

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

Masteroppgave 2015
30 stp

Krav til luminanskontrast i praksis

Requirements for Luminance Contrast in Practice

Tonje Brunvatne

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet i perioden januar til mai 2015. Oppgaven er skrevet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Den markerer avslutningen på fem, flotte år på sivilingeniørstudiet byggeteknikk og arkitektur.

Jeg har lenge interessert meg for universell utforming, og da min veileder Leif Daniel Houck kom med forslaget om å skrive om luminanskontrast i universelt utformede bygg, ble jeg nysgjerrig på temaet. Oppgaven har gitt meg innsikt i et spennende tema, som det er skrevet lite om tidligere. Jeg har tilegnet meg mye nyttig, og ny kunnskap. Jeg kunne ingenting om temaet før jeg begynte med oppgaven.

Det er mange som har bidratt i forbindelse med utarbeidelsen av oppgaven. Jeg vil først takke veilederen min, Leif Daniel Houck. Han har vært til god hjelp, og stilt meg kritiske spørsmål. Oppgaven har dermed over tid utviklet seg i positiv retning. Jeg vil også takke Pål Johannes Larsen i Norconsult for lån av måleutstyr, og for å ha hjulpet meg mye underveis. Han har lært meg svært mye om bruk av ulikt måleutstyr.

Institutt for elkraftteknikk ved NTNU fortjener en takk for at jeg fikk låne luminanskamera. Jeg vil også takke Universell Utforming AS ved Trine Presterud for en hyggelig samtale, og Direktoratet for byggkvalitet ved Tone Rønnevig, for at jeg fikk muligheten til å høre deres synspunkter om temaet. Mine gode venner her ved NMBU har støttet opp og gjort mine fem år her helt fantastiske. Tilslutt må jeg få takke kjæresten og familien min for fantastisk støtte og motivasjon. Uten de vet jeg ikke riktig hvordan dette hadde gått.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Ås, mai 2015

Tonje Brunvatne

Abstract

This master thesis concerns the requirements for luminance contrast in practice. The goal of this thesis is to answer which tools that are suitable for calculating luminance contrast, and how effective these are.

The background of the thesis is the requirements for luminance contrast in universally designed buildings. Planners and architects risk loosing the right to accept responsibility if their projects are not in accordance with these requirements. It is difficult to determine the luminance contrast before a building is completed. Also, there are no effective methods to control that projects are being planned according to the requirements. The theoretical foundation in the thesis is based on legislation, guidance and standards, theory of light, vision, colour, and measurement methods for determining luminance contrast.

The description of methods part of the thesis consists of a literature review and a quantitative part. There have been done measurements with three different instruments. These are NCS Colour Scan and NCS Lightness meter, which measure the reflection factor, and a spectroradiometer, which measure luminance. The measurements were done in a stairway located in a basement without daylight, and in a cafeteria with a lot of daylight. The results were then used to calculate the luminance contrast to different combinations of materials.

The results show that the spectroradiometer is the only instrument that is well suited to measure luminance. The colour scan is less suitable, and the lightness meter completely unsuitable to measure the reflection factor. The spectroradiometer is considered the most accurate instrument because it measures the average luminance within the measurement radius. The colour scan is suitable for matte and smooth surfaces, not rough and mottled ones. The lightness meter gives too inaccurate results to be useful. The results of the calculation of luminance contrast show that the spectroradiometer is the most reliable instrument. Illuminance levels and angle do also have an impact on the luminance contrast. The results show that it is not given that one gets higher luminance contrast with an increase in illuminance levels.

It is necessary to establish more verifiable and testable requirements for luminance contrast. There should also be developed procedures for how the measurements are performed and controlled.

Sammendrag

Denne masteroppgaven handler om krav til luminanskontrast i praksis. Problemstillingen skal svare på hvilke verktøy som egner seg til å beregne luminanskontrast, og hvor egnet disse er.

Bakgrunn for oppgaven er kravene til luminanskontrast i universelt utformede bygg. Planleggere og arkitekter kan risikere å miste ansvarsretten hvis det ikke prosjekteres i henhold til disse kravene. Det er vanskelig å bestemme luminanskontrast før et bygg er ferdig prosjektert, og det finnes heller ingen gode metoder for å kontrollere at det er prosjektert i henhold til kravene. Teorigrunnlaget er knyttet til lovgivning, veiledning og standarder, lysteori, syn, farger og målemetoder for å bestemme luminanskontrast.

Metoden i oppgaven består av et litteraturstudie og en kvantitativ metodedel. Det er gjort målinger med tre ulike måleinstrumenter. NCS fargemåler og NCS lyshetsmåler måler refleksjonsfaktor, og spektroradiometer måler luminans. Målingene er gjort i en trapp i en kjeller uten dagslys, og i en kantine med mye dagslys. Deretter er måleresultatene brukt til å beregne luminanskontrasten til ulike materialkombinasjoner.

Resultatene viser at det kun er spektroradiometeret som er godt egnet til å måle luminans. For måling av refleksjonsfaktor er fargemåleren passe egnet, og lyshetsmåleren uegnet. Spektroradiometer regnes som mest nøyaktig fordi det kan måle gjennomsnittet av luminansen innenfor måleradiusen. Fargemåleren egner seg til matte og jevne overflater, men ikke hvis overflatene er ru og spraglete. Lyshetsmåleren gir for unøyaktige resultater til at de kan brukes i denne sammenhengen. På bakgrunn av resultatene fra beregning av luminanskontrast er spektroradiometeret mest pålitelig. Samtidig har belysningsstyrke og målevinkel innvirkning på luminanskontrasten. Resultatene viser at det ikke er gitt at man får høyere luminanskontrast med økning i belysningsstyrke.

Det er nødvendig å fastsette mer dokumenterbare og etterprøvbare krav til luminanskontrast. Det bør også utarbeides prosedyrer for hvordan målingene skal utføres og kontrolleres.

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	I
ABSTRACT.....	II
SAMMENDRAG.....	III
TABELLISTE.....	VI
FIGURLISTE.....	VII
1 INNLEDNING.....	11
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN.....	11
1.2 PROBLEMSTILLING OG MÅLSETTING.....	12
1.3 OPPGAVENS OPPBYGNING.....	12
2 TEORI.....	13
2.1 LOVGIVNING, VEILEDNING OG STANDARDER.....	13
2.1.1 Norsk standard.....	13
2.1.2 TEK10 og veiledningen til TEK10.....	14
2.1.3 Byggforskserien.....	16
2.1.4 Internasjonal standard.....	17
2.1.5 Sverige.....	17
2.2 LYSTEORI.....	17
2.2.1 Refleksjonsfaktor.....	17
2.2.2 Luminans.....	18
2.2.1 Lamberts lov.....	19
2.2.2 Luminanskontrast.....	19
2.2.3 Refleksjon.....	20
2.3 SYNET.....	21
2.3.1 Oppfattelsen av det vi ser.....	21
2.3.2 Lystransmisjonsevne, alder og synslidelser.....	21
2.4 FARGER.....	22
2.4.1 Fargegjengivelse.....	22
2.4.2 Fargesystemer.....	22
2.5 MÅLEMETODER FOR Å BESTEMME LUMINANSKONTRAST.....	23
2.5.1 Lyshetsmåler.....	24
2.5.1 Fargemåler.....	25
2.5.1 Spektroradiometer.....	25
2.5.2 Luminanskamera.....	26
3 METODE.....	28
3.1 INNLEDNING.....	28
3.2 LITTERATURSØK.....	28
3.3 GJENNOMFØRING AV METODE.....	30
3.3.1 Fargemåler.....	31
3.3.2 Lyshetsmåler.....	32
3.3.3 Spektroradiometer.....	33
3.4 OPPRINNELIG METODE.....	36
3.5 BEREGNING AV LUMINANSKONTRAST TIL ULIKE MATERIALKOMBINASJONER.....	39
4 RESULTATER.....	41
4.1 FARGEMÅLER.....	41
4.2 LYSHETSMÅLER.....	42
4.3 SPEKTORADIOMETER.....	47
4.4 LUMINANSKONTRASTER.....	53
5 DISKUSJON OG KONKLUSJON.....	56
5.1 DISKUSJON.....	56
5.1.1 Fargemåler.....	56
5.1.2 Lyshetsmåler.....	56
5.1.3 Spektroradiometer.....	57

5.1.4	<i>Luminanskontrasten til materialkombinasjonene</i>	58
5.1.5	<i>Usikkerheter og mulige feilkilder</i>	59
5.1.6	<i>Svakheter og styrker ved metoden</i>	59
5.2	KONKLUSJON	60
5.3	VIDERE ARBEID	61
5.4	LITTERATURLISTE	63

Tabelliste

Tabell 3.1 viser utvalgte søk gjort i ulike søkemotorer	29
Tabell 3.2 Nærbilde av målepunktene i trappen.....	31
Tabell 3.3 Materialkombinasjoner for beregning av luminanskontrast for de flyttbare overflatene	39
Tabell 3.4 Materialkombinasjoner for beregning av luminanskontrast for overflatene i trappen.....	40
Tabell 5.1 Måleinstrumentenes egnethet til å måle henholdsvis refleksjonsfaktor og luminans.....	61

Figurliste

Figur 2.2.1 viser vegg og dørlist som bakgrunn og objekt. Øverst er bakgrunnen lysere enn objektet, og nederst er det motsatt.....	20
Figur 2.4.1 Fargehjulet viser de ulike fargetonene.....	23
Figur 2.4.2 Hver farge har kan ha ulike nyanser.	23
Figur 2.4.3 viser NCS-kode S 0530-B50G.....	23
Figur 2.5.1 NCS lyshetsmåler sett fra utsiden.....	24
Figur 2.5.2 NCS lyshetsmåler fra utsiden.....	24
Figur 2.5.3 Grafisk fremstilling av lyshetstall og refleksjonsfaktor for hver av gråtone...24	
Figur 2.5.4 NCS Colour Scan 2.0 som kan brukes til å bestemme en farges NCS-kode og refleksjonsfaktor.....	25
Figur 2.5.5 Bilde viser et Jeti spektroradiometer.....	26
Figur 2.5.6 Figuren viser Vλ-kurven for skotopisk og fotopisk syn. X-aksen viser bølgelengde og y-aksen viser lumen/watt.	26
Figur 2.5.7 viser et luminanskamera. Det ser ut som et vanlig speilreflekskamera.	27
Figur 2.5.8 viser et normalt bilde fra LMK LabSoft software.....	27
Figur 2.5.9 viser et luminansbilde fra LMK LabSoft software.	27
Figur 3.3.1 Trappa ned til kjelleren på Sørhellinga.....	30
Figur 3.3.2 Kantina på Sørhellinga.	30
Figur 3.3.3: Oversiktsbilde som viser målepunkter i trappen.....	31
Figur 3.3.4 Bilde av flyttbare overflater. Fra venstre, gul matt plate, oransje blank plate, hvit flis og treplate.	31
Figur 3.3.5: Håndløper i stål.....	31
Figur 3.3.6 Hvit vegg.....	31
Figur 3.3.7 Grå vegg.....	31
Figur 3.3.8 Trinn.....	31
Figur 3.3.9 Kontraststripe i trinn.....	31
Figur 3.3.10 Fargemåleren plassert inntil en overflate.....	32
Figur 3.3.11 Displayet som viser NCS-koden.....	32
Figur 3.3.12: Displayet som viser refleksjonsfaktoren.....	32
Figur 3.3.13 Skjema som testpersonene skal bruke til å angi hvilken gråtone som passer best til hver gråtone.	32
Figur 3.3.14 Lyshetsmåler mot håndløper.....	33
Figur 3.3.15 Lyshetsmåler mot trinn.....	33
Figur 3.3.16 Lyshetsmåler mot grå vegg.....	33
Figur 3.3.17 Lyshetsmåler mot matt farget plate.....	33
Figur 3.3.18 Måling av grå vegg i trappen med lyshetsmåler.....	33
Figur 3.3.19 Måling av håndløper i stål med lyshetsmåler.....	33
Figur 3.3.20 Datamaskinen er koblet til spektroradiometeret. Resultatene vises på.....	33
Figur 3.3.21 De flyttbare platene står plassert inntil veggen. Den røde sirkelen danner grensen for hvor luminansen måles.....	34
Figur 3.3.22 Måling av eikeplate, vinkelrett på flaten.....	34
Figur 3.3.23 Måling av eikeplate fra skrå vinkel.....	35
Figur 3.3.24 Måling av grå vegg vinkelrett på flaten.	35
Figur 3.3.25 Måling vinkelrett på kontraststripe i trinn.	35
Figur 3.3.26 Måling av trinn fra skrå vinkel.....	35
Figur 3.3.27 Måling av grå vegg fra skrå vinkel. Spektroradiometeret er plassert på bøker for å få nok høyde.....	35
Figur 3.3.28 De flyttbare platene plassert vertikalt i kantina rett ved vinduene.....	36
Figur 3.3.29 Måling på vertikale flater i kantina på Sørhellinga.....	36
Figur 3.3.30 Måling på horisontale flater i kantina på Sørhellinga.	36

Figur 3.3.31 Måling på horisontale flater.	36
Figur 3.4.1 viser trappen i Bioteknologibygningen.....	37
Figur 3.4.2 Det tas et bilde av et kjent referansepunkt med luminanskameraet.	37
Figur 3.4.3 Så måles det samme punktet med spektroradiometeret.	37
Figur 3.4.4 Bilde viser hvordan spektroradiometeret brukes til måle luminansen i referansepunktet.	37
Figur 3.4.5 viser oversikt over hvilke bilder som skal tas og hvilke effekter som skal være med i bildet.....	37
Figur 3.4.6 viser plassering av kamera nedenfor trappen	38
Figur 3.4.7 viser plassering av kamera på toppen av trappen	38
Figur 3.4.8 viser plassering av effekter i trappen	39
Figur 4.1.1 viser at det er noen små forskjeller i resultatene fra målingene på noen av flatene i trappen. For de to mørkeste overflatene er det ingen forskjell.	41
Figur 4.1.2 viser at det ikke er noen forskjeller i måleresultatene til NCS fargemåler på de flyttbare overflatene.	42
Figur 4.2.1 viser at det er lite variasjon i resultatene fra målingene av den grå delen av veggen i trappen. Personene har lik oppfatning av hvilke gråtoner som passer best.	43
Figur 4.2.2 viser variasjonen til måleresultatene på trinnet. De ni testpersonene har valgt fem ulike gråtoner, men de ligger til gjengjeld nærme hverandre.....	43
Figur 4.2.3 viser at det er nokså stor variasjon i testpersonenes oppfatning av håndløperen i stål. Det er en avstand på 49,14 mellom øverste og nederste målte verdi, og ni gråtoner mellom disse to verdiene.....	44
Figur 4.2.4 viser at det er liten variasjon i måleresultatene til den hvite delen av veggen. Man kan tydelig se at hovedtyngden ligger på 85,95 prosent.	44
Figur 4.2.5 viser variasjonen i måleresultatene til kontraststripen i trinnet. Det er stor enighet blant testpersonene om hvilke to gråtoner som passer best.	45
Figur 4.2.6 viser at testpersonene har ulik oppfatning av hvilken gråtone som passer best for den fargede, matte platen. Det er fire gråtoner mellom øverste og nederste, valgte verdi.....	45
Figur 4.2.7 viser at det er variasjon i testpersonenes oppfatning av hvilken gråtone som passer best til den blanke overflaten. Det er valgt seks ulike gråtoner.....	46
Figur 4.2.8 viser gjennomsnittet av måleresultatene til testpersonene. Den hvite veggen er lys og har en høy refleksjonsfaktor, kontraststripen i trinnet er nesten svart og har en lav refleksjonsfaktor.	46
Figur 4.2.9 viser variasjonen i måleresultatene til testpersonene. For de mørkeste flatene er variasjonen liten, og for den blanke håndløperen er variasjonen stor.	47
Figur 4.3.1 viser at det er små variasjoner i måleresultatene med spektroradiometer i trappen når man måler vinkelrett på flatene. Variasjonene er størst for håndløperen i stål.	48
Figur 4.3.2 viser at det er store variasjoner i resultatene for håndløperen i stål, når man måler skrått på flaten. For de andre overflatene er det små variasjoner.	48
Figur 4.3.3 viser at det er små variasjoner i resultatene fra målingene vinkelrett på de flyttbare flatene ved 139 lux.....	49
Figur 4.3.4 viser at det er et resultat som skiller seg ut, og det er i målingene av den blanke fargede platen. Det ene resultatet gir en høyere luminans enn de to andre.	49
Figur 4.3.5 viser resultatene til de flyttbare overflatene ved høyere belysningsstyrke. Luminansen for den hvite flisen i kantina er 15 ganger så høy som i kjelleren.....	50
Figur 4.3.6 viser at det er liten variasjon i resultatene når flatene står vertikalt. Det er omtrent omtrent en økning av luminansen til det dobbelte i forhold til når flatene ligger horisontalt.	50

Figur 4.3.7 viser gjennomsnittet av resultatene fra kantina og kjelleren. Luminansen er mellom 20 og 30 ganger større for overflatene i kantina sammenliknet med i kjelleren.....	51
Figur 4.3.8 viser gjennomsnittet av resultatene fra kantina for horisontale og vertikale overflater. Luminansen er omtrent dobbelt så høy når platene står vertikalt.....	51
Figur 4.3.9 viser at det er små variasjoner i resultatene skrått og vinkelrett på flatene i kjelleren. Treplaten påvirkes mest av om målingen er gjort vinkelrett eller skrått på overflaten hvis man ser bort fra det ene resultatet fra målingene skrått på farget, blank plate, som var urealistisk høyt.....	52
Figur 4.3.10 viser en sammelikning av resultatene vinkelrett og skrått på overflatene i trappen. Størst variasjon er det for håndløperen i stål.....	52
Figur 4.4.1 viser at det er variasjon i luminanskontrasten om man sammenlikner resultatene til vertikale og horisontale overflater i kantina. Størst forskjell i luminanskontrast er det for kombinasjon 4. Horisontal flate gir 0,37 og vertikal flate gir 0,28.	53
Figur 4.4.2 viser at det er minimal forskjell i luminanskontrast til kombinasjon 1 og 4, ved sammenlikning av resultatene skrått og vinkelrett på overflatene. Størst variasjon er det for kombinasjon 3. Differansen i luminanskontrast mellom skrå og vinkelrett resultat er 0,16.....	54
Figur 4.4.3 viser en sammenlikning mellom resultatene fra målingene med spektroradiometer og fargemåler. For kombinasjon 5 skiller lumianskontrasten fra kjelleren seg ut ved å være mye høyere enn de to andre. For kombinasjon 3 er luminanskontrasten lik for kantine og fargemåler.....	54
Figur 4.4.4 viser at for kombinasjon 1 og 4 gir de tre målemetodene ganske lik luminanskontrast. For kombinasjon 2 og 3, der håndløperen i stål og trinnet som er flerfarget inngår, er det større variasjon. For kombinasjon 2 og 4 gir spektroradiometeret og fargemåleren nøyaktig det samme resultatet.	55

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Når man kommer til et nytt sted bruker man tid på å orientere seg i omgivelsene. Ved å observere bygninger, natur og landemerker vil man etter hvert kunne si noe om hvor man befinner seg. Det tar tid å bli kjent på nye steder, men etter hvert vil man kunne orientere seg uten å tenke. Mennesker med normalt syn observerer helheten før de observerer detaljer. Opp mot 80 prosent av all informasjon får vi gjennom det vi ser (Newman 2009). Synet er altså en svært viktig sans for oss mennesker. Mange i Norge har ikke et optimalt syn. På blindedeforbundet sine nettsider kan man lese at rundt 180 000 nordmenn har så svekket syn at de regnes som synshemmede. I tillegg er det mange synslidelser som er vanlige med økende alder. 70 prosent av alle mennesker over 70 år får grå stær. På verdensbasis utgjør grå stær nesten 50 prosent av årsakene til synstap (Norges blindedeforbund 2014). Grå stær gjør at øyelinsen blir grå og mindre gjennomsiktig. Dette resulterer i at synet blir tåkete (Norges blindedeforbund 2008).

For en svaksynte er detaljer viktig for å kunne orientere seg i omgivelsene. Synlige kontraster er detaljer som gjør det lettere å danne seg et helhetlig bilde. For bygg vil markering av dører, trapper og viktige informasjonspunkter være svært viktig for å sikre at det er lett å finne frem. Dette gjelder imidlertid ikke bare for svaksynte, men for alle. Da byggt teknisk forskrift (TEK10) kom i 2010, ble det stilt krav til luminanskontrast i universelt utformede bygg. Dette er krav som må følges, ellers kan arkitekter og planleggere risikere å miste ansvarsretten. Det er en svært alvorlig konsekvens. Det er gjort lite forskning på sammenhengen mellom synslidelser og bruk av kontraster. Gode luminanskontraster vil øke synligheten til omgivelsene (Nersveen 2009b). For planleggere og arkitekter er det vanskelig å forholde seg til disse kravene. Dette er fordi det er lite informasjon å finne om hvordan man kan sikre gode luminanskontraster i bygg. Det savnes en bedre beskrivelse av hvordan man skal gå frem, og hva som gjør at kravene til luminanskontrast oppfylles.

For at planleggere og arkitekter skal ha bedre forutsetninger for å prosjektere gode og moderne bygg i henhold til regelverket, trengs det gode veiledninger. Det er ønskelig at denne oppgaven skal bidra til å rette fokus disse problemene gjennom å se på hvordan kravene til luminanskontrast fungerer i praksis. Dette er et spennende og viktig tema, som bør vies betydelig mer oppmerksomhet. Norges blindedeforbundet har uttalt at det viktigste er at objekter som opplyser om fare har høy luminanskontrast mot bakgrunnen. Videre at andre objekter, som skal virke informerende, ikke trenger å ha like høy luminanskontrast (Rønnevig 2015). Dette taler mot kravene slik de står i TEK10 i dag.

1.2 Problemstilling og målsetting

Utfordringen til arkitekter og planleggere er det absolutte kravet til luminanskontrast. Det er svært utfordrende å beregne om luminanskontrast er innfridd på forhånd. Det er vanskelig å forholde seg til et regelverk, hvor man i forkant ikke med sikkerhet vet om det er prosjektert i henhold til kravene. Målet med oppgaven er å øke den praktiske forståelsen av hva kravene til luminanskontrast betyr. I tillegg er det ønskelig å kunne si noe om hvordan og hvor godt verktøy som kan brukes til å beregne luminanskontrast fungerer. Det er ønskelig å starte en diskusjon om hvordan det er best å gå frem for å sikre god nok luminanskontrast. På bakgrunn av disse opplysningene tar problemstillingen i denne oppgaven for seg følgende:

Krav til luminanskontrast i praksis:

- ***Hvilke verktøy finnes for å beregne luminanskontrast?***
- ***Hvor egnet er verktøyene til å beregne luminanskontrast?***

1.3 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er utformet med en teoridel som tar for seg lovgivningen, lysteori og informasjon om ulike måleinstrumenter. Deretter følger en metodedel med et litteraturstudie og en kvantitativ metodedel. Der beskrives hvilke søk og forsøk som er gjort i oppgaven. Til slutt kommer en resultat- og diskusjonsdel.

2 Teori

I dette kapitlet vil det bli gjort rede for teori om blant annet lovgivning, lys luminans og refleksjonsfaktor. Teorikapittelet skal bidra til å gi en økt forståelse av ulike temaer som angår kravene til luminanskontrast. For å skjønne hva kravene til luminanskontrast betyr trenger man en innføring i komplisert lysteori. Temaene som beskrives i dette kapittelet er viktige å komme inn på for å kunne si noe om betydningen av luminanskontrast i bygg. Det er lovverket som bestemmer hvordan man må planlegge, og bygge, for at det skal være i tråd med kravene.

2.1 Lovgivning, veiledning og standarder

Det eksisterer to standarder for universell utforming i bygg. Den ene omhandler arbeids- og publikumsbygninger (NS 11001-1: 2009), og den andre omhandler boliger (NS 11001-2: 2009). Standarder utarbeides på initiativ fra ulike interessegrupper. For universell utforming er Handikapforbundet, Norges blindforbund, Norsk revmatikerforbund og Dysleksiforbundet viktige interessegrupper. I følge Direktoratet for byggkvalitet ble det satt i gang arbeid med en norsk standard for universell utforming i 2006 (Rønnevig 2015). Standardene blir utarbeidet for å gi retningslinjer til hvilke krav som burde settes for henholdsvis bygg og andre tjenester.

