



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Hvordan planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis

How to Plan and Evaluate the Luminance Contrast
in Practice

Ola Strengen & Kristoffer Gundersen
Byggeteknikk og arkitektur, M-BA

Forord

Denne mastergradsoppgaven er skrevet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2016. Oppgaven er vår avslutning av, og vår siste innsats, ved det toårige masterstudiet innen byggteknikk og arkitektur.

I kurset Bygningsplanlegging II ved NMBU ble vi introdusert for universell utforming av Leif Daniel Houck. I kurset fikk vi blant annet innblikk i de utfordringer som kan oppstå ved planlegging med hensyn til mennesker med nedsatt funksjonsevne. Da Houck senere introduserte temaet som en aktuell masteroppgave, ble vi raskt oppmerksom på viktigheten av *luminanskontrast*, og hvilke utfordringer som er knyttet til planleggingen og etterprøvingen av dette. Det har vist seg å være begrenset med litteratur om temaet, noe som har vært utfordrende i forhold til gjennomføring av metode og litteratursøk. Arbeidet med oppgaven har gitt oss erfaring i hvordan man kan planlegge og etterprøve for luminanskontrast. I tillegg har dette gitt oss innsikt i temaet universell utforming og hvilken betydning dette faktisk har for både friske og funksjonshemmede mennesker. Vi er stolte av å kunne si at våre besøk på byggeplass har ført til utbedringer av den universelle utformingen ved visse prosjekter.

Vår første takk går til veileder Houck som har vært til stor hjelp for oppgaven. Hans interesse og engasjement for emnet har vært til både inspirasjon og motivasjon. Vi vil også takke Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik for litteratur og interessante diskusjoner. Han har også vært behjelpelig med utlån av luminansmåler, noe som har vært avgjørende for utførelsen av oppgaven. Vi vil takke Trine Presterud ved Universell Utforming AS for mange interessante synspunkter og et hyggelig møte. Og til sist, men ikke minst, en stor takk til Betonmast, Norbygg AS, Undervisningsbygg Oslo KF, og alle andre som har latt oss måle trapper ved deres prosjekter.


Avslutningsvis er det viktig å vie vår oppmerksomhet mot familie og samboer som har hjulpet oss med rettskrivning og korrektur. Denne hjelpen har vært med på å løfte oppgaven, både innholdsmessig og språklig.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 12. mai 2016



Kristoffer Gundersen



Ola Strengen

Abstract

As part of universal design the Norwegian regulations on technical requirements for building works (TEK10) requires a set performance for luminance contrasts in new buildings. Universal design is a mean that helps to make buildings more accessible to a greater diversity of the population. In this matter the luminance contrast contribute to a more efficient and safer movement within and outside buildings. Building planners experience engineering of luminance contrast as challenging, and as a result, many unfortunate solutions may be engineered. There is currently no official Norwegian guidance or method of verification of luminance contrast. As a result, very few building planners have the skills and opportunity to evaluate and control the contrasts in which they have engineered.

On this basis, this thesis discusses the luminance contrast of universal design in stairs. The topic consists of examining how to plan and test the luminance contrast in practice. Regarding this, we have tried to provide answers to which tools and practices building planners uses to calculate luminance contrast, as well as the quality of the results that these methods have provided. Meanwhile, it has been investigated whether an inexpensive and useful method can be used for planning and evaluation of the luminance contrast.

In order to answer the topic and the research questions, it has been performed a literature search, held interviews and conducted measurements of luminance and reflection in a number of stairs. The literature search has collected information and theory of luminance contrast, legislation to universal design and accessible tools for calculating luminance contrast. This has also laid the foundation for the task's methodical approach and discussion. The interviews reveals that building planners uses three typical practices when designing luminance contrasts. They use experiential assumptions, NCS lightness meters and NCS colour scanners. According to our results, the solutions based on NCS colour scanners provides the best results, but with subject that the operator has sufficient expertise to carry out assessments in addition to measurements. NCS lightness meters proves to be a less suitable tool for this purpose, whereas solutions based on experiential assumptions gives very unpredictable and often undesirable solutions.

In order to find an alternative and less expensive method for planning and evaluation of the luminance contrast, it has been conducted measurements in 21 stairs in 12 different buildings. In this process there has been used a colour scanner and a lux meter in a method called *method for evaluation*. As a control for comparison purposes, there has been used a luminance meter in a method called *method for control*. From interpretation and discussion of theory, measurement results and observations there has been discovered various strengths and weaknesses of the two measurement methods. A number of factors affecting luminance contrast have been revealed. These factors are also likely to affect the staircase's visibility. On the basis of the present theory, a colour scanner and a lux meter may be suitable as an alternative and inexpensive measuring method for planning and evaluation of luminance contrast. However, our results and experience shows that this method is easily affected by

local factors and conditions. An alternative and inexpensive method alone is therefore not sufficient to ensure good solutions by universal design according to TEK10. It becomes clear when we look at the conclusion, which shows that it requires assessments as well as measurements. Thus, the method will be limited to professionals with high skills and good experience. Until there is a more detailed legislations and standardized methods for planning and measuring luminance contrast, the prevailing building planners will probably continue to engineer undesirable solutions.

Sammendrag

Som en del av universell utforming stiller Byggteknisk forskrift (TEK10) ytelseskrav til luminanskontraster i nye bygg. Universell utforming er et virkemiddel som bidrar til å gjøre bygg mer tilgjengelig for et større mangfold av befolkningen. Innenfor dette skal luminanskontrast bidra til en mer effektiv og sikker ferdsel innenfor og utenfor bygg. Bygningsplanleggere opplever prosjekteringen av luminanskontraster som utfordrende, og som et resultat vil det kunne oppstå mange uheldige løsninger. Det finnes per i dag ingen offisiell norsk veiledning eller metode for etterprøving av luminanskontrast. Som en følge er det svært få bygningsplanleggere som har kompetanse, og mulighet, til å etterprøve og kontrollere kontrastene til det de prosjekterer.

På bakgrunn av dette omhandler oppgaven luminanskontrast ved universell utforming i trapper. Problemstillingen består av å undersøke hvordan man skal planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis. I forbindelse med dette er det forsøkt å gi svar på hvilke verktøy og rutiner bygningsplanleggere benytter seg av for å beregne luminanskontrast, samt hvor godt sluttresultat disse metodene gir. Samtidig er det blitt undersøkt hvorvidt en rimelig og anvendelig metode kan benyttestil planlegging og etterprøving av luminanskontrast.

For å kunne svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene, er det blitt utført et litteratursøk, avholdt intervjuer og utført målinger av luminans og refleksjon i en rekke trapper. I litteratursøket er det samlet inn informasjon og teori om luminanskontrast, lovverket til universell utforming og tilgjengelige verktøy til beregning av luminanskontrast. Dette har videre lagt grunnlaget for oppgavens metodedel og diskusjon. Av intervjuene kommer det frem at bygningsplanleggere benytter tre typiske fremgangsmåter ved planleggingen av luminanskontraster. Det benyttes erfaringsbaserte antagelser, NCS lyshetsmålere og NCS fargemålere. I følge våre resultater er det løsninger basert på NCS fargemålere som utmerker seg å gi best resultater, men med forbehold om at måltaker har tilstrekkelig kompetanse til å gjennomføre skjønsmessige vurderinger i tillegg til målingene. NCS lyshetsmåler viser seg å være et mindre egnet verktøy til dette formålet, mens løsninger basert på erfaringsbaserte antagelser gir svært uforutsigbare og som oftest uheldige løsninger.

For å kunne finne en alternativ og rimeligere metode for planlegging og etterprøving av luminanskontraster, er det foretatt målinger i 21 trapper i 12 forskjellige bygg. I denne prosessen er det benyttet en fargemåler og et luxmeter i en metode kalt *metode for etterprøving*. Som kontroll og sammenligningsgrunnlag, er det benyttet en luminansmåler i en metode kalt *metode for kontroll*. Fra tolkning og diskusjon av teori, måleresultater og observasjoner er det oppdaget ulike styrker og svakheter ved de to målemetodene. Det er avdekket en rekke faktorer som påvirker luminanskontrasten, og som sannsynligvis vil ha innvirkning på trappenes orienterbarhet. På bakgrunn av foreliggende teori og intervjuer vil en fargemåler og et luxmeter være egnet som en alternativ og rimelig målemetode for planlegging og etterprøving av luminanskontrast. Våre resultater og erfaringer viser imidlertid

at denne metoden lett påvirkes av lokale faktorer og forhold. Altså finnes det ikke en alternativ og rimelig metode som alene er tilstrekkelig for å sikre gode løsninger ved universell utforming i henhold til TEK10. Det blir tydelig når vi ser på oppgavens konklusjon, som viser at det kreves skjønnsmessige vurderinger i tillegg til målingene. Dermed vil metoden begrense seg til fagpersoner med høy kompetanse og god erfaring. Med mindre det foreligger et mer utfyllende regelverk og standardiserte metoder for planlegging og måling av luminanskontraster, vil den gjengse bygningsplanleggere antakeligvis fortsette å prosjektere uheldige løsninger.

Innhold

Forord	I
Abstract	II
Sammendrag	IV
Tabelliste	XI
Figurliste	XII
1 Innledning.....	1
1.1 Oppgavens oppbygning og hensikt	1
1.2 Bakgrunn for oppgaven	2
1.3 Problemstilling.....	3
1.4 Målsetning	3
1.5 Avgrensninger.....	4
2 Teori.....	5
2.1 Synet	5
2.1.1 Synsintrykket	5
2.1.2 Øyet generelt.....	6
2.1.3 Adaptasjon	6
2.1.4 Synsfaktorer	7
2.1.5 Dybdesynet.....	10
2.1.6 Blending.....	11
2.2 Synshemning.....	13
2.2.1 Øyets naturlige degenerering	13
2.2.2 Andre synshemninger	15
2.3 Orienterbarhet i bygninger.....	19
2.3.1 Generelt.....	19
2.3.2 Behov ved orientering.....	19
2.3.3 Synet og orientering.....	21
2.3.4 Orientering og veifinning	22
2.3.5 Virkemidler som fremmer god orienterbarhet	23
2.4 Fargeteori	25
2.4.1 Øyet og farger.....	25

2.4.2	Fargeteori og fargesystem	26
2.4.3	Effektivt fargedesign	29
2.5	Lysteori	30
2.5.1	Lysfluks	30
2.5.2	Lysstyrke	31
2.5.3	Belysningsstyrke	32
2.5.4	Luminans	33
2.5.5	Refleksjonsfaktor	34
2.5.6	Kontraster	35
2.6	Lovverk	39
2.6.1	Universell utforming	39
2.6.2	Funksjonshemning	39
2.6.3	De forente nasjoner – FN	41
2.6.4	International Commission on Illumination – CIE	41
2.6.5	International Organization for Standardization – ISO	42
2.6.6	Norsk Standard – NS	43
2.6.7	Plan- og bygningsloven – PBL	44
2.6.8	Byggteknisk forskrift – TEK10	44
2.6.9	Byggforskserien – BKS	46
2.6.10	Øvrige anbefalinger og veiledninger	46
2.7	Målemetoder	47
2.7.1	Lyshetsmåler	47
2.7.2	Luxmeter	48
2.7.3	Fargemåler	48
2.7.4	Luminansmåler	48
2.7.5	Luminanskamera	49
3	Metode	50
3.1	Generelt	50
3.2	Litteratursøk	52
3.3	Metode for planlegging	54
3.4	Metode for måling	55
3.4.1	Generelt om målemetodene	55

3.4.2	Metode for etterprøving	56
3.4.3	Metode for kontroll.....	58
4	Resultat.....	60
4.1	Intervjuer	62
4.2	Observasjoner under måltaking	67
4.2.1	Observasjoner ved <i>metode for etterprøving</i>	67
4.2.2	Observasjoner ved <i>metode for kontroll</i>	69
4.3	Gjennomgang av måleresultater	72
4.3.1	Farefelt	74
4.3.2	Oppmerksomhetsfelt	76
4.3.3	Trappeneser	78
4.3.4	Håndløpere.....	82
5	Diskusjon	86
5.1	Metodene	87
5.1.1	Metode for planlegging.....	87
5.1.2	Metode for etterprøving	90
5.1.3	Metode for kontroll.....	93
5.2	Observasjoner.....	95
5.2.1	Lys og refleksjoner.....	95
5.2.2	Materialer og overflater	98
5.2.3	Slitasje og renhold	102
5.3	Sammenligning av måleresultatene	103
5.3.1	Farefelt	103
5.3.2	Oppmerksomhetsfelt	105
5.3.3	Trappeneser	105
5.3.4	Håndløpere.....	108
6	Konklusjon	111
7	Videre arbeid.....	113
8	Litteraturliste.....	114
9	Vedlegg.....	119
	Vedlegg A.....	120
	Vedlegg B.....	122

Vedlegg C.....	128
Vedlegg D.....	129
Vedlegg E.....	151

Tabelliste

Tabell 2.1: Begreper innenfor lysteknikken.	30
Tabell 2.2: Formler for beregning av luminanskontrast basert på refleksjonsfaktorer (LRV).	36
Tabell 2.3: Prisoversikt, måleverktøy.	47
Tabell 3.1: Oversikt over litteratursøket.	52
Tabell 4.1: Oversikt, prosjekter.	61
Tabell 4.2: Oversikt, spørsmål 4.	63
Tabell 4.3: Oversikt, spørsmål 5.	64
Tabell 4.4: Oversikt. Forskjell i luminanskontrast mellom skitten og rengjort trapp.	71
Tabell 4.5: Oversikt, materialforkortelser.	72
Tabell 5.1: Oversikt. Bygningskomponent med typisk materiale og overflate, og tilhørende gjennomsnittlig, minimal og maksimal differanse mellom målemetodene.	100
Tabell 5.2: Oversikt. Utvalg av trappekomponenter med like refleksjonsfaktorer.	101

Figurliste

Figur 2.1: Synsprosessen fra stimuli til forståelse.....	5
Figur 2.2: Øyets oppbygning.	6
Figur 2.3: Øyets relative følsomhet til lysstråling.	7
Figur 2.4: Synsvinklene som funksjon på avstand.....	8
Figur 2.5: Synlighetsnivået som funksjon av reflektert belyningsstyrke.....	9
Figur 2.6: Terskelkontrast som funksjon av belyningsstyrke og alder.	9
Figur 2.7: Linjeperspektiv og dybdeoppfatning	10
Figur 2.8: Økt dybdeforståelse som følge av kontrastlinjer.....	11
Figur 2.9: Strølys ved synsnedsettende blending	11
Figur 2.10: Katarakt (grå stær).	16
Figur 2.11: Glaukom (grønn stær).	16
Figur 2.12: Aldersrelatert macula degenerasjon (AMD).	16
Figur 2.13: Retinitis pigmentosa (RP).	17
Figur 2.14: Diabetes retinopati.....	17
Figur 2.15: Maslows grunnleggende behovspyramide.	20
Figur 2.16: Tre ulike behovsteorier.	21
Figur 2.17: Eksempel på en rute.....	23
Figur 2.18: Farger og tilsvarende lysbølgelengder.	25
Figur 2.19: Lysutbytte for skoptisk og fotobisk adaptert syn.....	26
Figur 2.20: NCS-systemets oppbygning.....	28
Figur 2.21: RAL-systemets oppbygning.	28
Figur 2.22: Effektive og ineffektive fargekombinasjoner.....	29
Figur 2.23: Lysstyrke.....	31
Figur 2.24: Belysningsstyrke.	32
Figur 2.25: Luminans..	33
Figur 2.26: Ulike overflaters refleksjon.	35
Figur 2.27: Grid-system ofte brukt til å illustrere Michelssons kontrast.	36
Figur 2.28: Positiv og negativ luminanskontrast.....	37
Figur 2.29: Sammenheng mellom refleksjonsfaktor og luminanskontrast.....	38
Figur 2.30: Gap-modellen.....	40
Figur 2.31: ICF-modellen.	40
Figur 3.1: Målepunktene som inngår i en trapp..	55
Figur 3.2: Verktøyene benyttet til måling og dokumentering av luminanskontrast.	56
Figur 3.3: Fremgangsmåte metode for etterprøving.	57
Figur 3.4: Fremgangsmåte metode for kontroll.....	58
Figur 4.1: Andelen bygningsplanleggere som har planlagt for luminanskontrast.	63
Figur 4.2: Oversikt verktøy og rutiner ved planlegging av luminanskontrast.....	64
Figur 4.3: Andelen prosjekter hvor luminanskontrasten har blitt etterprøvd.....	65
Figur 4.4: Måling av innkommende belyningsstyrke.....	67

