

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2016
30 stp

Utvikling av et nytt konsept for banebelysning.

Development of a New Concept for the Illumination of Sports-fields.

Simon Andreas Næss
Maskin, prosess og produktutvikling

Utvikling av et nytt konsept for banebelysning.

av

Simon Andreas Næss



Mastergradsarbeide i Maskin, prosess og produktutvikling
Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet
Institutt for matematiske realfag og teknologi
Våren 2016

FORORD

Denne masteroppgaven markerer slutten på det fem årige studiet *Maskin, prosess- og produktutvikling* ved *Institutt for matematiske realfag og teknologi* ved *Norges miljø- og biovitenskapelige universitet*. Det totale arbeidsomfanget er på 30 studiepoeng, og er estimert til 900 timer.

Dette prosjektet blir gjort i samarbeid med Snø AS, hvor initiativet og konseptideen kommer fra en av deres klienter. Snø AS er et designstudio som driver med et bredt spekter av tjenester, produkt design, tjenestedesign, produksjons design og motion design. Veien frem til å skrive oppgaven for Snø gikk via en bekjent ved Fredrikstad Innovasjonspark som satt de i kontakt med meg. Igjenom oppgaven har jeg samarbeidet tett med Snø for å sikre at vi er på bølgelengde, og at de kan dra så god nytte av arbeidet mitt som mulig.

Motivasjonen for å jobbe med dette prosjektet var i stor grad muligheten for å oppleve hvordan denne delen av bransjen opererer og ikke minst at dette prosjektet er litt utenfor min «komfortsone» så jeg virkelig får utfordret meg selv. Prosjektet omfatter en stor del lys som er et lite belyst tema igjenom studiet som må utforskes, i kombinasjon med en del konstruksjon og produktutvikling er dette en interessant sammensetning.

Til slutt vil jeg rette en stor takk til førsteamanuensis Jan Kåre Bøe for all faglig hjelp, god oppfølging og motivasjon underveis. Jeg vil også takke alle ansatte ved Snø AS for å være gode sparringspartnere og støtte gjennom denne prosessen. Avdelingsingeniør Gunnar Torp fortjener også en takk for hjelp og råd ved produksjon av prototyper.

Simon Andreas Næss
Ås, 12. mai 2016

SAMMENDRAG

Masteroppgaven går ut på å utvikle et nytt konsept for banebelysning, som skal gi publikum og spillere en bedre opplevelse enn med dagens løsninger. Dette kan gjøres ved å skape et belysningsanlegg som gir et jevnere lys på spilleflaten og utnytter lyskilden bedre enn dagens løsninger. Konseptet baserer seg på å styre lyset ved bruk av speil og er utviklet for å være modulbasert og skalerbart. Dette er for å sikre at det er egnet for oppgradering av eksisterende lysanlegg samtidig som det er egnet for integrering i nye stadionanlegg.

Målet med arbeidet har vært å danne både et teknisk og et designgrunnlag som kan benyttes til den videre utviklingen av et dynamisk belysningskonsept for sportsarenaer.

Det er flere utfordringer knyttet til utviklingen av dette dynamiske lyssystemet. Mange av problemene har vært knyttet til speil og styringsmekanisme, noe som er naturlig da dette skal sørge for essensielle egenskaper ved konseptet. Flere av disse har vært tilknyttet speilets egenskaper, da det er utviklet konsepter basert på bruk av både vanlige og fleksible speil.

For å sikre at konseptet skulle bli så bra som mulig, har det vært nødvendig og benytte seg av en rekke metoder. For å sikre at valgene som ble tatt underveis var de beste for konseptets helhet ble blant annet Pugh's metode benyttet. En annen viktig metode i dette arbeidet har vært bruken av prototyping. Dette ble benyttet på et tidlig stadium for å få innsikt i hvordan lys og speil oppfører seg i praksis.

Utviklingen besto av flere trinn, og den startet med bakgrunnsundersøkelser om emnet for å danne et grunnlag for ønskede spesifikasjoner. Videre gikk veien via en funksjonsanalyse, og ut ifra denne ble det utviklet et design som senere i prosessen ble videreutviklet og redesignet. For begge design ble det utviklet en prototype, den første er basert på bruk av flere speil og den andre prototypen er basert på bruken av et fleksibelt speil. Hvor den andre utgaven ble benyttet som grunnlag for veien videre mot et fullskala design forslag.

Det har blitt utført tester i form av både praktiske forsøk og ved bruk av dataprogramvare. Praktiske tester ble utført med den andre utgaven av prototypen og tilsvarende oppsett ble benyttet for datasimuleringen. Siden det var en del usikkerhet knyttet til flere parametere ved testingen og simuleringene, ble ikke resultatene sammenlignet direkte. Dermed ble lysbildets fasong og trender ved lysfordelingen benyttet som sammenligningsgrunnlag.

Konseptet som har blitt utviklet har potensiale, men det gjenstår betydelige mengder utredning og utvikling før det er klart for kommersialisering. Videre arbeid må spesielt rettes mot utviklingen av lyskilde med spesifikasjoner tilpasset dette konseptet.

Samsvaret mellom trender og lysbildets fasong fra testingen og simuleringen er lovende, noe som gir en god indikasjon på at det er hold i konseptets tenkte funksjon. Dessuten viser det at datasimuleringer kan benyttes som testplattform for en fullskala løsning frem mot en eventuell produksjon av en fullskala prototype er aktuelt.

ABSTRACT

This master thesis regards the development of a new concept for illumination of sports-fields, which will give both the spectators and players a better experience than current solutions. This can be done by creating a lighting system that provides a more uniform light on the field and utilizes the light source better than current solutions. The concept is based on directing light using mirrors and is developed to be modular and scalable. This to ensure that it's suitable for upgrading existing lighting installations as well as being suitable for integration with new stadium facilities.

The aim of this thesis has been to form both a technical and design foundation that can be used for further development of a dynamic lighting concept for sports stadiums.

There are several challenges associated with the development of this dynamic lighting system. Many of the problems has been related to mirrors and the steering mechanism, which is natural since these are essential properties of the concept. Several of these have been associated with mirror properties, as it have been developed concepts based on the use of both conventional and flexible mirrors.

To ensure that the concept would be as good as possible, it has been necessary to use a variety of methods. In order to ensure that the choices taken along the way was the best for the overall concept was among others Pugh's method used. Another important method in this work has been the use of prototyping. This was put to use in an early stage of the proses in order to gain insight into how light and mirrors behaves in real life.

The development consisted of several stages, and started with background research on the topic to form a foundation for the desired specifications. Further by a functional analysis, a design was developed which later in the proses was refined and redesigned. For both designs a prototype was developed, where the first one was based on multiple mirrors and the second one was based on a flexible mirror. The second edition was used as a foundation towards a full-scale design proposal.

Tests have been carried out in terms of both practical experiments and by using computer software. Practical tests with the second prototype edition and computer simulations were performed using a corresponding setup. Since there was some uncertainties associated with several parameters in the testing and simulations, the results were not compared directly. Thus, the shape of the projected light and trends for the light distribution was used as a basis for the comparison.

The concept that has been developed has potential, but it remains significant amounts of evaluation and development before it's ready for commercialization. Further work must specifically be directed towards the development of a light source with specifications adapted to this concept.

The correspondence between trends and the shape of the projected light from the testing and simulation is promising, and thereby supporting the function of concept. Furthermore it shows that computer simulations can be used as a test platform for a full-scale solution towards an potential production of a full-scale prototype.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
Forkortelser med forklaring	viii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Idebeskrivelse	1
1.3 Markedsbehov og potensiale	1
1.4 Oppdragsbeskrivelse	2
1.5 Problemstillinger	2
2 Prosjektplan	3
2.1 Prosjekt mål	3
2.1.1 Hovedmål	3
2.1.2 Delmål	3
2.2 Milepæler og arbeidsplan	4
2.3 Begrensinger	4
3 Metodebeskrivelse	6
3.1 Illustrasjonsfigurer	6
3.2 Terminologi og begreper	7
3.2.1 Begreper	7
3.2.2 Relevante formler	10
3.3 Utviklingsmetodikk	11
3.3.1 Programvarebruk ved rapportutforming	12
3.4 Kvalitetssikring	12
3.5 Prosessplan(prosesstrinn og delmål)	13
4 Produktspesifisering	15
4.1 Produktmålsetning	15
4.2 Produktegenskaper	15

	Side	
4.3	Metriske grovspesifikasjoner	16
4.4	Krav arena	16
4.5	Tidlig kostnadsvurdering prototype	17
4.6	Tidlig kostnadsvurdering fullskala	18
4.7	Eksisterende lysprodukter	18
4.7.1	Lyskilder	18
4.7.2	Speil	20
4.7.3	Servoer/motorer	20
4.7.4	Materialer	20
5	Grunnlagsteori og	
	teknologiutredning	21
5.1	Hva er lys?	21
5.2	Måling av lys	22
5.3	Speil og reflektor teori	23
5.4	Utvikling av lyskilder	24
5.5	Vanlige konkurentløsninger for banebelysning	26
5.6	Modellerings og analyseprogramvare	29
5.6.1	Krav til programvare	29
5.6.2	Aktuell programvare	29
5.6.3	Valg av programvare	31
6	Konseptgenerering	32
6.1	Funksjonsanalyse	32
6.2	Inspirasjon og ønskede muligheter	33
6.3	Funksjonsalternativer	37
6.3.1	Speilmatrise	38
6.3.2	Fleksibelt speil	40
6.4	Forskjellige konsepter.	43
6.5	Modualisering	45
7	Element og løsningsvalg	46

	Side
7.1 Egenscreening	46
7.2 Valg av konsept og foretrukne løsninger	50
8 Prototypeløsning og tidlig prototyping	51
8.1 Prototyper	51
8.1.1 Mk1: 3x3 matrise med flate speil	51
8.1.2 Mk2: Fleksibelt speil	53
8.2 Prototyping	56
8.2.1 Mk1	56
8.2.2 Mk2	59
9 Prototype testing	63
9.1 Forsøksplan Mk1	63
9.2 Testing Mk1	64
9.3 Testing Mk2	67
9.3.1 Testing fase 1	67
9.3.2 Testing fase 2	71
9.3.3 Resultater	75
10 Simulering ved dataprogramvare	76
10.1 Simuleringsprosedyre	76
10.2 Simuleringsoppsett	76
10.3 Resultater og sammenligning av testresultat	81
11 Beregninger av lysoppsett	86
11.1 Reelt oppsett	86
11.2 Reelt oppsett byttet ut med LED	87
11.3 Beregningseksempel	88
12 Fullskala produktarkitektur.	89
12.1 Dimensjoner	89

	Side
12.2 Sammenstilling	89
12.3 Design av komponenter	92
12.4 Innkjøpte komponenter	93
13 Produksjon, vedlikehold og økonomi	95
13.1 Materialvalg og vedlikehold	95
13.2 Produksjonstrinn og produksjonsmetoder.	96
13.3 Økonomiske kalkyler	96
13.3.1 Konseptutvikling	96
13.3.2 Produksjon av prototyper	97
13.3.3 Kostnadsfordeling	98
14 Produktpresentasjon	99
14.1 Situasjonbilder	99
14.2 Rendrerte fremtillinger	101
14.3 Tekniske beskrivelser	103
15 Prosessevaluering og diskusjon	105
16 Konklusjon	107
16.1 Resultat	107
16.2 Anbefalinger	107
16.3 Videre arbeid	107
17 Referanser	109
Skriftlige kilder	109
Nettkilder	109
Vedlegg	111
Vedlegg A Vedlegg	111

,

FORKORTELSER MED FORKLARING

Tabell 1: Forkortelser med forklaring

Forkortelse	Forklaring
CAD	Computer-aided design
IPD	Integrated Produkt Development
FEM	Finite Element Method
NS	Norsk Standard
IPD	Integrated Product Development
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Controll
Mk1	Mark 1, første generasjon
Mk2	Mark 2, andre generasjon

1. INNLEDNING

Dette prosjektet går ut på å utrede et forbedret flomlyskonsept for arena bruk. Konseptet går ut på å bruke speil for å få full kontroll på lyset som vil kunne forbedre utnyttelsen både når det kommer til strømforbruk og andre kostnader som f. eks vedlikehold. Systemet gir også mulighet for at lyset blir dynamisk ikke statisk som dagens system.

1.1 Bakgrunn

Dagens krav er rettet mot belysningsstyrken mot hovekamera, noe som ikke alltid er optimalt med tanke på helheten. Dagens løsninger gir ofte mye skygger, noe som kan forstyrre opplevelsen for publikum og ikke minst kvaliteten på tv bildene. Det er ønskelig fra bransjen med et system unngår disse problemene. Det er ikke til å stikke under en stol at publikumstallene ikke er som klubbene ønsker rundt om kring. De dynamiske funksjonene i dette konseptet gjør det mulig å skape en tiltrekkende atmosfære på stadion, ved å benytte seg av en rekke effekter som forsterker tilskuernes inntrykk.

1.2 Idebeskrivelse

Ideen til dette konseptet kommer fra fotograf «Svein Utigard», som i sitt fotoarbeid stadig møter på utfordringer med tanke på lyssettingen. Ved noen enkle forsøk med bruk av speil så han et potensiale han ønsket å utforske nærmere. Han kontaktet Snø AS for å utforske konseptet ytterligere. Ved å bruke speil kan en lyskilde brytes opp i flere kilder og på den måten spre lyset på måter som ikke er mulig med dagens løsning. Speilene og lyskilden kan også separeres, dette gjør at man kan endre tankesettet betraktelig med tanke på plassering av belysningsutstyret. Dette fører igjen til at man kan tenke nytt når det kommer til designet av nye stadion anlegg. Hovedtanken er at man skal tilføre stadion opplevelsen en ny dimensjon ved og benytte lyset til flere ting enn -ja, lyse opp anlegget.

1.3 Markedsbehov og potensiale

Markedet for dette produktet er i hovedsak fotballstadioner, men er også aktuelt for andre typer ute eller innendørsarenaer. Denne løsningen vil være veldig godt egnet ved nybygg da det muliggjør helt andre konfigurasjoner enn de konvensjonelle løsningene når det kommer til lyssystemet. Systemet vil mest sannsynlig være i det øvre prissjiktet, da det er avhengig av styringssystem for speilene og eventuelt lyskilden.

Dette produktet vil kunne by på effekter som ikke tidligere har være mulig, og på denne måten gi publikum en helt ny opplevelse. Idrettsstadioner blir hyppig benyttet til andre arrangementer enn idrett, ofte konserter og lignende noe som er et godt egnet bruksområde for konseptet.

1.4 Oppdragsbeskrivelse

Gradsarbeidet skal ta for seg utredning og utvikling av et nytt konsept for arena belysning. Tanken er å utvikle et system som utnytter og kontrollerer lyset betraktelig bedre enn eksisterende løsninger og på denne måten begrense mengden spilllys til omgivelsene.

Arbeidet har ingen konkrete føringer med tanke på sluttproduktets utforming, dette utredes underveis. Det er imidlertid ønske om mulighet for et mer dynamisk lysbilde som kan tilføre noe ekstra til opplevelsen.

1.5 Problemstillinger

- Hvilke typer lysteknologi vil være best egnet for tilpassing til dette bruksområdet?
- Hvilke utforminger og konfigurasjoner av speil vil kunne gi ønsket fleksibilitet og belysningsdynamikk?
- Hvilke lysoptiske og praktiske egenskaper har tilgjengelig lys og speilalternativer, og hvilke tilpassninger må gjøres for optimal lysutnyttelse og lysdynamikk?
- Hvilke programmer egner seg for simulering av lys og optikk?
- Hvordan bør konstruksjon/designløsninger utformes for å gi ønskede bevegelsesmuligheter, skalerbarhet og modularisering for speil og lyskilder?

2. PROSJEKTPLAN

For at ønsket resultat skal oppnås er det viktig å legge opp en plan for arbeidet. Siden dette arbeidet veldig lite avgrenset er det ekstra viktig å legge klare rammer og delmål, så tiden blir disponert så godt som mulig.

2.1 Prosjektmål

2.1.1 Hovedmål

Å utrede, analysere og utvikle designgrunnlag for et dynamisk belysningskonsept for sportsbaner og arenaer med integrering av speiloptikk. Videre å utforme teknisk grunnlag og anbefalinger for modularisering og videre systemutvikling.

2.1.2 Delmål

- *Foreta bakgrunnsundersøkelser for å kartlegge dagens belysningssystemer og få innsikt i fagområdet.*
- *Opprette prosjektplan og sette begrensninger for oppgaven.*
- *Utarbeide konseptløsninger og velge løsning for videre arbeid.*
- *Utvikling og produksjon av prototyper.*
- *Utføre analyser ved testing av prototyper og dataprogramvare.*
- *Videreutvikle et design basert på erfaringer fra analyser og utføre forenklede beregninger av lysoppsett.*
- *Utarbeide en prosjektrapport.*
- *Presentasjon og disputas.*

2.2 Milepæler og arbeidsplan

Tabell 2.1: Arbeidsplan, Δ indikerer fullført milepel.

Delmål	Måned					
	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni
Bakgrunnsundersøkelser	■	■	■			
Prosjektplan og begrensninger		■	■			
Konseptgenerering og valg av løsning		■	■	■	■	■
Prototyping		■	■		■	■
Analyser			■		■	■
Design og beregninger				■	■	■
Utarbeide prosjektrapport			■	■	■	■
Presentasjon og disputas						■

Tabell 2.2: Dato spesifisering til arbeidsplan.

Delmål	Start dato	Slutt dato	Varighet(Uker)
Bakgrunnsundersøkelser.	11. januar	31. januar	3
Prosjektplan og begrensninger.	25. januar	21. februar	3
Konseptgenerering og valg av løsning.	01. februar	18. april	10
Prototyping.	25. januar	17. april	5
Analyser.	22. februar	30. april	4
Design og beregninger.	18. april	3. mai	3
Utarbeide prosjektrapport.	01. mars	12. mai	10
Presentasjon og disputas	18. mai	27. juni	6

2.3 Begrensninger

Dette prosjektet er meget omfattende og det er utallige forskjellige måter å løse dette på. For å sikre at jeg kommer i mål med tilfredstillende detaljnivå, vil en del begrensninger måtte gjøres. Konseptet her er såpass unikt at det er urealistisk å rekke å utrede tilstrekkelig antall løsninger til å komme frem til en produksjonsklar og endelig løsning. Derfor vil arbeidet begrenses til småskala prototyper og utvikling av et fullskalakonsept.

Siden denne oppgaven baserer seg på lys og optikk, som er temaer lite kjent fra studieløpet går det en del tid til å lese seg opp og bygge opp forståelsen. Det vil også bli brukt mye til på prototyping og testing av disse. På grunn av dette vil ikke alle aspekter dekkes av denne oppgaven.

Følgende begrensninger gjelder for oppgaven:

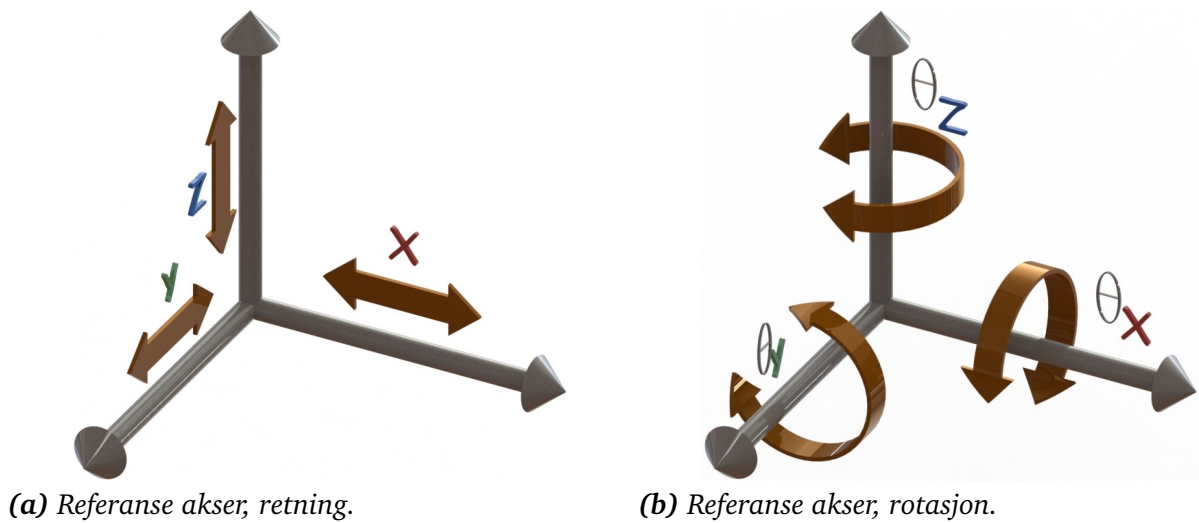
- Holde meg på prototype stadiet.

- Styrkeberegning av konstruksjon blir ikke utført.
- CAD fremstilling av innkjøpte komponenter begrenses.
- Vil kun bli utviklet et konsept design av en fullskala løsning.
- Vil ikke blir laget produksjonstegninger på fullskala løsning.
- Elektronikk vil kun bli beskrevet med ønsket funksjon, ikke utredet.
- Kostnader og markedsføring med tanke på endelig utgave vil ikke prioriteres.

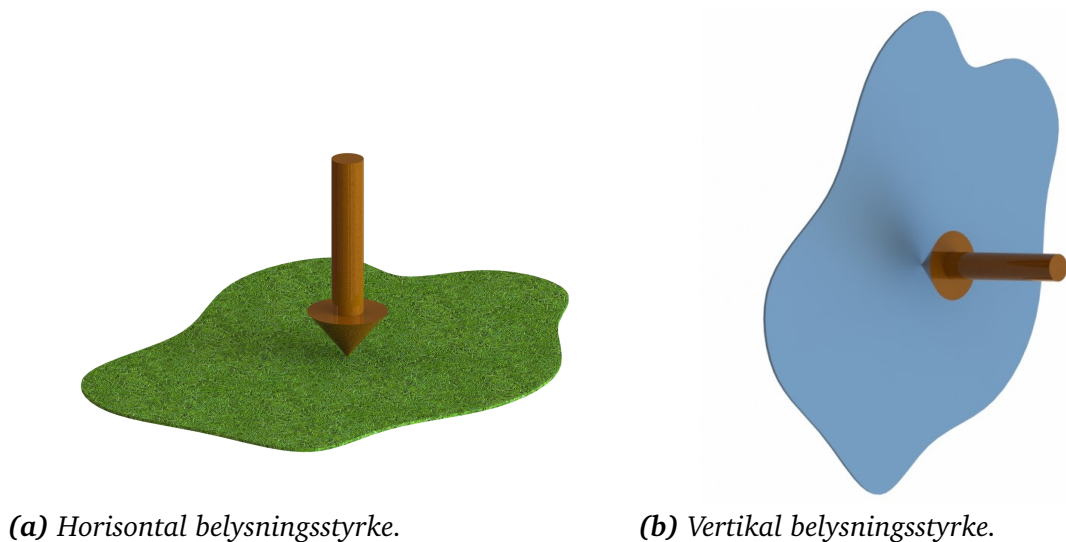
3. METODEBESKRIVELSE

Kapittelet tar for seg terminologi, metodebruk, løsningsverktøy og prosenstrinn benyttet i arbeidet.

3.1 Illustrasjonsfigurer



Figur 3.1: Referanse akser.



Figur 3.2: Illustrasjon av belsnyingskomponenter.

3.2 Terminologi og begreper

3.2.1 Begreper

Tabell 3.1: Begreper med forklaring og enheter.

Begrep	Symbol	Enhet	Forklaring
Lysfluks	ϕ	Lumen (lm)	Lumenverdi er total lysmengde fra en lyskilde og er definert som lysmengde målt mot øyets følsomhetskurve.
Lysstyrke	I	Candela (cd)	Lysstyrke er lysets intensitet i en bestemt retning, definert som lumenverdi pr. romvinkel.
Belysningsstyrke	E	Lux(lx)	Belysningsstyrke defineres som den lumenverdi som rammer en flate A pr. m^2 .
Horisontal belysningsstyrke	E _h	Lux(lx)	Belysningsstyrken målt horisontalt på bane-nivå.
Vertikal belysningsstyrke	E _v	Lux(lx)	Belysningskomponenten som treffer normalt på en vertikal flate.
Luminans	L	$\frac{cd}{m^2}$	Luminans/lystetthet defineres som lysmengden som reflekteres fra et punkt eller en flate i en bestemt retning.
Luminans forskjell			Angir overgangen mellom lyse og mørke flater. Store forskjeller virker forstyrrende i et konsentrert arbeidsmiljø.
Lysutbytte	H	$\frac{lm}{W}$	Lysutbytte fra en lyskilde defineres som lyskildens lumenverdi pr. forbrukt effekt fra lyskilden.
Jevnhet			Forholdet mellom laveste verdi og middelverdi. Gjelder både belysningsstyrke og luminans.
Blending			Ubehagelige synsforhold som nedsetter evnen til å se detaljer.
Avskjermingsvinkel			Vinkelen mellom en horisontal akse gjennom armaturen og synslinjen når lyskilden blir synlig.

Fortsetter på neste side

Tabell 3.1 – Fortsetter fra forrige side

Begrep	Symbol	Enhet	Forklaring
Armaturvirkningsgrad	η	%	Armaturens virkningsgrad er en prosentvis angivelse av hvor stor del av lyset som slipper ut av armaturen. Armaturens virkningsgrad måles ved 25°C og sammenlignes med lyskilden som også måles ved 25°C.
Refleksjonsfaktor	ρ	%	En prosentvis angivelse av hvor mye lys som blir reflektert fra en flate.
Speilende flate			En speilende flate reflekterer lyset i motsatt speilende vinkel.
Service levetid		Timer(h)	Service levetid er det tidspunkt hvor 80% av den total lysmengde gjenstår.
Økonomisk levetid		Timer(h)	Økonomisk levetid er det tidspunkt hvor 70% av den totale lysmengde i et anlegg er tilgjengelig.
Kontrast	C		Kontrasten er luminansforskjellen mellom synsobjektet og bakgrunnen dividert med bakgrunns luminansen.
Kontrastgjengivelsesfaktor	CRFR		Kontrastgjengivelsesfaktoren er et mål på grad av speiling i synsobjektet.
Fargegjengivelse	R_a		Fargegjengivelsesindeksen R_a er et gjennomsnittsmål på en lyskildes evne til å gjengi farger korrekt. Den måles som funksjon av fargetemperaturen og oppgis som %. Økende fargegjengivelsesindeks angir bedre fargegjengivelse.
Gjennomsnittlig levetid		Timer(h)	Gjennomsnittlig levetid er den tiden det tar til 50% av en større gruppe lyskilder er ute av drift.
Servicelevetid		Timer(h)	Servicelevetiden er tiden det tar til det gjenstår 80% av installert lysfluks i et anlegg, ved vedlikeholdsfaktor 0,8. Inkluderer både utbrente lyskilder og lystilbakegang.

Tabell 3.2: Begreper og definisjoner for bane.

Begrep	Symbol	Enhet	Forklaring
Spilleareal	PA	m^2	Spillearealet er det faktiske arealet som er nødvendig for å utøve den enkelte idrett. Normalt er spillearealet identisk med oppmerket spilleflate som f.eks fotball, men i noen tilfeller inkluderer spillearealet et ekstra areal utenfor oppmerkingen eksempel på dette er tennis og volleyball.
Totalareal	TA	m^2	Totalarealet er vanligvis det samme som spillearealet inkludert sikkerhetssoner.
Referanseareal		m^2	Referansekravene er området per idrett hovedkravene til hver idrett gjelder. Dette arealet inkluderer banemerking og eventuelle ekstra arealer rundt den oppmerkede spilleflaten. Referansearealet er normalt det samme som spillearealet(PA) for den enkelte idrett. I enkelte tilfeller kan det være nødvendig å utvide referansearealet noe i forhold til spillearealet.
Rasterpunkter for måling og beregning			Her defineres punktarrangementet for måling og beregning, samt punktantall i hver dimensjon av referansearealet.
Sjenerende lys			Med dette menes strølys som på grunn av mengde, retning eller spektrale egenskaper som i en gitt situasjon kan være til irritasjon, ubehagelig, forstyrrende eller påvirke evnen til å se vesentlig informasjon. For belysningsinstallasjoner gjelder begrepet sjenerende lys områdene utenfor installasjonen.

Fortsetter på neste side

Tabell 3.2 – Fortsetter fra forrige side

Begrep	Symbol	Enhet	Forklaring
Nattero			Tid for strølysbegrensning. I noen tilfeller har de lokale myndigheter innført regler for når større lyd- og lysanlegg ikke er tillatt i drift. Dette er for å redusere belastningen for nærmiljøet. Tidspunktet for nattero er som regel nedfelt i kommunale eller private forskrifter eller regler for alminnelig ro og orden.
Gjennomsnittlig vedlikeholdt belysningsstyrke på en overflate			Den laveste verdien som den gjennomsnittlige belysningsstyrken tillates å bli redusert til grunnet nedsmussing, lampeutfall og reduksjon av lampenes lysytelse. Når den gjennomsnittlige belysningsstyrken når dette nivået, må vedlikehold iverksettes.
Gjennomsnittlig nyverdi for belysningsstyrke på en overflate			Verdien for den gjennomsnittlige belysningsstyrken når belysningsinstallasjonen er ny.

3.2.2 Relevante formler

Tabell 3.3: Relevante formler.

Beskrivelse	Formel
Lysfluks	$\phi = I \times \omega (\omega = \text{romvinkel})$
Lysstyrke	$I = \frac{\phi}{\omega}$
Belysningsstyrke	$E = \frac{\phi}{A}$
Horisontal belysningsstyrke	$E = \frac{\phi}{A}$
Vertikal belysningsstyrke	$E = \frac{\phi}{A}$
Luminans	$L = \frac{I}{A \cos \phi}$
Lysutbytte	$H = \frac{\phi}{P}$
Jevnhet	$\frac{E_{min} L_{min}}{E_{mid} L_{min}}$
Refleksjonsfaktor	$\frac{\phi_{inn}}{\phi_{ut}}$
Kontrast	$C = \frac{ (L_o - L_b) }{L_b}$
Kontrastgjengivelsesfaktor	$CRFR = \frac{C}{C_o}$

3.3 Utviklingsmetodikk

IPD

IPD er en produktutviklingsmetode for å integrere rutiner, prosedyrer og bruken av data-programmer i selve utviklingsprosessen. Med bruk av IPD vil effektiviteten øke og utviklingstiden gå ned, på grunn av måten produktutviklingsprosjektet blir koordinert på.

I dette arbeidet vil det kun benyttes noen deler av IPD, da det i hovedsak er snakk om utviklingsarbeid og design. Det vil blant annet bli meget begrenset analyse av marked og økonomi, noe som eliminerer en del av IPD metodikken.

Pugh

Ved utvelgelse av en endelig løsning ut ifra ulike konseptforslag, er man avhengig av en systematisk metode å gjøre dette på. En ofte benyttet metode er «Pughs systematikk for idescreening og konseptutvalg» [15]. Her settes det opp en matrise over de forskjellige løsningene man vil sette opp mot hverandre, for å deretter vekte ønskede egenskaper opp mot kriterier satt på forhånd.

I dette arbeidet vil hver egenskap bli tildelt en vektingsprosent, altså at 100% blir fordelt på de aktuelle egenskapene i seleksjonsmatrisen. Høyere andel av potten på 100% en egenskap får jo viktigere er den. Deretter gis hver komponent poeng fra 1-5 hvor 1 er dårligst og 5 er best, i forhold til hvor godt komponentene utfyller hver egenskap. Hver egenskaps vektingspoeng multipliseres deretter med komponentenes poeng, summen av disse sier noe om hvilken komponent som er best egnet til å utfylle gitte egenskaper.

Osbornes SCAMPER-huskeliste

Går ut på å vri, vende og endre på de ulike hovedkomponentene ved et produkt. Ved å arrangere komponentene i forskjellige konfigurasjoner, kan man få verdifull innsikt i hvordan produktet bør se ut videre.

SCAMPER- huskeliste:

- **Substitute** «Erstatt»
- **Combine** «Kombiner»
- **Adapt** «Tilpass»
- **Put to another use** «Benytt til noe annet»
- **Magnify/Minify** «Forstørr/Forminsk»
- **Eliminate/Elaborate** «Eliminer/Utdyp»
- **Rearrange/Reverse** «Rearanger/Omvend»

Denne prosessen kan føre til at man kommer frem til nye løsninger man ikke har tenkt på tidligere. Man kan her prøve ut forskjellige retninger, størrelser og materialer. Deretter må man sette disse nye løsningene opp mot hverandre og vurdere de opp mot kriteriene som er satt. Den konfigurasjonen som kommer best ut må vurderes for videreutvikling

Prototyping og testing

En tidlig prototype er et nyttig verktøy å benytte seg av i en produktutviklingsprosess, da dette gir førstehånds observasjoner av hva som foregår. Dette gjør at man kan få forståelse for problemstillingen og få en pekepin på hvilken vei man bør ta videre i prosessen.

Prototyper kan produseres med mange forskjellige hensikter, de kan ha som hensikt å kun vise utseende eller være identiske med sluttproduktet både i form og funksjon.

3.3.1 Programvarebruk ved rapportutformingen

Dassault SolidWorks 2014/2015 3D modellering.

BRO APEX 2015 V1 Lys simulering.

WinEdt 10 Latex, tekstbehandling.

Microsoft Excel 2013 Analyse av data og fremstilling av grafer og tabeller.

Krita versjon 2.9.9 Bilderedigering.

3.4 Kvalitetssikring

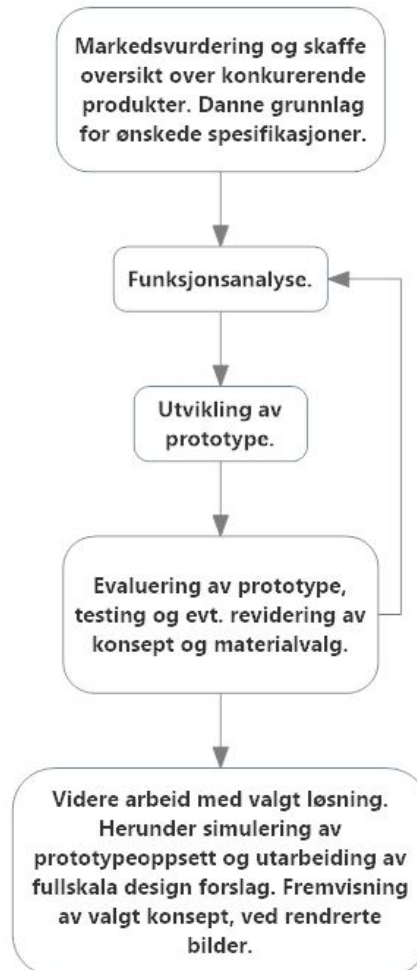
Det er ønskelig å fremskaffe data på eksisterende lysanlegg for å ha noe å ta utgangspunkt i.

I første omgang vil arbeidet begrenses til å se på to egenutviklede konsepter og sammenligne disse med dagens løsninger. Her er det viktig å sammenligne med de løsningene som er tilgjengelig pr. dags dato ikke hva som er i bruk i dag, da disse anleggene kan vise seg å være meget utdatert. Dette for å sikre at man får et konkurransedyktig produkt på markedet.

Ved simuleringer er det ønskelig å benytte en fil fra produktleverandør med korrekte spesifikasjoner. Dette gjelder spesielt lyskildene, da det kan bli store avvik dersom disse må moduleres for hånd. Når det kommer til simuleringer vil graden av nøyaktighet og mulige simuleringssituasjoner styres av programvaren som er tilgjengelig. En annen

viktig faktor vil være hvor godt lyskilden sammsvarer med tilgjengelig simuleringsdata. Ved modellering av speilkomponenter er det en usikkerhet knyttet til mangel på data for visse produkter.

3.5 Prosessplan(prosesstrinn og delmål)



Figur 3.3: Oversikt over sammenhengen mellom delmål og prosesstrinn i arbeidet.

Figur 3.3 viser de forskjellige trinnene i utviklingsprosessen. Under det fjerde trinnet «Evaluering av prototype osv.» tas det en avgjørelse basert på evaluering og testresultater om funksjonen og designet er tilfredstillende. Er ikke resultatet som ønsket, går man tilbake til trinn to og starter prosessen herifra igjen. Da tas erfaringer fra det første forsøket med i betraktningen og eventuelle feil og mangler rettes opp. Dette resulterer igjen i en ny prototype som tas videre til testfasen.

Tabell 3.4: Oversikt over sammenhengen mellom delmål og prosenstrinn i arbeidet.

