



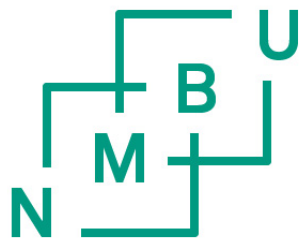
Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi (RealTek)

Design og utvikling av fjernkontroll for internett-tilkoblede lyspærer

Design and development of remote for internet
connected bulbs

Herman Kilen Hermansen
Maskin-, prosess- og produktutvikling



**Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet**

Mastergradsarbeide ved Norges universitet for miljø-og biovitenskap
Fakultet for realfag og teknologi
Vårsemesteret 2017

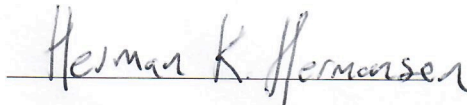
Forord

Denne oppgaven er det avsluttende arbeidet av en 5-årig mastergrad i Maskin-, prosess og produktutvikling ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU), ved fakultet for Realfag og Teknologi.

Jeg har alltid hatt en interesse for samspillet mellom design og mekanikk, samt brukerelektronikk. Det er disse interessene som fikk meg til å utforske muligheten for å utvikle en moderne fjernkontroll for internett-tilkoblede lyspærer. Jeg har allerede i tidligere arbeid prøvd meg fram med en enkel versjon av en fjernkontroll, og målet med denne oppgaven er å gå grundigere til verks, for å både se hva som kan forbedres i det tidligere arbeidet, samt å eksperimentere for å finne helt nye måter en fjernkontroll for lyspærer kan fungere på.

Jeg vil gjerne benytte muligheten til å takke Jan Kåre Bøe for all hjelp underveis i arbeidet, og takk for konstruktive, effektive veiledningstimer.

Ås, /05-2016



Herman Kilen Hermansen

Sammendrag

Denne oppgaven har som formål å designe en moderne fjernkontroll til å betjene et system internett-tilkoblede lyspærer. Oppgaven bygger på tidligere arbeid utført av undertegnede i løpet av høstsemesteret 2016, og kan beskrives som en videreføring/versjon 2 av det arbeidet.

Den raske veksten i utviklingen av «smart-hjem» segmentet legger grunnlaget for motivasjonen til dette prosjektet, og hovedtanken med oppgaven er å prøve å utforske potensialet internett-tilkoblede systemer for lyspærer tilbyr med tanke på enheter for betjening av systemet. Premisset for ideen er altså at tradisjonelle fysiske betjeningssystemer (brytere, dimmere etc.) har et forbedringspotensiale fra et brukerperspektiv om man implementerer funksjoner systemene for internett-tilkoblede lyspæresystemene åpner for.

Proessen tar da utgangspunkt i dette premisset, og starter derfor med et innblikk i ergonomien og teknologien bak tradisjonelle betjeningssystemer, samt en presentasjon og diskusjon av eksisterende fysiske fjernkontroller for internett-tilkoblede lyspærer. Videre defineres spesifikasjonene for enheten som skal utvikles, som videre legger grunnlaget for idemyldring og utarbeidelse av hovedkonseptene.

Etter at hovedkonseptene har blitt definert blir det så undersøkt og vurdert mer detaljerte komponenter og designløsninger for å finne de løsningene som best oppfyller kravene definert i spesifikasjonen. Noen av de elektroniske komponentene er også testet i enkle «proof of concepts» for å kunne se i praksis hvor godt de vil kunne fungere som del av hovedkonseptet.

Rapporten konkluderer med et innblikk i resultatene, basert på målene som ble definert tidligere i rapporten. Resultatet er en fjernkontroll som oppfyller kravspesifikasjonen, men ikke er testet i et brukermiljø. Mye av grunnlaget for designet er basert på ergonomisk teori og sunn fornuft, men uten brukertesting kan man aldri være sikker på at produktet presterer som antatt.

Videre arbeid vil omhandle implementering av de elektroniske komponentene, samt utvikling av programvare for å kommunisere med valgt system for internett-tilkoblede lyspærer. Det gid til slutt anbefalinger til videre arbeid, basert både på den opprinnelige visjonen, samt lærdom fra gjennomføringen av prosjektet.

Abstract

This report aims at designing a modern remote control to operate a system of internet-connected light bulbs. The assignment is based on previous work done by the author during the autumn semester of 2016, and can best be described as a continuation / version 2 of that work.

The rapid growth of the «smart home» segment lays the foundation for the motivation of this project, and the main idea of the project is to try to explore the potential of internet-connected light bulb systems with regard to devices for controlling the system. The premise of the idea is that traditional physical systems for controlling light bulbs (switches, dimmers etc.) may have a potential for improvement from a users perspective by implementing the functions made possible by the internet-connected light bulb systems.

The process starts with this premise, with an insight into ergonomics and the technology behind traditional operating systems, as well as a presentation and discussion of existing physical remote controls for internet-connected light bulbs. Furthermore, the specifications for the unit to be developed, which further lay the foundation for idemulation and the preparation of the main concepts.

After the main concepts have been defined, detailed components and design solutions are then investigated and considered more to find the solutions that best meet the requirements defined in the specification. Some of the electronic components are also tested in simple «proof of concepts» to see in practice how well they will function as part of the main concept.

The report concludes with an insight into the results, based on the goals defined earlier in the report. The result is a remote control that meets the requirement specification, but has not been tested in a user environment. Much of the foundation for the design is based on ergonomic theory and common sense, but without user testing, one can never be sure the product performs as expected.

Further work will cover the implementation of the electronic components, as well as software development to communicate with the chosen system for internet-connected light bulbs. Finally, it gave recommendations for further work, based on both the original vision and lessons learned from the implementation of the project.

Innhold

Forord	II
Sammendrag	III
Abstract	IV
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Tidligere arbeid	2
1.3 Oppdragsbeskrivelse	5
2 Prosjektplan	7
2.1 Hovedmål	7
2.2 Delmål	7
2.3 Tids- og arbeidsplan med milepæler	7
2.4 Avgrensninger	8
3 Metodebeskrivelse	9
3.1 Terminologi	9
3.2 Metodebruk og løsningsverktøy	9
3.2.1 Integrrert produktutvikling (IPD)	9
3.2.2 Programvare	10
3.3 Kvalitetssikring	10
3.3.1 Statistikk	10
3.3.2 Kvalitet på kilder	10
3.4 Prosessdiagram	12
4 Teori og teknisk gjennomgang	13
4.1 Ergonomi	13
4.1.1 Menneske-Maskinsystem	13
4.1.2 Betjeningsorganer	15
4.2 Tradisjonelle lysbrytere og dimmere	16
4.3 Eksisterende løsninger for internett-tilkoblede systemer	17
4.3.1 Hue Dimmer	17
4.3.2 Lutron Connected Bulb Remote	18
4.3.3 Hue Tap	19
4.3.4 Styring med smarttelefon	19
4.4 Internet of Things og «Smarthus»	21
4.5 Philips hue og ZigBee-protokollen	22
4.6 Philips Hue API	22
5 Produktspesifisering	24
5.1 Bruksspesifikasjoner	24
5.2 Tekniske spesifikasjoner	25
6 Hovedkonsepter og valg av hovedkonsept	26

6.1	Tilnærming: idemyldring og prototyping	26
6.2	Konseptforslag	27
6.3	Konseptdiskusjon	31
6.4	Valg av hovedkonsept	32
7	Elementløsninger	33
7.1	Trykksensitiv sensor	33
7.2	Haptisk feedback motor og driver	33
7.3	Optisk flow sensor	35
8	Presentasjon av detaljerte konsept- og komponentalternativer	36
8.1	Måling av rotasjon	37
8.2	Knapp(er)	38
8.3	Mekanisme for rotasjon	39
8.4	Batteri batterilayout	40
8.5	Materialvalg	42
9	Screening av detaljerte konsept- og komponentalternativer	43
9.1	Måling av rotasjon	44
9.2	Knapp(er)	45
9.3	Mekanisme for rotasjon	46
9.4	Batterier og batterilayout	47
10	Prototype og systemvisualisering	48
11	Framstilling og økonomiske vurderinger	54
12	Prosessdiskusjon	56
13	Konklusjon	57
13.1	Resultater og anbefalinger	57
13.2	Videre arbeid	57
14	Referanser	59
14.1	Skriftlige kilder	59
14.2	Internettkilder	59

1 Introduksjon

Hovedhensikten med dette mastergradsarbeidet er å undersøke potensialet for, samt å utvikle en fjernkontroll til internett-tilkoblede lyspærer som tar fordel av de utvidede funksjonene et slikt system tilbyr. Tradisjonelt har lysbrytere og dimmere vært koblet i krets med lyspæren som blir styrt, og festet på veggen i umiddelbar nærhet til den aktuelle lyspæren.

Internett-tilkoblede lyspærer åpner mulighetene til å frigjøre seg fra mange av restriksjonene (plassering, funksjoner etc.) av tradisjonelle betjeningsmekanismer, og man kan se på nye måter å styre et lyspæresystem på.

I løpet av oppgaven skal det designes og utvikles en fjernkontroll til et system internett-tilkoblede lyspærer. Fjernkontrollen bør være ergonomisk og intuitiv å bruke, og samtidig ha alle funksjonene en bruker ser etter for å kontrollere et system smarte lyspærer.

1.1 Bakgrunn

De siste årene har markedet for såkalte «smarte lyspærer» vokst kraftig, sammen med utbredelsen av såkalte smart-hjem. Et smart-hjem kan blant annet bestå av internett-tilkoblede termostater, persiener, dørlåser, lyspærer og mye mer. Mange av disse enhetene er ofte enklest å styre via smarttelefon, eller via automasjon. Lyspærer, derimot, blir ofte styrt mer uregelmessig, og det kan derfor lønne seg å ha en fysisk fjernkontroll lett tilgjengelig. I følge Statistisk Sentralbyrå (SSB) skrudde i 2012 93% [1] av husholdningene av lys som ikke var i bruk, det skal godt gjøres å forbedre den statistikken, men en mer tilgjengelig fjernkontroll kan være behjelpelig. For personer med nedsatt bevegelsesevne kan det også lønne seg å ha en lett tilgjengelig fjernkontroll for å styre belysning.

Tradisjonelle lyspærer har ofte en bryter eller dimmer festet på veggen i nærhet til lyspæren den kontrollerer. For smarte lyspærer må man da også eventuelt kjøpe nye dimmere eller brytere å feste på veggen i tillegg til bryterne man allerede har til de tradisjonelle lyspærene. De fleste leverandørene av smarte lyspærer har egne typer brytere eller dimmere som er compatible med lyspærene de selv produserer, og noen brytere kan brukes på tvers av merkevare, da produsentene har bygget systemene sine på samme åpne plattform.

Internett-tilkoblede lyspærer åpner også dørene for nye måter å styres på. Man kan være mer kreativ, og bygge inn flere funksjoner i en moderne fjernkontroll enn det man kan i en tradisjonell bryter eller dimmer. Potensialet er å kunne utvikle en fjernkontroll som kan styre et helt system med lyspærer, samt hver lyspære hver for seg, fra én enhet.

Det er dette potensialet denne oppgaven skal utforske, og prøve å finne ut hvordan en slik fjernkontroll best kan designes og sammenstilles.

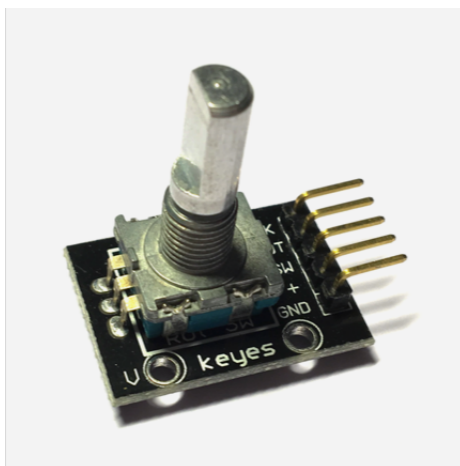
Det er mange faktorer som bør tas i betraktning når en skal modernisere en løsning

som har fungert godt i snart et århundre, så det vil også være viktig å studere og prøve å finne ut hvilke funksjoner som bør tas med videre i et moderne design, samt hvilke funksjoner som eventuelt har vært resultat av begrensninger i for eksempel teknologien som tradisjonelt er brukt.

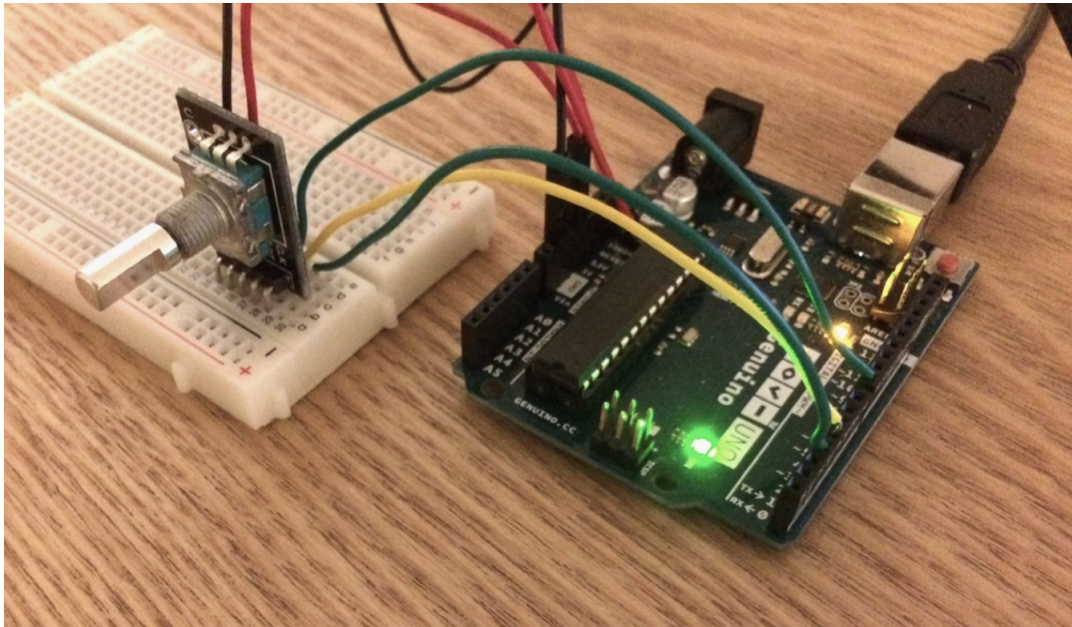
1.2 Tidligere arbeid

Høsten 2016 utførte jeg et prosjekt i emnet TIP300, der jeg designet og utviklet en dimmer til internett-tilkoblede lyspærer av typen Philips Hue. Designet tok utgangspunkt i en pulsgiver (Figur 1), og en Arduino mikrokontroller (Figur 2).

