne sette delene sammen etter print. Dette fordi det ikke var mulig å printe modellen i 1:1 størrelse på maskinen. Vi var også nødt til å lage modellen med fylt innhold og ikke en hul underdel noe som egentlig er tenkt løsning. Dette fordi det ikke er mulig å printe den som hul inni. Etter endt print er det noe som kalles «brim» som ligger rundt alle kantene av delene som gruppen enkelt fjernet ved hjelp av tang og pussepapir. Vi benyttet oss av seks 3D-printere og satte delene sammen etter printen var ferdig ved hjelp av både hurtigtørkende lim og de svanehalene som vi hadde tegnet inn i CAD-tegningen før vi printet.

Gjennom samarbeid og grundig arbeid med SolidWorks og bruk av 3D-printing som metode, var gruppen i stand til å skape en funksjonell prototype som også gjenspeiler det ønskede designet. Denne prototypen ble deretter grundig evaluert og testet hos Hapro for videre holdbarhet og estetikk. Resultatene av denne testingen og tilbakemeldingene fra arbeidere hos Hapro ga oss et innblikk i hvordan vi ville tenkt at videre arbeid kunne sett ut.



Figur 52: Prototypen printes (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 53: Før og etter sammenstilling (Selvillustrert foto, 2023)

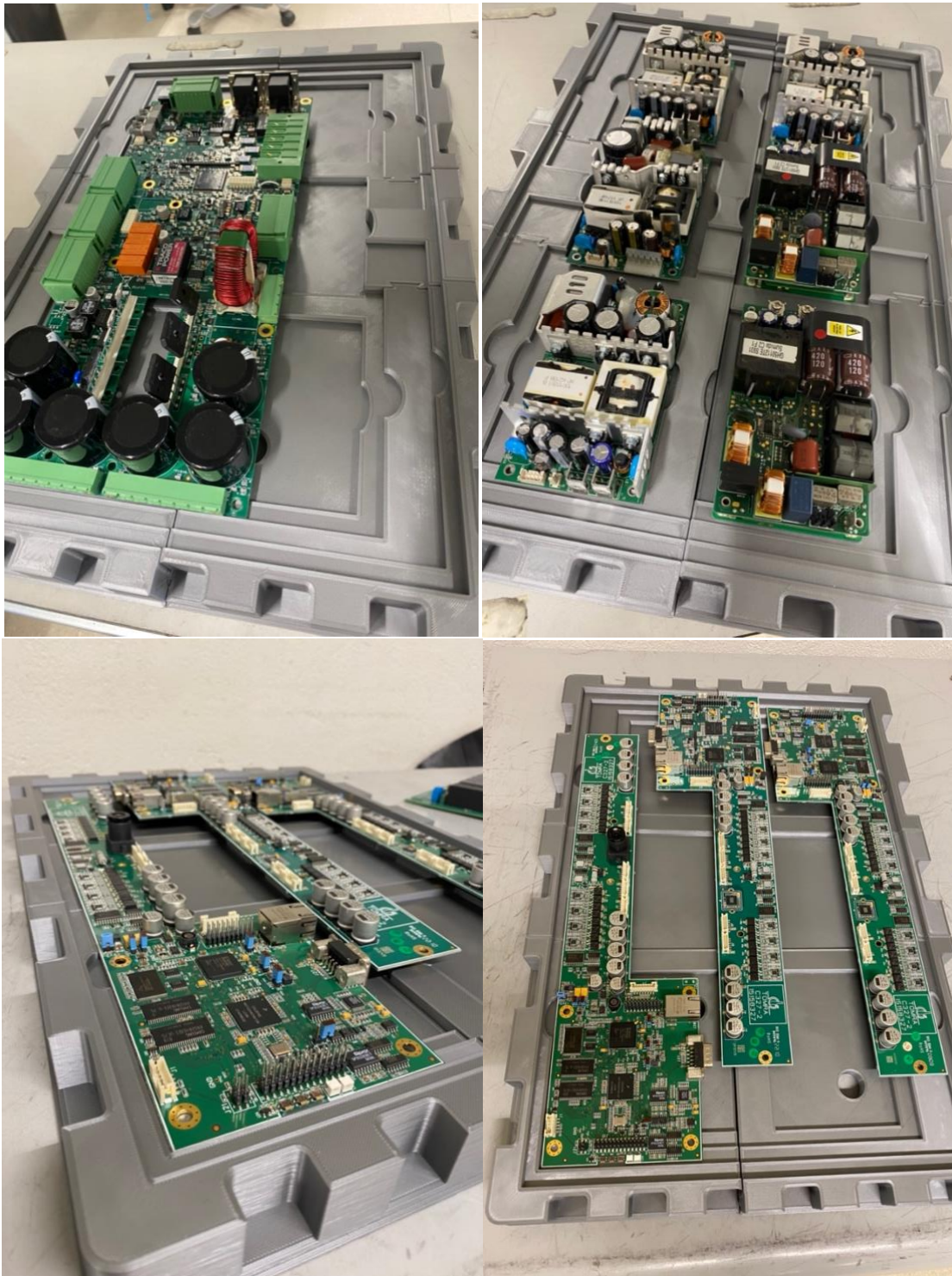
### 4.20.1 Testing av prototype

Prototypen gruppen har utviklet er laget av plast, og kan dermed ikke være i nærheten av kretskort som er i bruk i produksjonen. Gruppen var dermed nødt til å ta i bruk vrak-kort, ødelagte kort som ikke er i bruk lenger. Utfordringen med å bare ha muligheten til å bruke vrak-kort, er at det ikke er stor nok variasjon i de som er blitt kastet, noe som var tilfellet. Av de tilgjengelige kortene var det heller ingen av de vi målte.

I alt er 7 kort testet, og alle passet. Noen passet bedre enn andre i lommene, men alle fikk plass. Vedlagt kommer bilder hvor det vises hvordan kretskortene passet i de ulike lommene, og der det var flere like er det visualisert hvordan de kan plasseres ved siden av hverandre. Som sagt var det ikke optimalt med kretskort å teste, men ifølge våre beregninger skal en god andel av kretskortene passe.