Nr	Delmål	Prosesstrinn
1	Bakgrunnsundersøkelser	<ul style="list-style-type: none"> • Undersøke tidligere løsninger. • Undersøke konkurrerende løsninger. • Teori.
2	Prosjektplan og begrensninger	<ul style="list-style-type: none"> • Sette opp prosjektplan. • Sette begrensninger for arbeidet.
3	Konseptgenerering og valg av løsning	<ul style="list-style-type: none"> • Konseptgenerering. • Valg av løsning ved seleksjon.
4	Prototyping	<ul style="list-style-type: none"> • Planlegge prototyper. • Produksjon av prototyper. • Økonomi.
5	Analyser	<ul style="list-style-type: none"> • Analyser/testing av prototyper • Analyser ved bruk av dataverktøy
6	Design og beregninger	<ul style="list-style-type: none"> • Videreutvikle et design basert på erfaringer fra analyser. • Utføre forenklede beregninger av lysoppsett.
7	Utarbeide prosjektrapport	<ul style="list-style-type: none"> • Ferdigstille rapport.
8	Presentasjon og disputas	<ul style="list-style-type: none"> • Ferdigstille presentasjon av rapport. • Klargjøre prototyper for demonstrasjon. • Generell forberedelse til disputas.

4. PRODUKTSPEISIFISERING

Det vil her bli beskrevet mål med produktet og vekting av ønskede produktegenskaper. Retningslinjer for det videre arbeidet blir gitt ved grovspekifikasjoner, krav, materialer og produkter.

4.1 Produktmålsetning

Målet med løsningen er at den skal ha god utnyttelse av lyskilden og minimere spillys til omgivelsene. Skal være modulbasert og skalerbar slik at den kan tilpasses ønsket bruksområde. Konkursedyktig på pris med tanke på hva man får i denne løsningen sammenlignet med konvensjonelle løsninger tilgjengelig på markedet.

4.2 Produktegenskaper

Tabell 4.1: Rangering av produktegenskaper. Skala for viktighet, der 1 er minst viktig og 5 er mest viktig.

Nr.	Egenskaper	Vekting	Begrunnelse
1.	Lys utnyttelse	5	Målet er å benytte så mye av lyset som overhodet mulig, og ha full kontroll over hele lysbildet.
2.	Driftsikkerhet og vedlikehold	5	Essensielt at systemet er robust og driftsikkert, samtidig som det er tilfredstillende vedlikeholdsintervall.
3.	Effekt muligheter	4	Muligheten til å skape effekter og på den måten bidra til en forbedret opplevelse for publikum.
4.	Modulariserings muligheter	4	Modularisering og skalerbarhet er viktige elementer i utviklingen, da systemet skal kunne utvides etter behov.
5.	Tilpassningsevne	4	Systemets evne til å tilpasse seg forskjellige monteringer og omgivelser.
6.	Design	2	Designet er ikke noe vesentlig element, men viktig å ha et design som passer godt inn i fleste omgivelser.
7.	Størrelse	4	Størrelsen spiller en vesentlig rolle, da den må stå i stil til lyskilden som er benyttet sett i sammenheng med avstanden.
8.	Driftskostnader	4	Lave driftskostnader er et viktig element ved dette produktet.
9.	Materialvalg	4	Materialvalget når det kommer til selve konstruksjonen er ikke veldig kritisk, men speilmaterialet derimot må være et veloverveid valg.

4.3 Metriske grovspesifikasjoner

Tabell 4.2: *Metrisk grovspesifikasjon speiloverflate*

Spesifikasjon	Enhet	Minimum	Maksimum	Eventuell anbefaling/Standard
Bredde	[mm]	500	3000	-
Lengde	[mm]	500	3000	-
Tykkelse	[mm]	2	50	-

Speilets areal er i stor grad med på å styre løsningens fysiske dimensjoner. Det henger også sammen med hvor store avstander og områder det er snakk om at skal belyses.

Tabell 4.3: *Metrisk grovspesifikasjon lyskilde.*

Spesifikasjon	Enhet	Minimum	Maksimum	Eventuell anbefaling/Standard
Bredde	[mm]	200	1000	-
Lengde	[mm]	200	1000	-
Spredningsvinkel	[°]	0	120	-
Lysfluks	[lm]	40000	400000	-

Lyskildens dimensjoner er veldig avhengig av plassering i forhold til speilet. Større avstanden er midre må spredningsvinkelen være for at så mye som mulig av lyset skal treffe speiloverflaten.

4.4 Krav arena

Tabell 4.4: *Kravspesifikasjon fotballbane for Tippeligaspill. [1]*

Spesifikasjon	Enhet	Minimum	Maksimum	Eventuell anbefaling/Standard
Bane bredde(PA)	[m]	64	68(75 NS)	68
Bane lengde(PA)	[m]	100	105(110 NS)	105

For å verifisere belysningsstyrken på en installasjon kreves det at det blir foretatt målinger på stedet. For å sikre at kunde og utførende part er enig både med tanke på utregninger og målinger er det anbefalt å benytte seg av et spesifikt rutenett. Disse rutenettene er som

regel rektangulære, beysningen måles i hvert krysningspunkt på rutenettet. Referansenivået for rutenettet for horisontal belysning er som regel på bakken eller 1 meter eller over for vertikal belysning, hvis ikke annet er nevnt. Rutenettet er bestemt av av lengden og bredden av referanse området.

Tabell 4.5: *Kravspesifikasjon lysanlegg for Tippeligaspill [1]*

Spesifikasjon	Enhet	Minimum	Maksimum	Eventuell anbefaling/Standard
Belysning	[lx]	1200	Ikke gitt	1500
Målepunkter bredde	[antall]	19	21	Bruk av formel i NS
Målepunkter lengde	[antall]	13	15	Bruk av formel i NS

4.5 Tidlig kostnadsvurdering prototype

Tabell 4.6: *Tidlig kostnadsvurdering Mk1.*

Komponent	Antall	Pris pr. stk.[Kr]
Plexiglass	1	250
Speil	9	30
Diverse festemidler	-	200
Kuleledd	9	10
Diverse metall komp.	-	50
Sum	-	860

Tabell 4.7: *Tidlig kostnadsvurdering Mk2.*

Komponent	Antall	Pris pr. stk.[Kr]
Plexiglass	1	250
Speil	1	280
Lineærakuator	5	55
Driver lineærakuator	5	70
LED matrise	1	125
LED diode	1	140
Arduino Mega	1	90
Justerbar strømforsyning	1	380
Diverse elektronikk	-	550
Diverse festemidler	-	100
Kuleledd	7	70
Diverse metall komp.	-	200
Sum	-	2810

4.6 Tidlig kostnadsvurdering fullskala

Da det ikke er et av hovedmålene med oppgaven å utvikle en komplett fullskala løsning, vil kostnadsvurderingen av dette bli meget grov. Prisen på denne prototypen avhenger av hvor stor den skal være og hvor mange justeringspunkter den skal ha.

Tabell 4.8: Tidlig kostnadsvurdering fullskala prototype, med bruk av Philips ArenaVision LED som lyskilde.

Komponent	Antall	Pris pr. stk.[Kr]
Lyskilde	1	35000
Speil	1	10000
Elektronikk	-	5000
Sum	-	50000

4.7 Eksisterende lysprodukter

Når det kommer til produkter vil det gås nærmere også inn på komponenter beregnet for «fullskala» løsningen, dette for å se på hva som er tilgjengelig av teknologi på markedet. Dessuten vil en del av produktene være mer eller mindre tilsvarende for både prototype og en fullskala løsning, bare i en skalert utgave med samme funksjon.

4.7.1 Lyskilder

Selve lyskilden er en essensiell komponent når det kommer til dette produktet. Her er det flere forskjellige teknologier og typer tilgjengelig. Det er ønskelig med en type lyskilde man har full kontroll over, både med tanke på spredning og lysstyrke. Det er store muligheter for at lyskilden må spesiallages til dette produktet for å oppnå ønsket resultat, men det er absolutt ønskelig å benytte eksisterende produkter om dette er mulig.

Tabell 4.9: Typiske egenskaper for vanlige lyskildetyper.[21]

Lyskildetype	Pris	Levetid	Fargegjengivelse	Lysytelse	Driftsøkonomi
LED	Høy	Lang	Middels	Middels	God
Halogen-metalldamplamper	Middels	Kort	God	Høy	Dårlig
Natrium-høytrykksdamplampe	Lav	Middels	Dårlig	Høy	God
Lysrør	Middels	Lang	Middels	Lav	God

Enhver lyskilde bør ha følgende egenskaper:

- Gode fargegjengivelsesegenskaper
- Fargetemperatur tilpasset omgivelsene og de aktuelle forholdene
- Lang levetid

- Høyt lysutbytte
- Små dimensjoner
- Lav pris

Spesielle kriterier for dette prosjektet:

- Vedlikeholdbehov
- Oppstartstid
- Dynamiske muligheter
- Spredningsvinkel

LED

LED belysning har en stor fordel siden hver lyskilde består av mange små dioder, noe som gjør det mulig med justering av diodene individuelt. Som kan gjøre det mulig å endre den geometriske fasongen på lysarealet og justere lysstyrken på hver enkelt diode. Tenknologien har mange fordeler som lang levetid, lavt forbruk og lange vedlikeholdsintervaller. En annen fordel kan også være de fysiske dimensjonene, da det tynne designet gjør det mulig å montere disse på mange måter. Dessuten avgir LED mindre varme en den tradisjonelle typen, noe som gjør at de kan monteres nærmere andre elementer.

Tabell 4.10: Spesifikasjon LED-lyskilder.

Produktnavn	Produsent	Effekt[W]	Lysfluks[lm]	Lengde x bredde[mm]
ArenaVision LED[6]	Philips	1404	93000	770x600
LS-FLT4000[17]	Ledsmaster	4000	400000	1000x800
WS series[19]	AAA-Lux	1500	200000	480(rund)

Halogen-metalllamper

Halogen-metalllamper har den fordel at det avgir mye lys fra et relativt lite areal.

Tabell 4.11: Spesifikasjon halogen-metalllamper.[7]

Produktnavn	Produsent	Effekt[W]	Lysfluks[lm]	Lengde x bredde[mm]
ArenaVision MVF404	Philips	2000	200000	470(rund)

Natrium-høytrykkslamper

Dette er en energibesparende lyskilde, spesielt med tanke på lyset de avgir. Blir ofte brukt til veibelysning, idrettsplasser osv.

Tabell 4.12: Spesifikasjon natrium-høytrykkslamper.[28]

Produktnavn	Produsent	Effekt[W]	Lysfluks[lm]	Lengde x bredde[mm]
Stadium Lights	Howard USA	1000	140000	585(rund)

Lysrør

Dette er en lite benyttet teknologi til dette formålet, iallefall pr. dags dato. Finner derfor ingen sammenlignbare lyskilder innenfor denne kategorien.

4.7.2 Speil

Selve speilet er en veldig viktig del av i dette konseptet og det er dermed essensielt at dette tas med i betraktningen. Spesielt viktige egenskaper ved speilet er at vedlikeholdsbehov og minimalt lystap.

Speilfasong

Når det kommer til speilets fasong, så er det ønskelig at den skal kunne være så tilpassningsdyktig som mulig. Da det er ønskelig at speilet skal kunne ha en rekke forskjellige fasonger. De to vanskeligste fasongene for speilet vil være konveks og konkav om to akser. For at dette skal være mulig er man avhengig at speilet er av et materiale som tillater dobbeltkrumme overflater.

4.7.3 Servoer/motorer

For å styre dette systemet vil det være behov for en del servoer eller motorer med forskjellige funksjoner, avhengig av hvordan den endelige løsningen ender opp.

Det er i hovedsak to forskjellige typer servoer/motorer tilgjengelig enten med roterende aksel eller aksel med lineær bevegelse. Disse to typene har begge områder de passer bedre til enn den andre, så det må foretas vurderinger opp mot tenkt bruksområde om hvilken type som er best egnet.

4.7.4 Materialer

En lysinnstallasjon som denne som er tiltenkt utendørs bruk og må konstrueres deretter. Materialene må være godt egnet til å bli utsatt for fuktighet og temperaturendringer.

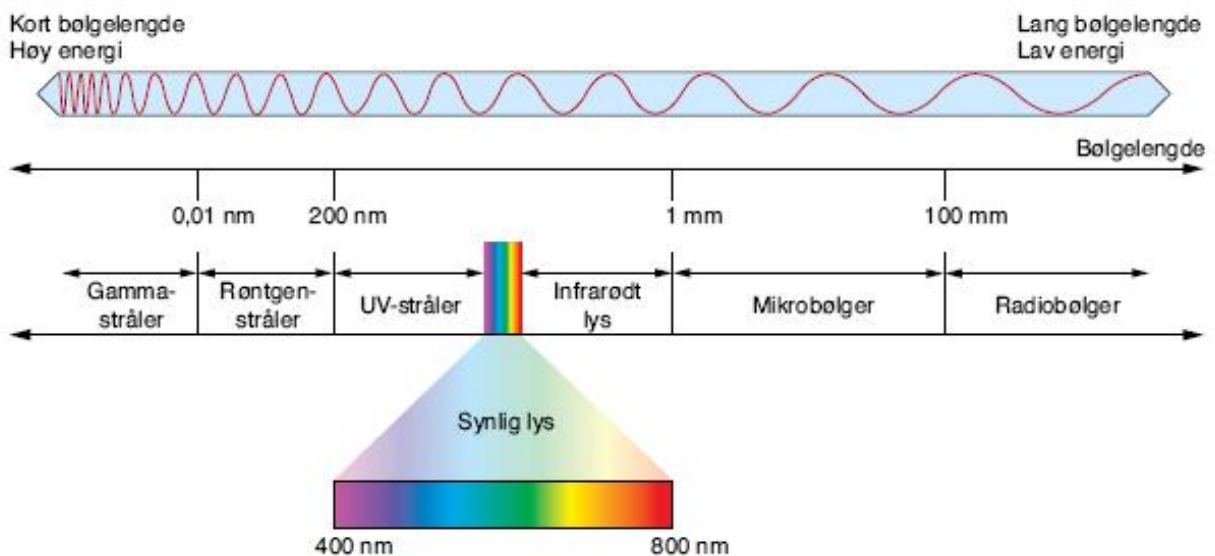
Det er i hovedsak tenkt å benytte aluminium og plast materialer gjennomgående når det kommer til en valgt løsning. Dette er materialer som ikke krever etterbehandling for å tåle omgivelsene og er relativt enkle og arbeide med.

5. GRUNNLAGSTEORI OG TEKNOLOGIUTREDNING

Denne delen inneholder grunnlagsteori om emner som er essensielle i forhold til forståelsen av rapportens innhold. Det blir gjort rede for konkurrerende løsninger og teknologi. Utredning av egnet simulerings programvare med seleksjon av program for videre bruk blir utført.

5.1 Hva er lys?

Lys er elektromagnetisk stråling. Det synlige lyset defineres som den elektromagnetiske strålingen med bølgelengder fra 400-700 nanometer, enkelte individer kan derimot oppfatte bølgelengder fra 380-780 nanometer.[3] Tilhørende lysfarge til disse ytterpunktene i det synlige spekteret tilsvarer fiolett i den nedre delen av spekteret og rødt i den øvre. Lysfargen som oppfattes er resultatet av fysiologiske og psykologiske reaksjoner ved øynene og hjernen på forskjellige frekvenser ved det synlige lyset. Korrespondansen mellom frekvens og oppfattet farge er meget god, men allikevel finns det mange unntak. Et eksempel på dette er at blandingen av rødt og grønt lys blir oppfattet som gult, selv om det ikke er frekvenser i den gule delen av spekteret tilstede.



Figur 5.1: Lysspekter synlig lys. [4]

5.2 Måling av lys

Direkte og indirekte lys er to begreper som går igjen når det er snakk om belysning. Direkte lys vil si at øyet mottar lyset direkte fra lyskilden. Dette kan i mange tilfeller oppleves ubehagelig da det kan føre til blinding av observatøren. Indirekte lys eller reflektert lys vil si at lyset går via en annen flate før det når frem til observatøren. På denne måten kan man enkelt endre en lyskildes opprinnelige lysbilde og retning, dette gjør det mulig og unngå blinding ved korrekt bruk. Overflaten på det reflekterende arealet styrer også i stor grad hvordan og hvor mye lys som blir sendt i retning observatøren. Ulempen ved indirekte lys er at den reflekterende flaten er en ekstra kilde til tap av lys og dermed kan senke effektiviteten til systemet.

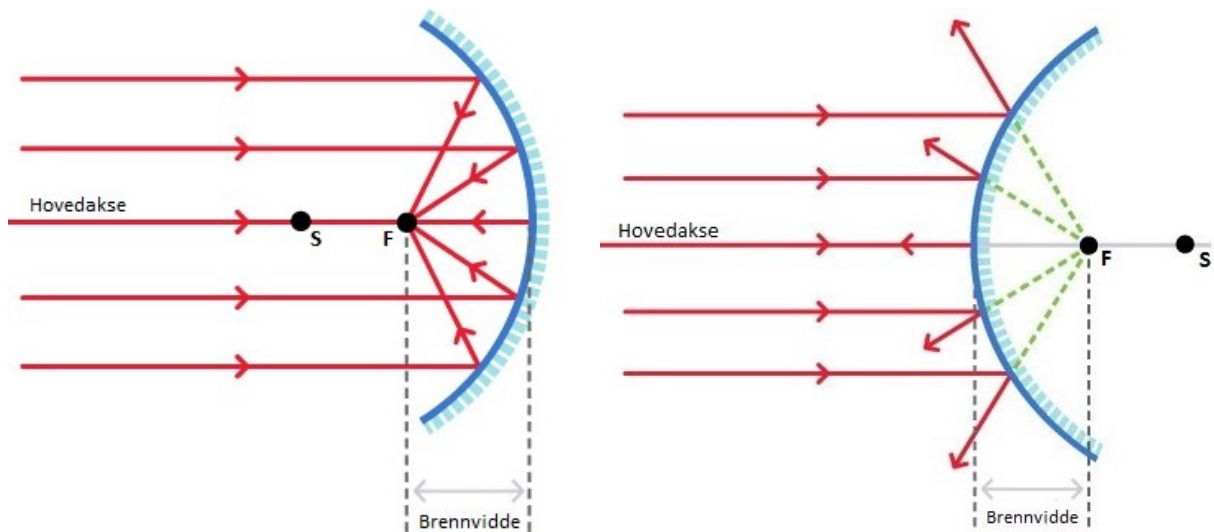
Ved lysmålinger er det i realiteten kun lysfluks og belysningsstyrke som måles direkte, lysstyrken må derimot beregnes ut ifra kildens belysningsstyrke ved gitt retning og avstand. Apperater som benyttes til lysmåling, kalles lysmålere eller fotometre. Luxmeter og photometer er fotometre som er kalibrert i henholdsvis i lux og phot.[27]

Lysfluks eller også kalt lysstrøm, er definert som den lysmengde som per tidsenhet stråler ut fra en lyskilde og lyser opp et objekt, dette blir målt opp mot øyets spektrale følsomhet. [2]

Ved valg av lyskilder er det i hovedsak lysfluksen og eventuell spredningsvinkel som er de mest relevante faktorene. Disse to utgjør grunnlaget for å estimere belysningsstyrken til systemet, da belysningsstyrke er definert som lysfluks per flateenhet av et belyst areal og måles i lux.

Candela er en viktig enhet når det kommer til lys, og er enheten for lysstyrke definert i SI-systemet. Ordet candela betyr stearinlys på latin og en candela tilsvarer omtrent lysstyrken til et stearinlys.[26]

5.3 Speil og reflektor teori



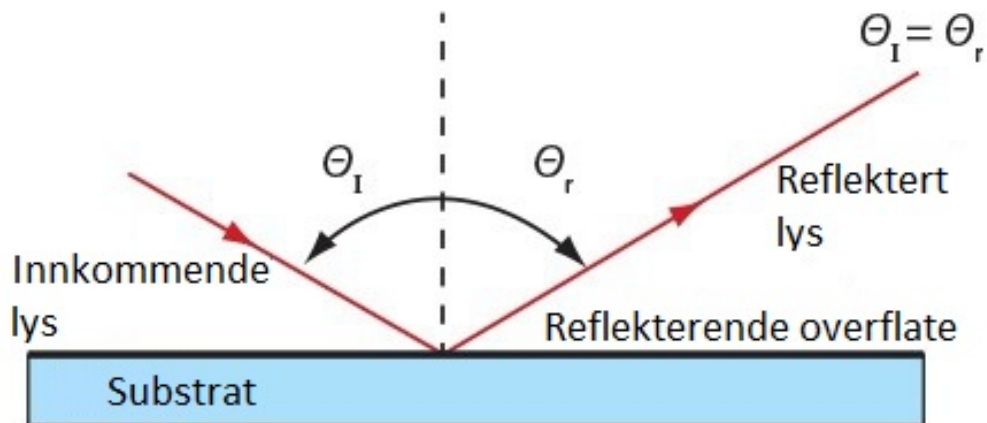
(a) Konkavt speil. [29]

(b) Konvekst speil. [30]

Figur 5.2: Illustrasjon speil fasonger

Når det kommer til selve speilmaterialet er det mange muligheter å velge mellom.

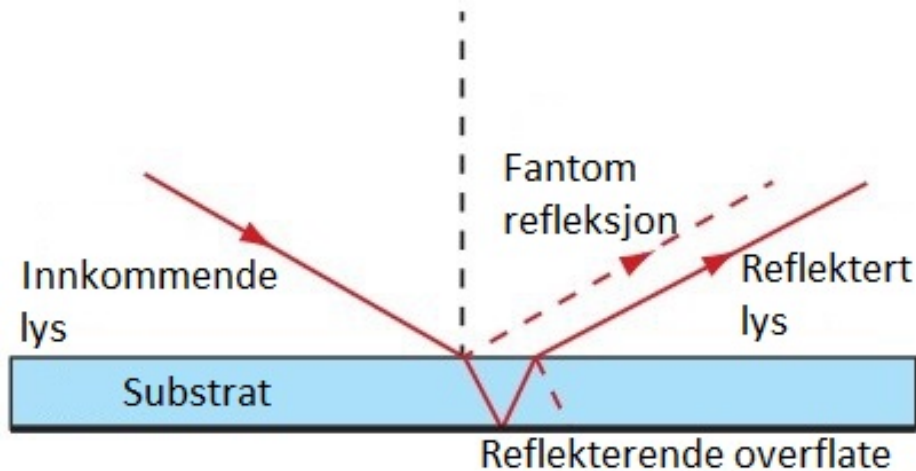
Speil laget av glass og plastmaterialer består av flere lag, ofte et gjennomsiktig lag og et reflekterende. Noe som vil si at speilet kan bygges opp på to forskjellige måter. Disse to kan kalles for første og andre overflate speil.



Figur 5.3: Refleksjon fra et «første overflate speil» [13]

Første overflate speil vil si et speil som har et reflekterende belegg på den ytre overflaten se Figur 5.3, overflaten kan være et stort utvalg forskjellige materialer. For bruk i presisjons optikk er det da fordelaktig å benytte første overflate speil for å unngå uønskede refleksjoner. Andre overflate speil kan benytte tilsvarende reflekterende lag, men lyset må først igjennom det gjennomsiktige substratet før det reflekteres av belegget. Fordelen med dette er at substratet beskytter det reflekterende laget mot riper og lignende. Selv om det

er en fordel med beskyttelse for speiloverflaten er det flere egenskaper med denne løsningen som gjør denne typen speil uegnet for bruk i de fleste optiske formål som krever kvalitet.



Figur 5.4: Refleksjon fra et «andre overflate speil» [13]

Lys som faller på et andre flate overflate speil er utsatt for kromatisk dispersjon fra substrat-materialet.[13] Kromatisk dispersjon vil si at lysets frekvensområder beveger seg i forskjellig hastigheter i substratet. Dette gjør at det synlig lyset kan deles opp i individuelle farger basert på de respektive frekvensområdene.

Refleksjon fra substratet fører til et fantombilde, vist med den orange stiplede linjen på Figur 5.3 på forrige side. En annen uønsket refleksjon oppstår når lyset forlater substratet og minsker den netto refleksjonen fra speilet. Ytterligere forvillede lysstråler kan observeres når de «spretter» mellom den belagte og ikke-belagte overflaten av substratet.

5.4 Utvikling av lyskilder

Lyspærens utvikling har foregått over en lang periode, fra starten av 1800-tallet og foregår den dag idag.

Glødelampen

Utviklingen av glødelampen startet virkelig etter at Humphry Davy fikk en platinumstrimmel til å gløde ved å sende en stor mengde strøm gjennom den ved å kortslutte den over et batteri. Fra dette var det mange oppfinnere og vitenskapsmenn som jobbet med glødelampen.

De store utfordringene var å få riktig mengde lys og øke levetiden til pærene. For å få til dette måtte man finne en måte å unngå at glødetråden brant opp, det ble testet utallige forskjellige materialer til å benytte i glødetraden og måter å kontrollere miljøet rundt tråden.

LED

I over 30 år har LED blitt benyttet innen mange forskjellige bruksområder, både til industrielle systemer, hi-fi-utstyr, billys og reklame. Den tekniske utviklingen av LED går stadig fremover. I løpet av de siste årene har lysutbyttet i hvite LED økt til imponerende 130 lumen per watt og mer. Dette er en trend som vil fortsette i tiden som kommer. [12]

TIDSLINJE 1: LED utvikling[12]

- 1907 ● Engelskmannen Henry Joseph Round oppdager at uorganisk materiale kan lyse opp når man tilfører elektrisk strøm. Samme år offentliggjør han sin oppdagelse i tidsskriftet "Electrical World".
- 1921 ● Den russiske fysikeren Oleg Lossev gjenoppdager "Roundeffekten" med lysemisjon. I de påfølgende årene, fra 1927 til 1942, undersøker og beskriver han dette fenomenet mer detaljert.
- 1935 ● Den franske fysikeren Georges Destriau oppdager lysemisjon i sinkulfid. Til ære for den russiske fysikeren, kaller han effekten Lossev lys". I dag regnes Georges Destriau som oppdageren av elektroluminescens.
- 1951 ● Utviklingen av en transistor markerer et vitenskapelig fremskritt innen halvlederfysikk. Det er nå mulig å forklare lysemisjon.
- 1962 ● Den første røde luminescensdioden (type GaAsP), utviklet av amerikaneren Nick Holonyak, kommer på markedet. Den første LED i det synlige bølgelengdeområdet markerer fødselen for industriproduksjonen av LED.
- 1971 ● Som et resultat av utviklingen av nye halvledermaterialer blir LED produsert i nye farger: grønn, oransje og gul. LED-ens ytelse og effektivitet forbedres kontinuerlig.
- 1993 ● Japaneren Shuji Nakamura utvikler den første briljante blå LED og en veldig effektiv LED i det grønne spekterumsområde (InGaN diode). Noe senere utvikler han også en hvit LED.
- 1995 ● Den første LED med hvitt lys fra fosforkonvertering presenteres og lanseres på markedet to år senere.
- 2006 ● Den første lysemitterende dioden med 100 lumen per watt lages. Denne effektiviteten kan kun overgå av gassutladningslamper.
- 2010 ● LED med en spesiell farge med et enormt lysutbytte på 250 lumen per watt blir allerede utviklet under laboratorieforhold. Fremskrittene fortsetter. I dag ses videre utvikling mot OLED som fremtidens teknologi.

5.5 Vanlige konkurerentløsninger for banebelysning

Når det kommer til konkurrerende løsninger er det ikke noe direkte sammenlignbart på markedet tiltenkt den samme målgruppen. Det som er tilgjengelig pr. dags dato er i hovedsak lyskastere av forskjellige typer som er beregnet for generell belysning. Det er få som leverer et komplett system som gir mulighet for noen som helst form for effekter eller justering av lysbildet. Kun en håndfull utvalgte produkter nevnes, da det er utallige varianter innenfor hver sjanger. Av disse er det to løsninger som tilbyr digital styring av lyset, en konvensjonel halogen-metalllamp og en LED armatur uten styringssystem. Se Tabell 5.1 på neste side for beskrivelse av løsningene.

Den nærmeste konkurrenten til dette konseptet kommer fra Philips og heter ArenaVision LED se Tabell 5.1 på neste side. Dette får du som et komplett system som lar deg programmere og fortløpende endre på lysbildet ved å styre hver enkelt lyskaster individuelt. På denne måten kan man velge å belyse kun halve banen, gjøre så lyset følger musikken eller lignende. Dette produktet er en seriøs konkurrent til dette konseptet, men det er mangler en del elementer som blir gått nærmere inn på senere i rapporten.

Selve konseptet med bruk av speil i kobinasjon med en lyskilde som allerede har en reflektor er ikke nytt. Dette er i bruk på et en utgave som benyttes til belysning av blant annet parkeringsplasser. Se Figur 5.5 her benyttes en konkavt speil til å fordele lyset på ønsket måte. På denne måten kan man benytte en eksisterende lyskilde til å få en helt annen spredning på lyset enn hva lyskilden i seg selv er kapabel til. Dette er spesielt godt egnet der det ikke er strenge krav stilt til lysstyrken, men for eksempel at man vil belyse så stort område som mulig med få lyskilder.



Figur 5.5: Belysningssystem som benytter speil, Elkjøp Dikeveien i Fredrikstad.

Tabell 5.1: Konkurerende løsninger.

Illustrasjon	Beskrivelse
 <p>A rectangular, modern LED floodlight with a silver metal housing and a blue adjustment knob on the side. The light panel is composed of multiple rows of small LED chips.</p>	<p>Philips ArenaVision LED[6] er en moderne LED-belysningsløsning for idrettsanlegg og tilfredstiller de nyeste standardene for TV-kringkasting. Løsningen inkluderer et kontrollsystem som kan brukes til å lage spesielle effekter som normalt krever egne armaturer. Styringssystemet kan kobles til eksisterende systemer eller det kan også brukes til å kontrollere fasadebelysning og lignende. LED-armaturene er utviklet utelukkende for bruk på sport og multifunksjonelle belysningsinstallasjoner og har god lyskvalitet, effektiv varmestyring og veldig lang levetid. Armaturen er dimbar.</p>
 <p>A traditional round halogen floodlight with a silver metal housing, a handle on top, and a blue adjustment knob on the side. The lens is clear and shows the internal reflector and bulb.</p>	<p>Philips ArenaVision MVF[7] er en halogen-metalldamplampe, dette er en mer tradisjonell rund lyskaster. Denne møter de høye kravene satt både til belysning og TV-kringkasting, har gode fargegjengivelsesegenskaper, dagslys utseende og har mulighet for å re-tenning umiddelbart etter et kort strømkutt. Lampen er utviklet for å kunne monteres i alle standard posisjoner. Utviklet for å sikre maksimal optisk effektivitet og nøyaktig lysfordeling med minimalt med spilllys. Begrenset levetid sammenlignet med LED-løsningene.</p>

Fortsetter på neste side

Tabell 5.1 – Fortsetter fra forrige side

Illustrasjon	Beskrivelse
	<p>Ledsmaster LS-FLT(150-4000)[17] er en LED-løsning som leveres i et bredt spekter av utgaver, både med tanke på lysstyrke og spredningsvinkel. Den er tilgjengelig med effekt fra 150-4000w og fire forskjellige spredningsvinkler fra 24-120grader. Her er det kun snakk om selve lyskasteren, noe styringssystem som gjør det mulig med effekter osv er ikke tilgjengelig fra leverandør. Dette produktet kommer fra en kinesisk produsent så kvalitet og oppgitte tall bør verifiseres om det går videre med dette, da det foreligger lite informasjon rundt produktet.</p>
	<p>AAA-LUX WS series[19] er et belysnings-system basert av LED-armaturer til bruk på sportsarenaer. Dette systemet kan kombineres med en trådløs lyskontroll programvare, som lar brukeren bestemme når, hvor og hvor mye belysning som skal benyttes til enhver tid. Både lyskasterne og programvare er kompatible med eksisterende infrastruktur, som gjør systemet lett å integrere eller ettermontere. For å redusere strølys kan det som tilleggsutstyr velges en ekstra skjerm til lyskasterne. Lang levetid.</p>

5.6 Modellerings og analyseprogramvare

5.6.1 Krav til programvare

Programvaren må være egnet for simulering og optimering av lys og optikk systemer. Det blir nødvendig å sette de forskjellige programmets funksjoner opp mot problemstillingen for å finne det som er best egnet.

Det som er essensielt for denne oppgaven er at programmet kan simulere lys som går via et speil og gi resultatet fra ønsket overflate. Det er på dette punktet mange programmer kommer til kort, da de kun støtter simuleringer av direkte lys ikke indirekte som via et speil. Er også avhengig av at man kan definere lyskilden som ønskelig for å simulere eksisterende produkter eller med ønsket spesifisering.

5.6.2 Aktuell programvare

Tabell 5.2: Aktuelle programmer

Programnavn	Leverandør/Produsent	SolidWorks kompatibilitet	Tilgjengelighet
APEX[8]	Breault Research Organization, Inc.	via add-in	Lisens
OptisWorks[9]	OPTIS	via add-in	Lisens
Shape 4[23]	Reflector Design Research, Inc	nei	Lisens
Calculux Area[5]	Philips Lighting B.V.	nei	Gratis
LightTools[10]	Synopsys' Optical Solutions Group	via link	Lisens

APEX

APEX er en add-in for SolidWorks, leverer kraftig optisk programvare i et CAD brukergrensesnitt. Fordelen med at dette er en add-in er at behovet for å konvertere filer, linke flere programmer osv sammen ikke er nødvendig. Ser ut til å være et meget godt egnet alternativ til ønsket formål.

Funksjoner og fordeler:

- Omfattende biblioteker av lyskilder, linser, media, belegg og sprednings modeller.
- Omfattende og fleksible analysemuligheter.

OptisWorks

OptisWorks er en add-in for SolidWorks, vitenskapelig simulering av lys og menneskets syn i et virtuelt miljø. Fordelene med add-in er samme som for APEX, ellers virker dette også lovende med tanke på bruksområdet.

Funksjoner og fordeler:

- Fysikk basert for å sikre 100% realisme.
- Simulerer fysiske material egenskaper.

Shape 4

SHAPE 4 er et frittstående program som ikke er knyttet opp mot SolidWorks eller lignende. Er et program for kalkulasjon og design av reflektorer med speiloverflate. Kan virke som dette programmet kan benyttet til forenklete forsøk/simuleringer av en lyskilde av gangen. Kan være nyttig i en tidlig konsepttesting av forskjellige lyskilder el.lign.

Funksjoner og fordeler:

- Optiske beregninger og reflektor design med speil overflater.
- Design av LED belysning.

Calculux Area

Calculux Area er et program utviklet ved Philips Lightning Design and Application Centre og er et lys design program, tilhørende database med Philips produkter. Usikkert om dette programmet lar deg definere egne lyskilder, dette må sjekkes opp nærmere om det blir nødvendig. Derimot egner det seg meget godt til å sette opp et tradisjonelt oppsett som kan brukes som sammenligningsgrunnlag mot eventuelle egenutviklede løsninger. Et stort pluss er at man kan sette opp et system på en fotballstadion, dette gir en fin mulighet til å teste belysningens plassering på en enkel måte.

Funksjoner og fordeler:

- Egnet for fotballbaner og arenaer.
- Bibliotek med eksisterende produkter(Philips).

LightTools

LightTools er et frittstående program, men kan linkes opp til Solidworks via Link Module. Dette lar deg linke mekaniske modeller opp mot LightTools, hvor man igjen kan tilføre optiske egenskaper, optimere og direkte oppdatere Solidworks modellen. Dette programmet er en komplett optisk design og analyse programvare som tilbyr virtuell prototyping, simulering, optimalisering og realistiske rendringer av belysnings applikasjoner.

Funksjoner og fordeler:

- Utfører nøyaktig modellering av belysningsstyrke og intensitetsfordeling hvor som helst i systemet, polarisering, spredning, og overflaterrefleksjonseffekter, så vel som resultatene av tynne filmbelegg, kan inkluderes i analysen.
- Gir en unik interaktiv tilnærming til design med pek-og-skyt strålesporing og dynamisk oppdatering av modell underveis som geometrien blir laget og endret.

5.6.3 Valg av programvare

Begrunnelse for vekting av programvare:

SolidWorks kompatibilitet: Stor grad av kompatibilitet og integrering i SolidWorks teller positivt.

Tilgjengelighet: Hvor lett programvaren er å få tak i, prøveperiode teller også positivt.

Relevante muligheter med programvaren: Flere egnende muligheter og egenskaper programvaren har i oppgavens sammenheng, teller positivt.