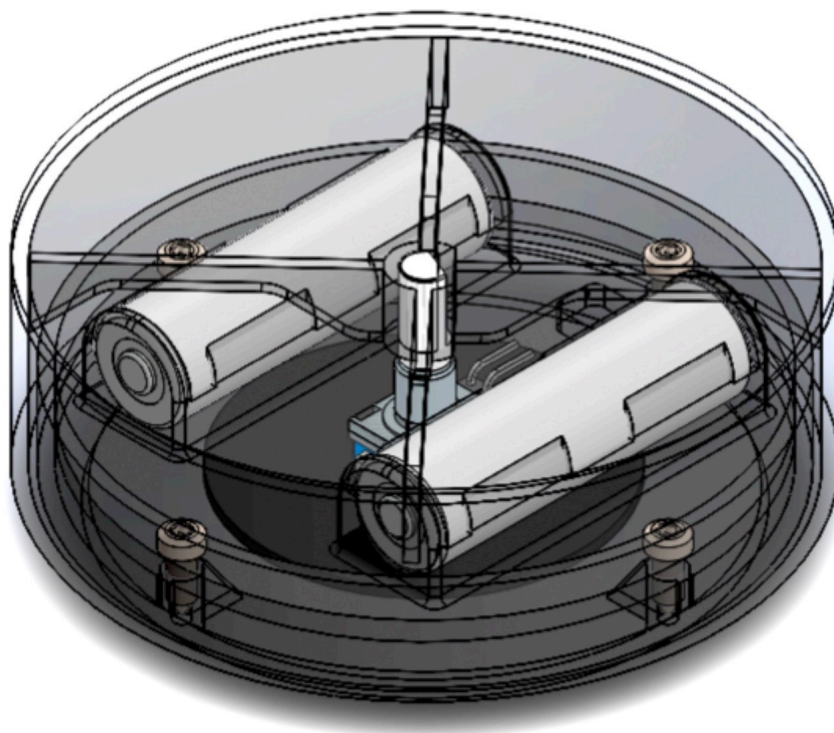
Pulsgiveren kan både trykkes ned og vris rundt, noe som tillater flere funksjoner enn bare å dimme en lyspære. Man kan for eksempel programmere knappen til å hoppe fra en lyspære til en annen, slik at man kan kontrollere flere enn en lyspære med samme fjernkontroll.



Figur 1: Keyes rotary encoder



Figur 2: Rotary enkoder koblet til en Arduino Uno.



Figur 3: Sammenstilling av tidligere arbeid.

Problemstillinger og forbedringsmuligheter

Med grunnlag i det tidligere arbeidet er det tre hovedområder som ønskes forbedret:

1. Høyere presisjon
2. Lavere volum
3. Bedre brukervennlighet og ergonomi

Høyere presisjon

Pulsgiveren (Figur 1) gir 20 pulser per rotasjon. Denne oppløsningen er ikke tilfredsstillende, da man for å styre lyspærene presist må rotere den langt. Lyspærene har i kan kontrolleres med lysstyrke i et intervall fra 0 til 254, og skal man øke lysstyrken fra 0 til 254 i for eksempel en halv omdreining vil

$$\text{Antall enheter} = \frac{254}{20} = 12,7 \quad (1)$$

Dette gir en endring i lysstyrke som føles unaturlig (hakkete), og vi skal derfor i kapittel 8 utforske alternativer til pulsgiveren som kan gi en mer presis kontroll av

lysstyrken.

Lavere volum

Fjernkontrollen fra det tidligere arbeidet hadde ytre dimensjoner som vist i Figur 4. Dette var mye grunnet ubrukt volum (luftlommer), som resultat av valgte komponenter. Pulsgiveren tar blant annet mye plass i vertikal retning, som gjør at det vanskelig å bruke flat type litium-ion batteri, og de valgte batteriene øker så ytre diameter på produktet, da de er plassert *rundt* pulsgiveren. Det vil derfor være vesentlig å ta i betraktning utslaget hver komponent har på volumet av det endelige produktet når vi presenterer alternative komponenter i kapittel 8.

Bedre brukervennlighet og ergonomi

Dette punktet er en forlengelse av de to tidligere punktene, samt at det omfatter aspekter ved bruk som stabilitet og robusthet i det fysiske designet. Med pulsgiveren plassert i midten av fjernkontrollen, og at «lokket» bare hviler på pulsgiveren er ikke følelsen av å trykke på lokket lik, uavhengig av om man trykker i kanten eller på midten. Dette er et stort negativt aspekt ved det tidligere designet.

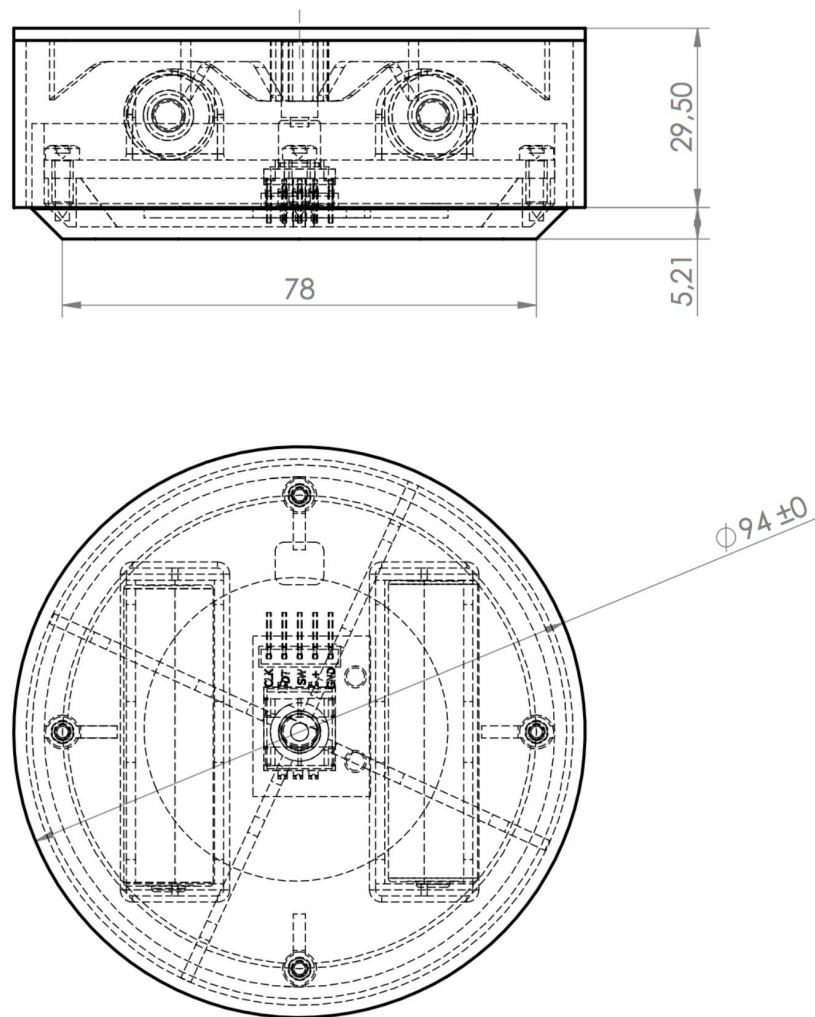
1.3 Oppdragsbeskrivelse

Det skal designes en fjernkontroll for internett-tilkoblede lyspærer som kombinerer funksjonene til en tradisjonell dimmer med moderne funksjoner, som å kontrollere flere lyspærer samt å aktivere en predefinert «scene».

Valg av komponenter og designløsninger skal ta utgangspunkt i følgende målsetninger:

- Lavt volum (Diameter X Høyde)
- Høy presisjon i dimming
- Robust mekanisme og sammenstilling
- God ergonomi og brukervennlighet
- Høyt kvalitetsinntrykk

Resultatene vurderes opp mot overnevnte målsetninger, samt kravspesifikasjonene definert i produktspesifiseringen i kapittel 5.



Figur 4: Teknisk tegning av tidligere arbeid, med ytre dimensjoner.

2 Prosjektplan

Dette kapittelet består av en klar definisjon av hovedmål og delmål for prosjektet, samt en beskrivelse av fremgangsplanen som best skal bidra til å nå de satte målene.

2.1 Hovedmål

Følgende hovedmål har blitt definert for prosjektet: Klargjøre spesifikasjoner og elementer, utvikle og designe en intuitiv og brukervennlig fjernkontroll for internett-tilkoblede lyspærer.

2.2 Delmål

1. Utrede og klargjøre produktspesifikasjon
2. Utrede konsepter, samt velge komponenter
3. Utarbeide 3D modell og visualisering
4. Levere rapport

2.3 Tids- og arbeidsplan med milepæler

Tabell 1: Tids- og arbeidsplan med milepæler

Uke / Aktivitet	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Oppstart og idemyldring	X	X	X	•													
Produktspesifisering				X	•												
Utrede konsepter, samt velge komponenter					X	X	X	X	•								
Produktdesign og 3D-modellering								X	X	X	•						
Rapportskriving												X	X	X	X	X	•

Tabell 2: Milepæler med dato

Nummer	Beskrivelse	Dato
1	Utrede og klargjøre produktspesifikasjon	21.2
2	Prototype elektronikk velge komponenter	21.3
3	Utarbeide 3D modell og visualisering	6.4
4	Levere rapport	15.5
5	Presentasjon	08.6

2.4 Avgrensninger

- Utredning av alle eksisterende mulige måter å kontrollere lyssystemer på vil ikke bli utført, bare de mest aktuelle vil bli drøftet.
- Det vil ikke bli gjort grundig analyse for valg av kundegruppe
- Det vil ikke bli innhentet informasjon fra valgt kundegruppe vedrørende behov, ønsker og forventninger.
- Det vil ikke bli produsert fysisk prototype av produktet
- Det vil ikke bli utført brukertesting på produktet
- Det vil ikke bli gjort valg av endelig system fjernkontrollen skal fungere på
- Det vil ikke bli valgt elektroniske komponenter for trådløs kommunikasjon (avhenger av foregående punkt)
- Det vil ikke bli laget programvare eller kretskort for elektronikk

3 Metodebeskrivelse

I dette kapittelet beskrives metodene og verktøyene som er brukt i oppgaven.

3.1 Terminologi

Det er blitt brukt få symboler og formler i løpet av oppgaven.

Begreper

Tabell 3: Beskrivelse av begreper

Begrep	Betydning
IOT	Internet of things
WiFi	Står for «Wireless Local Area Networking»
ZigBee	Kommunikasjonsprotokoll for trådløse personlige nettverk
Pulsgiver	Komponent for å sende signaler basert på relativ rotasjon
Optisk sensor	Sensor basert på optikk
Optisk flow	Endring i visuelle omgivelser basert på sensorteknologi

3.2 Metodebruk og løsningsverktøy

3.2.1 Integrert produktutvikling (IPD)

Integrert produktutvikling (IPD) er opprinnelig en amerikansk produktutviklingsmetodikk. Målet med IPD er å opnå større effektivitet, kortere gjennomføringstid og å lære mer i løpet av et prosjekt. Man kan se på IPD som en huskeliste for de punktene som er viktige å ta i betraktning under utviklingen av et produkt. IPD er kjent for å trekke inn flere fagområder i et produktutviklingsprosjekt, og ikke bare vært styr av økonomer og ingeniører.

Det er fire hovedtemaer i IPD-metodikken:

- Funksjon
- Prosess
- Økonomi
- Miljø

Pughs systematikk

Pughs systematikk ble utviklet på 1980-tallet av Stuart Pugh, og er en kvalitativ metode for å rangere alternativer i et utvalg. Fundamentet for analyser er å først definere et utvalg kriterier løsningsalternativene skal vurderes ut i fra. Deretter vurderer man de forskjellige løsningsalternativene på en predefinert skala. Kriteriene kan også vektas, og dette vil gjøre at man kan skille mellom viktighetsgraden til hvert av kriteriene. Man gir poeng på samme skala for alle kriteriene, men når poengene skal legges sammen tar man i betraktning vektingen. Pughs systematikk går ut på gjennom utvelgelsen av en ide å bruke definerte metoder for å vurdere de ulike konseptforslagene. Målet er å være objektiv, og å ende opp på den beste løsningen til problemet som skal løses.

Pughs metode består av å:

- Utarbeide utvalgsmatrise med ulike kriterier som konseptene skal vurderes opp mot.
- Gi de ulike konseptene poeng basert på hvor godt de oppfyller kriteriene.
- Summere poenogene, og finne ut hvilket konsept å gå videre med.

3.2.2 Programvare

- Autodesk Fusion 360, 3D-modellering og simulering
- CES Edupack 2015, Materialvalg
- Sketch.app, Tegninger og illustrasjoner
- Pages 6, Rapportskriving
- Keynote 6, Presentasjon

3.3 Kvalitetssikring

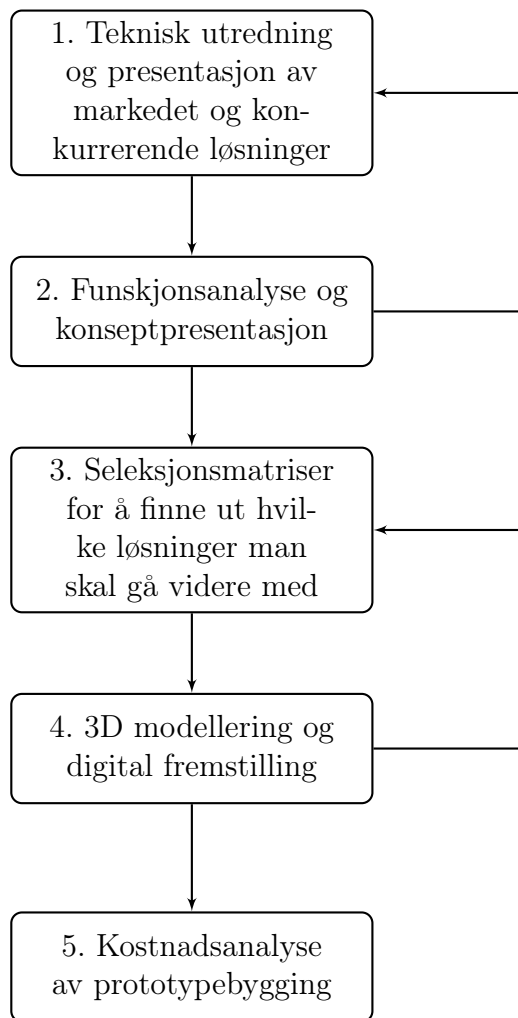
3.3.1 Statistikk

Det er innhentet statistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) for bruk i rapporten. SSB har som fokus å innhente og formidle statistikk av høy kvalitet, utarbeidet på faglig uavhengig grunnlag. Det bør legges til at all statistikk er bygget på empiri, og at selv om selve dataene som er innhentet er korrekte kan de i enkelte tilfeller ikke vise et korrekt av den konkrete situasjonen.