Figur 4.5: Taktile «nagler» av lakkert og børstet stål.....	68
Figur 4.6: Måling av håndløper av børstet stål..	68
Figur 4.7: Håndløper i trapp 10..	69
Figur 4.8: Områder med sterkt gjenskinn i trapp 3.....	69
Figur 4.9: Slitasje på markeringer i trapp 12..	70
Figur 4.10: Forskjell i rengjort og skittent farefelt..	71
Figur 4.11: Sammenligning av farefeltenes luminanskontrast.	74
Figur 4.12: Målemetodenes trendlinje, farefelt.....	75
Figur 4.13: Sammenligning av oppmerksomhetsfeltenes luminanskontrast.	76
Figur 4.14: Målemetodenes trendlinje, oppmerksomhetsfelt.	77
Figur 4.15: Sammenligning av de nedre trappenes luminanskontrast målt fra bunnen av trappen.....	78
Figur 4.16: Målemetodenes trendlinje, trappeneser målt fra bunnen av hver trapp.	79
Figur 4.17: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast for trappeneser målt fra toppen av hver trapp.....	80
Figur 4.18: Målemetodenes trendlinje, trappeneser målt fra toppen av hver trapp.....	81
Figur 4.19: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast av trappenes øvre håndløper.	82
Figur 4.20: Målemetodenes trendlinje, øvre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp.....	83
Figur 4.21: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast for trappenes nedre håndløpere.	84
Figur 4.22: Målemetodenes trendlinje, nedre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp....	85
Figur 5.1: Illustrasjon av metode for planlegging.....	90
Figur 5.2: Håndløper av børstet stål.....	97

1 Innledning

I dag stilles det gjennom Byggteknisk forskrift (TEK10) ytelseskrav til luminanskontrast mellom ulike bygningskomponenter i universelt utformede bygninger. Ytelseskravets formål er å forbedre byggs orienterbarhet slik at menneskers evne til veifinning i kommunikasjonsveier og risikorelaterte områder forbedres. Det har imidlertid vist seg å være ulike utfordringer tilknyttet prosjekteringen av luminanskontrast. Det kan være problematisk for bygningsplanleggere å prosjektere en ytelse som de selv ikke har forutsetningene til å kunne måle. Vår erfaring er at måling av luminans krever erfaring, kunnskap og kostbare verktøy. Per i dag finnes det ingen offisiell veiledning for hvordan, og under hvilke forhold slike målinger skal foretas.

I byggebransjen finnes det ulike synspunkt på forskriftens krav til luminanskontrast. Mange de spurte bygningsplanleggerne ønsker å legge til rette for universell utforming, men stiller seg uforstående til de høye ytelseskravene til luminanskontrast. Andre, som blant annet Norges Blindeforbund, mener at dagens arkitektur ikke legger godt nok til rette for personer med funksjonsnedsettelse¹². For å kunne sikre god universell utforming, bør man ha en felles forståelse for hvordan ytelsene skal tilfredsstillers. I den sammenheng er det viktig at både bygningsplanleggere og kontrollorgan har de samme forutsetningene for å vurdere luminanskontraster.

Vi vil i denne oppgaven forsøke å komme frem til hvordan man kan planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis. Samtidig vil vi undersøke om det er mulig å benytte et rimelig verktøy til etterprøving av luminanskontrast. Dette vil kunne være til stor hjelp å kvalitetssikre luminanskontrast i bygg med hensyn til kravene i TEK10.

1.1 Oppgavens oppbygning og hensikt

Oppgavens oppbygning er av forskningsbasert format, og er delt inn i en teoridel, metodedel, resultatdel, diskusjon- og konklusjonsdel. Teoridelen er en samling av norske og internasjonale studier innenfor lysteknikk og universell utforming. For å kunne forstå betydningen av universell utforming og luminanskontrast, er det viktig å sette disse studiene i sammenheng med grunnleggende teori om øyets fysiologi og synets psykologiske prosess. Videre bør man forstå lovverkets utvikling, og hvordan dette styrer produktenes kvaliteter. I tillegg vil teorikapittelet gjennomgå aktuelle parameterne som inngår i lysteknikken, og hvordan disse kan måles og beregnes.

¹ <http://www.op.no/nyheter/mange-skader-og-dodsfall-etter-fall-i-trapp/s/1-85-7411193> (04.05.2016)

² <http://www.nrk.no/ytring/nar-arkitektur-blir-livsfarlig-1.12897334> (04.05.2016)

Videre i oppgavens metodedel beskriver vi hvilke fremgangsmåter som er benyttet i sammenheng med informasjonsinnsamlingen. I denne sammenhengen vil målemetodene for etterprøving og kontroll, samt spørsmålene stilt under intervjuene gjennomgås.

I resultatdelen belyses de ulike utfordringene man kan stå ovenfor i planleggings- og etterprøvningsfasen av et produkt. Gjennom intervju, målinger og observasjoner av bygningskomponenter er det samlet inn informasjon om det prosjekterte og det ferdigstilte produkt. Personene som er intervjuet i sammenheng med oppgaven har ulike synspunkt på ytelseskravene. Noen ønsker kravet velkommen, andre stiller seg undrende til kravets strenghet.

I oppgavens diskusjons- og konklusjonsdel vil innsamlede resultater drøftes i sammenheng med problemstillingen og dens tilhørende forskningsspørsmål. I den forbindelse vil det være aktuelt å se hvilke faktorer og feilkilder som kan ha innvirkning på hver metodes måling av luminanskontrast. Dette vil legge til grunn for en konklusjon om hvorvidt man kan planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis.

1.2 Bakgrunn for oppgaven

Har man en funksjonsnedsettelse, vil man være avhengig av hjelpemidler for å kunne orientere seg på lik linje som personer uten funksjonsnedsettelse. I Norge er det satt krav til universell utforming for blant annet offentlige bygg og arbeidsbygninger, for på best mulig måte tilrettelegge for at flest mulig mennesker skal kunne bruke byggene på en likestilt måte. Veiledningen til § 12-1 i Byggteknisk forskrift (VTEK) sier at; «det viktigste for svaksynte er at detaljer i miljøet er synlige og tydelige, som tydelige markeringer, god belysning, kontrastfarger og kontraster i materialer.» (Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10] 2010c). Videre angir TEK10 ytelseskrav tilknyttet luminanskontraster på forskjellige bygningskomponenter.

Synet er den sansen som gir oss mest informasjon om omgivelsene, og opp mot 75 % av informasjonen vi får kommer fra tolkning av synsinntrykket (Bright & Cook 2010). For å kunne oppnå en fullkommen forståelse av synsinntrykket, stiller øyet en rekke betingelser til de visuelle omgivelsene. Faktorer som; luminanskontrast, belysning og objekters fargegjengivelse er sammen viktige parametere for tolkning av synsinntrykket (Nersveen 2009). Ved å senke funksjonsgapet mellom krav fra miljøet og individets forutsetninger, vil flere personer kunne benytte ukjente arealer mer effektivt, trygt og selvstendig. En senkning av miljøets forutsetninger kan blant annet innebære å synliggjøre potensielle farer og tilgjengelige hjelpemidler.

Viktigheten av universell utforming illustreres ved befolkningsundersøkelsen utført av Synovate AS (Synovate 2008). Denne undersøkelsen ble utført på oppdrag av Norges Blindeforbund og viser at opp mot 1.2 millioner mennesker i Norge har opplevd uhell eller farlige situasjoner på grunn av bygningsmessige forhold. Blant disse er det 685 000 personer som har opplevd uhell og farlige situasjoner omkring trapper eller kanter. I tillegg viser studien

til 85 000 uhell som kunne vært unngått dersom trappene og kantene hadde vært bedre oppmerket og belyst (Norges Blindforbund 2016a). I sammenheng med denne undersøkelsen viser Norges Blindforbund til omlag 180 000 nordmenn med svekket syn. Samtidig vil en stadig økende andel eldre i befolkningen medføre økt behov for universelt utformede løsninger, da naturlig degenerasjon av synet hos eldre kan medføre orienteringsvansker i ukjente omgivelser (Statistisk sentralbyrå [SSB] 2015).

Det er i dag vanskelig å planlegge og etterprøve luminanskontrast. Det finnes ingen offisiell norsk veiledning eller metode for etterprøving av luminanskontrast basert på målinger av luminans eller refleksjonsfaktor. Siden dette ikke finnes, vil det være vanskelig å vurdere løsninger og tolke resultater opp mot kravene i regelverket. Til gjengjeld kan det være katastrofalt å ikke tilfredsstille ytelseskravene til luminanskontrast, og en bygningsplanlegger kan i verste fall miste sin ansvarsrett og stå ovenfor store erstatningskrav dersom kravene ikke er oppfylt.

1.3 Problemstilling

Bygningsplanleggere må ta hensyn til ytelseskravene til luminanskontrast gitt i TEK10. Det kan være vanskelig å vite hvilke kombinasjoner av materialer man kan velge, hvilke standarder man skal forholde seg til, og hva som faktisk er best for brukeren. Det er dette vi i denne oppgaven vil undersøke, og problemstillingen vår er derfor:

Hvordan kan man planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis?

- Hvilke verktøy og rutiner benyttes i dag av bygningsplanleggere, og hvor godt sluttresultat gir disse metodene?
- Kan man ved hjelp av en alternativ og rimelig metode planlegge og etterprøve luminanskontrast?

1.4 Målsetning

Vår hovedmålsetning med oppgaven er at den skal kunne bidra til diskusjonen omkring dannelsen av en offisiell norsk veiledning til måling av luminanskontrast. Diskusjonen dreier seg om hvorvidt noen av ytelseskravene i TEK10 er for vanskelige å overholde, eller ikke. Vårt bidrag i denne diskusjonen er å komme med en mer anvendelig fremgangsmåte å etterkomme kravene på, samtidig som sikkerheten til brukerne ivaretas.

Vi vil benytte oss av praktiske og rimelige verktøy som kan anvendes av ordinære bygningsplanleggere. Disse verktøyene skal kunne gi de prosjekterende mulighet til både å planlegge og etterprøve luminanskontrastene ved deres produkt. I denne sammenhengen er det selvsagt ønskelig at oppgaven skal kunne brukes som en veiledning for bygningsplanleggere som ønsker å tilegne seg kunnskap om temaet.

Da vi startet oppgaveskriving manglet vi grunnleggende kunnskap om hvordan ulike kontraster påvirker byggs orienterbarhet. Gjennom å sette oss inn i det regelverket vi har i

dag, har vi forsøkt å forstå hvilke verktøy som kan brukes til måling av luminans og refleksjon, samt hvordan og hvor godt egnet disse er til å vurdere luminanskontrast. Dette har gitt oss en viss erfaring ved bedømming av luminanskontraster i bygg. Samtidig har denne erfaringen vist hvor utfordrende det er å måle luminanskontrast, som følge av mengden feilkilder som er knyttet til målingene.

1.5 Avgrensninger

Opgaven vil konsentreres om luminanskontraster knyttet til trapper. Trapper, som vertikalkommunikasjonsvei, finner man i alle typer bygg. Videre avgrenses oppgaven til å omhandle trapper som befinner seg i universelt utformede bygg, siden det er kun disse som er pålagt krav til luminanskontrast.

Det er ulike grunner til at vi har valgt å konsentrere oss om luminanskontrast i trapper. En trapp har for eksempel flere luminanskontrastkrav knyttet til seg, enn andre universelt utformede funksjoner i et bygg. Trappekomponenter som farefelt, oppmerksomhetsfelt, trappeneser og håndløpere har ifølge TEK10 krav til luminanskontrast. Disse komponentene har i tillegg forskjellig geometri, noe som gir oppgaven større variasjon i målingene og et større mangfold i resultatene. Det har også vist seg at visse luminanskontrastkrav tilknyttet trapper er vanskelig å etterkomme i praksis. I dag består mange trapper av håndløpere av stål. Slike håndløpere gir varierende refleksjon, noe som gjør de vanskelige etterprøve.

Dette er en 30 studiepoengs masteroppgave med en arbeidsperiode på kun ett skolesemester. Den korte tidsperioden som vi har hatt har spilt en essensiell rolle for hvor mange bygg vi har kunnet besøke, og hvor mange bygningsplanleggere vi har kunnet intervju. I tillegg har dette hatt innvirkning på hvor gode forhåndsundersøkelser vi har kunnet gjennomføre før vi besøkte de ulike byggene. Materialsammensetninger, slik de fremkommer i resultatdelen, vil derfor være navngitt som følge av våre observasjoner og kvalifisert gjetning. Oppgaven er skrevet i løpet av vinter- og vårhalvåret, noe som har gjort det vanskelig å måle luminanskontrast ved utvendige trapper. Alle trappene som inngår i resultatdelen vil derfor være innvendige trapper.

Siden dette er en masteroppgave for studielinjen byggeteknikk og arkitektur ved institutt for matematiske realfag og teknologi på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, vil det være naturlig å ha fokus på bygnings- og planleggingsrelaterte temaer. Litteratursøket har vært en stor del av oppgaven, da tilrettelegging for synshemmede ikke har vært en del av læreplanen for vår studieretning. Som følge av dette har vi vært nødt til å dykke dypere inn i grunnleggende teori for å kunne forstå sammenhengen og betydningen av universell utforming og luminanskontrast. Gjennom litteratursøket har vi studert litteratur som er direkte tilknyttet luminanskontrast og universell utforming av bygg. For å kunne forstå denne litteraturens betydning i bygningsammenheng, har vi i tillegg vært nødt til å studere grunnleggende teori om øyehelse, psykologi og bruk av virkemidler som en del av oppgaven.

2 Teori

I oppgavens teoridel vil aktuelle temaer som synet, farger, lysteknikk og lovverk gjennomgås. For å forstå behovet for luminanskontraster i universell utforming er det viktig å ha basiskunnskap om disse emnene. Slik vil man også danne et grunnlag for å kunne prosjektere gode universelt utformede løsninger, særlig med hensyn til svaksynte.

2.1 Synet

Hjernen er alltid på jakt etter høyest mulig forståelse av synsinntrykket. Selv om lys og kontraster er til stede, er ikke det visuelle inntrykket komplett før man forstår meningen av det man faktisk ser. Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik sammenligner visuell forståelse med verbal forståelse:

«Alfabetet vårt består kun av lyder, når ord ikke er dannet. Når bokstavene settes i bestemt rekkefølge blir de til forståelige ord. Setter vi ord sammen, kan det bli en forståelig setning. Når setningen settes sammen, blir det en fortelling. Når vi har hørt fortellingen, så er det ikke bokstavlydene eller enkeltordene som huskes. Det er fortellingen som huskes. Slik fungerer det også for det visuelle språket. Det er når det visuelle inntrykket settes sammen til en mening at vi faktisk *ser*» (Nersveen u.å.).