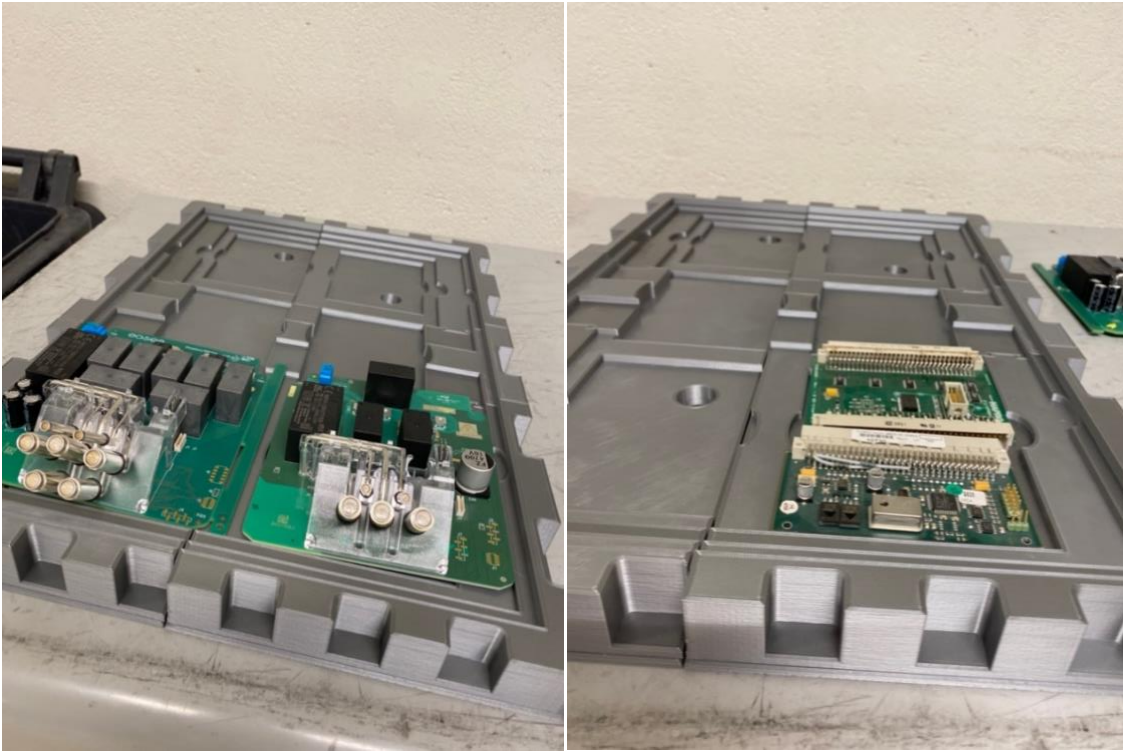
Figur 54: Testing av prototype i hyller på Hapro (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 55: Testing av ulike kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 56: Testing av flere kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023)



Figur 57: Testing av enda flere kort på prototypen (Selvillustrert foto, 2023)

#### **4.21 Valg av produksjonsmetoder og materialer til endelig konsept**

Valg av produksjonsmetoder og materialer har vært noe avgrenset ettersom kravene fra Hapro er tydelige på hvilke materialer og metoder som kan brukes. Materialer har vært mer avgrenset enn produksjonsmetoder. Vi har i henhold til kravene derfor endt opp med at materialene vil være en type ESD godkjent plast. For eksempel en type plast som inneholder noe karbon i seg. Vi ønsker at den plasten som velges etter endt «levetid» kan resirkuleres. Valg av produksjonsmetode har vi undersøkt noe ytterligere da det ikke var like store krav til dette. Vi har undersøkt at både sprøytstøping og vakuumforming kan benyttes til å produsere vår løsning. Disse metodene fungerer for å produsere i ett større volum. Produksjonsmetode og antall som skal produseres av løsningen vår er avhengig av hvor mange ulike kretskort løsningen kan lagre og transportere. Det vil derfor være vanskelig å fastslå en spesifikk metode. For å lage prototypen har vi brukt 3D-printing som produksjonsmetode med PLA som materiale. Dette er en fin måte å lage et mindre antall på.

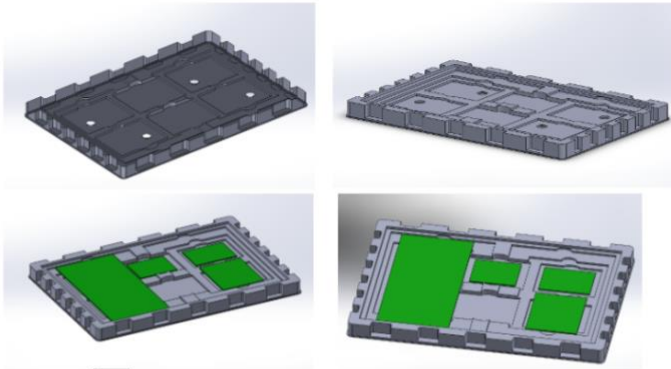
Hapro har allerede kontakt med flere ulike produsenter. Disse produsentene klarer seg ofte med en CAD-tegning av ønsket løsning og deretter lager verktøyet og bestemmer produksjonsmetode selv. Derfor har det ikke vært noe behov for at vi skal bestemme en produksjonsmetode, likevel har vi noe kunnskap om dette og ønsket å presentere de metodene som ofte blir brukt i slik sammenheng.

Sammenstillingen av produktet skjer hos leverandør. Hele modellen blir laget i en og samme form, og krever dermed ingen ekstra ressurser eller arbeidere for å fullføre modellen.

#### **4.22 Andre avkryssningsskjema**

Andre avkryssningsskjema er en brukerundersøkelse av det endelige konseptet. Utformingen på avkryssningsskjemaet er satt opp med de samme svaralternativene der det er svaralternativer. For å kunne vise til noe fysisk, tok vi med prototypen, og viste frem der gruppen hadde mulighet til å vise frem. Spørreskjemaet var en kvalitetssikring for å avdekke om det som er blitt utformet på en måte som gjør at brukerne har lyst til å ta det i bruk.

1. Ved første øyekast, er dette et brett du kunne tenke deg å bruke fremfor den nåværende løsningen?



JA

NEI

2. Hvis ja, hva mener du er bedre?

- Stabilitet
- Stablefunksjon
- Størrelse
- Kortene sklir av brettet
- Kortene sklir på brettet
- Grep

3. Hvis nei, hva mener du det nåværende brettet er bedre på?

- Stabilitet
- Stablefunksjon
- Størrelse
- Kortene sklir av brettet
- Kortene sklir på brettet
- Grep

4. Mener du sikkerheten til kortene er bedre ivaretatt ved den nye løsningen?

JA

NEI

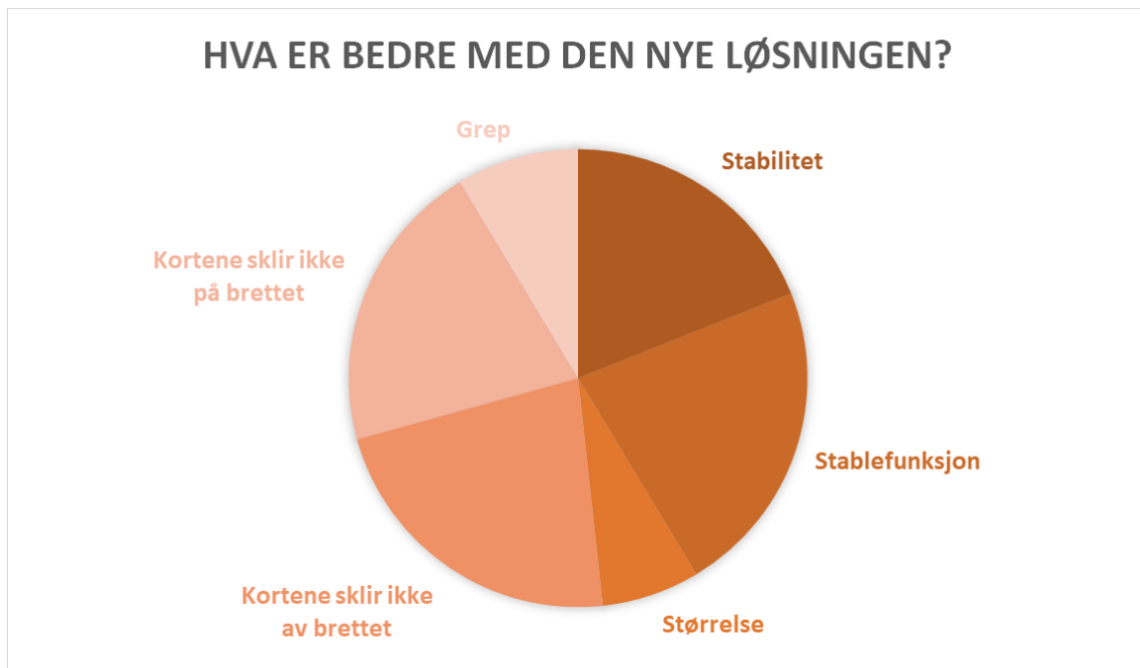
Har du en kommentar til oss (kan være hva som helst), skriv den gjerne her:

Tusen takk for at du svarte 😊

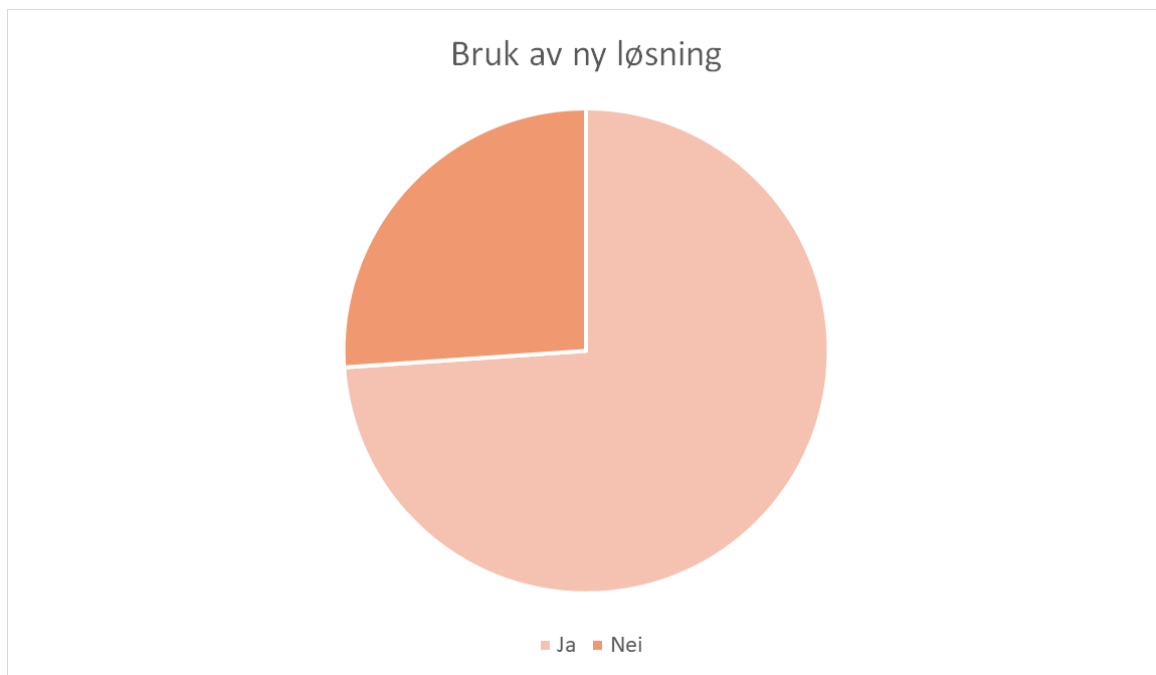
Figur 58: Andre avkrysningskjema (Selvillustrert, 2023)



Analyse av det respektive spørreskjemaet vil være med på å gi en siste vurdering av den endelige løsningen. Også her har vi trukket ut enkelte spørsmål, og laget et oversiktlig diagram ut fra hvor mange som har svart de ulike svaralternativene. Spørsmålet blir presentert over kakediagrammet, og deretter kommer andelene med svar på hvert svaralternativ.



Figur 59: Kakediagram av «Hva er forbedret med den nye løsningen» (Selvillustrert, 2023)



Figur 60: Kakediagram av «Bruk av ny løsning» (Selvillustrert, 2023)

## 4.23 Tilbakemelding fra brukere

Dagen vi dro til Hapro for siste vurdering av løsningen møtte vi på flere ansatte som har vært en del av hele prosessen. Blant annet en automasjonsingeniør som har veiledet oss mot å få en ferdig CAD-tegning, en prosjektingeniør og andre som jobber med kvalitet og prosess. Dette er ansatte som ikke bruker brettet daglig, men allikevel har en viktig stemme da de tidligere har arbeidet med en utviklingsprosess lik den vi har vært gjennom.

Avkryssningsskjema på papir er en veldig enkel måte å benytte seg av dersom man skal spørre mange brukere, men ikke har tilgang til en elektronisk portal. Tilbakemeldinger fra brukere på Hapro kom gjennom svar på avkryssningsskjema. Ut fra kakediagrammet presentert i delkapittelet 4.22 forteller første kakediagram hvilke funksjoner eller på hvilke områder det nye brettet er forbedret. De fire største andelene er at det nye brettet er mere stabilt, kortene sklir ikke på brettet, kortene sklir ikke av brettet og stablefunksjonen fungerer bedre. Siste spørsmål om sikkerheten til kortene er blitt forbedret ga et enstemmig svar. Alle deltakere svarte JA, og mente sikkerheten ble bedre ivaretatt med den nye løsningen.

### 4.23.1 Tilbakemelding fra oppdragsgiver

Veilederen vår fra Hapro, Rino, ga oss tilbakemeldinger på prototypen. Alt i alt var han fornøyd med resultatet, samt måten vi har arbeidet på for å komme frem til resultatet. De endelige tilbakemeldingene var veldig positive, både på designet og hvor langt i prosessen vi var kommet. Dette er en skriftlig tilbakemelding vi har fått av Hapro:

«Blisterløsningen som dere presenterte, er helt i tråd med bestillingen fra Hapro på løsning. Løsningen vil ivareta et stort antall ulike kretskort og målet har aldri vært å dekke 100% av kretskortene.»

Det var to ting med den presenterte løsningen som jeg anbefalte at det ble vurdert en endring på.

- At dybden på de forskjellige nivåene ble større da mange kretskort, har komponenter på begge sider
- På en blisterløsning kan det være utfordrende å få løftet de hvis det ikke er utsparring til å ha hendene

## 5 Analyse/diskusjon

Dette kapittelet inneholder analyser av produktet, prosessen og analyser gjort underveis. Det starter med en analyse av hvilke valg som har blitt tatt, og besvare hvorfor, videreført av diskusjon der det blir diskutert om det var de riktige valgene eller om det burde blitt gjort på en annen måte.

Løsningen skal ivareta problemstillingen, og denne delen av oppgaven, analyse og diskusjon, skal prøve å besvare eventuelle usikkerheter ved prosessen og løsningen, samt gi argumenter for hvordan løsningen tilfredsstiller kravspesifikasjonen fra bedriften og produktspesifikasjonen gruppen utarbeidet i samråd med Hapro.

I hvor stor grad er problemstillingen besvart? Det er en gjennomgående problemstilling gjennom dette kapittelet. Problemstillingen «Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Hapro Electronics» er en bred problemstilling med mange muligheter og veier å gå. Det er lett å ikke holde fokus dersom man ikke har en tydelig plan og en detaljert plan. Videre blir dette utypet mer.

### 5.1 Validitet, relabilitet og etterprøvsbarhet

I løpet av kapittel 4 har gruppen presentert resultater fra metodebruken fra kapittel 3. Forskning sier at riktig metodebruk og grundig forståelse for situasjonen er essensielt for å kunne oppnå gode resultater. Dette gjelder både for design og utviklingsprosesser. Reliabilitet og validitet er viktige aspekter ved slike prosesser. Det er ønskelig å oppdage følgefeil tidlig i prosessen, og resultater bør etterprøves.