3.3.2 Kvalitet på kilder

Det har vært fokus på å benytte kilder som har blitt publisert eller oppdatert nylig, for å sørge for at informasjonen ikke er utdatert. Er informasjonen fra tydelig eldre

dato vil det være påpekt. De fleste kildene som har blitt brukt er fra internett, og da er det spesielt viktig å sørge for at kildene er troverdige. (Presentasjon, diagrammer, tydelighet, osv.)



Figur 5: Prosessdiagram for prosjektarbeidet.

3.4 Prosessdiagram

Rapporten består av tre hoveddeler som er representert ovenfor i prosessdiagrammet (Figur 5).

4 Teori og teknisk gjennomgang

I dette kapittelet skal vi først se på grunnleggende prinsipper i ergonomisk fagteori, og videre se hvordan disse spiller inn i prosessen for fjernkontrollen som skal utvikles. Vi vil videre se på noen av alternativene som allerede finnes for betjening av internett-tilkoblede lyspærer, og til slutt ser vi på mulige lyspæresystemer man potensielt kan utvikle fjernkontrollen til å være kompatibel med.

4.1 Ergonomi

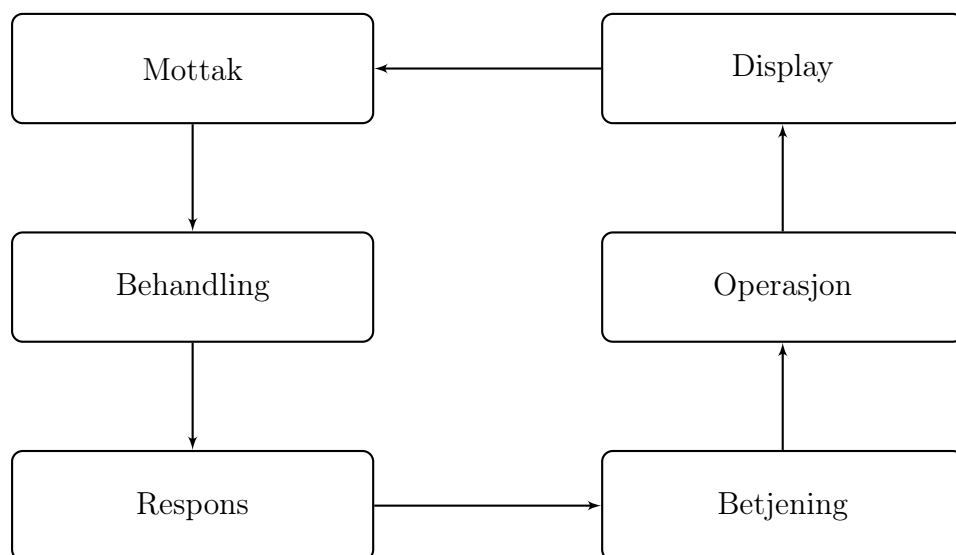
Nesten alt vi ser i rundt oss er formet av mennesker - for mennesker. Skal man skape noe nytt bør man derfor studere det som har vært før, og for å kunne forstå hvorfor objekter har de egenskapene de har må man forstå den ergonomiske bakgrunnen. Vi skal etter hvert se nærmere på den ergonomiske bakgrunnen for et lyspæresystem.

4.1.1 Menneske-Maskinsystem

I et tilfeller der man interagerer med et mekanisk eller elektronisk system beskrives dette i ergonomisk fagteori som et Menneske-Maskinsystem [2], eller et MM-system. Et MM-system tar utgangspunkt i at interaksjonen mellom menneske og maskin (gjenstand med en eller flere bevegelige deler) er et gjensidig forhold. Dette forholdet kan i hvert enkelt tilfelle beskrives som en en trinnvis prosess, og i tilfellet vårt med et lyspæresystem kan man tenke seg stegene slik:

1. En lyspære har lav lysstyrke (er «dimmet»).
2. Mangelen på lys oppfattes gjennom sanseorganene og den menneskelige persepsjonen.
3. Informasjonen tolkes og vurderes gjennom mentale prosesser i hjernen.
4. Hjernen beslutter å gjennomføre en handling, eller å la være.
5. En korrigerende handling utføres på maskinens kontrollorganer (i dette tilfellet å øke lysstyrken med fjernkontrollen).

I Figur 6 på neste side vises en illøustrasjon av et MM-system, med mennesket på venstre siden, og maskinen på høyre siden. De to sidene kommuniserer kontinuerlig (loop).



Figur 6: Menneske-maskinsystem.

4.1.2 Betjeningsorganer

Som betjeningsorgan i et maskinsystem kan det brukes knapper, brytere, spaker, hendler etc. Det skilles vanligvis mellom to hovedtyper [2]:

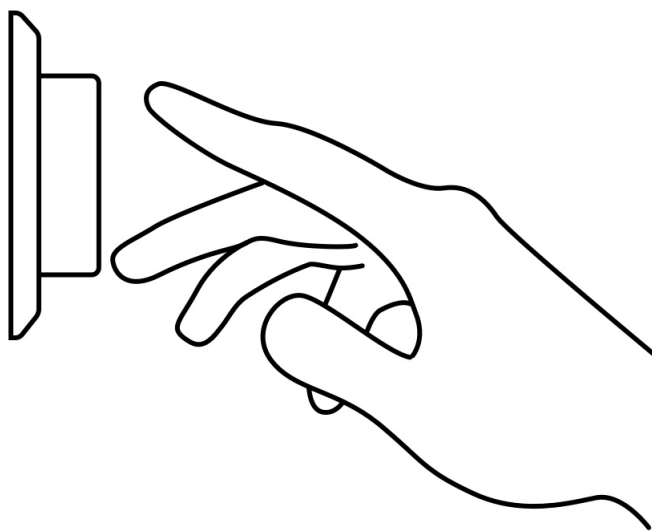
1. Betjeningsorganer som krever lite fysisk styrke (trykknapper, skruknapper etc.)
2. Betjeningsorganer som krever mye fysisk styrke (pedaler, spaker, ratt etc.)

Det er essensielt at betjeningsorganenes utforming og plassering i et system er riktig. De bør tilpasses anatomi, og funksjon av lemmene. I vårt tilfelle er operasjonen som utføres enkel og presis, og man må derfor planlegge for optimal ergonomi for hender og fingre. Produktet må være lett å gripe fatt i, lett å lokalisere (i synsfeltet), og være plassert slik at det kreves minimal innsats fra andre lemmer enn hender og fingre for å betjene.

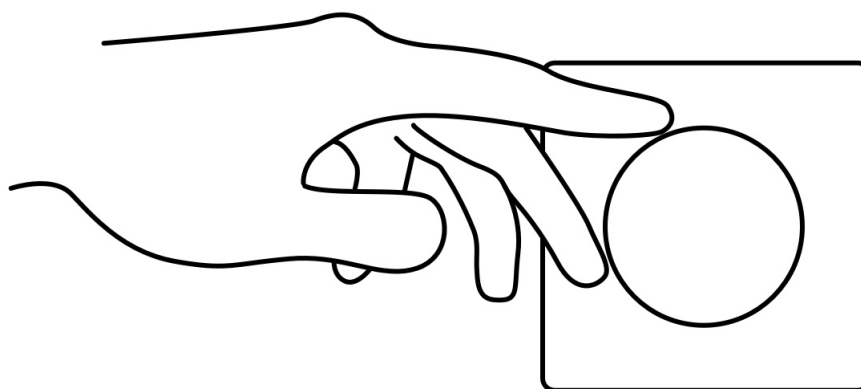
Strengt ergonomiske retningslinjer kan også gå utover eventuell fleksibilitet i et design, så man er nødt til å vekte verdien av å følge retningslinjene med eventuelle fordeler man får ved å bryte dem.

4.2 Tradisjonelle lysbrytere og dimmere

Tradisjonelle lysbrytere er ofte plassert i umiddelbar nærhet til lyspæren som styres, og det er derfor åpenbart for brukeren hvilken respons enhver operasjon vil ha. De er plassert på vegg i albuehøyde for å oppfylle krav til optimale ergonomiske egenksaper og komfort. De er også plassert i vegg da det er enklere både teknologisk og estetisk å ha de plassert der. De sitter koblet direkte på samme krets som lyspæra, og elektronikken er da naturlig å «gjemme» i veggen.



Figur 7: Betjening av tradisjonell dimmer ved å trykke eller vri.



Figur 8: Betjening av tradisjonell dimmer ved å skyve i ytterkant av hjulet.

4.3 Eksisterende løsninger for internett-tilkoblede systemer

De fleste eksisterende mekaniske betjeningsløsningene for internett-tilkoblede lyspærer er ganske like, men det finner også unntak. Det eksisterer også software-baserte løsninger som brukes via en app, eller en annen interface på en smarttelefon eller liknende.

4.3.1 Hue Dimmer

Hue Dimmer er dimmerøsningen til Philips Hue sitt lyspæresystem. Den er liten, lett og billig. Med Hue Dimmer kan man velge hvilken lyspære eller gruppe lyspærer den skal styre, og dette gjøres via Philips' egen app.

Når man har koblet den til lyspærene kan man med fire knapper skru lyser av, eller på, samt dimme det opp og ned.



Figur 9: Hue Dimmer fjernkontroll.

Hue Dimmer er også konstruert med magneter i enheten, slik at veggbraketten limes fast på veggen med dobbeltsidig teip, og selve kontrollen kan tas med rundt og brukes der den er mest praktisk, for så å henges opp igjen.

Alt i alt er funksjonene veldig like de i en tradisjonell dimmer, men utformingen er annerledes. Man bruker fire knapper i stedet for et hjul og en knapp.

4.3.2 Lutron Connected Bulb Remote

Lutron Connected Bulb Remote er veldig lik Hue Remote i både utforming og funksjon, og er også bygget på samme ZigBee-teknologi. Den kan skru av og på en lyspære eller en gruppe lyspærer, samt dimme lysstyrken.

Dette kjennetegner tilbudene til mange av produsentene av internett-tilkoblede lyspærer. Hovedløsningene deres for betjening er videreføring av tradisjonelle løsninger.



Figur 10: Lutron fjernkontroll.

4.3.3 Hue Tap

Hue Tap er et annet produkt fra Philips, med en annen tilnærming til betjening enn de to foregående eksemplene. Her har Philips laget en fjernkontroll med fire knapper der hver av knappene kan programmeres til å «sette en scene». Slike scener er predefinert i Hue Appen, og er i prinsippet en liste med kommandoer som kan aktiveres. Man kan ha en scene for «Kveld», en for «God natt», en for «Filmkveld», osv.

Hue Tap tar utnytter derfor en del av potensialet internett-tilkoblede lyspærer tilbyr, ved å ta steget vekk fra de tradisjonelle lysbryterene som bare styrer en pære av gangen til en som kan styre et helt system for et stort rom, som for eksempel en åpen stue/kjøkken-løsning.



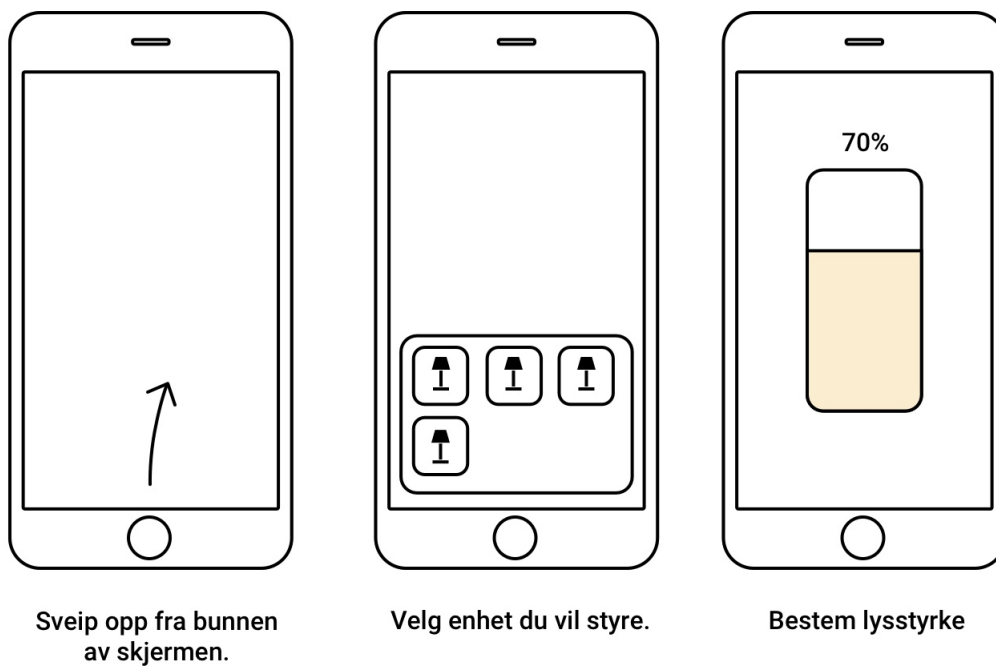
Figur 11: Hue Tap fjernkontroll.

4.3.4 Styring med smarttelefon

En av metodene som kanskje er mest brukt til betjening av internett-tilkoblede lyspærer er betjening via smarttelefon. Hver produsent av internett-tilkoblede lyspærer har sine egne apper for oppsett og styring av sine pærer, og leverandørene av smarttelefoner og operativsystem i tillegg egne plattformer for å strømlinje styringen av smart-hjem-enheter.

I Apples mobile operativsystem iOS kan produsenter av smart-hjem-enheter bygge produkter som er kompatible med deres HomeKit API, og dermed får man enkel tilgang til alle sine smart-hjem enheter (lyspærer, termostater, dørlåser) via et lett

tilgjengelig kontrollcenter i operativsystemet. Man kan også dele denne tilgangen med besøkende.



Figur 12: Betjening av smart-hjem enheter i iOS.

4.4 Internet of Things og «Smarthus»

Begrepet Internett of Things (IoT) beskriver internett-tilkoblede enheter som via et nettverk kan fjernstyres, automatiseres, samle data og mye mer. IoT har et stort potensiale til å forbedre brukeropplevelser og funksjoner av produkter som har vært tilgjengelige i en årrekke, samt bidra til skape helt nye produktkategorier.

Et område der det har vært en veldig tydelig utvikling de siste årene har vært i produkter som brukes til daglig i hjemmet. Internett-tilkoblede og automatiserte termostater, lyspærer, persienner og garasjeporter er bare noen av produktene som er en del av et typisk smarthus.

Forskjeller mellom smarthus-produkter.

Det er viktig å differensiere mellom egenskapene og bruken av hvert av produktene som utgjør et smarthus, for selv om automatisering vil spille en stor rolle i årene som kommer, krever forskjellige produkter forskjellige tilnærminger. Man bruker blant annet oftere lysbrytere/dimmere enn man skifter temperaturen på en termostat.