Tabell 5.3: Seleksjonsmatrise for programvare. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Program									
		APEX		OptisWorks		Shape 4		Calculux Area		LightTools	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
SolidWorks kompatibilitet	35 %	5	1,75	5	1,75	1	0,35	1	0,35	3	1,05
Tilgjengelighet	30 %	4	1,2	2	0,6	3	0,9	5	1,5	1	0,3
Relevante muligheter	35 %	4	1,4	4	1,4	2	0,7	2	0,7	4	1,4
Sum	100 %	4,35		3,75		1,95		2,55		2,75	

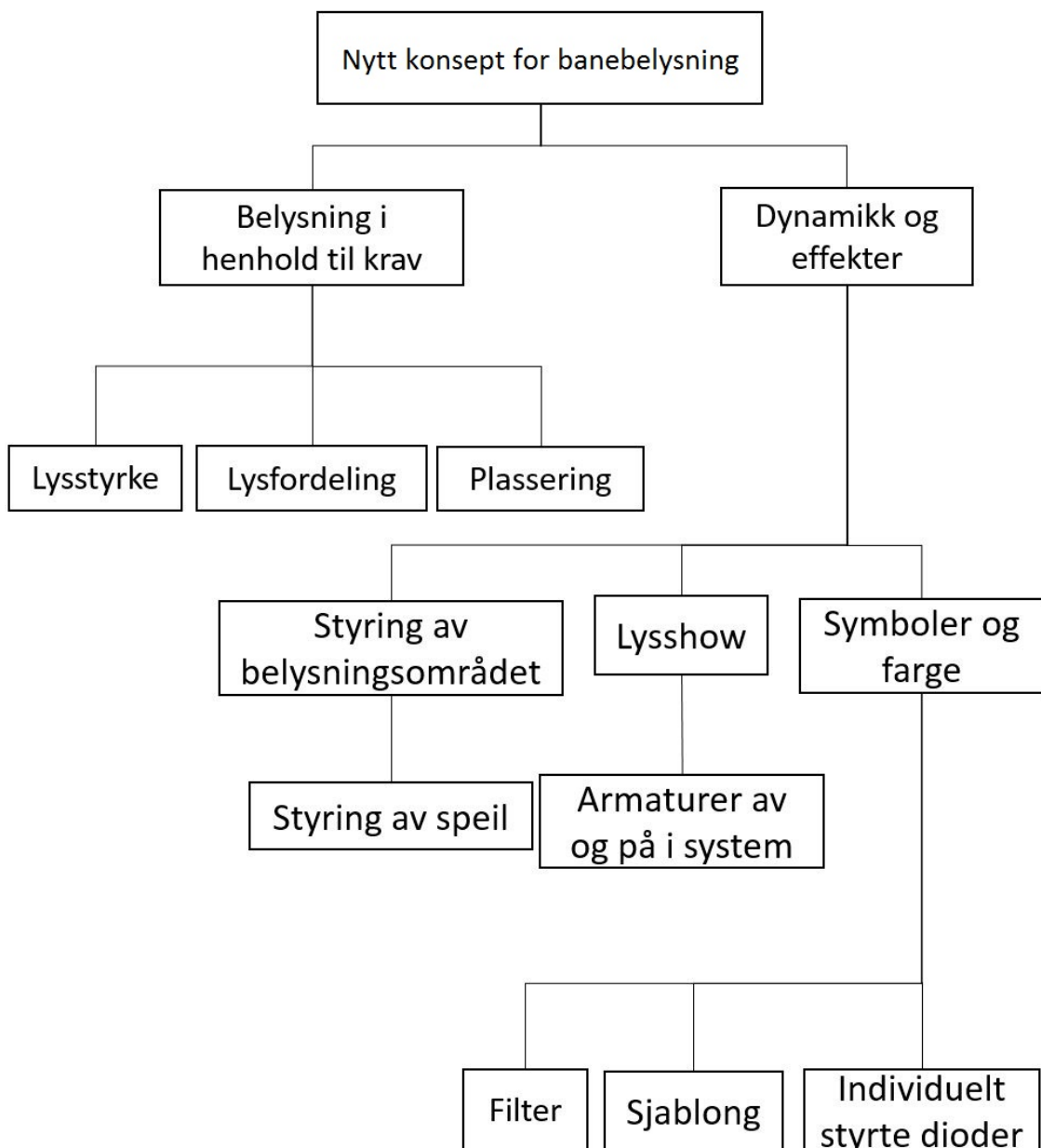
Valgt programvare: APEX 2015 V1, Breault Research Organization, Inc.

Utifra seleksjonsprosessen var det APEX som kom best ut, med OptisWorks som andrevalg. Forskjellen på disse to var rett og slett at det var mulighet for 30dagers prøvelisens på APEX, mens OptisWorks ikke gir denne servicen i denne delen av verden.

6. KONSEPTGENERERING

Konsepter blir generert, starter med funksjonsanalyse og ender opp med konsepter for videre arbeid. Det blir utredet to hovedløsninger, en med speilmatrise og en med bruk av fleksibelt speil begge med tilhørende forslag til styringsystem. Hver av disse løsningene er egnet i sammenheng med genererte konsepter.

6.1 Funksjonsanalyse



Figur 6.1: Funksjonsanalyse av konseptet.

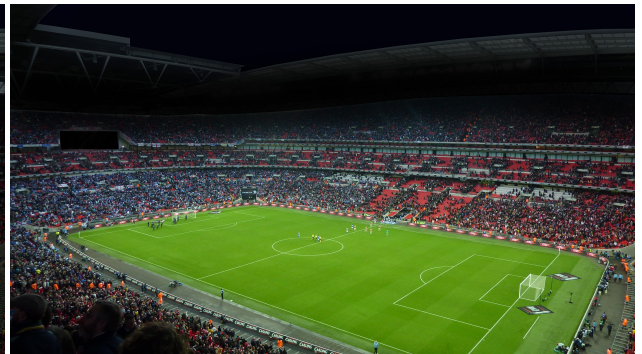
6.2 Inspirasjon og ønskede muligheter



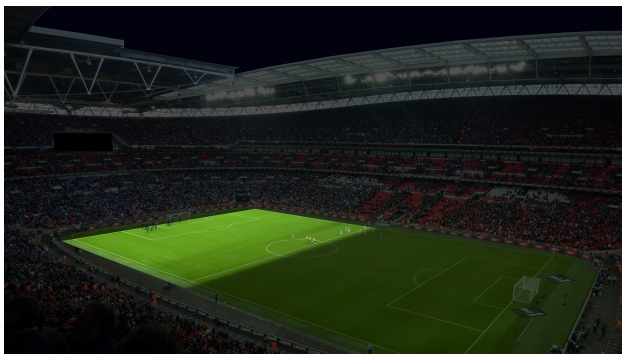
(a) Fullt lys



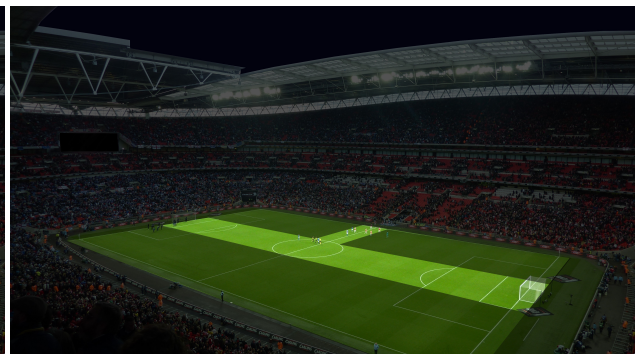
(b) Dimmet lys



(c) Publikum



(d) Straffe



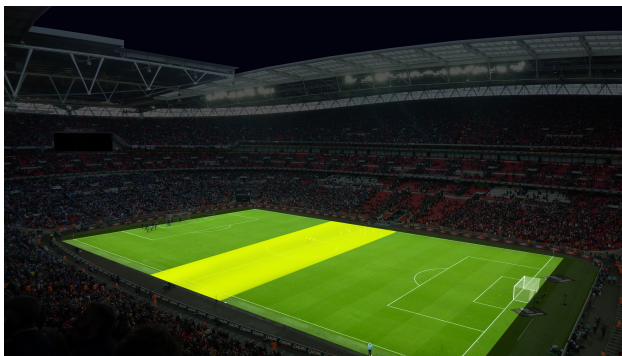
(e) Innmarsj

Figur 6.2: Eksempler på ønskede belysnings muligheter med løsningen. [14]

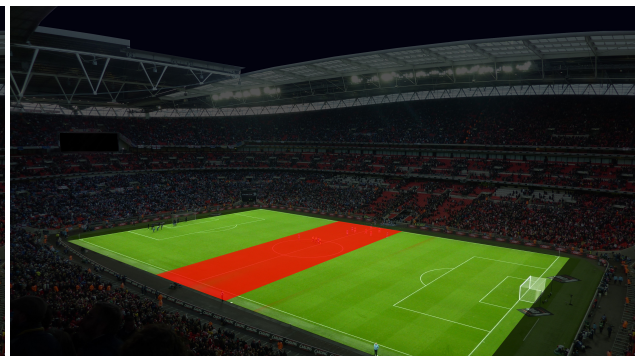
Figur 6.2 viser ønskede muligheter som skal være mulig ved den utviklede løsningen. Disse situasjonene skal i utgangspunktet kun brette seg av hovedlyskilden i kombinasjon med speilløsningen. Her er det i hovedsak snakk om å kontrollere lysbildet og dets fasong



(a) Flagg



(b) Gult kort



(c) Rødt kort



(d) Logo



(e) Lysshow

Figur 6.3: Eksempler på ønskede effekt muligheter med løsningen.[14]

På Figur 6.3 er det illustrert en del effekter som det er ønskelig å få til med konseptet. Her er det i motsetning til effektene på Figur 6.2 på forrige side nødvendig ytterligere komponenter. Siden det her er snakk om farger og mer avanserte fasonger er man avhengig av for eksempel fargefiltre og sjabloner for å oppnå ønsket resultat.

Som inspirasjon er mye å hente fra amerikanerne når det kommer til showfaktor og underholdning for publikum.

En av de mest ekstreme tilfellene av effekter på en arena må være på visse NHL kamper. Her utnyttes det at isen er hvit og dermed godt egnet som bakgrunn for farger. Dette gjør det mulig å benytte projektor ved å bruke isen som et lerret, og på denne måten kan man vise frem hva man måtte ønske.

Figur 6.4 viser scener fra et introduksjonsshow som holdes før en ishockeykamp mellom Toronto Maple Leafs og Carolina Hurricanes. Som man kan se på figuren er det utallige muligheter med dette systemet, som å vise repriser av spillsekvenser i pausen osv.

Bilde 1: Hjemmelagets logo belyses.

Bilde 2: Banens streker forsterkes med klare farger og et blåskjær legges til hele banen.

Bilde 3: Isen er nå dekket av grafikk som presenterer lagene.

Bilde 4: Spillerpresantasjon med bilde dekker isen.



Figur 6.4: «Videoklipp» av show før kamp.[16]

Stamford Bridge, Chelsea Football Club's hjemmebane er et meget relevant sammenligningsgrunnlag. Denne stadionen er utstyrt med det mest moderne LED systemet tilgjengelig, som også er et av de konkurrerende produktene til konseptet som blir utviklet i denne oppgaven.

Nemlig Philips ArenaVision LED, disse har muligheten til å gjøre en del nytt sammenlignet med de eldre systemene. Mye av grunnen til dette er at LED har kan slås av og på mer eller mindre som man ønsker noe som ikke var mulig tidligere.

Ved å kunne slå armaturene av og på etter ønske, er det mer eller mindre bare snakk om programvare til å styre systemet som er nødvendig. Programvaren lar brukeren styre armaturene individuelt, som gjør at man som vist på Figur 6.5 kan avgrense det opplyste området eller lage et dynamisk lysshow.

Bilde 1: Halve banen belyses.

Bilde 2: Full belysning.

Bilde 3: Individuell styring av armaturene, lysshow sekvens 1.

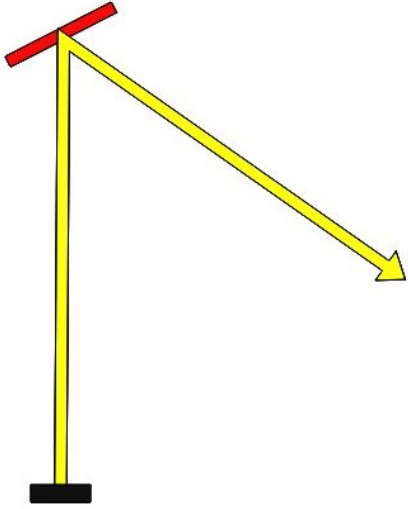
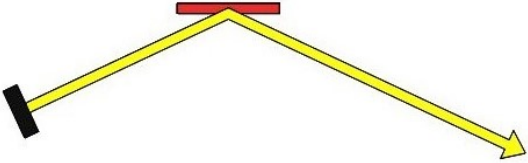
Bilde 4: Lysshow sekvens 2.



Figur 6.5: «Videoklipp» av ArenaVision LED.[18]

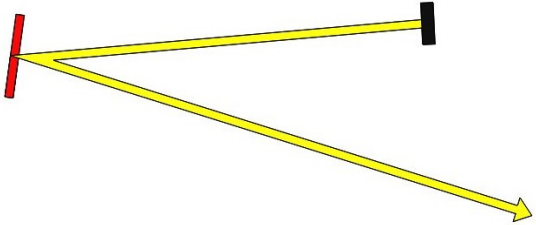
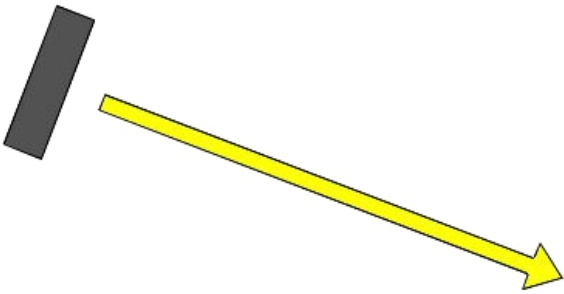
6.3 Funksjonsalternativer

Tabell 6.1: Konfigurasjonsmuligheter for lyskilde og speil. Svart: Lyskilde, Gul: Lysstråle og Rød: Speil.

Nummer	Illustrasjon	Forklaring
1		<p>Scenario hvor lyskilden er plassert på rett under speilet, utnytter speilets vinkel for å få lyset dit man ønsker.</p>
2		<p>Her er lyskilden plassert bak speilet, også her benyttes speilets vinkel til å styre lyset.</p>

Fortsetter på neste side

Tabell 6.1 – Fortsetter fra forrige side

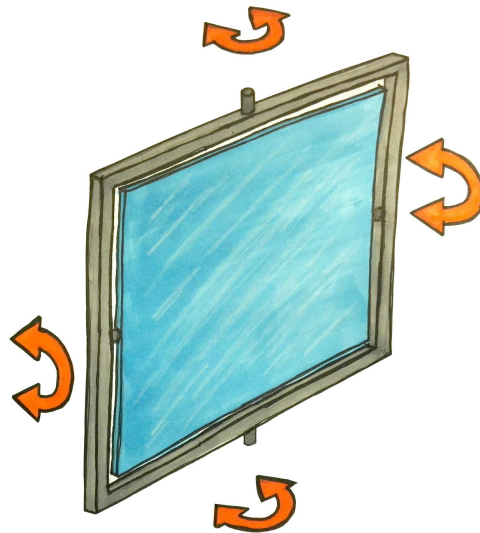
Nummer	Illustrasjon	Forklaring
3		<p>Lyskilden er her plassert med lyset vendt i motsatt retning av området som skal belyses. Lyset er rettet mot et speil som reflekterer lyset i ønsket retning.</p>
4		<p>Lyskilden og speilet er her montert i en enhet, som et alternativ til en mer tradisjonell lyskaster men med mulighetene som kommer med denne løsningen.</p>

6.3.1 Speilmatrise

Det å dele opp speilflaten i flere mindre speil gjør at man kan dele opp lyset som kommer fra lyskilden. Disse speilene kan konfigureres etter ønske med tanke på både retning og antall speil i matrisen.

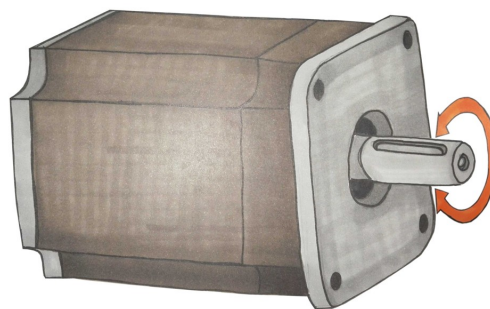
Styringsmekanisme 1, Rotasjon ved bruk av ramme.

Ønskede bevegelsesmuligheter for hvert enkelt speil krever rotasjon om to akser, se Figur 6.6. Dette gir mulighet for å styre lyset til høyre, venstre, opp, ned og kombinasjoner av disse. Det er mange muligheter å løse dette på, men det er en fordel å forholde seg til mekanismer som gjør konstruksjonen så kompakt som mulig.



Figur 6.6: Skisse av enkelt speil, med rotasjon om to akser. Servoer/motorer plassert i pilenes senterakse.

Den mest åpnebare løsningen når det kommer til styring av hvert enkelt speil, er å montere en eller eventuelt to servoer på hver rotasjonsakse, se Figur 6.7. Dette er en forholdsvis enkel og utprøvd løsning når det kommer til selve prinsippet. For å begrense avstanden mellom speilene er man avhengig av en konstruksjon som bygger så lite som mulig rundt speilet. Siden denne løsningen i prinsippet er avhengig av en roterende ramme montert inne i en annen roterende ramme, vil dette kunne gjøre konstruksjonen tung og upraktisk med tanke på montering og eventuelt vedlikehold.



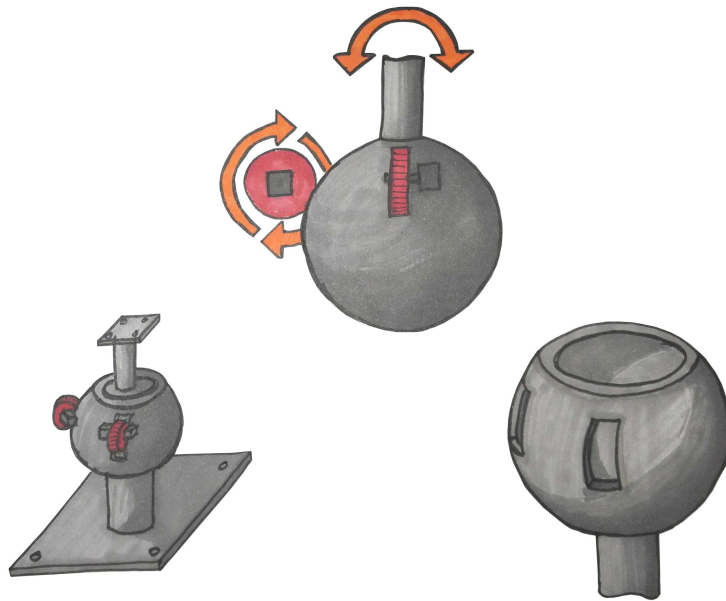
Figur 6.7: Servo som kan benyttes til å rotere speilet.

Styringsmekanisme 2, Mekanisk kuleledd

Siden den roterende ramme løsningen blir noe uegnet på grunn av at den bygger såpass rundt speilet, er det ønskelig med en annen løsning. En potensiell retning å ta med denne problemstillingen er å benytte et kuleledd, men å gjøre det elektisk styrt. Det praktiske med et kuleledd er at det er enkelt å montere både til speilet og til selve riggen. Kuleleddet lar seg montere på mindsten av speilets bakside noe som gjør at man ikke får noe som bygger på utsiden av speilets areal. Dette tillater nødvendig bevegelse samtidig som speilene

kan monteres så nær hverandre som ønskelig.

Til å bevege kuleleddet er det tenkt å benytte to servoer tilsvarende type som også var egenet på forrige løsning. Tanken med bak denne løsningen er at de to servoene monteres i 90° i forhold til hverandre. På servoene vil det være festet hjul som igjennom slisser i kuleholderen har kontakt med kulens overflate, se Figur 6.8. Ved å kjøre servoene hver for seg skal man i teorien kunne bevege speilet i ønsket posisjon.



Figur 6.8: Illustrasjon av motorstyrt kuleledd.

Det er imidlertid noen utfordringer som også gjør denne løsningen mer komplisert. Et av problemene er at man er avhengig av tilstrekkelig friksjon mellom hjulene og kulen til å få overført nok kraft til å endre kulens posisjon. Dette er i og for seg ikke noen stor sak, men problemet er at for at kulen skal kunne bevegges kan ikke friksjonen hvere for stor sideveis. Noe som betyr at man er avhengig av at man har nok friksjon i en retning og ikke for mye i en annen. Det er flere potensielle løsninger på dette problemet, den ene er eventuelt å ha en overflatestruktur på hjul og kule som er optimalisert med tanke på dette. En annen er å kunne bevege hjulet bort fra kulen eller eventuelt å endre trykket mellom kulen og hjulet.

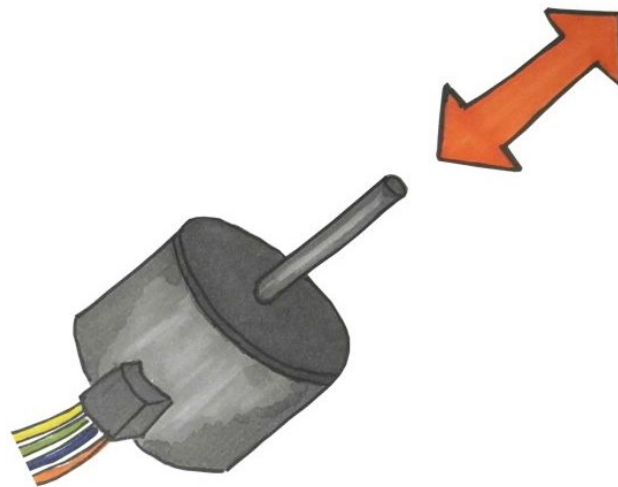
6.3.2 Fleksibelt speil

For å kontrollere overflaten på et fleksibelt speil er de alternative løsningene nevnt for speilmatrisen ikke særlig godt egnet. Her er man ikke avhengig av rotasjon, det er dermed nødvendig med bevegelse inn og ut, altså vinkelrett på speiloverflaten. Man er her avhengig av mekanismer som skaper lineær bevegelse i motsetning til rotasjon. En egenskap som gjelder for alle løsninger når det kommer til det fleksible speilet er at innfestningen mellom speil og styringsenheten tillater nødvendig bevegelse. Er her avhengig av at innfestningen kan rotere fritt for å unngå uønsket lokal manipulering av speiloverflaten. En løsning på dette problemet er å benytte et kuleledd i sammenføyningen mellom speil og

styringsenhet.

Styringsmekanisme 1, Lineærakuator

Den mest åpenbare løsningen på denne problemstillingen er å benytte seg av lineærakuatorer. Dette er en i prinsippet en motor som kan bevege en aksel inn og ut, disse fås i mangfoldige forskjellige typer. En av de mest vanlige løsningene på denne bevegelsen er å benytte en hydraulisk sylinder. Denne teknologien er i utgangspunktet veldig overdimensjonert med tanke på hvor mye kraft som er nødvendig. Den mest anvendige teknologien til denne bruken er en elektrisk drevet akuator. Disse omgjør den roterende bevegelsen fra en konvensjonell elektromotor til lineær bevegelse ved hjelp av en gjenget aksel.



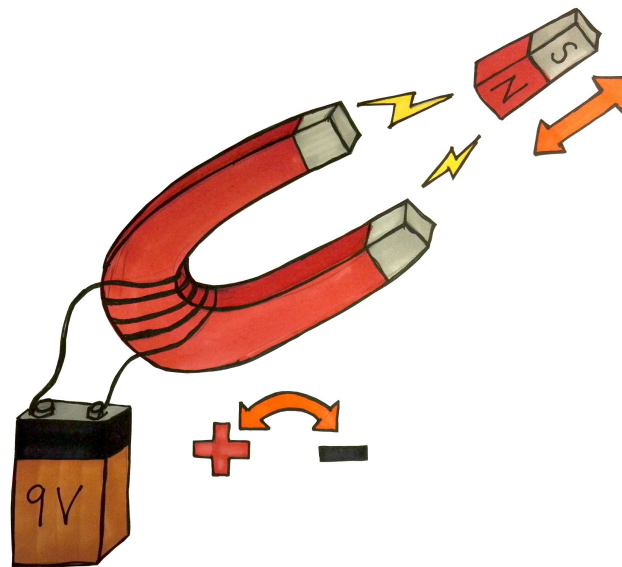
Figur 6.9: Illustrasjon av lineærakuatorens bevegelses retning.

Fordelen med å benytte elektriske akuatore er at de er godt egnet til å utføre nøyaktige bevegelser og at de enkelt kan programmeres til å utføre forskjellige operasjoner. En annen fordel sammenlignet med en hydraulisk løsning er at det er få komponenter, her er alt samlet i en enhet. Dette gjør det også enklere med tanke på å utføre vedlikehold eller utskiftninger av komponenter. Det at de enkelt lar seg styre med et program gjør at muligheten for å implementere denne løsningen i et eksisterende system er god og at det er enkelt å få flere enheter til å samarbeide.

Styringsmekanisme 2, Elektromagnet

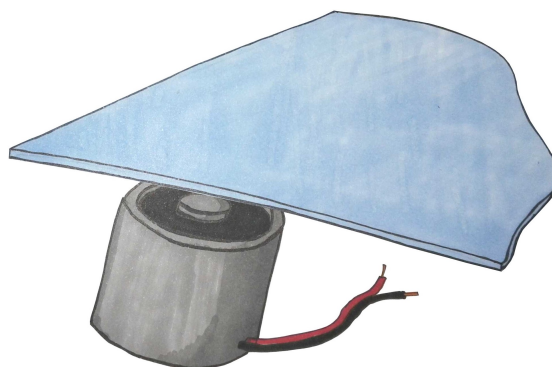
En mer eksperimentell og alternativ løsning er å benytte seg av elektromagnetisme. Dette er nok en løsning som er lite brukt til oppgaver i denne størrelsesordenen. Det som er appellerende ved å benytte elektromagneter er at det er et veldig enkelt prinsipp og få eller potensielt ingen bevegelige deler. Teorien denne løsningen baserer seg på er at magnetiske motpoler tiltrekker hverandre og lik polaritet frastøter hverandre. Så i teorien skal man ved å montere permanentmagneter på ønskede posisjoner på baksiden av speilet i kombinasjon med hver sin elektromagnet kunne bevege speilet inn og ut ved å endre

polariteten på elektromagneten, se Figur 6.10.



Figur 6.10: Illustrasjon av av elektromagnet, ikke vitenskapelig korrekt.

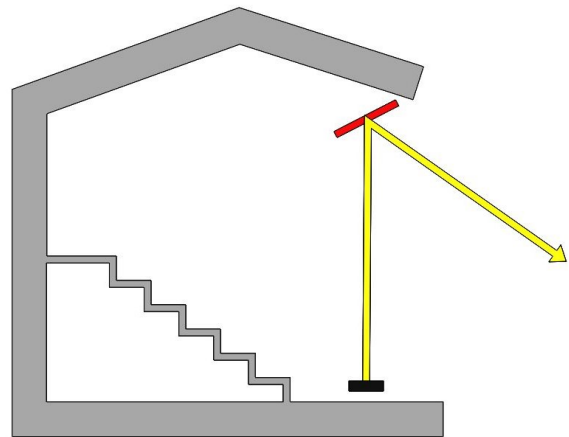
Et potensielt problem med denne løsningen er hvor gode mulighetene er for å kontrollere styrken på det magnetiske feltet. Da man vil ha muligheten til å justere speilet i flere posisjoner ikke bare helt inne og helt ute i hvert enkelt punkt. Dette kan være en løsning som er verdt å undersøke nærmere, da den med stor sansynlighet kommer godt ut med tanke på pris og lav grad av kompleksitet. En annen fordel med denne løsningen er at det i de fleste tilfeller ikke er kontakt mellom speilet og magneten, noe som hindrer at man får problemer med lokale ujavnheter i speiloverflaten. Baksiden er at det krever utvikling av elektronikk og programvare.



Figur 6.11: Elektromagnet og speil.

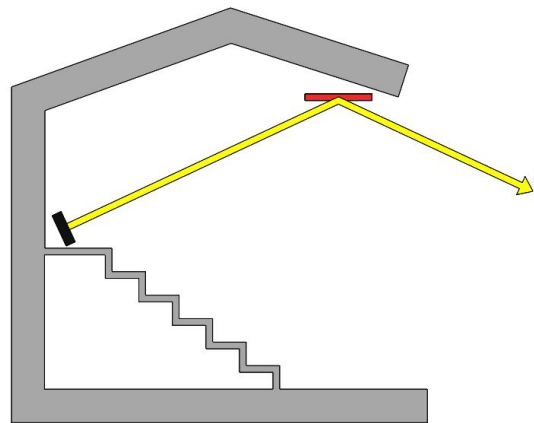
6.4 Forskjellige konsepter.

Scenario 1: Lyskilden er plassert på rett under speilet, utnytter speilets vinkel for å få lyset dit man ønsker.



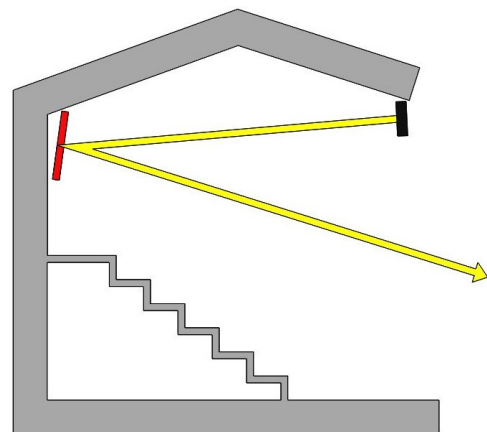
Figur 6.12: Illustrasjon lys og speil plassering.

Scenario 2: Lyskilden er plassert på rett under speilet, utnytter speilets vinkel for å få lyset dit man ønsker.

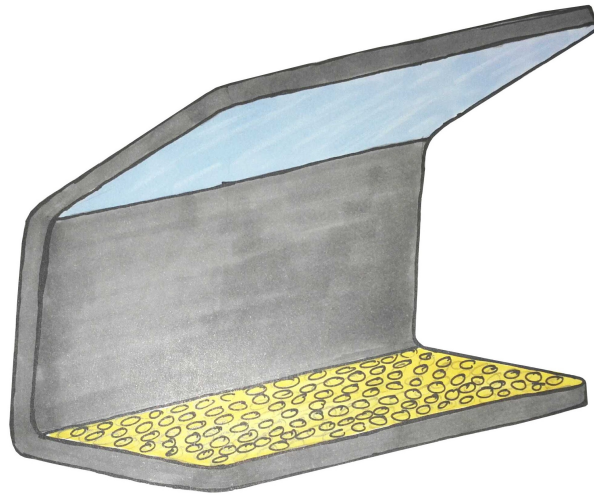


Figur 6.13: Illustrasjon lys og speil plassering.

Scenario 3: Lyskilden er plassert i motsatt retning av området som skal belyses, lyset reflekteres tilbake av speilet.

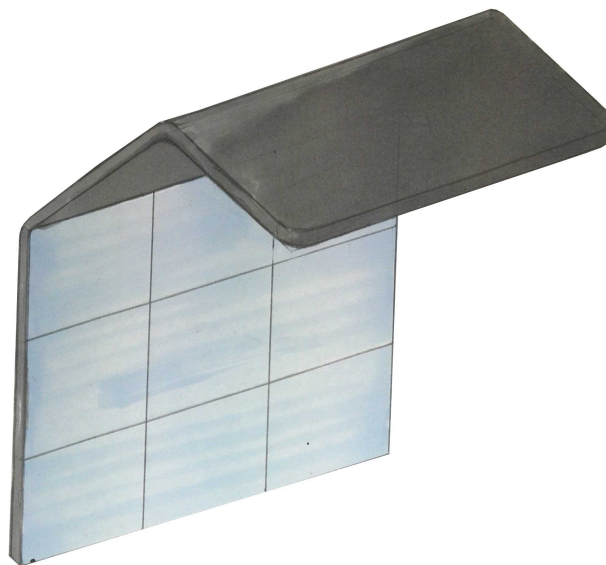


Figur 6.14: Illustrasjon lys og speil plassering.



Figur 6.15: Illustrasjon av lyskilde og speil i en enhet, her med lyskilden på undersiden av speilet.

Scenario 4: Lyskilde og speil er her montert i en enhet, noe som gjør dette designet godt egnet for ettermontering på original plassering. I denne løsningen er speilet montert over og lyskilden under, denne konfigurasjonen gjør at speilet er skjermet mot vær og vind, se Figur 6.15.



Figur 6.16: Illustrasjon av lyskilde og speil i en enhet, her med lyskilden på oversiden av speilet.

Scenario 5: Dette er et annet eksempel på lyskilde og speil montert i en enhet. Denne konfigurasjonen har lyskilden øverst og den lyser skrått ned på speilet som står vertikalt, se Figur 6.16. Dette er også et konsept som er godt egnet for å erstatte eksisterende flombelysning og benytte orginalt monteringssted. Denne speilplasseringen er noe mer utsatt for omgivelsene grunnet vinklingen på speilet.

6.5 Modualisering

En av grunnpilarene i utviklingen av dette konseptet er at løsningen skal være modulbasert og skalerbar. Grunnen til dette er at produktet kan tilpasses mange forskjellige bruksområder og situasjoner ved å kombinere eksisterende komponenter på forskjellige måter.

Designet må være utformet slik at komponentene etter sammenføring kan betraktes som en enhet. Det er ønskelig at utformingen gjør det mulig og kombinere komponentene i alle de fem gitte scenarioene over. For at dette skal være mulig må komponentene kunne plasseres i både x, y og z retning, samt at det er mulig med rotasjon om den horisontale akse både for speil og lyskilde.

Med disse mulighetene som utgangspunkt er det realistisk at alle ønskede scenarioer er gjennomførbare. I tillegg til disse er det muligheter for en rekke andre konfigurasjoner om det skulle være ønskelig.

7. ELEMENT OG LØSNINGSVALG

Med Pugh's metode som grunnlag velges det i dette kapitlet konsept og foretrukne løsninger for produktet, som videre utgjør grunnlaget for fullskala designet.

7.1 Egenscreening

Tenkte løsninger deles opp i enkelt komponenter, forskjellige løsninger for hver enkelt komponent settes opp mot hverandre i seleksjonsmatriser. Dette er for å sikre at det beste alternativet for hver enkelt komponent blir valgt.

- Valg av funksjonsalternativ:
 - Separat speil og lyskilde
 - Speil og lyskilde i en enhet
- Valg av styringsmekanisme:
 - Speilmatrise
 - Fleksiblet speil
- Valg av speil alternativ:
 - Speilmatrise
 - Fleksiblet speil
- Valg av lyskildetype:
 - LED
 - Halogen-metalldamplampe
 - Natrium-høytrykksdamplampe
 - Lysrør

Begrunnelse for vekting av funksjonsalternativ:

Plassering: Under dette punktet er plasserings mulighetene i fokus. Her teller det positivt når det egner seg for et bredt spekter av monteringsmuligheter. Sjenanse for publikum og eller spillerne har også innvirkning.

Vedlikehold: Hovedfokuset her er hvor godt utstyret er skjermet fra omgivelsene og hvor lett tilgjengelig det er for å utføre eventuelt vedlikehold. Vedlikeholdsbehov og dets intervall teller også.

Lysutnyttelse: Mulighetene for å utnytte så mye som mulig av lyskilden og begrense mengden spillys til omgivelsene, teller positivt.

Strømforbruk: Teknologien benyttet har størst innvirkning på dette punktet, men antallet lyskilder nødvendig er også en essensiell faktor. Dette vil være mer eller mindre tilsvarende for alle, da det mest sannsynlig blir benyttet samme lyskilde i alle scenarier.

Kompleksitet: Få komponenter og bruk av standard komponenter teller positivt. En løsning som krever egenutviklede komponenter men består av få komponenter kan også telle positivt.

Ut ifra seleksjonsmatrisen i Tabell 7.1 kom scenario 2 best ut. Da det i hovedsak er ønskelig å tenke helt nytt på denne løsningen, vil det gås nærmere inn på bruken av separert speil og lyskilde.

Tabell 7.1: Seleksjonsmatrise for funksjonsalternativer. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Funksjonsalternativ			
		Separert speil og lyskilde		Speil og lyskilde i en enhet	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Plassering	20 %	4	0,8	3	0,6
Vedlikehold	20 %	4	0,8	2	0,4
Lysutnyttelse	40 %	4	1,6	5	2
Strømforbruk	10 %	5	0,5	5	0,5
Kompleksitet	10 %	2	0,2	2	0,2
Sum	100 %		3,9		3,7

Begrunnelse for vekting av styringsmekanisme for speilmatrixe:

Plasseringsvennlighet: Legges vekt på hvor plasseringsvennlig løsningen er, siden man er avhengig av at flere styringsmekanismer monteres sammen i hver speilmatrixe. Hvis løsningen bygger ut rundt hvert enkelt speil teller dette negativt.

Kompleksitet: Få komponenter og bruk av standard komponenter teller positivt. En løsning som krever egenutviklede komponenter men består av få komponenter kan også telle positivt.