Gjennom utviklingsprosessen er det benyttet mange ulike metoder for design og utvikling. Samtidig så har personlig tolkning og erfaring påvirket metodebruken i noen grad. Blant annet at vi bruker metodene på automatikk, uten å tenke over det. Det vil videre her diskutere hvorvidt metodene er benyttet hensiktsmessig, hvilken grad resultatene faktisk er gyldige, samt annen negativ påvirkning grunnet avvik i metodikk.

Felles for de benyttede metodene er innhenting av relevant informasjon og data, og en gjennomgående ideutvikling. Inkludering av brukere og utprøving har skjedd flere steder i prosessen. Gruppen ser absolutt fordelene ved bruk av en slik metodikk i gjennomføring av et prosjekt, og har oppnådd resultater som gruppen anser som gyldige ettersom de er kommet av å bruke systematisk metodikk.

Et problemområde gruppen har hatt underveis er i hvilken grad brukernes meninger skal spille inn på løsningen da det ikke er mulig å tilfredsstille alle krav. Det har også vært andre krav fra oppdragsgiver som jobber som kvalitetsleder i bedriften. For å kompensere for dette har vi holdt oss til de spesifikke kravene fra oppdragsgiver og samtidig brukt kvalitative undersøkelser og kartleggingsmetoder blant brukerne for å avdekke noen behov og de største problemene som vi kan forsøke å løse.

Underveis i en prosess vil det alltid være ting som ikke går perfekt. Da vil det være vesentlig å tilpasse seg situasjonen og komme frem til andre gode metoder for innhenting av informasjon og validering av løsning. Gjennom detaljerte krav fra både oppdragsgiver, gruppen og kartleggingsmetoder har den endelige løsningen fått en reell verdi i den forstand at den tilfredsstiller flere krav og brukere.

For å få bedre innblikk i brukerens situasjon og behov så har gruppen utarbeidet flere spørreundersøkelser for å kartlegge svarene. En slik undersøkelse vil uansett bli påvirket av egne meninger, følelser og preferanser, noe som også er litt av poenget, men samtidig må vi håndtere dataen på en annen måte. Vi kan ikke basere løsningen kun på en slik undersøkelse, da denne ikke vil gi grundig nok begrunnelse for valg som gjøres av gruppen.

Kvalitetssikring har vært et tema gjennom hele prosessen og vi har hatt tett oppfølging sammen med fagpersoner hos Hapro, slik at vi kan sikre at det vi gjør er av kvalitet.

## **5.2 Endelig konsept opp mot kravspesifikasjon og produktspesifikasjon**

Kravspesifikasjonen og produktspesifikasjonen har blitt brukt som en form for mal i flere deler av prosjektet. Målene som er satt til prosjektet tar utgangspunkt i problemstillingen, som igjen tar utgangspunkt i kravspesifikasjonen, og har vært en retningslinje og en pekepinn på hva vi har vært nødt til å jobbe mot. Fremdriftsplanene har også tatt utgangspunkt i hvilke mål som er satt for prosjektet, enten om det er effektmål eller resultatmål.

### **5.2.1 Mål**

Tidlig i oppgaven ble det satt effektmål og resultatmål for hele prosessen. Effektmålene er oppnådd i stor grad. Skape effektivt arbeid med løsningen vår er den delen av effektmålene det kan være vanskelig å måle, og det er dermed ikke fullt oppnådd. Det som derimot er oppnådd er fleksibel løsning, lett å rengjøre til en viss grad, samt at brukeren skal ikke få noen belastningsskader av løsningen. Fleksibel løsning og belastningsskader har vært et stort fokus, men ettersom det ikke kan måles om det forekommer belastningsskader i løpet av bachelorperioden vil det være vanskelig å si hvor stor grad det er oppnådd.

Gruppen har jobbet hardt mot å få til både effektmål og resultatmål, og det å få til alle resultatmålene som er det vi har vært nødt til å jobbe ekstra hardt med. Et effektmål kommer som et resultat av resultatmålet, og det er i resultatmålet arbeidet må gjøres.

### **5.2.2. Kravspesifikasjon**

Kravspesifikasjonen inneholder nødvendig og ønskelige krav. Det er kartlagte behov, og sentrale deler av kvalitetssikringen.

- ESD sikkert
- Løsningen må kunne brukes til mange ulike kretskort
- Løsningen må være mulig å stable i høyden med kretskort
- Må være selvbærende for å unngå belastning på kretskort
- Risikovurdering med tanke på skader og kretskort ved håndtering, lagring og transport
- Ledetid og etterbestilling for valgt løsning
- Kost/nytte analyse opp mot valgt løsning

Løsningen skal ivareta brukeren og brukeren skal ha lyst til å bruke brettet istedenfor å velge et annet hjelpemiddel.

### 5.2.3 Produktspesifikasjon

Produktspesifikasjonen gruppen har utarbeidet kategoriseres i skal, bør og kan.

Produktspesifikasjonen er lik effektmålene til en viss grad. Produktspesifikasjonen er grundigere, og gir et mer tydelig bilde for hvilke krav vi skal dekke med designet på brettet.

Den skal være:

- Funksjonell
- Brukervennlig
- Integrerbar i allerede eksisterende produkter
- Minske skader på kretskort
- Ha en lav kostnad
- Være laget i ESD-godkjente materialer

Vi kan med sikkerhet si at alle disse kravene er oppnådd helt eller i en veldig stor grad. Det som kan være en utfordring er å ha en lav kostnad, da det kommer an på hvilken produksjonsmetode det blir produsert med. Dette er et valg som ikke er opp til oss, og dermed vanskelig å fastslå nå om vil være oppfylt eller ikke.

Løsningen bør være:

- Ergonomisk
- Flerfunksjonell
- Bærekraftig
- Lett å rengjøre

Punktene under «Bør» er til dels ganske overordnet, og kan være vanskelig å definere om det er oppfylt eller ikke. Vi har ikke gjort noen spesifikke tester på disse områdene, men det er presentert flere steder i oppgaven at materialet potensielt kan resirkuleres, og at det da er bærekraftig til en viss grad.

Løsningen kan være:

- Estetisk

Estetikk er ikke et krav eller et ønske fra oppdragsgiver, da det kun er funksjon som spiller en rolle for bruk.

### **5.3 Avkrysningskjema**

Kvalitativ data krever mere analyse i ettertid enn kvantitativ data. Flere faktorer spiller inn når det kommer til hvilke svar spørreundersøkelsen har endt opp med å gi oss. Det kan være fremgangsmåten som har gitt utslag den ene eller den andre veien, eller det kan være selve gjennomføringen. I vårt tilfelle kan det være begge. Fremgangsmåten, måten spørreundersøkelsen ble laget på kan være preget av at vi var helt inne i oppgaven mens vi skrev, og dermed gjorde at svaralternativene ble preget av egne meninger, følelser og fordommer.

Ved utdeling av begge avkrysningskjemaene var det ikke alltid gruppen hadde mulighet til å forklare hva som var ment med spørsmålene, og det skapte da usikkerhet og ga ikke noe klarhet i hva vi egentlig ville ha svar på.

Ved siste avkrysningskjema tok vi fysisk med en prototype, fremfor å kun visualisere med bilder.