Dette kapittelet vil omhandle grunnleggende teori om synet, fysiologisk og psykologisk sett.

2.1.1 Synsinntrykket

I følge Norges Blindforbunds *Prosjektering for Synshemmede* skrevet av Jonny Nersveen, kan synsprosessen beskrives med tre steg. Først sender sansecellene i øyet signaler til hjernen basert på lyset de oppfatter. Deretter starter hjernen en tolkningsprosess som klassifiserer synsinntrykket. Klassifiseringen følges til slutt opp av en affeksjon av synsinntrykket, og man får en følelsesreaksjon som former synsinntrykket (Nersveen 2009). Figur 2.1 viser de tre stegene i synsprosessen.



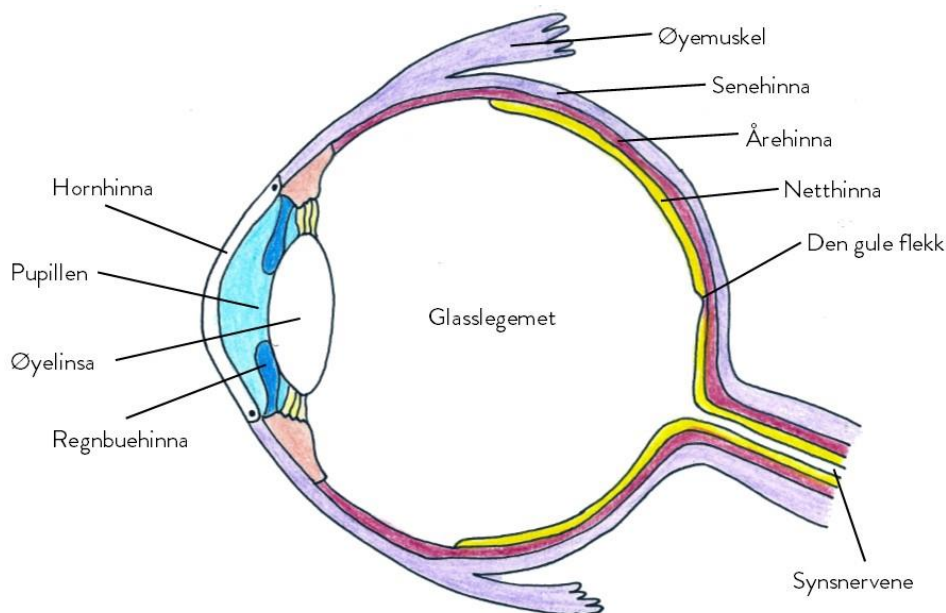
Figur 2.1: Synsprosessen fra stimuli til forståelse.

For at man skal kunne se og tolke et objekt optimalt, stiller øyet en rekke betingelser til de visuelle omgivelsene. Blant disse vil luminansen, adaptasjonsluminansen, fargegjengivelsen og kontrasten til omgivelsene være viktige parametere for at vi skal kunne forstå signalene som øyet sender hjernen. Man må imidlertid også kunne assosiere noe til synsinntrykket. Hjernen sorterer synsinntrykket og setter sammen en mening basert på tidligere minner og

assosiasjoner. Inntrykkene som gir mening lagres i hukommelsen, resten vrakes som visuelt «støy» (Nersveen 2007).

2.1.2 Øyet generelt

Synsorganet består av to øyne med hver sine synsnerver. Lys som slippes gjennom pupillen treffer netthinnen i øyets bakside. Bildene på netthinnen sendes videre til synssentrene i hjernen som tolker lyset. Det at vi har to øyne gjør oss i stand til å bedømme avstand og bevegelse, og har en vesentlig betydning for den visuelle persepsjonen.



Figur 2.2: Øyets oppbygning.

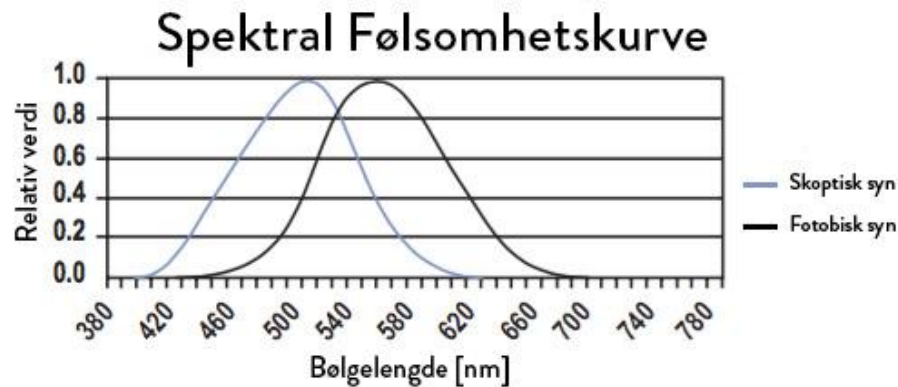
Figur 2.2 viser hvordan øyet er bygget opp. Slik figuren viser, består øyet av ulike hinner. Den ytterste hinnen, senehinnen, strekker seg rundt hele øyet og går over til den gjennomsiktige hornhinnen lengst frem på øyet. Innenfor senehinnen ligger årehinnen. Årehinnen bidrar med ernæring til øyet. Den innerste hinnen kalles netthinnen (retina) og dekker mesteparten av øyets indre del. I netthinnen finnes reseptorer som inneholder lysfølsomme pigmentstoffer. Disse reseptorene bidrar på ulik måte til vårt fargesyn (Sandvig 2009).

Øyet har ulik sensitivitet i forhold til ulike bølgelengder av lys. Følsomheten, ofte kalt spektral følsomhet, er et relativt mål for øyets evne til å omdanne stråling av ulike bølgelengder til lysoppfattelse (Lillelien et al. 2009). Dette vil videre beskrives som synets adaptasjon.

2.1.3 Adaptasjon

Synssansen har mulighet til å tilpasse seg omgivelser med stor variasjon i luminans. Luminans, som er nærmere beskrevet i kapittel 2.5.4, er andelen lys som stråler ut fra en flate. Dersom øyet utsettes for lys (eller mørke) vil sensitiviteten endres i forhold til hva øyet utsettes for (Bright & Cook 2010). Denne adaptasjonsprosessen gjør at ulike luminanser kan oppleves likt under ulike forhold. For eksempel vil man kunne oppfatte luminanser utendørs og innendørs

relativt likt, til tross for den store differansen i lysnivået. Forskjellen merkes først i det øyeblikket lysnivået endres (Bjørset 1971).



Figur 2.3: Øyets relative følsomhet til lysstråling.

Fenomenet skyldes at netthinnen har to typer sanseceller; staver og tapper. Stavene oppfatter det vi ser av farger, mens tappene oppfatter gråtoner (Nersveen 2007). Figur 2.3 viser sammenhengen i spektral følsomhet for fotobisk og skoptisk syn.

Ved dagslysforhold vil en 20-årig person med normalt syn kunne tyde fargene på en overflate dersom luminansen er $3 \frac{cd}{m^2}$ eller høyere. Stavene dominerer da synet, og man sier at øynene er fotopisk adaptert – også kjent som «dagsyn». Hvis vi følger kurven for fotobisk syn, kan vi se at øyet er mest følsom for lys med bølgelengder i området 555 nm. Dette tilsvarer gul-grønt lys, og kan sammenlignes med fargen på for eksempel refleksvester. Når luminansen er $0,001 \frac{cd}{m^2}$ eller lavere har man skoptisk syn – ofte kalt «nattsyn». I dette området har ikke fargereseptorene (stavene) noen funksjon, men tappene lar oss skille mellom overflatenes gråtoner. Ser vi igjen på Figur 2.3, ser vi at den skoptiske kurven har toppunkt på omtrent 507 nm. Dette tilsvarer et typisk blått lys, og kan sammenlignes med fargen på blålyset til utrykningskjøretøy. I området mellom fotopisk og skoptisk syn har man mesoptisk syn. I dette området vil fargesynet være dårlig (Taylor 2000).

2.1.4 Synsfaktorer

Hans-Henrik Bjørset nevner i boken *Lysteknikk* en rekke faktorer som er bestemmende for vår oppfatning av former og detaljer:

- Synsvinkel
- Luminans
- Kontrast
- Eksponeringstid
- Plassering i synsfeltet (Bjørset 1971)

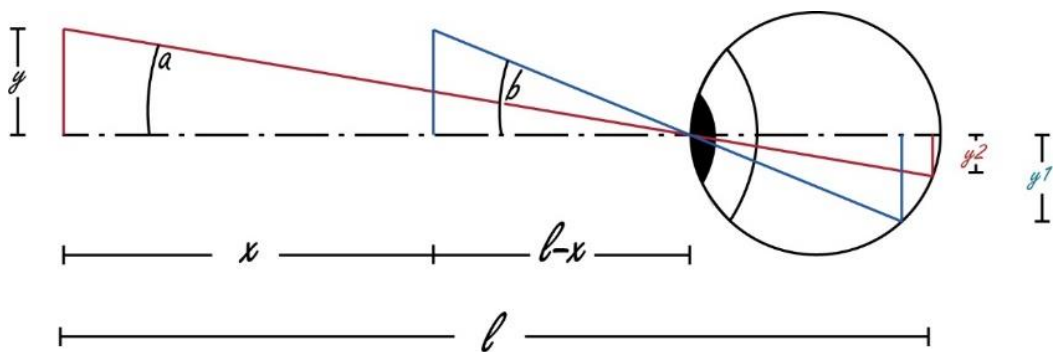
Disse faktorene har hver sin betydning på vår evne til å oppfatte det vi ser. Som et eksempel beskriver han synsfaktorene sett i forhold til en situasjon hvor man kan tyde bokstavene på et skilt.

«Hva er for eksempel avgjørende for at vi skal kunne lese en bokstav på et skilt? Da har vi erfaring for at hvis vi skal lese bokstavene, må vi være tilstrekkelig nær skiltet, det må være en tilstrekkelig belysningsstyrke på skiltet, bokstavene må ha tilstrekkelig kontrast mot bakgrunnen, vi må ha tilstrekkelig tid til å oppfatte bokstavene, og vi må se rett på skiltet» (Bjørset 1971).

Videre i dette kapittelet vil de ulike synsfaktorene gjennomgå basert på teori hentet fra *Lysteknikk* og foredragssamlinger i regi av Norges Blindforbund og NAL akademiet.

Synsvinkel

Hvor i synsfeltet et objekt befinner seg og avstanden fra øyet, har innvirkning på hvor godt man klarer å oppfatte objektet. Slik Figur 2.4 viser, er synsvinkelen avgjørende for bildets størrelse på netthinnen. Desto nærmere objektet er øyet, desto større blir bildet på netthinnen.



Figur 2.4: Synsvinklene som funksjon på avstand.

Slik det fremkommer av figuren, kan man trekke linjer mellom ytterpunktene til en gjenstand og øyet, for deretter å beregne synsvinkelen mellom linjene. Øyet er i stand til å se svært små vinkler, og man er derfor nødt til å oppgi synsvinkelen i bueminutter [']. 1 grad tilsvarer 60 bueminutter. Et normalt øye kan ved gode betingelser oppfatte synsvinkler under ett bueminutt. Synsvinkelen brukes videre som en faktor i terskelkontrasten.

Luminans og kontrast

Terskelkontrast er en standardisert kontrastkurve som beskriver grenseverdiene til en luminanskontrast som akkurat er synlig. Terskelkontrast varierer med hensyn til et objektets luminans og bakgrunnens luminans, personens alder, synsvinkel og hvor i synsfeltet objektet befinner seg (Nersveen u.å.). I tilfeller der luminanskontrasten og terskelkontrasten er kjent, kan man beregne synlighetsnivået (Visibility Level):

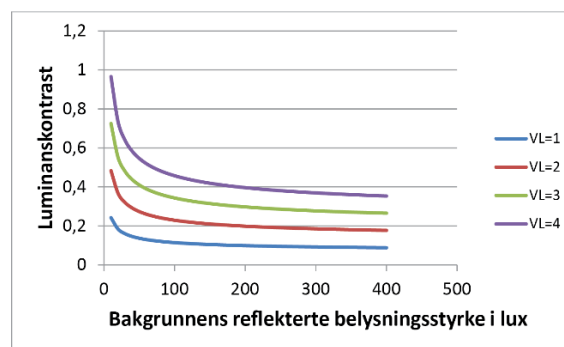
Formel 2.1:

$$VL = \frac{C}{C_0}$$

C = Reell luminanskontrast

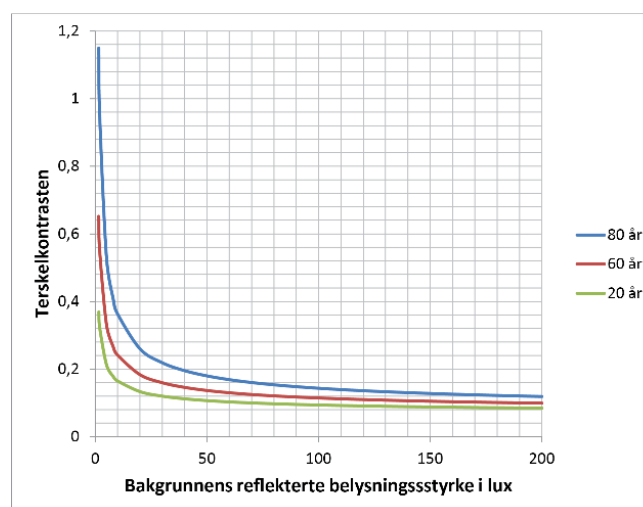
C_0 = Terskelkontrast

Figur 2.5 viser synlighetsnivået som følge av varierende luminanskontrast og reflektert belysningsstyrke, når et synsobjekt med matt overflate ses mot en lys bakgrunn med refleksjonsfaktor 0,7 og synsvinkel 4'. Diagrammet viser at synlighetsnivået kan økes mer effektivt ved hjelp av økt luminanskontrast, enn ved hjelp av økt belysningsstyrke. Diagrammet er basert på forsøk utført på unge personer uten synsfeil.



Figur 2.5: Synlighetsnivået som funksjon av reflektert belysningsstyrke (Nersveen u.å.).

Videre viser Figur 2.6 hvordan terskelkontrasten endres som følge av testpersoner i tre ulike aldersgrupper. Hvis alder trekkes inn i bildet vil man kunne se at terskelkontrasten må økes som følge av lav belysningsstyrke eller økende alder. Kontraster i seg selv er uavhengig av



Figur 2.6: Terskelkontrast som funksjon av belysningsstyrke og alder. Beregningene tar utgangspunkt i refleksjonsfaktorer lik 0,3 og synsvinkelen lik 4' (Nersveen u.å.).

belysningsstyrke, men ved lavere belysningsstyrke kreves det høyere luminanskontrast for at den skal kunne oppfattes av øyet.

Eksponeeringstid

Eksponeeringstiden, ofte kalt flimring, er en av faktorene som inngår i synsoppfatningen til mennesker. For at eksponeeringstiden skal påvirke synsskarpheten, må den være lavere enn et par hundredels sekund. Synsorganet er i stand til å summere gjentatte lysblink når mørkeintervallene ikke er for lange (Bjørset 1971). Dette vil ikke være en problemstilling i dag, siden mesteparten av dagens belysningsutstyr tilfredsstillende stiller kravet til eksponeeringstid.

Plassering i synsfeltet

Med fotobisk adaptert syn kan vi bare se en gjenstand klart når vi retter blikket direkte mot den. Synsaksen treffer da netthinnen i området som kalles den gule flekk (*fovea centralis*). Dette området består av tettpakkede tapper, som hver har sin egen nerveforbindelse med synssentret i hjernen.