Vedlikehold: En løsning med så lange vedlikeholds intervall og enkle vedlikeholdsbehov teller positivt.

Tabell 7.2: Seleksjonsmatrise styringsmekanisme for speilmatrise. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Styringsmekanisme			
		Servo og ramme		Motorisert kuleledd	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Plasseringsvennlighet	50%	2	1,0	5	2,5
Kompleksitet	25%	3	0,75	4	1,0
Vedlikehold	25%	3	0,75	2	0,25
Sum	100 %	2,5		3,75	

Begrunnelse for vekting av styringsmekanisme for fleksibelt spel:

Plasseringsvennlighet: Legges vekt på hvor plasseringsvennlig løsningen er, siden man er avhengig av at flere styringsmekanismer monteres sammen i hver speilmatrise. Hvis løsningen bygger ut rundt hvert enkelt spel teller dette negativt.

Kompleksitet: Få komponenter og bruk av standard komponenter teller positivt. En løsning som krever egenutviklede komponenter men består av få komponenter kan også telle positivt.

Vedlikehold: En løsning med så lange vedlikeholds intervall og enkle vedlikeholdsbehov teller positivt.

Tabell 7.3: Seleksjonsmatrise for styringsmekanisme for flekibelt spel. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Styringsmekanisme			
		Lineær akuator		Elektromagnet	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Plasseringsvennlighet	50%	5	2,5	5	2,5
Kompleksitet	25%	4	1,0	2	0,5
Vedlikehold	25%	3	0,75	4	1,0
Sum	100 %	4,25		4,0	

Begrunnelse for vekting av speilalternativ:

Plasseringsvennlighet: Legges vekt på hvor plasseringsvennlig alternativet er.

Kompleksitet: Få komponenter teller positivt.

Vedlikehold: En løsning med lange vedlikeholds intervall og enkle vedlikeholdsbehov teller positivt.

Dynamikk og effekter: Muligheten for å gjøre lysbildet med dynamisk og hvor godt egnet

alternativet er med tanke på bruk av effekter.

Lysfordeling: Jevn lysfordeling teller posetivt.

Tabell 7.4: Seleksjonsmatrise for speilmatrise og fleksibelt speil. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Speilalternativ			
		Speilmatrise		Fleksibelt speil	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Plasseringsvennlighet	25%	3	0,75	4	1,0
Kompleksitet	25%	2	0,5	4	1,0
Vedlikehold	25%	3	0,75	4	1,0
Dynamikk og effekter	25%	3	0,75	4	1,0
Lysfordeling	25%	3	0,75	5	1,25
Sum	100 %	3,5		5,25	

Begrunnelse for vekting av lyskildetyper:

Levetid: Lang levetid teller posetivt.

Egnethet til lyseffekter: Essensielt at lyskilden er egnet til å bli dimmet og skrudd hyppig av og på.

Driftsøkonomi: Lavt strømforbruk teller i posetivt favør.

Pris: Ved store installasjoner er prisen et viktig argument, men må ses opp mot andre egenskaper.

Tabell 7.5: Seleksjonsmatrise for lyskildetyper. Blir vektet med poeng fra 1-5, hvor 5 er best.

		Lyskildetype							
		LED		Halogenmetall damp		Natriumhøytrykkdamp		Lysrør	
Kriterie	Vekting	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum	Poeng	Sum
Levetid	10 %	5	0,5	2	0,2	5	0,5	5	0,5
Egnethet til lyseffekter	30 %	5	1,5	2	0,6	2	0,6	2	0,6
Driftsøkonomi	10 %	5	0,5	2	0,2	5	0,5	5	0,5
Fargegjengivelse	20 %	3	0,6	5	1	2	0,4	3	0,6
Lysytelse	20 %	3	0,6	5	1	5	1	2	0,4
Pris	10 %	2	0,2	3	0,3	4	0,4	3	0,3
Sum	100 %	3,9		3,3		3,4		2,9	

7.2 Valg av konsept og foretrukne løsninger

Ved å benytte Pugh's metode er det kommet frem til hvilke løsninger som egner seg best til dette konseptet. Basert på disse resultatene fins det er godt grunnlag å gå videre med.

Valget av konsept blir altså et system med separert lyskilde og speil, med fleksibelt speil kontrollert ved bruk av lineærakuatorer og med LED lyskilde, se Tabell 7.6. Dette er et lovende utgangspunkt med stort potensiale for videre utvikling mot å innfri gitte problemstillinger.

Tabell 7.6: Foretrukne løsninger og funksjoner.

Funksjon/Løsning	Valgt løsning
Funksjonsalternativ	Separert lyskilde og speil
Speil alternativ	Fleksibelt speil
Styringsmekanisme	Lineær akuator
Lyskildetype	LED

8. PROTOTYPELØSNING OG TIDLIG PROTOTYPING

En tidlig prototype i kombinasjon med litt grunnlagsteori kan gjøre underverker. Spesielt når det kommer til å oppdage eventuelle problemer eller løsninger man ikke har sett med nesen i boken.

8.1 Prototyper

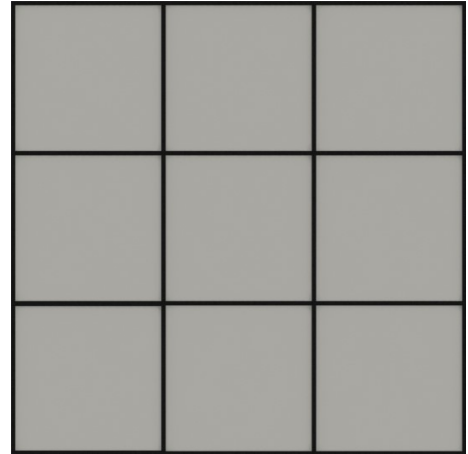
Tanken er i utgangspunktet å utvikle to prototyper, en tidlig prototype og en vidreutviklet versjon av denne som løser eventuelle problemstillinger som kommer opp underveis. Hvis utviklingen og testingen av disse to utgavene gir tilstrekkelig informasjon kan dette gi grunnlag for å skalere opp konseptet og utføre ytterligere testing om tiden strekker til.

Dette er et veldig nyttig verktøy å benytte før man begynner å teste sine design ved data-simuleringer, da man trenger både en CAD modell og et ofte omfattende simuleringsoppsett for å få realistiske resultater. Med en fysisk modell ser man hva som skjer og man kan deretter gå nærmere inn å se på hvordan eller hvorfor der det skulle være ønskelig. Om prototypen gir tilstrekkelig med informasjon kan man ta steget videre og sammenligne resultatene med en datasimulering for å verifisere disse resultatene. Planen er å utføre testing med målinger som senere skal simuleres med egnet programmvare på den andre utgaven av prototypen for å se om disse lar seg verifisere.

8.1.1 Mk1: 3x3 matrise med flate speil

Dette er en tidlig prototype laget for å få et innblikk i hvordan lyset lar seg styre med speil og hvordan det oppfører seg. Denne modellen ble laget med inspirasjon fra de tradisjonelle lysmastene, tanken er da at denne løsningen skal la seg ettermotere i dagens master og erstatte eksisterende løsninger. Selv om det tas utgangspunkt i denne løsningen skal det også tas i betraktning at den også skal la seg montere på tribunetak og eventuelt andre plasseringer.

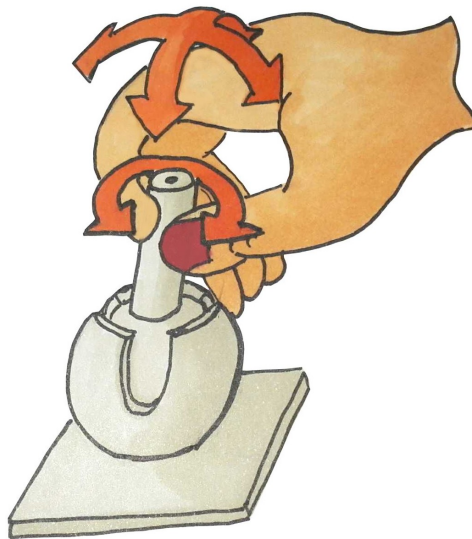
Målet med denne modellen er å teste hvordan det fungerer i praksis å dele opp speilflaten i mindre elementer. Dette gjør at man i teorien deler opp lyskilden i tilsvarende antall kilder som kan styres uavhengig av hverandre. En modell med en matrise med 3x3 speil på 4x4cm er et godt utgangspunkt for den første utgaven. Denne størrelsen ble valgt for være godt egnet til testing med bruk av enkle lyskilder som lommelykter osv.



Figur 8.1: Skisse 3x3 speilmatrixe.

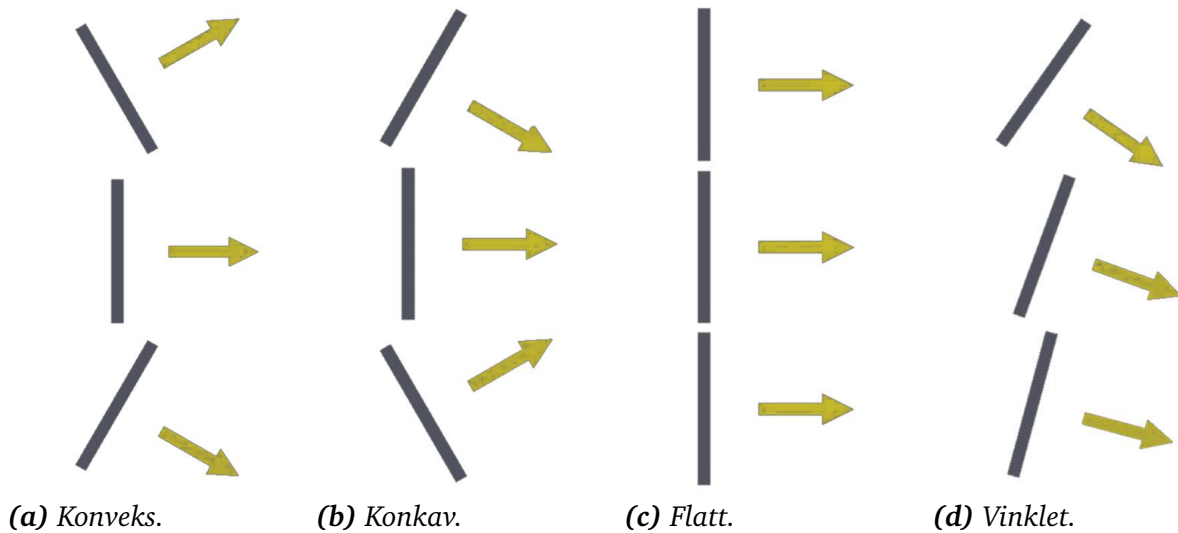
Ønskede muligheter med prototypen

Det er ønskelig med så mange justeringsmuligheter som mulig i denne modellen, slik at den kan brukes til å teste ut flere problemstillinger og tenkte scenarier. I tillegg til antall justeringsmuligheter er det også ønskelig at vandringen til hvert enkelt justeringspunkt er så stor som mulig.



Figur 8.2: Illustrasjon av manuell justeringsmekanisme

Ved at hvert enkelt speil er festet på et kuleledd som lar seg justere ca. 90° i alle retninger uavhengig av hverandre, åpner dette for utallige muligheter. Hele speilmatrixen kan roteres over 180° om en akse og avstanden mellom speilmatrixen og lyskilden lar seg endre ved å flytte på lyskilden. I hovedsak er det fire speilkonfigurasjoner som er interessante, det er flatt, konveks, konkav og forskjellige vinkler på de tre radene. Det skal også være mulig å justere speilene slik at de blir konvekse og konkave om to akser, altså som en parabol. Disse to alternativene kommer dermed mer til sin rett ved en matrise med flere speil enn det er benyttet i denne modellen.

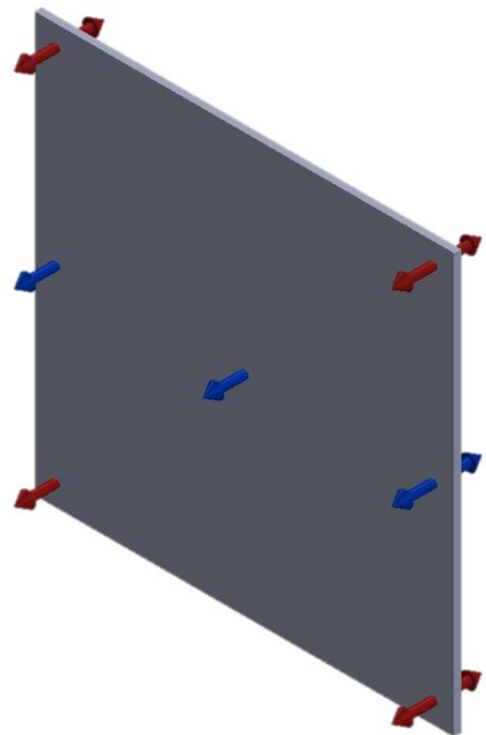


Figur 8.3: Forskjellige oppsett sett i profil.

8.1.2 Mk2: Fleksibelt speil

Denne prototypen er en videreutvikling av Mk1 utgaven, hvor det er forsøkt å løse utfordringene som ble funnet ved det første designet. Dette er en konstruksjon som på en og samme tid både er mer og mindre avansert enn den forrige. Den er basert på å benytte et stort fleksibelt speil istedet for flere individuelle speil. Dette gjør at man begrenser antall komponenter, men setter også større krav til selve speilmaterialet.

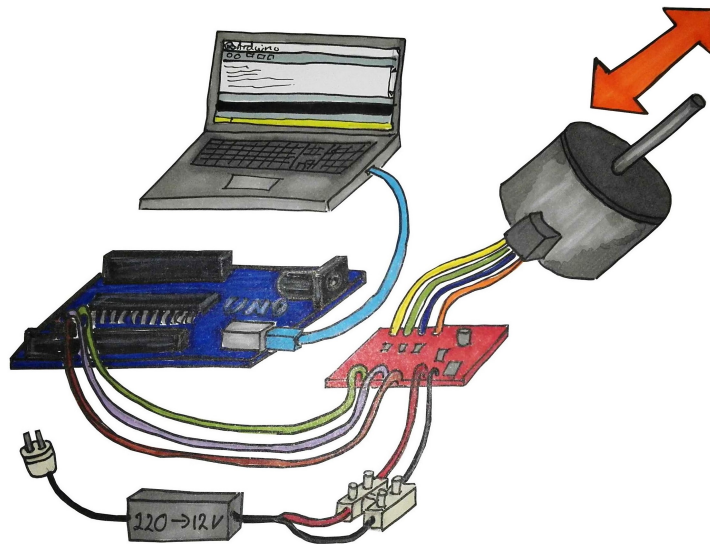
Dette konseptet virker lovende som et alternativ med tanke på den endelige løsningen. En stor fordel med dette konseptet er at er at det ikke vil være noe mellomrom mellom speilene, slik at det ikke vil bli noe spillys igjennom konstruksjonen. Speilet kan også manipuleres til å gjøre endringer på spesifikke deler av lysbildet som ikke ville vært mulig med et vanlig speil. Dette er en forenklet utgave hvor det er begrenset til 5(7) justeringspunkter på baksiden av speilet, ser for meg ett større antall punkter på en endelig utgave. Alle de fem punktene skal kunne justeres individuelt. De fem punktene er de fire røde pilene og den midterste av de blå pilene illustrert på figur 8.4. De resterende to blå pilene kan låses til den det sentrerte punktet slik at de tre blå punktene beveger seg synkront.



Figur 8.4: Skisse fleksibelt speil.

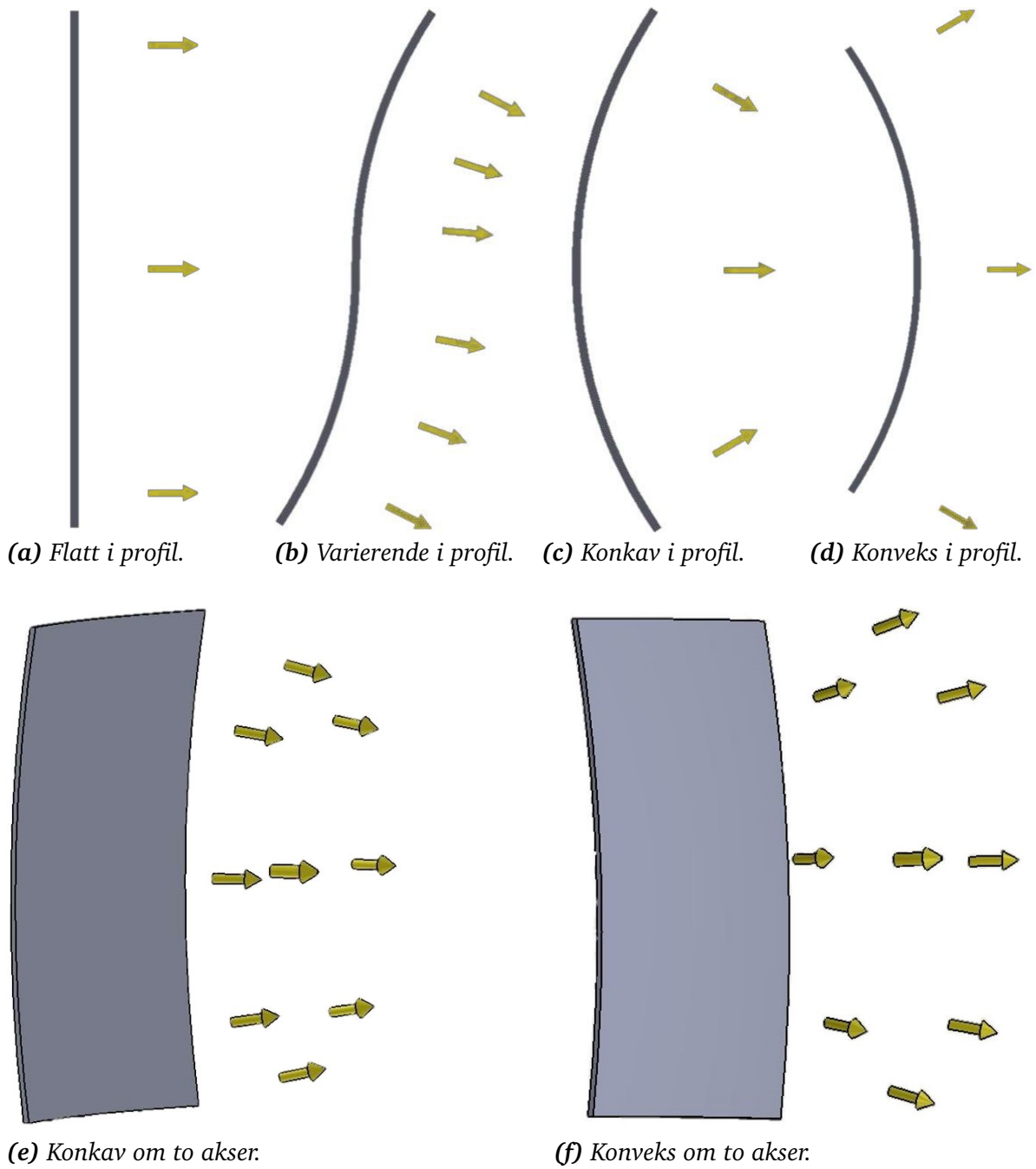
Ønskede muligheter med prototypen

Som på Mk1 utgaven er det ønskelig med et så tilpassingsdyktig design som mulig. Det er ønskelig at denne utgaven skal styres elektronisk ved bruk av arduino. Arduinobrettet skal styre fem lineær akuatorer som programmeres til å manipulere speilet i ønsket fasong.



Figur 8.5: Illustrasjon av elektronikk .

Ønskede justeringsmuligheter er flatt, konveks om en og to akser, konkav om en og to akser og varierende vinkel som vist i figur 8.6 på neste side.

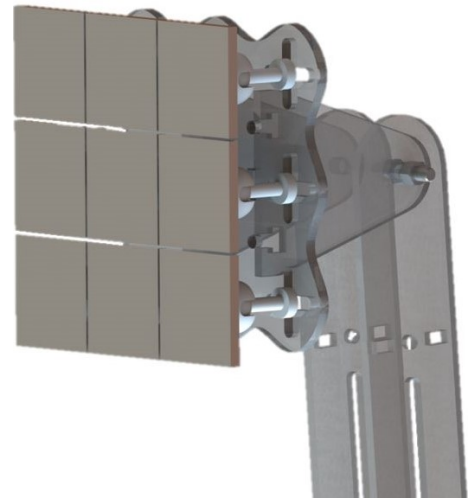


Figur 8.6: Forskjellige oppsett mk2.

8.2 Prototyping

8.2.1 Mk1

Utgangspunktet for prototypen var at den skulle kunne justeres opp slik som vist på Figur 8.3 på side 53 og ha ønskede dimensjoner. Alle komponenter ble modellert i SolidWorks og deretter montert i en sammenstillingsfil. Dette gir muligheten for å sjekke at komponentene passer sammen og at justeringsmulighetene er tilfredstillende. Det er i hovedsak speilmatriksen med justeringsmekanisme og innfesting til søyle som er modellert se Figur 8.7, til innfesting av lyskilde og foten har det blitt benyttet tilfeldige elementer som var lett tilgjengelig. Gjennom hele designprosessen ble det lagt vekt på å holde antall komponenter nede for å forenkle montering og produksjon.



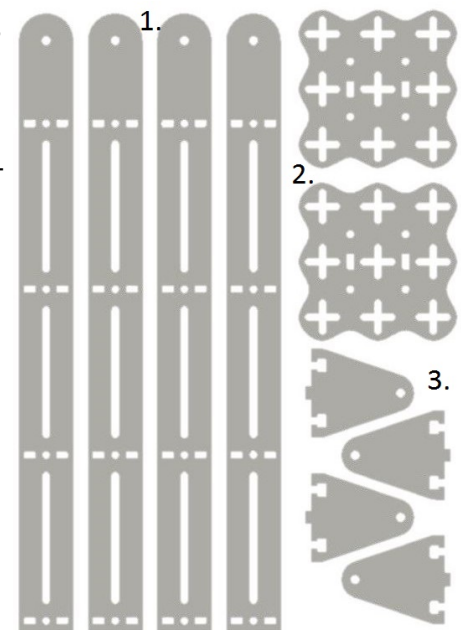
Figur 8.7: Mk1 Solidworks rendering.

Komponenter, materialvalg og tilvirkning

Strukturelle komponenter

Konstruksjonens hovedkomponenter er vist på Figur 8.8, søyle(1), innfestingsplate(2) og hengsel(3). Søylene er konstruert med ekstra hull for å være tilpassningsdyktig med tanke på montering av lyskilden. Innfestingsplaten har ni spor formet som et kryss for å gjøre det mulig å endre på speilplasseringene individuelt. Hengslene er bindeleddet mellom innfestningsplaten og søylene og gir mulighet for å endre på vinkelen til hele speilmatriksen. Disse komponentene er konstruert slik at de kunne produseres ut fra en og samme plate for å begrense antall operasjoner. Det endte opp med å bli fem komponenter pr. modell, to av søyleprofilene, to av hengsleprofilene og en innfestingsplate.

Valgte å benytte plexiglass til disse komponentene, da dette er lett tilgjengelig, billig og enkelt å bearbeide. Når det kom til tilvirkningen ble skolens CNC-maskiner benyttet, siden dette er en nøyaktig og selvgående prosess. Siden alle disse komponentene var samlet på den samme platen kunne det lages en felles arbeidsfil for disse, slik at det kun ble en operasjon.



Figur 8.8: Produksjon av to sett komponenter.

Kuleledd

En viktig egenskap ved denne prototypen er justeringsmuligheten av hvert enkelt speil. Her ble det konstruert et kuleledd som tillater minimum 45° justering i alle retninger og opp til 90° om to akser. Kuleleddet består av to komponenter en del som festes til innfestingsplaten og en del som festes til hvert speil. Ved konstruksjon av disse var det viktig at det var tilstrekkelig åpning i kuleholderen slik at kulen lot seg montere, samtidig som det opprettholdes tilstrekkelig friksjon mellom de to komponentene etter montering.

Kuleleddene ble laget i ABS-plast med bruk av 3D-printing. Dette er en rask og effektiv måte å lage vanskelige geometriske former på. Dette er på linje med CNC-maskineringen er selvgående prosess som er meget godt egnet til prototyping.

Fot og lyskilde innfesting

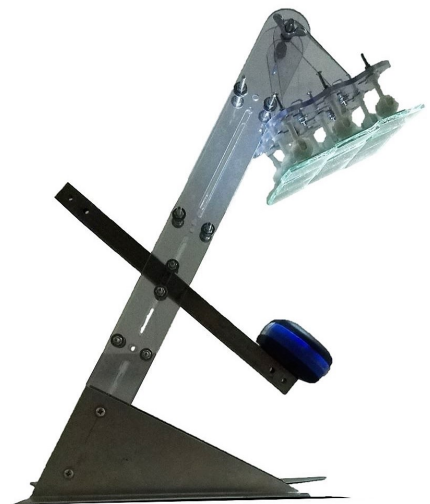
Her er det som nevnt benyttet elementer som var tilgjengelig på daværende tidspunkt. Til fot er det knekt til en trekantet aluminiumsplate, denne gjør at søylen får riktig vinkel. Som innfesting av lyskilden er det benyttet et vanlig 20x20mm firkantrør i stål, noe som var ønskelig siden lyskilden festes med magnet.

Speil

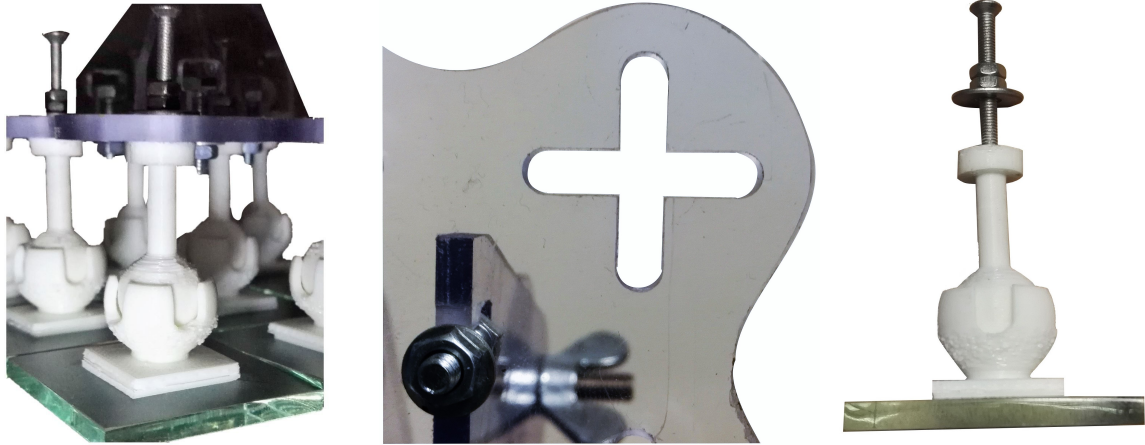
Speilene som er benyttet er vanlige glasspeil med 4mm tykkelse, disse ble kuttet hos glassmester til 40x40mm. Disse har en reflekterende overflaten bak glassplaten.

Montering

Ved montering av hovedkomponentene har det blitt benyttet M4 skruer, muttere og skiver. Søylen og hengselprofilen er montert ved bruk av M5 skruer og vingemuttere for å enkelt kunne låses i ønsket posisjon. For å feste kuleleddene til innfestingsplaten er det benyttet M3 skruer, skiver og muttere, den andre delen av kuleleddet er festet til hvert speil med bruk av dobbeltsidig tape.



Figur 8.9: Mk1 prototype fra siden.

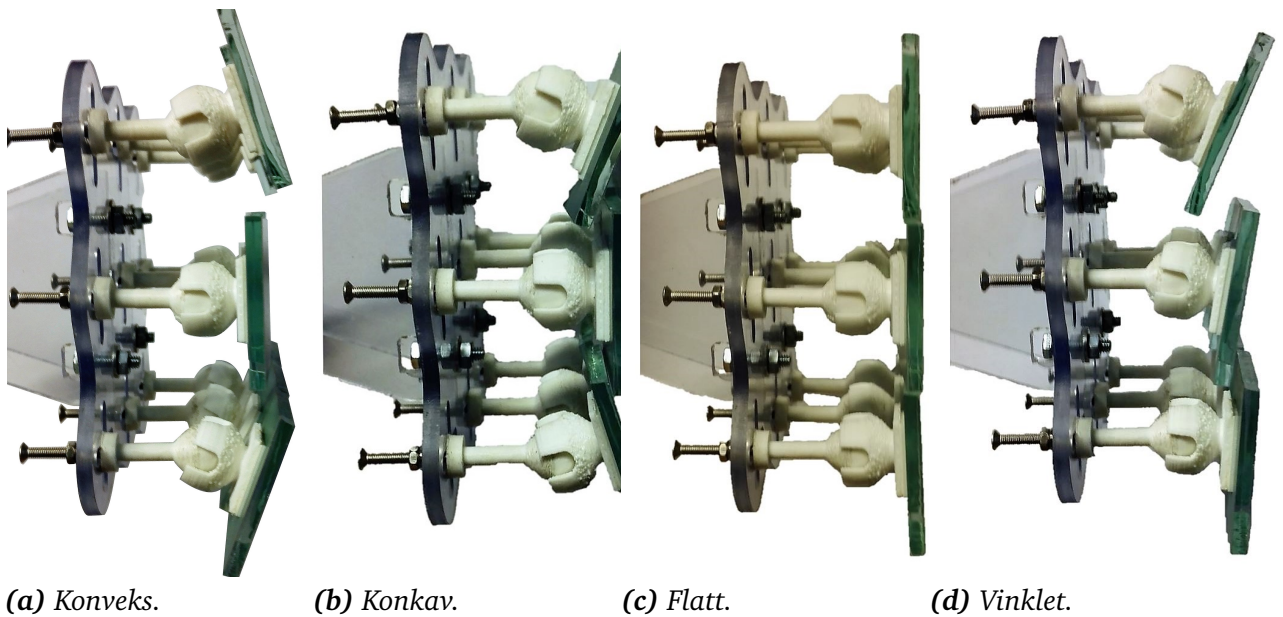


(a) Detaljbilde sammenstilling. (b) Detaljbilde av innfesting. (c) Detalj av kuleledd.

Figur 8.10: Detaljbilder av kuleledd og innfesting.

Endelig resultat

Den ferdige prototypen tilfredstiller de kravene som ble satt på forhånd og skal være godt egnet for de tiltenkte testene. Ved sammenligning av de ønskede oppsettene på Figur 8.3 på side 53 og de mulige oppsettene med prototypen på Figur 8.11 er resultatet som ønsket. Figur 8.9 på forrige side viser prototypen ferdig montert.



Figur 8.11: Forskjellige oppsett mulig med prototypen.

8.2.2 Mk2

Som på Mk1 benyttes det lett tilgjengelige materialer som plexiglass, stål og standard festemidler. I motsetning til tidligere er det nå benyttet laserkutter som alternativ til CNC maskin for å spare tid. Det benyttes fem lineær akuatorer kombinert med tilhørende styringsbrikker og diverse elektronikk. Denne utgaven har et stort fleksibelt speil, noe som reduserer antallet komponenter. Det viktig at speilmaterialet er fleksibelt nok til at akuatorene klarer å bevege på det, samtidig som det har nødvendig stivhet slik at det blir flatt i ubelastet posisjon.

Komponenter, materialvalg og tilvirkning

Strukturelle komponenter

Søylen og foten blir i denne utgaven laget av 30x30mm firkantør i stål. I søylerøret blir det frest spor på 6mm, disse sporene er for innfestningsmekanismen til lyskilden. Innfestningsplaten og den ene komponenten av vridningsleddet lages av plexiglass, da dette er et lett og robust materiale. Til den andre komponenten i vridningsleddet som festes til søylen blir det benyttet en stålplate som bøyes til og det borres hull for gjennomgående bolt.

Lysklide innfesting

Her benyttes det et enkelt flattstål med et tverrsnitt på 6x20mm, dette er robust og enkelt å feste lyskilder til. Det er montert to forskjellige lyskilder på denne, en enkel LED diode og en LED matrise med 48 dioder.

Kuleledd

Som på den første prototypen spiller også kuleleddet en viktig rolle i denne andre utgaven. Er ikke avhengig av like store justeringsmuligheter i dette tilfellet, men velger å ta utgangspunkt i det samme kuleleddet. Delen som festes til speilet forblir uforandret, men den andre delen endres noe for å tilpasses montering på lineærakuatorerene. Som tidligere skal disse produseres i ABS-plast i 3D-printeren.

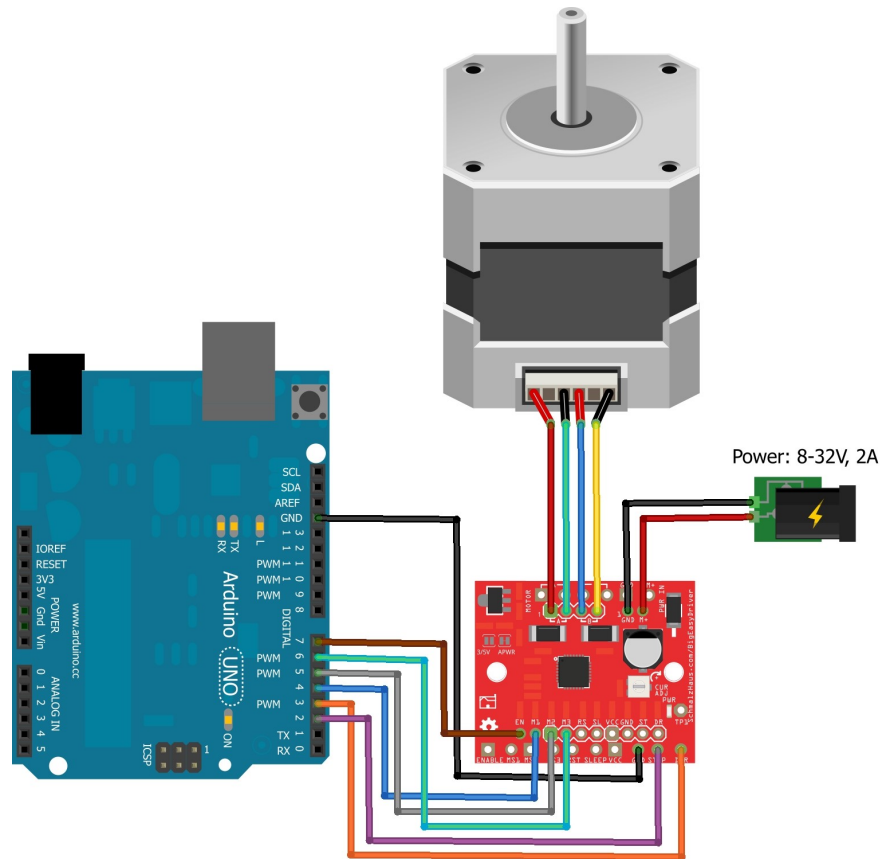
Elektronikk

Det blir benyttet fem lineærakuatorer av typen Minebea PL35, dette er stepper-motorer. På en stepper-motor er en omdreining delt opp i et gitt antall «steps» noe som gir full kontroll posisjonen dems. Disse kan beveges 10mm ut og inn, noe som gir en maksimal vandring på 10mm på prototypen. Til hver akuator kobles det en egen styringsbrikke som



Figur 8.12: SolidWorks rendering av Mk2.

i kombinasjon med en Arduino Uno brukes til å endre speilets fasong. Koden har definert flere justeringsmuligheter for akuatorene slik at de kan justeres etter ønske. Siden akuatorene er styrt elektronisk på denne måten sikrer man at forsøkene er repeterbare. I første omgang er det bare mulig å justere en akuator av gangen, ved en endelig utgave skal alle fem akuatorene kunne styres samtidig.



Figur 8.13: Illustrasjon av oppkobling[11]

Speil

Speilet benyttet her er et 1.5mm tykt polystyren speil. Dette speilet har speilflaten direkte på overflaten, i motsetning til glass speilet benyttet på Mk1.