Deltakerne som ikke fikk se prototypen av forskjellige grunner, hadde ikke like mye håndfast å vurdere ut fra, noe som gjorde at resultatet ble et litt annet. Visse funksjoner kan være vanskelig å forestille seg gjennom et bilde, og er vanskeligere å spørre om. De som så modellen fysisk, stilte flere spørsmål om for eksempel stabling og hva som er tanken bak de forskjellige lommene.

## 5.4 SWOT-analyse

Tabell 8: SWOT-analyse (Selvillustrert tabell, 2023)

<b>Styrker:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ivaretar sikkerheten til kortene.</li><li>• Rimelig.</li><li>• Stabilitet.</li><li>• Stable funksjon.</li><li>• Bruker lite plass under lagring.</li><li>• Behøver ikke montering.</li><li>• Det er kun én del.</li><li>• Ingen støv på kortene.</li></ul>	<b>Svakheter:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ikke passer alle kort.</li><li>• Skade på enkelte komponenter.</li><li>• Frihet til utforming, svekket av leverandører.</li></ul>
<b>Muligheter:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ergonomi.</li><li>• Mer universell.</li><li>• Bruk av roboter (automatisering).</li><li>• Formuttrykk.</li><li>• Samarbeidsmuligheter.</li><li>• Øke produktivitet (LEAN).</li><li>• Kontrast.</li><li>• Resirkulerbart.</li></ul>	<b>Trusler:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Endring av form på kort.</li><li>• Kunders preferanser/behov.</li><li>• Endring av marked.</li><li>• Endring av miljø-reglement.</li></ul>

Vi har valgt å gjøre en SWOT-analyse av løsningen for å analysere styrker, muligheter, svakheter og trusler på en strukturert måte. En av de største styrkene til løsningen er at den ivaretar sikkerheten til kortene. Andre styrker er at løsningen blir rimelig, stabiliteten og stable funksjonen er god. En styrke er også at produktet bruker lite plass under lagring ettersom de kan stables helt inntil hverandre når de ikke er i bruk. Løsningen behøver ingen montering da det er kun én hel del. Når kortene ligger på brettet og andre brett plasseres oppå, så vil det heller ikke komme inn noe støv på kortene.

Mulighetene ved løsningen er blant annet at den kan utformes ergonomisk med tanke på grep, og andre områder der hvor mennesker samhandles med produktet. Vi har utformet lommer til fingertuppene for at de skal klare å gripe kortene, og utforsket tanker om et ergonomisk grep på brettene. En mulighet med brettene er at de kan utformes på en slik måte at de blir mer universelle. Blant annet kan lommene utformes med andre mål for å passe andre type kort, også kan man legge ett underlag oppi brettet, noe som gjøre ta det kan legges flere ulike kort i brettene. Det kan også legges til punkter på brettet slik at brettet kan komplimenteres med



roboter slik at mer arbeid kan automatiseres. Muligheter med samarbeid med andre leverandører for billigere, bedre produksjon og kommunikasjon. Det er en mulighet for at produktiviteten øker, og at arbeidet blir mer effektivt. Dette blant annet fordi arbeiderne slipper å lete etter knotter som skal settes på de nåværende brettene. Dette er med på å styrke prinsippene innenfor LEAN. Det er muligheter for bedre kontrast på brettet da det ikke kommer like godt frem for alle, hvilke ulike lommer som er på brettet. Det er også en mulighet at brettet kan produserer i materiale som gjør det mulig å resirkulere det etter endt livstid.

Gjennom SWOT-analyse har vi kommet frem til noen svakheter ved løsningen. De største svakhetene er at brettet ikke passer absolutt alle kort som blir produsert på Hapro. Dette fordi lommene har mål som ikke egner seg alle kretskort. Det kan også komme skade på enkelte komponenter, spesielt de kortene som har komponenter på undersiden. En annen svakhet er at man ikke har like stor frihet til utforming med tanke på hva leverandørene kan tilby.

Noen av truslene i denne analysen er at formen på kretskortene vi har tatt utgangspunkt i kan endre seg i fremtiden. Da må brettene endres litt på formen på lommene. En trussel er at kundenes behov og preferanser strider imot utformingen på løsningen. Markedet er også hele tiden i endring og det kan hende det kommer løsninger som er bedre. Miljøreglement kan også endres og krav til materialer, produksjonsmetoder og resirkulering kan enders og bli for eksempel «strengere» enn det det er per nå.

## **5.5 Markedsanalyse**

En markedsanalyse av oppbevaring av kretskort og ESD produkter vil avsløre flere viktige funn og trender. Kretskort og ESD-produkter er avgjørende komponenter i elektroniske enheter, og riktig oppbevaring av dem er avgjørende for å sikre funksjonaliteten og påliteligheten. En markedsanalyse på dette område viser at det er et økende behov for spesialiserte oppbevaringsløsninger som kan beskytte disse kortene mot skade som er forårsaket av elektronisk utladning.

En betydelig faktor som påvirker markedet, er strenge industristandarder og forskrifter for håndtering og oppbevaring av kretskort og ESD-produkter. Mange bedrifter har et økende fokus på å etterleve disse standardene for å minimere risiko for komponentfeil og kostbare avbrudd i produksjonen. Dette har ført til en etterspørsel av spesialdesignt oppbevaringsutstyr som kan kontrollere elektrostatisk utladning og skape et trygt miljø for komponentene.

Under analysen av marked og hvordan kortene skal ligge mest mulig trygt viser det seg at det er et økende behov for fleksible og skalerbare oppbevaringsløsninger som kan tilpasses etter ulike størrelser og typer av kretskort. Med stadig økende kompleksitet og diversitet i elektronikkindustrien, er det viktig å kunne tilpasse seg ulike produktvarianter og utvikle seg i takt med teknologiske fremskritt. Dette har ført til en etterspørsel etter modulære og justerbare oppbevaringssystemer som deretter kan tilpasses individuelle behov og muliggjøre effektiv organisering av komponentene. Det er også et marked for å utvikle mer innovative løsninger, som har bedre oversikt over kortene og bruk av teknologi. Dette er selvfølgelig dyrere løsninger, men markedet og behovet ligger der.

Denne analysen viser at det er behov for nye løsninger og at det er mulighet for innovative løsninger på dette området. Andre elektronikkprodusenter bruker et stativ til å stable kretskort stående i, eller et knottebrett. Det er ingen konkurranse mellom bedrifter på hvem som har best system, men likevel er det mange som oppbevarer på forskjellige måter.

Konkurrentkartleggingen ga oss noen svar som også resulterte i hvilke produkter som er på markedet nå, og hvilke produkter andre bedrifter velger å bruke i sin produksjon. Vi ønsket å utforme en løsning som var spesifisert til noen kort og som dermed kun er tilrettelagt Hapro sine produkter.

## **5.6 Risikoanalyse**

Risikoanalysen som er utarbeidet er en analyse som tar for seg hele prosessen. Det kan være både interne og eksterne risikoer. Formålet er å avdekke eventuelle risikoer og trusler, og hvilke tiltak det er mulig å gjøre for å minske risikoen. Det er også laget en SWOT-analyse for seg selv, som tar opp hvilke muligheter, trusler, styrker og svakheter selve produktet har. Risikoanalysen inneholder hvilke risikoer og trusler som kan dukke opp under en slik prosess, hvilke muligheter som kan komme og sannsynligheten for at det skjer.