Plasseres et objekt i en mer perifer del av synsfeltet, vil oppløsningsevnen bli betydelig mindre. En luminanskontrast i perifer del av synsfeltet vil derfor være mindre synlig enn en luminanskontrast sentralt i synsfeltet. Denne delen av synsfeltet tjener heller som et varslingsområde. Oppdager man et objekt i den perifere delen av synsfeltet, vil fikseringsrefleksjonen utløses, slik at blikket rettes mot objektet som påkaller interessen (Bjørset 1971).

2.1.5 Dybdesynet

I tillegg til faktorene ovenfor, kan dybdesynet regnes som en viktig faktor i synsprosessen. Kombinasjonen av øyets fysiologi og tillært kunnskap, gir oss muligheten til å oppfatte dybde og bevegelse. Ved dårlig dybdesyn svekkes balanseevnen, og risikoen for fallskader øker.

J.J. Gibson skriver i boken *Perception of the visual world* at det finnes 13 stimuli for dybdesynet. Stimulene viser seg å være avhengig av visuelle kontraster, enten som ulike perspektivformer eller som graderende gråtone- eller fargekontraster (Gibson 1950). Figur 2.7 viser et typisk linjeperspektiv basert på bokens litteratur. Bildene forsøker å illustrere hvordan kontraster har innvirkning på vår dybdeoppfatning. Bilde **a** viser det opprinnelige linjeperspektivet, bilde **b** viser en tilsløret versjon og bilde **c** viser en tilsløret versjon med sterke kontraster hvor dybdesynet er godt stimulert.



Figur 2.7: Linjeperspektiv og dybdeoppfatning (Nersveen 2007).

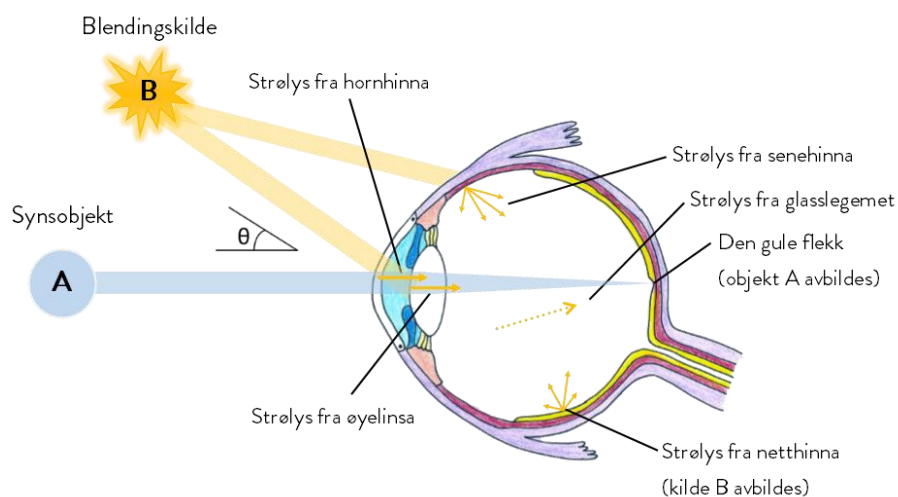
Dybdesynet er altså avhengig av øyets evne til å fokusere mot en flate. I bygningsammenheng vil evnen til å oppdage horisontale og vertikale linjer være viktig i forhold til å orientere seg. Figur 2.8 viser to trapper der trappen til venstre har tydelig markerte trappeneser. Trappen til høyre er dekket til med en hvit pappduk, noe som medfører at det er vanskelig å forestille seg trappens dybde.



Figur 2.8: Økt dybdeforståelse som følge av kontrastlinjer.

2.1.6 Blending

Blending er et fenomen som oppstår når det forekommer svært høye luminanser eller luminanskontraster i synsfeltet. Man deler blending i to kategorier; synsnedsettende blending (fysiologisk) og ubehagsblending (psykologisk) (Lillelien et al. 2009). Disse forekommer vanligvis samtidig, men i ulik grad. Ubehagsblending kan imidlertid oppstå uten at synsnedsettende blending er til stede.



Figur 2.9: Strølys ved synsnedsettende blending

Synsnedsettende blending er som sagt fysiologisk og virker reduserende på kontraster. Figur 2.9, inspirert av figur fra SINTEF Byggforsk, viser hvordan såkalt «strølys» kommer inn i øyet og forstyrrer avbildningen av synsobjektet (SINTEF Byggforsk 2007). Man opplever synsnedsettende blending i større grad utendørs enn innendørs. Et kjent eksempel er hvordan man blendes av møtene kjøretøy, og da særlig i mørket.

Ubehagsblending virker derimot kun distraherende og ubehagelig. Denne formen for blending vil ikke virke reduserende på kontraster. Ubehagsblending kan ofte oppleves innendørs. Eksempelvis vil en armatur eller et vindu kunne virke blendende i forhold til en arbeidsplass. Langvarig ubehagsblending kan føre til tretthet, og er derfor svært aktuell i arbeidsbygg (Nersveen u.å.).

2.2 Synshemning

I dette kapittelet skal generell teori innenfor temaet synshemning gjennomgås. Denne teorien ligger blant annet som grunnlag for hvorfor det finnes et lovverk som stiller krav til luminanskontrast ved universell utforming. I den sammenheng er det viktig å vite at for eksempel ordet *svaksynt* ofte benyttes som en samlebetegnelse for mennesker med en eller annen form for dårlig syn. Det er viktig å være oppmerksom på at begrepet svaksynt omfatter mer enn bare dårlig synsskarphet. Faktorer som dybde-, mørke- og fargesyn, synsfelt, synshastighet, koordinering og avstandsbedømming er alle viktige faktorer som avgjør synet til en person. Gjennomgående for de aller fleste svaksynte er problemer med blinding, i kombinasjon med behov for høy belysningsstyrke (Newman 2009).

Visuell ytelse betegner de sensoriske funksjoner som er relatert til det å kunne oppfatte lys, form, størrelsesforhold og farge fra den visuelle stimuli. Visuell ytelse kan grovt sett deles inn i fire klasser i henhold til International Classification of Diseases -10 (ICD-10) av World Health Organization (WHO):

1. Normalt syn
2. Moderat synshemning
3. Alvorlig synshemning
4. Blindhet

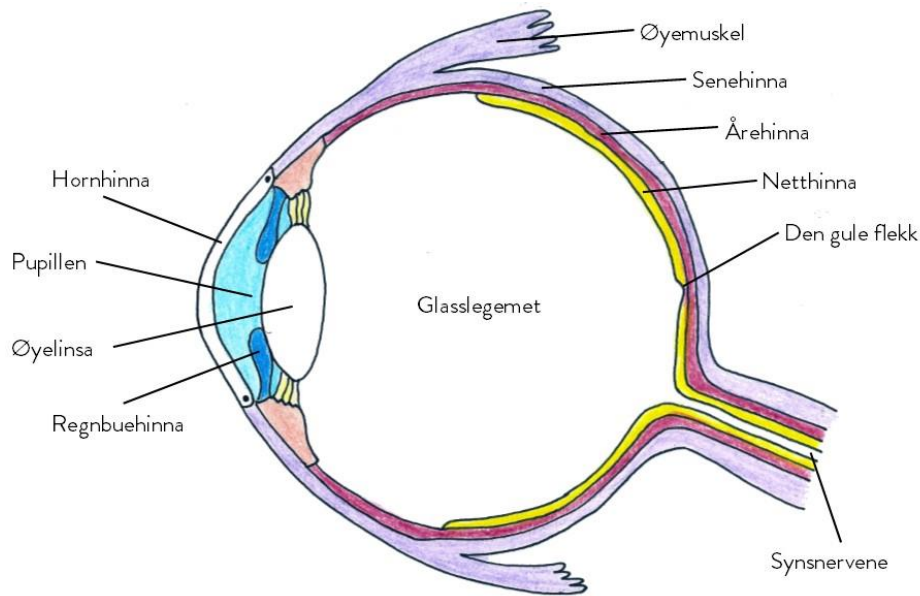
Moderat og alvorlig synshemning er de klassene som sammen omtales som *svaksynt*. Svaksynt og klassen blindhet omtales sammen som *synshemning* (World Health Organization [WHO] 2016).

Estimater gjort av WHO, viser til at 246 millioner mennesker på verdensbasis er svaksynte (World Health Organization [WHO] 2014). Norges Blindeforbund viser til at det finnes om lag 180 000 svaksynte personer i Norge (Norges Blindeforbund 2016b). Det er med andre ord mange som lider av en form for synshemning, og det er viktig å forstå den betydningen universell utforming i bygg har for disse menneskene.

2.2.1 Øyets naturlige degenerering

Det foreligger mye forskning og statistikk på den naturlige degenereringen av øyet. Det er blant annet på bakgrunn av denne statistikken man har utviklet et regelverk som skal gjenspeile det behovet mangfoldet av svaksynte har. Som kompromiss tar forskriftene, ifølge Nersveen, utgangspunkt i statistikk om 80 årige personers øyehelse. Dette skal dekke behovet til om lag 95 % av befolkningen³. Det kan være mange grunner til at en svaksynt faktisk er svaksynt, og i dette kapittelet fremstilles de mest aktuelle degenereringsprosessene som skjer naturlig hos mennesket. Figur 2.2 viser øyets oppbygning.

³ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.



Figur 2.2: Øyets oppbygning.

Øyelinsen er lystransmitterende og justerer seg slik at vi kan fokusere. Fokuseringen skjer ved hjelp av en muskel som regulerer lysbrytningen inn mot den gule flekken. Dette skjer ved at øyelinsen strekkes ut, eller trekkes inn. Øyelinsen bidrar til om lag én tredjedel av all lysbrytingen som skjer i øyet. Resterende lysbryting foregår på hornhinnens forflate (Jansen & Glover 2016). Etter hvert som mennesket aldres, mister øyelinsen sin elastisitet. Den vil bruke lengre tid på å fokusere, samt adaptere seg etter skiftende lysforhold. Øyelinsen kan ikke lengre bryte lyset i den grad den én gang kunne, og derav kommer behovet for lesebriller. Degenereringsprosessen påvirker altså den lystransmitterende evnen, og man vil trenge mer lys for å kunne oppfatte det samme bildet av konturer og farger (Nersveen u.å.).

Forskningen *Factors Affecting Light-Adapted Pupil Size in Normal Human Subjects* fra 1994 viser også at pupillen, åpningen i iris, mister sin adaptasjonsevne over tid. Pupilleåpningen regulerer intensiteten av det lyset som treffer netthinnen. Ved sterkt lys vil åpningen krympe og dempe eventuell blinding, mens ved svakt lys vil åpningen øke for å slippe inn mer lys. Ringmusklene, som regulerer pupilleåpningen, reagerer tregere jo eldre et menneske blir. Det er påvist at aldring har en betydelig effekt på pupillens størrelse. Forsøk utført på friske øyne ved en luminans på 9 cd/m^2 viste at pupilleåpningen til en 20-åring var gjennomsnittlig 7.25 millimeter i diameter etter ett minutt adaptasjonstid. Derimot var pupilleåpningen for en 80-åring, etter samme tid, gjennomsnittlig 4.75 millimeter i diameter. Ved å gradvis øke luminansen viste forsøket at differansen ble betydelig mindre (Winn et al. 1994). Dette tilsier at man gradvis vil miste evnen til å se normalt ved dårlige lysforhold når alderen øker.

Frank Schieber ved University of South Dakota tok i 1994 for seg konsekvensen av blinding i studien *Age and Glare Recovery Time for Low-Contrast Stimuli*. Det ble tatt mål av tiden det tok å gjenvinne følsomheten for lave kontraster etter å ha blitt eksponert for høyintensitetsblinding i 10 sekunder. Det ble avdekket at eldre testpersoner, i alderen 65 til 75 år, hadde behov for opptil 3 ganger så lang tid for å komme seg etter blindingen, i forhold

til aldersgruppene 18 til 24 år og 40 til 55 år (Schieber 1994). Funnene tyder på at effekten av blanding er en faktor som må vurderes ved utforming av bygninger og miljøer – spesielt der mangfoldet av brukerne er forventet å være eldre.

Statistikk viser også til at en 70-åring kan ha behov for opptil tre ganger mer lys enn en 20-åring for å kunne kompensere for det svekkede synet (Society of Light and Lighting 2012). Studier har vist at etter fylte 70 år er det om lag én tredjedel som får vanskeligheter med å skille fargene blå og gul. Dette gjelder personer uten noen medfødt sykdom forbundet med øyet og synet (Haegerstrom-Portnoy et al. 1999). Altså vil det være lite hensiktsmessig å basere universell utforming på fargekontraster.

Den naturlige degenereringsprosessen er noe som før eller siden vil skje hver og en av oss. På bakgrunn av de forskjellige forandringene i øyet, dannes det ulike behov. Et typisk tilfelle er at man trenger mer lys, men at man samtidig blir mer lysømfintlig. Statistikk fra SSB viser en stadig økende andel eldre i befolkningen, noe som kan medføre økt behov for universelt utformede løsninger i fremtiden (Statistisk sentralbyrå [SSB] 2015).

2.2.2 Andre synshemninger

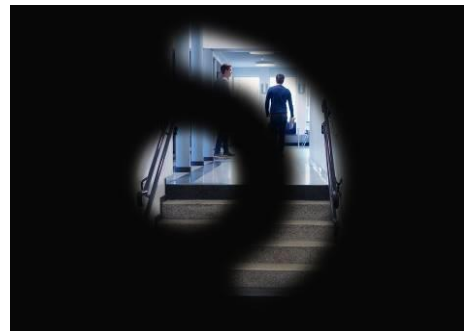
Dette kapittelet vil gi et overblikk på aktuelle synsrelaterte sykdommer som vil kunne medføre behov for universelt utformede hjelpetiltak. Teorien er basert på litteratur hentet fra Norges Blindforbund (Norges Blindforbund 2016c). Statistikken er begrenset, og deler av litteraturen er basert på beregninger utført av WHO. Figurene som er brukt for å etterligne de ulike øyesykdommene er basert på illustrasjoner og beskrivelser fra Norges Blindforbund og Emma Newmans *Kulör & Kontrast* (Newman 2009).

Katarakt (grå stær) er en sykdom som vanligvis utvikles med alderen, men kan også forårsakes av en skade mot øyet eller være medfødt. Symptomene er gjerne tåkete syn, svekket fargesyn, samt dobbeltsyn og blendings- og lysømfintlighet. Dette oppstår som følge av en stiv, gulaktig og ugjennomsiktig øyelinse. Statistisk sett berører denne lidelsen 70 % av alle over 70 år og utgjør om lag 48 % av synstap verden over. Figur 2.10 viser hvordan en person med katarakt kan oppleve sykdommen.



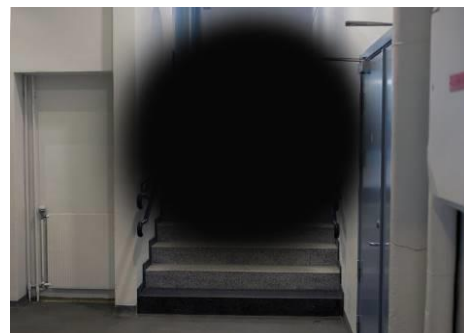
Figur 2.10: Katarakt (grå stær).

Glaukom (grønn stær) er gjerne en genetisk sykdom, men kan også utvikles som følge av aldring, etnisk opprinnelse, infeksjoner, svulster eller andre skader. Symptomene er bortfall i synsfeltet, og kan ende med total blindhet. Dette kommer som følge av høyt trykk i øyet, og kan etter hvert ødelegge synsnerven og nervetrådene. Skadene er varige, og berører om lag 40 000 nordmenn over 70 år. Figur 2.11 viser hvordan tilfeldige deler av synsfeltet kan bli rammet.