Montering

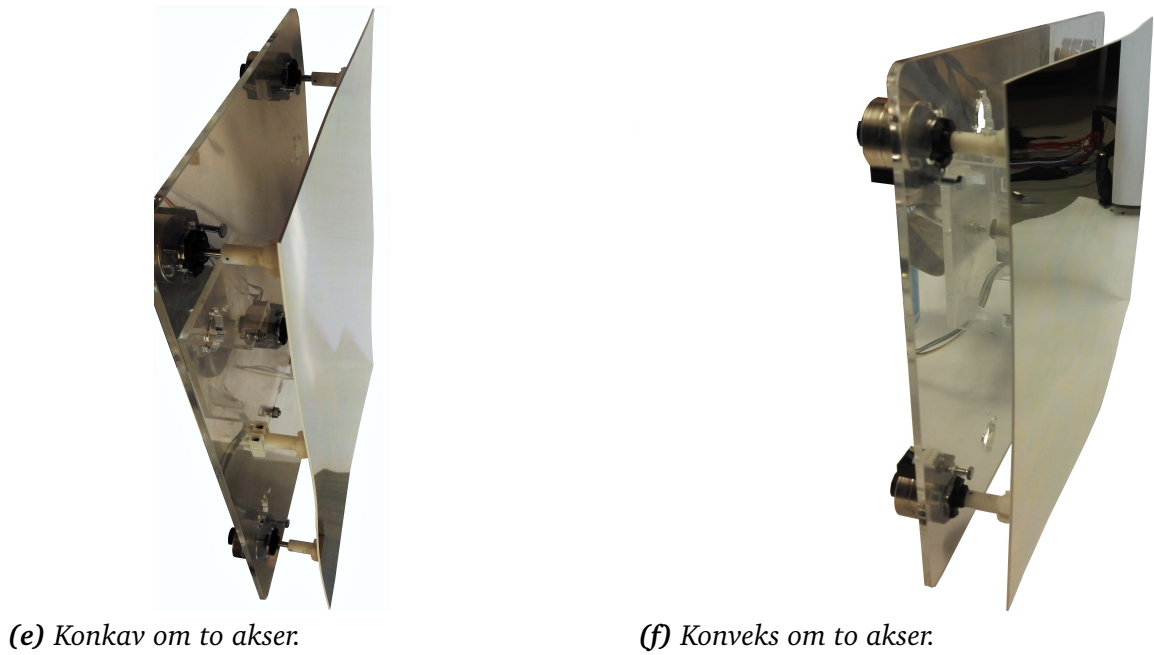
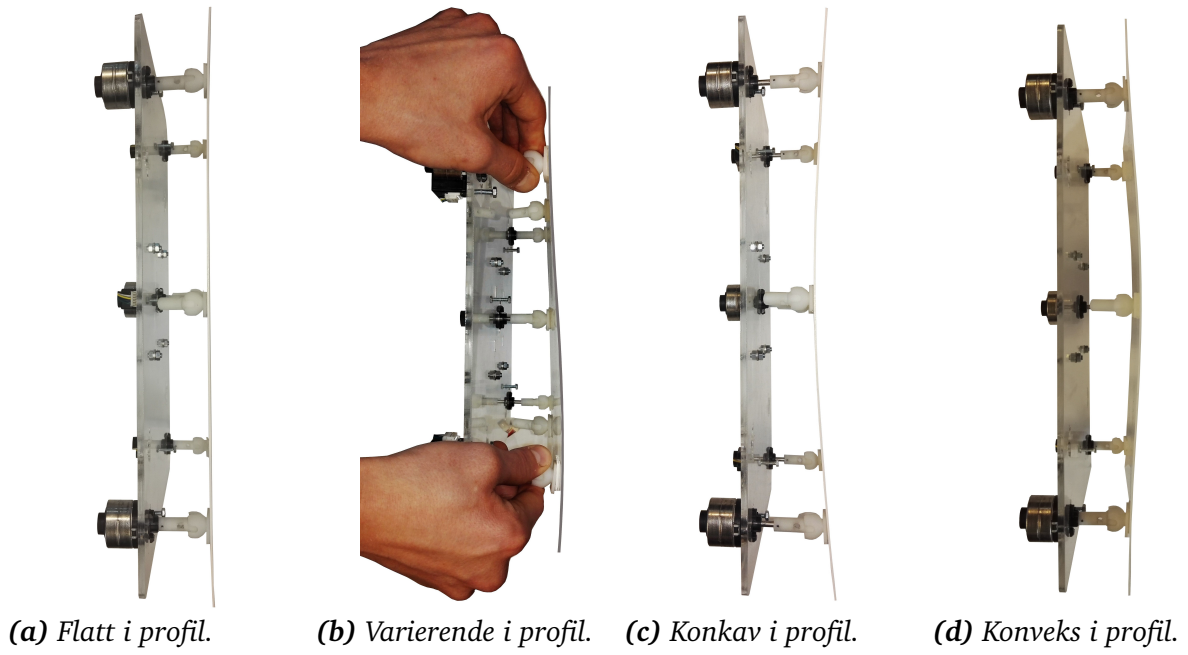
Det blir benyttet så mye standard festemidler som mulig ved montering. I tillegg til skruer og bolter vil det bli benyttet lim. Det blir brukt egnet lim for sammenføring av visse plexiglass komponenter. Stål komponentene i stativet sveises sammen. Stativet består av to komponenter etter sveising, disse monteres sammen med en vingebolt. Kuleleddene festes til speilets bakside ved bruk av dobbeltsidig tape. Den andre enden av kuleleddet festes til akuatorne ved bruk av en gjennomgående låsesplint.

Endelig resultat

Det endelig resultatet ble som forespeilet tilsvarende det planlagte designet. Prototypen gir tilfredstillende justeringsmuligheter når det kommer til vinkling og plassering både for speilet og lyskilden.



Figur 8.14: Mk2 prototype sett skrått forfra.



Figur 8.15: Forskjellige oppsett mulig med prototypen.

9. PROTOTYPE TESTING

Testingen av begge prototypene blir gjennomgått og resultater fremlagt for videre sammenligning med senere simuleringer.

Hovedmål for prototypetestingen

Få innsikt i hvordan lyset oppfører seg ved å bli styrt av speil i forskjellige konfigurasjoner og forskjellige fasonger.

Delmål for prototypetestingen

- Teste ut nye tekniske løsninger.
- Generere sammenligningsgrunnlag for datasimuleringer.

9.1 Forsøksplan Mk1

Formålet med denne første prototypen er å teste konseptet med å dele opp eller styre en lyskilde med bruk av en matrise med individuelle speil. På bakgrunn av prototypens forenklete funksjon er det ikke grunnlag for å benytte disse resultatene til noen videre sammenligning med datasimuleringer.

Siden disse forsøkene kun er for å øke egen forståelse og teste enkle prinsipper, ses det ikke som nødvendig å dokumentere dette forsøksoppsettet i noen større grad.

Testene ble foretatt i et rom uten vinduer for å oppnå så klare resultater som mulig.

Forenklinger og begrensninger:

- Ingen lysmålinger eller beregninger er utført.
- Ingen målte vinkler eller avstander ved justering av speil og lyskilde.

Hovedmål for Mk1 test:

Gi erfaringer og innsikt om bruken av speil til å styre lyset som kan benyttes i det videre arbeidet mot neste prototype.

Delmål for Mk1 test:

- Resultatet av oppdelt speilflate.
- Forsøk med ulike speilkonfigurasjoner.

9.2 Testing Mk1

Det er benyttet en enkel LED lommelykt fra ved disse forsøkene, denne har en noe ujevn spredning, men tilstrekkelig nøyaktighet til å utføre disse forsøkene. Lykten består av 24 LED dioder og avgir 100-110 lumen, den har omtrent ønsket geometrisk fasong på lys-overflaten som ønskelig. Det er stor fare for at det blir mye spillys i disse forsøkene, men siden dette kun er for å se på selve lysbildet så har det ingen betydning. For å minimere spillys er avstanden mellom speil og lyskilde gjort så kort som mulig, slik at mesteparten av lyset blir benyttet. Dette fører dermed til at hver enkelt diodes avgitte lys kan skimtes i det reflekterte lysbildet.

Det er valgt ut fem forskjellige speilkonfigurasjoner som det blir utført forsøk på, rett, konveks om horisontalaksen, konkav om horisontalaksen, vinklede rader og individuelt justerte speil. Speilene og lyskilden blir justert etter beste evne for å få frem en så god illustrasjon av de forskjellige oppsettene som mulig.

Muligheter med prototype

Rett konfigurasjon

Oppsett og hypotese: Dette oppsettet er å betrakte som et vanlig speil, bare at det er delt inn i ni separate deler. Inndelingen av speilene fører i praksis til at det blir litt avstand mellom speilene som igjen vises på det reflekterte lysbildet, samme effekten som at et tv-bilde er bygget opp av piksler.

Resultat: Det avgitte lysbildet fra dette oppsettet er et godt sammenligningsgrunnlag for de resterende alternativene. Resultatet av dette oppsettet var mer eller mindre som forventet, det oppstår relativt klare skiller mellom de forskjellige speilflatenes speilbilde se 9.1a på side 66.

Konkav konfigurasjon

Oppsett og hypotese: Her er speilene justert i konkav posisjon om den horisontale aksene. Dette oppsettet skal ifølge teorien ha tilsvarende spredning sideveis som det flate speilet, men det skal samle mer av lyset langs den horisontale aksene.

Resultat: Som forventet har får man et klart fokuspunkt langs den horisontale aksene for lyset med denne konfigurasjonen, se Figur 9.1b på side 66.

Konveks konfigurasjon

Oppsett og hypotese: Med speilene justert i konveks posisjon, er det forventet stor spredning på lysbildet om den horisontale aksene. Som tidligere vil bredden på lysbildet forbli den samme, siden det kun er konvekst om den horisontale aksene.

Resultat: Som forventet blir det en klar spredning i lysbildet om den horisontale aksene. Spredningen er her såpass stor at lysbildet kan bli oppfattet som tre separate lyskilder se

Figur 9.1c på neste side.

Radvis vinklet konfigurasjon

Oppsett og hypotese: Her er hver speilrad justert i forskjellige vinkler tilsvarende Figur 8.11d på side 58. Dette oppsettet skal gjøre at man kan få en jevnere fordeling av lyset, da vinklingen vil motvirke så stor spredning om den horisontale akse.

Resultat: Lysbildet ble som forventet det best fordelte av de som er testet hittil. Resultatet er ganske likt som ved konkavt oppsett, bortsett fra at fokuspunktet er mindre, se Figur 9.1d på neste side.

Individuelt vinklede speil

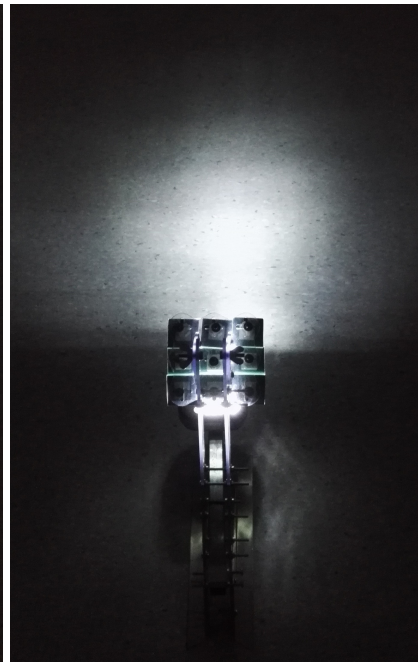
Oppsett og hypotese: I dette tilfellet er hvert speil justert individuelt med mål om å få det best fordelte lysbildet mulig med prototypen. Forventer her en relativt rektangulær lysfordeling.

Resultat: Lysfordelingen ble som forventet den best fordelte av oppsettene som er testet. Det oppstår fortsatt ett klart fokuspunkt i midten av lysbildet, men sett over ett er fordelingen meget god sammenlignet med resten se Figur 9.1d på neste side.

Resultater



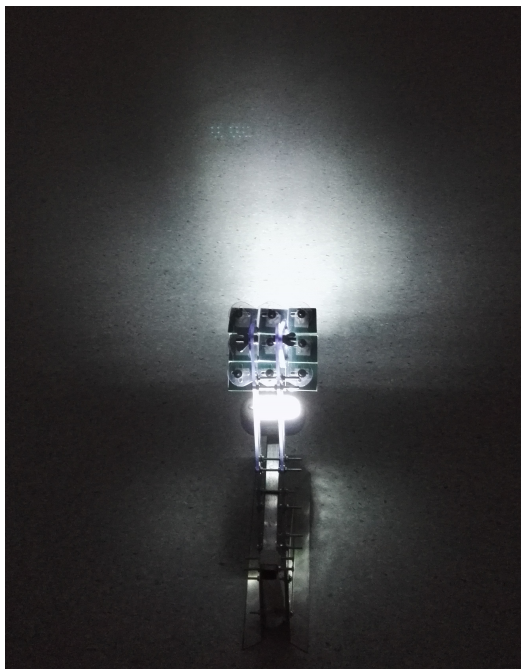
(a) Lysspredning ved rett speiloppsett.



(b) Lysspredning ved konkavt speiloppsett.



(c) Lysspredning ved konvekst speiloppsett.



(d) Lysspredning ved vinklede speil.



(e) Lysspredning ved individuelt justerte speil.

Figur 9.1: Lysspredning ved forskjellige oppsett.

Mk1: Erfaring å ta med videre

Testing av denne utgaven ga god innsikt i hvordan lyset oppfører seg ved de forskjellige oppsettene. Grunnet stor unøyaktighet ved justering og dårlig kontroll på lyskilden blir det kun utført prinsipielle tester, de gir ikke tilstrekkelig grunnlag for å gå videre til simuleringsstadiet.

Ved testing av dette prinsippet med flere individuelle speil, oppstår det ofte klare skiller mellom lyset reflektert fra hvert speil. Her kreves det stor nøyaktighet på justeringsmekanismen for å unngå ujevn belysning på flaten.

Modellen fungerte greit til enkle prinsipp tester, men var for vanskelig å gjøre nøyaktige innstillinger av speil og lyskilde. Tror mye av denne problematikken hadde blitt løst ved å skalere opp speilmatrisen til omlag det dobbelte, slik at alt ble større og enklere å gjøre mer nøyaktige justeringer. Mye av unøyaktigheten har også med lyskilden å gjøre, for nøyaktige forsøk er man avhengig av en lyskilde med mer kontroll over lyskjeglen.

9.3 Testing Mk2

Selve testingen er delt i to faser, den første er for å demonstrere mulighetene med denne prototypen. Den andre fasen er for bruk til videre sammenligning med datasimuleringer og dette er kun utført for et oppsett.

Hovedmål for Mk2 test:

Gi erfaringer og innsikt om bruken av speil til å styre lyset som kan benyttes i det videre arbeidet mot neste prototype.

Delmål for Mk2 test:

- Teste ut nye tekniske løsninger.
- Gi økt innsikt i hvordan lyset oppfører seg ved bruk et fleksibelt speil.
- Gi resultater som til en viss grad kan benyttes til å verifisere datasimuleringer.

9.3.1 Testing fase 1

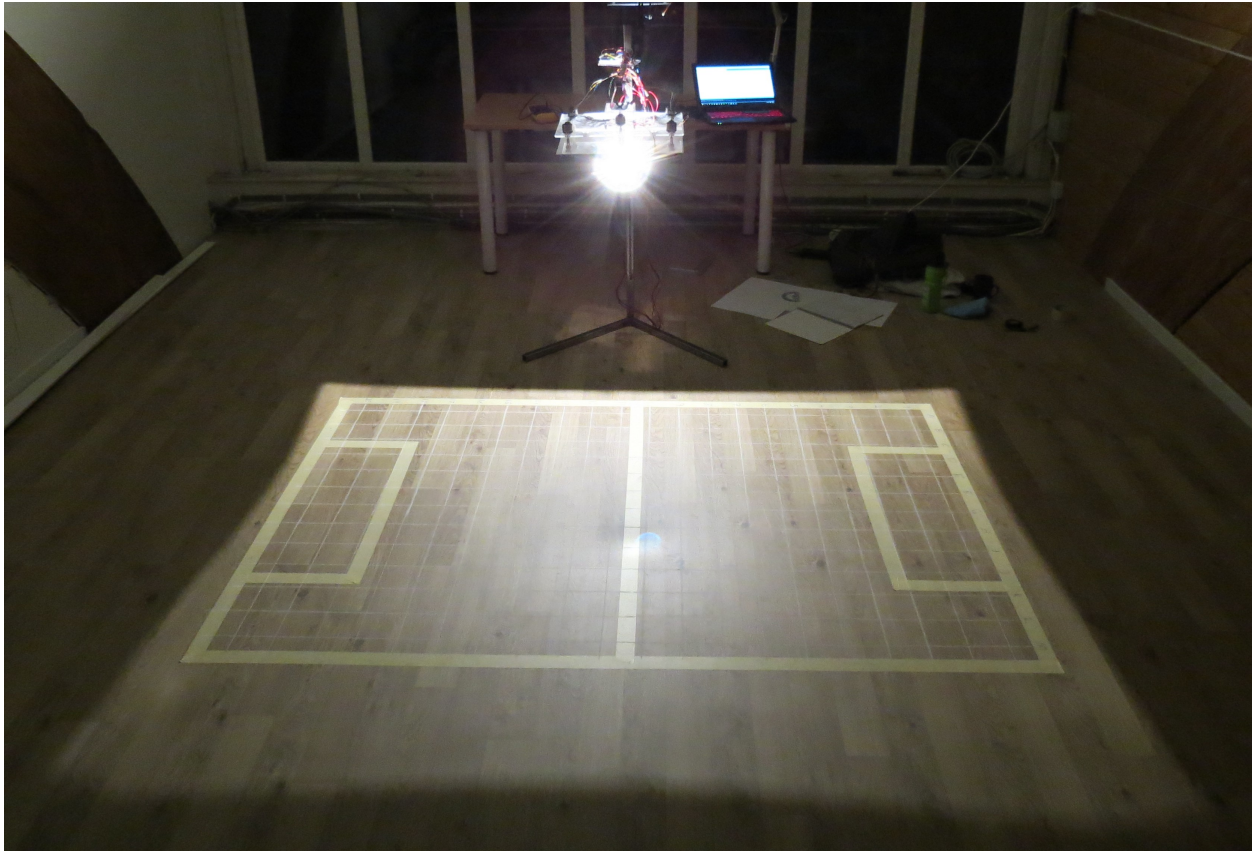
Denne første fasen har som formål å illustrere virkningen av de forskjellige oppsettene som er mulig med denne prototypen.

Mulige oppsett

Rett konfigurasjon

Oppsett og hypotese: I dette oppsettet skal speilet i utgangspunktet fremstå som helt flatt. Siden det her er benyttet en sammenhengende speilflate unngår man problemene med synlige skiller mellom speilflatene som ved Mk1.

Resultat: Siden det her er benyttet et fleksibelt speilmateriale er det vanskelig og oppnå en perfekt flat overflate som man kan se på Figur 9.2.



Figur 9.2: Flat konfigurasjon.

Variierende vinkel

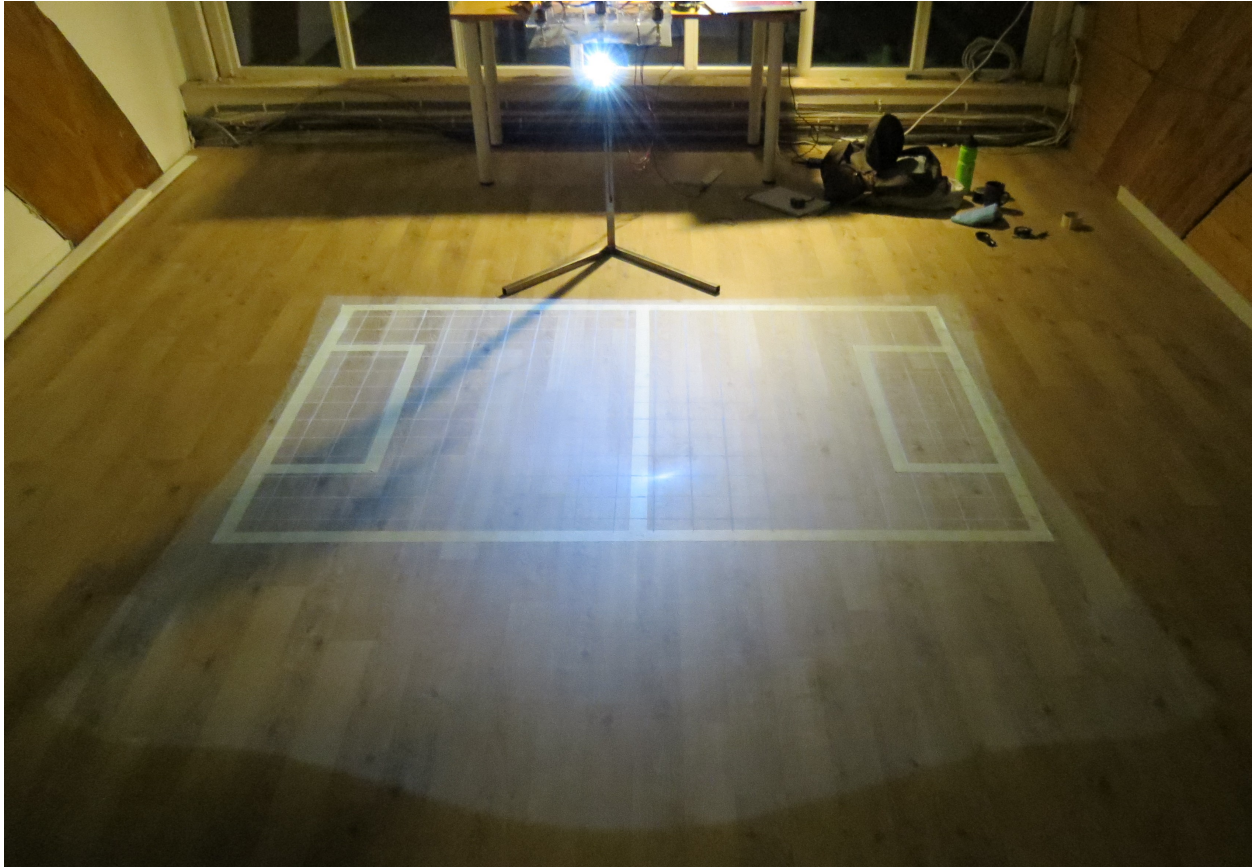
Oppsett og hypotese: Her skal speilet i utgangspunktet ha både en konveks og en konkav del hvis man ser det i profil se Figur 8.15b på side 62.

Resultat: Dette viste seg å være vanskelig å oppnå, siden man da er avhengig av å kunne låse kuleleddene. Da denne funksjonen ikke er tilgjengelig vil speilflaten kun bli vinklet i forhold til utgangsposisjonen. For å illustrere denne posisjonen var det da nødvendig å låse kuleleddene manuelt. Grunnet denne problemstillingen vil ikke denne konfigurasjonen bli demonstrert ved bruk av prototypen.

Konkav

Oppsett og hypotese: I denne konfigurasjonen er speilet konkavt om vertikal akse og skal ifølge teorien fokusere lyset mot denne vertikale aksene. Dette vil i praksis si at lysbildet blir smalere om den vertikale aksene.

Resultat: Som forventet ble lyset fokusert mot den vertikale aksene. Selve lysbildet får litt varierende fasong langs kantene grunnet at speilets fasong ikke er perfekt konkavt. Se Figur 9.3 på neste side.

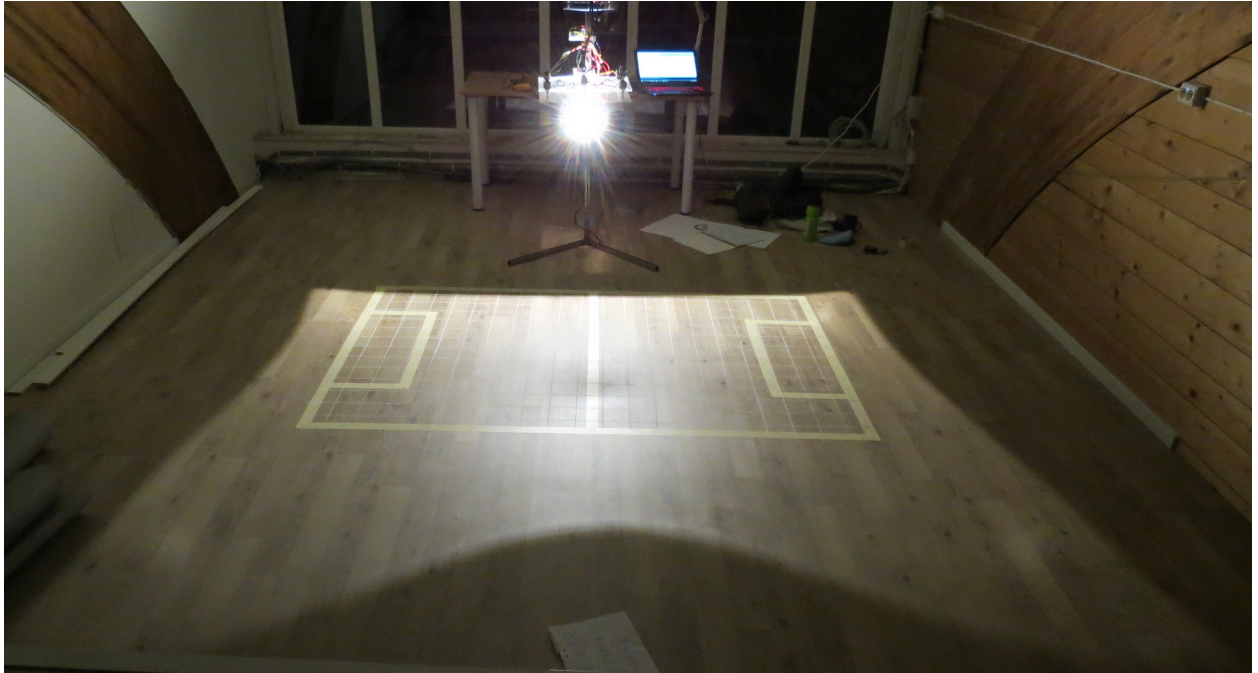


Figur 9.3: Konkav konfigurasjon

Konveks

Oppsett og hypotese: I denne konfigurasjonen er speilet konvekst om vertikal senterakse og ifølge teorien skal det da spre lyset om vertikal akse. Dette vil i praksis si at vi får et bredere lysbilde.

Resultat: Som forventet ble lysbildet bredere men grunnet lysets vinkel inn mot speilet og speilets fasong oppstår det en «sommerfugl» lignende fasong på den ene langsiden se Figur 9.4 på neste side.



Figur 9.4: Konveks konfigurasjon

Konkav om to akser

Oppsett og hypotese: I denne konfigurasjonen skal speilet i utgangspunktet ha en dobbeltkrum overflate, altså som en tv parabol. Denne fasongen fokuserer i utgangspunktet lyset mot et felles punkt.

Resultat: Dette tilfellet viste seg å være utfordrene å få til i praksis. Speilmaterialet er ikke tilstrekkelig elastisk til at det tillater tilstrekkelig krumming om to akser til at man ser effekten av det. Denne konfigurasjonen vil ikke bli demonstrert med prototypen.

Konveks om to akser

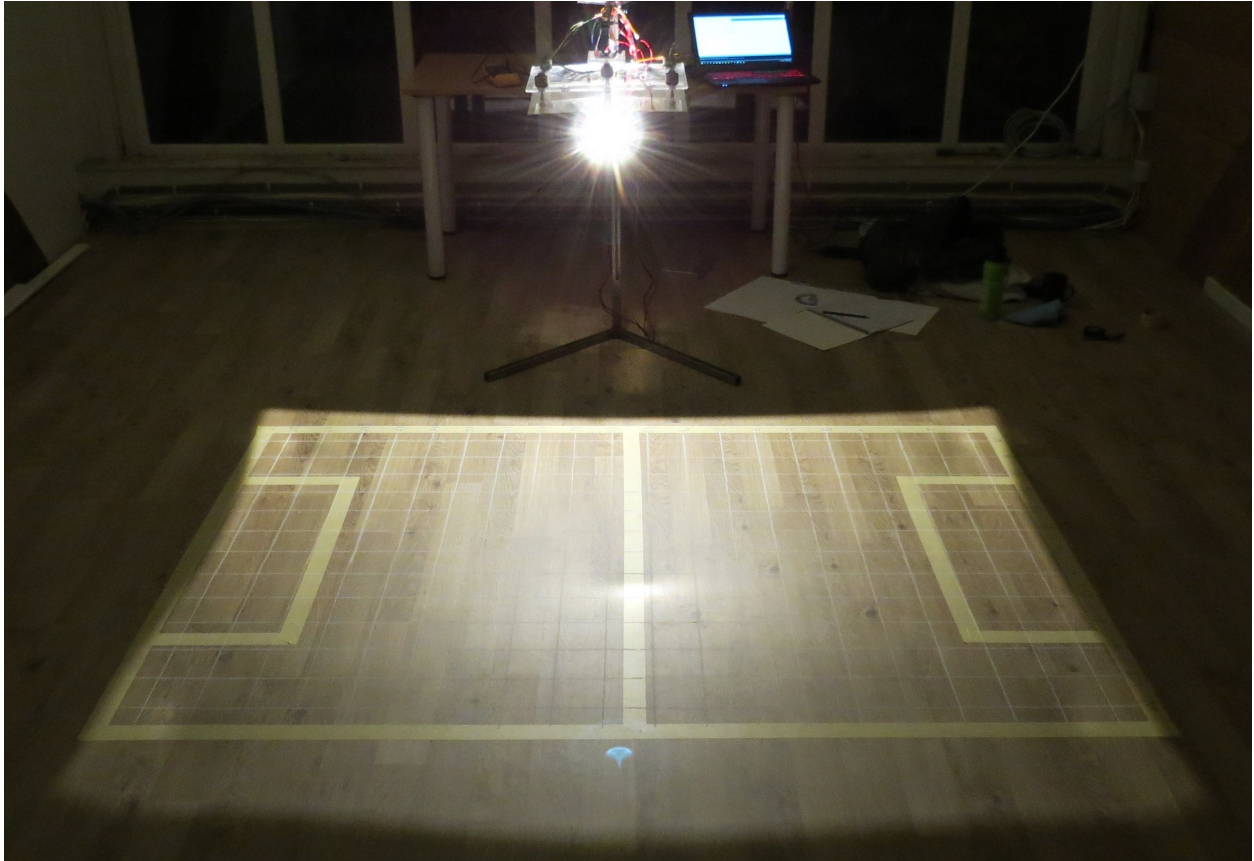
Oppsett og hypotese: Dette tilfellet skal også ha en dobbeltkrum overflate, altså som utsiden av en parabol. Denne fasongen sprer i utgangspunktet lyset bort fra midten av speilet.

Resultat: Også dette tilfellet viste seg å være vanskelig å få til grunnet speilmaterialets egenskaper. Speilmaterialet er rett og slett ikke tøyelig nok til at det tillater en manipulasjon som gir en synlig effekt. Dermed blir ikke dette tilfellet demonstrert med prototypen.

Korrigert fasong

Oppsett og hypotese: Dette tilfellet tilsvarende situasjonen med individuelt justerte speil ved Mk1 utgaven. Målet med denne er å tilpasse lysbildets fasong til flaten man skal belyse, som i dette tilfellet er rektangulær.

Resultat: Ved å justere de de ytterste hjørnene på speilet førte det til at lysbildets opprinnelige v-fasong ble korrigert. Resultatet ble at lyset treffer innenfor ønsket bredde som vist på Figur 9.5 på neste side.



Figur 9.5: Korrigert konfigurasjon

9.3.2 Testing fase 2

Fase 2 går ut på å utføre lysmålinger av et prototype oppsett. Lysmålingene ble foretatt på nattetid for å begrense tilførselen av naturlig lys. Målingene ble foretatt på en nedskalert fotballbane, i målestokk 1/52,5 for å være nøyaktig. Antall målepunkter er i henhold til gjeldende standard[1], det er 20 målepunkter i lengderetningen og 13 i bredden noe som tilsvarer en avstand på 10cm mellom punktene i benyttet skala.

Lyskilde CREE XP-E2 på 160 lumen.

Speilkonfigurasjon Konkav.

Måleareal og målepunkter Se Figur 9.8 på side 73

Lysmåler LIGHT METER STANDARD ST-1300, RANGE 200LUX-50000LUX

Forenklinger og begrensninger:

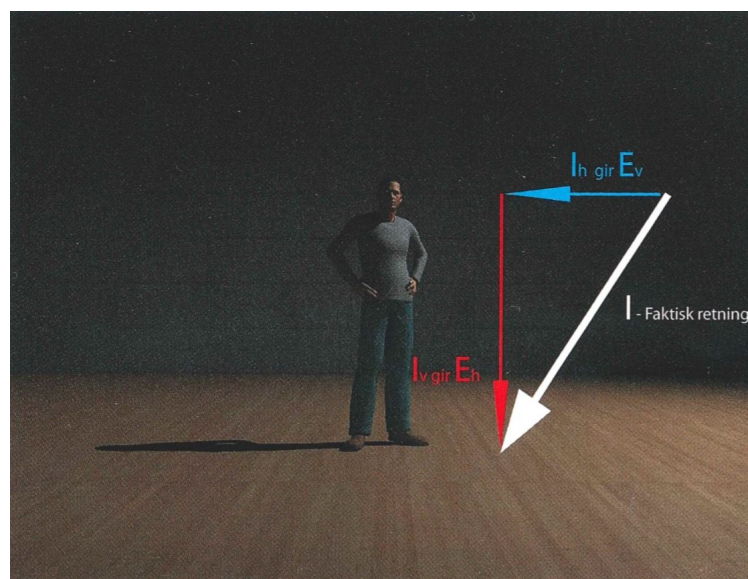
- Speilets egentlige fasong kan variere fra den modellerte.
- Lyskilden brukt til testing var batteridrevet, effekten kan avta utover i testen.
- Nøyaktighet på oppstillingen kan avvike, grunnet mekanisk og menneskelig faktor.

- Variasjon på målinger kan oppstå grunnet manuell posisjonering av instrument.
- Måleusikkerhet på instrument.

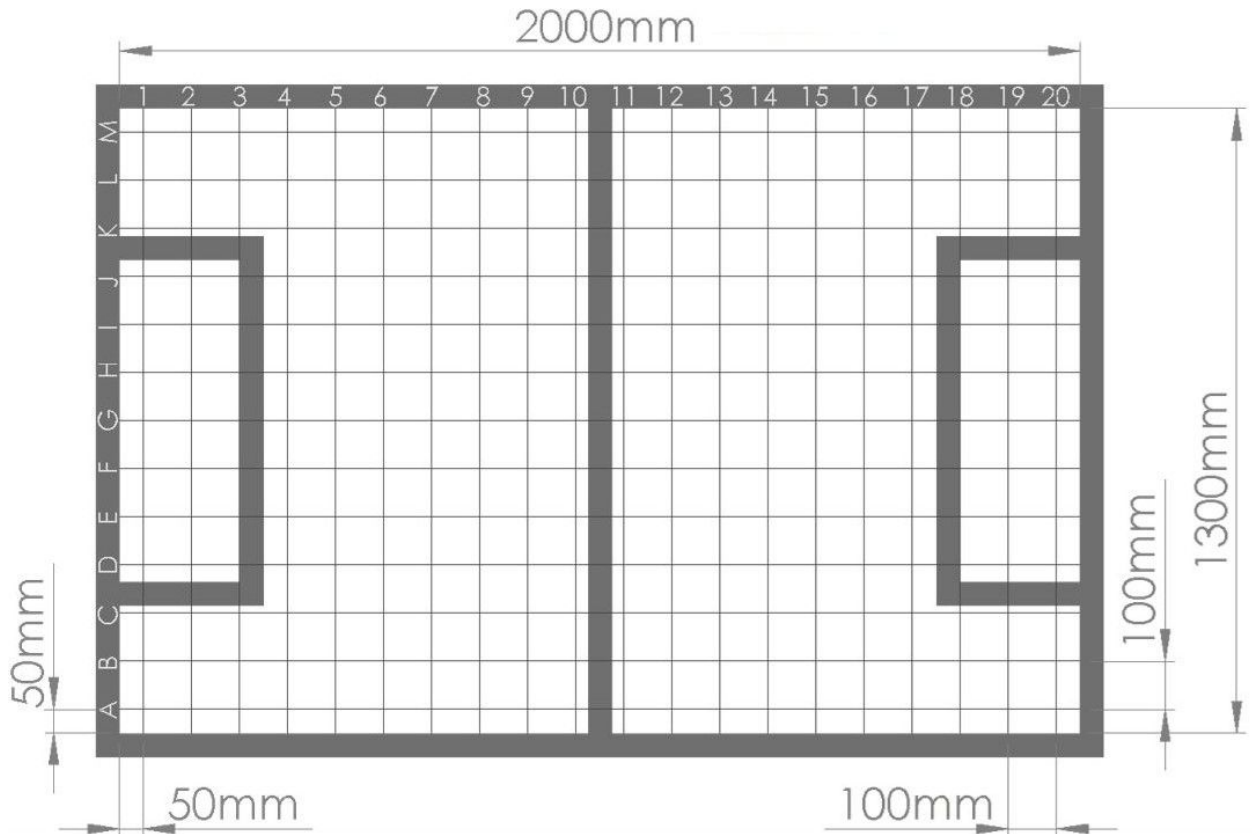
Det ble utført to målinger i hvert punkt, en horisontal og en vertikal måling. Ved horisontal måling ligger sensoren i senter av punktet, se Figur 9.6a og ved vertikal måling er den plassert parallelt med langsiden og 90° i forhold til underlaget, se Figur 9.6b. Grunnet det store antallet målinger ble symetrien i forsøket utnyttet og det ble kun utført målinger på en halvside, noe som reduserte antall målinger fra 520 til 260.