Tabell 9: Risikoanalyse (Selvillustrert tabell, 2023)

Risikoanalyse				
Risiko	Mulighet	Sannsynlighet 1-10	Tiltak	Forbedringspotensiale
Sykdom i bedriften		6	Avtale møte så fort som mulig	
Sykdom i gruppen		7		Lage back-up planer
Forsinkelser		4	Jobbe ekstra timer for å ta igjen det tapte	Lage gode planer
Utsettelse av frister		5	Lage gode planer	
	Overholdelse av frister	5		Jobbe hardt for å nå frister
Dårlig kommunikasjon med bedrift		2	Avtale møte for å avklare situasjonen	
	God kommunikasjon med bedrift	8		
Dårlig kommunikasjon i gruppen		1	Avtale møte for å avklare situasjonen	Ikke være redde for å ta opp ting
	Godt samarbeid med alle parter	9		
Dårlig kommunikasjon med veileder		4		
	God kommunikasjon med veileder	6		
Streik		3	Uforutsett situasjon	
Pandemi		3	Bruke Teams	
Overvurdering av egne evner		2	Bruke sunn fornuft, finne kilder til å støtte opp for å være sikker	Tenke seg om en ekstra gang, bruke kilder

Sannsynligheten går fra 1-10, der 1 er minst sannsynlig, og der 10 er veldig sannsynlig. Den utarbeidede risikoanalysen tar også for seg hvilke tiltak som kan settes i gang, og hva som kan gjøres som en forbedring av det man har gjort. De mest sannsynlige risikoene er at noen på gruppen blir syke og forskyver prosessen, eller at noen hos bedriften blir syke de dagene vi har planlagt å reise dit for å få hjelp eller gjøre kartlegginger. Tiltak som kan gjøres da er å lage back-up planer og avtale møte så fort som mulig etter friskmelding.

Risikoer som kan være farlige for prosjektet sin fremgang er dårlig kommunikasjon innad i gruppen og dårlig kommunikasjon med bedriften. En ny runde med pandemi ville gjort fysiske møter, som er essensielt for kartleggingen sin del, veldig vanskelig å gjennomføre. Streik ble plutselig en risikofaktor vi ikke var klar over, og kunne vært en trussel dersom den hadde holdt på over en lengre periode.

Mulighetene prosjektet gir er mange. Godt samarbeid, god kommunikasjon med alle parter og overholdelser av frister skaper god flyt og muligheter til å lykkes.

## 5.7 Risikomatrise

Risikomatrise er et diagram for å beskrive og oppsummere risiko. Den eneaksen viser alvorlighetsgraden av en hendelse, mens den andre representerer sannsynligheten for at dette skjer. Det er vanlig å bruke farger i en risikomatrise for å indikere graden av risikoen, og om den er akseptabel eller ikke.

Gruppen ønsket å finne ut av risikoen på om kortene sklir av brettet ved den nye løsningen. Brettet er designet med lommer, hvor kretskortene skal ligge i. Det er tatt hensyn til tykkelsen på kretskortene, og ut ifra det ble det designet kanter som sikrer at kretskortene ligger stabilt. Med utgangspunkt i dette er vi sikre at sannsynligheten på at kretskortene sklir av brettet er veldig liten. Det er fortsatt en mulighet at sluttbrukeren ikke klarer å holde brettet stabilt ved bæring, som kan føre til at brettet får en helling på seg og kortene sklir av. Det vil ikke være på grunn av utformingen sin del, men hvordan produktet brukes. I sin helhet er det liten sannsynlighet for at kretskortene sklir av brettet.

Om denne hendelsen skulle ta sted vil dette mest trolig føre til skade på alle kretskortene som var på brettet. Det er selvfølgelig noe bedriften vil unngå, ettersom det vil føre til store kostander. Basert på dette kan vi anta at konsekvensen er alvorlig.

Ettersom det er liten sannsynlighet og konsekvensen er alvorlig ender det opp på et grønt område. Grønt indikerer akseptabel risiko. Innføring av tiltak kan vurderes da det åpenbart vil gi gode effekter.

Tabell 10: Risikomatrixe (Selvillustrert tabell, 2023)

	<b>Konsekvens</b>				
<b>Sannsynlighet</b>	Ikke alvorlig	Mindre alvorlig	Alvorlig	Kritisk	Katastrofalt
Mindre sannsynlig					
Lite sannsynlig			<b>X</b>		
Sannsynlig					
Ganske sannsynlig					
Svært sannsynlig					

## 5.8 Tidsbudsjett

Tidlig i oppgaven utarbeide gruppen et Gantt-skjema hvor de ulike oppgavene fikk et antall uker til disposisjon. Gantt-skjema ligger som vedlegg nummer 2. På det tidspunktet hadde vi ikke fått utdelt frister og tid for innlevering, noe som gjorde det litt utfordrende å planlegge. Så tidlig i prosessen var det også utfordrende å vite når hva burde gjøre eller burde vært gjort. Senere i prosessen forstod vi at Gantt-skjema ikke gavnet oss på den måten det burde. Vi ble derfor nødt til å prøve en annen form for planlegging av tiden.

Vi begynte med statusrapporter hver uke. Dette gjorde at det ble mer forståelig og oversiktlig hva som skulle gjøres. Imidlertid viste det seg at den opprinnelige praksisen med uke-for-uke planlegging var utilstrekkelig, og da gjenstod omtrent seks uker før leveringsfristen, var vi tvunget til å utvikle en detaljert fremdriftsplan hvor hver enkelt dag de siste ukene ble nøye planlagt. Vi tildelte individuelt ansvar for 1-2 uker til hver av oss, og under den perioden hadde vi et ekstra ansvar med å følge med på den utarbeidede planen. Denne tilnærmingen viste seg å være ekstremt effektiv for gruppen, da den ga oss et betydelig forbedret fokus og en bedre oversikt over de gjenværende oppgavene.

Første del av prosjektet startet allerede høsten 2022 med et introduksjonsmøte med Hapro. Fra det tidspunktet hadde det vært greit å sette opp en røff plan for hvordan de neste skrittene skal gjennomføres for å ha en overordnet plan. Vi opplever i ettertid at vi ville planlagt annerledes fra starten av. Vi ser på det som fordelaktig at vi endte opp med å klare å lage en god plan mot slutten av oppgaven.

## **5.9 Potensielle områder for forbedring**

Ved å ha gjennomført en bacheloroppgave og en designprosess vil en del av prosessen være å identifisere og adressere utfordringer som oppstår underveis. Det vil alltid være potensielle områder som kan forbedres eller blitt gjort på en annen måte. Potensielle områder for forbedring vil dukke opp som en diskusjon i slutten av en slik prosess. I vårt tilfelle opplevde vi flere områder hvor forbedringer kunne ha blitt implementert. En av de større utfordringene var mangel på tid til å justere den endelige løsningen basert på tilbakemeldinger. Opprinnelig estimerte vi en total tid på 3D-printing til å skje på to dager, men på grunn av forsinkelser fra labansvarlige og reparasjon av printere ble det ikke gjort ferdig på de to dagene. Dårlig kommunikasjon med lab-personalet skapte ytterligere problemer med å få tilbakemelding og godkjenning av CAD-tegning for printing. Siden vi manglet noe av den nødvendige kunnskap til å printe modellen helt på egenhånd, var vi nødt til å få veiledning til å splitte modellen slik at den ville passe til printerne. Dermed ble vi dessverre avhengig av andre personer utenom for å fortsette prosessen. Dette begrenset tiden vi kunne brukt på potensielle forbedringer av den siste prototypen.