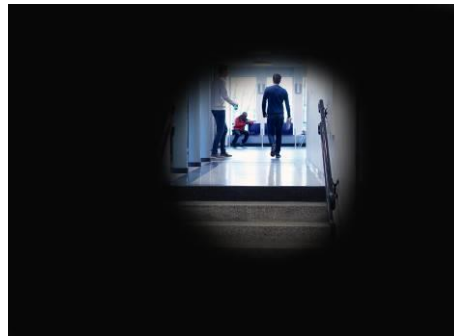
Figur 2.11: Glaukom (grønn stær).

Aldersrelatert macula degenerasjon (AMD) er gjerne den sykdommen man relaterer til alderdom og dårlig syn. Det er en svekkelse av skarpsynet forårsaket av forkalkninger. Dette innebærer at macula, den gule flekken sentralt i netthinnen, er svekket. Man deler AMD inn i to typer, tørr og våt. Tørr AMD har symptomer som svekket skarpsyn og fargesyn, samt at øyet gjerne bruker lengre tid på å tilpasse seg ved endringer i belysningsstyrke. Det kan også forekomme tomme flekker i synsfeltet, slik som vist på Figur 2.12. Ved våt AMD kan man i tillegg oppleve at rette linjer blir bølgete, noe som vil påvirke personens balanse. Progresjonen ved våt AMD kan gå svært raskt, og man vil kunne gjennomgå et betraktelig synstap på få uker. AMD berører omlag hver 10. person over 70 år, og ca. 10 % av de tørre tilfellene utvikles til våt AMD.



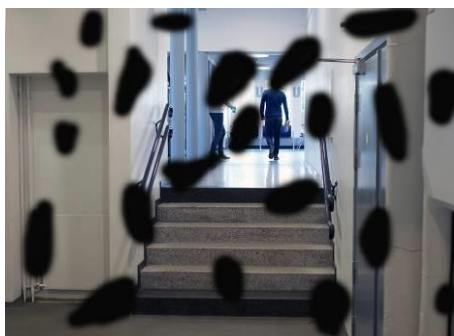
Figur 2.12: Aldersrelatert macula degenerasjon (AMD).

Retinitis pigmentosa (RP) er en fellesbetegnelse for en rekke sykdommer. De er genetiske og berører i hovedsak netthinnen. Svinn av stavreseptorer angriper netthinnen fra dens ytterkant. Tidlige symptomer på sykdommen er som regel tap av nattsyn. Slik Figur 2.13 viser, vil den perifere delen av synsfeltet gradvis falle bort, noe som også kalles for «tunnelsyn». Man kan til slutt ende med total blindhet. Sykdommen er den vanligste årsaken til betydelig nedsatt syn hos barn og voksne, og om lag 1500 nordmenn har RP i dag.



Figur 2.13: *Retinitis pigmentosa (RP)*.

Diabetes retinopati er en følgesykdom av diabetes. Det er en sykdom som rammer øyets netthinne. Dette kommer som følge av lekkasjer fra blodårer i netthinnen, på grunn av for høyt blodsukker over lengre tid. Gjentatte lekkasjer kan forårsake sprukne blodkar og arrvev, og det dannes nye blodårer som en erstatning til de sprukne. Disse fungerer imidlertid dårlig, og vil lett blø. Figur 2.14 viser hvordan arrvev, blødninger og blodkar kan gi flekkvis utfall i synsfeltet. Dette kan også føre til forbigående total blindhet. Ved større blødninger kan man pådra seg grønn stær på grunn av høyt trykk i øyet, samt at trykkforskjellene også kan resultere i netthinneløsning.



Figur 2.14: *Diabetes retinopati*.

Ved netthinneløsning får man bortfall i synsfeltet der netthinnen er løsnet. Symptomer, utover flekkvis utfall i synsfeltet, kan være uskarpt syn og nedsatt evne til å se kontraster. Etter 20 år med diabetes, vil de aller fleste med type 1 rammes. Ved type 2 vil om lag 60 % utvikle sykdommen. Per i dag har cirka 380 000 nordmenn diabetes, hvorav 28 000 har type 1. I den sammenheng er det også av interesse å se økningen på forbruket av diabetesmedikamenter i Folkehelseinstituttets statistikkbank. Hos nordmenn i alderen 0-74 år er økningen på nesten 58 % fra 2005 til 2015, noe som kan antyde en økning av påvist diabetes i tidsperioden (Norges helsestatistikkbank 2016). Med dette kan man kanskje etter hvert forvente en økende andel nordmenn med diabetes retinopati.

Synsforstyrrelser etter hjerneslag, med homonym hemianopsi som den vanligste følgen, rammer over 60 % av de om lag 15 000 årlige hjerneslagpasientene i Norge. Homonym hemianopsi innebærer tap av synsfelt på én av sidene. Sykdommen kan også ramme øvre eller nedre hjørne av synsfeltet. Man kan også oppleve andre følger; som for eksempel dobbeltsyn og lysømfintlighet. Hjerneslag kan også gi andre lidelser som ikke direkte rammer øyet, men som heller påvirker evnen til å orientere seg; eksempelvis oppmerksomheten og visuell hukommelse.

Fargeblindhet er knyttet til x-kromosomet. Derfor rammer lidelsen over 5 % av alle menn, mens for kvinner bare rundt 0,3 %. De fleste fargeblinde har vanskeligheter med å skille rødt og grønt. Noen har problemer med fargene gult og blått, mens det ytterst sjeldent er tilfeller med total fargeblindhet. Lidelsen kan oppstå som en følgesykdom av både AMD og grå stær. Man kan leve lenge og uvitende med en form for fargeblindhet. På en annen side kan fargeblindhet by på store konsekvenser, særlig med tanke på at for eksempel grønt og rødt lyssignal benyttes på både vei, skinner og vann. I denne sammenheng er det viktig å danne seg tanker om nytteverdien for bruk av fargekontraster kontra luminanskontraster.

2.3 Orienterbarhet i bygninger

Å kunne orientere seg i ukjente bygg og uteområder har stor innvirkning på menneskers livskvalitet. For at flest mulig mennesker skal kunne bruke arealer på en likestilt måte, må det iverksettes visse tiltak – universell utforming. Ofte assosieres universell utforming med hjelpetiltak for personer med en form for forflytningsvanske, til tross for at den faktisk er til hjelp for mennesker med alle typer funksjonshemninger, så vel som mennesker uten. I dette kapittelet skal vi blant annet se nærmere på hvordan man tilrettelegger for at mennesker skal kunne orientere seg tilnærmet problemfritt i en bygning.

2.3.1 Generelt

For at en person skal kunne bruke ukjente arealer effektivt, trygt og selvstendig, må de selv være i stand til å kunne samle den informasjonen omgivelsene gir. Det kan innebære å oppdage potensielle farer, eller se tilgjengelige hjelpetiltak. Jo enklere en person klarer å skille detaljer, som for eksempel trapper og håndlister fra bakgrunnen, jo bedre er disse komponentenes brukbarhet (Bright & Cook 2010). Emma Newman har i sin bok, *Kulör & Kontrast*, beskrevet hva det vil si å orientere seg:

«Med orientering menas:

- Att veta var man är
- Att hitta dit man ska
- Att förstå när man är framme» (Newman 2009).

Det finnes flere kilder som beskriver hvorfor tilrettelegging for god orientering er viktig. En befolkningsundersøkelse, utført av Synovate AS på oppdrag for Norges Blindforbund, viser at opp mot 1.2 millioner mennesker opplever uhell eller farlige situasjoner på grunn av bygningsmessige forhold. Blant disse er det 685 000 personer som opplever uhell og farlige situasjoner omkring trapper eller kanter (Synovate 2008). I følge Norges Blindforbund kunne 85 000 uhell vært unngått dersom trapper og kanter hadde hatt enda bedre merking og belysning (Norges Blindforbund 2016a).

2.3.2 Behov ved orientering

Psykologisk sett handler orientering om å tilfredsstille de grunnleggende behovene vi mennesker har. Intervjuer gjort i Sverige viser at mange svaksynte vegrer seg for å besøke ukjente bygg og uteområder (Newman 2009). Intervjuobjektene mener samlet sett at nivåforskjeller må merkes med en tydelig lyshetskontrast som skiller seg fra omgivelsene. Lyshetskontrast er imidlertid et mål som benyttes i Sverige, og må ikke forveksles med gjeldende luminanskontrastkrav i Norge. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 2.4.3.

Behovsteorier

Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU

Gjøvik mener i sin forskning at man kan trekke linjer mellom Abraham Maslows behovsteori og situasjonen mange synshemmede befinner seg i når de er i ukjente omgivelser (Nersveen 2009). I foredragssamlingen *Prosjektering for synshemmede*, forteller han at helt eller delvis tap av synet vil ramme samtlige av Maslows behovsnivåer.



Figur 2.15: Maslows grunnleggende behovspyramide.

Maslow presenterte i 1943 en hierarkisk modell basert på menneskets grunnleggende fysiologiske og psykologiske behov. Modellen, illustrert på Figur 2.15, viser oppdelingen av behovshierarkiet. De tre nederste nivåene kalles mangelbehov, og omhandler menneskets behov for trygghet – sosialt og fysisk sett. De to øverste nivåene i pyramiden kalles vekstbehov. Disse behovene vil ikke oppnås før kriteriene i de tre nederste nivåene er oppfylt (Maslow 1943). Behovsteorien har fått mye kritikk som følge av at vekstbehovene ikke lett lar seg beskrive hierarkisk. Likevel kan man være enig i at noen behov er mer grunnleggende enn andre.

Ingrid Gehl har i sin bok *Bo-miljø* videreført mange av prinsippene til Maslow. I stedet for å dele inn vekstbehovene hierarkisk, slo hun de sosiale behovene og vekstbehovene sammen til psykologiske behov. Gehls forskning handler imidlertid om betydningen av tilrettelegging av utearealer med tanke på menneskets behov. Likevel kan man videreføre mange av hennes teorier om nytten av universell utforming også innendørs (Gehl 1971).

20 år etter at Gehl ga ut sin bok, forsket Nersveen på de menneskelige behov knyttet til belysning og arkitektur ved arbeidsplasser. Hans fokus var å opplyse om de grunnleggende menneskelige behovene knyttet til belysning. Nersveens teori påpeker at det å kunne orientere seg i ukjente omgivelser er et av menneskets grunnleggende behov.

Ser man på Figur 2.16, kan man anta at måten vi bygger våre omgivelser har fundamental betydning for vår mentale utvikling (Nersveen 2009).

Maslow	Gehl	Nersveen
Biologiske behov	Biologiske behov	
Sikkerhetsbehov	Sikkerhetsbehov	Behov for sikkerhet og trygghet
Sosiale behov	Psykologiske behov	Behov for å kunne utføre sitt arbeid / funksjon i en jobb
Behov for status og prestisje		Estetiske behov
Behov for selvrealisering		
Behov for å vite og forstå		
Estetiske behov		

Figur 2.16: Tre ulike behovsteorier. Inspirert av Nersveens Prosjektering for synshemmede

Psykologiske behov

I en bygningsmessig sammenheng vil det være ulike overordnede psykologiske behov for orientering. For å kunne orientere seg, er det viktig å vite hvor man befinner seg i forhold til definerte steder. Kan man assosiere stedet med dets funksjon, vil man lettere kunne gjøre seg kjent i dets omgivelser. Samtidig må stedet ha et særpreg, slik at man klarer å skille det fra andre omgivelser.

For å kunne føle trygghet i et ukjent bygg, er man avhengig av å kunne gjenkjenne omgivelsene. Blant annet er det viktig at man er i kontakt med byggets omgivelser, for eksempel gjennom et vindu. Er man derimot ukjent med disse omgivelsene vil man føle større utrygghet.

I tillegg har alle mennesker et grunnleggende behov for å kjenne til en sikker utvei i tilfelle noe skjer. Dette fluktinstinkt vil alltid være til stede, men vil normalt ikke føre til stress dersom man kjenner til en sikker rømningsvei ut av bygget (SINTEF Byggforsk 2003).

2.3.3 Synet og orientering

Synet er den sansen som gir oss mest informasjon fra omgivelsene. Omtrent 75 % av informasjonen vi får kommer via tolkning gjort med synet (Bright & Cook 2010). For en person med problemfritt syn vil orientering være en prosess uten særlige anstrengelser. Med et optimalt syn vil man i løpet av få sekunder oppfatte et helhetlig bilde av omgivelsene. Derne

vil man kunne studere omgivelsenes detaljer. Personer med friske øyne vil derfor enkelt kunne finne frem i ukjente bygg så lenge det til en viss grad er tilrettelagt for dette (Newman 2009).

Personer med nedsatt syn vil, i motsetning til de med godt syn, få et ufullstendig bilde av omgivelsene. De ser først omgivelsenes detaljer, for så å danne seg et helhetlig bilde av situasjonen (Newman 2009). Studien *Project Rainbow* viser at 97 % av de svaksynte måtte stoppe for å lete etter ledetråder i form av farger, mønster og teksturer som kunne hjelpe dem i å forstå rommenes størrelse og formål (Bright & Cook 2010). Ved prosjektering av nye bygg er det viktig at detaljer som definerer en bestemt funksjon synliggjøres best mulig, og at man er konsekvent med hensyn til disse detaljene i den grad det er hensiktsmessig. Blinde og svaksynte mennesker har en tendens til å se nedover med en lengde 2 meter fremover. I den sammenheng bør viktige kilder til informasjon befinne seg i overgangen mellom gulv og vegg. Informasjon på vegg bør ikke være plassert høyere enn 1,2 meter over gulvnivå (Bright & Cook 2010).

Ved en inngang vil det for eksempel være viktig å synliggjøre typiske detaljer, slik at svaksynte raskt assosierer den med en inngang. Det samme vil gjelde ved for eksempel trapper. I slike tilfeller vil det fremstå som naturlig å være konsekvent med detaljer knyttet til trappene innad i en bygning, slik at en svaksynt ikke trenger å «lære» seg å kjenne detaljer for flere trapper i samme bygg (Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen 2015).

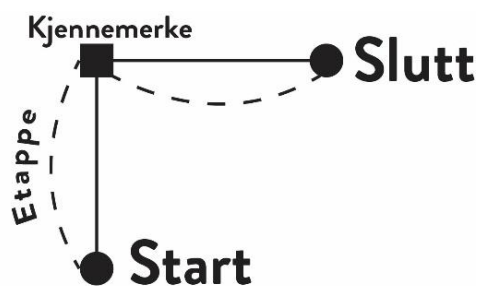
2.3.4 Orientering og veifinning

Mennesker orienterer seg etter hva som er hensiktsmessig ut fra egne evner. En person med et normalt syn vil orientere seg ulikt i forhold til en person med nedsatt syn. Videre vil en svaksynt orientere seg annerledes enn en som er blind. Som svaksynt vil man forsøke å utnytte det resterende synet til å koordinere seg. Dette krever at omgivelsene har tilstrekkelig belysning og tydelige luminanskontraster. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) legger derfor vekt på at man må legge til rette for flere måter å orientere seg og motta informasjon på (Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen 2015).

Kevin Lynch beskriver i sin bok *The Image of the city* hvordan mennesker tolker og orienterer seg i et bebygd landskap. Ifølge Lynch, organiserer vi omgivelsene ved hjelp av «mentale kart» bestående av fem hovedelementer:

- Ferdselsårer (*paths*)
- Kanter (*edges*)
- Områder (*districts*)
- Knutepunkter (*nodes*)
- Landemerker (*landmarks*) (Lynch 1960).