Figur 9.6: Måleutstyr og posisjoner.



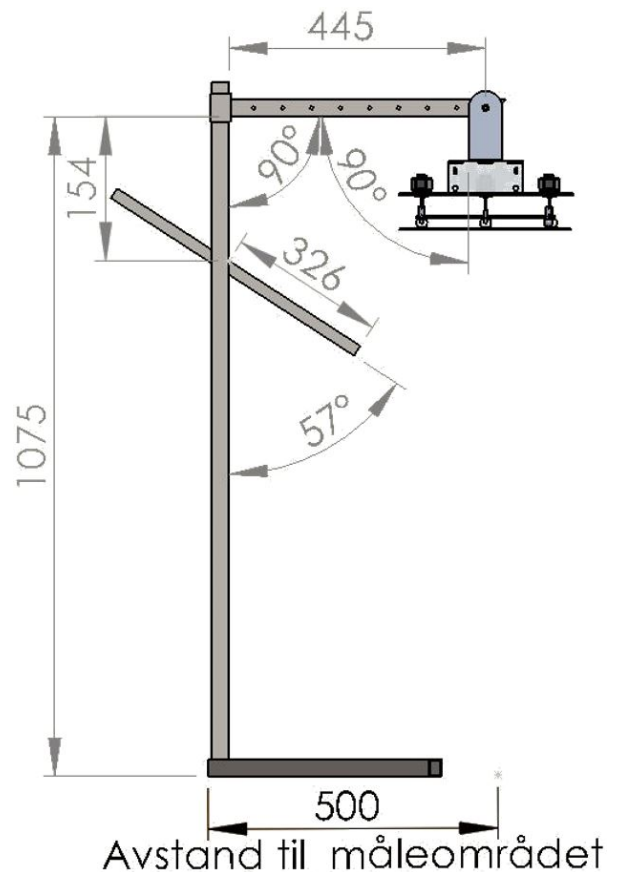
Figur 9.7: Illustrasjon av horisontal og vertikalbelysning.



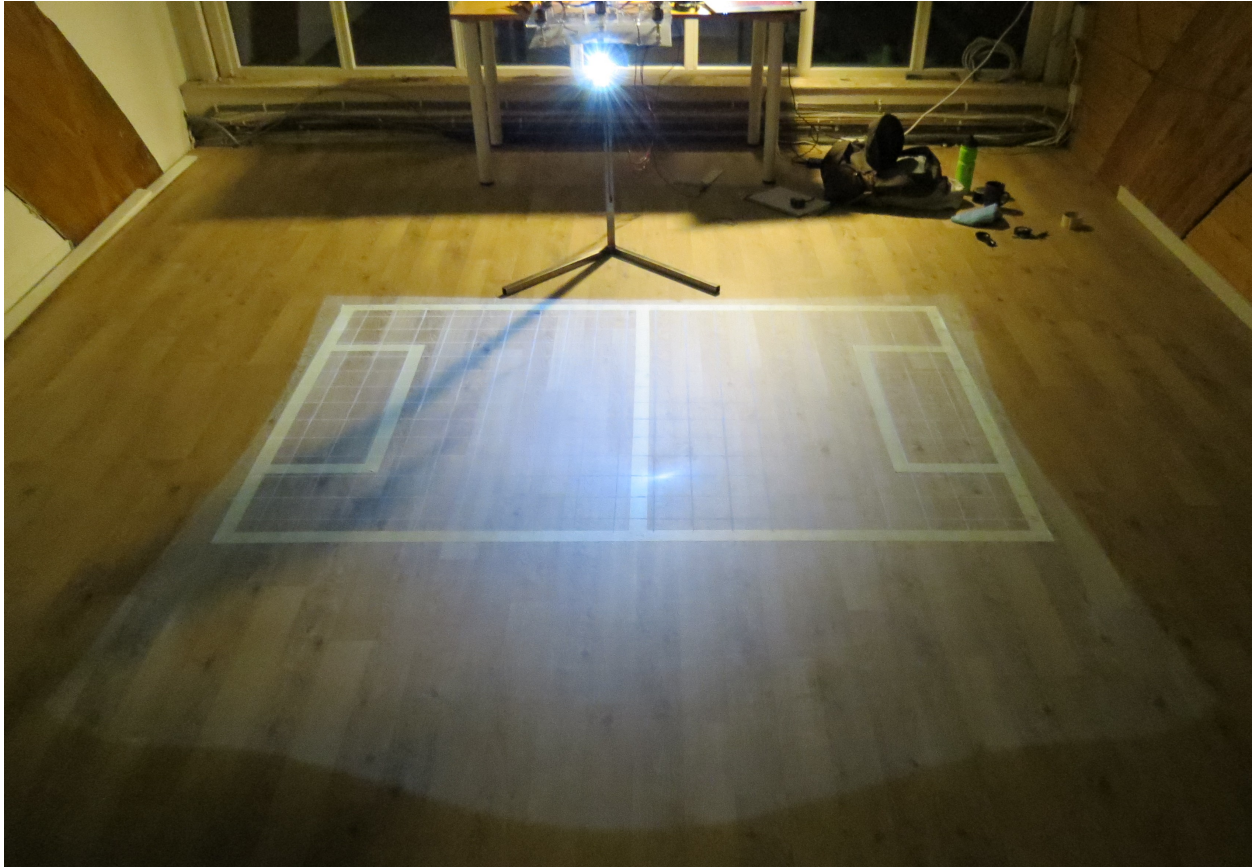
Figur 9.8: Figur viser avstander og nummerering for målepunkter i Tabell 9.1 på side 75.

Oppsett

Før målingene kunne utføres ble oppsettet justert til å treffe det oppmerkede området så bra som mulig. Når ønskede justeringer var foretatt, ble nødvendige avstander og vinkler dokumentert. Dette er essensielt med tanke på om det skulle være nødvendig å utføre tilsvarende forsøk igjen eller om det skal simuleres med data verktøy. Speilet er innstilt i konkav posisjon, altså at akuatoren i senter er helt inne og de resterende fire er kjørt helt ut, dette vil si at det er 10mm forskjell på akuatornes posisjon.



Figur 9.9: Oppsett ved lysmåling. Mål i mm.



Figur 9.10: Lysbildet med konkavt speil i testposisjon, bakgrunnsbelysning var avslått under testing.

Lysbildet i konveks posisjon har en noe spesiell fasong på den ene langsiden, men svarer bra med testområdet omriss på de resterende tre sidene. Denne fasongen kommer av den innkommende vinkelen på lyset langs denne kanten i kombinasjon med kantes fasong, speilmaterialets mangel på stivhet spiller også inn.

9.3.3 Resultater

Tabell 9.1: Resultater fra testing av Mk2, målt belysningsstyrke på en halv bane. 1-10 representerer langsiden, og A-M kortsiden av banen.

Alle verdier er i lx.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M	Vertikal	3,7	4,3	5,1	5,7	6,2	7,2	7,5	8,7	9,0	10,1
	Horisontal	2,2	2,6	3,0	3,5	3,8	4,2	4,6	5,1	5,4	5,8
L	Vertikal	4,3	4,8	5,7	6,5	7,3	7,7	8,3	9,2	10,6	12,1
	Horisontal	2,7	3,0	3,6	4,1	4,6	4,9	5,2	6,0	6,8	7,6
K	Vertikal	4,6	5,4	6,0	6,7	7,4	7,7	8,8	11	13,6	18,2
	Horisontal	3,2	3,5	4,0	4,6	5,1	5,4	6,1	7,4	9,5	15,3
J	Vertikal	4,8	5,6	6,1	7,0	7,5	8,5	10,1	11,2	13,9	11,1
	Horisontal	3,7	4,1	4,6	5,4	6,0	6,5	7,2	8,5	10,4	8,0
I	Vertikal	5,1	5,7	6,6	7,1	7,9	9,1	10,5	11,8	12,5	13,1
	Horisontal	4,0	4,4	5,1	5,9	6,7	7,7	8,6	9,7	10,3	10,2
H	Vertikal	5,2	5,6	7,0	7,3	8,8	10,3	11,2	12,6	12,8	14,1
	Horisontal	4,8	5,1	5,9	6,8	8,2	9,2	10,3	11,6	11,9	12,6
G	Vertikal	5,3	5,6	6,8	7,5	9,3	11,0	12,7	13,0	14,3	14,5
	Horisontal	5,1	5,5	6,4	7,6	9,2	10,7	12,0	12,6	13,8	14,7
F	Vertikal	5,3	5,7	7,1	7,9	9,1	10,0	12,8	14,3	15,2	16,2
	Horisontal	5,6	5,8	6,8	8,3	10,0	12,0	13,7	15,1	16,2	17,1
E	Vertikal	5,2	5,4	6,8	7,5	9,1	11,5	13,0	13,6	16,0	16,7
	Horisontal	5,6	6,1	7,1	8,9	11,0	13,2	15,5	17,2	18,3	19,8
D	Vertikal	4,5	4,7	6,1	7,0	9,2	10,2	12,5	13,5	15,7	16,0
	Horisontal	6,1	6,4	7,5	9,7	12,4	14,5	17,2	19,2	20,6	22,2
C	Vertikal	3,5	3,8	5,6	7,0	8,8	10,1	11,1	11,5	13,9	14,8
	Horisontal	6,1	6,8	8,6	10,7	13,2	15,9	19,1	21,6	23,3	24,5
B	Vertikal	2,8	3,8	5,1	6,1	7,8	8,6	10,5	11,1	13,4	15,2
	Horisontal	4,7	7,0	9,1	11,3	13,9	17,1	20,6	22,7	25,4	27,0
A	Vertikal	3,3	4,1	4,8	5,3	7,3	8,4	9,3	9,3	10,8	12,2
	Horisontal	6,6	8,3	10,4	12,4	14,0	17,3	20,0	24,0	26,6	29,5

Tabell 9.2: Tabellen viser resultatbelysningen av den vertikale og horisontale belysningen for hvert punkt i Tabell 9.1. 1-10 representerer langsiden, og A-M kortsiden av banen.

Verdier i lx.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M	4,3	5,0	5,9	6,7	7,3	8,3	8,8	10,1	10,5	11,6
L	5,1	5,7	6,7	7,7	8,6	9,1	9,8	11,0	12,6	14,3
K	5,6	6,4	7,2	8,1	9,0	9,4	10,7	13,3	16,6	23,8
J	6,1	6,9	7,6	8,8	9,6	10,7	12,4	14,1	17,4	13,7
I	6,5	7,2	8,3	9,2	10,4	11,9	13,6	15,3	16,2	16,6
H	7,1	7,6	9,2	10,0	12,0	13,8	15,2	17,1	17,5	18,9
G	7,4	7,8	9,3	10,7	13,1	15,3	17,5	18,1	19,9	20,6
F	7,7	8,1	9,8	11,5	13,5	15,6	18,7	20,8	22,2	23,6
E	7,6	8,1	9,8	11,6	14,3	17,5	20,2	21,9	24,3	25,9
D	7,6	7,9	9,7	12,0	15,4	17,7	21,3	23,5	25,9	27,4
C	7,0	7,8	10,3	12,8	15,9	18,8	22,1	24,5	27,1	28,6
B	5,5	8,0	10,4	12,8	15,9	19,1	23,1	25,3	28,7	31,0
A	7,4	9,3	11,5	13,5	15,8	19,2	22,1	25,7	28,7	31,9

10. SIMULERING VED DATAPROGRAMVARE

Det blir her utført simuleringer i APEX for både å teste selve programvaren og for å få sammenligningsgrunnlag å sette opp mot målte resultater ved prototypetestingen.

10.1 Simuleringsprosedyre

Hovedmål for simuleringer:

Simulere tilsvarende oppsett som det ble utført lysmålinger på med Mk2 prototypen.

Delmål for simuleringer:

- Teste ut APEX programvare.
- Gi resultater som til en viss grad kan benyttes til å verifisere forsøksresultater.

Oppsett tilsvarende med de målte verdiene vist på Figur 9.9 på side 73.

Lyskilde Cree XPE COOL W LED diode.

10.2 Simuleringsoppsett

Prosesstrinn:

Trinn 1: Design og oppsett av geometri

Trinn 2: Design og valg av lyskilde.

Trinn 3: Sporing av lystråler.

Trinn 4: Utføre analysen.

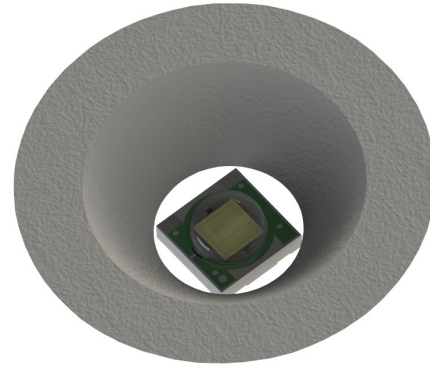
Trinn 1: For å sikre at oppsettet blir tilsvarende som under målingene, ble det konstruert en enkel figur med gitte mål og vinkler fra Figur 9.9 på side 73. Denne ble brukt som plattform for montering av speil og lyskilde for å sikre at de ble plassert riktig.

For å sikre at speilets fasong benyttet til simuleringer ble så lik originalen som mulig var det nødvendig å kopiere speilets fasong. Dette ble løst å holde et ark inntil langsiden av speilet og benytte en blyant langs konturen for å få et nøyaktig avtrykk. Avtrykket ble deretter digitalisert og benyttet som mal for modellering av speilflaten. Det ble også nødvendig å modellere en skjerm rund lyskilden for å sikre at spredningen er lik ved praktiske og simulerte forsøk. Måleflaten med tilsvarende kantlinjer som ved forsøk ble modellert.

Med alle nødvendige komponenter tilgjengelig ble oppsettet satt sammen.



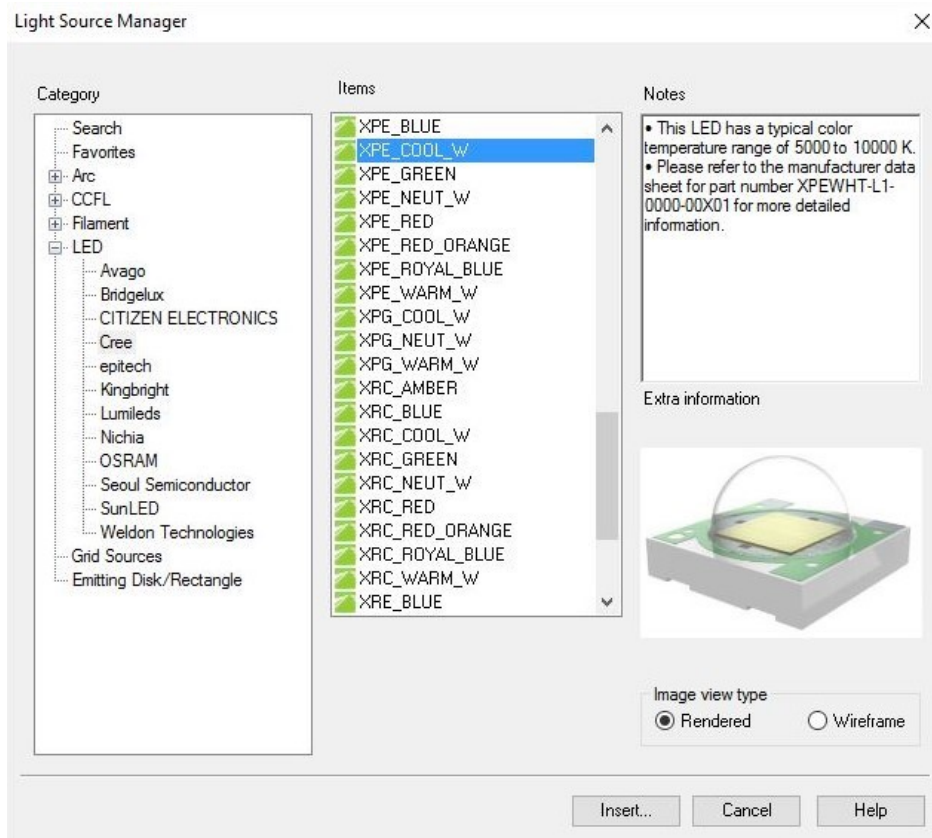
(a) Lyskilde benyttet ved forsøk.



(b) Lyskilde modellert i SolidWorks.

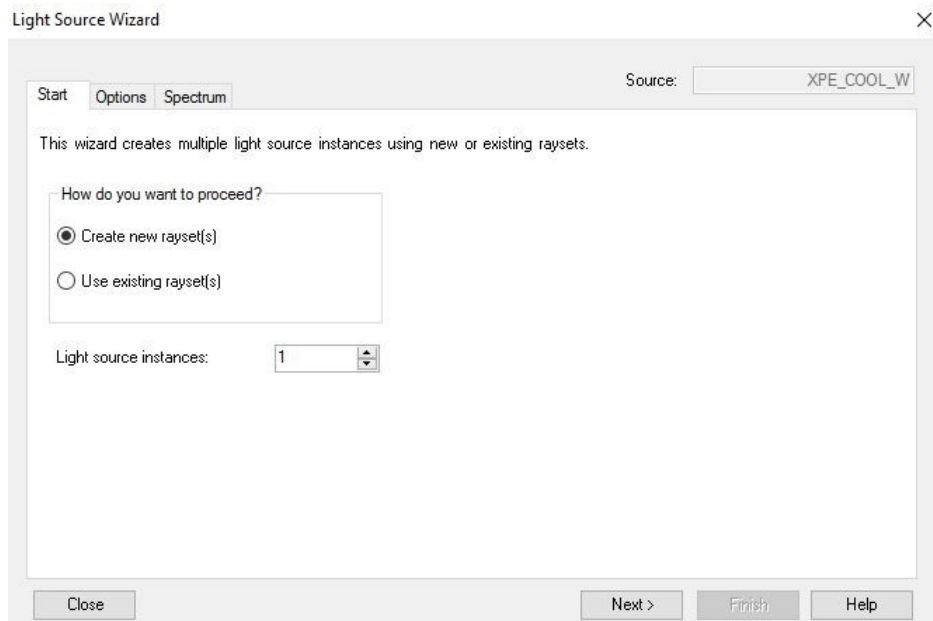
Figur 10.1: Lyskilder benyttet ved forsøk og simulering.

Trinn 2: Ønsket lyskilde velges. Ved følgende trinn: Trykker **Sources** på CommandManager → **Manage Sources** dette åpner **Light Source Manager**.



Figur 10.2: Light Source Manager, valg av lyskilde.

Under Category velges **LED** → **Cree** → **XPE COOL W** → **Insert**, dette fører videre i «wizard'en».

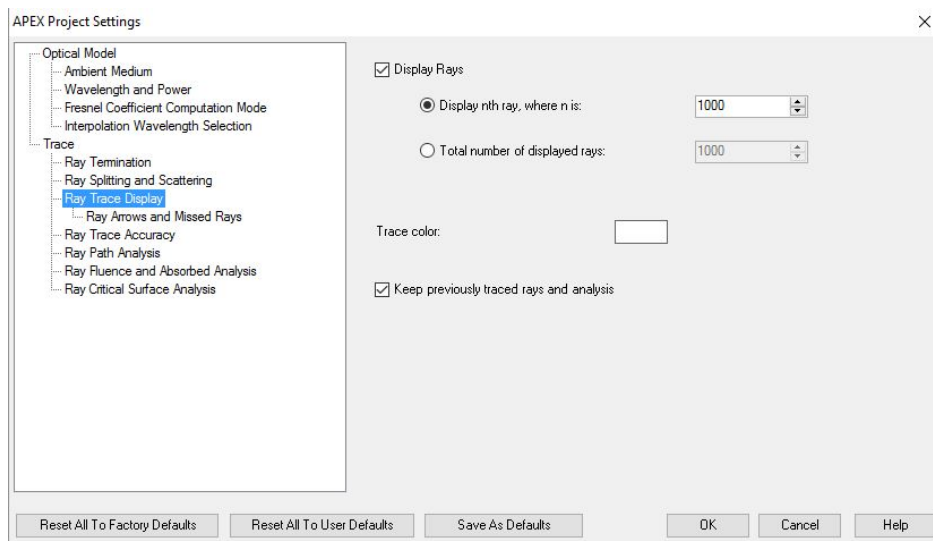


Figur 10.3: Light Source Wizard

Klikker **Next** for å lage et nytt strålesett, på neste side aksepteres standard innstillinger ved å trykke **Finish**.

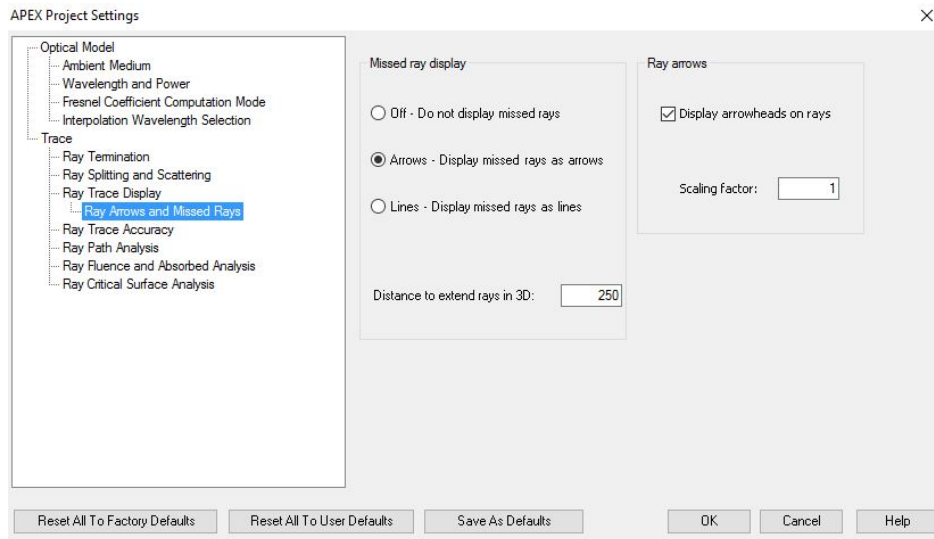
Deretter blir lyskilden og skjermen satt sammen og montert inn i sammenstillingen.

Trinn 3: Det tredje trinnet i prosessen er å spore lysstrålene. Trykker **Project Settings** på CommandManager → **All Settings**. **APEX Project Settings** vinduet vises, dette inneholder innstillinger som er nødvendig for forskjellige analysekrav. I denne simuleringen endres kun innstillinger som har med resultatvisningen å gjøre.



Figur 10.4: Apex Project Settings, Ray Trace Display

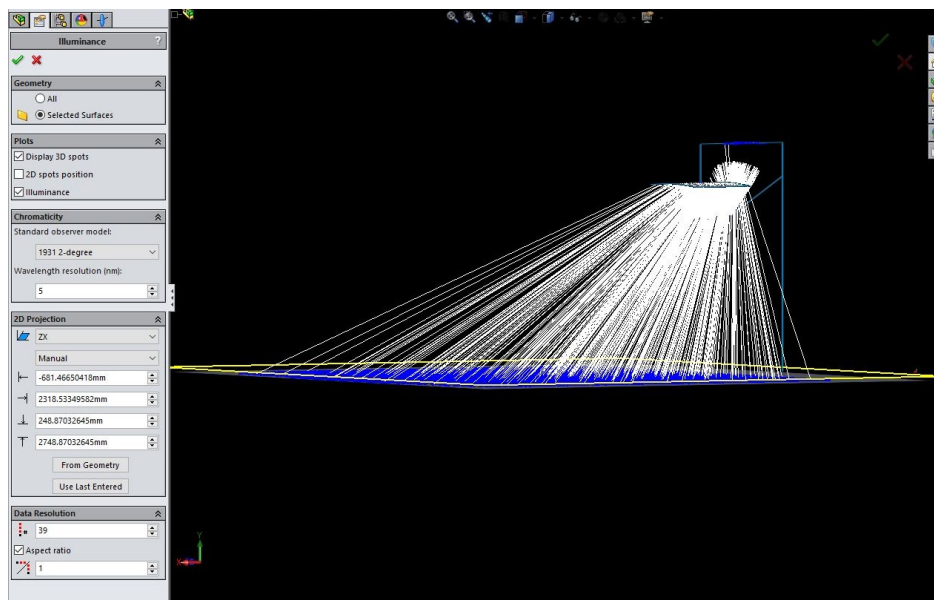
Trykker **Ray Trace Display** → **Display nth ray, where n is** settes til 1000. Dette gjør at bare en del av strålene blir vist i grafikken, men alle blir sporet for bruk i analysen.



Figur 10.5: APEX Project Settings, Ray Arrows and Missed Rays

Trykker **Ray Arrows and Missed Rays** → **Distance to extend rays in 3D**: settes til **250**. Dette styrer hvor langt en stråle som ikke har retning mot måleflaten blir sporet. → klikker **OK** for å lagre innstillingene → trykk **Trace** på CommandManager → **Trace Rays** dette starter strålesporingen og strålene vises på modellen.

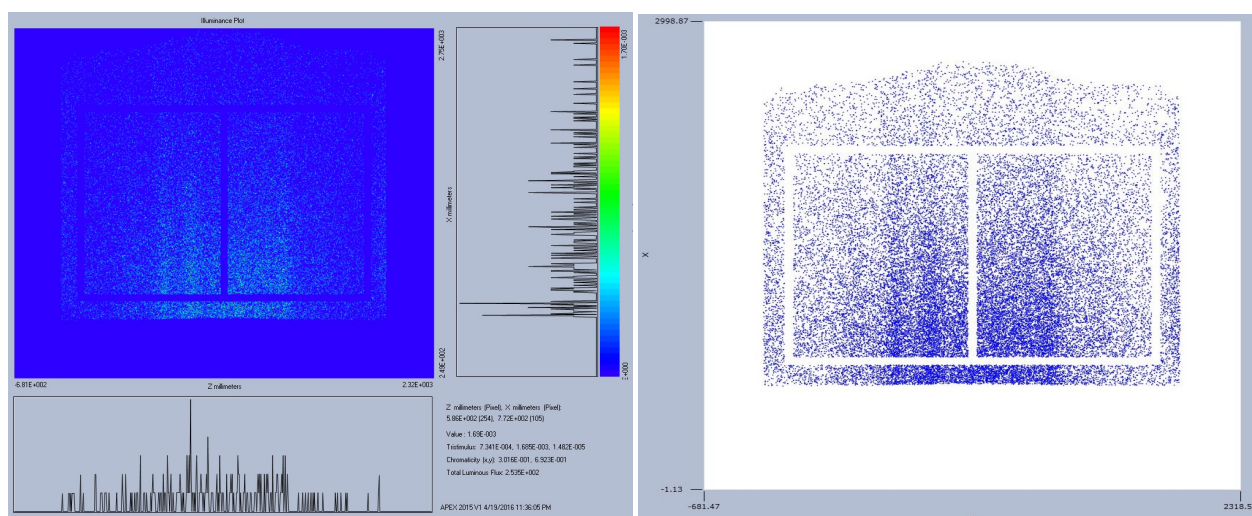
Trinn 4: Dette siste trinnet går ut på å generere en numerisk og grafisk analyse av systemet. Trykker **Analyze** på CommandManager → **Illuminance**.



Figur 10.6: Illuminance analysiss

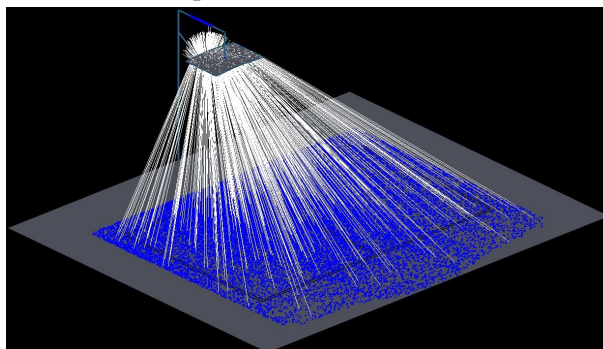
Under Geometry velges **Selected Surfaces** og måleflaten velges. → under plots hukes det av for **Display 3D spots**, **2D spots position** og **Illuminance**. → under 2D Projection velges planet måleflaten ligger i dette tilfellet **ZX** deretter settes grensene for området som skal analyseres. → Trykker **OK(Grønn hake)**

Dette gir følgende resultatplot:

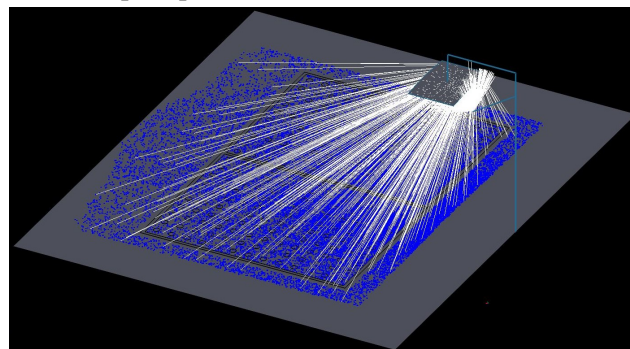


(a) Illuminans plot

(b) 2D Spots plot.



(c) 3D Spots plot.



(d) 3D Spots plot.

Figur 10.7: Resultatplot fra analyse.

Disse tre resultatplot typene ble valgt som output, da disse dekker behovet for hva som skal undersøkes videre.

Illuminans plotet viser belysningsstyrkens fordeling over måleflaten, skalaen er i lm/mm^2 ikke lm/m^2 som lux vanligvis oppgis i.

2D Spots plottet viser konsentrasjonen av stråler på måleflaten, her er det ikke mulig å lese av noen form for verdier. Plottet viser derimot på en fin måte hvordan lyset er fordelt over måleflaten og er en fin måte å få en oversikt over hvor jevnt lyset er fordelt over flaten.

3D Spots plottet viser på samme måte som 2D utgaven konsentrasjonen av stråler på måleflaten. Dette plottet er vist direkte på måleflaten i kombinasjon med lysstrålene gir en illustrativ og fin visning av resultatet. Plottet følger modellen, så her kan man vri og vende på den og utforske ønskede områder.

Begrensninger

- Ulik spesifisering på lysilde benyttet i simuleringer og målinger.

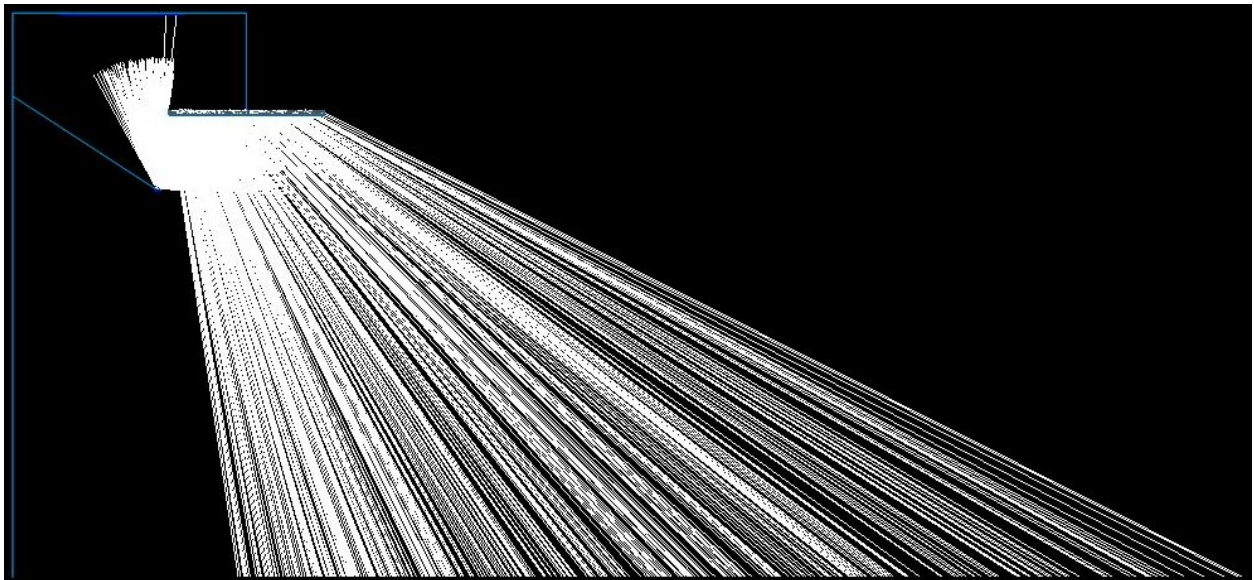
- Avvik i overflate egenskaper for reflekterende materialer.
- Unøyaktigheter i modellering av speil.
- Variasjon mellom test og simulerings oppsett.
- Problemer med avlesning av verdier i simulering.

Med følgende begrensninger tatt i betraktning er det ikke anledning for direkte sammenligning av målte og simulerte resultater. Resultatene vil kun bli sammenlignet på generelt grunnlag for å se om konseptets funksjon kan verifiseres.

10.3 Resultater og sammenligning av testresultat

Resultatene fra simuleringen var meget tilfredstillende, de har klare likhetstrekk med forventninger basert på erfaringer fra tidligere tester. Dette testoppsettet er på ingen måte optimalisert, det er kun justert med intensjonen om å belyse måleflaten på best mulig måte.

Som Figur 10.8 viser er det går det store mengder lys på utsiden av speilet. Dette er som forventet når man tar lyskildens plassering og spredning med i betraktningen. Stemmer godt overens med erfaringer fra prototypetestingen.



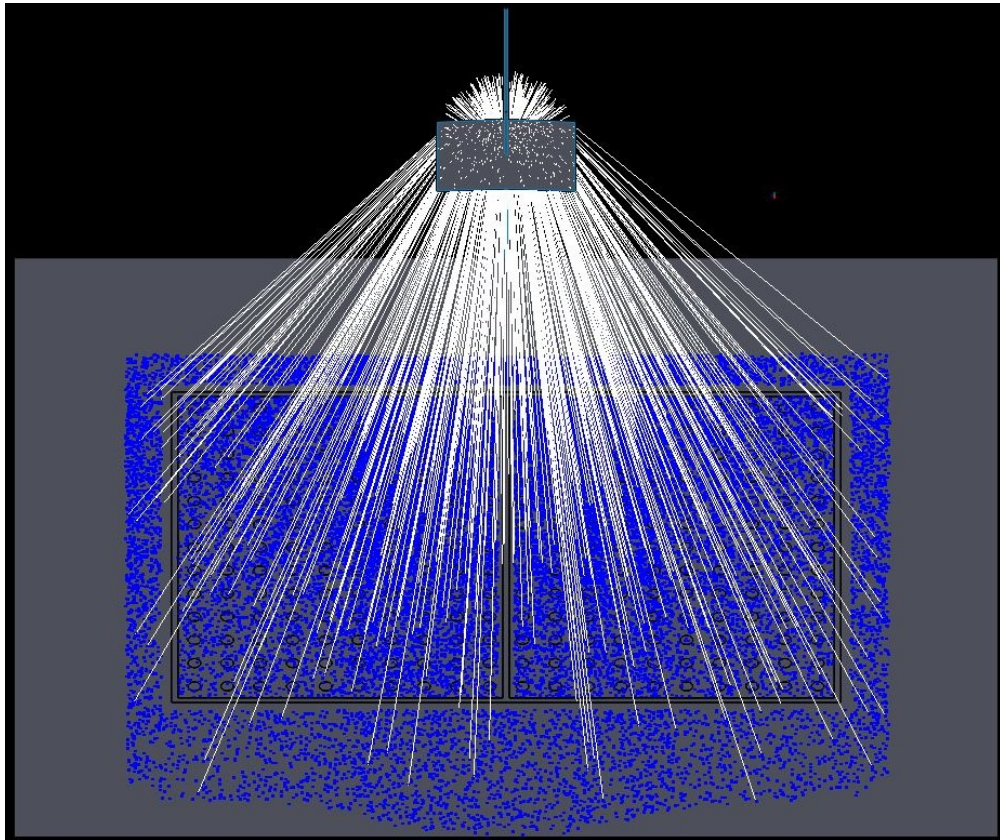
Figur 10.8: Simulering sett fra siden

Det var flere grunner til at det ble valgt å benytte den konkave innstillingen på speilet til simulering og testing hadde flere grunner. En av årsakene var at denne fasongen var godt egnet til modellering og en annen var den spesielle formen det ble på lysbildet.