Et annet aspekt som kunne blitt forbedret er vekten av den endelige løsningen. Prototypen kan ikke brukes til å gi en pålitelig indikasjon på vekten til det endelige produktet. Dette fordi den ikke er i riktige materialer og vi ikke vet hvor tykk den ville blitt etter å ha brukt leverandører til å produsere den.

Prototypen måtte også være fylt og ikke hul inni noe som produktet egentlig skal være. Det har derfor vært vanskelig å trekke konkrete konklusjoner om vektaspektet. Vi føler også på i ettertid at vi burde inkludert nøyaktige målinger av kretskortene mye tidligere i prosessen for nøyere utarbeiding av lommene på modellene tidligere i prosessen. Ved å ha hentet inn disse målingene tidligere i prosessen ville hatt et mer solid grunnlag for å velge passende formfaktorer som kunne imøtekomme de mest brukte kretskortene enda tidligere i prosessen.

Det er viktig å erkjenne at visse kartlegginger kan ta mer tid enn tiltenkt, og må gjøres i flere omganger enn tiltenkt. Dette kan være vanskelig å forutse før man går i gang med prosjektet. I vårt tilfelle oppdaget vi som sagt behovet for mer nøyaktige målinger av kretskort etter at vi allerede hadde begynt å utforske størrelser på lommene. For å gjøre prosessen mer effektiv burde målingene vært utgangspunktet i prosessen om å finne formfaktorer.

Noen av disse forbedringen ble gjort, men om vi hadde oppdaget det tidligere ville vi fått mer tid til andre oppgaver, som blant annet enda mer forbedring av siste prototype.

### **5.9.1 Forvirring rundt ide**

På flere områder vil det nåværende brettet fungere bedre enn det nye konseptet. For å trekke frem de største fordelene er det nåværende brettet mer universelt med tanke på at alle kort kan legges på det. Problemet med det nåværende brettet er at det ikke lenger er mulig å oppdrive og ivaretar ikke sikkerheten til kortene slik den burde. Likevel fra begynnelsen av prosessen var aldri intensjonen å erstatte de eksisterende svarte knottebrettene, men heller å tilby et tilleggsprodukt. Dette kunne kommet enda tydeligere frem fra vår side slik at dette ikke ble en forvirring blant deltakerne av de brukerundersøkelsene vi har gjennomført. På brukerundersøkelsene var tanken til flere at det nåværende brettet skulle erstattes, noe som ikke har vært tanken. Det kan dermed ha kommet flere svar i en negativ retning, ettersom det nye konseptet ikke er like universelt anvendelig på samme måte som det eksisterende brettet.

### **5.10 Kost-nytte analyse**

Produksjonsmetoden spiller en veldig stor rolle for hvor store kostnadene ender opp med å bli. Det samme hvor stort antall som skal produseres. Ofte har leverandører et minimumsantall, for at det skal lønne seg for dem å produsere produktet bedriften kommer med en forespørsel om.

For å lage en kost-nytte-analyse har gruppen vært nødt til å velge en produksjonsmetode, vitne om at det kan endres. Prisene vi har gått ut ifra er fra en leverandør av ESD produkter, og produksjonsmetodene og materiale vil da mest sannsynlig være det samme.

Hvor stort antall som skal produseres opp er også essensielt for kostnaden sin del. Gjennom kontakt med leverandører ESD Service, har vi fått et forslag til oppstartskostnader på 35.000kr. Inkludert i prisen er det 3D-tegninger, og et prøve-brett til testing som er laget med en 3D-printer. Verktøykostnader i forhold til 3D-printingen ligger allerede i prisen, men pris på det endelige bruksverktøyet kommer etter de endelige trengningene er ferdig utviklet dersom det skal gjøres justeringer. Det forekommer et minimumskrav til slike prosesser, da bruksverktøyet koster mye å produsere. ESD-service har satt minimumskravet til denne prosessen til 1000 brett, for at det skal være til fordel for leverandører. ESD-service har fabrikker i Frankrike, Polen og Asia. Materialet som er brukt er ESD-godkjente, og prisen vil da være lik på materialkostnader. Det som kan være forskjellig er hvilke produksjonsmetoder som blir brukt. Til blister-løsningen er det antatt at det blir brukt vakuumforming.

Det eksisterende brettet har vi hentet kostnadsinformasjon om, som vist i tabellen under. Minimumskravet på det eksisterende svaret brettet er på 500. Produksjonsmetoden som blir brukt til å produsere de nåværende brettene er litt usikkert, men det tyder på at det er sprøytstøping.

Tabell 11: Kost-nytte-analyse (Selvillustrert tabell, 2023)

	Svart knottebrett	Bachelor løsning
Start kostnad i kr	0,00	35000,00
Kostnad per brett i kr	276,00	37,50
Minimum antall	500,00	1000,00
Pris for 500 stk	138000,00	53750,00
Pris for 1000 stk	276000,00	72500,00

Tiden en arbeider bruker på å gå gjennom denne prosessen krever lønn, og jo lenger tid det tar jo mer penger er bedriften nødt til å bruke på arbeiderne. Dersom det koster 1/6 av prisen eller mindre å produsere det produktet som må byttes hver 6.mnd, vil det uansett være den løsningen som er billigst. Koster det mer enn 1/6 av prisen lønner det seg å se på andre løsninger. Slik det ser ut nå, vil en blister-løsning være det rimeligste dersom det blir laget i et materiale som ikke trenger utskiftning veldig ofte. Blister-løsningen koster mindre enn tre ganger så lite som den nåværende løsningen, og vil da være gunstig å bruke om det er et materiale som ikke trenger utskiftning mer enn en gang i året for eksempel.

## **5.11 Hvordan er problemstillingen besvart**

*«Hvordan kan vi utvikle en løsning for lagring og transport av kretskort, som imøtekommer kravspesifikasjonen til Hapro Electronics.»*

Første del av problemstillingen omhandler designmetodikk og en utviklingsprosess. Med bakgrunn i resultatene og den endelige løsningen mener gruppen at denne delen av problemstillingen er tilfredsstillt. Det er utviklet en løsning som kan produseres slik den er i riktig utseende og størrelse, men i ESD-godkjent materiale.

Løsningen har vi begrunnet at tilfredsstillt behovene flere ganger i rapporten gjennom ulike analyser og metoder. Andre del av problemstillingen omhandler hvilke krav til løsningen og oppgaven gruppen fikk fra oppdragsgiver. Denne er tilfredsstillt til en viss grad. «ESD sikkert med verifisering gjennom vareprøve» har vi ikke, men vi har klart å tilfredsstille noen av de ønskelige kravene.

## **5.12 Forslag til videre arbeid**

Vi er fornøyde med resultatet og hvor langt vi kom med oppgaven. Likevel skulle vi selvfølgelig ønske at vi kunne testet, forbedret og kvalifisert enda mer for å ende opp med en enda mer realistisk vareprøve/produkt. På grunn av blant annet mangel på tid og andre utfordringer ved en utviklingsprosess og gruppeoppgave vil noe av arbeidet være mindre verdifullt eller effektivt enn annet. Det vil som regel alltid være noe som kan forbedres eller justeres. Endt løsning fra vår side er i hovedsak en ferdigstilt CAD-tegning som er 3D-printet i en prototype for å visualisere løsningen. Denne CAD-tegningen kan enkelt justeres på for å tilpasse seg andre områder eller kretskort.