DiBK har benyttet denne teorien videre i sin veiledning *Arkitektoniske virkemidler for orientering og veifinning*. Veiledningen benytter en «rute» som utgangspunkt for tilrettelegging av god orienterbarhet. Ruten defineres som veien mellom to geografiske punkt – fra startdestinasjon til sluttdestinasjon. Metoden skal brukes til å systematisk analysere utfordringer knyttet til orientering, og for å blottlegge farer. Ruten deles inn i tre elementer; kjennemerker, ledelinjer og etapper. Som en bygningsplanlegger bør evaluere bevegelsesflyten innenfor disse elementene, slik at man får kartlagt funksjonsbehovene tilknyttet bygningen (Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen 2015). Figur 2.17 viser elementene som inngår i en rute.



Figur 2.17: Eksempel på en rute slik beskrevet i «Arkitektoniske virkemidler for orientering og veifinning».

2.3.5 Virkemidler som fremmer god orienterbarhet

I veiledningen *Arkitektoniske virkemidler for orientering og veifinning* benyttes syv virkemidler som bidrar til god orienterbarhet:

1. Enkelt lesbart overordnet grep
2. Ryddighet og inndeling i soner
3. Gjenkjennelse og enhetlig informasjon
4. Tydelige, synlige og lett forståelige detaljer
5. Flere ulike informasjonskilder
6. Sikkerhet, uten risiko eller farer
7. Sammenheng i de ledende elementene

Det legges vekt på bevisst bruk av tradisjonelle arkitektoniske virkemidler for veifinning og orientering. Med enkle grep kan man sikre at bygningen fremtrer som ryddig, gjenkjennbar og orienterbar. Tidlig planlegging av viktige funksjoner som inngangsparti, oppholdssoner og bevegelsesårer kan være avgjørende for veifinningen innomhus og utomhus. For at virkemidlene skal ha en effekt må man være klar over at visse grupper har ulik oppfatning av orienteringselementer. I den sammenheng er kanskje det viktigste virkemiddelet å ha sammenheng mellom virkemidlene i et bygg (Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen 2015).

Man kan organisere virkemidlene i to båser; overordnede virkemidler og virkemidler på detaljnivå. Overordnede virkemidler skal fremme oversikt i byggets hovedløsning, og

virkemidler på detaljnivå skal gi brukerne mulighet til å følge sammenhengende og ledende elementer i bygningsmassen. For oppgavens del er det virkemidler på detaljnivå som er mest relevant.

Virkemidler på detaljnivå

Som målsetting bør man implementere gode løsninger for veifinning i det estetiske og funksjonelle uttrykket til bygget. Visuelle og taktile kontraster kan brukes som ledelinjer man kan følge, eller kjennemerker man kan registrere. Typisk kan dette være ulike overflater, kontraster, teksturer, farger og nivåforskjeller på gulv, vegg eller tak. Elementene må kunne skille seg ut på en slik måte at synshemmede kan følge sammenhengen. I tillegg bør elementene introduseres ved inngangen til et område, slik at de synshemmede med en gang oppfatter ledelinjens funksjon. Der de naturlige virkemidlene ikke er tilstrekkelig for god veifinning, bør man i tillegg benytte kunstige ledelinjer. Dette er spesialelementer lagt ned i belegningen for at blinde og svaksynte skal bruke dem i sin orientering (Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen 2015).

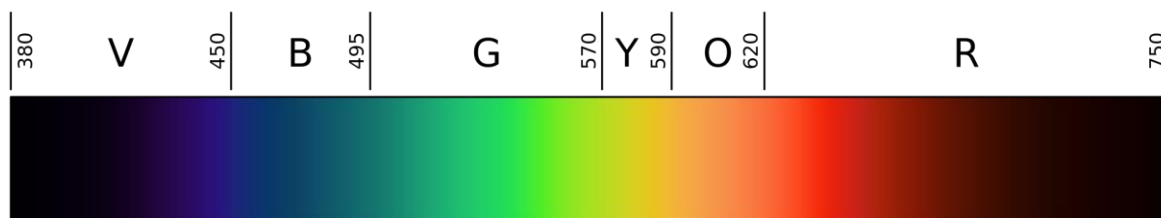
2.4 Fargeteori

Personer med synsnedsettelse har ofte vanskeligheter med å skille mellom, eller se ulike farger. Dette gjør det vanskelig å tilby spesifikke fargekombinasjoner som imøtekommer majoriteten av svaksynte. For å hjelpe til med orienteringsproblematikken, er det heller mer relevant å opprettholde en god kontrast mellom fargenes lyshet (Newman 2009).

Farger er et estetisk virkemiddel som også er viktig i sammenheng med orienterbarhet og universell utforming. Farger kan markere geometriske former, skape ledelinjer og bidra til økt forståelse av rommets funksjon. Man kan ved hjelp av fargekombinasjoner og belysning utforme løsninger som også gir tilfredsstillende luminanskontraster. Dette kapittelet handler om hvordan man overordnet sett kan tilpasse fargekombinasjoner slik at synligheten til funksjoner og hjelpemidler forbedres.

2.4.1 Øyet og farger

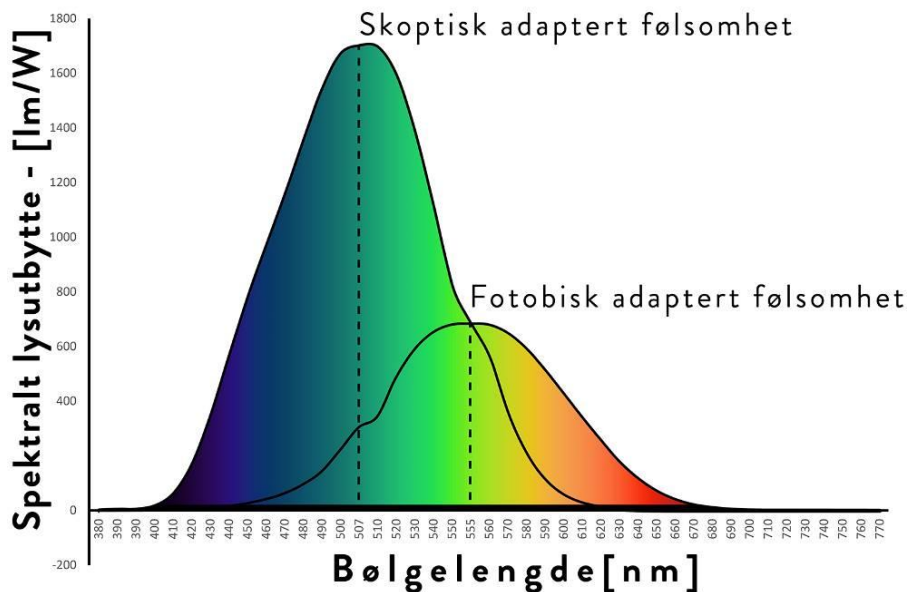
For at man skal kunne se farger må tre kriterier oppfylles. For det første må det være en lyskilde tilstede. Uten lys vil ikke øyet oppfatte refleksjonen som avgir fargen. For det andre må det være tilstede en flate som kan reflektere lyset. Den siste komponenten er selvsagt øyet. Øyet kan oppfatte fargene som stråles med en bølgelengde fra 380nm til 780nm (X-rite 2004). Fargespekteret på Figur 2.18 viser for hvilke bølgelengder av lys de ulike fargene oppstår.



Figur 2.18: Farger og tilsvarende lysbølgelengder (Wikipedia 2016).

Når lys treffer et objekt vil objektet absorbere og reflektere visse bølgelengder av lyset. Bølgelengdene som ikke samsvarer med objektets farge vil reflekteres. Øynene våre oppfatter det reflekterte lyset og ser objektets farge. Lyse objekter absorberer færre bølger enn mørke objekter.

Øyet har forskjellig sensitivitet i forhold til forskjellige bølgelengder. Figur 2.19 viser en V_λ -kurve for fotobisk syn, og en V'_λ -kurve for skoptisk syn. Kurvene illustrerer forholdet mellom utstrålt energi og lysfluks som funksjon av lysets bølgelengde (Rosvold 2015). Dette kalles lysutbytte og angis i lumen per watt $\left[\frac{lm}{W}\right]$. Slik figuren viser, vil man kunne registrere en større andel farger i lysspekteret når synet er fotobisk adaptert (dagssyn). Ved skoptisk adaptert syn (nattsyn) vil man oppfatte gråtoner best.



Figur 2.19: Lysutbytte $\left[\frac{lm}{W}\right]$ for skoptisk og fotobisk adaptert syn. Figuren er basert på tabell fra www.hyperphysics.com.

Fra den fotobiske kurven ser man at gul-grønt lys (555 nm) avgir mest energi. Den skoptiske kurven viser at blå-grønt lys (507 nm) avgir mest energi. Opplysningene fra figuren benyttes mye i hverdagen. Som nevnt tidligere benyttes for eksempel en gul-grønn farge på refleksvester og blålys på utrykningskjøretøy.

2.4.2 Fargeteori og fargesystem

Farger kan oppnås på to måter; man kan enten hente en spesifikk farge direkte ut fra det synlige spekteret, eller man kan blande to farger sammen. Metodene gir det samme sluttresultatet.

Fargeblanding, eller fargelære, handler om å oppnå en spesifikk farge ved enten å addere eller subtrahere to andre farger. Teorien baseres seg på at man har tre primærfarger; rød, grønn og blå (RGB). Primærfargene er additive. Dersom man blander en primærfarge med en annen primærfarge vil resultatet bli en annen farge. Videre har vi subtraktive fargeblandinger bestående av fargene; cyan, magenta, gul og sort (CMYK). Blander man disse fargene får man en av primærfargene (RGB). Dersom man blander tre subtraktive farger får man fargen sort. Blander man tre additive farger får man fargen hvit (X-rite 2004).

Fargeblanding er imidlertid ikke fremgangsmåten man burde bruke ved prosjektering av luminanskontraster. I store deler av verden benytter man seg av fargesystemer, som i tillegg til å kategorisere farger, også henviser til blant annet fargens refleksjonsfaktor. Kjenner man til fargens refleksjonsfaktor, vil man lettere kunne si noe om dens luminans.

Det finnes mange systemer for kategorisering av farger. Tre av de mest kjente og brukte systemene er CIE, NCS og RAL, og vil introduseres i dette kapitlet. Kort sagt kan man si at CIE-systemet baserer seg på hvordan fargenes egenskaper er målbare (Brainard & Stockman 1995). RAL-systemet er basert på CIELAB, et undersystem i CIE-systemet (RAL Colours 2016a). Videre baserer NCS-systemet seg på hvordan mennesker oppfatter fargenes egenskaper (Norwegian Colour Senter 2016c). Systemene har hvert sitt bruksområde. I bygningsammenheng vil gjerne NCS-systemet benyttes ved valg av interiørfarger, mens RAL-systemet benyttes i industrisammenheng.

CIE-systemet

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) er en internasjonal kommisjon som er ansvarlig for standardisering av temaer innenfor fotometri og kolorimetri. I år 1931 standardiserte de fire ulike fargesystemer basert på måling av lysets fargeegenskaper (Commission Internationale de l'Eclairage [CIE] 2004). Hvert system bruker tre koordinater til å definere farger. CIE systemene er som følger:

- CIE-XYZ
- CIE-Y.x.y
- CIE-L*a*b
- CIE-L*C*h

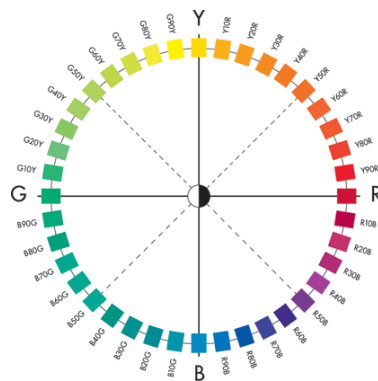
Systemene er relativt vanskelige å sette seg inn i, og er et sjeldent syn innenfor bygningsplanlegging.

CIE publiserte i 1992 standarden *Contrast & Visibility*, som brukes som grunnlag i de fleste standarder for universell utforming. Standarden gir grunnlag for det formelverket man i dag bruker for å beregne synlige kontraster.

NCS-systemet

Koden beskriver farger ved å definere fargens sammensetning av kulør, gråtone og lyshet. Slik Figur 2.20 viser, begynner NCS-koden med 6 ulike grunnfarger; gul (Y), rød (R), blå (B), grønn (G), hvit (W) og sort (S). Fargene i NCS-atlasen defineres ut fra en prosentvis sammensetning av disse grunnfargene. Hver kode har en tilhørende verdi for lyshet og refleksjon.

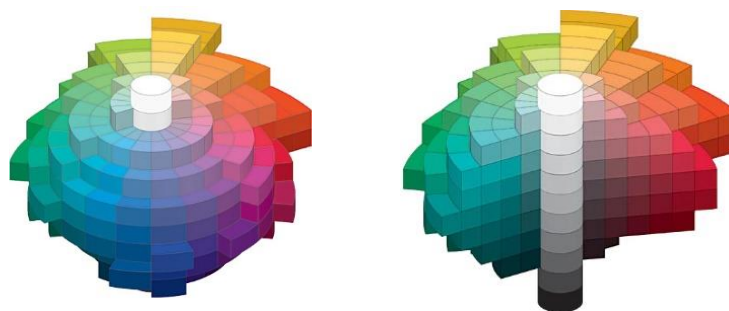
NCS-systemet er blitt brukt i mange forskningsprosjekter. Blant disse er *Project Rainbow* til Bright og Cook i 2007, som var et pionerprosjekt om forståelsen av kontrastenes betydning for svaksynte (Bright & Cook 2010).



Figur 2.20: NCS-systemets oppbygning (Natural Colour System [NCS] 2016).

RAL-systemet

RAL-systemet organiserer farger ut fra deres kulør, lyshet og gråtone. Systemet er organisert i en kule der hver grunnfarge finnes i overgangen mellom de fire kvadrantene i en sirkel. Fargene som inngår i systemet er rød (0°), gul (90°), grønn (180°) og blå (270°). Lyshetsskalaen organiseres fra origo av sirkelen til ytterkant av sirkelen. Fargene som kan oppnå høy lyshet vil strekke seg lenger enn farger med lav lyshet. Gråtoneskalaen strekker vertikalt gjennom kulens kjerne. Parameterne som inngår i RAL-systemet vises på Figur 2.21. I motsetning til NCS-systemet, baseres RAL-systemet på CIE fargesystemet CIELAB fra 1976 (RAL Colours 2016a).



Figur 2.21: RAL-systemets oppbygning (RAL Colours 2016b).

2.4.3 Effektivt fargedesign

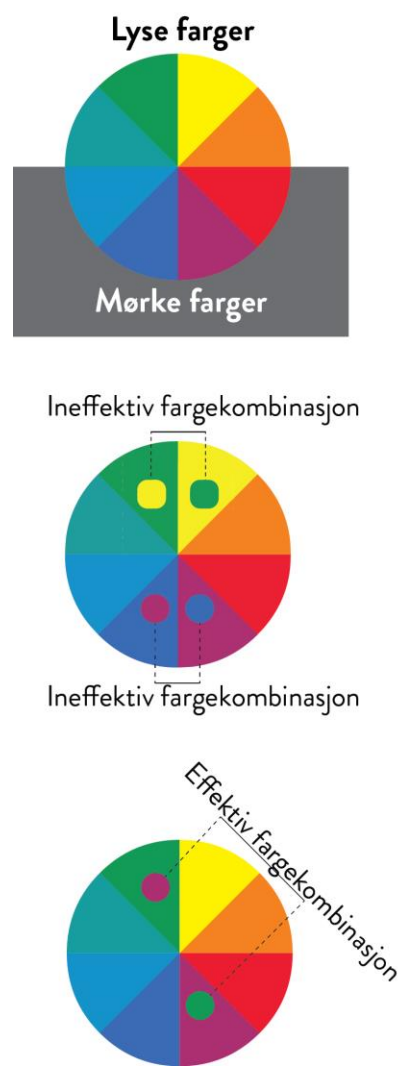
Nedsatt syn som følge av alder eller øyesykdommer har innvirkning på den visuelle effekten av farger. To farger, som for normale øyne har høy kontrast, kan for svaksynte være vanskelige å skjelne (Arditi u.å.). Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik sier imidlertid at «fargekontraster ikke hjelper det store mangfoldet av svaksynte. Man må heller forbedre orienterbarhet ved å ha variasjoner i luminanskontrasten»⁴.