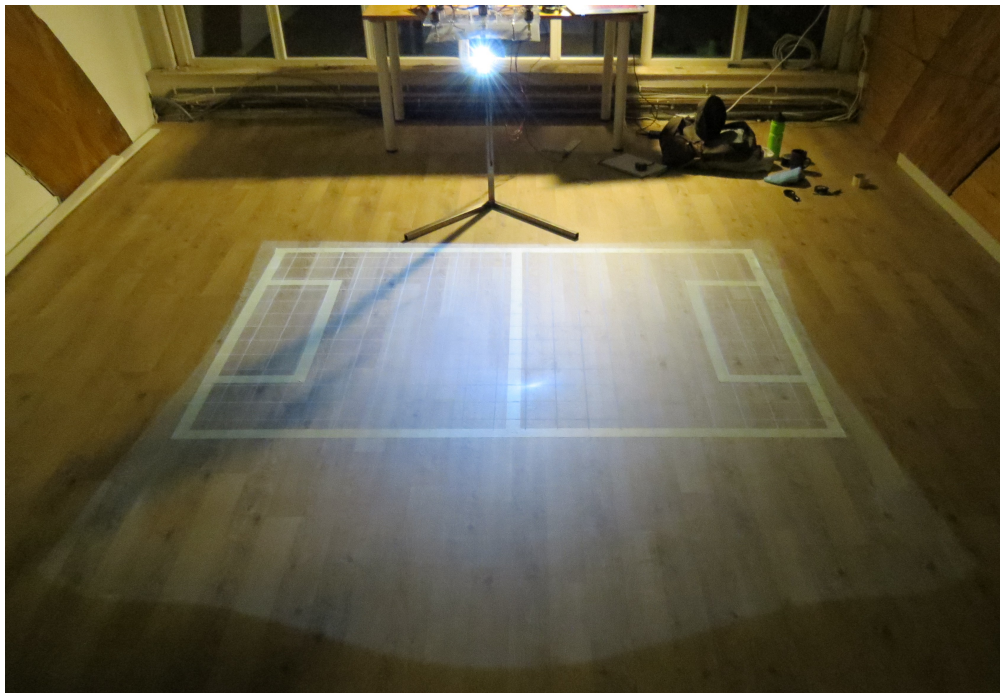
Denne formen er et godt grunnlag for å sammenligne om det er noen sammenheng mellom testresultatet og det simulerte resultatet.

Sammenligning av lysbildene fra testing og simulering viser tydelig at det er god sammenheng mellom disse, se Figur 10.9 på neste side. Det er store likheter på lysbildenes omriss, hvor den ene langsiden og de to kortsidene er mer eller mindre rette og den fremre langsiden har den distinkte kulen.

Grunnen til at sidene på det simulerte lysbildet er rettere enn på det fra testingen, kan skyldes speilet ble noe deformert grunnet mangel på stivhet i materialet. Når det kommer til spredning er denne noe større på testbildet, dette skyldes mest sannsynlig en unøyaktighet ved justering av speilet eller lyskildens vinkel.

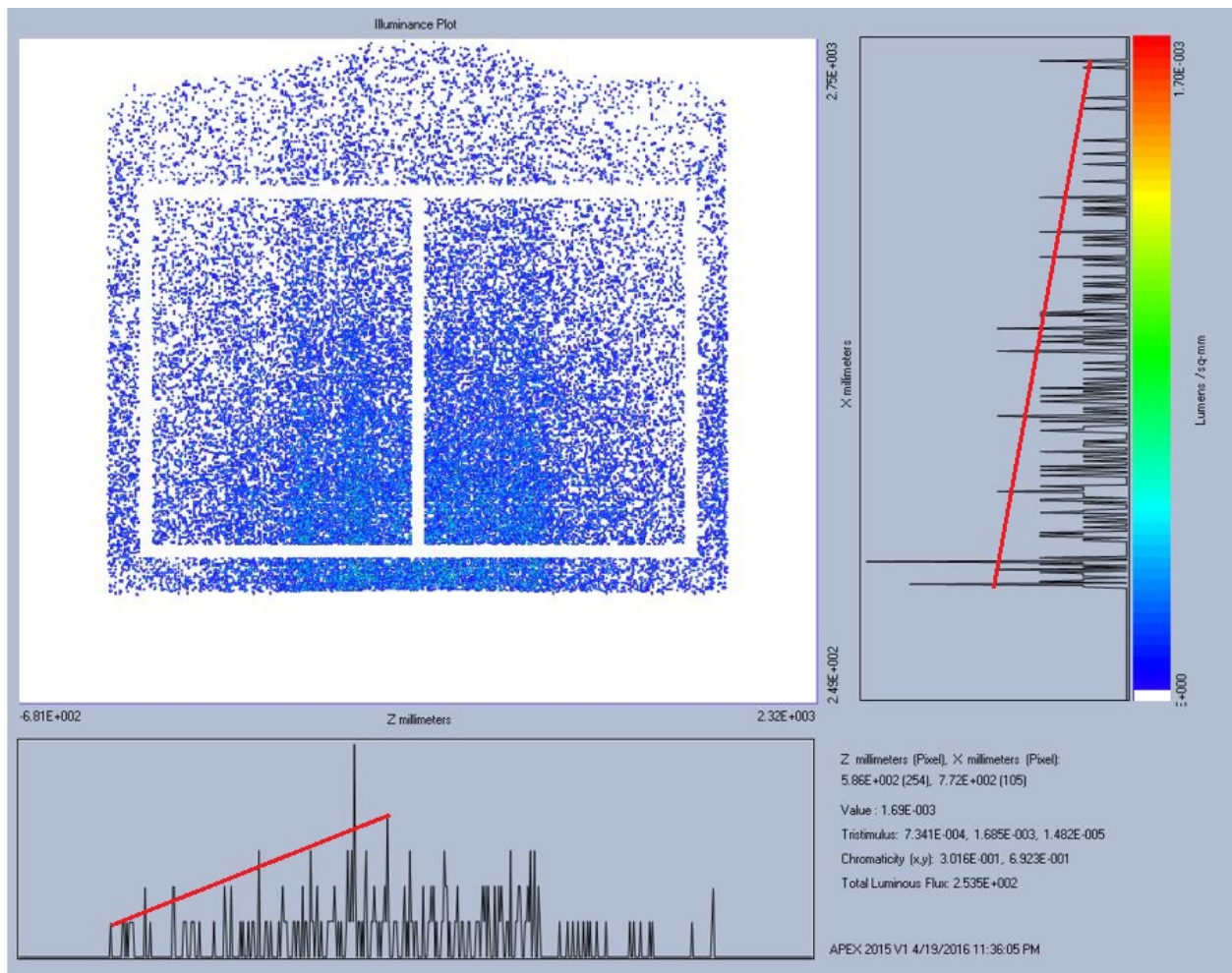


(a) Simulerings resultat sett forfra.



(b) Test resultat sett forfra.

Figur 10.9: Sammenligning av test og simulerings resultat.



Figur 10.10: Simulerings resultat med skala og kurver. Røde linjer er trendlinjer.

Simuleringsresultatene sammsvarer godt med det som forventes på forhånd. Det er klart høyest belyningsstyrke midt på langsiden mot lyskilden. Og som forventet avtar belyningsstyrken i alle retninger bort fra dette området, dette vises tydelig på illuminans plotet fra simuleringen. Det samme gjelder for testresultatene, her observeres det tydelig at belyningsstyrken oppfører seg på samme måte som på simuleringene.

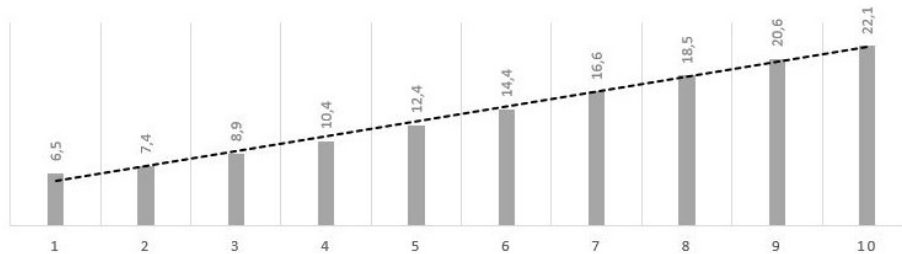
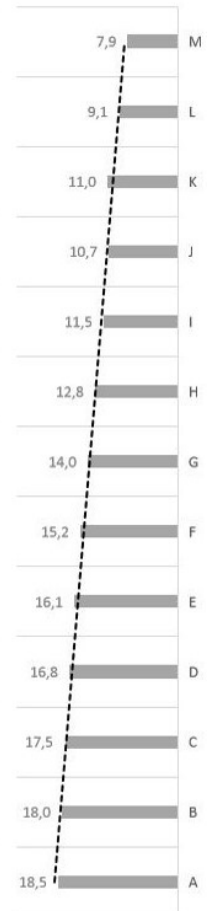
Ved sammenligning av illuminans resultatene fra simuleringen på Figur 10.10 og de målte resultatene fra tesingen i Tabell 10.1 på neste side bekreftes det at belyningsstyrken fordeler seg på tilsvarende måte. Siden belyningsstyrken ikke kan sammenlignes direkte grunnet blant annet forskjellige lyskilder, velges det å sammenligne trendlinjene for begge tilfellene.

Trendlinjene basert på de målte verdiene viser tydelig at belyningsstyrken avtar i begge retninger bort fra punkt A10 mot A1 og A10 mot M10, se Figur 10.1 på neste side. Det samme gjelder for det simulerte resultatet, se røde trendlinjer på Figur 10.10.

Nytt konsept for banebelysning

Tabell 10.1: Stolpediagrammer viser gjennomsnitt av verdier for hver rad og kolonne. Svarte stiplede linjer er trendlinjer.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M	4,3	5,0	5,9	6,7	7,3	8,3	8,8	10,1	10,5	11,6
L	5,1	5,7	6,7	7,7	8,6	9,1	9,8	11,0	12,6	14,3
K	5,6	6,4	7,2	8,1	9,0	9,4	10,7	13,3	16,6	23,8
J	6,1	6,9	7,6	8,8	9,6	10,7	12,4	14,1	17,4	13,7
I	6,5	7,2	8,3	9,2	10,4	11,9	13,6	15,3	16,2	16,6
H	7,1	7,6	9,2	10,0	12,0	13,8	15,2	17,1	17,5	18,9
G	7,4	7,8	9,3	10,7	13,1	15,3	17,5	18,1	19,9	20,6
F	7,7	8,1	9,8	11,5	13,5	15,6	18,7	20,8	22,2	23,6
E	7,6	8,1	9,8	11,6	14,3	17,5	20,2	21,9	24,3	25,9
D	7,6	7,9	9,7	12,0	15,4	17,7	21,3	23,5	25,9	27,4
C	7,0	7,8	10,3	12,8	15,9	18,8	22,1	24,5	27,1	28,6
B	5,5	8,0	10,4	12,8	15,9	19,1	23,1	25,3	28,7	31,0
A	7,4	9,3	11,5	13,5	15,8	19,2	22,1	25,7	28,7	31,9



11. BEREGNINGER AV LYSOPPSETT

Beregninger for dette gjøres i hovedsak ved bruk av dataprogrammer og blir kvalitetssikret ved å utføre målinger på stedet. For å utføre nøyaktige beregninger er man avhengig av spredningskarakteristikken til lyskilden. Da lysstyrken ikke er jevnt fordelt over hele spredningsområdet, det er vanlig med størst intensitet i midten av lysbildet.

På bakgrunn av dette vil det kun foretas grunnleggende utregninger som sammenligner visse lyskildetyper opp mot hverandre. I hovedsak vil dette dreie seg om hvor mange lyskilder som er nødvendig, strømforbruk, osv.

11.1 Reelt oppsett

Eksempel basert på data innhentet fra bransjen, på et typisk oppsett som tilfredstiller tippliga standard. Viser til Vedlegg A.1.

Et typisk oppsett for anlegg med 1400lx vertikal belysningsstyrke mot hovedkamera:

- Vertikal belysningsstyrke mot hovedkamera: 1400lx.
- Lyskaster: Philips MVF404 ArenaVision MHN – SE 2000W/956 400V.
- Pris: 14000kr pr. punkt.
- Mastehøyde: 37,5m
- Antall master: 4 stk.
- Antall lyskastere pr. mast: 41 stk.

Tabell 11.1: Spesifikasjon Philips MVF404 ArenaVision MHN – SE 2000W/956 400V

Produktnavn	Produsent	Effekt[W]	Lysfluks[lm]	Lengde x bredde[mm]
ArenaVision MVF404	Philips	2000	200000	470(rund)

Helhetlig utregning av typisk anlegg:

$$\text{Strømforbruk} = (41 \times 4) \times 2000W = 328000W = 328kW$$

$$\text{Lysfluks} = (41 \times 4) \times 200000lm = 32800000lm$$

$$Pris = (41 \times 4) \times 14000kr = 2296000kr$$

Belysningsstyrke optimale betingelser

Referanseflaten settes til å være arealet til en standard fotballbane, nærmere bestemt spilleflaten (PA). Her deles ikke belysningsfluksen opp i en vertikal og en horisontal komponent, men regner kun ut den generelle belysningsstyrken jevnt fordelt over flaten. Antar fullstendig utnyttelse av lysfluksen.

$$Areal_{PA} = 68m \times 105m = 7140m^2$$

$$Belysningsstyrke = \frac{32800000lm}{7140m^2} \approx 4594lx$$

Dette resultatet gjelder også for LED oppsettet under, da den totale lysfluksen er den samme i begge tilfeller.

11.2 Reelt oppsett byttet ut med LED

Under seleksjonsprosessen kom LED ut som den foretrukne lyskildetypen, utifra gitte krav og spesifikasjoner. Av den grunn er det interessant å benytte LED i tilsvarende eksempel som det typiske oppsettet over. Utgangspunktet for disse beregningene er den totale lysfluksen det typiske oppsettet leverer, altså 32800000lm.

Spesifikasjon og kriterier for LED oppsett:

- Lyskaster: Philips ArenaVision LED
- Pris: 35000kr pr. punkt. Viser til Vedlegg A.2.
- Total lysfluks: 32800000lm.

Tabell 11.2: Spesifikasjon Philips ArenaVision LED

Produktnavn	Produsent	Effekt[W]	Lysfluks[lm]	Lengde x bredde[mm]
ArenaVision LED	Philips	1404	93000	770x600

Helhetlig utregning av lysanlegg utstyrt med LED:

$$Lyskilder = \frac{32800000}{93000} = 352,7 \approx 353stk.$$

$$Strømforbruk = 353 \times 1404W = 495612W \approx 496kW$$

$$Pris = 353 \times 35000kr = 12355000kr$$

I dette tilfellet kommer LED vesentlig dårligere ut en det originale alternativet. Disse utregningene er utført med tanke om å belyse at LED alltid er det beste alternativet. Nå skal det også sies at denne sammenligningen er meget tynn, da karakteristikken til LED lyskildene ikke er tatt med i betraktningen.

11.3 Beregningseksempel

Eksempelet går ut på å finne hvor mange Philips ArenaVison LED som er nødvendig for å oppnå en belysningsstyrke på 1400lx under optimale forhold. Som tidligere settes referanseflaten til å være arealet av en standard fotballbane(PA).

Antar i dette eksempelet en del forenklinger:

- Ingen strølys, alt lyset treffer beregningsområdet.
- Ingen krav eller standard følges.
- Ingen hensyn med tanke på horisontal og vertikal belysningsstyrke, kun på generelt grunnlag.

Tilgjengelig informasjon:

- $Areal_{PA} = 7140m^2$
- $Lysfluks_{LED} = 93000lm$

Nødvendig total belysningsstyrke:

$$E_{total} = 1400lx \times 7140m^2 = 9996000lm$$

Antall armaturer nødvendig:

$$Antall = \frac{9996000lm}{93000lm} \approx 107,5$$

Dette optimale eksempelet viser at det er mye å gå på ved å få full kontroll over lyset, selv om det er store usikkerheter bak disse resultatene. Ved økt kontroll over lyset vil antall armaturer kunne reduseres og dermed også kostnaden.

12. FULLSKALA PRODUKTARKITEKTUR.

Dette er kun et forslag til hvordan en fullskala utgave av det valgte konseptet kan se ut, og ikke et ferdig produkt. Dermed er det tatt noen snarveier både med tanke på det estetiske og konstruksjonsmessige.

Forslaget er utarbeidet med tanken om at systemet skal være modulbasert og bestå av så få og eller like komponenter som mulig. På tross av dette er dette designet meget komplekst med bruk av 20 lineærakuatorer.

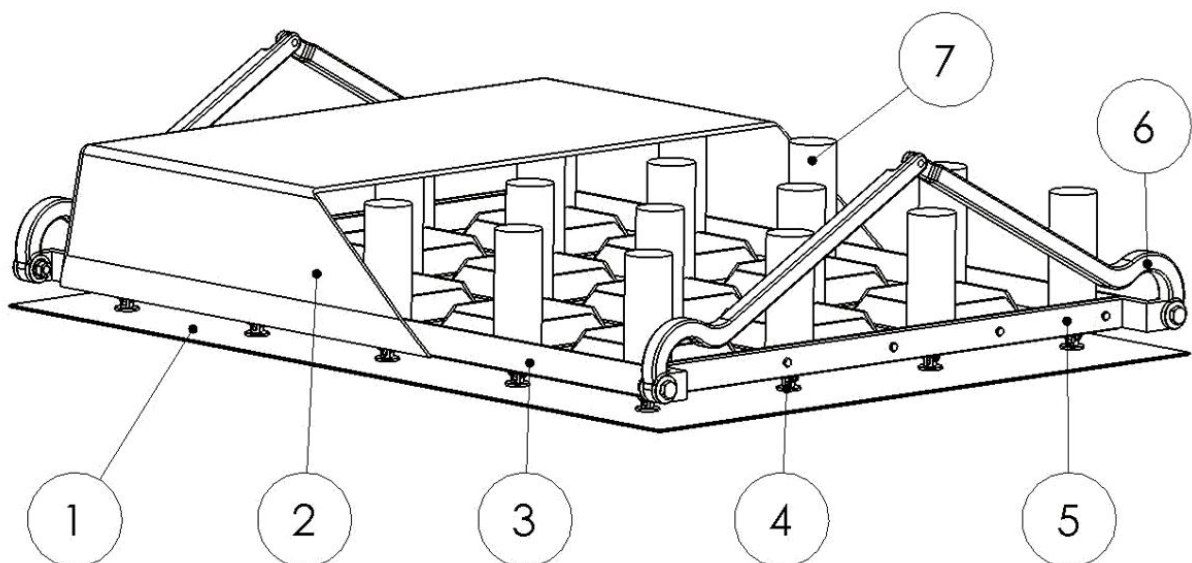
12.1 Dimensjoner

Konstruksjonens dimensjoner blir i stor grad satt av speilets mål, på 2000x1500mm. I høyden er den fra 347,5mm og opp til 497,5mm grunnet lineærakuatorenes vandring på 150mm.

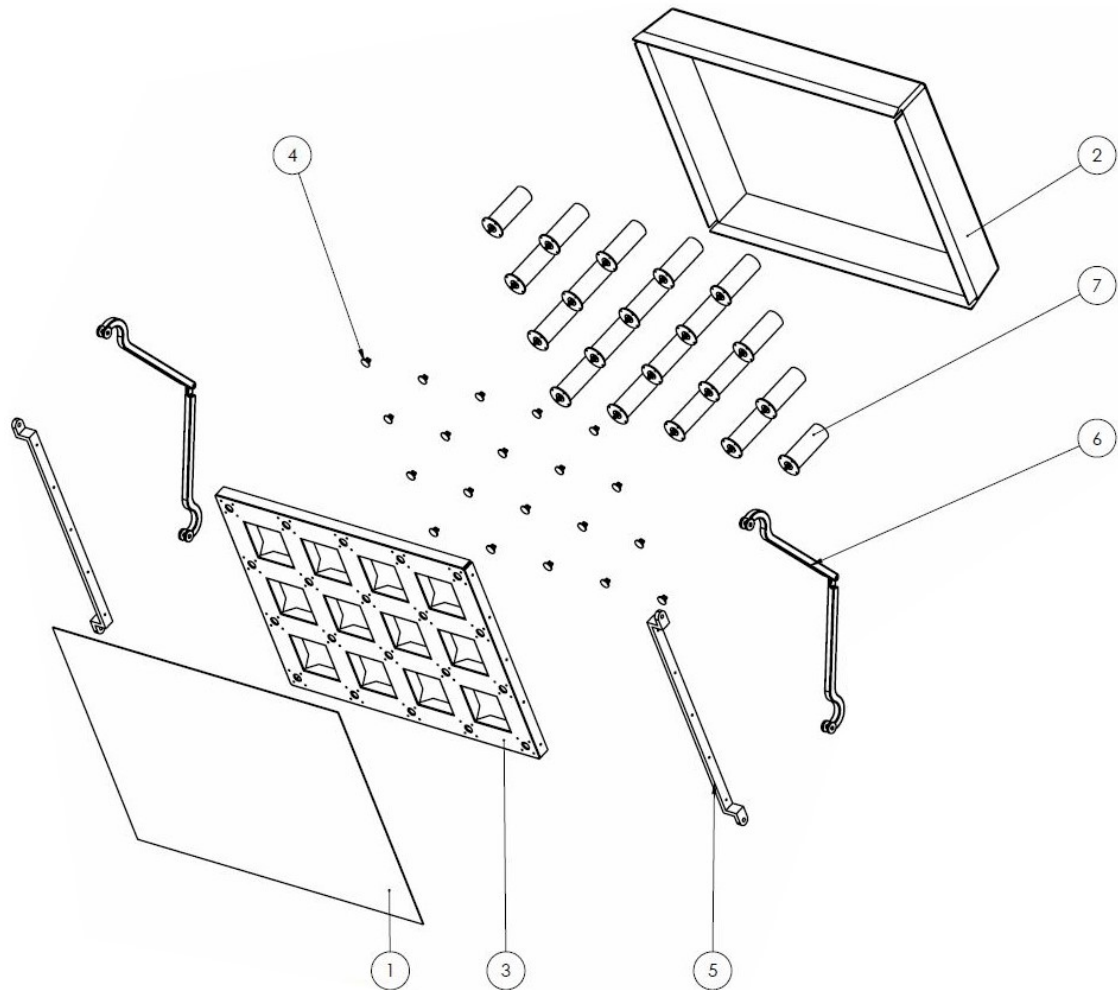
Tabell 12.1: Yttre dimensjoner for løsning.

Lengde	Bredde	Høyde
2000mm	1500mm	347,5-497,5mm

12.2 Sammenstilling



Figur 12.1: Illustrasjon med nummererte komponenter.



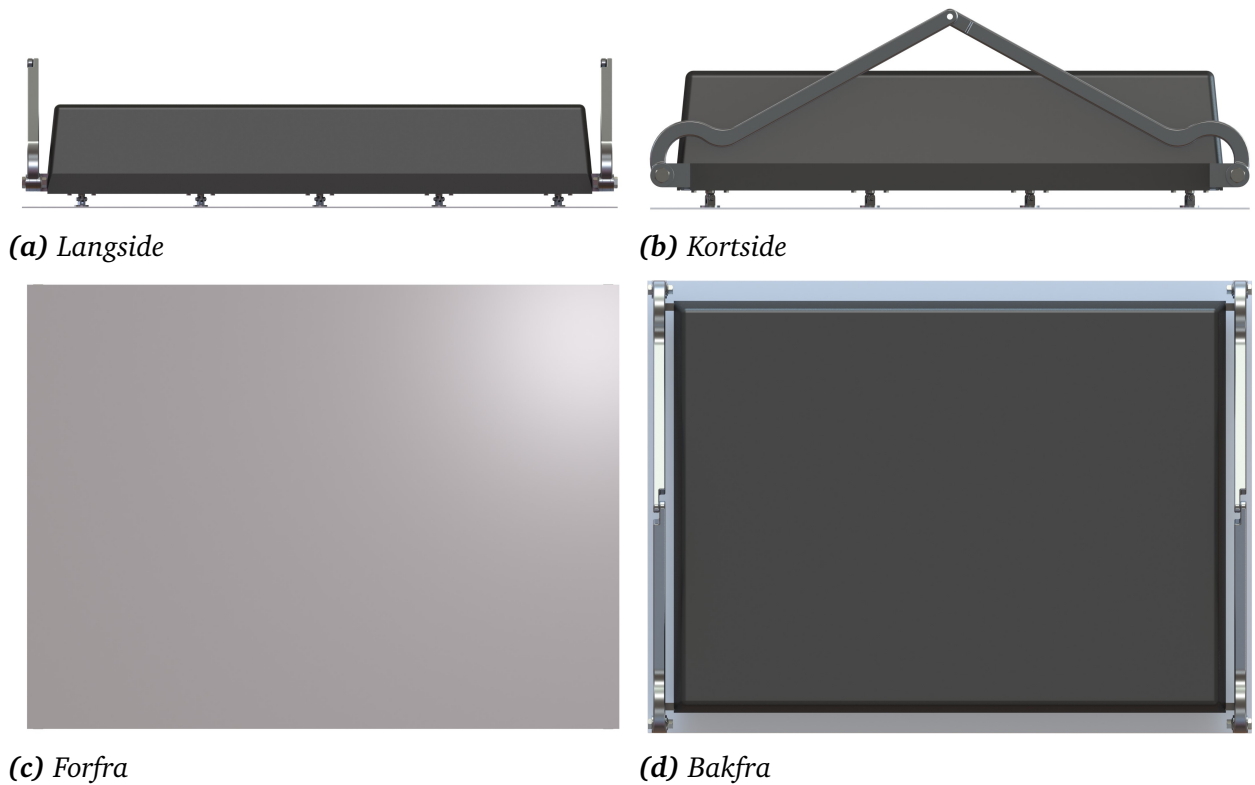
Figur 12.2: Eksplosjonstegning av sammenstilling.

Tabell 12.2: Nummerert oversikt over komponentnavn på Figur 12.1 på forrige side.

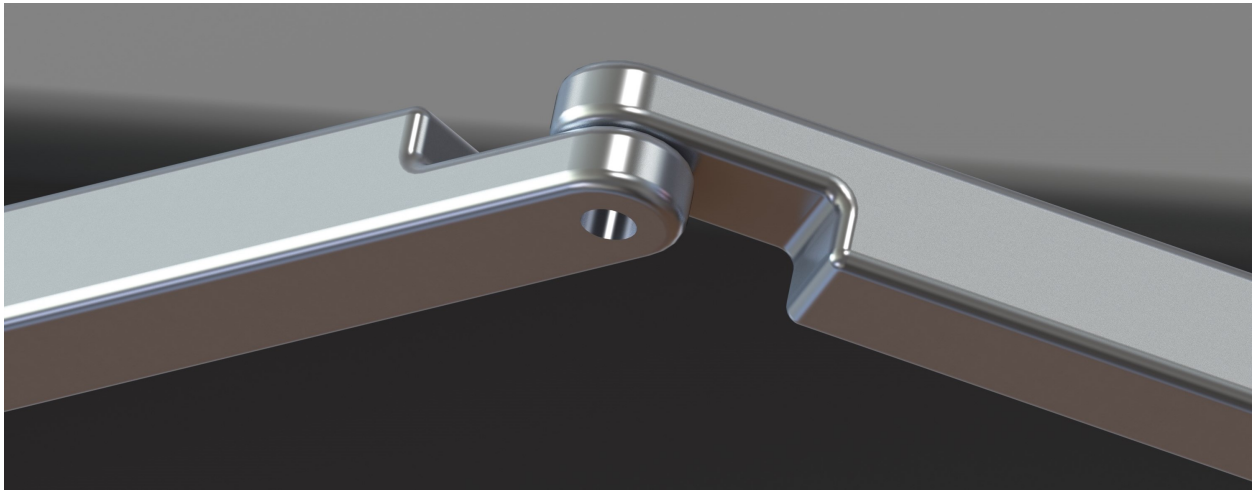
Nummer	Komponentnavn
1	Speil
2	Deksel
3	Ramme
4	Festepunkt
5	Innfestingsbjelke
6	Universalt innfestningsstag
7	Lineærakuator



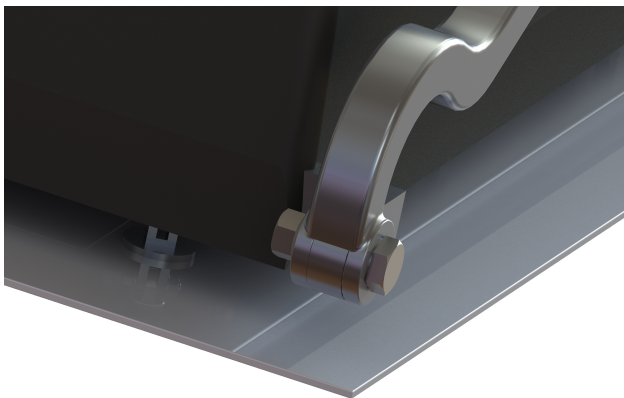
Figur 12.3: Rendrert fremstilling av fullskala designforslag, sett skrått forfra.



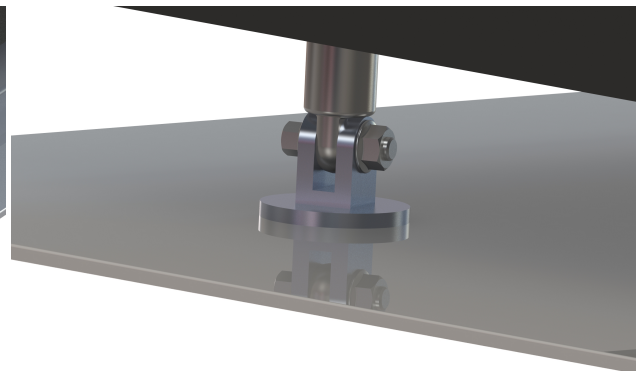
Figur 12.4: Designforslag sett fra forskjellige vinkler.



(a) Innfesting festearm.



(b) Innfesting festearm.



(c) Innfesting av speil.

Figur 12.5: Detaljbilder av kritiske punkter ved konstruksjonen.

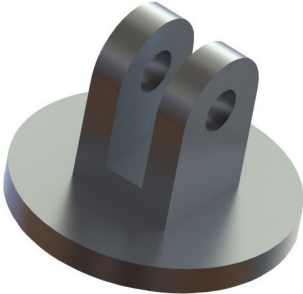
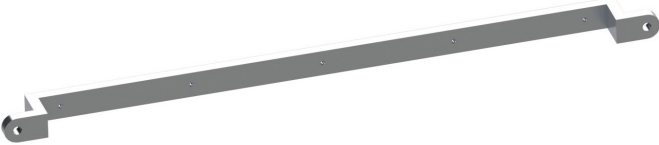
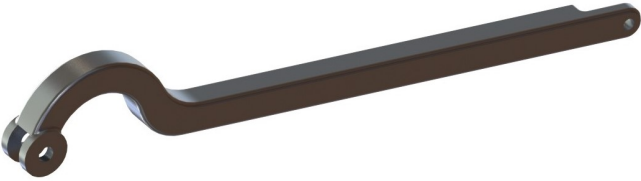
12.3 Design av komponenter

Tabell 12.3: Design av hovedkomponenter.

Illustrasjon	Forklaring
	<p>Deksel, som har som hensikt å beskytte lineærakuatorene og andre komponenter mot vær og vind.</p>
	<p>Ramme, som resterende komponenter monteres til.</p>

Fortsetter på neste side


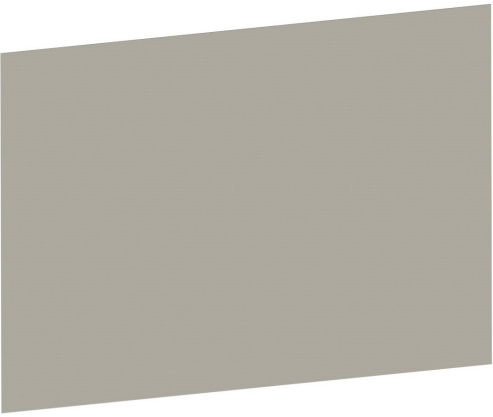

Tabell 12.3 – Fortsetter fra forrige side

Illustrasjon	Forklaring
	<p>Festepunkt, bindeleddet mellom hver lineærakuator og baksiden av speilet.</p>
	<p>Innfestningsbjelke, festes til rammen og har festeører som benyttes til montering på ønsket posisjon.</p>
	<p>Universalstag, benyttes til innfesting på ønsket plassering. Kan også benyttes til å montere sammen flere enheter.</p>

12.4 Innkjøpte komponenter

I praksis vil det bli flere innkjøpte komponenter, ved dette designet vil det blant annet være en del festemidler og elektroniske komponenter.

Tabell 12.4: Innkjøpte hovedkomponenter.

Komponent	Forklaring
	Lineæraktuator, Framo Morat: Linear acuator Mini 1 [20].
	Speil, av fleksibelt materiale.
	Diverse festemateriell.

13. PRODUKSJON, VEDLIKEHOLD OG ØKONOMI

Fellesnevneren for produksjon, vedlikehold og økonomi er materialer. Materialvalget påvirker hver av disse punktene på forskjellige måter, så dette er et meget viktig punkt.

Materialvalg og produksjonsmetoder er utført med tanke på fullskala løsningen ikke på prototypene.

13.1 Materialvalg og vedlikehold

Når det kommer til materialvalg er dette kun et forslag, det er ikke lagt til grunn styrkeberegninger eller lignende på om materialene er egnet til dette designet.

ABS-plast blir benyttet til dekselet, da dette er en komponent som i hovedsak har som oppgave å skjerme for vær og vind. Dekselets størrelse gjør at det også er ønskelig å holde vekten på nede med tanke på totalvekt og ved vedlikehold. Ved å benytte ABS-plast er det gode muligheter for en effektiv produksjon ved støping.

Aluminium er valgt da dette er et lett og korrosjonbestandig materiale, det vil kreve minimalt eller ingen form for etterbehandling før montering. Materialets krever også da lite vedlikehold noe som er praktisk med tanke på produktets plassering. Materialet er lett å forme og lar seg sveise så det er mange muligheter når det kommer til produksjon av aluminiumskomponenter. Det er mange typer aluminium så det må tas stilling til hvilken type som er best egnet, 5000-serien kan være relevant da den er godt egnet for maritimt bruk.

Tabell 13.1: Materialvalg.

Komponent	Materiale
Deksel	ABS plast
Ramme	Aluminium
Festepunkt	Aluminium
Innfestingsbjelke	Aluminium
Universalt innfestningsstag	Aluminium

13.2 Produksjonstrinn og produksjonsmetoder.

Flere av komponentene kan utbedres betydelig med tanke på å optimalisere produksjonen, standardkomponenter bør også kunne benyttes ved redesign av visse elementer.

Da det er ønskelig å ha så få leverandører som mulig er det benyttet få forskjellige materialer som mulig ved dette designet. Det samme gjelder produksjonsmetodene, da det er ønskelig å begrense antallet mellomledd.

Før produksjonen kan starte må det produseres former og stanseverktøy for deleproduksjon. Det må kjøpes inn alle nødvendige ferdig komponenter og festemidler.

Da alt av nødvendig utstyr og komponenter er på plass, er det klart for å starte produksjonen. Først når tilstrekkelig antall komponenter er produsert kan monteringen starte.

Produksjonstrinn:

- Fullskala prototype
- 0-serie
- Serieproduksjon

Tabell 13.2: Tenkte produksjonsmetoder.

Komponent	Produksjonsmetode og materiale
Deksel	Støping
Ramme	Stansing
Festepunkt	Maskinering
Innfestingsbjelke	Støping/Sveising
Universalt innfestningsstag	Støping/Sveising

13.3 Økonomiske kalkyler

13.3.1 Konseptutvikling

Tabell 13.3: Kostnadskalkyle for konseptutvikling.

	Timer	Pris[kr/t]	Sum[kr]
Utredningsarbeid	150	650	97500
Konseptgenerering og design	450	650	292500
Prototyping	50	650	32500
Testing og simuleringer	50	650	32500
Rapportering	250	650	162500
Sum konseptutvikling	950		617500

13.3.2 Produksjon av prototyper

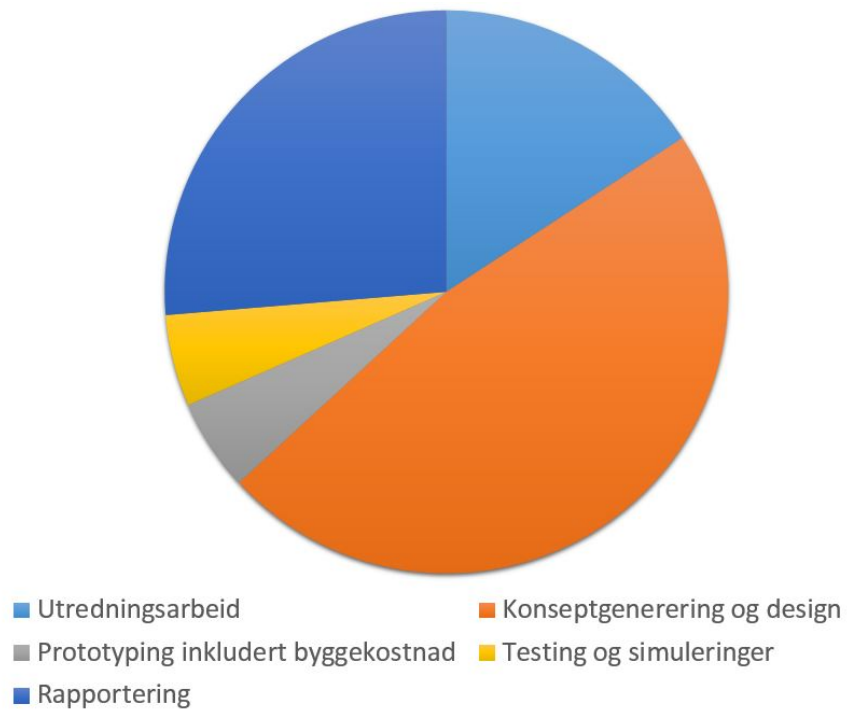
Tabell 13.4: Kostnadskalkyle Mk1 prototype.