Universell utforming er nedfelt i plan- og bygningsloven, lov om offentlige anskaffelser og i lov om forbud mot diskriminering på grunn av nedsatt funksjonsevne, også kalt diskriminerings- og tilgjengelighetsloven (DTL). I DTL sin §13 defineres universell utforming som *"utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene, inkludert informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), slik at virksomhetens alminnelige funksjon kan benyttes av flest mulig."* (LOV-2013-06-21-61) Som supplement til plan- og bygningsloven finnes det en forskrift om krav til byggverk (Kommunal- og moderniseringsdepartementet 2010). Byggteknisk forskrift forkortes TEK10. Denne angir et minimum av krav et bygg må ha for at det skal kunne føres opp på lovlig måte i Norge. Jonny Nersveen har på vegne av Norges blindforbund publisert et dokument som kommer med tips til hvordan man kan prosjektere for synshemmede. Dokumentet beskriver blant annet løsninger i interiør, offentlige rom og uterom samt virkemidler som kan gi synshemmede økt tilgjengelighet (Nersveen 2009b). Standardene har høy status, og er styrende for hvilke krav som blir gjeldende i TEK10. Standardene angir blant annet hva som må til for at man skal oppfylle kravene til universell utforming. Videre i oppgaven vil standarder, lover, forskrift og veiledning bli nøyere beskrevet.

2.1.1 Norsk standard

Kravene til luminanskontrast i standardene er forskjellige avhengig av om det er snakk om boliger eller publikumsbygg. Det er ikke krav til luminanskontrast i trapper i boliger, men det er krav til det i fellesarealer som er knyttet til boligen. Det kan for eksempel være en felles trappeoppgang til flere boliger. Kravene til trapper i fellesarealer tilknyttet boliger er de samme som gjelder for trapper i offentlige bygg. NS 11001-2:2009 sier følgende om krav til luminanskontrast i trapper:

"10.2.1 Trapper i fellesarealer

- hvert trinn skal ha en 40 mm bred kontraststripe i hele trappenesens bredde, på opp- og inntrinn. Luminanskontrast på minst 0,8 mellom markeringen og trinnet"

"10.2.2 Håndlister i felles trapper

- håndlistene skal ha en luminanskontrast på minst 0,4 til bakgrunnen"

Tilsvarende sier NS 11001-1:2009 det samme om trapper i arbeids- og publikumsbygg:

"10.2 Krav til trapper

- før øverste trinn skal det være et farefelt som er 600 mm dypt i hele trappens bredde

- før trappeløpet starter med nederste trinn, skal det være et oppmerksomhetsfelt som er 600 mm dypt i hele trappens bredde

- hvert trinn skal ha en 40 mm bred kontraststripe i hele trappenesens bredde, på opp- og inntrinn. Luminanskontrast på minst 0,8 mellom markeringen og trinnet"

"10.4 Håndlister for trapper og ramper

- håndlistene skal ha en luminanskontrast på minst 0,4 til bakgrunnen"

Standardene har normative og informative tillegg. Innholdet i et normativt tillegg er man pålagt å følge, og er å regne som en del av standardens krav. Informative tillegg inneholder eksempler til etterfølgelse og bør følges, men det er ikke pålagt. NS 11001-1 og NS 11001-2 har et normativt tillegg, *Tillegg B (normativt): Om nedsatte synsevner*. Tillegget står bakerst i standardene, og beskriver ulike former for synsnedsettelse. Tillegget viser til kriterier som vil øke muligheten for selvstendig deltakelse. Standarden tar utgangspunkt i at om man har tatt hensyn til behovet for kontraster for en 80-åring, så har man tilfredsstilt behovene til en stor andel av de svaksynte. Det står i tillegget at luminans er en komplisert faktor som det er vanskelig å prosjektere etter. Derfor gjøres det en forenkling, der luminanskontrast kan beregnes ved å ta differansen mellom refleksjonsfaktoren til objektet og bakgrunnen, for deretter å dividere med bakgrunnens refleksjonsfaktor. Tillegget inneholder grafer som beskriver sammenhengen mellom refleksjonsfaktor og nødvendig belyningsstyrke for å oppfatte farger ved en gitt alder. Disse grafene, med utgangspunkt i en alder tilsvarende 80 år, kan brukes i prosjekteringen. Det forutsettes at man vet refleksjonsfaktoren til overflatene og objektene i prosjektet. Tillegget inneholder også grafer som beskriver behovet for kontrast og belyningsstyrke mot bakgrunner med refleksjonsfaktor på henholdsvis 50% og 70%. Standarden sier ikke noe om målemetoder for å bestemme luminans eller refleksjonsfaktor, den oppgir kun formel for å bestemme luminanskontrasten.

2.1.2 TEK10 og veiledningen til TEK10

Plan- og bygningsloven sier at det skal planlegges på en slik måte at prinsippet om universell utforming blir tatt hensyn til. Byggteknisk forskrift, TEK10, er til for å konkretisere hvilke krav som skal legges til grunn for planlegging, prosjektering og oppføring av bygg, blant annet i henhold til prinsippet om universell utforming. Den bestemmer et minimum av egenskaper som et bygg skal inneha for at det skal kunne

oppføres på lovlig vis. TEK10 gjelder for nye byggverk og bygg som skal bygges om (Regjeringen 2009).

Før TEK10 kom så var *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk* gjeldende (Kommunal- og regionaldepartementet 1997). Forkortelsen til denne er TEK. Da TEK ble erstattet av TEK10 ble flere funksjonskrav gjort om til ytelseskrav. Forskjellen på et ytelseskrav og et funksjonskrav er at ytelseskravet er tallfestet. I TEK står det for eksempel at hovedtrapp skal: "(...)ha god håndlist i to høyder på begge sider." (§10-51.) Tilsvarende står det i TEK10 for hovedtrapp som betjener mer enn én boenhet at: "Håndlist skal være i to høyder på begge sider med overkant henholdsvis 0,9 og 0,7 m over inntrinnets forkant(...)" (§12-16.(2)b)). Ytelses- og funksjonskrav er "skal"-krav, og er absolutte krav, som ikke kan fravikes uten å søke om dispensasjon. Når et krav endres fra funksjonskrav til ytelseskrav blir kravet strengere i den forstand at man må tilfredsstillende en gitt verdi til en funksjon, og ikke bare funksjonen i seg selv.

TEK10 skiller på krav til boliger og publikums- og arbeidsbygg. Det stilles som regel flere krav til publikums- og arbeidsbygg enn til boliger. I kapittel 12 omtales planløsning og bygningsdeler i byggverk, og paragrafen under angir hvilke byggverk det stilles krav om universell utforming i:

§ 12-1. Krav om universell utforming av byggverk

"Byggverk for publikum og arbeidsbygning skal være universelt utformet slik det følger av bestemmelser i forskriften, med mindre byggverket eller del av byggverket etter sin funksjon er uegnet for personer med funksjonsnedsettelse."

I paragrafen om trapper skilles det mellom krav som gjelder for én boenhet, flere boenheter og byggverk med krav om universell utforming. Paragrafen er delt i tre deler. Første del gjelder for alle trapper. Del to gjelder for hovedtrapp som betjener mer enn én boenhet. Del tre gjelder for byggverk med krav om universell utforming. For del to og tre gjelder overordnet del i tillegg. Når det gjelder trapper sier TEK10 følgende om krav til luminanskontrast:

§ 12-16. Trapp

"(2) c) Inntrinn skal markeres slik at det oppnås luminanskontrast 0,8 i forhold til trinnfarge. Markering på inntrinn skal være i hele trinnets bredde i maksimum 40 mm dybde."

"(3) b) Håndlist skal ha et tilnærmet rundt tverrsnitt med luminanskontrast 0,8 i forhold til bakgrunnsfarge..."

"(3) c) Det skal være et farefelt foran øverste trappetrinn og et oppmerksomhetsfelt foran og inntil nederste trinn i hele trappens bredde. Feltene skal være taktilt og visuelt merket med luminanskontrast 0,8 i forhold til bakgrunnsfarge."

Til TEK10 følger *Veiledning om tekniske krav til byggverk* (Direktoratet for byggkvalitet 2010). Veiledningen har den hensikt å forklare kravene i forskriften. I tillegg gir veiledningen føringer for hvordan man kan gå fram for å oppfylle kravene, og en utdypning i kravenes innhold.

For punktene i TEK10 §12-16. nevnt over så supplerer veiledningen med følgende:

“(2) c) Synlighet oppnås ved kontrast mellom farge på bakgrunn og farge på markering. Ved valg av farge på markering benytter man bakgrunnen som referanse. Dersom flatene i synsfeltet er like store, benytter man den lyseste fargen som referanse. Luminanskontrasten er en kontrast i lyshet eller gråtone.”

“(3) c) For at blinde og svaksynte skal ha nytte av et farefelt på toppen av en trapp er det viktig at det er tilstrekkelig plass til korrekt plassering og at teksturen på feltet er gjenkjennbart som et farefelt...Det er viktig å tilpasse taktile og visuelle markeringer til trappens materiale og farge både for å oppnå visuell kvalitet og for å oppnå synlige kontraster.”

Veiledningen angir også preaksepterte ytelser. Når forskriften gir et funksjonskrav kommer veiledningen med en tolkning av kravet og det kalles preaksepterte ytelser. Veiledningen foreslår en målbar ytelse eller noe som er etterprøvbart, og preaksepterte ytelser er ”må”-krav som kan fravikes, men da forutsettes det at det kan dokumenteres at den valgte løsningen tilfredsstiller kravene i forskriften.

Veiledningen henviser til *Lys = å se eller ikke se*, 2. Utgave (Norges blindforbund 2010), for beregning av luminanskontrast. Dette er et hefte utarbeidet av Norges Blindforbund med informasjon om sammenhengen mellom lys, farger og alder. Heftet omhandler kontrastenes betydning og hvordan evnen til å se farger og kontraster blir dårligere med alderen.

2.1.3 Byggforskserien

Byggforskserien består av blader som beskriver planlegging, byggdetaljer og byggforvaltning. Det er Sintef Byggforsk som utarbeider bladene som eksempler på hvordan man kan gå frem for å oppfylle kravene i TEK10. Byggforskserien gir eksempler på hvordan man skal gjennomføre kontroll for å sjekke om kravene er oppfylt. I blad 220.320(Sintef Byggforsk 2012) står det at fargemåler og lyshetsmåler er instrumenter man kan bestemme refleksjonsfaktor med. Det står at det er vanlig å benytte belysningsstyrke og refleksjonsfaktor. Belysningsstyrke og refleksjonsfaktor blir beskrevet senere i kapittelet om lysteori. Det blir nevnt flere ganger at det er viktig med tydelige kontraster, men det står ingenting om hvordan man kan oppnå gode nok kontraster.

2.1.4 Internasjonal standard

Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO utarbeider standarder for en ulike formål. I 2011 ble det gitt ut en internasjonal standard for universell utforming, ISO 21542:2011 (Standard Norge 2011). Standarden kan sammenliknes med de to norske standardene for universell utforming og angir krav til kontraster. Elementer som skal sørge for god orientering i en bygning skal ha kontrast på minst 46 prosent og elementer som opplyser om fare skal ha kontrast på minst 75 prosent. Verdiene forutsetter at man benytter Webers logaritme, som er en av tre logaritmer i den internasjonale standarden, for kontrastberegning. Kontrast blir nøyere beskrevet i kapittelet om lysteori.

2.1.5 Sverige

I Sverige har Emma Newman skrevet en bok som tar for seg lyshetskontrastens betydning for personer med synsnedsettelse i ulike miljøer. Boka heter *Kulör & kontrast* (Newman 2009). Forfatteren tar utgangspunkt i lyshetstallet v til en overflaten, altså lysheten til en farge. NCS står for Natural Colour System og er et fargesystem. Boka viser flere eksempler fra virkeligheten om hvordan kontraster blir brukt på en god måte eller ikke. Det er også vist eksempler på ulike miljøer, og hvordan man kan prosjektere for å oppnå god nok lyshetskontrast.

2.2 Lysteori

For å finne teori om lys er det gjort søk i både norsk og internasjonal litteratur. Den ene boka, *Conceptual Physics* (Hewitt 2014), omhandler flere ulike fysiske temaer og gir nyttig informasjon om stråling, refleksjon og bølger. *Lysboken* (Lillelien et al. 2009) er en norsk bok utgitt av Lyskultur, som inneholder gode beskrivelser av både luminans og andre lysfaglige uttrykk. Lyskultur er norsk kunnskapssenter for lys. Utover dette er det benyttet flere andre bøker og nettsider som det er referert til i teksten.

2.2.1 Refleksjonsfaktor

Refleksjonsfaktor kan forenklet defineres som en flates evne til å reflektere lys. Med en fysisk tilnærming er refleksjonsfaktoren, eller reflektansen, andelen av elektromagnetisk stråling som blir reflektert når strålingen treffer en overflate. En mørk flate absorberer mye av strålingen, og mengden reflektert stråling blir liten. For lyse flater er det motsatt. Mye av strålingen reflekteres og refleksjonsfaktoren blir høy. Refleksjonsfaktor oppgis i prosent. (Hewitt 2014; Norges blindforbund 2010; Store norske leksikon 2009)

I den internasjonale standarden ISO 21542:2011 brukes "Light Reflectance Value", som forkortes LRV. Det finnes en egen standard utarbeidet av British Standards Institution. Den heter BS 8493:2008+A1:2010 (BSI 2008), og definerer LRV som y -koordinaten i CIE XYZ-systemet. CIE står for Commission Internationale de l'Éclairage, og er den internasjonale komiteen for belysning. CIE XYZ-systemet kan brukes til å bestemme alle mulige farger. XYZ, som står for henholdsvis rød, grønn og blå, er betegnelsen på intensitetene, og kalles tristimulusverdier. Verdiene er beregnet på en måte som gjør at Y -verdien beskriver prøvens refleksjonsfaktor. Luminous reflectance factor (LRF)

omtales som "reflection factor", og defineres i BS 8493:2008 som det samme som LRV. På bakgrunn av kildene vil refleksjonsfaktor bli brukt videre i oppgaven. (Bachmann 2011; Bright & Cook 2010; Lillelien et al. 2009; Nassau 2015)

2.2.2 Luminans

I dette delkapittelet er teorien hentet fra disse kildene: (Lillelien et al. 2009; Norges blindforbund 2010; Regan 2000; Winston et al. 2005).

En overflates lyshet har klar sammenheng med luminansen. Enheten som beskriver luminans er candela per kvadratmeter (cd/m^2). Candela er enheten som uttrykker styrken til en lyskilde. Enheten til candela er lumen per enhet romvinkel produsert av lyskilden (lm/sr). Lysstyrken kan uttrykkes på følgende måte:

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} [\text{cd}] \quad \text{Likning 2.1}$$

der $d\phi$ et utsnitt av lysfluksen [lm]
 $d\Omega$ er et utsnitt av romvinkelen [sr]

Mengden lys som treffer en flate kalles belyningsstyrke, og er definert som lysfluksen som faller på en overflate per flateenhet i lumen per kvadratmeter. Enheten er (lm/m^2) eller (lux). Et apparat som kan brukes til å måle belyningsstyrke kalles luxmeter. Belysningsstyrke kan uttrykkes på følgende måte:

$$E = \frac{d\phi}{dA} [\text{lux}] \quad \text{Likning 2.2}$$

der $d\phi$ er et utsnitt av lysfluksen [lm]
 dA er et utsnitt av arealet som utstråler [m^2]

Lysfluks er total lysmengde som stråler ut av et lysende medium, altså i alle retninger. Enheten er lumen (lm). Luminans defineres som lysmengden som reflekteres fra et punkt, eller en flate i en bestemt retning. Ved å bruke uttrykkene over får man følgende uttrykk for luminans:

$$L = \frac{d^2\phi}{dAd\Omega\cos\theta} [\text{cd}/\text{m}^2] \quad \text{Likning 2.3}$$

der $d\phi$ er lysfluksen [lm]
 θ er vinkelen mellom flatenormalen og den spesifikke retningen [gr]
 dA er utsnitt av arealet som utstråler [m^2]
 $d\Omega$ er romvinkelen [sr]

Romvinkel er et mål på hvor stort et objekt oppfattes for en observatør. Dette er en andreordens differensiallikning Likningen sier at luminansen er utstrålingen ($d\phi$) fra en romvinkel ($d\Omega$) i en retning, som danner en vinkel (θ) med flatenormalen til arealet (dA).

2.2.1 Lamberts lov

Når en flate er matt, eller har diffus refleksjon, vil luminansen være lik uavhengig av hvilken vinkel man observerer flaten fra. Av dette følger Lamberts lov, eller den andre cosinuslov. Loven sier at belyningsstyrken, som kommer fra et utsnitt av et flateareal i en bestemt retning, er lik belyningsstyrken, som går vinkelrett ut fra flaten, ganget med cosinus til vinkelen mellom observasjonspunktet og flatenormalen (Lillelien et al. 2009). Flater som følger denne loven gir følgende sammenheng mellom belyningsstyrken til flaten og luminansen til flaten:

$$L = \frac{1}{\pi} * \rho * E$$

Likning 2.4

der L er luminansen [cd/m²]
E er belyningsstyrken [lux]
ρ er flatens refleksjonsfaktor [%]

Det er viktig å understreke at dette gjelder for absolutt matte overflater. Når flaten ikke er matt, og det reflekteres fra ikke-diffuse flater, er refleksjonen avhengig av retning. Det gjør at det er mye mer komplisert å beregne luminansen til ikke-diffuse flater.

2.2.2 Luminanskontrast

Kontrast er en forskjell i farge eller luminans som gjør noe synlig mot en annen bakgrunn. Det finnes flere definisjoner for kontrast. Den internasjonale standarden viser til tre ulike logaritmer som kan brukes til å definere kontrast. Det er Michelson, Weber og Sapolinski (Standard Norge 2011). Den norske standarden bruker Webers definisjon for beregning av luminanskontrast:

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

Likning 2.5

der L_o er objektluminansen [cd/m²]
L_b er bakgrunns luminansen [cd/m²]

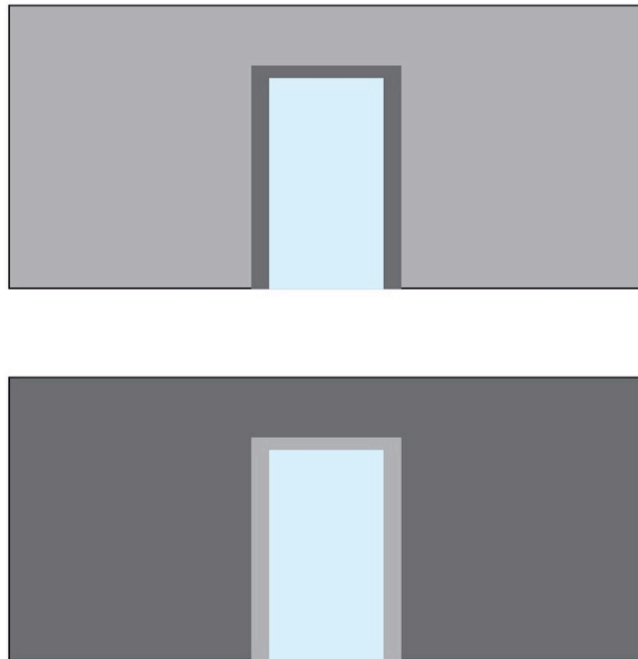
Uttrykket brukes også til å beregne kontrasten til to refleksjonsfaktorer.

$$C = \frac{\delta_o - \delta_b}{\delta_b}$$

Likning 2.6

der δ_o er refleksjonsfaktoren til objektet [%]
δ_b er refleksjonsfaktoren til bakgrunnen [%]

Man bruker absoluttverdien av luminanskontrasten. Hvilken flate man oppgir som bakgrunn og objekt vil ha innvirkning på resultatet. Det vil kunne bli store forskjeller i resultatet. I Figur 2.2.1 er det dette illustrert med et eksempel.



Figur 2.2.1 viser vegg og dørlist som bakgrunn og objekt. Øverst er bakgrunnen lysere enn objektet, og nederst er det motsatt.

La oss si at den lysegrå fargen har refleksjonsfaktor på 60 prosent og den mørkegrå fargen har refleksjonsfaktor på 35 %. Formelen gir da for de ulike tilfellene:

$$C_{\text{lys grå vegg som bakgrunn}} = \frac{\delta_o - \delta_b}{\delta_b} = \left| \frac{35 - 60}{60} \right| = 0,42 \quad \text{Likning 2.7}$$

$$C_{\text{mørk grå vegg som bakgrunn}} = \frac{\delta_o - \delta_b}{\delta_b} = \frac{60 - 35}{35} = 0,71 \quad \text{Likning 2.8}$$

Hvis bakgrunnen er mørk, og objektet er lyst, får man høyere luminanskontrast enn i det motsatte tilfellet. Ved prosjektering av skilting og liknende er det viktig å være bevisst på dette. Det er mindre vanlig med mørke vegger i offentlige bygg, og som regel er det bakgrunnen som er lys. Dermed må forskjellene i lyshet være enda større når det er bakgrunnen er lys.

2.2.3 Refleksjon

Lys reflekteres fra objekter på samme måte som lyd reflekteres fra en stemmegaffel. Stemmegaffelen settes i bevegelse og lydbølger sendes ut. På alle overflater er det elektroner som settes i bevegelse av elektromagnetisk stråling fra en lyskilde. Når elektronene først er satt i bevegelse sender de ut sin egen elektromagnetiske stråling. Ulike materialer har ulike, naturlige frekvenser for absorbering og utstråling av elektromagnetisk stråling. I noen materialer settes elektronene lettere i bevegelse ved gitte frekvenser enn i andre materialer. Når det oppstår resonans, det vil si når amplituden til svingningene er på sitt største, absorberes lys. Når svingningene er forskjellig fra resonansen stråles lyset ut igjen. Hvis et materiale er transparent slippes de reflekterte strålene gjennom flaten. Hvis overflatene er ugjennomskinnelige sendes strålingen tilbake til der den kom fra. Det er dette som er refleksjon. Et perfekt, rødt

objekt absorberer alt synlig lys unntatt det røde. Det røde lyset reflekteres fra overflaten, og dette gjør at overflaten oppfattes som rød. Flater som reflekterer alt synlig lys oppfattes som hvite, og flater som absorberer alt synlig lys oppfattes som svarte. Ingen overflater har evne til å absorbere eller reflektere absolutt alt lys. Dette gjør at man ikke har absolutte hvite eller svarte overflater (Hewitt 2014).

2.3 Synet

Øyet er et bemerkelsesverdig optisk instrument, og det er lyset som treffer øyet som gjør at vi kan se. Lyset treffer øyet og beveger seg gjennom hornhinnen. Hornhinnen hjelper med å blende 70% av lyset som treffer øyet før lyset går gjennom hullet i irisen, altså pupillen. Lyset passerer så gjennom en gjennomsiktig linse før det treffer netthinna. Bak netthinnen er synsnerven som sender signaler fra reseptorer til hjernen. Man skiller mellom to hovedtyper reseptorer hos mennesker. Det er staver og tapper. Stavene gjør at vi kan se i mørket, men de kan ikke oppfatte farger. Tappene er fargesensitive og gjør at vi kan se farger og detaljer (Hewitt 2014).

2.3.1 Oppfattelsen av det vi ser

Det er flere faktorer som har betydning for hva vi ser, blant annet oppfattelsen av farge, fargekontraster, luminans og tredimensjonalitet. Den viktigste faktoren for vår oppfattelse er luminansen (Nersveen Ukjent årstall). For en person med normalt syn vil en overflate med en luminans lik 3 cd/m^2 være tilstrekkelig for å oppfatte farger. Når man oppfatter farger bruker man det fotopiske synet. Kommer luminansen under $0,003 \text{ cd/m}^2$ forsvinner fargesynet helt, og det skotopiske synet tar over. Ved luminanser mellom $0,003 \text{ cd/m}^2$ og 3 cd/m^2 har man mesopisk syn, som er en blanding av fotopisk og skotopisk syn. Fargeoppfattelsen i dette området er dårlig. Hovedgrunnen til at man likevel klarer å oppfatte kontraster er overflatenes forskjell i lyshet. Dette forklarer hvorfor det er viktig med gode lyshetskontraster for å kunne orientere seg. (Nersveen Ukjent årstall; Regan 2000)

2.3.2 Lystransmisjonsevne, alder og synslidelser

Desto viktigere blir kontrastene jo eldre man blir. Lystransmisjonsevne er øyelinsens evne til å ta inn lys. Men alderen følger en naturlig reduksjon i lystransmisjonsevne. For en 60-åring er den redusert med 60 prosent og for en 80-åring er den redusert med 80 prosent. En eldre person er avhengig av høyere belysningsstyrke enn en ung person, for at to farger skal oppfattes som like lyse for dem. Det vil si at eldre mennesker oppfatter farger som mindre kulørte enn yngre mennesker. Sagt på en annen måte så gir økte luminanser bedre oppfattelse av farger når belysningsstyrken er uendret. For mange med synslidelser kan høye belysningsstyrker oppfattes som forstyrrende og gi ubehagsblending. Man burde derfor jobbe for å heller øke luminansene fremfor å øke belysningsstyrken mer enn nødvendig. Det viktigste med to farger er at de har ulik lyshet, slik at kontrasten mellom dem er enkel å oppfatte, selv for mennesker med dårlig syn. Med det skotopiske synet ser man gråtoner, og for å kunne oppfatte kontrasten mellom to farger med dette synet, må fargene ha forskjell i lyshet. (Nersveen 2009a; Nersveen Ukjent årstall; Norges blindforbund 2010)

Det er ikke bare på grunn av redusert lystransmisjonsevne at det er viktig med gode kontraster. Det finnes flere ulike synslidelser som påvirker synet, og disse påvirker synet på ulik måte. Det er derfor ikke en løsning som fungerer for alle personer med synsnedsettelse. Katarakt, eller grå stær, er den vanligste synslidelsen, og kjennetegnes av et tåkesyn, som dekker synsfeltet, enten helt eller delvis. I tillegg finnes det flere andre synslidelser som blant annet fører til følgende:

- at man blir ømfintlig for lys
- at man utsettes for synsnedsettende blinding
- at man opplever flekker i synsfeltet
- at man opplever at hele eller deler av synsfeltet forsvinner

Som nevnt i innledningen vil en person med normalt syn først oppfatte helheten. Deretter legger personen merke til detaljene. For en sterkt svaksynt person er det detaljene som oppfattes først, før personen danner seg et bilde av helheten ut fra detaljene. Dette gjør gode kontraster desto viktigere, og gode kontraster øker orienteringsevnen for alle uavhengig av hvor godt synet er. (Nersveen 2009a; Norges blindforbund 2010)

2.4 Farger

Oppfattelsen av farger er individuell for alle mennesker. Det er mer riktig å si at gresset oppfattes som grønt enn at det er grønt. Fargen man ser avhenger av frekvensen til lyset man ser. Det synlige lyset har frekvenser mellom $4,3 \cdot 10^{14}$ og $7 \cdot 10^{14}$ Hz. Infrarød stråling har lavere frekvens, og ultrafiolette stråler har høyere frekvens enn synlig lys, og finnes på hver sin side av synlig lys i det elektromagnetiske spekteret. Det synlige lyset står for en svært liten del, nemlig en milliondel av 1 prosent av hele det elektromagnetiske spekteret. Ved laveste frekvens i det synlige spekteret finner man rødt, og ved høyeste frekvens finner man fiolett. Hele spekteret av synlig lys deles i disse fargene; rød, oransje, gul, grønn, blå, indigo og fiolett. (Hewitt 2014).