4.5 Philips hue og ZigBee-protokollen

Et eksempel på et system for internett-tilkoblede lyspærer er Philips Hue. Philips Hue er bygget på ZigBee protokollen. Figur 14 viser hvordan man har en ZigBee «hub», eller koordinator, som kommuniserer via ZigBee protokollen til de andre enhetene i ZigBee-nettverket, også kalt «mesh-nettverket».



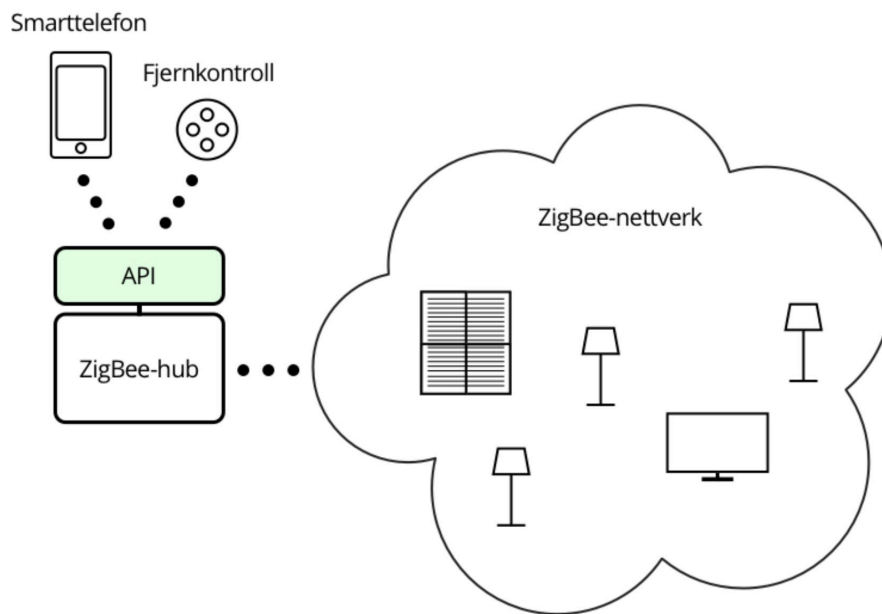
Figur 13: Fra venstre: Philips Hue Hub, og tre Philips Hue White and Color Ambiance A27.

For å kontrollere de forskjellige enhetene i ZigBee-nettverket må man altså bruke ZigBee-protokollen. I dette tilfellet har Phillips laget et API for deres ZigBee-hub, som godtar vanlige HTTP-forespørsler fra for eksempel en smarttelefon eller en annen enhet som kan sende HTTP-forespørsler. ZigBee bruker det samme 2.4GHz ISM båndet som både Bluetooth og WiFi, men effekten nettverkene har på hverandre er en mindre enn 10% reduksjon i gjennomstrømming. Dette er akseptabelt, og tillater oss å sende mange HTTP-forespørsler i rask sekvens uten å bekymre oss for at nettverkene skal påvirke hverandre.

4.6 Philips Hue API

Philips Hue API er et omfattende grensesnitt for å kommunisere med Hue systemet. Med de vanligste forespørslene kan man:

- Hente en liste over aktive(tilkoblede) pærer
- Hente status til en valgfri pære (lysstyrke, farge, type, navn etc.)
- Sette attributter for en valgfri pære (lysstyrke, farge, type, navn etc.)
- Hente en liste over definerte scener (forhåndsprogrammerte kommandoer)
- Sette en scene



Figur 14: Fra venstre: ZigBee-hub, ZigBee-nettverket og eventuelle smarttelefoner eller fjernkontroller som kommuniserer via en API med ZigBee-hub.

Med disse kommandoene kan man designe en fjernkontroll med mange innebygde funksjoner, og videre i rapporten skal vi se på hvordan man best kan implementere disse funksjonene i et fysisk design for å kunne dimme en eller flere valgfrie lyspærer og sette forskjellige scener.

Prinsippene som gjelder for Philips Hue systemet er veldig like de som gjelder for systemer levert av andre leverandører, og kommandoene er også nesten universelle.

5 Produktspesifisering

Produktspesifikasjonen ble definert tidlig i utviklingen, og tar i betraktning egen-erfaring fra bruk av Philips Hue systemet og systemer for lyspærer generelt, samt samtaler og diskusjoner med studenter og familie rundt funksjoner og bruk av produktet. Spesifikasjonen legger grunnlaget for det videre arbeidet med utviklingen, samt det videre arbeidet i denne rapporten.

5.1 Bruksspesifikasjoner

Tabell 4: Beskrivelse av bruksspesifikasjoner

Seksjon	Beskrivelse	Skal	Burde
1	Bruk		
a	Enkel og intuitiv å bruke	X	
b	Lett å flytte på (portabel)		X
c	Ergonomisk (komfortabel å bruke)	X	
2	Design		
a	Differensiere seg fra andre fjernkontroller		X
b	Høy kvalitet i materialer		X
c	Lavt volum og fotavtrykk	X	
3	Oppsett		
a	Lett å koble opp ut av esken	X	

Kommentarer til bruksspesifikasjoner

1. Bruk

- (a) Fjernkontrollen skal være enkel og intuitiv (lett) å bruke, selv for folk som ikke kjenner produktet eller kategorien fra før av.
- (b) Størrelse og vekt skal tillate god portabilitet.
- (c) Fjernkontrollen skal være kjennes komfortabel å bruke (fasong, materialer, overflate).

2. Design

- (a) Fjernkontrollen skal ha både annen design og funksjon enn andre fjernkontroller på markedet, for å lettere differensiere seg i markedet.
- (b) Materialene skal gi høy kvalitetsfølelse, og sørge for at produktet er robust.
- (c) Fjernkontrollen skal være formet med fokus på lavt volum og fotavtrykk, da den skal kunne plasseres på et bord etc. uten å ta mye plass.

3. Oppsett

- (a) Fjernkontrollen skal ha både annen design og funksjon enn andre fjernkontroller på markedet, for å lettere differensiere seg i markedet.

5.2 Tekniske spesifikasjoner

Tabell 5: Beskrivelse av bruksspesifikasjoner

Seksjon	Beskrivelse	Skal	Burde
1	Funksjonelle krav		
a	Dimmermekanisme som flyter lett	X	
b	Dimmer med høy presisjon	X	
c	Ytre diameter under 75mm		X
d	Høyde under 30mm		X
2	Produksjonskrav		
a	Kunne masseproduseres	X	
b	Kunne produseres i med få deler		X
3	Materialer og miljø		
a	Liten (kompakt) innpakning		X
b	Bestå av materialer med liten effekt på miljøet		X

Kommentarer til tekniske spesifikasjoner

1. Funksjonelle krav

- (a) Mekanismen som man vir på for å dimme lysene skal «flyte lett». Den skal være behagelig, robust, og gi høy kvalitetsfølelse.
- (b) Dimmermekanismen skal være presis, og man skal føle at man har høy nøyaktighet og kontroll når man dimmer lyspæren.
- (c–d) Fjernkontrollene skal oppfylle krav til ytre dimensjoner.

2. Produksjonskrav

- (a) Optimaliseres for serieproduksjon
- (b) Være sammensatt av få deler, for å gjøre utvikling og optimalisering for produksjon enklere.

3. Materialer og miljø

- (a) Skal kunne bruke kompakt forpakning for å bruke så lite unødvendig materiale som mulig.
- (b) Fjernkontrollen skal ha både annen design og funksjon enn andre fjernkontroller på markedet, for å lettere differensiere seg i markedet.

6 Hovedkonsepter og valg av hovedkonsept

I dette kapitlet presenteres alternativene for hovedkonsepter for fjernkontrollen, de diskuteres, og blir også vurdert opp mot hverandre for å velge det potensielt beste alternativet.

6.1 Tilnærming: idemyldring og prototyping

For å utforske forskjellige løsninger ble det tegnet sketcher og illustrasjoner i en idemyldringsprosess. Det ble også studert produkter med liknende funksjoner i samme kategori, samt produkter med liknende utforming, men annen funksjonalitet i andre produktsegmenter.

I idemyldringsprosessen ble det også laget enkle «proof of concept» med potensielle elektroniske komponenter. Denne prosessen er beskrevet i større detalj i kapittel 7, og mye av det som ble lært i løpet av den delen av prosjektet var med på både forme konseptene presentert i dette kapitlet, samt hadde en rolle i det endelige valget for hovedkonsept.

Nedenfor presenteres tre hovedkonsepter som ble utarbeidet i denne prosessen, og alle har de samme grunnleggende hovedfunksjonene, men komponentvalg og design, samt resulterende ergonomi og andre aspekter vil variere.

6.2 Konseptforslag

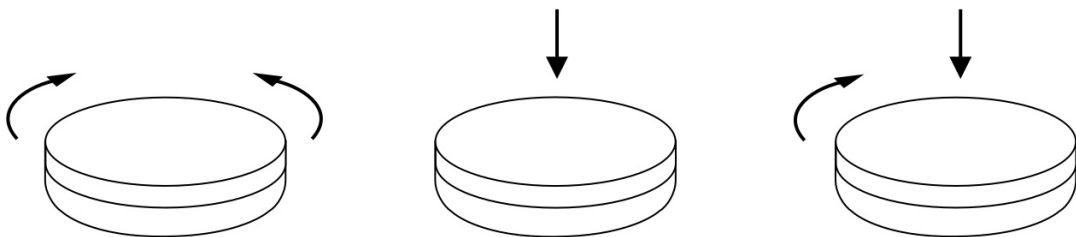
Hovedkonseptet for fjernkontrollen er basert på at den skal kunne utføre følgende funksjoner:

- Dimme lysstyrke for valgt lyspære
- Bytte til neste aktive lyspære (for å kunne dimme en annen pære i rommet)
- Aktivere en predefinert «scene»

Vi skal først se nærmere på to hovedkonsepter som oppfyller kravene ovenfor. Deretter vurderer vi hvert av konseptene med metoden for X nevnt i kapittel 3. I kapittel 7 vil vi studere mer detaljerte konsepter og løsninger for komponenter for den valgte hovedløsningen.

Alternativ 1: Ett lokk med flere «gjemte» funksjoner

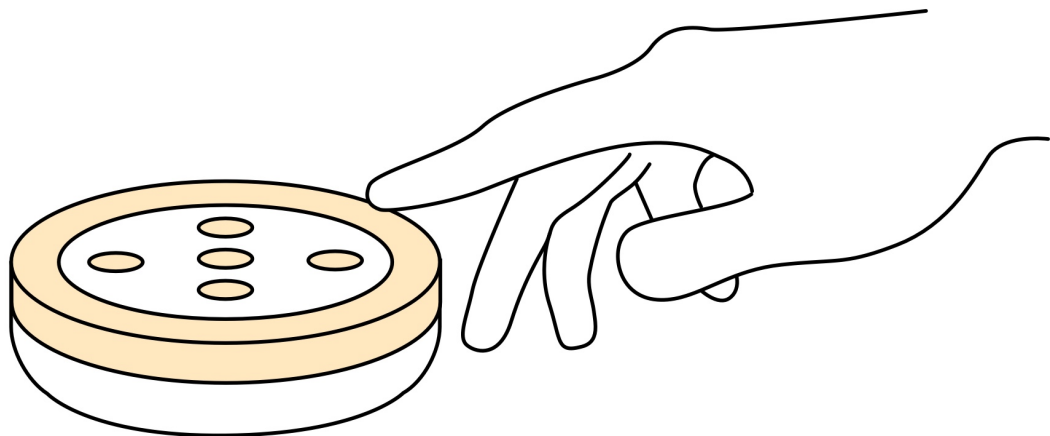
Dette alternativet er en videreføring av designet som ble brukt i tidligere arbeid, med mekanismen for å bytte lyspære og bytte scene integrert i lokket ved en trykkek mekanisme. Det vil si at man ved å trykke på lokket hopper til neste lyspære, og ved å trykke på lokket og samtidig vri kan sykle gjennom predefinerte scener (Figur 15).



Figur 15: Forskjellige interaksjonemetoder med lokk. Trykk, vri og kombinasjon.

Alternativ 2: En ring i ytterkanten som man vrir på, med knapper for de forskjellige funksjonene midten av fjernkontrollen.

Alternativ 2 er fundamentalt annerledes enn alternativ 1, og tenkt ut fra starten til å adressere problemene i tidligere arbeid beskrevet på side 6. Her er det tydeligere for brukeren hvilken funksjon hvert element i designet har. Ved å vri på ringen kan man dimme lyspærene, og hver enkelt knapp vil ha tydelige illustrasjoner som formidler hva de gjør. Knappen i midten er tenkt at skal brukes til å kunne hoppe til neste pære. Knappene rundt skal sette predefinerte scener.



Figur 16: Knapper på lokk, med roterende ring i ytterkant.

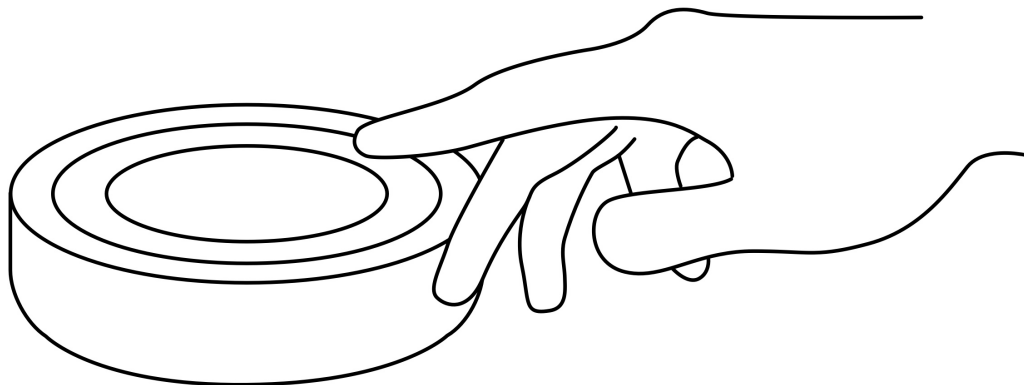


Figur 17: Sketch av mulig designløsning.

Alternativ 3: Ikke-bevegelig lokk med sirkulær touch sensor for dimming.