Komponent	Antall	Pris pr. stk.[Kr]	Sum[kr]
Plexiglass	1	140	140
Speil	9	25	225
Diverse festemidler	-	200	200
Kuleledd	9	10	90
Diverse metall komp.	-	50	50
Sum			705

Tabell 13.5: Kostnadskalkyle Mk2 prototype.

Komponent	Antall	Pris pr. stk.[Kr]	Sum[kr]
Plexiglass	1	200	200
Speil	1	280	280
Lineærakuator	5	55	275
Driver lineærakuator	5	80	400
LED matrise	1	125	125
LED diode 1	1	140	140
LED diode 2	1	200	200
Arduino Mega	1	90	90
Justerbar strømforsyning	1	380	380
Diverse elektronikk	-	550	550
Diverse festemidler	-	100	100
Kuleledd	7	10	70
Diverse metall komp.	-	200	200
Sum	-		3010

13.3.3 Kostnadsfordeling



Figur 13.1: Kostnadsfordeling for konseptutviklings arbeidet.

14. PRODUKTPRESENTASJON

14.1 Situasjonsbilder



Figur 14.1: Oppsett beregnet for å plassere lyskilde i bakkant av tribunen. Rendreringsbakgrunn[25]



Figur 14.2: Oppsett beregnet for å plassere lyskilde under. Rendreringsbakgrunn[25]

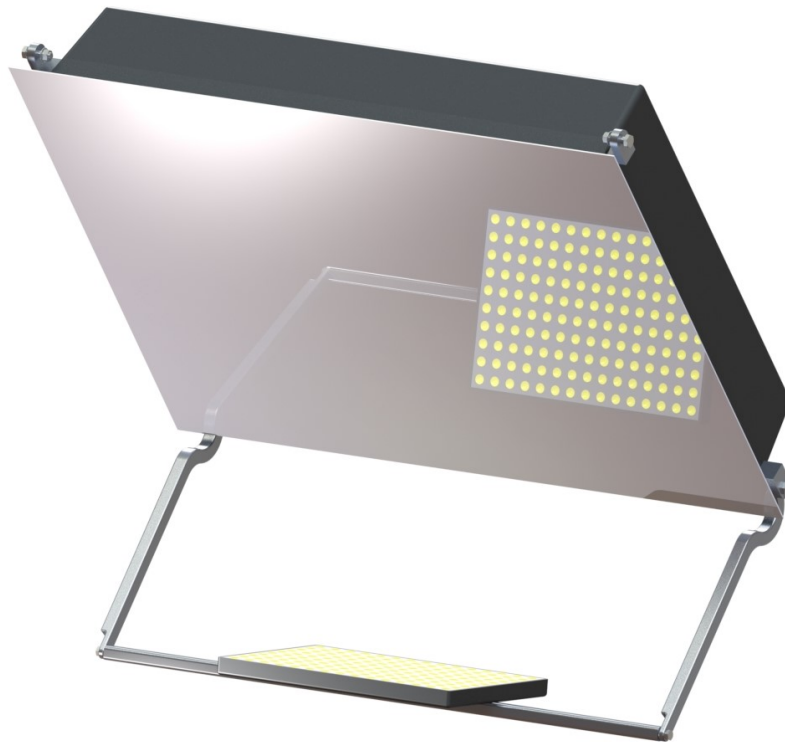


Figur 14.3: Situasjonsbilde, lyskilde plassert under. Rendreringsbakgrunn[24]

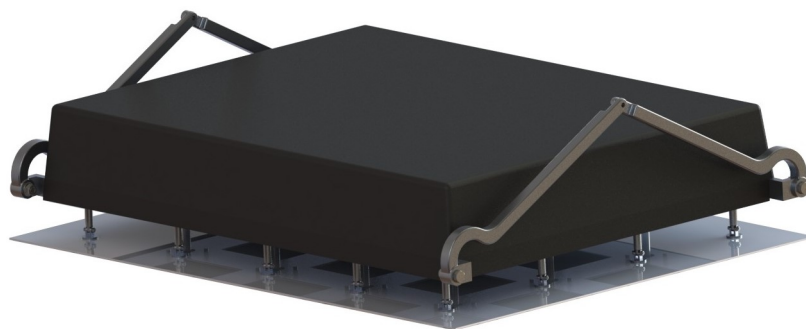


Figur 14.4: Situasjonsbilde, lyskilde og spill som en enhet. Rendreringsbakgrunn[24]

14.2 Rendrerte fremstillinger



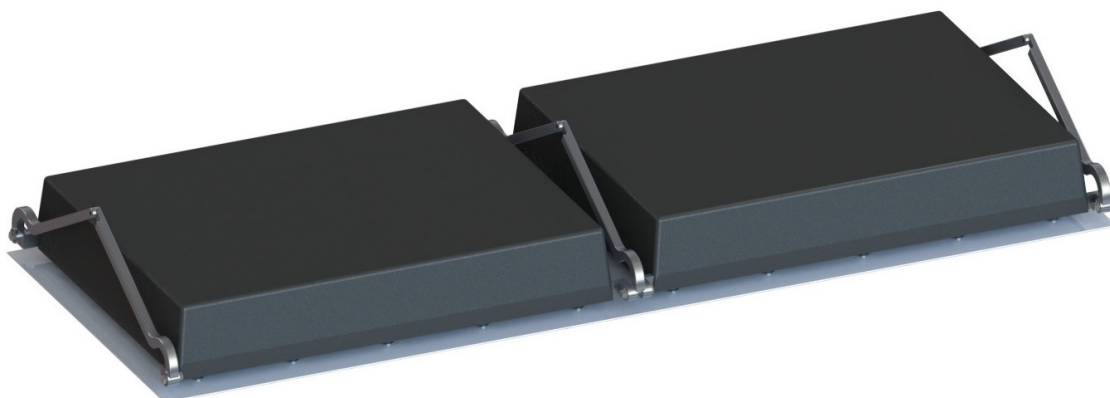
Figur 14.5: Speil og LED armatur montert som en del, for å illustrere at også dette er en mulighet. Dette krever imidlertid ytterligere komponenter. Fullskala rendrering uten LED se Figur 12.3 på side 91.



Figur 14.6: Fullskala designforslag, sett skrått fra siden.

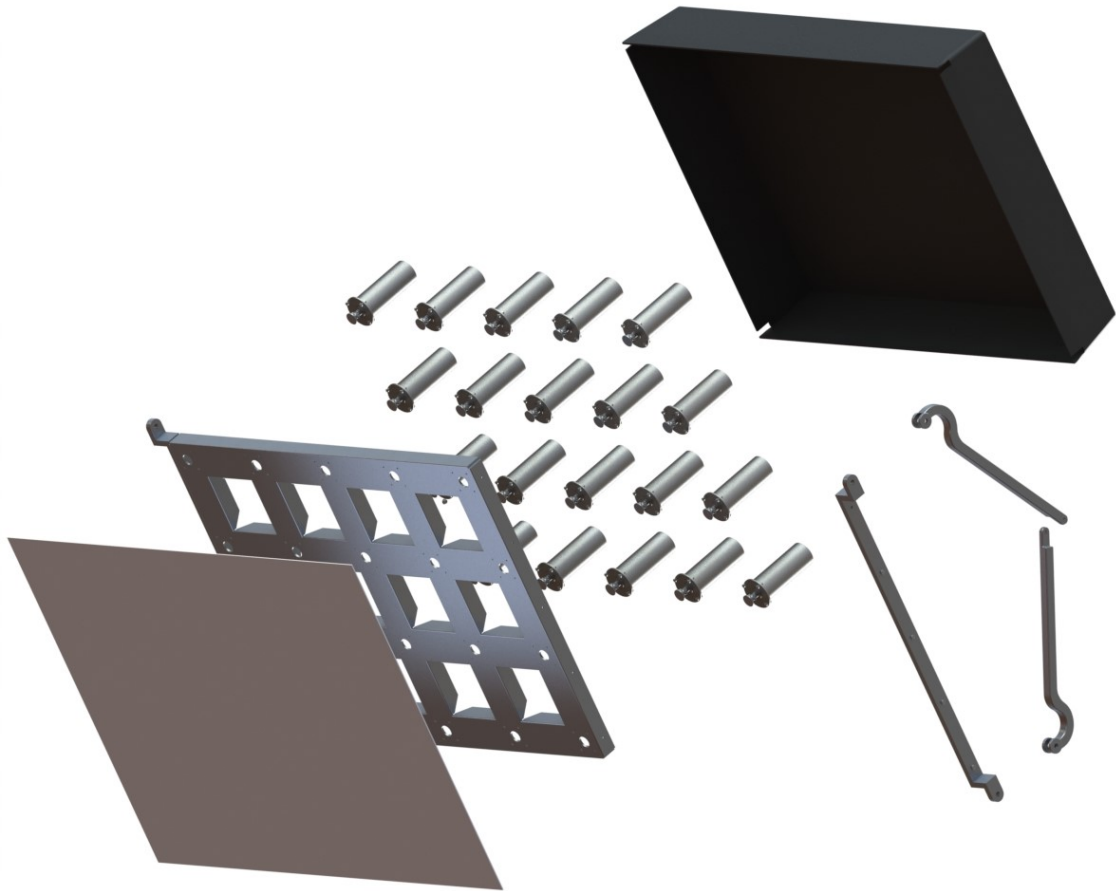


Figur 14.7: Fullskala designforslag, sett fra siden. Festearm er montert andre veien for å gjøre det mulig å benytte denne til f. eks. montering av lysarmatur som på Figur 14.5 på forrige side.



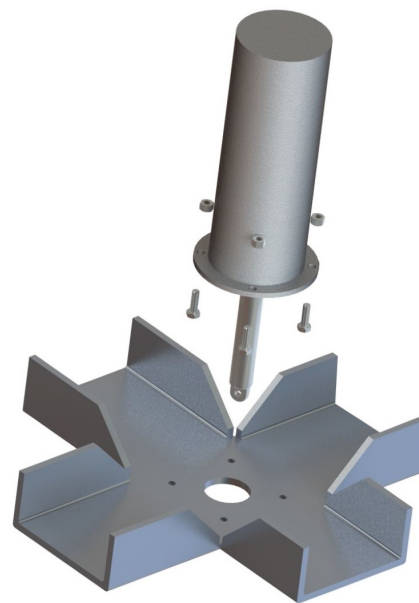
Figur 14.8: To moduler montert sammen.

14.3 Tekniske beskrivelser



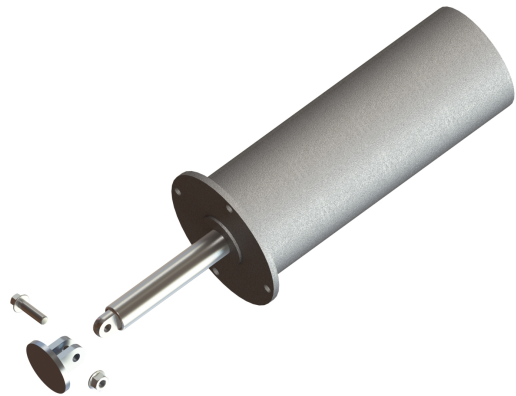
Figur 14.9: Eksplosjonstegning av designforslag.

Lineærakuatorenene er montert til rammen med 4stk. M8 bolter.



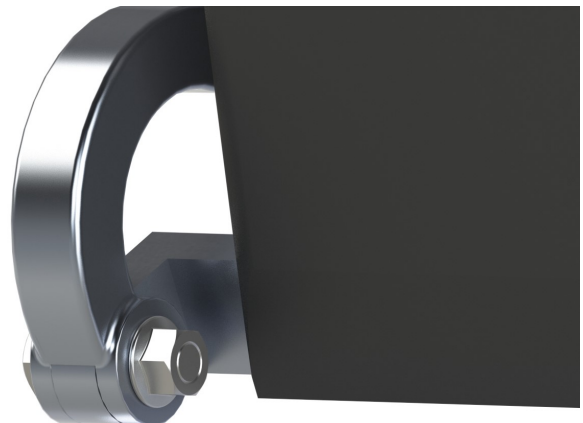
Figur 14.10: Montering av akuator på ramme.

Festepunktet for speilet monteres på akuatorne ved bruk av gjennomgående M6 bolt. Festepunktet limes til baksiden av speilflaten.

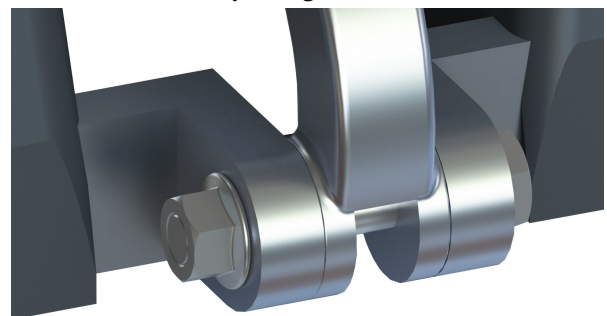


Figur 14.11: Montering av festepunkt på akuator.

Festearm festes til en eller to hengsler, benytter gjennomgående M20 bolt. Ved sammenkobling av to enheter bør det brukes en foring i festearmen for å hindre deformasjon.



(a) Festearm til innfesting av enkel modul.



(b) Alternativ bruk av festearm, benyttes her til sammenføring av to moduler som vist på Figur 14.8 på side 102.

Figur 14.12: Mulig bruk av festearm.

15. PROSESSEVALUERING OG DISKUSJON

Det er kommet frem til et forslag til utforming av et konsept som benytter et fleksibelt speil til å kontrollere lysets spredning og karakterestikk. Deler av prosjektfasen har gått med til å kartlegge hvilken programvare som er tilgjengelig for å utføre lyssimuleringer. Det har også gått med en del tid og produksjon av prototyper. For å avgrense arbeidet til en gjennomførbar størrelse måtte det gjøres en del forenklinger. Det er foretatt antagelser og beslutninger for å forenkle utviklingsarbeidet.

Konsept

Bakrunnen for prosjektet var i utgangspunktet begrensninger og utfordringer ved dagens arenabelysning, og hva som kunne vært gjort for å ta denne teknologien et steg videre. Det var derfor essensielt å kartlegge mulighetene med eksisterende belysningsanlegg og deretter finne rom for forbedringer.

Design og konstruksjon

Siden dette er et helt nytt konsept hvor det er begrenset med sammenligningsgrunnlag å vise til, var det vanskelig å vite hvor langt i utviklingsprosessen det var realistisk å komme i løpet av dette arbeidet. Ved nærmere ettertanke burde oppgavens rammer blitt satt tydeligere fra start, for å unngå og bruke tid på dette.

Valget falt etter en stund på å gå nærmere inn på de to konseptene nevnt tidligere, altså et konsept som benytter matrise med justerbare speil og et konsept med bruk av fleksibelt speil. Det ble utviklet og produsert prototyper med bakgrunn i begge prinsippene med tilhørende testing. Hvor Mk2 prototypen ga grunnlag for data simuleringer. Det ble ikke funnet realistisk å utvikle en endelig løsning som er klar til produksjon. Derimot ble et forslag til design utviklet, for å illustrere en mulig løsning og gi føringer for videre arbeid.

Beregninger

Det viste seg å være mer utfordrene enn først antatt å finne spesifisering på eksisterende anlegg å gå utifra. Det samme gjelder for beregningseksempeler å ta utgangspunkt i. Det virker som at datasimuleringer i kombinasjon med verifisering ved målinger er det som blir utført i praksis. Dermed er det ikke utført noen særlig grad av håndberegninger i dette arbeidet, da det istedet ble valgt å utføre simuleringer og målinger.

Tester og analyser

Praktiske tester ble utført med både Mk1 og Mk2 prototypen. Det var derimot kun for Mk2 at testresultatene ble dokumentert. Forholdene rundt denne testen ble tilrettelagt etter beste evne med tanke på testfastilitetene som var tilgjengelig. For å begrense tilførselen av lys fra omgivelsene ble testene utført på natten. I tillegg til usikkerhet med tanke på lys fra omgivelsene, var det også mangel på nøyaktig dokumentasjon på lyskilde og speilet som ble benyttet. Selve målingene ble utført med en håndholdt lysmåler, og det var også noe unøyaktighet knyttet til disse avlesningene. Dette gjorde at forsøksresultatene ikke kunne benyttes til direkte sammenligning med senere utførte simuleringer.

Simuleringen som ble utført i APEX ble satt opp på tilsvarende måte som testoppsettet når det kom til selve geometrien, men med en begrensning når det kom til måleusikkerhet og menneskelig faktor ved dokumentering av testoppsettet. I simuleringene ble det gjort en del forenklinger slik at den ikke stemmer helt overens med det virkelige oppsettet. Det ble antatt at det ikke var tilførsel av lys fra omgivelsene, kun fra lyskilden. Speilmaterialet ble definert som ideelt, noe som ikke stemmer overens med benyttet speil. Det er også unøyaktigheter knyttet til hvor godt den modellerte speilfasongen samsvarer med den faktiske fasongen. Programmet hadde et meget omfattende bibliotek av lyskilder, men desverre var ikke identisk lyskilde som ble benyttet under testingen tilgjengelig. Dette førte igjen til et nytt usikkerhetsmoment.

På grunn av mangel på informasjon rundt lyskildene tilgjengelig i dataprogrammet og ved testing, var det kun grunnlag for å sammenligne trendene ved resultatene ikke selve målingene og resultatene.

16. KONKLUSJON

I dette arbeidet er det gjort rede for og utviklet et forslag til løsning for et nytt konsept for banebelysning. En slik løsning består av en speilkomponent og en eller flere lyskilder, men det er her fokusert på utvikling av speilkomponenten.

16.1 Resultat

Konseptet som ble utviklet er basert på bruk av et fleksibelt speil og et styringssystem til å endre speilets fasong.

- Forslaget som ble utviklet har en fleksibel speiloverflate på 2x1,5m og er designet som en modulbasert plattform.
- 20 elektriske lineær akuatorer benyttes til å endre speilets fasong, valgte akuatorer har en vandring på 150mm.
- Simuleringsprogrammet APEX ga positive og sammenligbare resultater mellom test og simulering.

16.2 Anbefalinger

For å forenkle veien mot et ferdig produkt kan en del anbefalinger gis.

- Redesign med fokus på å forenkle produksjon av elementer som krever støping av aluminium.
- Begrense antallet akuatorer for å senke kostnadene.
- Benytte APEX til simuleringer av fullskala utgave, før man eventuelt tar konseptet videre til fullskala prototype.

16.3 Videre arbeid

For at dette konseptet skal bli klart for produksjon er det en del arbeid som gjenstår. Fokuserer på fullskala løsingen ikke prototyper.

- Utredning av speilmateriale, som egner seg for dobbelt krumme overflater.
- Utvikle/definere nødvendig lyskilde.
- Utvikling av produksjonsmodell.

- Simulering av fullskala utgave, mot gjeldende krav.
- Utvikling av elektronikk og programvare til å kontrollere systemet.
- Styrkeberegning av konstruksjon.
- Utrede vedlikeholdsbehov, og tiltak for å eventuelt bedre disse.
- Utrede økonomi og markedsanalyser for endelig utgave.

17. REFERANSER

Skriftlige kilder

- [1] Technical Committee CEN/TC 169. *Lys og belysning, Idrettsbelysning*. 2007. utg. Standard Norge/European committee for standardization, 2007.
- [3] Tipler Paul A. og Mosca Gene. *Physics For Scientists and Enineers*. Sixth. W. H. Freeman og Company, 2008.
- [14] Jacobsen Jonas. *Baneillustrasjoner*. 2016.
- [15] Bøe Jan Kåre. *Ideutvikling og tidligseleksjon, Pughs metodikk, Eksempler på prosjektprosesser*. NMBU, IMT, 2015.
- [21] Tore Krok Nielsen. *Idrettsbelysning 3, Med veiledning til Norsk Standard NS-EN 12193:2007 Lys og belysning - Idrettsbelysning*. Tredje. Lyskultur AS, 2013.

Nettkilder

- [2] Rosvold Knut A. *Lysfluks. I Store norske leksikon*. 2016. URL: <https://snl.no>.
- [4] Norheim Bjørn. *Elektromagnetisk spekter*. 2012. URL: <http://ndla.no/>.
- [5] Philips Lighting B.V. *Calculux Area*. 2010. URL: <http://www.philips.no/>.
- [6] Philips Lighting Holding B.V. *Philips ArenaVision LED*. 2016. URL: <http://www.lighting.philips.com>.
- [7] Philips Lighting Holding B.V. *Philips ArenaVision MVF403*. 2016. URL: <http://www.lighting.philips.com>.
- [8] Dassault Systemes SolidWorks Corporation. *Breault Research Organization: APEX*. 2015. URL: <https://www.solidworks.com/>.
- [9] Dassault Systemes SolidWorks Corporation. *OPTIS: OptisWorks*. 2015. URL: <https://www.solidworks.com/>.
- [10] Dassault Systemes SolidWorks Corporation. *Synopsys, Optical Solutions Group: LightTools*. 2015. URL: <https://www.solidworks.com/>.
- [11] SparkFun Electronics. *Big Easy Driver Hookup Guide*. 2015. URL: <https://learn.sparkfun.com>.
- [12] OSRAM GmbH. *Historien bak LED*. 2016. URL: <http://www.osram.no>.
- [13] Edmund Optics Inc. *Metallic Mirror Coatings*. 2016. URL: <http://www.edmundoptics.com>.

- [16] Toronto Maple Leafs. *On Ice Projection: Leafs vs.Hurricanes(Video)*. 2015. URL: www.youtube.com.
- [17] Ltd Ledsmaster Technology Co. *Ledsmaster LS-FLT4000/LS-FLT4000-Hi*. 2015. URL: <http://www.ledsmaster.com/>.
- [18] Philips Lighting. *ArenaVision LED Project - Chelsea Football Stadium(Video)*. 2015. URL: www.youtube.com.
- [19] Abacus Lighting Limited. *AAA-LUX WS series*. 2015. URL: <http://www.abaculighting.com>.
- [20] Framo Morat. *Linear actuator Mini*. 2016. URL: <http://www.framo-morat.com/engl/Mini.html>.
- [22] Clas Ohlson. *Lysmåler*. 2016. URL: <http://www.clasohlson.com/no>.
- [23] Inc Reflector Design Research. *Light Reflector Design Software*. 2015. URL: <http://www.reflector-design.com/>.
- [24] Anne-Sophie Saldana. *Ullevål Stadion*. 2015. URL: <https://no.wikipedia.org>.
- [25] The Players Tribune. *Top 5: Most Epic Soccer Stadiums in the World*. 2015. URL: <http://www.theplayerstribune.com>.
- [26] Holtebekk Trygve. *Candela*. I *Store norske leksikon*. 2009. URL: <https://snl.no/>.
- [27] Holtebekk Trygve. *Lysmåling*. I *Store norske leksikon*. 2009. URL: <https://snl.no>.
- [28] Howard USA. *Stadium Lights 1000 Watt Sodium 4-Tap Direct*. 2015. URL: <http://www.kolmart.com/>.
- [29] University of Waikato. *Concave mirror*. 2012. URL: <http://sciencelearn.org.nz/>.
- [30] University of Waikato. *Convex mirror*. 2012. URL: <http://sciencelearn.org.nz/>.

A. VEDLEGG

A.1 Typisk lysanlegg



Simon Næss <simonnaess@gmail.com>

Informasjon om lysanlegg til bruk i masteroppgave.

5 e-poster

Simon Næss <simonnaess@gmail.com>
Til: firmapost@kmkt.no, kristian@kmkt.no

15. februar 2016 kl. 13.55

Hei!

Skriver for tiden masteroppgave om banebelysning. I den anledning lurer jeg på om dere kunne gi meg et lite eksempel på et lysanlegg for tippeligaspill, tenker da i hovedsak på antall lamper og hvilken lamper dere benytter.

Hadde satt stor pris på tilbakemelding.

Mvh

Simon Næss
Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Stefan Manger <stefan@kmkt.no>
Til: Simon Næss <simonnaess@gmail.com>

15. februar 2016 kl. 14.36

Hei Simon

Til tippeligaspill gjelder NFF Lisenskrav

Se vedlagte, pkt 1.20

Ellers viser NFF til UEFA og du kan da ligge til grunn UEFA Guidelines for floodlighting

(vedlagte versjon er litt gammel med jeg har ikke funnet noen bedre av nyere dato)
Det som er fint med denne er at den også viser anbefalte områder for mastepalssering
Ellers er det NS12193 som gjelder

Et typisk anlegg på 1400Lux vertikal belysningsstyrke mot hovedkamera vil bestå av opptil 41.stk lysakstere type MVF404 ArenaVision MHN-SE 2000W / 956 400V fra Philips.

Typisk mastehøyde er 37,5m til senter galleri.

Håper dette var litt til hjelp

Mvh

Stefan Manger

K Manger Konsulenttenester AS

Haukedalsveien 71, 5113 Tertnes

Tlf: 55184390 – Mob: 92865248

E-post: stefan@kmkt.no

Hjemmeside: www.kmkt.no

Org.NO: 983.978.894

The information contained in this communication is intended solely for the use of the individual or entity to whom it is addressed and others authorized to receive it. It may contain confidential or legally privileged information. If you are not the intended recipient you are hereby notified that any disclosure, copying, distribution or taking any action in reliance on the contents of this information is strictly prohibited and may be unlawful. If you have received this communication in error, please notify us immediately by responding to this email and then delete it from your system. KMKt is neither liable for the proper and complete transmission of the information contained in this communication nor for any delay in its receipt.

Fra: Simon Næss <simonnaess@gmail.com>
Sendt: 15. februar 2016 13:55
Til: Firmapost; Kristian Manger
Emne: Informasjon om lysanlegg til bruk i masteroppgave.

[Siteret tekst skjult]


5 vedlegg



Bilde2.jpg
67K

 **Lisenskriterier - Infrastruktur.pdf**
203K

 **UEFA.pdf**
1100K

 **0ArenaVision_MVF404.pdf**
1339K

 **Stadion mast LPH 30m 36 Fluter.pdf**
2334K

Simon Næss <simonnaess@gmail.com>
Til: Stefan Manger <stefan@kmkt.no>

18. februar 2016 kl. 14.02

Supert, har allerede vært til god hjelp!

Bare for å være på sikre siden, når du sier opptil 41 lyskastere er dette totalen for alle mastene eller for hver mast?

Takk for hjelpen!

Simon

[Sitert tekst skjult]

Stefan Manger <stefan@kmkt.no>
Til: "simonnaess@gmail.com" <simonnaess@gmail.com>

18. februar 2016 kl. 14.06

Hei.
Det blir pr mast

Mvh
Stefan

Sendt fra [Outlook Mobile](#). Ja, det fungerer med Gmail.

[Sitert tekst skjult]

Simon Næss <simonnaess@gmail.com>
Til: Stefan Manger <stefan@kmkt.no>

18. februar 2016 kl. 14.07

Perfekt! Tusen takk!

Mvh

Simon

[Sitert tekst skjult]

A.2 Priser Philips



Simon Næss <simonnaess@gmail.com>

RE: Forespørsel

2 e-poster

Berg, Oeyvind <oeyvind.berg@philips.com>
Til: "simonnaess@gmail.com" <simonnaess@gmail.com>

21. februar 2016 kl. 20.46

Hei ,

Viser til din henvendelse

Det er ikke utarbeider prisliste på disse produkter .

Listepris på ArenaVision LED Lyskaster inkl Forkobling er ca 35000.- pr punkt med alle dim muligheter

Listepris ArneVision med MHN LA 2000 w Lyskilde inkl Forkobling ca kr 14000.- pr punkt

Priser på forskjellige lumenpakker er veldig liten Ca kr 500.-

<http://www.lighting.philips.no/prof/utendørs-belysning/sport-og-omradebelysning/high-end-flombelysning-for-sport-og-idrettsarrangementer/arenavision/arenavision-led>

Øyvind

From: Steinsland, Bjørn Rune
Sent: 19. februar 2016 15:25
To: Berg, Oeyvind
Subject: FW: Forespørsel

Hei!

Kan du svare her med liste priser til karen?

Med vennlig hilsen / With kind regards

Bjørn Rune Steinsland

From: lighting no

Sent: 19. februar 2016 13:08

To: Steinsland, Bjørn Rune <Bjorn.Steinsland@philips.com>

Subject: Forespørsel

Eloqua Notification System

Your personal notification of activity on your website. Target prospects, identify visitors, and develop sales relationships with your online visitors..

First Name:	Simon
Last Name:	Næss
Email Address:	simonnaess@gmail.com
Company:	Norwegian University of Life Sciences
Pages Viewed:	2
Submit Time:	2/19/2016 7:00:51 AM
Form Name:	IICONTACTUSNONOForm
URL Of Form:	http://www.forms.lighting.philips.com/contactus-no-no

Data Provided in Form

Fornavn: Simon

Etternavn: Næss

Firmanavn: Norwegian University of Life Sciences

Adresse:

Postnummer:

Poststed:

Telefonnummer: 41353637

Land: NO

E-postadresse: simonnaess@gmail.com

Emne: Prisforespørsel på ArenaVision til bruk i masteroppgave

Spørsmål: Generic

Hei!

Skriver masteroppgave om stadionbelysning og i den anledning skulle jeg gjerne en prisliste på ArenaVision produktene deres om det lar seg gjøre.

Ditt spørsmål: De viktigste prisene er eventuelt på ArenaVision LED (1404W, 93000lm) og ArenaVision MVF404.

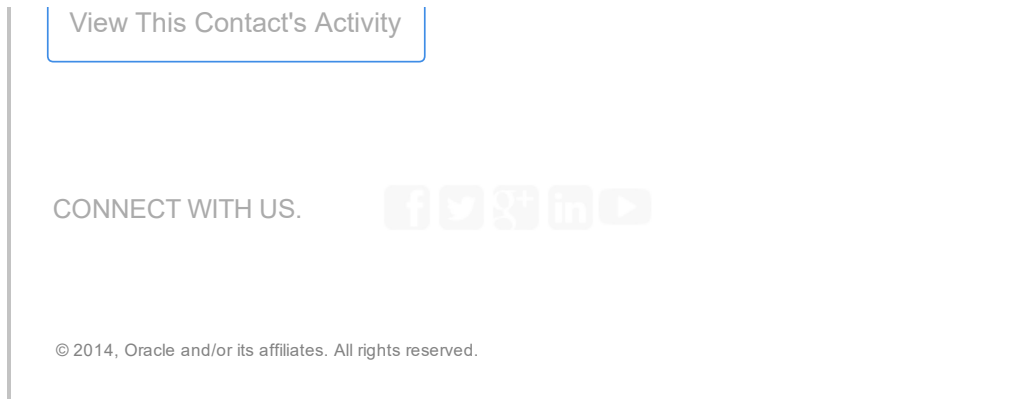
Hadde satt stor pris på tilbakemelding!

Mvh
Simon Næss

Jeg ønsker å motta informasjon fra Philips Lighting Norge.: No

Godtar du bruker- og personvernerklæringen (som angitt nedenfor)?: Yes





The information contained in this message may be confidential and legally protected under applicable law. The message is intended solely for the addressee(s). If you are not the intended recipient, you are hereby notified that any use, forwarding, dissemination, or reproduction of this message is strictly prohibited and may be unlawful. If you are not the intended recipient, please contact the sender by return e-mail and destroy all copies of the original message.

Simon Næss <simonnaess@gmail.com>
Til: "Berg, Oeyvind" <oeyvind.berg@philips.com>

1. mars 2016 kl. 10.08

Hei igjen!

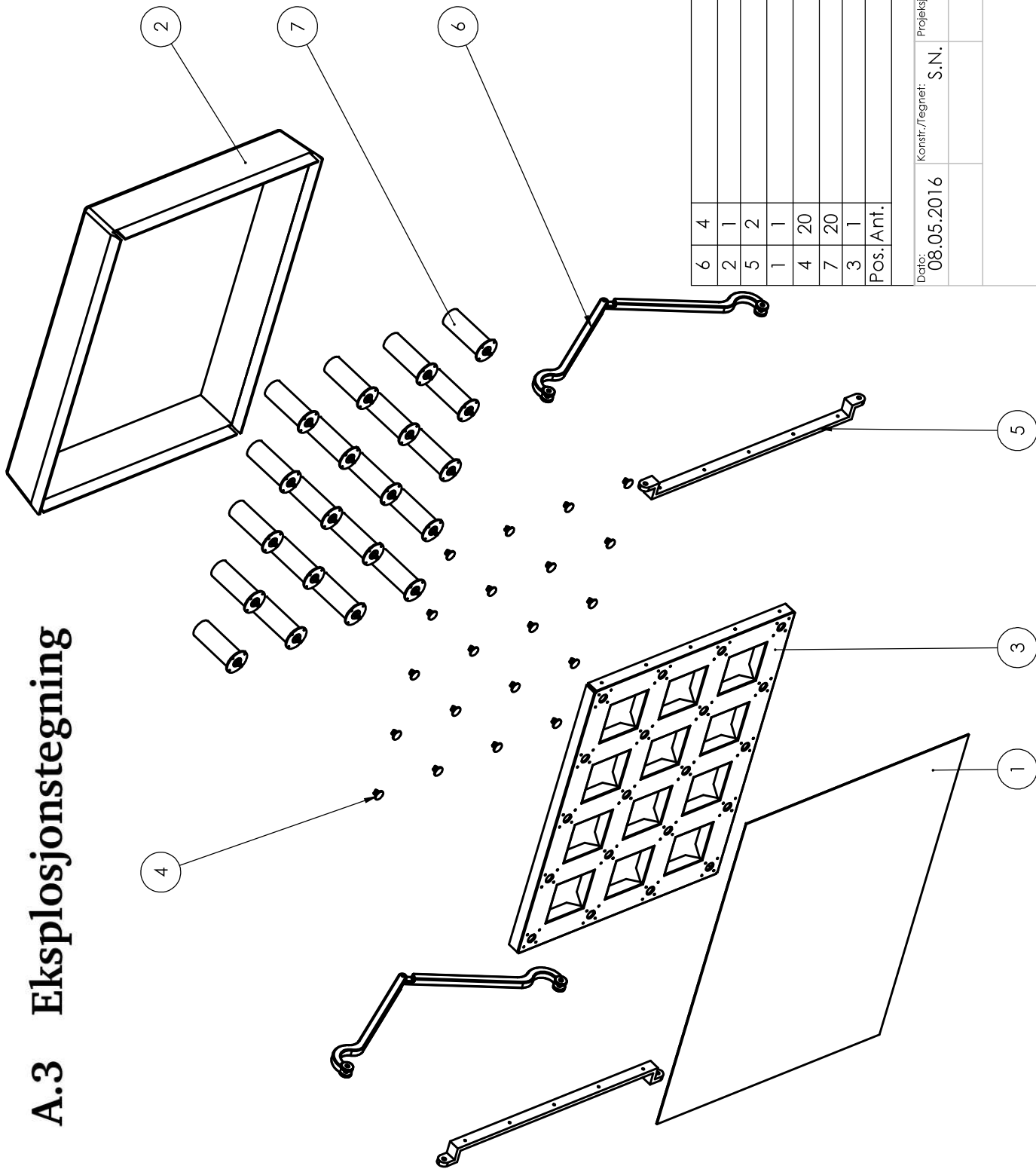
Takk for svar, kommer veldig godt med i det videre arbeidet med masteroppgaven!

Du vet ikke forresten om det finns en "Luminaire file" for bruk i DIALux (.uld) på ArenaVison LED? Finner filer for MVF-serien i katalogen men ikke LED.

Mvh

Simon Næss
[Siteret tekst skjult]

A.3 Eksplosjonstegning



6	4	Universalt innfestingsstag
2	1	Deksel
5	2	Innfestingsbjelke
1	1	Speil
4	20	Festepunkt
7	20	Lineærakuator
3	1	Ramme
Pos./Ant.		Tittel/benevning/dim.

BOM Table	
Dato: 08.05.2016	Konstr./Tegnet: S.N.
Projeksjon:	Målestokk: 1:20

Erstatter for: NMBU	
Erstatter av:	
Masteroppgave	
Eksplosjonstegning	
Henvising:	Beregning:
Format:A3	



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no