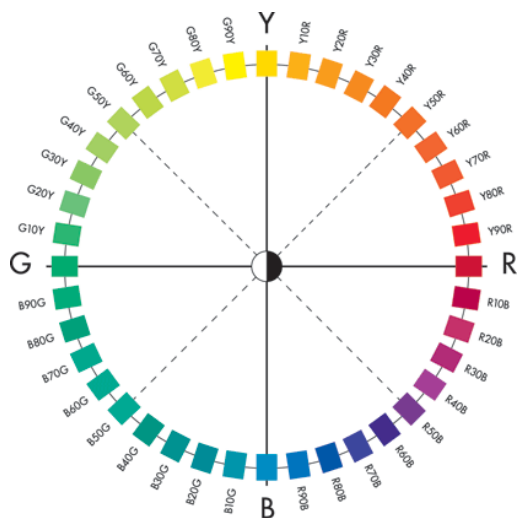
2.4.1 Fargegjengivelse

Et objekt kan kun reflektere frekvenser som finnes i lyset som treffer det. Kunstig belysning har færre frekvenser, og vil derfor ikke gjengi fargene 100 prosent. Dagslys derimot inneholder hele spekteret av synlig lys. Det finnes en indeks som angir hvor god fargegjengivelse en farge har. Denne indeksen kalles Ra-indeks. Maksimalverdien er 100, og dette oppnår man i dagslys. Gjennomsnittet av åtte testfarger brukes til å angi indeksen. NS 11001-1 anbefaler en Ra-indeks som er over 80 prosent for belysning innendørs (Hewitt 2014; Lillelien et al. 2009)

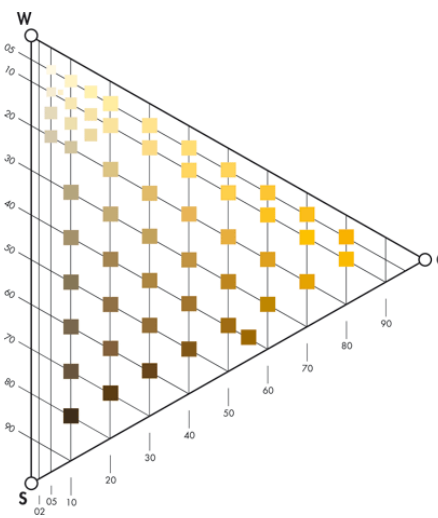
2.4.2 Fargesystemer

Det finnes mange systemer for bestemmelse av farge. Fargesystemene er laget på en måte som gjør at man kan bestemme svært mange ulike farger. Systemene sier noe om hvor lyse og mørke fargene er, hvor høy metning de har, og hvilken fargesammensetning fargen har. Standarden forholder seg til NCS Natural Colour System. Det er dette fargesystemet som vil forklares videre. På NCS sine nettsider står det at historien til Natural Colour System går helt tilbake til 1611, da Aron Sigfrid Forsius publiserte et av

de første fargesystemene i verden. Forskere ble inspirert av dette, og med tiden har fargesystemet utviklet seg og blitt et av de mest brukte i Europa. Figur 2.4.1. viser et fargehjul som deles i gul, grønn, blå og rød. Inn og ut av hjulet angis mengden svart og hvitt, og inn mot midten av hjulet har fargene mindre kulørthet. Figur 2.4.2 illustrerer hvordan fargehjulet ser ut fra siden. Langs y-aksen bestemmes mengden svart og hvitt, og langs x-aksen bestemmes mengde farge.

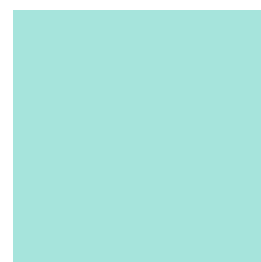


Figur 2.4.1 Fargehjulet viser de ulike fargetonene. Bildet er hentet fra ncscolour.com



Figur 2.4.2 Hver farge har kan ha ulike nyanser. Bildet hentet fra ncscolour.com

Hver farge har en NCS-kode. Et eksempel er S 0530-B50G som er illustrert i Figur 2.4.3. S står for standard, 10 er svartheten til fargen i prosent, 30 er kulørtheten i prosent. Fargen ligger i den blå (B) skalaen med 50 prosent grønt (G) i seg. N betyr nøytral og beskriver en farge som bare består av svart og hvitt, for eksempel S 0500-N. På denne måten får man koder med utallige ulike nyanser (*Natural colour system* 2015).



Figur 2.4.3 viser NCS-kode S 0530-B50G

2.5 Målemetoder for å bestemme luminanskontrast

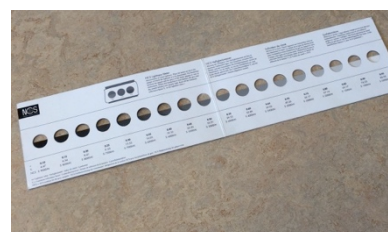
Det finnes ulike metoder som kan brukes for å beregne luminanskontrast. I kapitlet om kontrast vises formelen som kan brukes når man kjenner luminansen eller refleksjonsfaktoren til ulike overflater. Måleinstrumentene varierer mye i pris. Det finnes instrumenter som beregner luminans og andre instrumenter som beregner refleksjonsfaktor. Nedenfor kommer en beskrivelse av de mest aktuelle måleinstrumentene. Informasjon om instrumentene er hentet fra forhandlerne sine nettsider. For lyshetsmåler og fargemåler er informasjon funnet på ncscolour.no, for spektroradiometer gjelder jeti.com, for luminanskamera gjelder technoteam.dk og for spektrofotometer gjelder konikaminolta.eu.

2.5.1 Lyshetsmåler

En av de simpleste målemetodene er NCS lyshetsmåler. Lyshetsmåleren består av 18 ulike gråtoner hentet fra originale NCS-koder. Man bruker synet til å avgjøre hvilken av gråtonene som passer best til prøven man skal måle. Ved å myse skal riktig gråtone være så lik som mulig med bakgrunnen som måles. Gråtonene er merket med verdier. Det ene er lyshetstallet som sier noe om kontrasten til prøven. En helt svart prøve har verdi 0 og en helt hvit har verdi 1, men siden det ikke er mulig å oppnå totalt svarte eller totalt hvite overflater går skalaen i dette verktøyet fra 0,10 til 0,95. Lyshetstallet er et hjelpemiddel for å sammenlikne fargers lyshet. Det andre er refleksjonsfaktoren. Skalaen går fra 5 til 95 prosent, der 5 er det mørkeste og 85 er det lyseste.

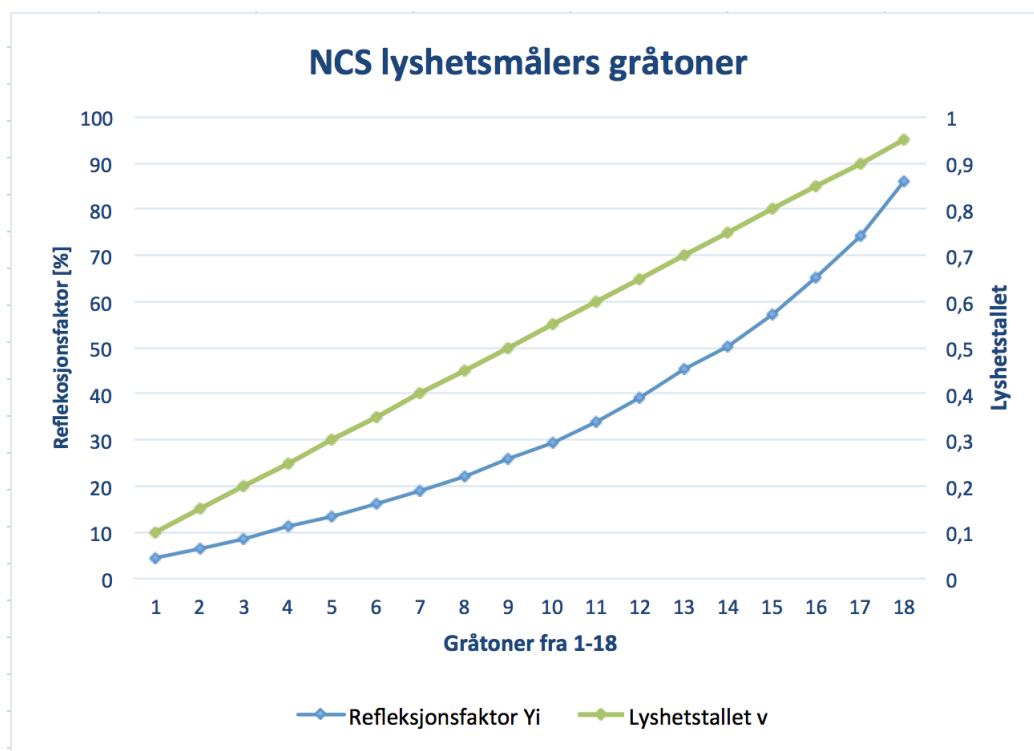


Figur 2.5.1 NCS lyshetsmåler sett fra utsiden



Figur 2.5.2 NCS lyshetsmåler fra utsiden

Lyshetstallet danner en lineær linje og refleksjonsfaktoren danner en eksponentiell linje. Det er altså større forskjell i refleksjonsfaktor mellom de lyseste gråtonene enn de mørkeste. Svaret fra NCS Colour Center Norge, på spørsmål om forskjellene mellom kurven til lyshetstallet og refleksjonsfaktor, var en kopi av side seks i NCS lyshetstabell, der fargers lyshetstall og refleksjonsfaktor står beskrevet. I dokumentet står det at refleksjonsfaktoren er et mål på hvor mye av det innfallende lyset som reflekteres fra en overflate. Figur 2.5.3 vises de to grafene som representerer lyshetstallet og refleksjonsfaktoren for de 18 gråtonene.



Figur 2.5.3 Grafisk fremstilling av lyshetstall og refleksjonsfaktor for hver av gråtonene.

Hvis man deler skalaen mellom hvitt og svart i like store steg så representerer ikke stegene like store visuelle forskjeller i lyshet. I gråtoneskalaen representerer derfor gråtonen som ligger midt mellom hvitt og svart en refleksjonsfaktor på 26 prosent. Lyshetstallet derimot representerer like store visuelle forskjeller i lyshet. Dette gjør at kurven for lyshetstallet er lineær og at kurven for refleksjonsfaktor er eksponentiell. I Målemetoden påvirkes av menneskelige faktorer, da gråtonen som passer best bestemmes av personer og ikke et instrument.

2.5.1 Fargemåler

NCS Colour Scan 2.0 er en håndholdt fargemåler som brukes til å bestemme en overflates fargesammensetning. Instrumentet kan bruke flere ulike fargesystemer som referanseramme, for eksempel CIE Lab, CMYK og NCS. NCS er det fargesystemet som brukes i den norske standarden. Fargemåleren oppgir også refleksjonsfaktoren til overflaten. Instrumentet holdet inntil en overflate og resultatet kommer opp på skjermen. Det er en lyskilde i instrumentet som kan påvirke målingene, spesielt hvis flatene er blanke. For tofargede prøver vil instrumentet gi en NCS-kode for hver av fargene hvis begge fargene er innenfor radiusen til målingen. Instrumentet oppgir altså ikke gjennomsnittet av to fargenyanser. For andre strukturer, som for eksempel treverk, vil instrumentet oppgi den NCS-kode som stemmer best med prøven.



Figur 2.5.4 NCS Colour Scan 2.0 som kan brukes til å bestemme en farges NCS-kode og refleksjonsfaktor

Man burde sjekke fargekoden opp mot fargekartet siden instrumentet kun gjør en antagelse, og at det ikke kan garanteres at det på skjermen stemmer med virkeligheten. Instrumentet har høy brukervennlighet, men det er ikke så godt egnet til å måle blanke og spraglede overflater.

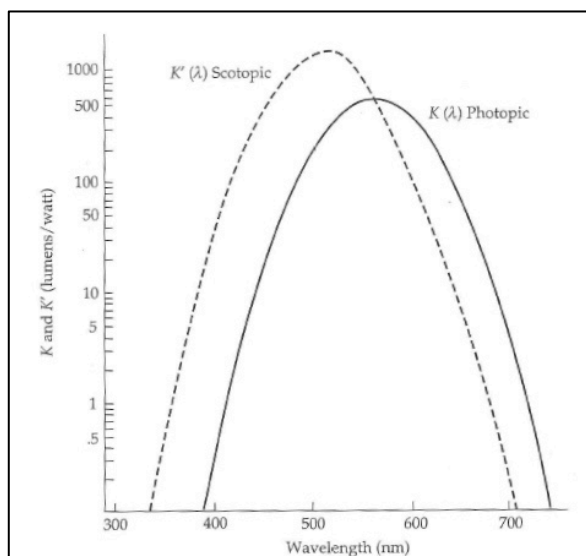
2.5.1 Spektroradiometer

Jeti Specbos 1201 spektroradiometer skal være et av de minste spektroradiometerne på markedet. Det kan blant annet brukes til å måle luminans, utstrålt energi, belysningsstyrke, absorbert energi, dominerende bølgelengde og fargerenhet. Det kommer med programvare og kobles til en datamaskin under målingene. Resultatene får man direkte opp på dataskjermen. Spektroradiometeret har et innebygget V_{λ} -filter, som gjør at instrumentet kan ta hensyn til hele det synlige spekteret av lys. Farger absorberer og reflekterer ulike bølgelengder og har ulik mengde lumen per watt med energi. En V_{λ} -kurve viser sammenhengen mellom bølgelengde og antall lumen gitt av 1 watt energi. En watt grønt lys gir 683 lumen ved bølgelengde 555 nm og viser toppen av kurven for fotopisk syn i Figur 2.5.6. Øyet er mest sensitivt for grønt lys når man bruker det skotopiske lyset. For de andre fargene som rødt og grønt gir en watt lys altså mindre enn 683 lumen. For det skotopiske synet flytter toppen av kurven seg fra grønt til blått, så når det skotopiske synet tar over et man mest sensitiv for det blå lyset. Den skotopiske kurven er definert slik at de to kurvene har lik verdi ved 555nm, slik at

lumen har den samme definisjonen for skotopisk og fotopisk syn (Regan 2000). For å ta hensyn til disse forskjellene i energi har instrumentet et innebygget V_λ -filter slik at instrumentet klarer å bestemme hvilke lysforhold målingene tas under. Ulike lyskilder utstråler ulike bølgelengder.



Figur 2.5.5 Bilde viser et Jeti spektroradiometer



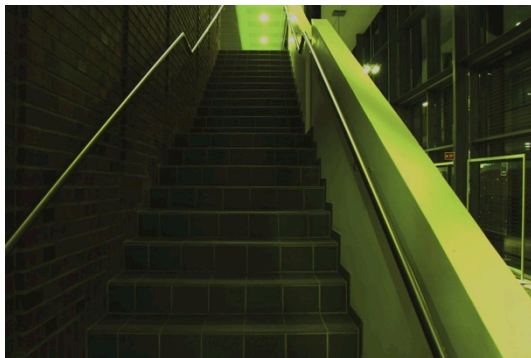
Figur 2.5.6 Figuren viser V_λ -kurven for skotopisk og fotopisk syn. X-aksen viser bølgelengde og y-aksen viser lumen/watt. Figuren er hentet fra (Regan 2000)

2.5.2 Luminanskamera

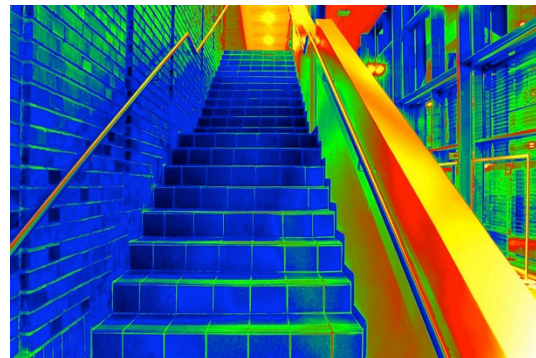
LMK mobile advanced er et speilreflekskamera av typen Canon med tilhørende LMK LabSoft programvare. Kameraet er vist i Figur 2.5.7, og forutsetter kunnskaper om bruk av lukkertid og blenderåpning. For å sikre gode resultater bør kameraet kalibreres. Et slikt kamera har ikke innebygd V_λ -filter, og kan dermed ikke ta hensyn til lysforholdene bildene tas under. Et spektroradiometer fungerer som kalibreringsverktøy ved at verdiene sammenliknes. Man legger inn en faktor i programmet som tar hensyn til eventuelle forskjeller i resultat mellom kamera og spektroradiometer. Kameraet fungerer ved at man tar bilder på vanlig måte før man importerer dem til programmet. Deretter får man opp to bilder. Eksempler er vist i Figur 2.5.8 og Figur 2.5.9. Dette er kun testbilder for å vise hvordan kameraet fungerer, så kvaliteten er ikke optimal. Det går an å velge ulike logaritmer for fremstilling av bildene for å få frem ønsket informasjon. Man kan se på et utsnitt av bildet og bestemme luminanskontrasten mellom to punkter i utsnittet. Det finnes fire slike kameraer i Norge som fagfolk vet om. Dette er et svært godt egnet verktøy for å se variasjonene i luminans på en overflate, men det er dyrt. I tillegg kreves det tid til å sette seg inn i programvare og kamerainnstillinger.



Figur 2.5.7 viser et luminanskamera. Det ser ut som et vanlig speilreflekskamera. Bildet er hentet fra technoteam.de



Figur 2.5.8 viser et normalt bilde fra LMK LabSoft software.



Figur 2.5.9 viser et luminansbilde fra LMK LabSoft software.

3 Metode

3.1 Innledning

Metoden i denne oppgaven er delvis en litteraturstudie, men i størst grad kvantitativ. Målet med metoden er å forsøke å gi svar på hvordan det er best å bestemme luminanskontrasten til ulike overflater. Metoden skal forsøke å gi svar på hvor nøyaktig luminanskontrasten blir med ulike metoder. I tillegg skal metoden være med på å kartlegge litteratur om luminanskontrast, og på generell basis. Den kvantitative delen skal bestå av målinger som kan brukes til å beregne luminanskontrast. Målemetodene vil ta utgangspunkt i både luminans og refleksjonsfaktor. Det er ønskelig å finne ut hvilke likheter eller ulikheter det gir å bruke henholdsvis luminans og refleksjonsfaktor til beregning av luminanskontrast.

I denne metoden trenger man tre ulike måleinstrumenter. De skal gi resultater som kan brukes til å beregne luminanskontrast. Det ene måleinstrumentet er en lyshetsmåler, og man trenger testpersoner til å gjennomføre forsøk med dette instrumentet. De to andre måleinstrumentene er en fargemåler og et spektroradiometer som kobles til en datamaskin. Deretter leser man av resultatene på datamaskinen. Materialer med ulike overflater og lysheter trengs også. Forsøkene skal gjøres i en innendørs trapp i et publikumsbygg hvor det er kunstig belysning. I tillegg trenger man et rom med gode dagslysforhold for å kunne si noe om belysningsstyrkens påvirkning på luminanskontrasten. For å bestemme belysningsstyrken i de to rommene trenger man et luxmeter.

3.2 Litteratursøk

Litteratursøket er gjort i perioden januar til april 2015. I studien er disse søkemotorene brukt:

- Web of Science
- Google Scholar
- Oria
- Bibsys
- Byggforskserien
- Google

Både engelske og norske søkeord er brukt. Sentrale, norske søkeord er universell utforming, trapp, tilgjengelighet, luminans, luminanskontrast og refleksjon. Sentrale, engelske søkeord er luminance, radiance, illuminance, universal design, accessibility og light. Søkene har vært åpne, men også spesifisert innen fagområder som fysikk, teknologi, lysteori og optikk. Det er fokusert på nyere litteratur fra de siste 15 årene. Tabell 3.1 viser en oversikt over utvalgte søkekombinasjoner som er gjort, og noen utvalgte, spesielt relevante treff. Det er gjort søk med like kombinasjoner i flere av søkemotorene, selv om kombinasjonene bare er nevnt et sted.

Tabell 3.1 viser utvalgte søk gjort i ulike søkemotorer

Søkemotor	Søkeord	Spesielt relevante treff
Web of science	<ul style="list-style-type: none"> • accessibility • accessibility luminance • luminance • luminance and contrast and reflection • inclusive design • luminance and contrast • luminance contrast and universal design 	⇒ <i>High dynamic range photogrammetry (...)(Cai 2013)</i>
Oria	<ul style="list-style-type: none"> • luminance • illuminance • color vision • light illumination • light theory 	⇒ <i>Color vision and colorimetry(Malacara 2002)</i> ⇒ <i>Human perception of objects(Regan 2000)</i>
Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> • luminanskontrast • universell utforming luminans • luminance 	
Bibsys ask	<ul style="list-style-type: none"> • Universell utforming • Blindeforbundet • Emma Newman 	⇒ <i>Prosjektering for synshemmede (Nersveen 2009b)</i> ⇒ <i>Kontraster - farger - belysning (Nersveen 2009a)</i> ⇒ <i>Kulör & kontrast (Newman 2009)</i>
Byggforsk	<ul style="list-style-type: none"> • Universell utforming • Trapp • Universell utforming trapp • Lys • Belysning 	⇒ 220.320 (Sintef Byggforsk 2012)
Google	<ul style="list-style-type: none"> • Luminans/luminance • Light reflectance value • LRV • Luminous reflectance factor • Recflectance 	⇒ <i>Lysboken (Lillelien et al. 2009)</i>

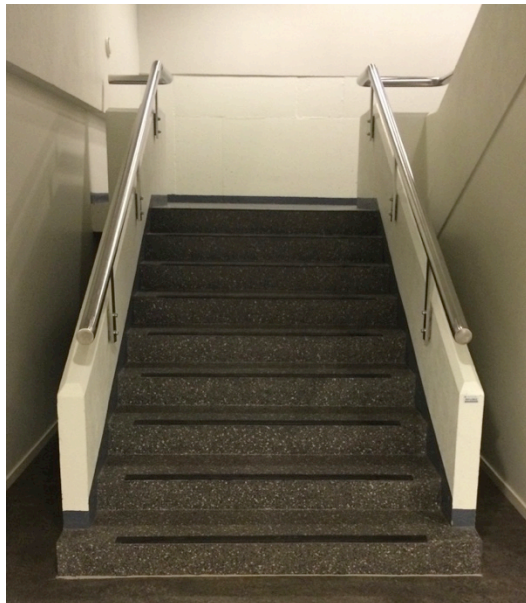
Noen søk har gitt flere tusen treff, og med spesifisering av fagområder har det likevel vært vanskelig å finne relevant litteratur. Andre søk har gitt få treff, men ofte uten

relevans for oppgaven. Det har delvis lyktes å finne gode kilder til informasjonen, men spesielt innen lysteori har det vært vanskelig å finne gode kilder. Ved å sjekke kildene i Wikipedia er det gjort funn av fin litteratur. Søk på "luminans" i Google ga treff i Wikipedia. "Luminans" ledet der videre til "lysstyrke", og under referansene til "lysstyrke" stod *Lysboken (Lillelien et al. 2009)*.