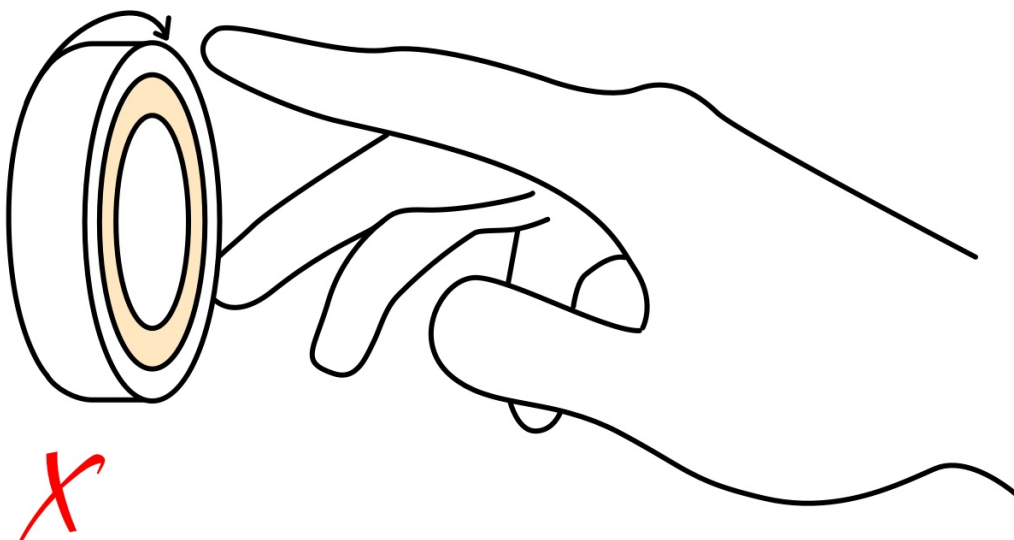
Alternativ har en veldig ulik løsning fra de to foregående konseptene. Her er det ingen bevegelige deler, men heller en kapasitiv touch overflate på toppen av kontrollen som fungerer som en dimmer. Touchoverflaten vil være formet som et spor i toppen av kontrollen (Figur 18), og fungere på samme måte som et iPod clickwheel.

Innenfor touch-ringene kan det potensielt være knapper, eller en ny touch flate for å utføre resten av funksjonene, i likhet med løsningen i alternativ 2.

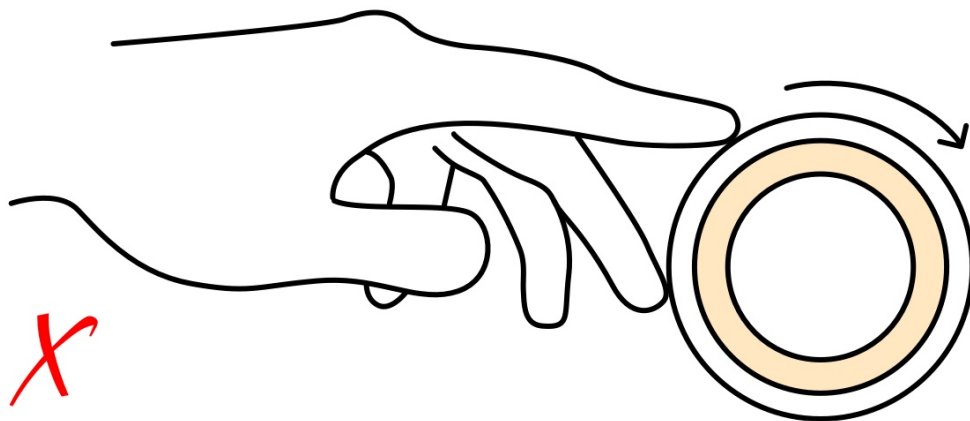


Figur 18: Knapper på lokk, med roterende ring i ytterkant.

Fra et ergonomisk perspektiv mister man to av de tre teknikkene for betjening, da man ikke lenger kan vri (Figur 19), eller fra siden vri i ytterkant av ringen (Figur 20).



Figur 19: Man kan ikke gripe tak i ytterkant av enheten og vri, da det bare er touch-overflaten (gult) som registrerer input.



Figur 20: Man kan ikke skyve i ytterkant av enheten, men må bruke forsiden der touch-overflaten er lokalisert.

6.3 Konseptdiskusjon

Her ser vi på det positive og negative sidene ved konseptene beskrevet i foregående delkapittel.

Alternativ 1: Ett lokk med flere «gjemte» funksjoner

Tabell 6: Sammenlikning av fordeler og ulemper for alternativ 1.

Fordeler	Ulemper
Enklere design med færre komponenter, og potensielt enklere konstruksjon, samt lavere material og produksjonskostnader.	Kan være en dårlig løsning fra et brukerperspektiv, da mange av funksjonene vil være gjemt, noe som vil føre til at barrieren for å utnytte alle funksjonene blir for høy for en for stor del av de potensielle brukerne.

Alternativ 2: En ring i ytterkanten som man vrir på, med knapper for de forskjellige funksjonene midten av fjernkontrollen.

Tabell 7: Sammenlikning av fordeler og ulemper for alternativ 2.

Fordeler	Ulemper
Mer beskrivende design fra et brukerperspektiv. Knappene vil tydelig symbolisere hvilken funksjon de har, og ringen rundt vil fungere som en dimmer.	Potensielt et mer komplisert design fra et utviklingsperspektiv, med flere elektroniske komponenter og mer kompliserte løsninger for å få alle disse komponentene inn i designet samtidig som man skal sørge for at kravene satt i kapittel X blir oppfylt.

Alternativ 3: Ikke-bevegelig lokk med sirkulær touch sensor for dimming.

Tabell 8: Sammenlikning av fordeler og ulemper for alternativ 3.

Fordeler	Ulemper
Enklere konstruksjon, uten bevegelige deler. Plassbesparende med touch sensitiv overflate til dimming (trenger ikke mekanisme for rotasjon).	Mindre færre betjeningsmetoder uten bevegelig ring. Mindre ergonomisk gunstig.

6.4 Valg av hovedkonsept

Det ble ikke brukt Pughs metode for å velge selve hovedkonseptet. Beslutningen er tatt ut ifra Tabell 6, 7 og 8, samt det som ble lært i kapittel 7.

Hovedkonsept 2 ble valgt

Den beste hovedløsningen fra et ergonomisk og funksjonelt perspektiv vil være alternativ 2, med en roterende ring i ytterkant, og knapper på innsiden av ringen for de *nødvendige* ekstra funksjonene.

Grunnen til at denne løsningen er mest gunstig er basert på ergonomiske og brukerfokuserede betraktninger. De spesifiserte ulempene ved denne løsningen har i hovedsak å gjøre med utfordringer med selve design og utviklingsprosessen. Ulempene er derfor ikke ergonomiske eller brukerfokuserede. Ulempene er altså lettere å løse enn for de to andre alternativene.

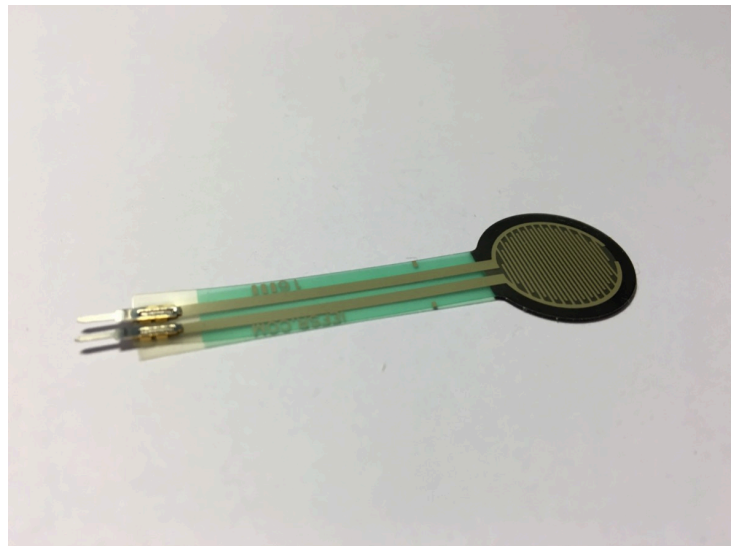
Det er dette konseptet som nå skal videreutvikles, og i kapittel 8 og 9 ser vi nærmere på de detaljerte komponentene og løsningene som skal fullføre konseptet.

7 Elementløsninger

Dette kapittelet supplerer kapittel 6 i at det tar for seg diskusjon rundt prototyping med en del av de potensielle komponentene som kunne være aktuelle å bruke i alle de tre alternativene til hovedkonsept presentert i forrige kapittel.

7.1 Trykksensitiv sensor

I designalternativ 1 var det nødvendig med en mekanisme for å registrere når noen trykker på selve lokket, og i tidligere arbeid ble dette gjort ved hjelp av pulsgiveren som hadde en innebygget pushbutton. Et alternativ til en pushbutton, som samtidig kunne utvide funksjonaliteten er en trykksensitiv sensor. Denne kan måle veldig nøyaktig i hvilken grad (høy/lav kraft) brukeren trykker på den, og tillater også derfor eventuelt flere funksjoner i form av mengde trykk brukeren gir.



Figur 21: Trykksensitiv sensor brukt ved prototyping.

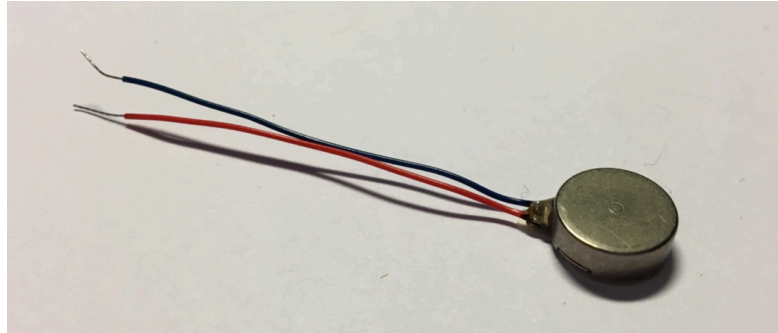
Med en trykksensor kan man for eksempel introdusere funksjoner som gjør at men ved å trykke med normal kraft hopper til neste aktive lyspære, mens man ved å trykke hardere kan for eksempel ta kontroll over alle lyspærene i gruppen samtidig, for så å dimme dem.

For at denne komponenten skal gi en god brukeropplevelse kreves det også en type feedback, slik at brukeren vet at de faktisk har trykket på en knapp (man vil simulere den følelsen). Derfor bør den kombineres med en motor som gir haptisk feedback.

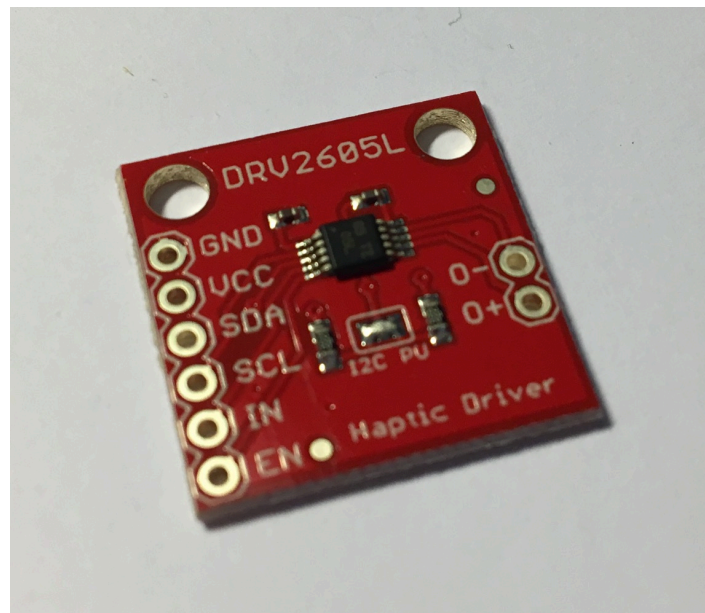
7.2 Haptisk feedback motor og driver

En motor for haptisk feedback (Figur 22) er en liten motor som utøver krefter, vibrasjoner eller bevegelse på en bruker for å simulere at man for eksempel har

trykket på en knapp. I vårt tilfelle er det aktuelt å kombinere en slik motor med en trykksensor for å simulere et trykk på lokket av fjernkontrollen, og også å kunne simulere et hardere trykk.



Figur 22: Vibrasjonsmotor brukt ved prototyping.



Figur 23: Haptisk driver brukt ved prototyping.

Motoren kombineres med med en «haptic driver» (Figur ??) som kan programmeres til å styre motoren slik at den gir forskjellig respons avhengig av input fra en trykkløst sensor tilsvarende den som ble presentert i forrige delkapittel.

Driveren kan programmeres til å styre motoren med over 60 forskjellige konfigurasjoner. Konfigurasjonene varierer motorens aktivitet fra korte til lange vibrasjoner, høy og lav styrke på vibrasjonene, og eventuelle doble vibrasjoner. På papiret virket dette veldig lovende, men etter å ha testet det i praksis ga det ikke den følelsen av å trykke på en knapp som man er ute etter i et design som dette. Det finner antakeligvis andre modeller av haptiske motorer som er bedre egnet, men da må man opp i pris, eller eventuelt designe en elektromagnet selv.

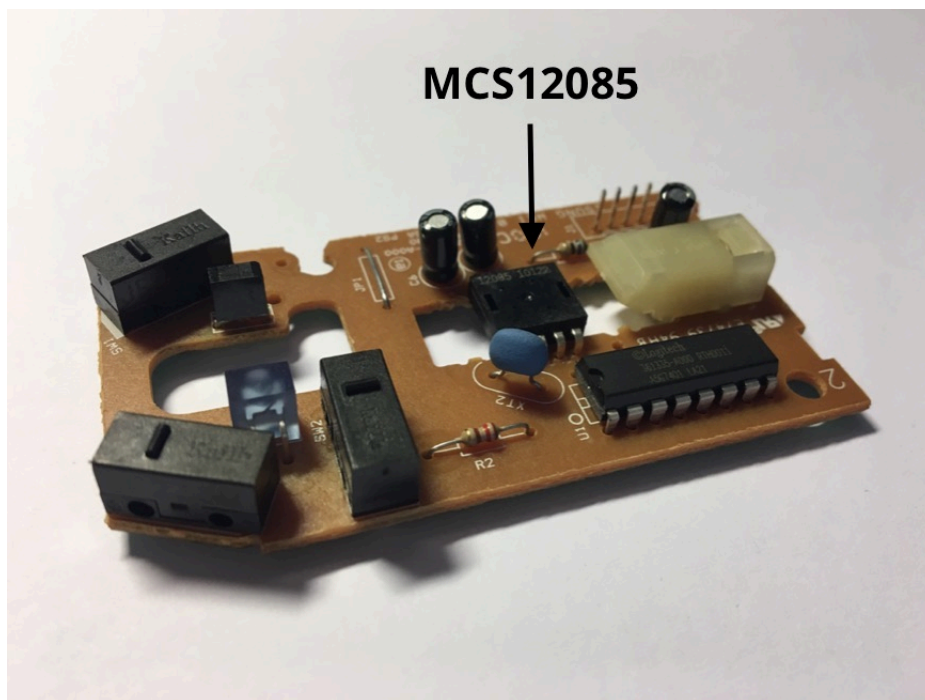
Et annet vesentlig aspekt ved bruk av haptisk motor er strømbruk. For sammenliknet med en tradisjonell pushbutton vil en haptisk motor trekke mye mer strøm, noe som

er en ulempe i et produkt med fokus på høy portabilitet. Størrelsen på batteriet må i tilfellet økes, ellers vil batteritiden bli vesentlig lavere.