Doktor Aries Arditi som forsker på menneskers visuelle persepsjon ved Visibility Metrics LLC i USA, har i sin avhandling beskrevet tre overordnede regler for gode fargevalg knyttet til synlighet:

1. Overdriv forskjellene i lyshet mellom objekter i bakgrunn og forgrunn. Unngå bruk av farger med lik lyshet selv om de har ulike kulør eller metning.
2. Velg mørke farger fra fargesirkelens underside mot lyse farger på sirkelens overside.
3. Unngå bruk av tilstøtende farger fra fargesirkelen.

Reglene baserer seg først og fremst på fargenes lyshetsegenskaper. Lyshetskontrasten er større mellom farger plassert på motsatt side av fargesirkelen, enn for farger som tilstøter hverandre. Figur 2.22, inspirert av veiledningen *Effective Colour Contrast*, viser hvilke farger Arditi mener kan anses som lyse og mørke. Videre viser figuren hva som menes med effektive og ineffektive fargekombinasjoner.

Lyshet regnes som en grunnkvalitet hos en farge. En farges lyshet defineres som intensiteten av lys som resultat av fargens refleksjon. I den sammenhengen kan man for eksempel si at gul er en lysere farge enn blå. Dette må ikke forveksles med hvithet som er et mål på hvor mye hvitt som er blandet inn i fargen (Newman 2009). I Sverige brukes lyshet som lovfestet krav til kontrast ved universell utforming. Lyshetskontrast vil enkelt kunne beregnes ved hjelp av NCS-systemet.



Figur 2.22: Effektive og ineffektive fargekombinasjoner.

⁴ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.

2.5 Lysteori

Lysteknikk er læren om lysstråling med grunnlag i elektromagnetisk bølgeteori. Lys kommer i to former; naturlig sollys og kunstig lys. Sollys regnes som en variabel lyskilde, mens kunstig lys regnes som en statisk lyskilde. Siden sollyset er en variabel lyskilde, vil det i bygningsammenheng være vanskelig å utnytte denne fullt ut. Våre bygg er derfor avhengig av at kunstige lyskilder dekker det nødvendige lysbehov, utover tilskuddet man får fra dagslys.

Dette kapitlet omhandler lysteknisk formelverk som kan benyttes til å beregne luminanskontrast. Gjennom dette formelverket skal man kunne beregne luminanskontraster ut fra forskjellige variabler. Tabell 2.1 viser de relevante og mest brukte begrepene innenfor lysteknikken som utledes videre i kapitlet.

Tabell 2.1: Begreper innenfor lysteknikken.

Betegnelse	Symbol	Enhet	Forkortelse enhet
Lysfluks	Φ	Lumen	<i>lm</i>
Lysstyrke	<i>I</i>	Candela	<i>cd</i>
Luminans	<i>L</i>	Candela pr. kvadratmeter	<i>cd/m²</i>
Belysningsstyrke	<i>E</i>	Lux	<i>lux</i>

Formelverket vil i hovedsak være basert på Standard Norges henvisninger. Vi vil i en viss grad modifisere formelverket slik at dette tilpasses oppgavens formål. Av den grunn vil det forekomme visse forskjeller fra variablene nevnt i NS-EN 12665:2001.

2.5.1 Lysfluks

Lysfluks, også kalt lysstrøm, er ifølge Store Norske Leksikon den lysmengde som per tidsenhet strømmer gjennom en flate (Rosvold 2016). Siden øyet kun oppfatter stråling fra den synlige delen av det elektromagnetiske spekteret, må vi betrakte lysstrømmen i forhold til følsomhetskurven vist på Figur 2.19 i kapittel 2.4.1. Lysfluks har målenhet lumen [*lm*], og er mest aktuell når man betrakter hvor mye lys som kommer ut av en enkelt lyskilde.

Standard Norge har valgt å bruke lysfluks slik CIE definerer den. Lysfluks betegnes som integrasjonen av lyskildens elektromagnetiske stråling multiplisert med øyets følsomhetskurve. Produktet blir andelen elektromagnetisk stråling som øyet oppfatter som lys (Lillelien et al. 2009). Norsk standard formulerer lysfluks som følgende:

Formel 2.2:

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda$$

Φ = Kildens lysfluks

$\Phi_{e\lambda}$ = Strålingsfluksen ved gitt bølgelengde

$V(\lambda)$ = Funksjon av øyets følsomhet for gitt bølgelengde λ

K_m = Skaleringsfaktor mellom fysiske og lystekniske størrelser. For fotobisk adaptert syn settes faktoren $K_m = 683 \frac{lm}{W}$. For skoptisk adaptert syn settes $K'_m = 1700 \frac{lm}{W}$.

2.5.2 Lysstyrke

Lysstyrke er lysfluks begrenset i en gitt retning. Matematisk kan vi definere dette som den deriverte av lysfluksen med hensyn på romvinkelen. Resultatet gir oss enheten candela [cd] (Lillelien et al. 2009). Matematisk utledning gir:

Formel 2.3:

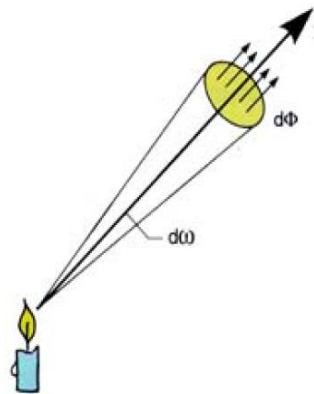
$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

I = Lysstyrke [cd]

ω = Romvinkelen i steradianer

Φ = Lysfluksen [lm]

Figur 2.23 viser forholdet mellom lyskildens utstråling av lysfluks og romvinkelen. Det er for øvrig viktig å ikke blande lysstyrke og belyningsstyrke, selv om disse med det blotte øyet kan synes å være samme fenomen.



Figur 2.23: Lysstyrke. Lysstyrke betegnes som den deriverte av lysfluksen med hensyn på romvinkel (Nersveen u.å.).

2.5.3 Belysningsstyrke

Belysningsstyrke er den mest brukte målenheten innenfor lysteknikken. Den forteller hvor mye lys en flate eksponeres for som resultat av de installerte lyskildene. For å kunne regne ut belysningsstyrken må man vite hvor mye lysfluks som treffer normalt på en flate (Nersveen u.å.). Målenheten blir betegnet [*lux*].

Slik Figur 2.24 viser, må man i tilfeller der lyskilden ikke står parallelt med flatenormalen korrigere for vinkeldifferansen ved hjelp av en cosinus-korreksjon. Der lyskilden står normalt på flaten, vil man følgelig ikke behøve å korrigere for vinkelen.

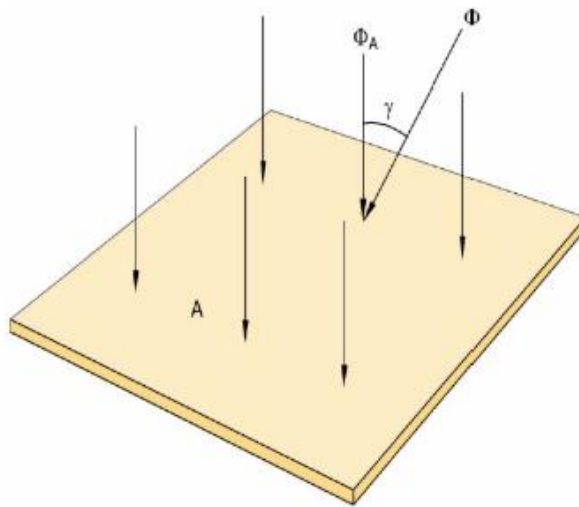
Formel 2.4:

$$E = \frac{\Phi}{A} \cdot \cos(\gamma)$$

Φ = Total lysfluks [*lm*]

A = Arealet til flaten [m^2]

γ = Vinkelen mellom flatenormalen og lyskilden



Figur 2.24: Belysningsstyrke. En belyst flate hvor lyskilden ikke står parallelt med flatenormalen (Nersveen u.å.).

2.5.4 Luminans

I motsetning til belyningsstyrke, er luminans et mål på hvor mye lys som stråles ut fra en flate. En definisjon på luminans er; lysstyrken som stråler vinkelrett ut av en flate per kvadratmeter (Nersveen u.å.). Lysstrålenes vinkel må også her korrigeres i forhold til flatenormalen, slik det fremkommer av Figur 2.25. Formelverket for luminans er følgende:

Formel 2.5:

$$L = \frac{dI}{dA * \cos(v)}$$

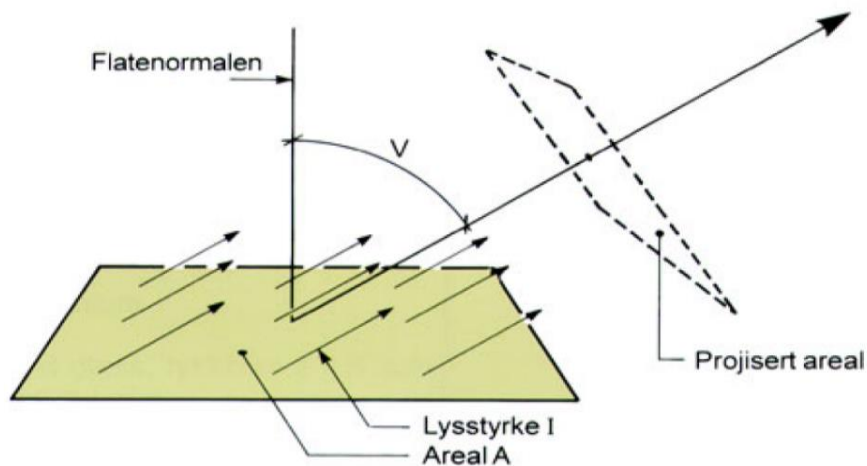
L = Luminansen $\frac{cd}{m^2}$

I = Lysstyrke [cd]

A = Arealet til flaten [m^2]

v = Vinkelen mellom flatenormalen og måleinstrumentet

Luminans er et fysisk mål på flatens lyshet, og er en grunnleggende parameter for beregning av luminanskontrast. Luminans må ikke sammenlignes med lyshetsparameteren som benyttes i NCS-systemet. Dette systemet baseres på subjektiv oppfattelse av lyshet, mens luminans er en fysisk målbar enhet.



Figur 2.25: Luminans. Luminans betegnes som reflektert belyningsstyrke strålt i vinkel ut fra en flate (Nersveen u.å.).

2.5.5 Refleksjonsfaktor

Refleksjonsfaktor er et forholdstall som forteller hvor mye lysfluks som reflekteres fra en flate i forhold til hvor mye lysfluks flaten eksponeres for (Nersveen u.å.). Formelen for refleksjonsfaktor med hensyn på lysfluks er:

Formel 2.6:

$$\delta = \frac{\Phi_{reflektert}}{\Phi_{innkommende}}$$

$\Phi_{reflektert}$ = Reflektert lysfluks

$\Phi_{innkommende}$ = Innkommende lysfluks

Jonny Nersveen henviser til at man i praksis kan beregne refleksjonsfaktoren ut fra innkommende og reflektert belyningsstyrke⁵. Dette er en metode som enkelt kan utføres ved hjelp av et luxmeter, og kan benyttes i tilfeller der flaten har stor utbredelse og matt overflate. Formelen for refleksjonsfaktor med hensyn på belyningsstyrke:

Formel 2.7:

$$\delta = \frac{E_{reflektert}}{E_{innkommende}}$$

$E_{reflektert}$ = Reflektert belyningsstyrke

$E_{innkommende}$ = Innkommende belyningsstyrke

Dersom man kjenner materialenes refleksjonsfaktor, kan man ifølge Norsk Standard beregne luminanskontrasten ved hjelp av Webers formel, som senere skal forklares i kapittel 2.5.6. Dette forutsetter imidlertid at materialene har matt overflate og at de utsettes for samme belysning.

Lamberts lov om refleksjon forteller at matte overflater har refleksjonstall proporsjonalt med luminansen. Med andre ord vil luminans være uavhengig av hvilken vinkel man observerer flaten fra. Luminansen fra matte overflater vil ifølge den sveitsiske fysikeren Johann Heinrich Lambert kunne defineres som forholdet mellom innkommende belyningsstyrke og konstanten pi (Taylor 2000):

Formel 2.8:

$$L = \frac{E}{\pi}$$

E = Innkommende belyningsstyrke

L = Objektets luminans

⁵ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.

Figur 2.26 viser tre måter lys reflekteres på. Overflate **A** har en polert overflate. Dette medfører at det innkommende lyset speiles om flatenormalen. Dette kalles spekulær refleksjon, eller speilende refleksjon. Videre har overflate **B** en røff overflate. I dette tilfellet vil refleksjonen av det innkommende lyset spres om flatenormalen. Til slutt har vi overflate **C** som kan regnes som matt. Det reflekterte lyset vil i dette tilfellet spres jevnt ut fra flaten. Man kaller denne typen refleksjon for diffus refleksjon, eller Lamberts spredning (Taylor 2000).



Figur 2.26: Ulike overflaters refleksjon.

Videre i oppgaven er *gjenskinn* benyttet som en generell betegnelse for refleksjon, til tross for at *gjenskinn* egentlig kun betegner diffus refleksjon (Guttormsen 2009).

2.5.6 Kontraster

Internasjonalt benyttes det ulike definisjoner på kontrast. ISO 21542:2011, *Building construction – Accessibility and usability of the built environment*, henviser til tre generelle formelsett for beregning av kontrast; Webers, Michelsons og Sapolinskis formel (International Organization for Standardization [ISO] 2011). Formlene har ulik oppbygning og dermed ulike bruksområder. Michelsons og Webers formel er generelle, slik at man kan benytte ulike refleksjonsbaserte målenheter som beregningsgrunnlag (Stone u.å.). Sapolinskis formel lar oss ikke benytte luminansverdier til beregning av luminanskontrast (Bromley 2014). Denne formelen er begrenset til refleksjonsfaktorer, noe som gjør den uegnet for oppgavens formål.

Tabell 2.2 viser de to viktigste formlene til vårt formål; Webers og Michelsons formel. Det er imidlertid viktig å bemerke seg at den internasjonale standarden ISO 21542:2011, har utformet et eget poengsystem for å beregne luminanskontrast. I Norge benyttes ofte NS-EN 11001-1-2009, *Universell utforming av byggverk, del 1* til beregning av luminanskontrast. Denne standarden tar utgangspunkt i luminanskontrast beregnet ut fra refleksjonsfaktorer, slik som vist i tabellen nedenfor.

Luminanskontrast gjør at øynene våre klarer å skille mellom objekter i forgrunnen og bakgrunnen. Målenheten fungerer både for lavt og høyt belysningsnivå. Dette gjør enheten til et godt mål på kontrastmarkeringer.

Tabell 2.2: Formler for beregning av luminanskontrast basert på refleksjonsfaktorer (LRV).