En del av studien har også handlet om å kontakte personer og å finne informasjon om utstyr til beregning luminanskontrast. Det er gjennomført møter med Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), Norconsult AS og Universell Utforming AS. I tillegg har Institutt for elkraftteknikk ved NTNU vært kontaktet angående lån av luminanskamera.

3.3 Gjennomføring av metode

På Sørhellinga her på NMBU er det en trapp som viser seg å være fin å bruke i metoden siden dagslys kan neglisjeres. Et passende lokale for målinger i dagslys er kantina på Sørhellinga som har store, sydvendte vinduer som går helt til gulvet. Trappen er lite trafikkert og målinger bør gjøres i en helg, for da er det lite aktivitet i bygget.



Figur 3.3.1 Trappa ned til kjelleren på Sørhellinga.



Figur 3.3.2 Kantina på Sørhellinga.

De tre måleinstrumentene som skal brukes er spektroradiometer, fargemåler og lyshetsmåler. Fem flater i trappen skal måles: håndløper i stål, hvit vegg, grå vegg, trinn og kontraststripe i trinn. Overflatene er vist i Figur 3.3.3 og Tabell 3.2. I tillegg skal fire flyttbare flater måles: gul matt plate, oransje blank plate, hvit flis og treplate, som vist i Figur 3.3.4.



Figur 3.3.3: Oversiktsbilde som viser målepunkter i trappen



Figur 3.3.4 Bilde av flyttbare overflater. Fra venstre, gul matt plate, oransje blank plate, hvit flis og treplate.

Tabell 3.2 Nærbilde av målepunktene i trappen

<p>Figur 3.3.5: Håndløper i stål</p>	<p>Figur 3.3.6 Hvit vegg</p>	<p>Figur 3.3.7 Grå vegg</p>	<p>Figur 3.3.8 Trinn</p>	<p>Figur 3.3.9 Kontraststripe i trinn</p>

Metoden er tredelt. Videre vil det bli gitt en beskrivelse av delene i metoden.

3.3.1 Fargemåler

Bruk NCS fargemåler til å måle overflatene. Alle flatene er nevnt som en del av metoden skal måles. Hver flate skal måles tre ganger.

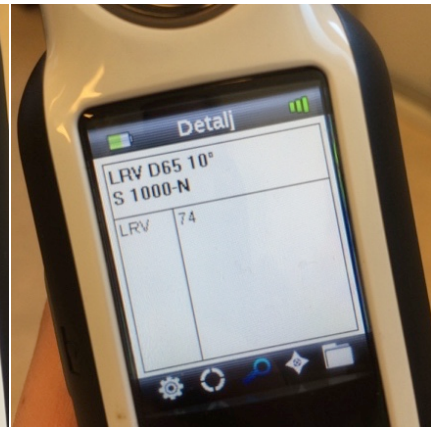
Hold fargemåleren inntil overflaten og følg anvisningen på skjermen. Les av NSC-fargekoden og LRV-verdien og noter.



Figur 3.3.10 Fargemåleren plassert inntil en overflate



Figur 3.3.11 Displayet som viser NCS-koden



Figur 3.3.12: Displayet som viser refleksjonsfaktoren

3.3.2 Lyshetsmåler

Bruk lyshetsmåleren til å måle overflatene. Alle overflatene i trappen måles, i tillegg til den gule og den oransje platen. Ni testpersoner, i dette tilfellet, skal utføre målinger og notere resultatet i et skjema, vist i Figur 3.3.13.

Håndløper i stål

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Trinn

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Kontraststripe i trinn

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Hvit del av vegg i trapp

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Grå del av vegg i trapp

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Farget plate matt

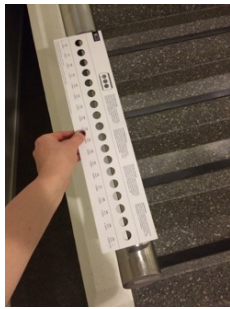
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Farget plate blank

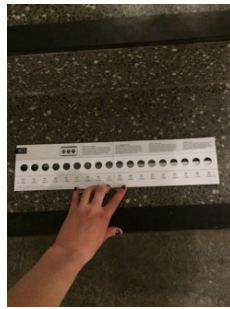
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Figur 3.3.13 Skjema som testpersonene skal bruke til å angi hvilken gråtone som passer best til hver gråtone.

Hold lyshetsmåleren mot prøven og mys for å se hvilken gråtone som passer best til prøven. Noter resultatet i skjemaet. I Figur 3.3.14 til Figur 3.3.19 illustreres framgangsmåte for målingene med lyshetsmåler.



Figur 3.3.14
Lyshetsmåler mot håndløper



Figur 3.3.15
Lyshetsmåler mot trinn



Figur 3.3.16
Lyshetsmåler mot grå vegg



Figur 3.3.17
Lyshetsmåler mot matt farget plate



Figur 3.3.18 Måling av grå vegg i trappen med lyshetsmåler



Figur 3.3.19 Måling av håndløper i stål med lyshetsmåler

3.3.3 Spektoradiometer

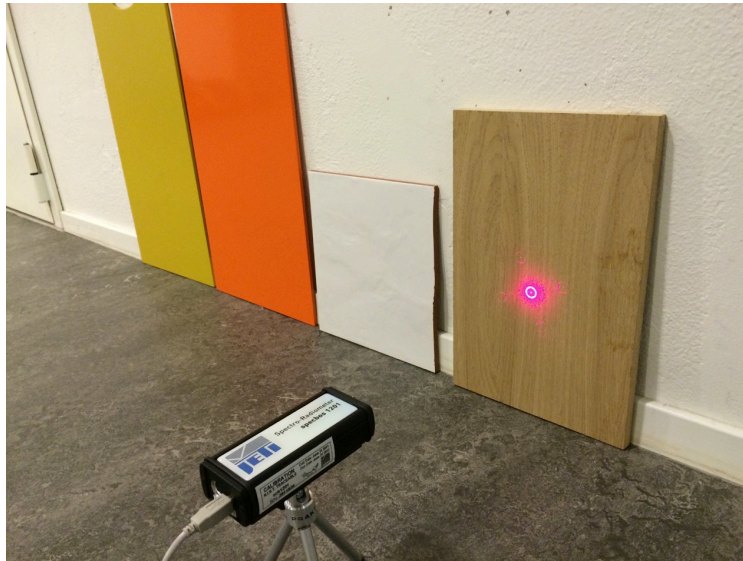
Bruk spektroradiometeret til å måle luminansen til de ulike overflatene. De flyttbare platene skal først måles i trapperommet og så i kantinerommet. I trappa skal overflatene måles fra to vinkler. Det er vinkelrett og skrått på overflatene. Dette er for å ha målinger som likner på måten øynene ser trappen. De flyttbare overflatene skal også måles fra to vinkler i kjelleren. Det er vinkelrett og skrått på. I kantina skal de flyttbare overflatene måles når de ligger horisontalt og når de står vertikalt. Alle målingene skal gjøres vinkelrett på overflatene.



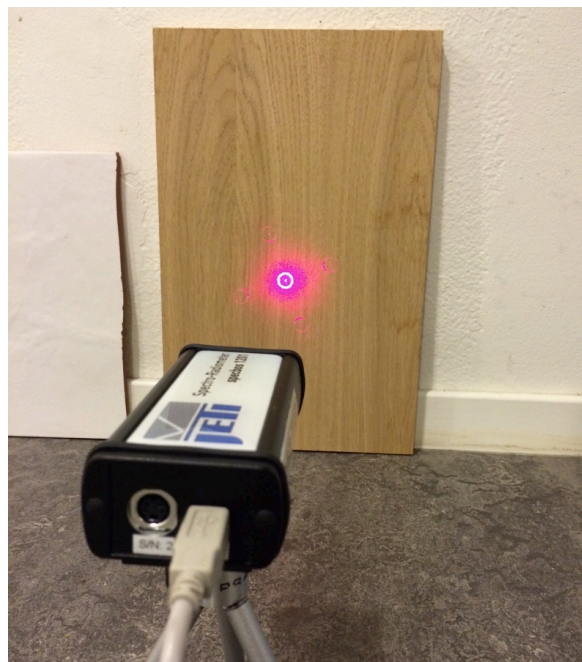
Figur 3.3.20 Datamaskinen er koblet til spektroradiometeret. Resultatene vises på

Mål belysningsstyrken i de to rommene med et luxmeter. Plasser spektrometeret i en avstand på 30 cm fra overflaten som skal måles. Instrumentet er koblet til datamaskinen og målingene gjøres ved å trykke på "measure" i programmet. Hver flate skal måles tre ganger fra hver vinkel. Deretter måles de de flyttbare overflatene i kantina. Legg platene horisontalt i nærheten av vinduet. La dem deretter stå vertikalt, vendt mot vinduene. Det skal gjøres tre målinger ved hver plassering. En rød sirkel viser måleradiusen på overflaten. Jo lenger unna man måler, jo større blir måleradiusen.

Figur 3.3.21 til Figur 3.3.27 illustrerer hvordan målingene gjøres i trappen og i kjelleren. De viser hvordan spektrometeret er plassert i forhold til overflatene, både vinkelrett og skrått på overflatene.



Figur 3.3.21 De flyttbare platene står plassert inntil veggen. Den røde sirkelen danner grensen for hvor luminansen måles.



Figur 3.3.22 Måling av eikeplate, vinkelrett på flaten.



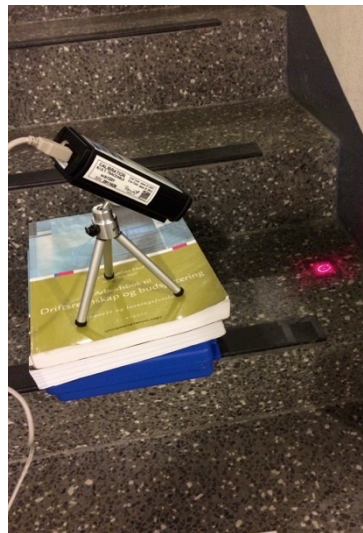
Figur 3.3.23 Måling av eikeplate fra skrå vinkel.



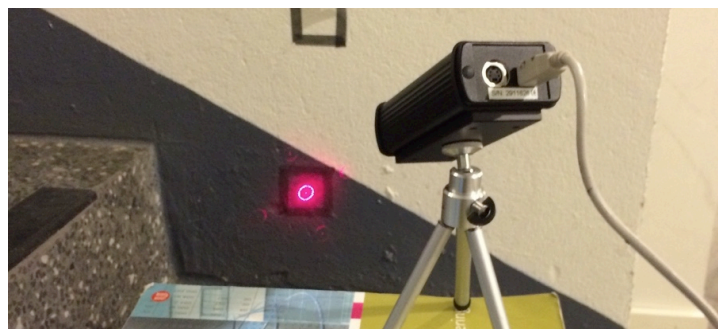
Figur 3.3.24 Måling av grå vegg vinkelrett på flaten.



Figur 3.3.25 Måling vinkelrett på kontraststripe i trinn.



Figur 3.3.26 Måling av trinn fra skrå vinkel.



Figur 3.3.27 Måling av grå vegg fra skrå vinkel. Spektorradiometeret er plassert på bøker for å få nok høyde.

I Figur 3.3.29 til Figur 3.3.31 er det illustrert hvordan målingene i kantina gjøres. Figurene illustrerer både måling på horisontale og vertikale overflater.



Figur 3.3.28 De flyttbare platene plassert vertikalt i kantina rett ved vinduene.



Figur 3.3.29 Måling på vertikale flater i kantina på Sørhellinga.



Figur 3.3.30 Måling på horisontale flater i kantina på Sørhellinga.



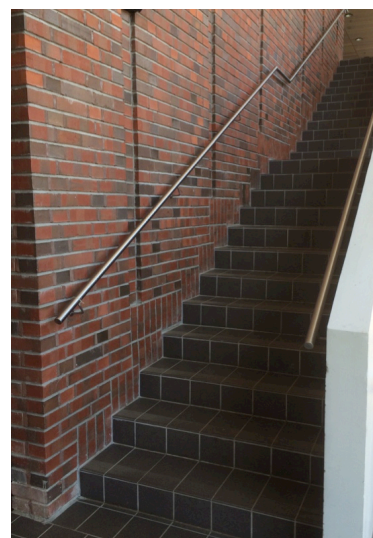
Figur 3.3.31 Måling på horisontale flater.

3.4 Opprinnelig metode

Beskrivelsen over viser gjennomføringen av metoden som ble gjeldende i denne oppgaven. Opprinnelig var det tenkt en annen metode. Nå følger en beskrivelse av denne. Utgangspunktet er tre måleinstrumenter; luminanskamera, fargemåler og lyshetsmåler. I tillegg er det ønskelig å gjøre noen målinger med spektroradiometer. Det er behov for ulike overflater og en trapp der dagslyset påvirker omgivelsene. For å måle belysningsstyrken trenger man et luxmeter.

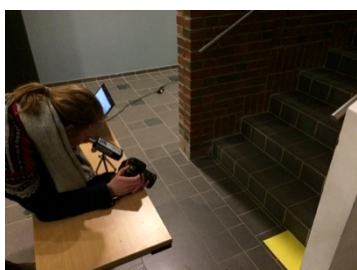
Publikumstrappen i Bioteknologibygingen ved NMBU er en trapp som passer til å gjøre målinger i. Den ene vegg består av teglstein, den andre av hvit, pusset mur. Håndløperen er i stål, og trinnene er flislagt med grå fliser. Trappen er vist i Figur 3.4.1.

Gjør måling av belysningsstyrken morgen og kveld med et luxmeter. Kalibrer luminanskameraet med et spektroradiometer. Dette gjøres ved å finne et referansepunkt og ta bilde av dette. Samme punkt måles med spektroradiometeret. Avviket mellom målingene til de to instrumentene gir en faktor som legges inn i programmet før man skal produsere luminansbilder. Avviket kan variere med mengden dagslys, så det bør gjøres en kalibrering morgen og kveld.

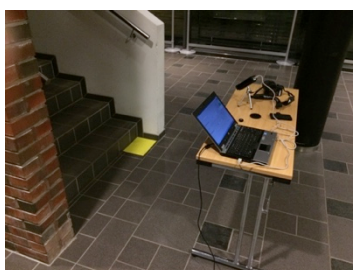


Figur 3.4.1 viser trappen i Bioteknologibygingen.

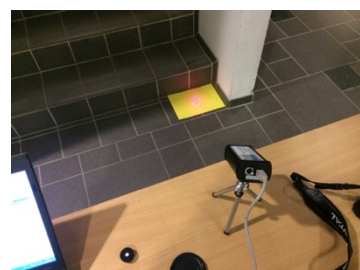
Bruk luminanskameraet til å ta bilder av trappen. Ta bilder fra ulike avstander og vinkler, som vist i Figur 3.4.6 og Figur 3.4.8. Ta bilder med og uten de ulike flyttbare effektene. Det skal tas åtte bilder. Disse bildene er beskrevet i Figur 3.4.5.



Figur 3.4.2 Det tas et bilde av et kjent referansepunkt med luminanskameraet.



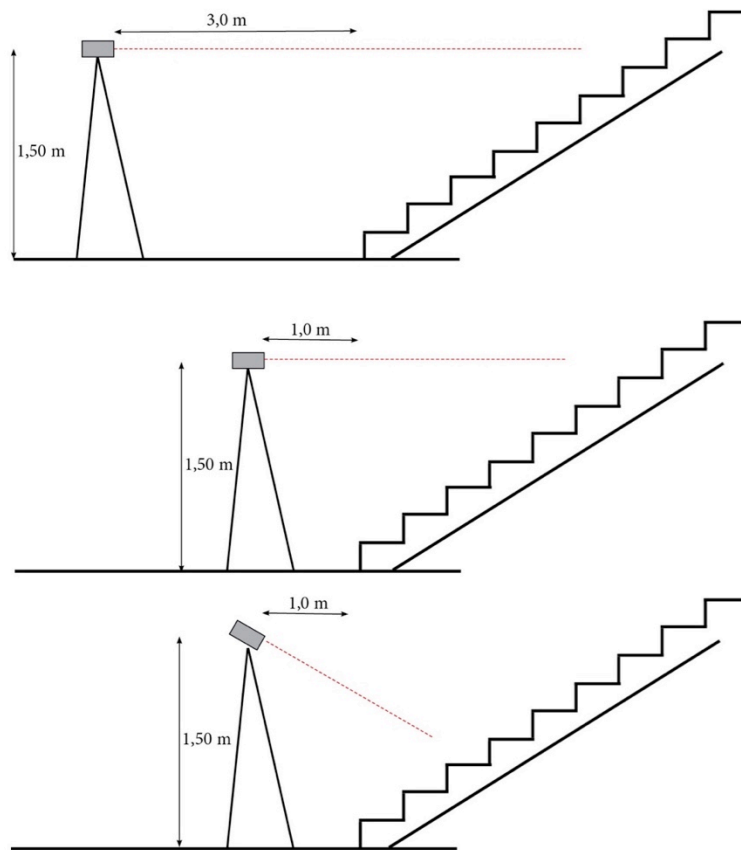
Figur 3.4.3 Så måles det samme punktet med spektroradiometeret.



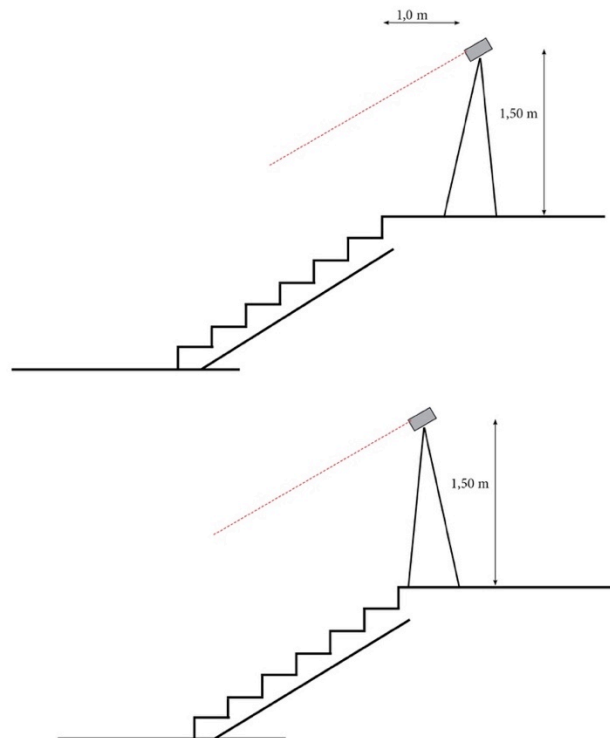
Figur 3.4.4 Bilde viser hvordan spektroradiometeret brukes til måle luminansen i referansepunktet.

Bilde	Plassering fra trapp	Høyde fra gulv [m]	Kamera-vinkel	Effekt	Plassering effekt
1	3 m fra nederste trinn	1,50	horisontal		
2	1 m fra nederste trinn	1,50	horisontal		
3	1 m fra nederste trinn	1,50	horisontal	teip i trinn	3. trinn
				tretrinn	3. trinn
				trehåndløper	teipes på eksisterende
				farget plate	inntil venstre vegg ved 3. trinn
				farget plate	inntil høyre vegg ved 3. trinn
4	1 m fra nederste trinn	1,50	30 grader		
5	1 m fra nederste trinn	1,50	30 grader	teip i trinn	3. trinn
				tretrinn	3. trinn
				trehåndløper	teipes på eksisterende
				farget plate	inntil venstre vegg ved 3. trinn
				farget plate	inntil høyre vegg ved 3. trinn
6	1 m fra øverste trinn	1,50	parallelt med håndløper		
7	På øverste trinn	1,50	parallelt med håndløper		
8	På øverste trinn	1,50	parallelt med håndløper	teip i trinn	3. trinn
				tretrinn	3. trinn
				trehåndløper	teipes på eksisterende
				farget plate	inntil venstre vegg ved 3. trinn
				farget plate	inntil høyre vegg ved 3. trinn

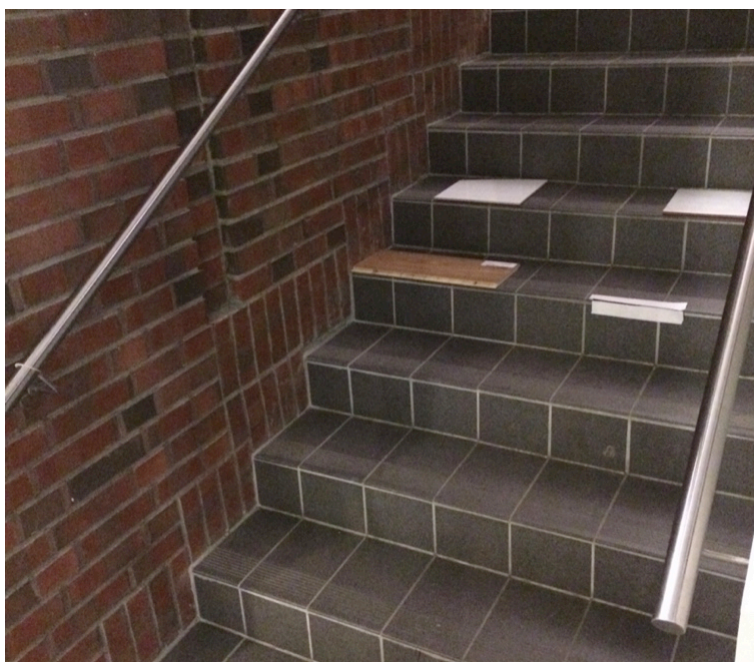
Figur 3.4.5 viser oversikt over hvilke bilder som skal tas og hvilke effekter som skal være med i bildet.



Figur 3.4.6 viser plassering av kamera nedenfor trappen



Figur 3.4.7 viser plassering av kamera på toppen av trappen













Figur 3.4.8 viser plassering av effekter i trappen

Mål med fargemåler og lyshetsmåler på de ulike overflatene og effektene. Bruk i tillegg spektroradiometeret til å måle overflatene og alle effektene fra to vinkler, og med en avstand på 30 cm fra overflaten.

3.5 Beregning av luminanskontrast til ulike materialkombinasjoner









Resultatene som måleapparatene gir skal brukes til å beregne luminanskontrasten mellom ulike flater. For de flyttbare overflatene er det fem kombinasjoner som skal regnes ut ved å bruke Likning 2.5 eller Likning 2.6. Tabell 3.3 viser hvilke fem materialkombinasjoner dette er.

Tabell 3.3 Materialkombinasjoner for beregning av luminanskontrast for de flyttbare overflatene

Objekt		Bakgrunn
Farget plate matt	 	Hvit flis
Farget plate blank	 	Hvit flis
Farget plate blank	 	Farget plate matt
Treplate	 	Hvit flis
Treplate	 	Farget plate matt

For trappen er det de ulike materialkombinasjonene i Tabell 3.4 som skal beregnes. Kombinasjonene skal beregnes utfra måleresultatene med fargemåler, lyshetsmåler og spektroradiometer.

Tabell 3.4 Materialkombinasjoner for beregning av luminanskontrast for overflatene i trappen

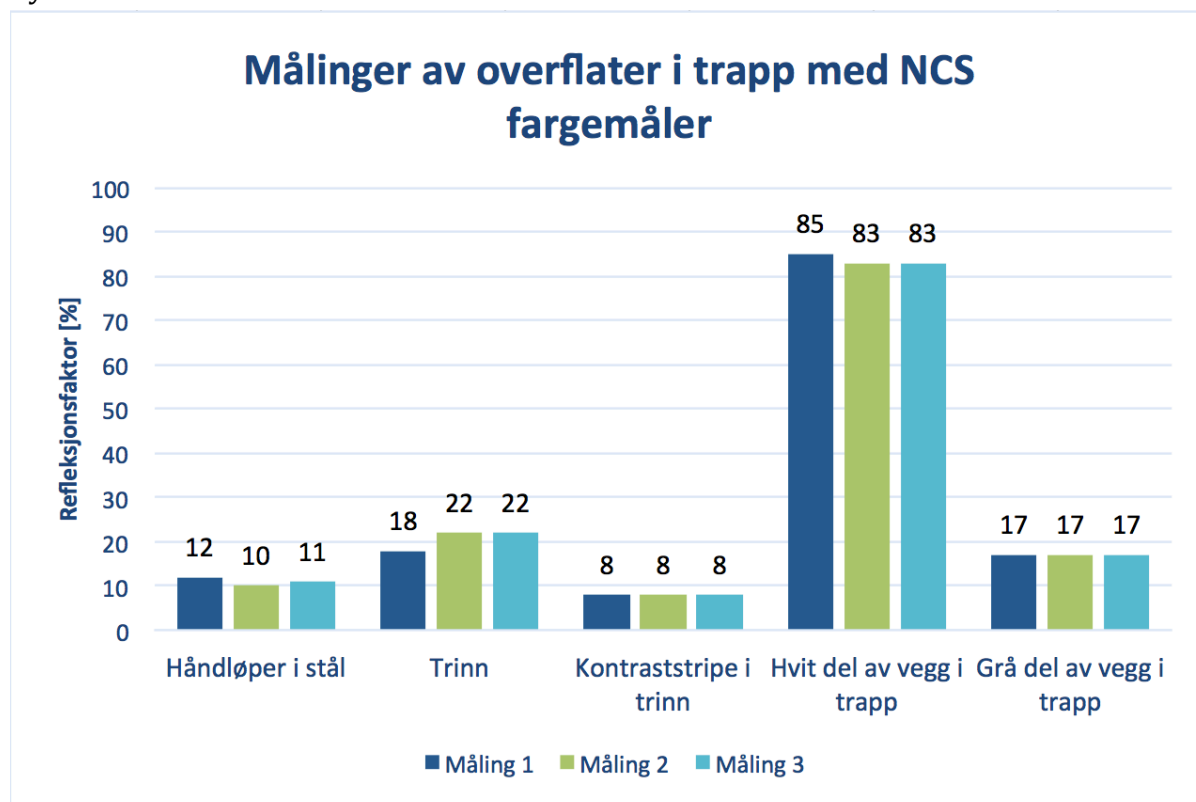
Objekt		Bakgrunn
Grå vegg	 	Hvit vegg
Stålhåndløper	 	Hvit vegg
Kontraststripe i trinn	 	Trinn
Grå vegg	 	Trinn

4 Resultater

Som metoden viser skal det benyttes tre ulike måleinstrumenter til å bestemme refleksjonsfaktor eller luminans. Måleresultatene til disse verktøyene skal deretter brukes til å beregne luminanskontrast. Resultatene skal bidra til å kunne si noe om effektiviteten av disse måleinstrumentene og hvor pålitelige resultater de gir.