7.3 Optisk flow sensor

For å måle rotasjon er det aktuelt å bruke en optisk flow sensor av samme typen som man finner i en optisk datamus. En slik sensor tar mer enn 400 bilder i sekundet, for å måle relativ posisjon i x- og y-retning i forhold til en overflate. Hvert bilde sammenliknes med det forrige, for å kalkulere endring i posisjon. Sensoren må kombineres med en linse, og har relativt kort avstand til overflaten den brukes på.

Fordelen med å bruke en slik sensor for å måle rotasjon er at man veldig kompakt kan plassere den relativt til et roterende lokk, og da måle bevegelsen til lokket med ekstremt høy presisjon.



Figur 24: Optisk sensor brukt ved prototyping.

For å prototype ble det brukt en sensor fra en datamus (Figur 24). Sensoren ble koblet direkte til en Arduino, som registrerte bevegelsen målt i x- og y-retning. I vårt tilfelle er det bare relevant å vite bevegelsen i en retning.

Videre ble dataene brukt til å sende HTTP forespørsler til et Philips Hue lyspæresystem, for å kunne se i praksis hvor presist man kunne styre lyspærene. I prinsippet skulle en slik sensor tillate oss å bevege oss i alle inkrementene i intervallet mellom 0 og 255 ved å bevege sensoren under en centimeter, og resultatene viste at det var mulig. Det vil ikke være nødvendig med så høy graden av presisjon i det endelige produktet, men det er viktig å teste for å se hvor potensialet ligger.

8 Presentasjon av detaljerte konsept- og komponentalternativer

I dette kapittelet presenteres alternativer til løsninger for følgende funksjoner og samsvarende komponenter. Noen av komponentene har vært testet i prototyping (se kapittel 7).

Tabell 9: Funksjoner med tilhørende konsept- og komponentbeskrivelse.

Funksjon	Konsept og komponentbeskrivelse
Måling av rotasjon	Sensor som måler nøyaktig rotasjon/posisjon av vridbar ring.
Mekanisme for rotasjon	Mekanismen som gjør at ringen kan rotere, og posisjonen avleses med en sensor.
Knapper	Knapper på fjernkontroll for ekstra funksjoner.
Batteriløsning	Løsning for batterier. Størrelse, fasong, kapasitet.
Materialvalg	Materialer som gir kvalitetsfølelse, og samtidig er funksjonelle.

8.1 Måling av rotasjon

Tabell 10: Beskrivelser av utvalgte alternativer for måling av rotasjon. Fra toppen: CTS Series 291 Optical encoder [3], Broadcom Limited HEDS-9000#B00 [4], ADNS-2620 Optical Mouse Sensor [5]

Optisk enkoder



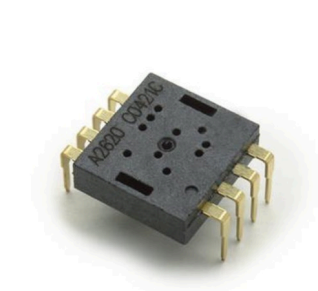
Optisk enkoder med oppløsning på opp til 64 pulser per omdreining som kan implementeres rett inn på i et kretskort. Den har standard fasong for feste av knott, eller i vårt tilfelle et dimmbart lokk. Likner veldig på pulsgiveren som ble brukt i tidligere arbeid, men er altså optisk, og har høyere oppløsning (64 vs 20).

Optisk enkoder (skive)



Optisk enkoder for avlesning av kompatibel skive med 1000 pulser per omdreining. Mer komplisert design, og vanskeligere å implementere enn den optiske enkoderen ovenfor da man må bruke en kompatibel skive som blir roterer relativt til enkoderen, og dette må sammenstilles til et robust design.

Optisk flow sensor



Samme type sensor som man finner i en såkalt «optisk» datamus. Måler «optisk flow». Den kan lese av relativ bevegelse på en overflate i x- og y-retning, for så å avgjøre definitiv posisjon. Ekstremt høy presisjon avhengig av modell. Muligheter for over 400 inkremitter per centimeter for flere av de tilgjengelige modellene. I vårt tilfelle ville vi benyttet oss av bevegelse i en retning, for å måle posisjon relativt til den roterende ringen. Kan monteres direkte på kretskort. Det finnes også eksempler av slik sensor brukt for liknende løsninger, for eksempel i Nest Thermostat [6]

8.2 Knapp(er)

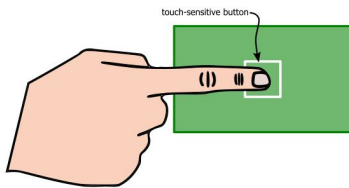
Tabell 11: Beskrivelser av utvalgte alternativer for registrering av knappetrykk. Fra toppen: Mini Pushbutton Switch [7], Touch sensor [8], Interlink Electronics 34-00015 [9]

Pushbutton



Standard pushbutton for å registrere knappetrykk. Kan brukes under en formet gummioverflate med symbol for knappefunksjon. Knappen beveger seg $< 2\text{mm}$ når den blir brukt, og er ideel å bruke som input i forbrukerelektronikk.

Kapazitiv touch sensor



Overflate på kretskort med utvalgte områder for registrering av touch-input. Potensiale for flere metoder for input, med blant annet sveiping (høyre/venstre) for å bevege seg fram og tilbake mellom aktive pærer. Føles mer moderne ut enn en tradisjonell pushbutton.

Trykkfølsom sensor med haptisk motor

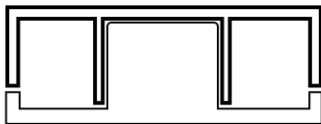


En trykkfølsom sensor kan benyttes ved å legges under et eventuelt lokk, og virker ved å måle endring i kapasitans i materialet til selve sensoren da den deformeres ved påført kraft. Ideel løsning om man vil innføre inputmetoder som avhenger av kraftmengde. Man kan da programmere en mikrokontroller til å registrere flere steg når en bruker trykker på lokket.

8.3 Mekanisme for rotasjon

Tabell 12: Beskrivelser av utvalgte alternativer for mekanisme for rotasjon. Fra toppen: Ring festet direkte på aksel, SKF Deep groove ball bearing [10], SKF Angular ball bearing [11]

Ring festet direkte på aksel



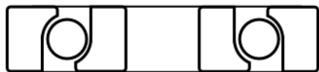
Med ringen som skal roteres festet direkte på en aksel (med smøring) får man en ganske enkel konstruksjon, men risikerer at det oppstår uønsket friksjon som resultat av støv eller dårlig smøring. Det er kritisk at ringen kan roteres utan at man må holde fast i underdelen.

SKF kulelager



Fester man det roterende lokket i et kulelager, som så er festet i den indre strukturen kan man få en dimmemekanisme med veldig liten motstand. Et slikt kulelager tar i følge spesifikasjonen [10] ikke opp store krefter i annet en bæreretning. I praksis tar det opp mer enn nok krefter til denne bruken. Så et kulelager kan brukes.

SKF vinklet kulelager



Hadde man vært redd for store krefter i annet enn normal bæreretning kunne det vært aktuelt å bruke et vinklet kulelager. Men SKF leverer ikke disse i små nok størrelser til å passe i produktet som utvikles her.

8.4 Batteri batterilayout

Valg av batteri har stor effekt på fasong og totalt volum av det endelige produktet, og det er derfor viktig å vurdere nøye hvilken type batterier som skal brukes, hvilken form og størrelse de skal ha.

Tabell 13: Beskrivelser av utvalgte alternativer for batteri.

18650 Lithium Ion Batteri



Dimensjoner: D=18mm, L=65mm Kapasitet: 2600 mAh Oppladbart sylindrisk batteri av typen lithium-ion. Dette batteriet har relativt stort volum og kapasitet, og er likt det batteriet som ble endte opp med då bli brukt i det endelige designet i tidligere arbeid.

14500 Lithium Ion Batteri



Dimensjoner: D=14mm, L=50mm Kapasitet: 1200 mAh Samme form og type som ovennevnte batteri, men med lavere volum og kapasitet. Samme størrelse som tradisjonelle AA batterier.

Flatt Lithium Ion batteri



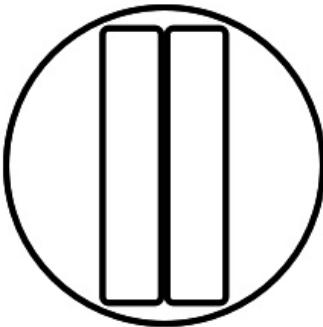
Dimensjoner: B=14mm, L=50mm, H=5mm Kapasitet: 1200 mAh Flatpakket lithium-ion batteri med totalt volum og kapasitet nesten tilsvarende batteriet av type 14500. Med tykkelse på bare 5mm kan dette batteriet være fordelaktig å bruke om man vil ha et så tynt design som mulig.

Tabell 14: Beskrivelser av utvalgte alternativer for registrering av trykk. Fra toppen: Mini Pushbutton Switch [7], Texas Instruments FDC2212DNTT [12], Interlink Electronics 34-00015 [9]

Sirkulært batteri



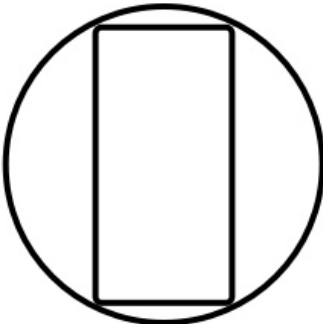
Med sylindrisk batteri er det nødvendig å benytte to batterier for å bedre utnytte overflatearealet som er sirkulært. Ett batteri vil gi store tomrom på hver side av batteriet. Sirkulære batterier tar også stor plass vertikalt. (min 14 mm).



Flatt batteri



Flate lithium-ion batterier er rektangulære, men samtidig mer kvadratiske enn en sammensetning sylindriske batterier. En annen viktig egenskap er høyden på batteriet, som bare er 5 mm. Man mister en del kapasitet på å benytte et så kompakt batteri.



8.5 Materialvalg

ABS/PC

ABS/PC (ABS / Polykarbonat) er en av de mest brukte termoplastene til produksjon av elektroniske forbrukerprodukter. Den kombinerer styrken og varmebestandigheten til Polykarbonat, med fleksibiliteten til ABS. Store deler av produktet vil bestå av ABS/PC plast. Denne typen plast er typisk brukt i forbrukerelektronikk, og er nødvendig å bruke i blant annet underdelen, for å tillate induktiv lading.

Aluminium, 6061

Ringen som skal roteres på enheten vil bestå av CNC-maskinert aluminium. Dette for å gi mer robusthet og kvalitetsfølelse i det brukeren roterer på ringen og dimmer lyspærene. Aluminium egner seg også svært godt for resirkulering.

9 Screening av detaljerte konsept- og komponentalternativer



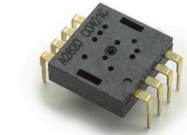
I dette kapitlet vurderes alternativer til løsninger for følgende funksjoner og samsvarende komponenter.

For å systematisere og vurdere de forskjellige konseptene og komponentene presentert i kapittel 8 brukes Pughs metode, med et sett relevante kriterier, samt vektlegging utvalgte kriterier. Kriteriene tar utgangspunkt i kravspesifikasjonene som ble presentert i kapittel 5, og er valgt på bakgrunn av hvilken funksjon det vurderes løsning for.

Til slutt vil vi se på de totale poengsummene, og så velge løsningene som objektivt best oppfyller de definerte kriteriene. Pughs metode hjelper oss med nettopp dette.

9.1 Måling av rotasjon

Tabell 15: Kommentarer til utvalgte alternativer for måling av rotasjon


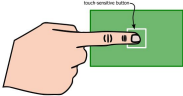

1. Optisk enkoder	Fordeler	Ulemper
	+ Ferdig mekanisme	- Lav presisjon - Lite kompakt
2. Optisk enkoder (skive)	Fordeler	Ulemper
	+ Høy presisjon	- Høy pris - Komplisert sammensetning - Lite robust
3. Optisk flow sensor	Fordeler	Ulemper
	+ Høy presisjon + Plassbesparende + Robust	-

Tabell 16: Screening av alternativer for måling av rotasjon.

Kriterie	Vekting	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Presisjon	35%	1	3	5
Robusthet	25%	4	2	4
Kompakthet	20%	2	3	5
Kompleksitet	20%	4	2	4
Sum		2,8	2,4	4,4

9.2 Knapp(er)

Tabell 17: Kommentarer til utvalgte alternativer for knapper

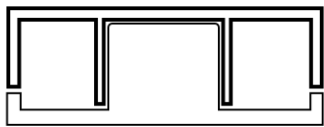

1. Pushbutton	Fordeler	Ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> + Ferdig mekanisme + Robust 	-
2. Kapasitiv touch-sensor	Fordeler	Ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> + Moderne utseende + Presist + Robust 	- Litt komplisert å implementere
3. Trykksensitiv sensor	Fordeler	Ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> + Utvider mulige funksjoner 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplisert implementasjon - Lite robust

Tabell 18: Screening av alternativer til knapper.

Kriterie	Vekting	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Brukervennlighet	40%	2	4	3
Utseende	30%	3	5	4
Kompleksitet	30%	5	3	1
Sum		3,2	4	2,7

9.3 Mekanisme for rotasjon

Tabell 19: Kommentarer til utvalgte alternativer for knapper

1. Ring festet direkte på aksel	Fordeler	Ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> + Enkel sammensetning + Kompakt 	<ul style="list-style-type: none"> - Fare for friksjon - Lite kompakt - Må smøres
2. SKF kulelager	Fordeler	Ulemper
	<ul style="list-style-type: none"> + Enkel sammensetning + Solid montering + Robust 	<ul style="list-style-type: none"> - Solid montering - Komplisert sammensetning - Lite robust

Vinklet kulelager utelukkes, da det ikke vil få plass i designet.

Tabell 20: Screening av alternativer til mekanisme for rotasjon.