Forslag til videre arbeid vil være å måle høyden på kretskortene med komponenter på da dette vil kunne bestemme hvor høyt bliseret/brettet kan være og hvor mye luft som må være under bliseret for at de kan stables oppå hverandre. Et annet forslag er å designe noe form for grep på brettene langs kantene slik at det blir enklere å gripe i brettet fra alle mulige vinkler, samt når det ligger i esker eller på paller for transport og lagring. Måten brettet er utformet på i det nye designet gir muligheter til å skjære ut en form for myk plast som passer i den nest største lommen, slik at det blir et Brett som er flatt og dermed blir universelt og kan brukes på flere områder.

Alle forslag til videre arbeid blir tatt videre av et av gruppemedlemmene, da hun skal jobbe på Hapro med kvalitet. Gruppen får dermed en tilknytning til det videre arbeidet, og kan holdes oppdatert underveis i den videre prosessen.

## **6 Konklusjon**

En bacheloroppgave i Teknologidesign og Ledelse har som formål å designe og utvikle et produkt eller en tjeneste for å utgjøre en forskjell for enkeltpersoner, bedrifter eller gjøre forskning. Vi har fullført en oppgave sammen gjennom godt samarbeid. Gruppen har brukt kunnskap og erfaringer fra studie til å jobbe sammen mot å løse en problemstilling utdelt av en ekstern oppdragsgiver. De tre foregående årene har gitt oss rikelig med bakgrunnskunnskap, og gitt oss gode forutsetninger for å klare å gjøre en bra jobb for Hapro Electronics.

Gjennomføring av en bacheloroppgave vil gi mye læring og erfaring som vil være nyttig senere blant annet i arbeidslivet. Det har også vært en god følelse for oss som gruppe å ha fått gode tilbakemeldinger fra både oppdragsgiver og andre arbeidere hos Hapro. Dette har gjort oss komfortable på at arbeidet vi har gjort har en betydning for videreutvikling av en slik løsning hos Hapro Electronics. Ved gjennomføringen av prosjektet, har gruppen spart Hapro for tid og ressurser. Fortjenesten Hapro sitter igjen med er dermed sparte penger og bruk av arbeidstiden til de arbeiderene som eventuelt hadde jobbet med prosjektet. Løsningen vil mest trolig kunne brukes etter få justeringer, og arbeidet gruppen har utrettet er et veldig godt grunnlag.

## Bibliografi

- Ahmed Z. Nazer, I. D. o. B. M. D., 2021. *National Library of Medicine*. [Internett]  
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9033233/>
- BaySource, 2023. *BaySource*. [Internett]  
Available at: <https://baysourceglobal.com/the-pros-and-cons-of-outsourcing-manufacturing-to-china/>
- Brown, T., 2008. *Harvard Business Review*. [Internett]  
Available at: <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>
- Design og arkitektur Norge, 2023. *Doga*. [Internett]  
Available at: <https://doga.no/verktoy/designdrevet-innovasjon/guide-for-designdrevet-innovasjon/2/designprosessen/>
- Do, L. T.-., 2015. *unit.no*. [Internett]  
Available at: <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/bitstream/handle/11250/299790/Lanita%20Thi-%20Do.pdf?sequence=1>  
[Funnet 27 April 2023].
- Eppinger, K. U. o. S., 1994. *Product Design and Development*. s.l.:s.n.
- Grøn, Ø., 2021. *elektrostatisk utladning*. [Internett]  
Available at: [https://snl.no/elektrostatisk\\_utladning](https://snl.no/elektrostatisk_utladning)  
[Funnet 7. April 2023].
- Hallgrimsson, B., 2019. *Prototyping and Modelmaking for Product Design*. s.l.:Laurence King Publishing.
- Helseth, L. E., 2021. *Sprøyttestøping*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/spr%C3%B8yttest%C3%B8ping>  
[Funnet 12 april 2023].
- Helseth, L. E., 2023. *Store Norske Leksikon*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/vakuumforming>
- Lerdahl, E., 2017. *Nyskapning*. Oslo : Gyldendal Norsk Forlag.
- Lerdahl, E., 2018. Slagkraft. I: *Håndbok i idéutvikling* . Oslo: Gyldendal, pp. 189-192.

Levi, F. E., 2020. *ergonomi*. [Internett]

Available at: <https://sml.snl.no/ergonomi>

[Funnet 13 mars 2023].

Michael George, J. M. D. R. M. P., 2004. *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. s.l.:s.n.

MVP, 2023. *MVP*. [Internett]

Available at: <https://www.mvp.no/sproytestopping>

[Funnet 27 April 2023].

Norman, D. o. D. S., 1986. *User Centered System Design. New Perspectives on Human-Computer Interaction*. s.l.:s.n.

Puskas, J. E., 2013. *Introduction to Polymer Chemistry*. s.l.:DEStech Publications, Inc.

READING PLASTIC MACHINING AND FABRICATION, 2023. *Reading Plastic & Metal Advanced Machining*. [Internett]

Available at: <https://readingplastic.com/static-dissipative-materials/>

SurveyMonkey by momentive, u.d.. *SurveyMonkey by momentive*. [Internett]

Available at: <https://no.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/>

[Funnet 14 Mars 2023].

Svåsand, A., 2023. *ESD-kurs* [Intervju] (28. mars 2023).

Westbrook, T. H. a. R., 1997. *SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall*, Great Britain: Long Range Planning.

William D. Callister, D. G. R., 2020. *Callister's Materials Science and Engineering 10. utgave*. s.l.:John Wiley Sons Inc.

Øritsland, T. V. o. T. A., 1999. *Menneskelige aspekter i design - en innføring i ergonomi*. Trondheim: Norges Teknisk Vitenskaplige Universitet, Trondheim.

Ørstavik, F. & Isaksen, A., 2023. *Innovasjon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/innovasjon>

[Funnet 15. mars 2023].

Øverseth, K. O., 2021. *Formlære Anvendt estetikk*. Gjøvik, NTNU.

Øverseth, K. O., 2021. *Tredimensjonal form - helhet og kontrast*. Gjøvik, NTNU.



# **Vedlegg**

## **Vedlegg 1, prosjektplan**

[https://studntnu.sharepoint.com/:w:/s/o365\\_Bachelor278/EZSoGRCMv4tCt8onTuMISmsBpjh2iG39PTFAn5gINDp8RQ?e=eHB4VI](https://studntnu.sharepoint.com/:w:/s/o365_Bachelor278/EZSoGRCMv4tCt8onTuMISmsBpjh2iG39PTFAn5gINDp8RQ?e=eHB4VI)

## **Vedlegg 2, Gantt-skjema**

[https://studntnu.sharepoint.com/:x:/s/o365\\_Bachelor278/ERwlpdq42XNLILwgmVDIwE0Bb\\_g3fkAx8zPd\\_xY9itB65w?e=AeJuaW](https://studntnu.sharepoint.com/:x:/s/o365_Bachelor278/ERwlpdq42XNLILwgmVDIwE0Bb_g3fkAx8zPd_xY9itB65w?e=AeJuaW)

## **Vedlegg 3, Miro**

[https://miro.com/app/board/uXjVMezhhNY=?share\\_link\\_id=475102161351](https://miro.com/app/board/uXjVMezhhNY=?share_link_id=475102161351)