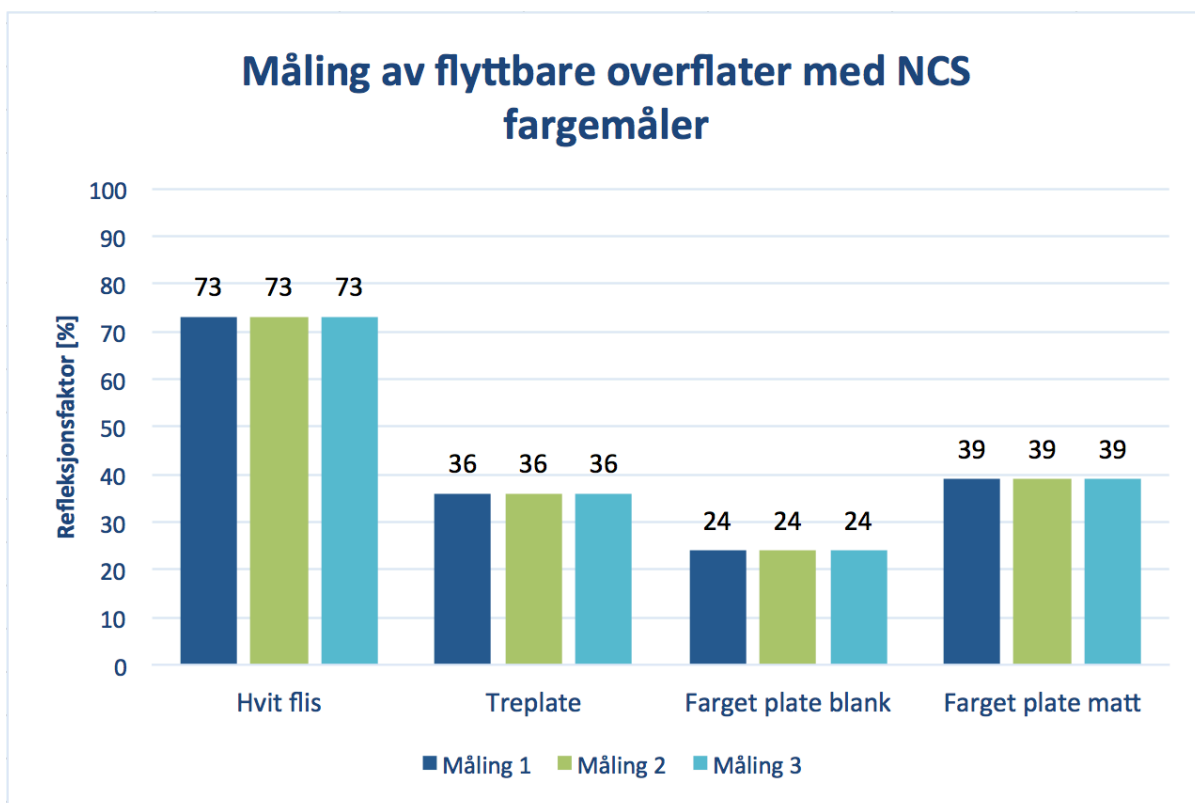
4.1 Fargemåler

I dette kapittelet omtales resultatene fra målingene gjort med NCS fargemåler. En figur viser måleresultatene fra overflatene i trappen, og en annen viser måleresultatene til de flyttbare overflatene.



Figur 4.1.1 viser at det er noen små forskjeller i resultatene fra målingene på noen av flatene i trappen. For de to mørkeste overflatene er det ingen forskjell.

I Figur 4.1.1 ser man resultatene fra målingene i trappen med NCS fargemåler. Det er små variasjoner for noen av overflatene. Måleresultatene til håndløperen i stål viser tre forskjellige resultater. Håndløperen er blank, og vil dermed ha både mørke og lyse partier. For resultatene av målingene på trinnet er det to like resultater, og et resultat som er en del lavere. Som man kan se i Figur 3.3.8 består trinnenenes overflate av flere nyanser. For den hvite delen av vegg skiller det ene av resultatet seg fra de to andre med en noe høyere verdi. Vegg er en hvitmalt murvegg med litt grov struktur, uten nyanseforskjeller i overflaten. De to mørkeste overflatene, kontraststripen i trinnet og den grå delen av vegg, har hver for seg tre like resultater.

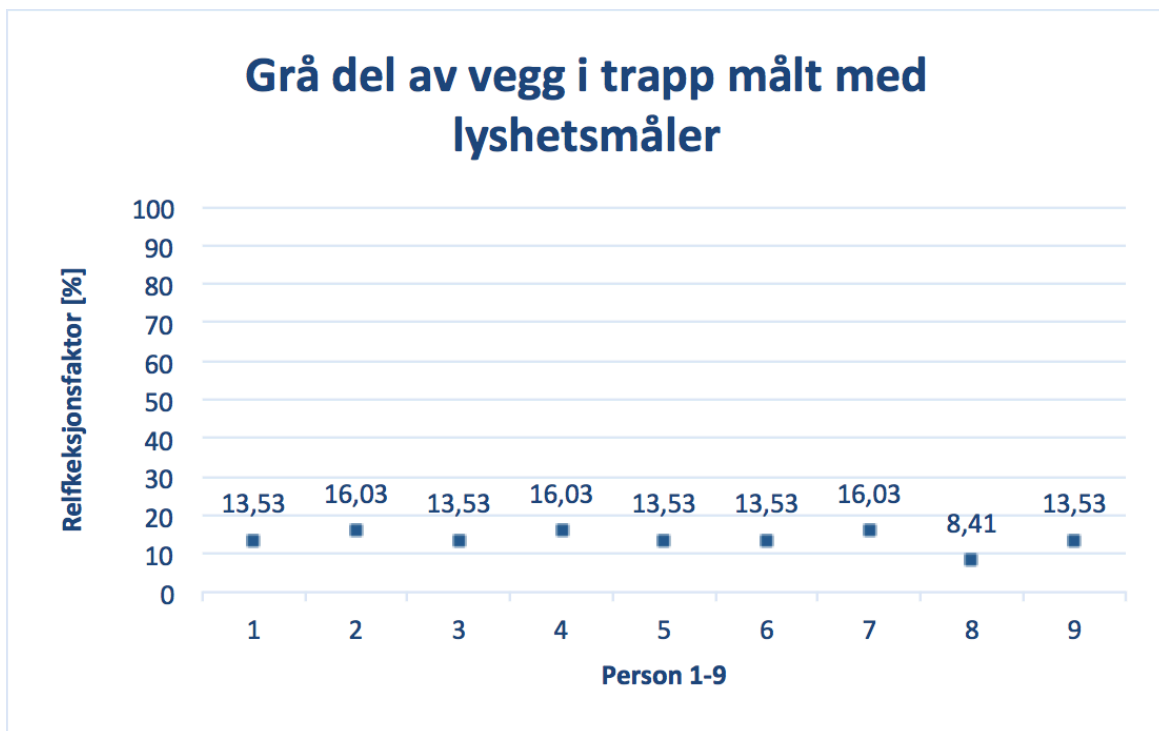


Figur 4.1.2 viser at det ikke er noen forskjeller i måleresultatene til NCS fargemåler på de flyttbare overflatene.

I Figur 4.1.2 ser man resultatene fra målingene av de flyttbare overflatene med NCS fargemåler. Resultatene viser at det ikke er noe variasjon i målingene til hver av overflatene. Dette er plane, homogene flater med jevn struktur. Treplaten har litt ulike nyanser, men dette har ikke påvirket resultatet med fargemåler som måleinstrument.

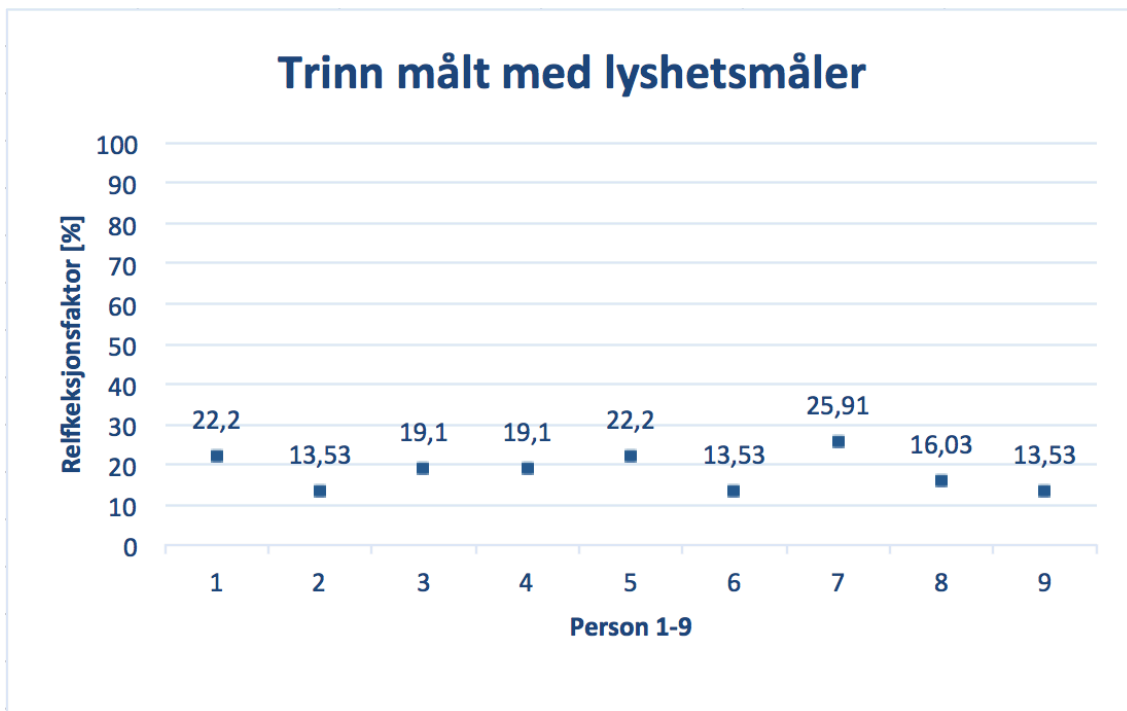
4.2 Lyshetsmåler

I dette kapittelet er resultatene til de ni testpersonene som brukte lyshetsmåleren sammenliknet med hverandre. Hver overflate vises i ulike figurer. Til slutt vises to andre figurer som oppsummerer resultatene. Den ene viser gjennomsnittet av resultatene til de ni personene. Den andre viser variasjonene i resultatene, fra høyeste til laveste valgte verdi for hver overflate. Refleksjonsfaktorene til gråtonene danner en eksponentiell kurve. Dette vises i Figur 2.5.3 i teorikapittelet. Dette gjør det er høyere refleksjonsfaktor mellom de lyseste gråtonene enn mellom de mørkeste. I grafene vil det kunne virke som det er større variasjon for de lyseste overflatene enn for de mørke uten at det egentlig er det.



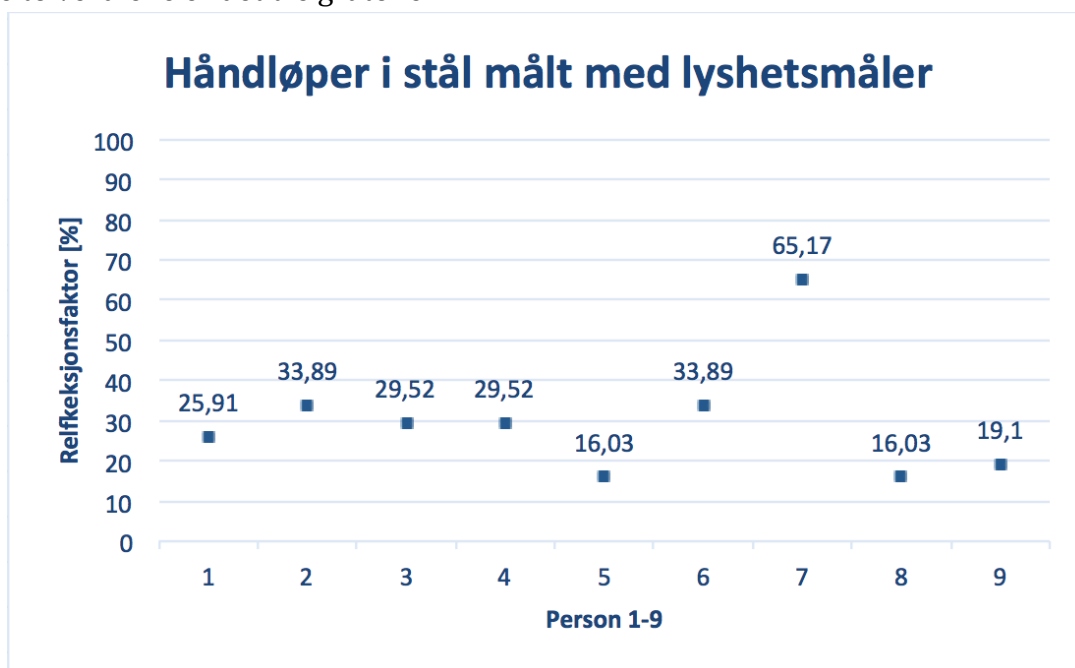
Figur 4.2.1 viser at det er lite variasjon i resultatene fra målingene av den grå delen av vegg i trappen. Personene har lik oppfatning av hvilke gråtoner som passer best.

I Figur 4.2.1 ser man variasjonene i valg av gråtone for den grå delen av vegg i trappen. Man ser at det er små variasjoner, og at testpersonene er enige i hvilke gråtoner som passet best til prøven. Det er gråtonene med refleksjonsfaktor 13,53 prosent og 16,03 prosent som peker seg ut. Det er kun gråtonen med refleksjonsfaktor lik 8,41 prosent som skiller seg ut fra de andre, og det er en gråtone lavere enn 13,53 prosent.



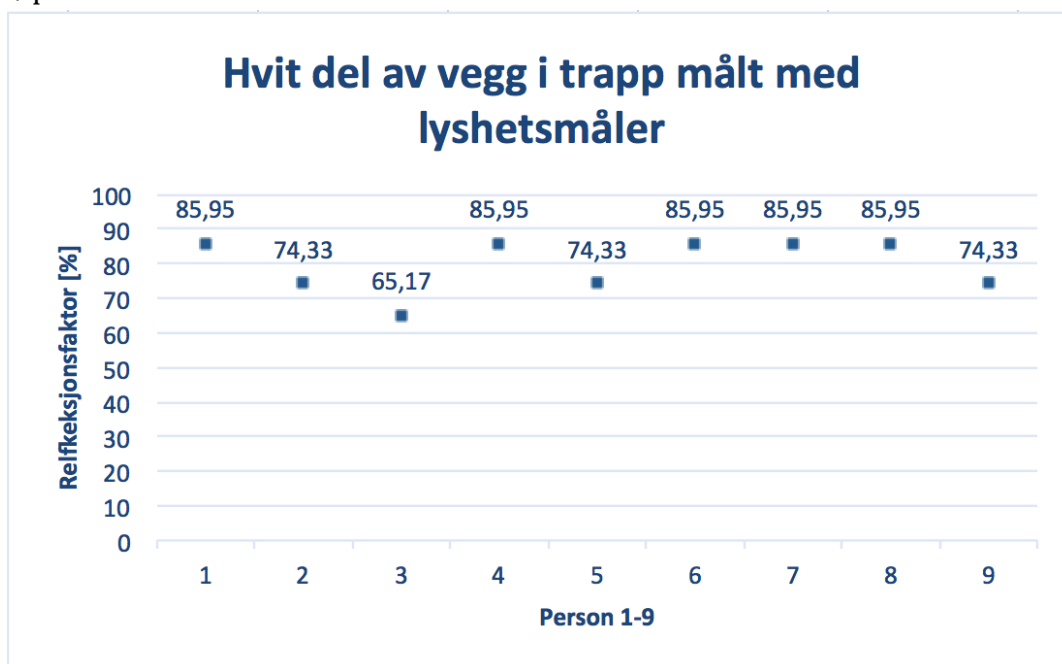
Figur 4.2.2 viser variasjonen til måleresultatene på trinnet. De ni testpersonene har valgt fem ulike gråtoner, men de ligger til gjengjeld nærme hverandre.

I Figur 4.2.2 vises resultatene fra målingene av trinnet. Testpersonene har valgt fem ulike gråtoner. Den høyeste refleksjonsfaktoren er 25,91 og den minste er 13,53. Mellom disse to verdiene er det tre gråtoner.



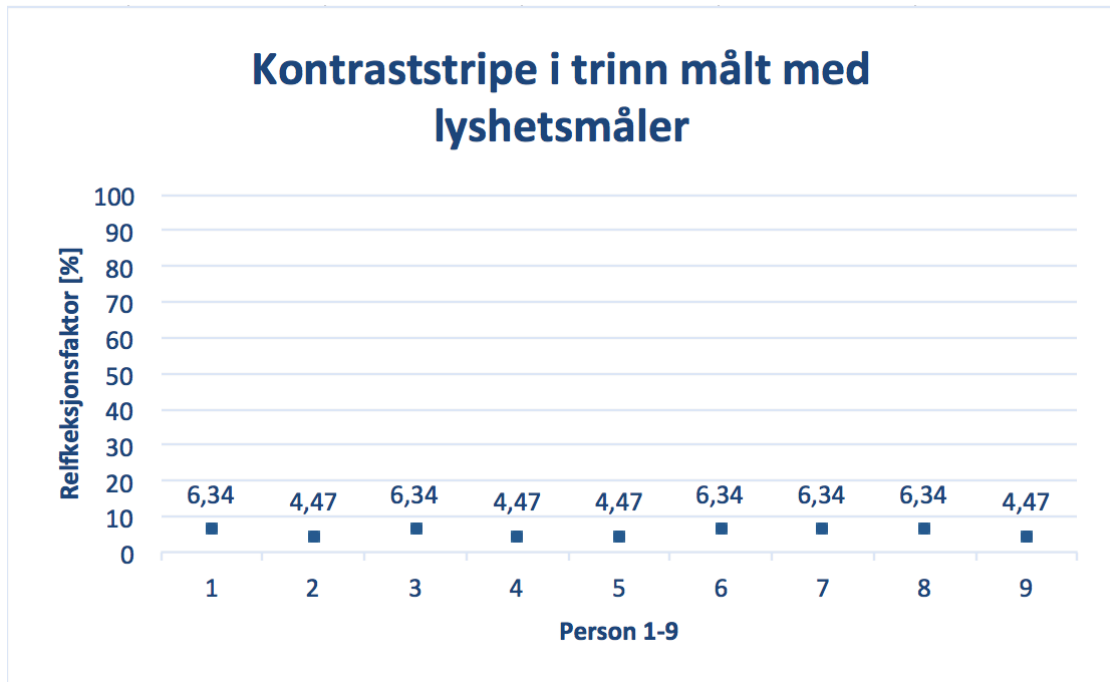
Figur 4.2.3 viser at det er nokså stor variasjon i testpersonenes oppfatning av håndløperen i stål. Det er en avstand på 49,14 mellom øverste og nederste målte verdi, og ni gråtoner mellom disse to verdiene.

Figur 4.2.3 viser variasjonen i resultatene fra målingene av håndløperen i stål. Her er det stor variasjon i resultatene. Differansen mellom høyeste og laveste verdi er 49,14. Det vil si at det er ni gråtoner. Likevel ser man at 65,17 ligger utenfor trendlinjen. Hvis man ser bort fra denne verdien blir variasjonen mindre. Det er totalt valgt seks ulike gråtoner for håndløperen i stål.



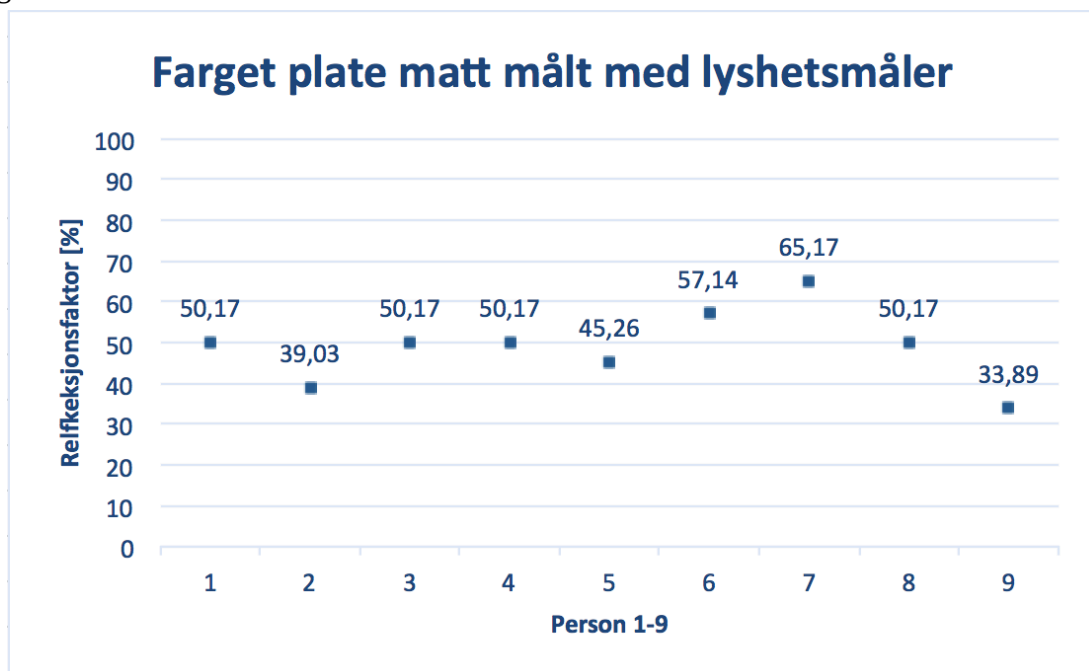
Figur 4.2.4 viser at det er liten variasjon i måleresultatene til den hvite delen av vegg. Man kan tydelig se at hovedtyngden ligger på 85,95 prosent.

I Figur 4.2.4 ser man resultatet fra målingene av den hvite delen av veggen i trappen. Resultatene følger en trendlinje, og det er ikke så store variasjoner i resultatene. Det er to gråtoner som dominerer, og det er kun én måling som skiller seg fra disse to gråtonene.



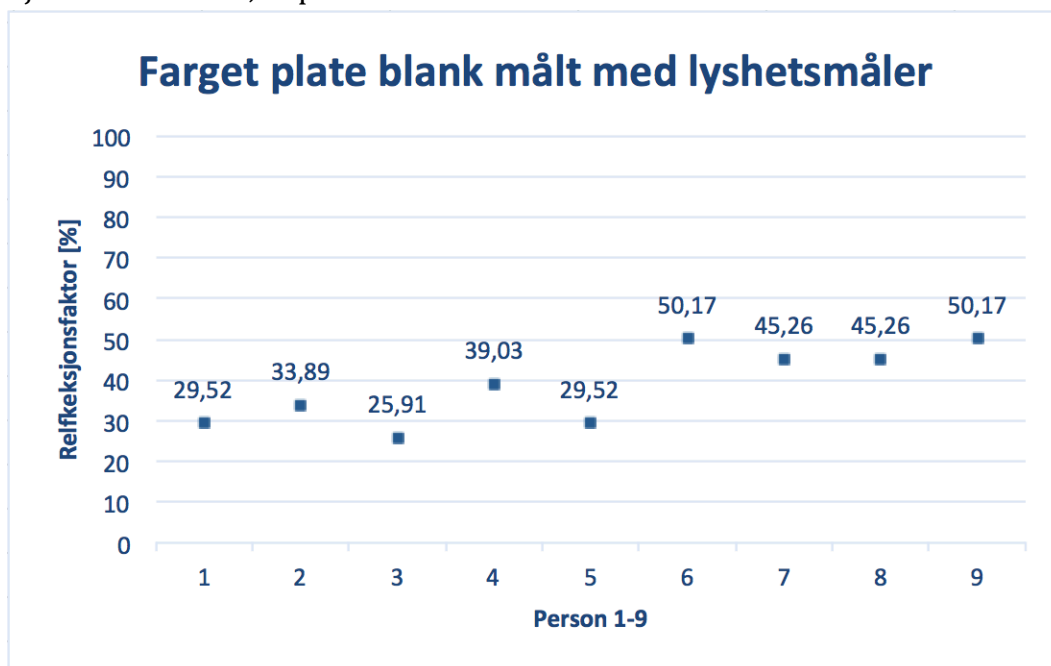
Figur 4.2.5 viser variasjonen i måleresultatene til kontraststripen i trinnet. Det er stor enighet blant testpersonene om hvilke to gråtoner som passer best.