Kriterie	Vekting	Alternativ 1	Alternativ 2
Kvalitetsfølelse	30%	2	5
Implementering	30%	3	4
Robusthet	40%	3	4
Sum		3,4	4,3

9.4 Batterier og batterilayout

Tabell 21: Kommentarer til utvalgte alternativer for batterier

1. 18650 Lithium-Ion batteri	Fordeler	Ulemper
	+ Høy kapasitet	- Stort volum - Sylindrisk profil
2. 14500 Lithium-Ion batteri	Fordeler	Ulemper
	+ Relativt høy kapasitet	- Høy profil - Sylindrisk profil
3. 1200 mAh Flatt Lithium-Ion batteri	Fordeler	Ulemper
	+ Lav profil + Nesten kvadratisk fot-avtrykk	- Lav kapasitet

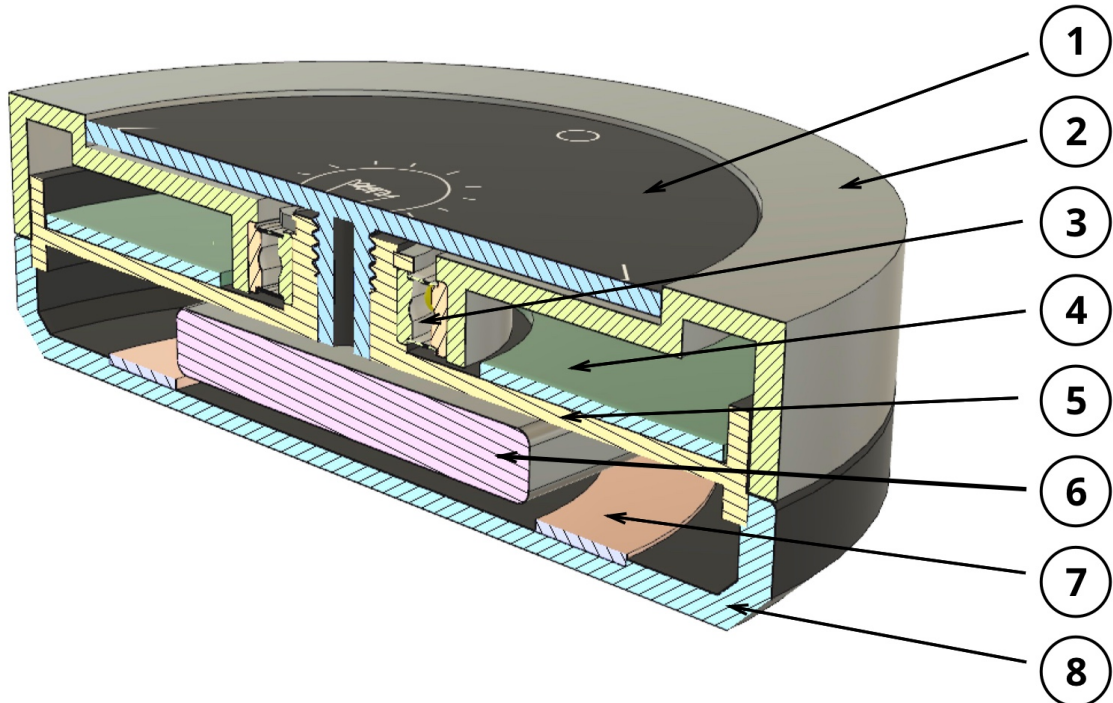
Tabell 22: Screening av alternativer til mekanisme for rotasjon.

Kriterie	Vekting	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Implementering	70%	1	3	5
Kapasitet	30%	5	4	3
Sum		2,2	3,3	4,4

Kommentar til batterilayout

Batterilayout vil ikke bli vurdert med Pughs metode. Alternativ 2 med flatt batteri vil bli valgt, som følge av valg av batteri i Tabell 22. Ladeløsningen for det oppladbare batterier vil være induksjonslading. Og det er tiltenkt å bruke universell lader for produktet. Det vil si at man kan bruke universelle ladeplater (for eksempel fra Ikea [13]).

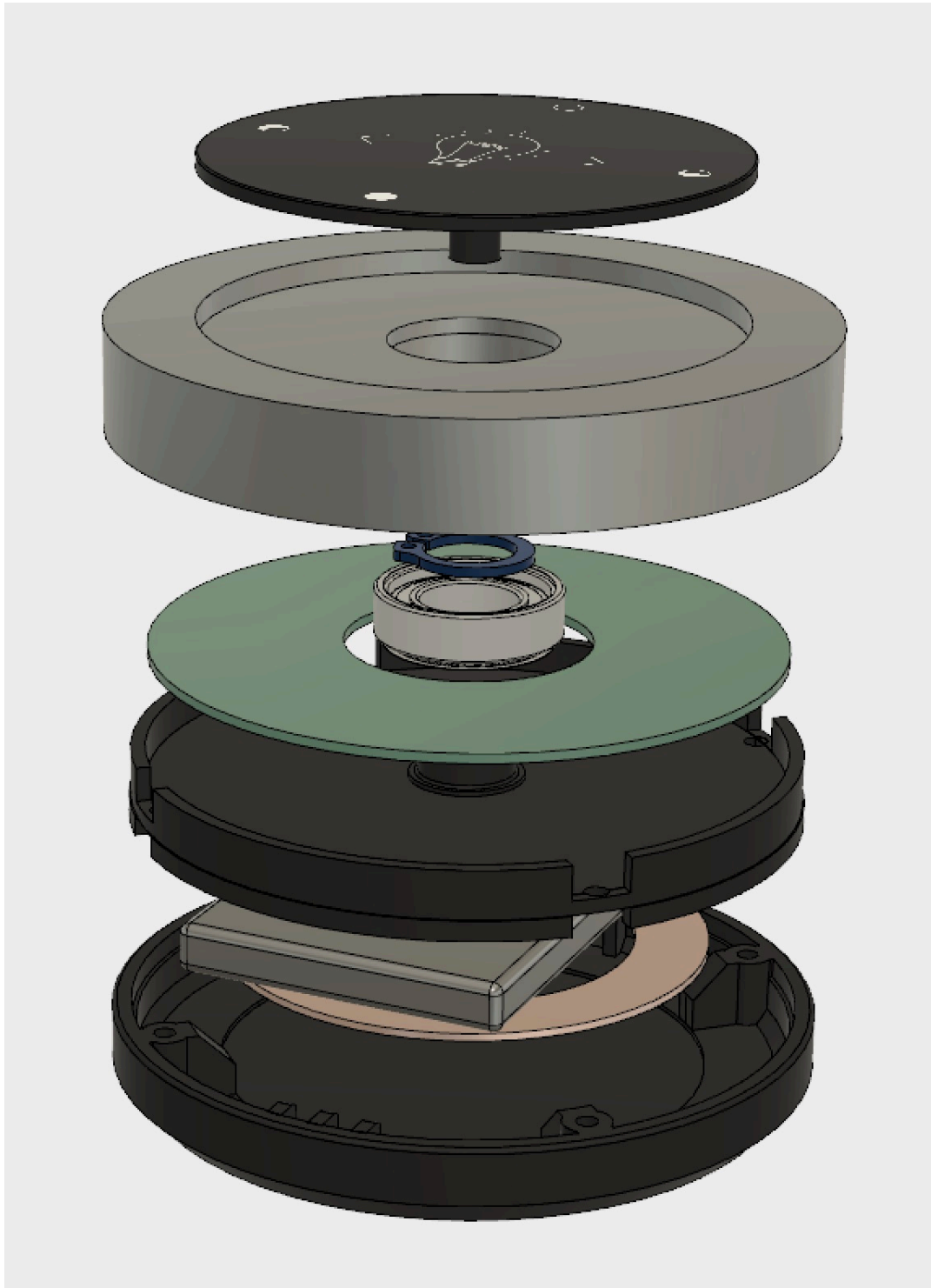
10 Prototype og systemvisualisering



Figur 25: Base med fester for indre struktur.

Tabell 23: Beskrivelse av komponenter markert i Figur 25

Nummer	Beskrivelse
1	Touch overflate (plastoverflate)
2	Roterende ring (dimmer)
3	SKF opplager
4	Kretskort
5	Indre struktur
6	Batteri
7	Coil for induksjonslading
8	Underdel



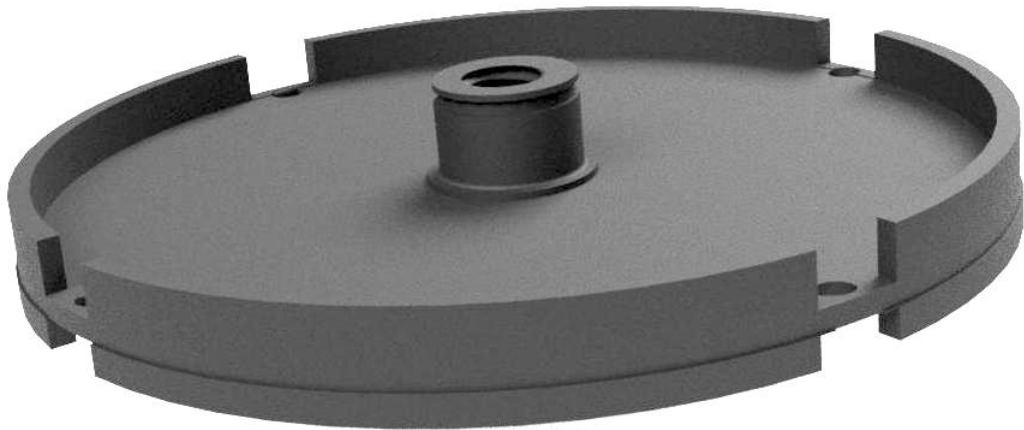
Figur 26: Eksplosjonstegning.



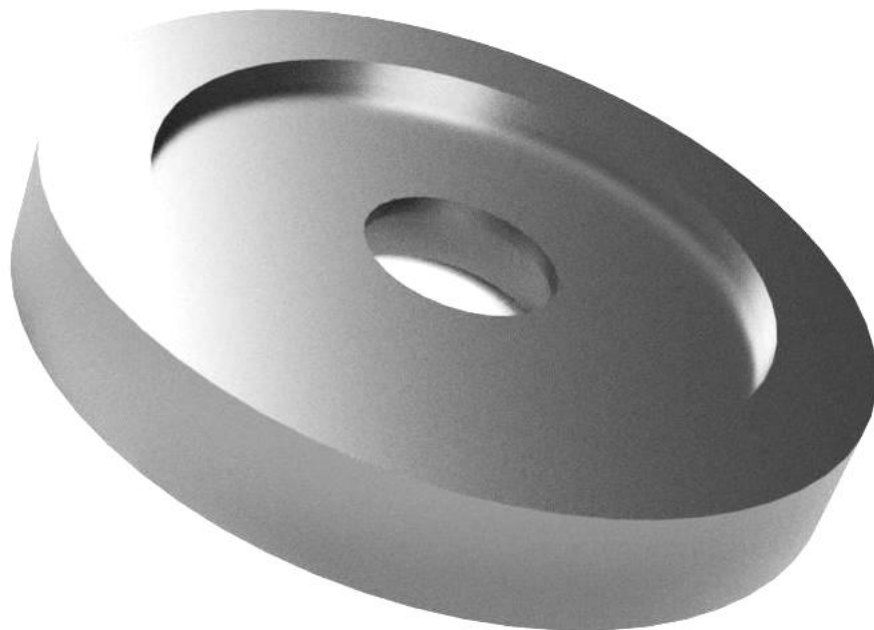
Figur 27: Base med fester for indre struktur.



Figur 28: Base med batteri og element for induksjonslading.



Figur 29: Indre struktur og feste.



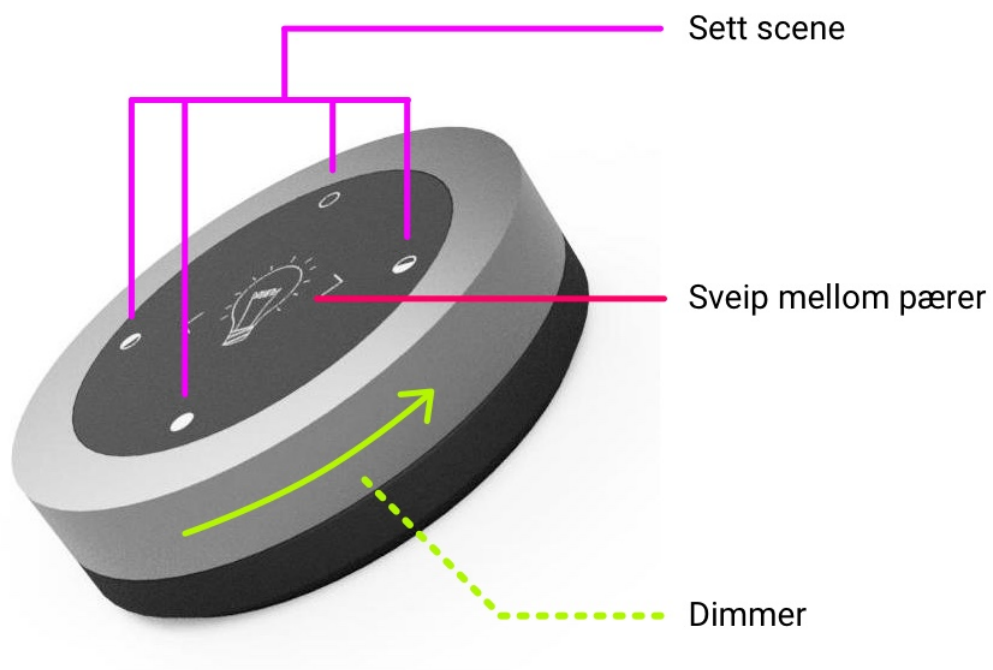
Figur 30: Ytre ring som roteres.



Figur 31: Final render.



Figur 32: Final render.



Figur 33: Funksjoner på fjernkontrollen.

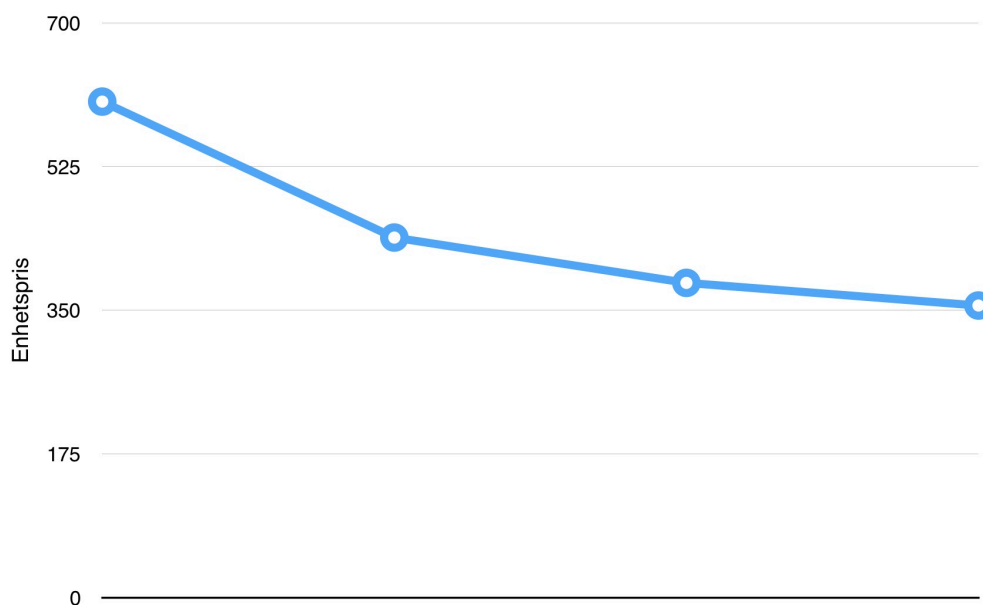
11 Framstilling og økonomiske vurderinger

Tabell 24: Kosnadskalkyle for utvikling og fremstilling av fungerende prototype.