Figur 4.2.5 viser at det er svært små variasjoner i resultatene fra målingene av kontraststripen i trinnet. Kun to ulike gråtoner er valgt, og vekten mellom disse to gråtonene er jevnt fordelt. Dette er en mørk overflate i likhet med den grå delen av veggen.



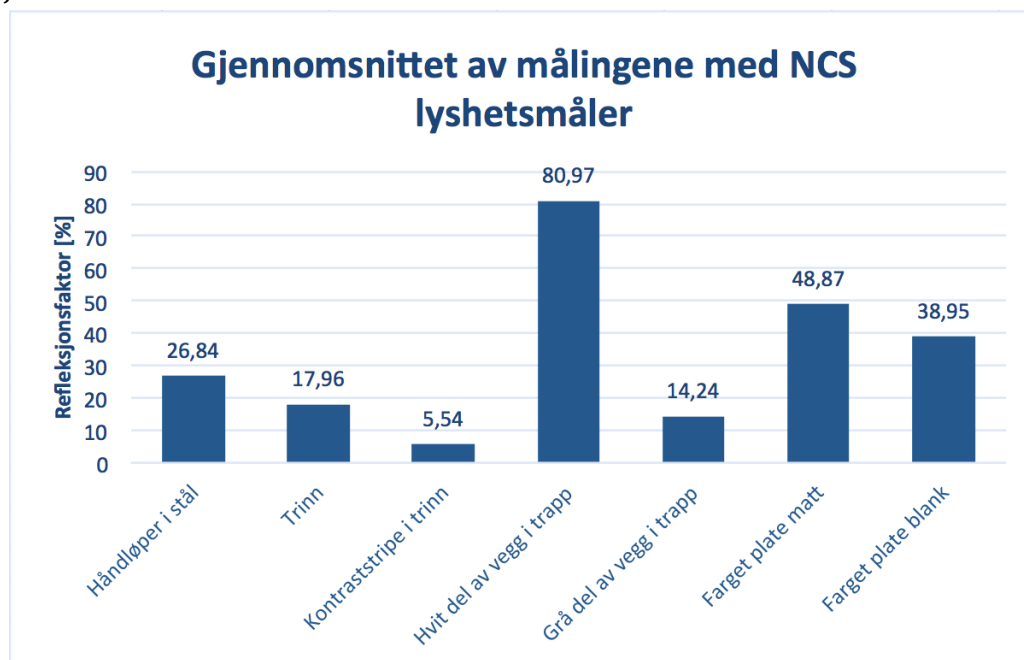
Figur 4.2.6 viser at testpersonene har ulik oppfatning av hvilken gråtone som passer best for den fargede, matte platen. Det er fire gråtoner mellom øverste og nederste, valgte verdi.

I Figur 4.2.6 vises resultatene fra målingene av farget, matt plate. Overflaten er gul. Testpersonene har valgt seks ulike gråtoner, og fire personer har valgt gråtone med refleksjonsfaktor lik 50,17 prosent.



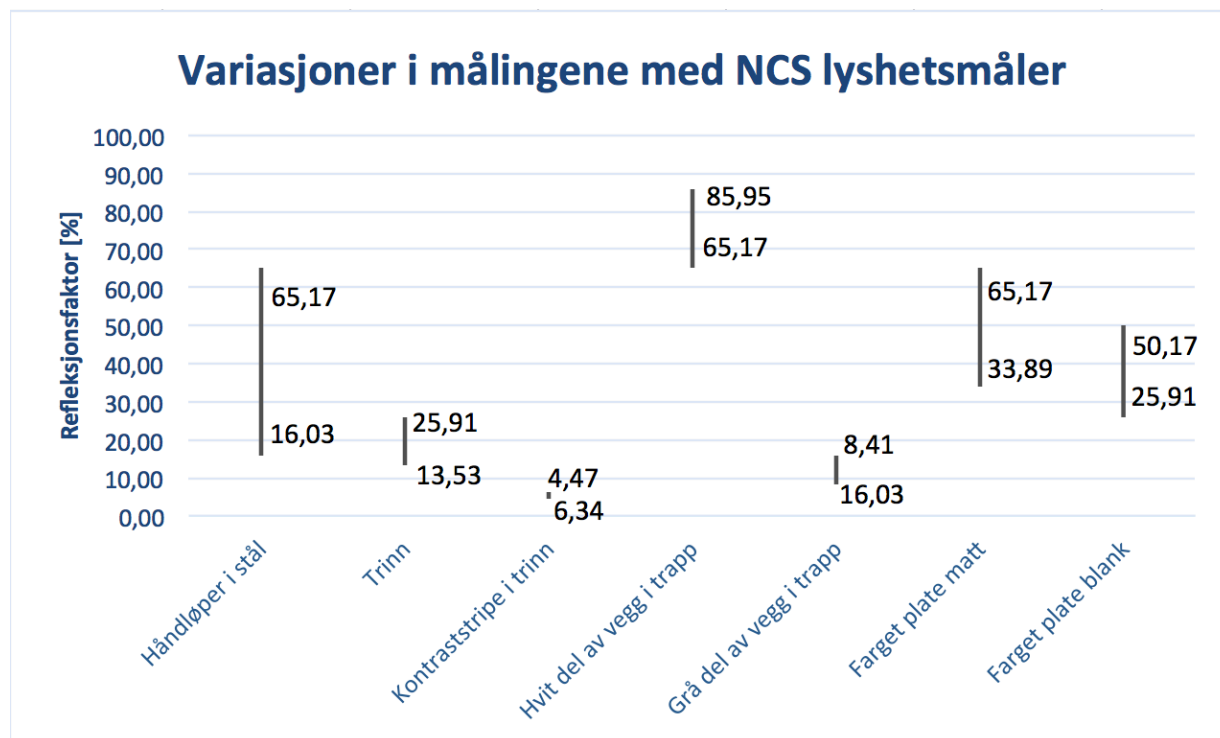
Figur 4.2.7 viser at det er variasjon i testpersonenes oppfatning av hvilken gråtone som passer best til den blanke overflaten. Det er valgt seks ulike gråtoner.

Figur 4.2.7 viser resultatene fra målingene av farget, blank plate som er oransje. I likhet med resultatene til den gule platen har testpersonene ulik oppfatning av hvilken gråtone som passer best til den oransje platen. Det er valgt seks ulike verdier. Mellom nederste og øverste valgte verdi er det fire gråtoner. De to overflatene med farger har store variasjoner i resultatene.



Figur 4.2.8 viser gjennomsnittet av måleresultatene til testpersonene. Den hvite veggen er lys og har en høy refleksjonsfaktor, kontraststripen i trinnet er nesten svart og har en lav refleksjonsfaktor.

I Figur 4.2.8 ser man gjennomsnittet av resultatene fra målingene til testpersonene. Det er tatt utgangspunkt i de syv midterste resultatene fra hver overflate. Hvit del av vegg har høyest refleksjonsfaktor med et gjennomsnitt på 80,97 prosent. Kontraststripen i trinnet har lavest med et gjennomsnitt på 5,54 prosent. Den gule, matte platen har høyere refleksjonsfaktor enn den blanke, oransje platen.

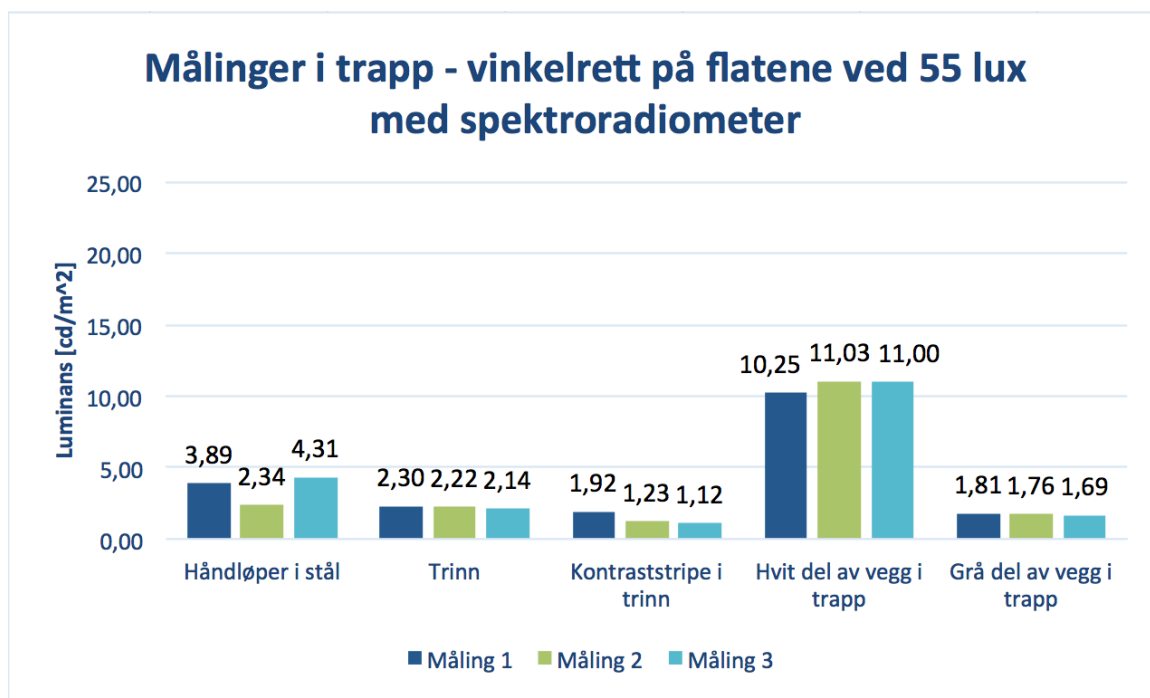


Figur 4.2.9 viser variasjonen i måleresultatene til testpersonene. For de mørkeste flatene er variasjonen liten, og for den blanke håndløperen er variasjonen stor.

I Figur 4.2.9 beskrives variasjonen i måleresultatene til de ulike overflatene. Figuren viser den høyeste og laveste verdien som testpersonene har valgt for hver av overflatene. Figuren sier mye om hvor ulik oppfatning personene har av enkelte overflater. For håndløperen i stål, som er en blank overflate, er variasjonen stor. For den fargede, matte platen er det også ganske stor differanse mellom høyeste og laveste verdi.

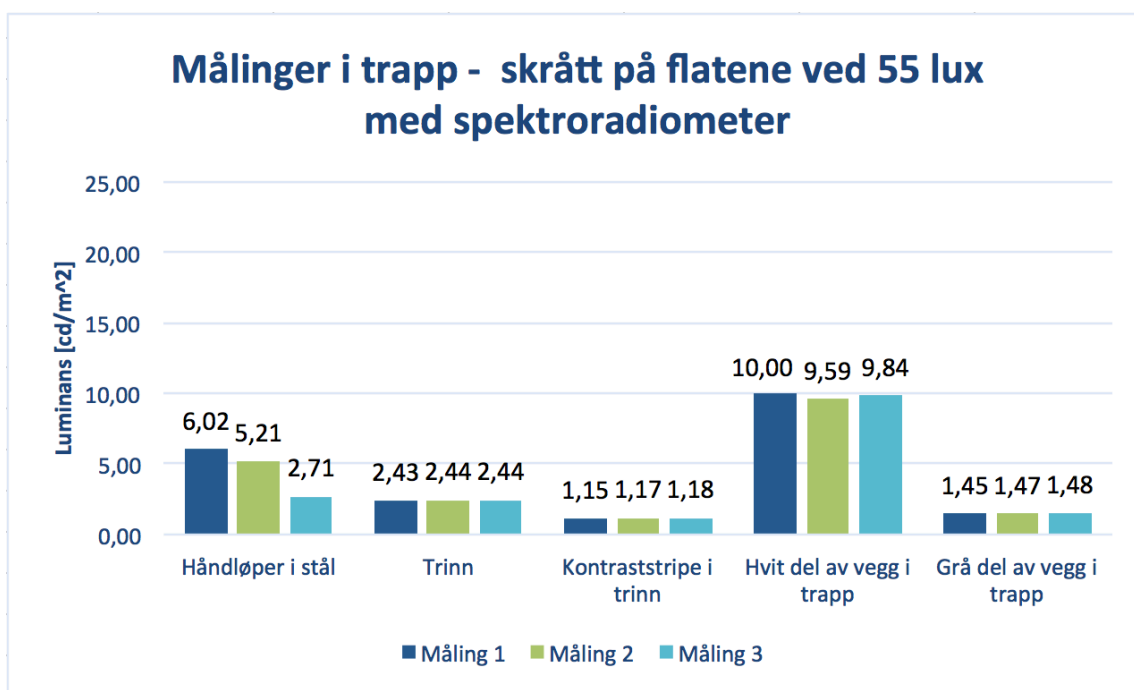
4.3 Spektroradiometer

I dette kapittelet vises målingene gjort med spektroradiometer. Figurene viser målinger i trappen og av flyttbare overflater, både i kantina og i kjelleren. Figurene viser måleresultater vinkelrett på og skrått på overflatene. Det er også gjort sammenlikninger av de ulike resultatene.



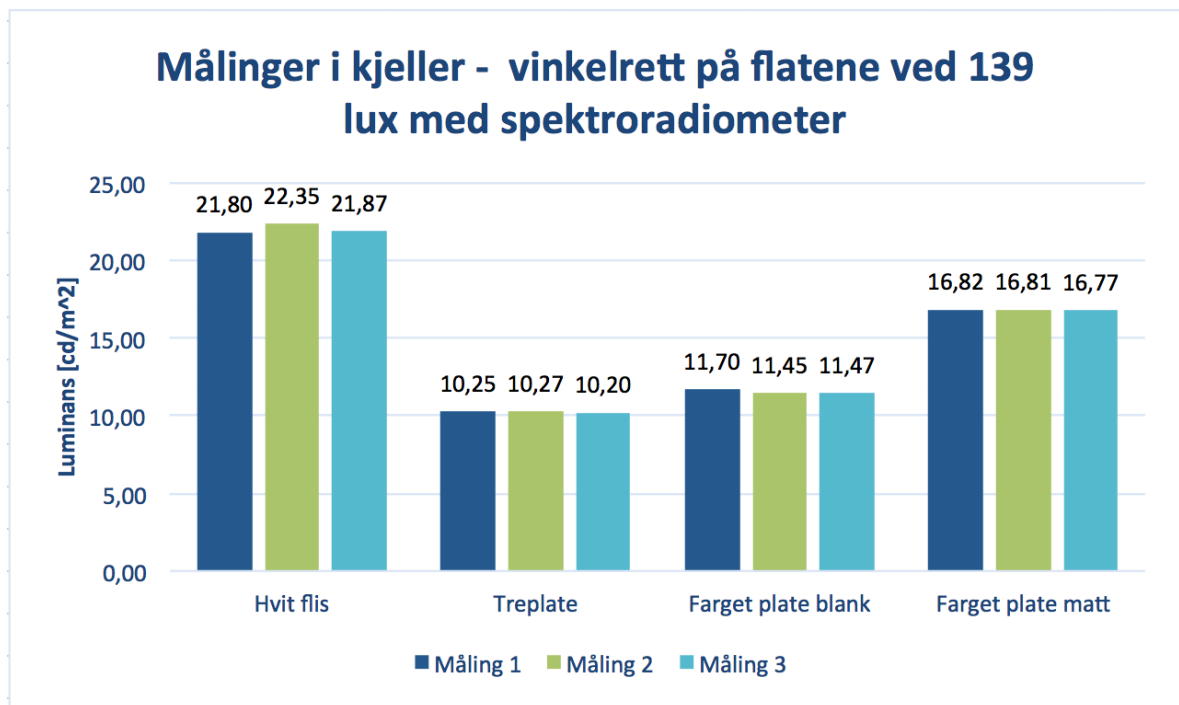
Figur 4.3.1 viser at det er små variasjoner i måleresultatene med spektroradiometer i trappen når man måler vinkelrett på flatene. Variasjonene er størst for håndløperen i stål.

I Figur 4.3.1 vises resultatene fra målingene i trappen med spektroradiometer. Belysningsstyrken ble målt til 55 lux. For håndløperen i stål er det størst variasjon i resultatene, og luminansen til det høyeste resultatet, er om lag dobbelt så høy som luminansen til det laveste resultatet.



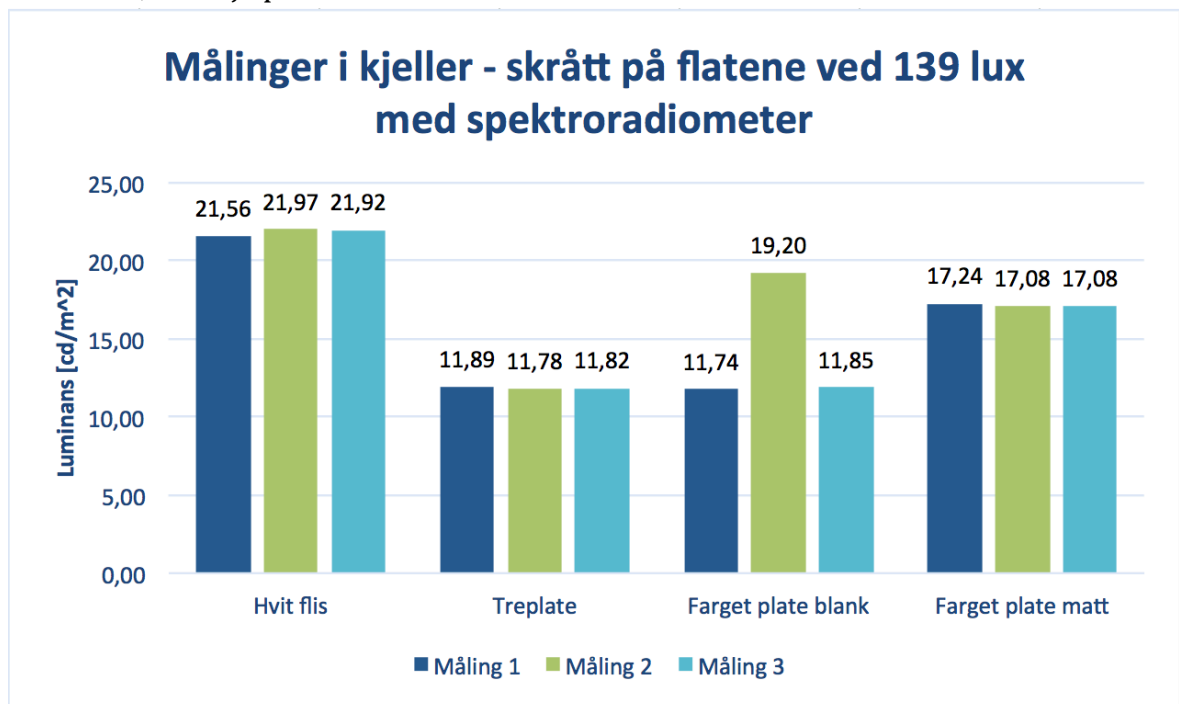
Figur 4.3.2 viser at det er store variasjoner i resultatene for håndløperen i stål, når man måler skrått på flaten. For de andre overflatene er det små variasjoner.

Figur 4.3.2 viser resultatene fra målingene i trappen skrått på overflatene. Det er i likhet med resultatene i Figur 4.3.1 størst variasjoner i resultatene til håndløperen i stål. For de andre overflatene er variasjonene små.



Figur 4.3.3 viser at det er små variasjoner i resultatene fra målingene vinkelrett på de flyttbare flatene ved 139 lux.

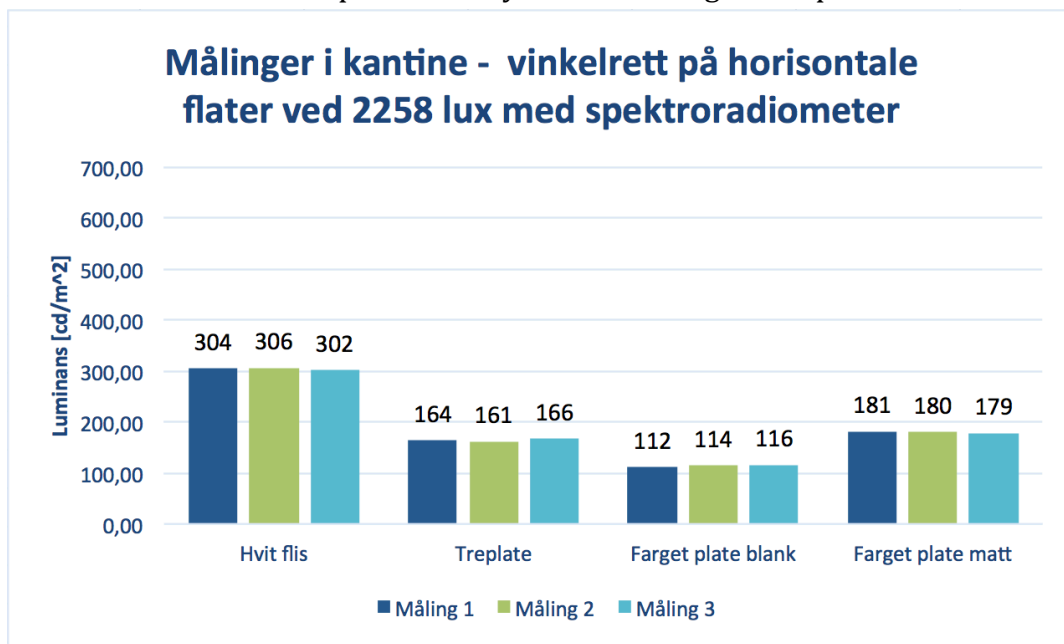
I Figur 4.3.3 ser man at resultatene fra målingene vinkelrett på de flyttbare flatene i kjelleren gir små variasjoner. Belysningsstyrken ble målt til 139 lux. Den hvite flisen har omtrent dobbelt så høy luminans som treplaten. Resultatene til lyshetsmåleren viste at den matte, gule platen hadde høyere refleksjonsfaktor enn den blanke, oransje platen. Disse resultatene viser samme trend. Den matte, gule platen har høyere luminans enn den blanke, oransje platen.



Figur 4.3.4 viser at det er et resultat som skiller seg ut, og det er i målingene av den blanke fargede platen. Det ene resultatet gir en høyere luminans enn de to andre.

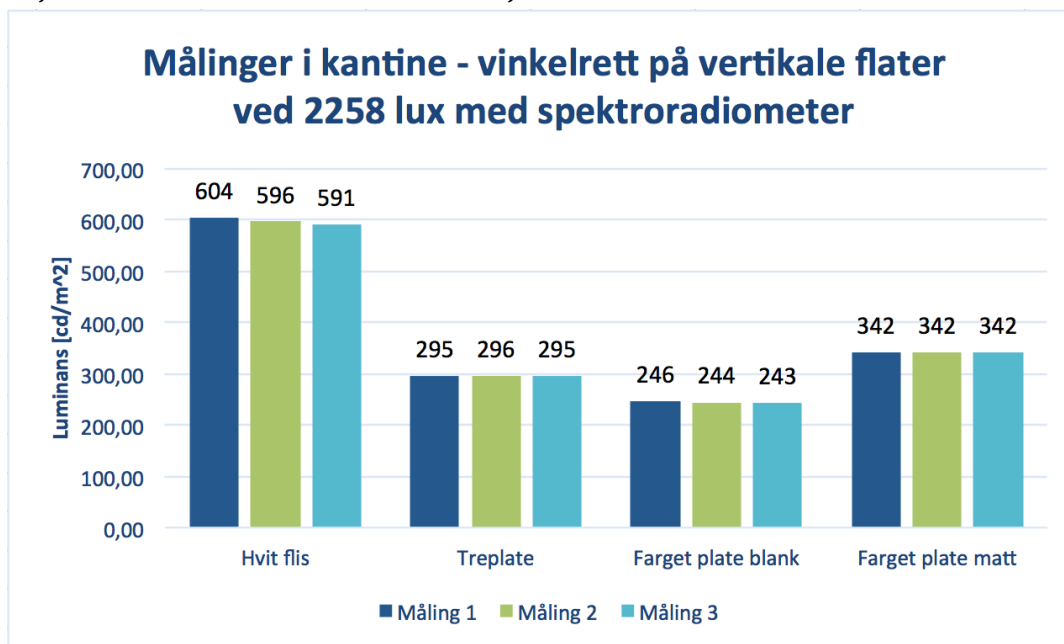
Man ser i Figur 4.3.4 at det er lite variasjon i resultatene fra målingene skrått på flatene i kantina, med unntak av resultatene til farget, blank plate. Det ene resultatet skiller seg

ut, og er mye høyere enn de to andre. Resultatene viser at treplaten og den fargede, blanke platen har lik luminans, hvis man ser bort fra den ene kunstig, høye målingen. Resultatene vinkelrett på flaten i Figur 4.3.3 ga større variasjoner enn resultatene skrått på flatene. Luminansen til treplaten er høyere ved måling skrått på flaten.



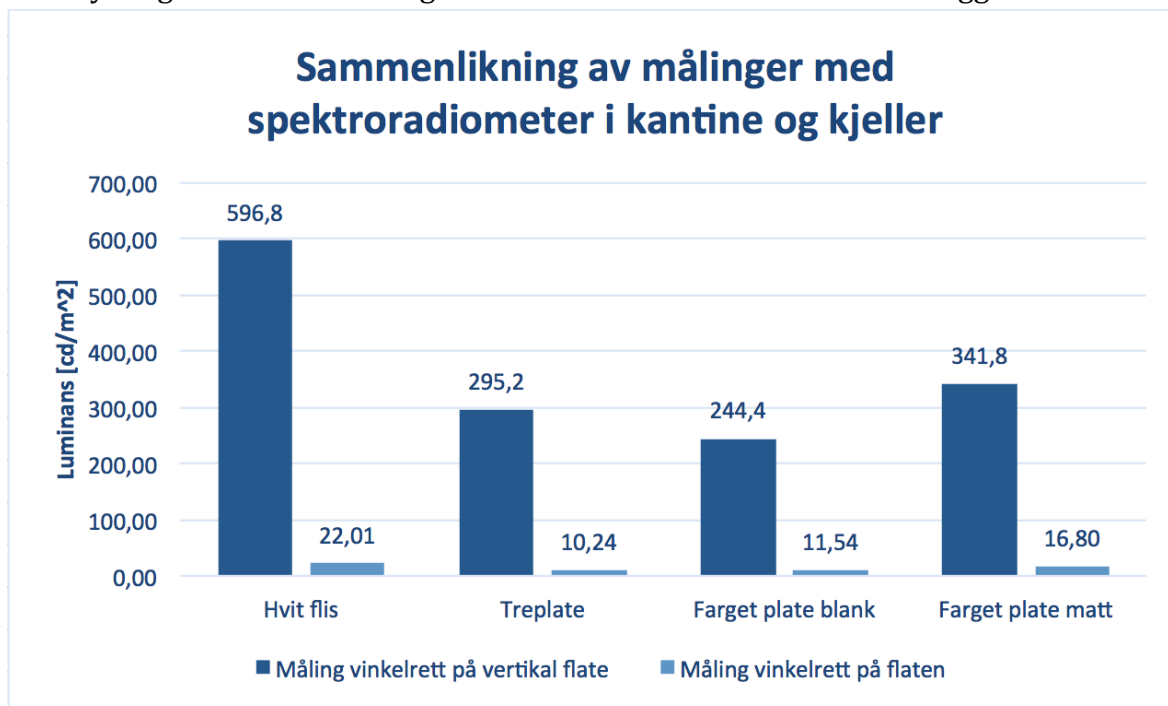
Figur 4.3.5 viser resultatene til de flyttbare overflatene ved høyere belysningsstyrke. Luminansen for den hvite flisen i kantina er 15 ganger så høy som i kjelleren.

Figur 4.3.5 viser resultatene fra målingene i kantina når flatene ligger horisontalt på bakken. Resultatene fra kantina gir betydelig høyere luminanser enn resultatene fra kjelleren. Luminansen er 15 ganger så høy for den hvite flisen i kantina sammenliknet med i kjelleren. Det er fortsatt liten variasjon i resultatene.



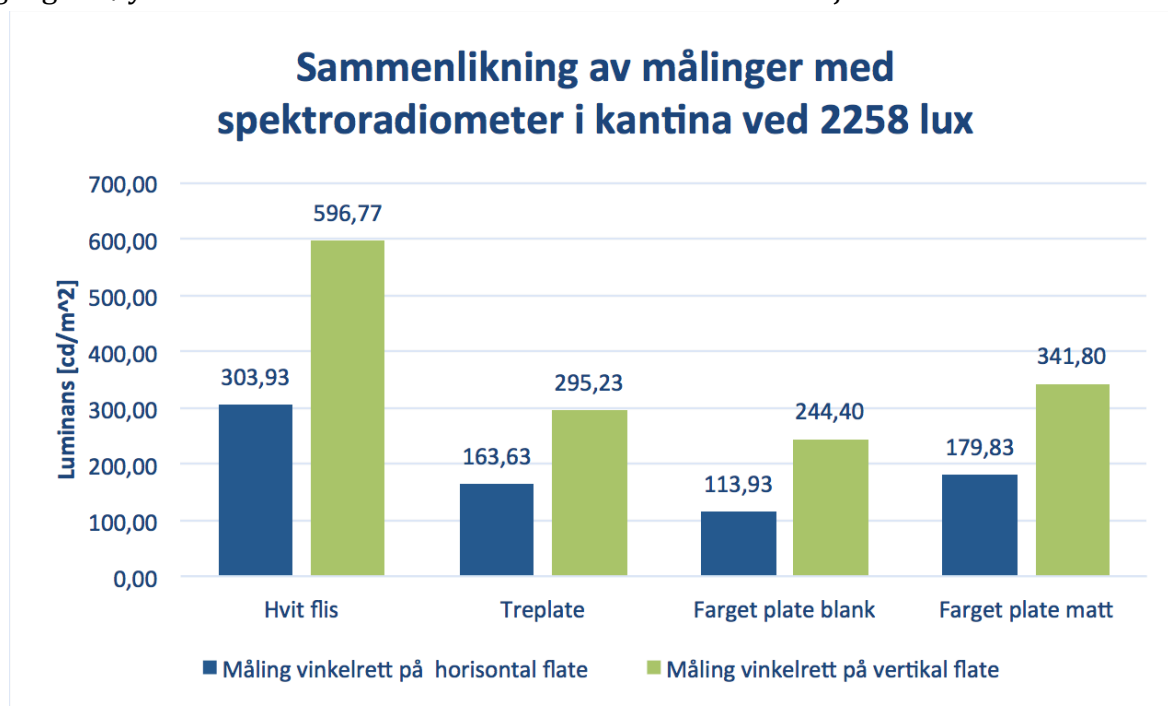
Figur 4.3.6 viser at det er liten variasjon i resultatene når flatene står vertikalt. Det er omtrent omtrent en økning av luminansen til det dobbelte i forhold til når flatene ligger horisontalt.

Hvis man ser på Figur 4.3.6, som viser resultatene fra når flatene står vertikalt i kantina, er det tydelig at det er en økning i luminansen i forhold til når flatene ligger horisontalt.



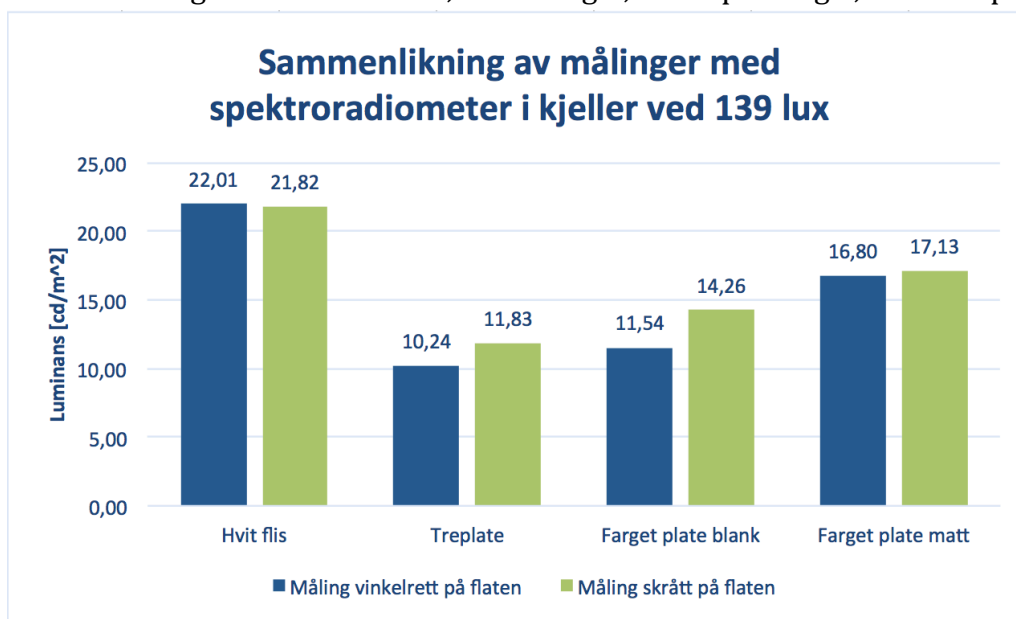
Figur 4.3.7 viser gjennomsnittet av resultatene fra kantina og kjelleren. Luminansen er mellom 20 og 30 ganger større for overflatene i kantina sammenliknet med i kjelleren.

I Figur 4.3.7 vises en sammenlikning av resultatene til spektroradiometeret fra de vertikale overflatene i kantina og vinkelrett på overflatene i kjelleren. Det er 16 ganger høyere belyningsstyrke i kantina enn i kjelleren, og luminansen er mellom 20 og 30 ganger høyere for overflatene i kantina sammenliknet med i kjelleren.



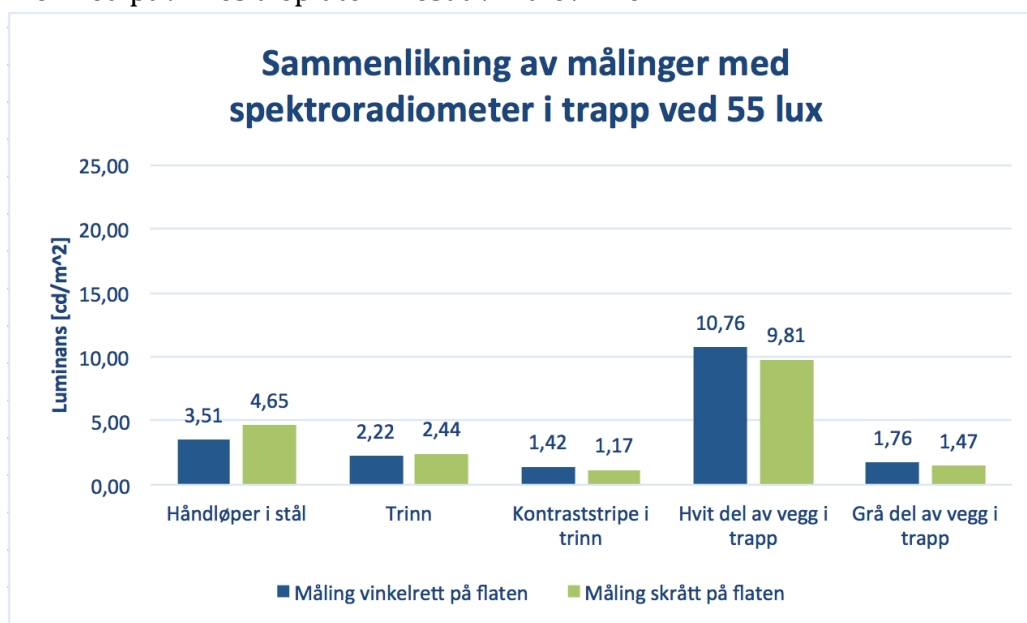
Figur 4.3.8 viser gjennomsnittet av resultatene fra kantina for horisontale og vertikale overflater. Luminansen er omtrent dobbelt så høy når platene står vertikalt.

Man ser i Figur 4.3.8 at luminansen er høyere når flatene står vertikalt enn når de ligger horisontalt. Luminansen blir dobbelt så høy når flatene står vertikalt. Forholdstallet mellom horisontal og vertikal flate er 0,47 for farget, blank plate og 0,55 for treplata.



Figur 4.3.9 viser at det er små variasjoner i resultatene skrått og vinkelrett på flatene i kjelleren. Treplaten påvirkes mest av om målingen er gjort vinkelrett eller skrått på overflaten hvis man ser bort fra det ene resultatet fra målingene skrått på farget, blank plate, som var urealistisk høyt.

I Figur 4.3.9 ser man gjennomsnittet av resultatene fra målingene av de flyttbare overflatene i kjelleren. Resultatene skrått og vinkelrett på overflatene er sammenliknet. Gjennomsnittet av resultatene skrått på farget, blank plate hentet fra Figur 4.3.4 er unøyaktig. Et av resultatene skiller seg mye ut fra de to andre, og skaper et uriktig gjennomsnitt. Ved å neglisjere det ene resultatet vil gjennomsnittet bli 11,80 istedenfor 14,26. Dermed påvirkes treplaten mest av målevinkel.

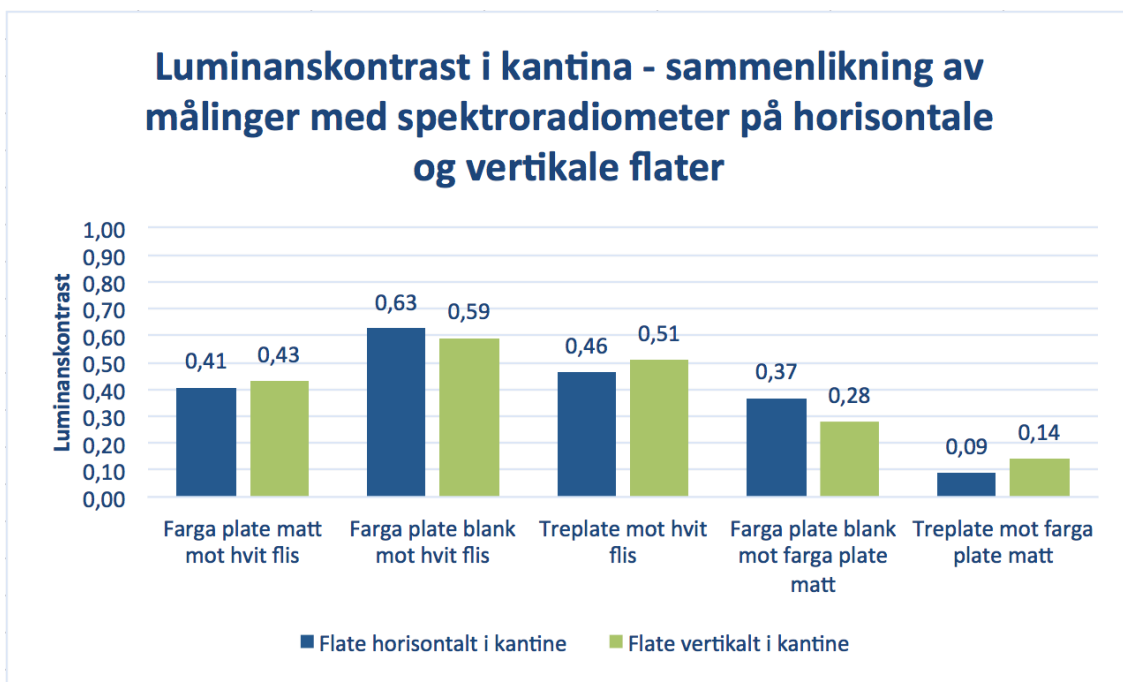


Figur 4.3.10 viser en sammenlikning av resultatene vinkelrett og skrått på overflatene i trappen. Størst variasjon er det for håndløperen i stål.

Man ser av Figur 4.3.10 at det er en liten forskjell mellom resultatene fra målingene med spektroradiometer vinkelrett og skrått på overflatene i trappen. Størst variasjon er det for håndløperen i stål. For den hvite veggen i trappen er det også forskjell i resultatene.

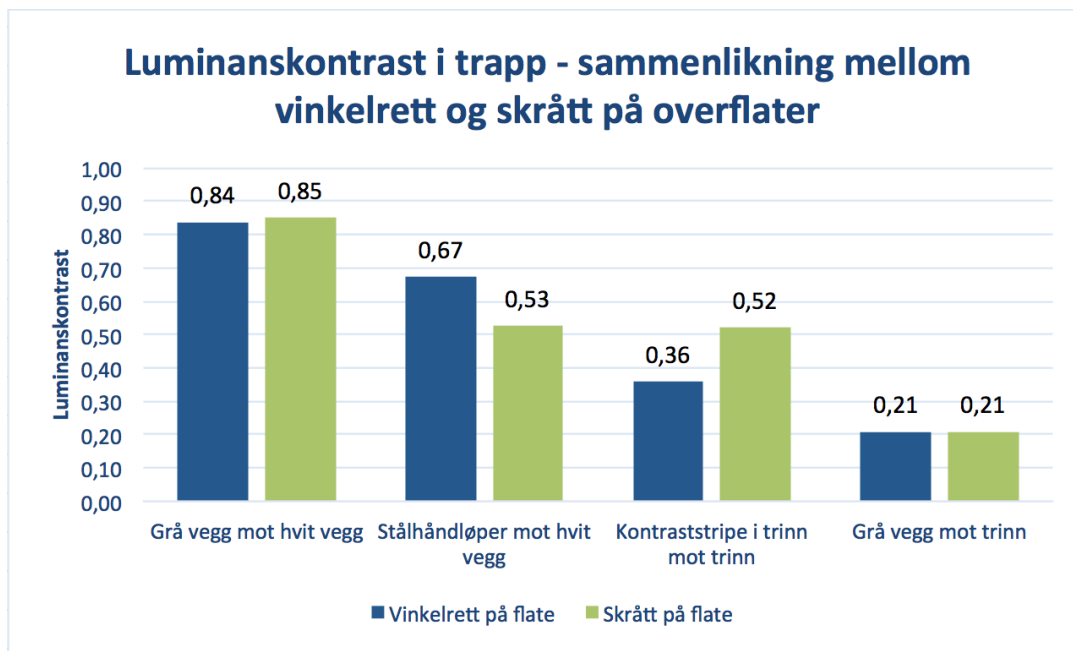
4.4 Luminanskontraster

I dette kapitlet vises resultatene av luminanskontrastberegninger for ulike materialkombinasjoner. Kombinasjonene som er gjeldende er vist i Tabell 3.3 og Tabell 3.4 i metodekapitlet. Resultatene skal vise om de ulike målemetodene gir ulik luminanskontrast.



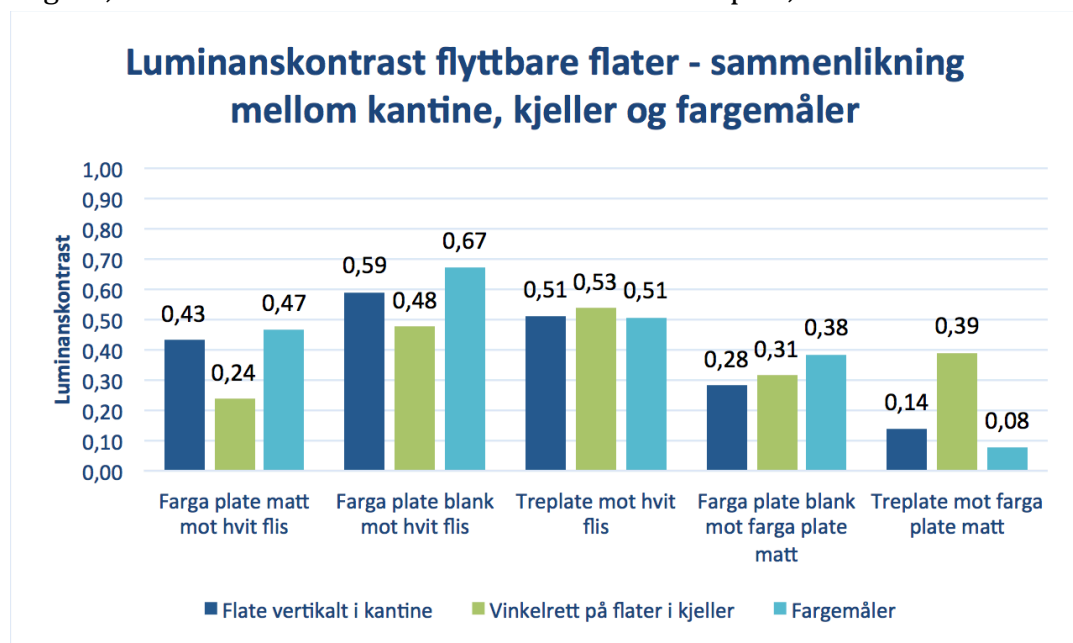
Figur 4.4.1 viser at det er variasjon i luminanskontrasten om man sammenlikner resultatene til vertikale og horisontale overflater i kantina. Størst forskjell i luminanskontrast er det for kombinasjon 4. Horisontal flate gir 0,37 og vertikal flate gir 0,28.

I Figur 4.4.1 ser man hva luminanskontrasten blir for de fem materialkombinasjonene hvis man sammenlikner resultatene når overflatene er horisontale eller vertikale. Det er variasjoner for alle kombinasjoner. Størst forskjell er det for kombinasjon 4, der horisontal flate gir en luminanskontrast lik 0,37 og vertikal flate gir en luminanskontrast lik 0,28.



Figur 4.4.2 viser at det er minimal forskjell i luminanskontrast til kombinasjon 1 og 4, ved sammenlikning av resultatene skrått og vinkelrett på overflatene. Størst variasjon er det for kombinasjon 3. Differansen i luminanskontrast mellom skrå og vinkelrett resultat er 0,16.

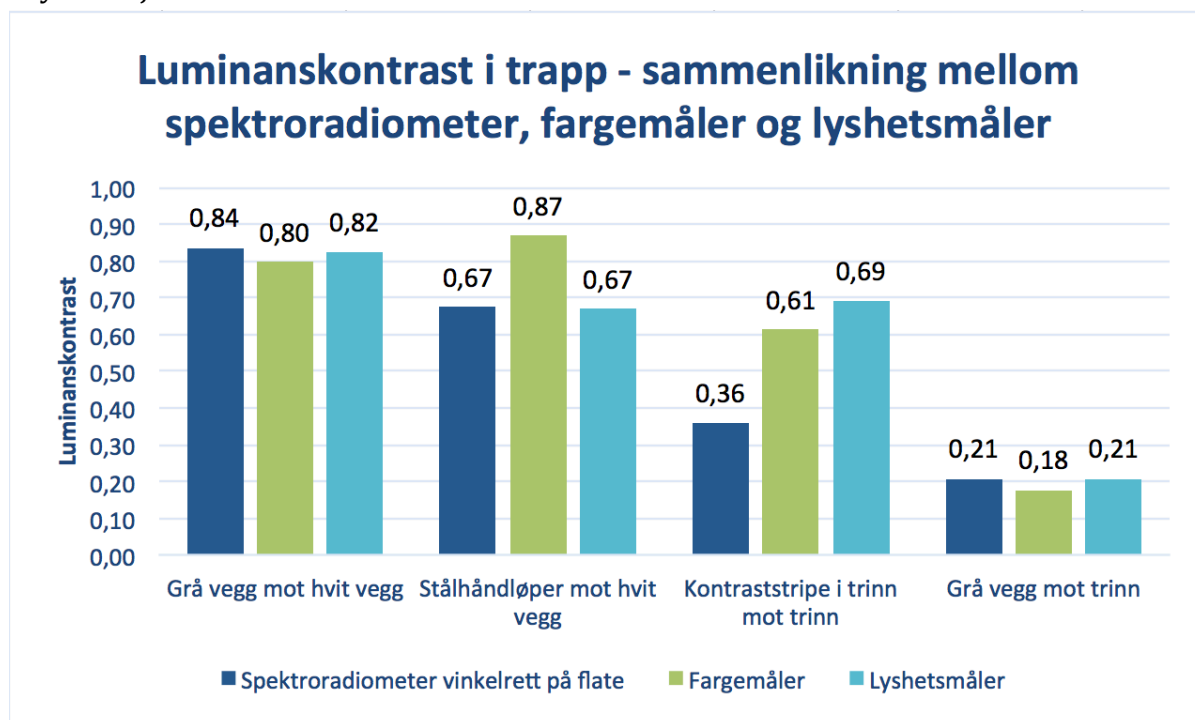
Figur 4.4.2 viser hvilke luminanskontraster måleresultatene skrått og vinkelrett på flatene i trappen gir. For kombinasjon 1 og 4 er det omtrent ingen forskjell. For kombinasjon 2 og 3, der håndløper i stål og trinn inngår, er det større variasjon. Størst forskjell er det for kombinasjon 3 mellom kontraststripe i trinn og selve trinnet. Her gir målingene vinkelrett på flaten en luminanskontrast på 0,36 og målingene skrått på flatene gir 0,52. Dette er en differanse i luminanskontrast på 0,16.