Seksjon	Timer	Kvanta	Pris	Sum
Konseptutvikling				
Innledning	120	-	600,-	72.000,-
Utredning	150	-	600,-	90.000,-
Design	230	-	600,-	138.000,-
Testing	100	-	600,-	60.000,-
Delsum				360.000,-
Utvikling - elektronikk				
Design av kretskort	80	-	600,-	48.000,-
Detaljert elektronisk sammenstilling	80	-	600,-	48.000,-
Utvikling av programvare	80	-	600,-	48.000,-
Testing	80	-	600,-	48.000,-
Delsum				192.000,-
Materialer				
Aluminium	-	0.6 kg	20,-	12,-
Plast	-	0.5 kg	30,-	15,-
Delsum				27,-
Arbeidskostnader pr. enhet				
Støping av plast	0.1	-	300,-	30,-
CNC-maskinering av Aluminium	0.2	-	200,-	10,-
Montering	0.4	-	100,-	40,-
Delsum				80,-
Komponenter				
Optisk flow sensor	-	1	59,-	59,-
Batteri	-	1	89,-	89,-
Touch-panel	-	1	20,-	20,-
Kretskort m/komponenter	-	1	110,-	80,-
Delsum				248,-

Tabell 25: Forenklet for serieproduksjon opptil 20 000 enheter.

Produserte enheter	2000	5000	10000	20000
Utvikling	360.000,-	360.000,-	360.000,-	360.000,-
Utvikling elektro	192.000,-	192.000,-	192.000,-	192.000,-
Produksjonskostnader	656.000,-	1.640.000,-	3.280.000,-	6.560.000,-
Enhetskostnad	604,-	438,40	383,20	355,60



Figur 34: Sammenheng mellom pris per enhet og antall produserte enheter. Data hentet fra Tabell 25

I Figur 25 ser vi hvordan enhetsprisen synker med antall produserte enheter. Ved 20 000 produserte enheter er enhetsprisen 355,60 NOK.

For å anslå utsalgspris kan man da multiplisere enhetsprisen med 3,14. Vi får da:

$$Utsalgspris = 355,60 * 3,14 = \mathbf{1116,60} \approx \mathbf{1099,-} \quad (2)$$

12 Prosessdiskusjon

I dette kapittelet diskuteres egeninnsats og utviklingsprosess.

Det er alltid forbedringsområder i en utviklingsprosess som denne, og for å kunne forbedre seg bør man studere nøye hvordan prosessen har blitt gjennomført, sammenliknet med hvordan den var planlagt å bli utført, samt hvordan man i etterkant har lært at den kanskje *burde* vært utført.

Områder i prosessen som kunne vært gjort annerledes/ vært forbedret:

- **Konkurrenter:** En bedre vurdering av aktuelle konkurrenter kunne vært gjort, for å få frem forskjeller mellom dette prosjektets tilnærming til design av en fjernkontroll for internett-tilkoblede lyspærer, sammenliknet med de eksisterende løsningene sine.
- **Aktuell kundegruppe:** Selv om dette produktet er i samme *markedssegment* som de nevnte konkurrentene appellerer det kanskje ikke til en like bred kundegruppe. Det burde vært bedre forklart hvilken overordnet ide som har ligget bak utviklingen, med tanke på utvalget av produkter og hvor dette produktet eventuelt kan passe inn, eller skille seg ut.
- **Beskrivelse av touch interface:** I komponentpresentasjonen kunne Touch-panelet på toppen av kontrollen kunne vært hatt en mer detaljert forklaring og teknologisk utredning. Det ble bare valgt touch input som et overordnet konsept, og tegner et grensesnitt på 3D-framstillingene.
- **Kvalitetssikring:** Mesteparten av arbeidet er gjort uten beregninger. Dette er i hovedsak et produkt der ergonomi og brukervennlighet står for de største utfordringene, da produktet ikke er utsatt for store eksterne belastninger. Det hadde uansett kunnet lønne seg å utført simuleringer for forskjellige bruksscenarioer.
- **Kommersialisering:** I arbeidet med framstilling og økonomiske vurderinger kunne det vært ineressant å se mer detaljert på en mulig kommersialisering av produktet, men som nevnt i avgrensningene i delkapitel 2.4 er det ikke blitt utført nødvendig arbeid med elektronikk og programvare, som er kritisk for å utvikler og utføre grundige tester av en prototype. Da kunne man parallelt sett på muligheter for kommersialisering.
- **Materialer og miljøvennlige aspekter:** Det har ikke vært mye fokus på materialer eller miljø. Dette burde vært et større tema. Det skulle også vært sett på optimalisering i forhold til produksjonsmetoder for å minske den miljømessige påvirkningen en potensiell serieproduksjon ville hatt.

13 Konklusjon

I løpet av denne oppgaven har det blitt utviklet en fjernkontroll til internett-tilkoblede lyspærer. Produktet skal kunne styre et utvalg lyspærer med de viktigste funksjonene for et system internett-tilkoblede lyspærer tilbyr.

Ut ifra delmålene og planen som ble laget har prosjektet blitt gjennomført, slik at kravspesifikasjonene ble fulgt, og oppdraget som ble definert har blitt utført.

13.1 Resultater og anbefalinger

Resultatene for oppgaven består av en blanding av kvantitative resultater, samt observasjoner og skjønn. Alle resultatene tar utgangspunkt i målsetningen og kravspesifikasjonene.

- **Ergonomi:** De ergonomiske kravene var i overkant løse, men det skal også påpekes at det er et produkt som så lenge de mest grunnleggende ergonomiske kravene er oppfylt, vil det fungere tilfredsstillende for 99% av befolkningen. Det kan sammenliknes med mye annen håndholdt forbrukerelektronikk.
- **Presisjon i dimming:** Dette kravet ble oppfylt ved valg av optisk flow sensor til måling av rotasjon. Denne løsningen var - i tillegg til å være screenet med Pughs metode - testet fysisk i et «proof of concept», der presisjonen ble demonstrert på et Philips Hue system.
- **Kvalitetsinntrykk:** Dette er et punkt som vurderes basert på observasjoner og skjønn, og har samtidig mye å gjøre med punktet over (presisjon), samt materialvalg og robusthet. Kvalitetsinntrykket bõt kunne være relativt høyt.

Ut ifra vurderingene som er gjort på dette stadiet i utviklingen er det vanskelig å si om man med resultatene fra denne oppgaven kan konkludere med et markedsmessig konkurransefortrinn, og det er viktig å ta i betraktning at selv om det er brukt et utvalg vel definerte metoder for optimal produktutvikling har vil resultatet av et slikt prosjekt være basert mye på personlige preferanser.

Videre anbefales det å jobbe mot en eventuell fysisk prototype av produktet, og for å oppnå dette må det utvikles kretskort for elektronikk, samt programvare for kommunikasjon med lyspæresystem.

13.2 Videre arbeid

- Det bør som sagt utvikles en fysisk prototype av produktet, og elektronikk og programvare må da utvikles.
- Det er ekstremt viktig i utviklingen av det elektroniske systemet og programvaren at det er fokus på strømsparing. Den kompakte naturen til produktet spiller inn på batterikapasiteten, og mye av jobben for en god brukeropplevelse ligger nå i å sørge for at fjernkontrollen ikke bruker mer energi enn nødvendig

for å utføre operasjonene. Helst skal den ha en batteritid som tillater den å ved vanlig bruk operere uladet i minst en måned. Dette kan være en fin målsetning å ha i det videre arbeidet.

- Det anbefales også å utvikles en applikasjon til smarttelefon for å sette opp fjernkontrollen til å fungere på ønsket måte, der man kan velge hvilken gruppe lyspærer den skal kontrollere, og hvilke scener som skal være programmert til hver av knappene på touch-panelet.

14 Referanser

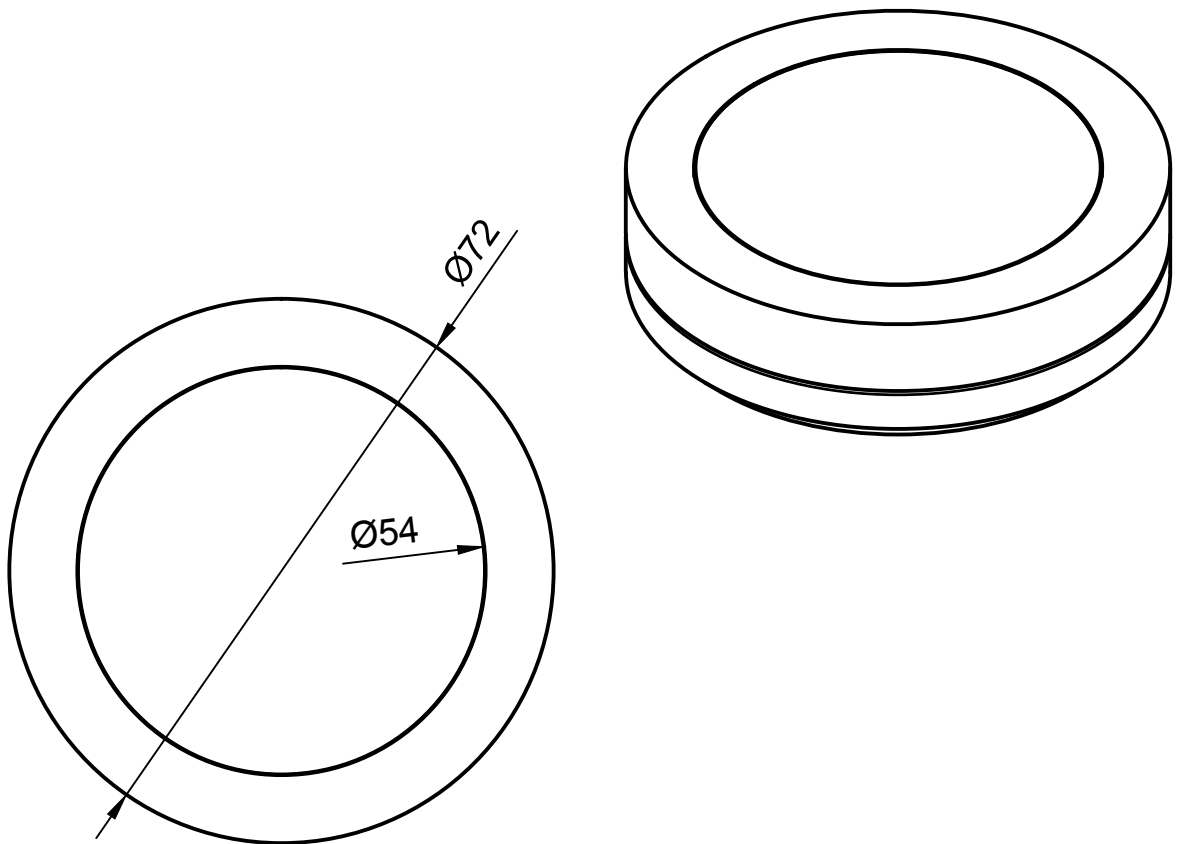
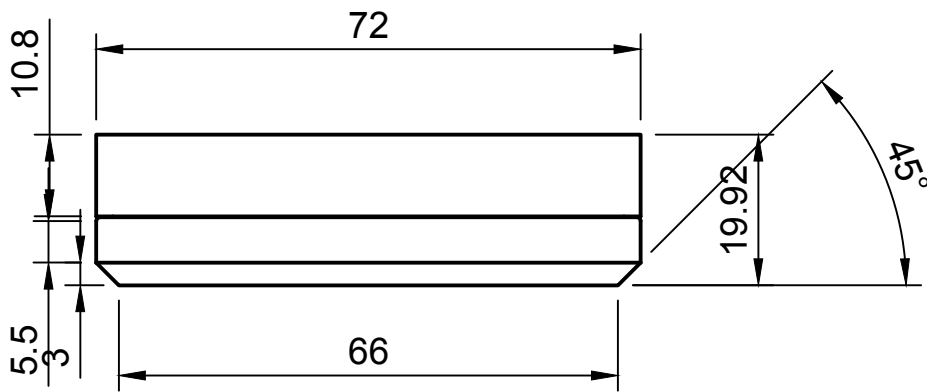
14.1 Skriftlige kilder

- [2] Jan Kåre Bøe. *Produktutvikling og produktdesign. Norges universitet for miljø- og biovitenskap. Upublisert manuskript.* 2014.

14.2 Internettkilder

- [1] *På verdenstoppen i bruk av strøm.* <http://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/pa-verdenstoppen-i-bruk-av-strom?tabell=200765>. Besøkt: 27-04-2017. 2012.
- [3] *CTS Series 291, Precision, Long-life 12mm Optical Encoder.* <http://www.ctscorp.com/wp-content/uploads/291.pdf>. Besøkt: 21-04-2017.
- [4] *Broadcom Limited HEDS-9000B00.* <https://www.digikey.com/product-detail/en/broadcom-limited/HEDS-9000-B00/516-2767-ND/2219868>. Besøkt: 21-04-2017.
- [5] *ADNS-2620 Optical Mouse Sensor Data Sheet.* <http://alumni.media.mit.edu/~mellis/mouse/ADNS2620.pdf>. Besøkt: 21-04-2017.
- [6] *Nest Learning Thermostat 2nd Generation Teardown.* <https://www.ifixit.com/Teardown/Nest+Learning+Thermostat+2nd+Generation+Teardown/13818#s46272>. Besøkt: 02-04-2017. 2013.
- [7] *Mini Pushbutton Switch.* <https://www.sparkfun.com/products/97>. Besøkt: 02-05-2017.
- [8] *Introduction to Capacitive Touch Sensing.* <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/introduction-to-capacitive-touch-sensing/>. Besøkt: 21-04-2017. 2016.
- [9] *Interlink Electronics 34-00015.* <https://www.digikey.com/product-detail/en/interlink-electronics/34-00015/1027-1018-ND/5416350>. Besøkt: 27-04-2017. 2016.
- [10] *Deep groove ball bearings, 61800-2RS1.* <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=61800-2RS1>. Besøkt: 02-05-2017.
- [11] *Angular contact ball bearings, single row, 7200 BEP.* <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/single-row-angular-contact-ball-bearings/single-row/index.html?designation=7200\%20BEP&unit=metricUnit>. Besøkt: 04-05-2017.
- [12] *Texas Instruments FDC2212DNTT.* <https://www.digikey.com/product-detail/en/texas-instruments/FDC2212DNTT/296-42304-2-ND/5324250>. Besøkt: 02-05-2017.
- [13] *Trådløse ladere fra Ikea.* http://www.ikea.com/no/no/catalog/categories/departments/wireless_charging/30611/. Besøkt: 04-05-2017.

Vedlegg 1



Dept. NMBU	Technical reference	Created by Herman Hermansen 5.05.2017	Approved by	
		Document type PDF	Document status	
		Title Fjernkontroll for intetnett-tilkoblede lyspærer	DWG No.	
		Rev. 15	Date of issue	Sheet 1/1