Figur 4.4.3 viser en sammenlikning mellom resultatene fra målingene med spektroradiometer og fargemåler. For kombinasjon 5 skiller luminanskontrasten fra kjelleren seg ut ved å være mye høyere enn de to andre. For kombinasjon 3 er luminanskontrasten lik for kantine og fargemåler.

Om man ser på Figur 4.4.3 er det variasjoner i luminanskontrast, gitt av resultatene med spektroradiometer i kjeller og kantine og med fargemåler. For kombinasjon 3 gir

resultatene med fargemåler og spektroradiometer fra kjelleren lik luminanskontrast. For kombinasjon 5 skiller luminanskontrasten seg ut på bakgrunn av måleresultatene til spektroradiometer i kjelleren. Resultatene gir en høyere luminanskontrast enn både fargemåleren og spektroradiometeret i kantina. I tre av tilfellene er luminanskontrasten høyere i kjelleren enn i kantina.



Figur 4.4.4 viser at for kombinasjon 1 og 4 gir de tre målemetodene ganske lik luminanskontrast. For kombinasjon 2 og 3, der håndløperen i stål og trinnet som er flerfarget inngår, er det større variasjon. For kombinasjon 2 og 4 gir spektroradiometeret og fargemåleren nøyaktig det samme resultatet.

I Figur 4.4.4 sammenliknes de tre måleinstrumentenes måleresultatene i trappen. Kombinasjon 1 og 4 gir svært lik luminanskontrast med alle de tre målemetodene. For kombinasjon 2 og 4 gir resultatene fra målingene med spektroradiometer og lyshetsmåler nøyaktig den samme luminanskontrasten. For kombinasjon 3 gir måleresultatene til lyshetsmåleren nesten dobbelt så høy luminanskontrast som spektroradiometeret.

5 Diskusjon og konklusjon

5.1 Diskusjon

Målet med denne oppgaven er blant annet å kartlegge ulike verktøy som kan brukes til å beregne luminanskontrast, og å si noe om hvor godt egnet disse verktøyene er. Metoden har tatt for seg tre måleapparater som skal være egnet til formålet. I dette kapittelet vil måleresultatene etter forsøk med de ulike måleinstrumentene bli drøftet. Måleresultatene er videre brukt til å beregne luminanskontrasten til forskjellige materialkombinasjoner. Sammenlikning av disse resultatene skal brukes til å si noe om instrumentenes egnethet og nøyaktighet.

5.1.1 Fargemåler

Resultatene viser at de tre individuelle målingene av samme overflate med fargemåleren gir små variasjoner. Spesielt for de homogene, matte og jevne overflatene viser resultatene at målingene er svært like. En forklaring på dette er at for disse overflatene kan fargemåleren holdes helt tett inntil prøven, og det gir lite forstyrrelser fra omgivelsene. For håndløperen i stål er det små variasjoner. Dette kan være fordi håndløperen har en sylindrisk form, og er blank. Lyskilden inne i fargemåleren kan ha påvirkning på resultatene. Det er fordi lyskilden kan gjøre at blanke overflater reflekterer mer lys inn i målepunktet enn matte overflater. I tillegg er det vanskelig å få plassert fargemåleren helt inntil overflaten når den er sylindrisk.

For trinnet var det også variasjoner i resultatet. Trinnet er spraglete med lyse og mørke punkter. Resultatet vil derfor være avhengig av hvilken plassering fargemåleren har i forhold til disse nyanseforskjellene. Noen millimeters flytting av fargemåleren vil kunne påvirke resultatet. For den hvite delen av veggen i trappen er det også små variasjoner i resultatene. Overflaten er ganske ru og grov, så lyskilden i fargemåleren kan skape skyggeeffekter på deler av overflaten, og dermed påvirke resultatet. Resultatet til målingene av den blanke, oransje platen viser ingen variasjon. Det kan likevel være at resultatene ikke stemmer med virkelig refleksjonsfaktor siden overflaten er blank.

Ut i fra resultatene i denne oppgaven egner fargemåleren seg til å måle homogene, matte og jevne overflater. Den egner seg mindre godt hvis overflatene er ru, blanke eller spraglete.

5.1.2 Lyshetsmåler

Resultatene viser at de ni testpersonene hadde vanskeligheter med å bestemme hvilken gråtone som passer best til en overflate. For alle overflatene viser testpersonenes valg en variasjon. Variasjonen utgjør minst to ulike gråtoner, og det er kun for to av overflatene at variasjonen er så liten. Den største variasjonen for én overflate er seks gråtoner. En enkel forklaring er at lyshetsmåleren er avhengig av øyet som ser. Det er individuell og menneskelig oppfatning som styrer resultatene.

Det ble i dette forsøket brukt ni testpersoner. Dette er ikke så mange, men man kunne se trenden for de fleste overflatene likevel. Resultatene viser at to personer kan ha svært

ulik oppfatning av hvilken gråtone som stemmer best overens med en overflate. Det er for de mørkeste overflatene at variasjonen er minst. Overflatene er gråaktige, og vil derfor stemme bedre med gråtonene i skalaen enn farger. For den gule og den oransje overflaten var det ganske store variasjoner. Det kan forklares ved at det er vanskeligere å sammenlikne farger med gråtoner, og å si hvilken som har lik lyshet. Man må klare å myse så mye at fargene blekner.

De 18 gråtonene gir en gradering av refleksjonsfaktor, der kurven er eksponentiell. Det er en forskjell på 1,87 prosentpoeng mellom de to mørkeste, 3,61 prosentpoeng mellom de to midterste, og 11,62 prosentpoeng mellom de to lyseste. Det er vanskelig å bestemme hvor mellom to slike gråtoner en prøve ligger. Derfor blir man nødt til å velge den som man synes passer best. Dette vil bety at refleksjonsfaktoren vil kunne få store variasjoner utfra om man velger å gå opp eller ned i valget av gråtone.

Lyshetsmåleren er på bakgrunn av resultatene dårlig egnet til nøyaktig bestemmelse av refleksjonsfaktor.

5.1.3 Spektoradiometer

Resultatene viser at det er små variasjoner for alle målingene. Spektoradiometeret måler luminansen, og resultatene viser at belyningsstyrken påvirker luminansen. Økt belyningsstyrke gir høyere luminans, og resultatene bekrefter derfor teorien om luminans i Kapittel 2.2.2. Håndløperen i stål, og den blanke oransje platen, skiller seg ut. For disse overflatene er det varierende resultater. Det kan komme av at dette er blanke overflater som ikke utstråler etter Lamberts lov. Det vil si at de ikke stråler likt i alle retninger (se Kapittel 2.2.1). En av målingene til den oransje platen skiller seg sterkt ut. En ørliten forskyvning av måleinstrumentet, og endring av vinkel, kan ha forårsaket denne økte verdien. Siden det er en blank overflate vil luminansen være forskjellig utfra hvilken vinkel man ser den fra.

For de mørkeste overflatene i trappen tok et opp mot 100 sekunder å gjøre målingene, mens for de lyseste flatene, og ved høyere belyningsstyrker, tok det ned mot ti sekunder. Det er tydelig at måleinstrumentet har problemer når belyningsstyrken er lav, og når overflatene i tillegg er mørke.

Resultatene viser også at overflatens plassering i forhold til lyset har betydning for luminansen. I Figur 4.3.8 ser man at luminansen for de vertikale overflatene i gjennomsnitt er dobbelt så høy som for de horisontale. En årsak til dette kan være at gulvet reflekterer lys som treffer de vertikale overflatene. Overflatene horisontalt på gulvet vil ikke motta refleksjoner fra omkringliggende flater i like stor grad som de vertikale overflatene. Det kan dermed virke som at overflatenes luminans påvirkes av omkringliggende flaters evne til å reflektere lys. I følge resultatene påvirkes overflatene lite av hvilken vinkel målingene gjøres fra. Variasjonene er av liten betydning ved høye luminanser. Av de flyttbare overflatene er det kun treplaten som har variasjon ved endret vinkel. Da ser man ser bort fra den ene unaturlig, høye verdien til den oransje overflaten. Treplaten har matt overflate, og burde ikke bli påvirket av vinkelendring. Det

kan være at den skrå målingen traff noen andre nyanser i treverket enn målingene vinkelrett på. I trappen er det håndløperen, og den hvite delen av veggen, som har varierende resultat vinkelrett og skrått på flaten. Ved så små luminanser blir forholdstallet mellom resultatene skrått og vinkelrett på så høyt at det vil kunne ha innvirkning på beregning av luminanskontrast.

Resultatene tilsier at spektroradiometeret egner seg til å beregne luminans. Samtidig er det mange faktorer som påvirker resultatene når man måler luminans. Måleinstrumentets vinkel kan få betydning når luminansene er lave. Belysningsstyrken i rommet har stor betydning og gir store forskjeller i luminans. Det er på bakgrunn av resultatene derfor vanskelig å bestemme hvilken vinkel eller belysningsstyrke som gir best, eller mer presist mest korrekte resultatet.

5.1.4 Luminanskontrasten til materialkombinasjonene

Det er valgt materialkombinasjoner for trappen som egner seg hvis man skal undersøke om kravene til luminanskontrast i trapper er innfridd eller ikke.

Resultatene viser at det er variasjon i resultatene fra målingene til de ulike måleinstrumentene. Spektroradiometeret, som måler luminans, burde være det måleinstrumentet som er mest pålitelig. Det er fordi dette er det eneste av de tre måleinstrumentene som måler luminans. De to andre instrumentene måler refleksjonsfaktoren, som i teorien ikke påvirkes av belysningsstyrken. Likevel gir målingene med spektroradiometeret ulik luminanskontrast for de samme overflatene i kjelleren sammenliknet med kantina. Det er vanskelig å finne en trend, da det ikke er gitt at overflatene målt i kantina har høyere luminanskontrast enn overflatene målt i kjelleren. For tre av de fem materialkombinasjonene av flyttbare overflater, er det målingene i kjelleren som gir høyest luminanskontrast. På bakgrunn av resultatene ser det altså ut til at økte belysningsstyrker nødvendigvis ikke gir økt luminanskontrast. Det tyder på at noen overflater påvirkes mer av økt belysningsstyrke enn andre overflater.

Når man ser på resultatene fra de tre måleinstrumentene i trappen så gir spektroradiometeret og lyshetsmåleren veldig like luminanskontraster i tre av fire tilfeller. I tillegg gir fargemåleren, lyshetsmåleren og spektroradiometeret også like resultater i to av disse tilfellene. Det kan ha sammenheng med at belysningsstyrker er lav. Dermed er måleresultatene til spektroradiometeret lite påvirket av belysningsstyrke, i likhet med fargemåler og lyshetsmåler. Materialkombinasjonen "kontraststripe i trinn mot trinn" skiller seg ut. Dette kan ha sammenheng med at trinnet er spraglede, og at det derfor er vanskelig å bestemme refleksjonsfaktor. Spektroradiometeret tar utgangspunkt i gjennomsnittet innenfor målingsradiusen, og vil dermed ta hensyn til ulike nyanser. Det vil ikke være mulig med fargemåleren, og i liten grad med lyshetsmåleren. Man vil derfor kunne anta at luminanskontrasten, gitt av målingene med spektroradiometeret, er den mest nøyaktige for denne materialkombinasjonen.

Resultatene i Figur 4.4.2 viser at det er ganske store variasjoner i luminanskontrast for kombinasjonene ”stålhandløper mot hvit vegg” og ”kontraststripe i trinn mot trinn”, om man måler vinkelrett eller skrått på flatene. Hvis man samtidig ser på resultatene i Figur 4.3.10 så er ikke variasjonene mellom målingene skrått, og vinkelrett på trinn og kontraststripe i trinn, så store. Luminansen skrått på trinnet er *høyere* enn luminansen vinkelrett på trinnet. For kontraststripen derimot, er luminansen skrått på trinnet *lavere* enn luminansen vinkelrett på trinnet. Det er dette som gjør at forskjellen i luminanskontrast for materialkombinasjonen blir så stor. Det samme er tilfellet for håndløperen i stål, og den hvite delen av veggen. Luminanskontrastene i kantina varierer om man ser på måleresultatene på horisontale og vertikale overflater. Dette har sammenheng med at forholdstallet mellom horisontale og vertikale målinger varierer fra overflate til overflate. Igjen kan den lave belysningsstyrken ha hatt påvirkning på resultatene fra målingene i trappen.

Resultatene viser at overflater, utfra deres materialeegenskaper, påvirkes ulikt av endring i plassering, belysningsstyrke og målevinkel.

5.1.5 Usikkerheter og mulige feilkilder

Belysningsstyrken er bestemt for ett punkt i umiddelbar nærheten av der målingene utføres. Det kan være det at målinger i avstand fra dette målepunktet ville gitt andre belysningsstyrker. Noen av målingene i trappen kan altså ha vært gjort under lavere eller høyere belysningsstyrke enn 55 lux.

Spektroradiometeret har et stativ med tre bein, og det var kun dette som ble brukt i metoden. Bøker og andre gjenstander ble brukt for å bygge opp instrumentet til riktig høyde, men plassert på en måte så det ikke skapte skygger. For målingene der dette ikke var mulig ble instrumentet holdt manuelt. For målingene som tok opp mot 100 sekunder skaper dette usikkerhet i resultatene. Det er umulig å holde måleinstrumentet nøyaktig i samme posisjon i 100 sekunder. Derfor burde man hatt en kamerastativ eller liknende, der man hadde utelukket usikkerheter som følge av forflytning av måleradiusen underveis.

Nederst i trappen hadde den ene lyspæra i taket gått, og dette kan ha skapt forsterkede skyggeeffekter i trappen. Det kan likevel ha vært positivt at noen av målingene dermed ble gjort under lave belysningsstyrker. Det ga muligheten til å observere overflater med lave luminanser, og se at luminanskontrasten påvirkes av dette. Flere enn tre målinger kunne vært nødvendig for å utelukke variasjoner som følge av feilmåling.

5.1.6 Svakheter og styrker ved metoden

I metoden er det kun med spektroradiometeret det er gjort målinger både i kjelleren og i kantina. Dersom man også hadde gjort målinger med fargemåler og lyshetsmåler i kantina, ville man kunne avdekket om belysningsstyrke gir variasjoner for disse måleinstrumentene eller ikke. Vinkelbedømmingen under målingene med

spektroradiometeret var dårlig. "Skrått mot flate" er lite spesifikt, og det sier ingenting om vinkelen det er målt med. Det burde vært en bedre beskrivelse av vinkelen for å kunne si noe mer nøyaktig om vinkelens påvirkning på resultatene. For overflatene i trappen er det kun gjort målinger under belyningsstyrke på 55 lux, mens for de flyttbare overflatene er det både gjort målinger i kantina og i kjelleren. Man kunne ha satt opp en lampe eller liknende for å økt belyningsstyrken. Deretter kunne man sett hvor mye overflatene i trappen påvirkes, og sammenliknet med resultatene til fargemåleren og lyshetsmåleren.

Metoden gir et godt innblikk i instrumentenes brukervennlighet og funksjon. Metoden fungerer godt til å beskrive forskjeller i resultatene på bakgrunn av hvordan de ulike måleinstrumentene fungerer. Metoden har avdekket at det ikke er så enkelt å standardisere måling av luminans, siden overflater påvirkes ulikt om man endrer vinkel eller belyningsstyrke.

Den opprinnelige metoden viste seg å være uegnet. Den hadde for mange usikkerheter og for mange parametere. Metoden inneholdt for mange type målinger, vinkler, effekter og avstander. I tillegg var det vanskeligere enn antatt å bruke luminanskameraet. Grunnen til dette var nok at man bare hadde kameraet tilgjengelig i en til to uker. Trappen var uegnet til å gjøre målinger i på dagtid på grunn av stor publikumstrafikk, og man var avhengig av å gjøre målinger flere dager, på samme klokkeslett og med samme værforhold. Det viste seg å være lite gjennomførbart. Det ble derfor konkludert med at det ville være for tidkrevende å gjennomføre metoden slik den opprinnelig var tenkt. På bakgrunn av disse erfaringene ble metoden justert til slik den fremstår i oppgaven.

5.2 Konklusjon

Problemstillingen har tatt for seg:

Krav til luminanskontrast i praksis

Ut fra problemstillingen er det forsøkt å svare på følgende spørsmål:

- *Hvilke verktøy finnes for å beregne luminanskontrast?*
- *Hvor egnet er verktøyene til å beregne luminanskontrast?*

Det finnes ulike verktøy som kan brukes til å beregne luminanskontrast. Det er i denne oppgaven valgt ut tre måleinstrumenter som kan brukes til å beregne dette. Måleinstrumentene er valgt ut på bakgrunn av blant annet brukervennlighet og pris:

1. NCS Colour Scan 2.0 fargemåler
2. NCS Lyshetsmåler
3. Jeti Specbos 1201 spektroradiometer

I tillegg er luminanskameraet egnet hvis man har mulighet til å ha det tilgjengelig over lengre tid.

Det ble gjort målinger med disse tre måleinstrumentene for å se om de er egnet til å måle luminans eller refleksjonsfaktor. Spektroradiometeret måler luminans, fargemåler og lyshetsmåler gir refleksjonsfaktor. I Tabell 5.1 vises det hvor egnet de ulike måleinstrumentene er til å måle henholdsvis refleksjonsfaktor og luminans.

Tabell 5.1 Måleinstrumentenes egnethet til å måle henholdsvis refleksjonsfaktor og luminans

Fargemåler	Dårlig egnet til å måle refleksjonsfaktor
NCS lyshetsmåler	Passe egnet til å måle refleksjonsfaktor
Spektroradiometer	Godt egnet til å måle luminans

Måleresultatene ble deretter brukt til å beregne luminanskontrast, og de tilsier at spektroradiometeret er best egnet. Det er fordi dette er det eneste måleinstrumentet som tar utgangspunkt i luminansen, og dermed gir et mest nøyaktig resultat. Samtidig viser resultatene at selv for et slikt instrument blir det variasjoner i luminanskontrasten. Det kommer ikke av instrumentets egenskaper. Derimot skyldes det materialenes egenskaper og påvirkning fra belsningsstyrke og vinkelendring.

Det er nødvendig å fastsette mer dokumenterbare og etterprøvbare krav til luminanskontrast. Derfor bør det stilles spørsmål ved om luminans og refleksjonsfaktor er egnede parametere for å sikre gode kontraster, eller om man må se på andre virkemidler. Det bør som et minimum utarbeides prosedyrer for hvordan målingene skal utføres og kontrolleres.

I praksis så er viktigste med kravene noe så enkelt som at det er to overflater har ulik lyshet. Standard, regelverk og veiledning kunne burde gjenspeilet denne enkeltheten.

5.3 Videre arbeid

For å kunne gjøre mer detaljerte og pålitelige målinger burde man hatt en lab, der det er mulig å kontrollere belsningsstyrke og andre faktorer som kan ha innvirkning på resultatene. Dagslys er utelukket i kjelleren, og dette kan ha vært en fordel for å observere store luminansforskjeller. Likevel hadde de to ulike lokasjonene for målinger stor forskjell i belsningsstyrke. Ved senere forsøk kunne det vært mer interessant og tatt utgangspunkt i kravene til belsningsstyrke i bygg.

Luminanskameraet gir gode bilder av hvordan luminans varierer på overflater. Hvis man hadde hatt et slikt kamera tilgjengelig over tid ville dette vært et bedre verktøy til å vise forskjellene enn et spektroradiometer. Liknende forsøk med utgangspunkt i et slikt

kamera ville gitt et mer helhetlig bilde av hvordan luminansen endrer seg i et rom, ut fra målevinkel og belysningsstyrker. Et slikt forsøk burde vært gjort i en lab.

Kravene vanskeliggjør bruk av naturmaterialer og delvis, blanke overflater. Dette kan være interessant å undersøke i videre arbeid.

5.4 Litteraturliste

- Bachmann, U. (2011). *Farbe und Licht : Materialien zur Farb-Licht-Lehre = Colour and light : materials for a theory of colour and light*. Colour and light materials for a theory of colour and light. Sulgen: Niggli.
- Bright, K. & Cook, G. K. (2010). *The colour, light and contrast manual: designing and managing inclusive built environments*. Chichester: Wiley-Blackwell. 222 s.
- BSI. (2008). *BS 8493:2008+A1:2010. Light reflectance value (LRV) of a surface. Method of test*: British Standards Institution.
- Cai, H. (2013). High dynamic range photogrammetry for synchronous luminance and geometry measurement. *Lighting Research & Technology*, 45 (2): 230-257.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk av 26. mars 2010 nr. 489*. Oslo: Norsk byggtjenestes forl. 205 s.
- Hewitt, P. G. (2014). *Conceptual physics*. 11 utg. Harlow: Pearson Education.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) (TEK10) 26 mars 2010 nr 489 : ikrafttredelsesdato 1 juli 2010 ajourført med endringer, senest ved forskrift av 9 desember 2014 nr 1552*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Oslo.
- Kommunal- og regionaldepartementet. (1997). *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk: (TEK) 22 januar 1997 nr 33 : ikrafttredelsesdato 1 juli 1997 ajourført med endringer, senest ved forskrift av 9 sep 2009 nr 1170*. Oslo: Norsk Byggtjeneste Forlag. 58 s.
- Lillelien, E., Hagen, L. A. & Lillelien, E. (2009). *Lysboken*, b. 1A. Sandvika: Lyskultur. 130 s.
- LOV-2013-06-21-61. *Lov om forbud mot diskriminering på grunn av nedsatt funksjonsevne (diskriminerings- og tilgjengelighetsloven)*. Oslo: Barne-, likestillings- og inkluderingsdepartementet.
- Malacara, D. (2002). *Color vision and colorimetry: theory and applications*. Bellingham, WA: SPIE Press.
- Nassau, K. (2015). *Tristimulus system*. Encyclopædia Britannica,: Encyclopædia Britannica., Tilgjengelig fra: <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/605960/tristimulus-system> (lest 24.04.2015).
- Natural colour system*. (2015). NCS. Tilgjengelig fra: <http://www.ncscolour.com/en/natural-colour-system/logic-behind-the-system/> (lest 15.04.2015).
- Nersveen, J. (2009a). *Kontraster - farger - belysning: et forsøk på å kategorisere hjelpetiltak med hensyn på universell utforming og svaksynte*. Oslo: Norges blinddeforbund. 19 s.
- Nersveen, J. (2009b). *Prosjektering for synshemmede: foredragssamling etter seminar 27.03.2009 i regi av Norges blinddeforbund og NAL Akademiet*. Oslo: Norges blinddeforbund. 67 s.
- Nersveen, J. (Ukjent årstall). *Synlighet - når man ser dårlig*: Høgskolen i Gjøvik. Tilgjengelig fra: [http://www.lyskultur.no/doc/130605_Synlighet - naar man ser daarlig.pdf](http://www.lyskultur.no/doc/130605_Synlighet_-_naar_man_ser_daarlig.pdf) (lest 15.04.2015).
- Newman, E. (2009). *Kulör & kontrast: ljushetskontrastens betydelse för personer med synnedsättning*. Stockholm: Svensk byggtjänst. 101 s.
- Norges blinddeforbund. (2008). *Kort om seks vanlige øyesykdommer*: Norges blinddeforbund.
- Norges blinddeforbund. (2010). *Lys = å se eller ikke se*. Oslo: Norges blinddeforbund. 19 s.

- Norges blindforbund. (2014). *Fakta og publikasjoner*. Tilgjengelig fra: <http://www.blindforbundet.no/internett/fakta-og-publikasjoner> (lest 29.04.2015).
- NS 11001-1:. (2009). *Standard Norge, Universell utforming av byggverk, (NS 11001-1), Del 1, Arbeids- og publikumsbygninger*. Lysaker: Standard Norge. 75 s.
- NS 11001-2:. (2009). *Standard Norge, Universell utforming av byggverk (NS 11001-2), Del 2, Boliger*. Lysaker: Standard Norge. 65 s.
- Regan, D. (2000). *Human perception of objects : early visual processing of spatial form defined by luminance, color, texture, motion, and binocular disparity*. Sunderland, Mass: Sinauer Associates.
- Regjeringen. (2009). *Temaveileder: Universell utforming og planlegging etter plan- og bygningsloven*. Oslo: Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/temaveileder-universell-utforming-og-pla/id557913/> (lest 22.04.2015).
- Rønnevig, T. (2015). *Møte med seniorrådgiver Tone Rønnevig i DiBK 17.02.2015* (17.02.2015).
- Sintef Byggforsk. (2012). *Universell utforming av arbeids- og publikumsbygninger s. 4. 220.320*. Oslo: Sintef Byggforsk.
- Standard Norge. (2011). *Building construction: accessibility and usability of the built environment*. Lysaker: Standard Norge. 152 s.
- Store norske leksikon. (2009). *Refleksjonsfaktor*. Store Norske Leksikon. Internett. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/refleksjonsfaktor> (lest 02.03.2015).
- Winston, R., Miñano, J. C., Benâitez, P. & Welford, W. T. (2005). *Nonimaging optics*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

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