Michelsons formel	Webers formel
$C = \frac{LRV_1 - LRV_2}{LRV_1 + LRV_2} \cdot 100\%$ <p>Der</p> <p>LRV_1 = Objektets LRV LRV_2 = Bakgrunnens LRV C = Prosentvis kontrast</p>	$C = \frac{LRV_1 - LRV_2}{LRV_2} \cdot 100\%$ <p>Der</p> <p>LRV_1 = Objektets LRV LRV_2 = Bakgrunnens LRV C = Prosentvis kontrast</p>

Michelsons formel

Michelsons formel forutsetter at forsøkspersonen er adaptert til summen av luminansene til objekt og bakgrunn. Denne typen kontrastberegninger egner seg i tilfeller der objektene er omtrent like store. Bygningmessig vil denne kontrastformelen være mindre aktuell, siden størrelsesforholdet mellom måleobjektene som regel er stort. Michelsons formel kan også beregne luminanskontrast på bakgrunn av objektens luminans:

Formel 2.9:

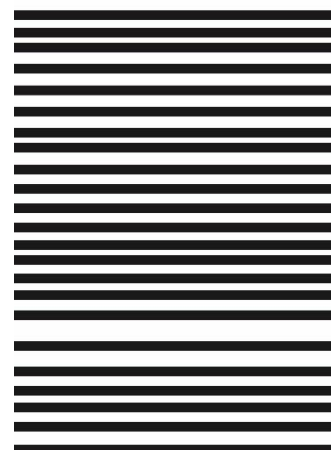
$$C = \frac{L_o - L_B}{L_o + L_B} \cdot 100\%$$

L_B = Bakgrunnens luminans $\frac{cd}{m^2}$

L_o = Objektets luminans $\frac{cd}{m^2}$

C = Prosentvis kontrast

Som eksempel viser Figur 2.27 et grid-system med varierende størrelsesforhold mellom kontrastene hvit og sort. I dette tilfellet er Michelsons kontrastformel egnet til å beregne luminanskontrasten. Dette skyldes at våre øyne er like mye adaptert til summen av begge luminansene. Dette kan også gjelde dersom man måler to like store flater mot hverandre, som for eksempel en gulvflate mot en veggflate. Formelverket nevnes som sagt i den internasjonale ISO-standarden, men nevnes ikke som grunnlag for prosjektering av bygningmessige luminanskontraster i Norsk Standard. Norsk Standard henviser til Webers formel ved beregning av luminanskontrast (Standard Norge 2009).



Figur 2.27: Grid-system ofte brukt til å illustrere Michelsons kontrast.

Webers formel

Webers formel forutsetter at øynene til forsøkspersonen er adaptert til bakgrunnens luminans. Bygningsmessig vil dette være den mest aktuelle formelen, som følge av at formelen har god nøyaktighet i tilfeller der størrelsesforskjellen mellom objekt og bakgrunn er stor. I sammenheng med universell utforming er det eksempelvis aktuelt å måle luminanskontrasten mellom håndlisten til en trapp og bakenforliggende vegg, eller en dør mot veggen bak. I disse eksemplene er størrelsesforholdet mellom forgrunnen og bakgrunnen stort. Webers formel kan også beregne luminanskontrast på bakgrunn av objektenes luminans:

Formel 2.10:

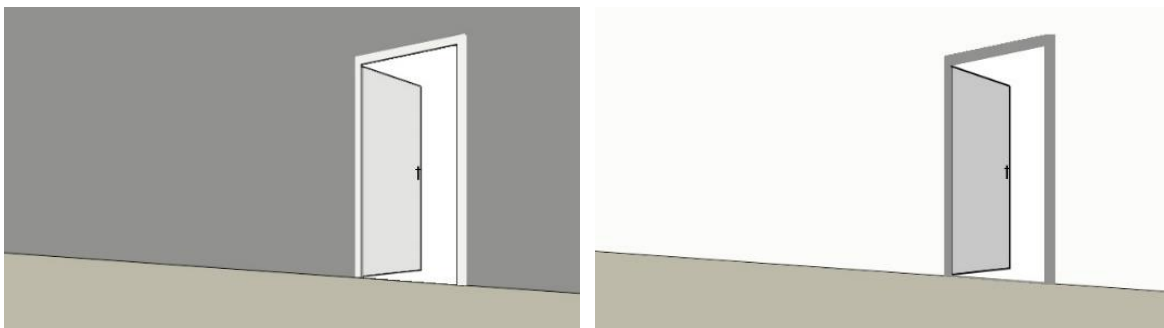
$$C = \frac{L_o - L_B}{L_B} \cdot 100\%$$

L_B = Bakgrunnens luminans $\frac{cd}{m^2}$

L_o = Objektets luminans $\frac{cd}{m^2}$

C = Prosentvis kontrast

I formelverket oppstår det man kaller negativ og positiv kontrast. Til venstre i Figur 2.28 vises en dør med positiv luminanskontrast i forhold til den tilstøtende vegg. I motsetning, vil luminanskontrasten være negativ der bakgrunnen er lys og objektet er mørkt, slik som vist til høyre i figuren.

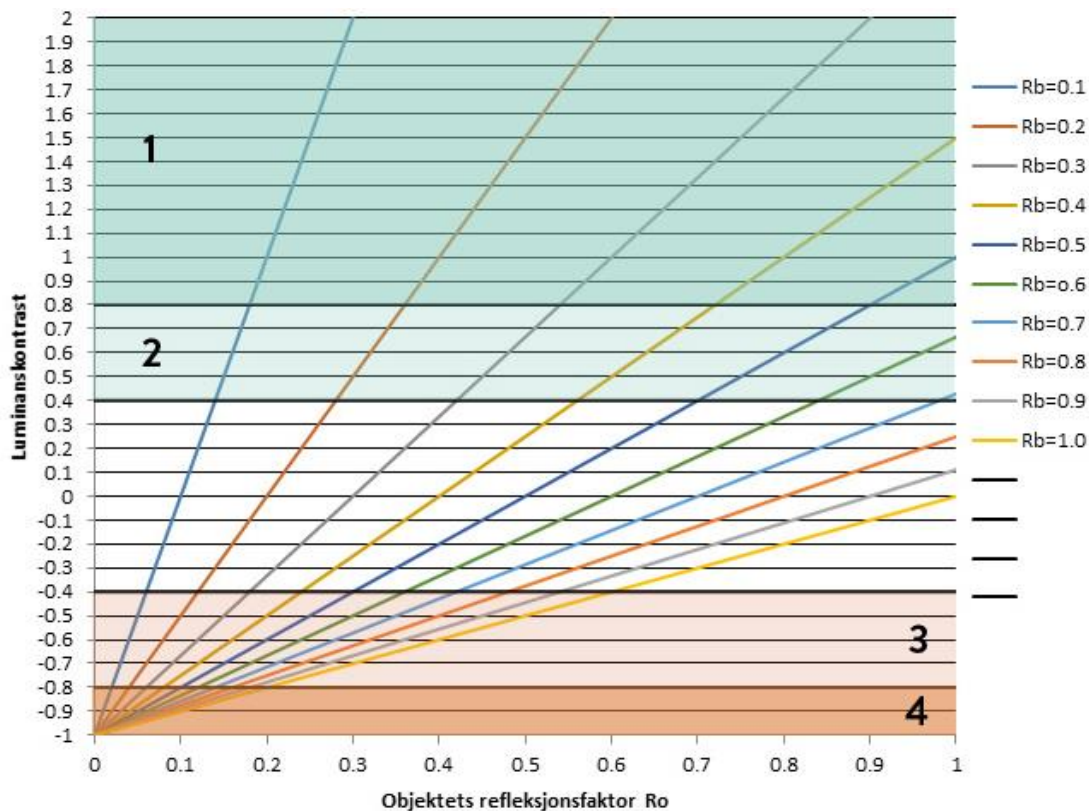


Figur 2.28: Positiv og negativ luminanskontrast. Figuren illustrerer en dør markert med positiv luminanskontrast t.v. og negativ luminanskontrast t.h.

Figur 2.29 viser hvordan man ved hjelp av Webers formel kan betrakte luminanskontrastene som et resultat av varierende refleksjonsfaktorer. Det er markert fire områder på figuren. Hvert område består av intervall av luminanskontraster sett i sammenheng med lovfestede minimumskrav gitt i Byggteknisk forskrift (TEK10). Intervallene med positiv kontrast er farget grønt, og intervallene med negativ kontrast er farget oransje. Områdene markert med tallene 2 og 3 beskriver intervallene for luminanskontrast for hjelpemidler egnet for generell fremkommelighet; $0.4 \frac{cd}{m^2} \leq C$ eller $-0.4 \frac{cd}{m^2} \geq C$. Videre beskriver områdene 1 og 4

intervallene til luminanskontrast for merking av risikorelaterte objekter; $C \geq 0,8 \frac{cd}{m^2}$ eller $C \leq -0,8 \frac{cd}{m^2}$.

Figuren viser hvordan man kan oppnå ønsket luminanskontrast ved bestemte kombinasjoner av refleksjonsfaktorer. På samme måte viser også figuren hvilke kombinasjoner man ikke kan benytte. For negativ kontrast vil oppnåelig luminanskontrast være begrenset. Til gjengjeld vil man ha flere valgmuligheter innenfor ulike refleksjonsfaktorer. Ved positiv kontrast vil valgmulighetene i refleksjonsfaktorer være færre, men man vil derimot kunne oppnå en svært høy verdi for luminanskontrast. Figuren er tilsendt av Nersveen per e-post, og er modifisert av oss for å frembringe budskapet om de ulike intervallene for luminanskontrast.



Figur 2.29: Sammenheng mellom refleksjonsfaktor og luminanskontrast. Tilsendt fra Nersveen per e-post 26.01.2016. Figuren er modifisert av oss for å kunne frembringe budskapet om de ulike intervallene for luminanskontrast.

2.6 Lovverk

Siden 1977 har Arbeidsmiljøloven satt krav til gode bruksmuligheter i bygninger for personer med nedsatt funksjonsevne. Etterfølgende har andre lovverk, inkludert plan- og bygningsloven, kommet med krav til *universelle* bygg (Statens Bygningstekniske etat & Husbanken 2004). I 2009 ble det iverksatt en ny offensiv lov mot diskriminering på grunn av nedsatt funksjonsevne; diskriminerings- og tilgjengelighetsloven. Det samme året igangsatte regjeringen en handlingsplan med visjon om at Norge innen 2025 skal være universelt utformet (Barne- og likestillingsdepartementet 2009). I 2010 ble i tillegg en betydelig andel funksjonskrav, knyttet til universell utforming, omgjort til konkrete ytelseskrav gjennom Byggteknisk forskrift (TEK10). Derunder krav til luminanskontraster for å bedre tilgjengeligheten i bygninger.

Norge har i dag et lovverk som skal sikre rettighetene og hindre diskriminering av mennesker med nedsatt funksjonsevne. Likevel var Norge langt fra det første landet som innførte lover og regler for universell utforming av produkter, tjenester og bygde miljøer. Dette kapitlet omhandler utviklingen mot et universelt utformet samfunn, både nasjonalt og internasjonalt. I den sammenheng vil det videre presenteres aktuelle organisasjoner, lover og forskrifter, standarder og veiledninger.

2.6.1 Universell utforming

Først og fremst er det vesentlig å fastslå betydningen av betegnelsen *universell utforming*. Begrepet stammer fra det amerikanske «*universal design*». Selv om det finnes en rekke definisjoner på betegnelsen, er det to offisielle definisjoner i Norge (Lid 2015). Fra Diskriminerings- og tilgjengelighetsloven har veiledningen til TEK10 «oversatt» én av disse to definisjonene til fagspråket;

«Med universell utforming menes utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene slik at virksomhetens alminnelige funksjon kan benyttes av flest mulig» (Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10] 2010a).

2.6.2 Funksjonshemning

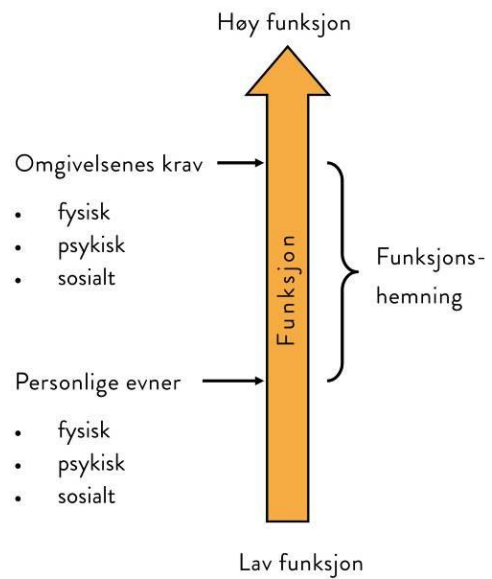
For å forstå hensikten med lovverket er det av høy relevans å vite hva en funksjonshemning egentlig innebærer. FN definerer at mennesker med nedsatt funksjonsevne er:

«mennesker som har langvarig fysisk, mental, intellektuell eller sensorisk funksjonsnedsettelse som i samspill med ulike barrierer kan hindre dem i å delta fullt ut og på en effektiv måte i samfunnet, på lik linje med andre.» (Forente Nasjoner [FN] 2008).

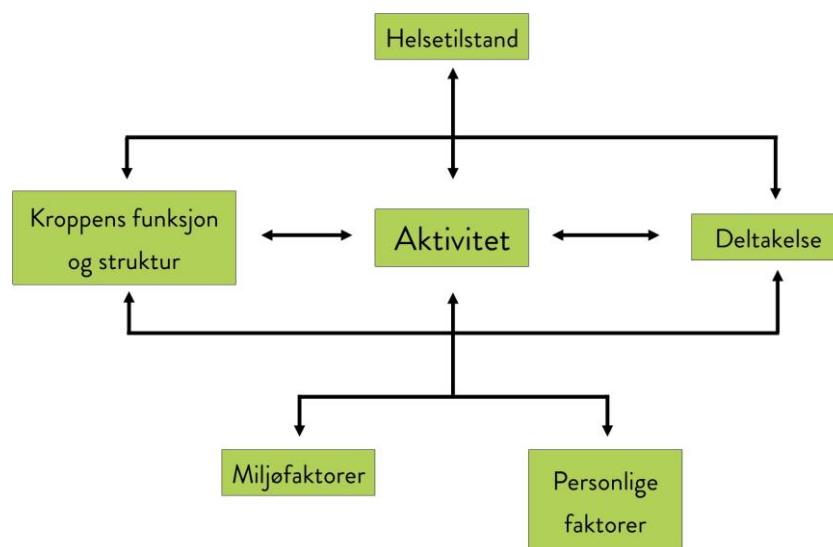
Figur 2.30 illustrerer Gap-modellen. Den definerer funksjonshemming som gapet mellom omgivelsenes krav og en persons forutsetninger til å etterkomme disse (SINTEF Byggforsk 2006). Universell utforming senker de fysiske kravene til å bevege og orientere seg i bygninger. Dette betyr at man reduserer funksjonshemmingen og bygningen blir mer tilgjengelig for et større antall mennesker.

Verdens helseorganisasjon (WHO) publiserte i 2001 systemet ICF; *International classification of functioning, disability and health*. Publikasjonen inneholder blant annet begreper og klassifisering av de mange forskjellige funksjonshemninger. Figur 2.31 er basert på ICF-modellen og viser hvordan en persons funksjonsevne, i en gitt situasjon, er en følge av forholdet mellom helsetilstand og kontekstuelle faktorer (World Health Organization [WHO] 2011). De kontekstuelle faktorene er henholdsvis miljøfaktorer og personlige faktorer. Forholdene kan imidlertid være veldig dynamiske og samhandlingen mellom de forskjellige forholdene går begge veier.

Ifølge WHO lever om lag 15% av verdens befolkning med en eller annen form for nedsatt funksjonsevne. Disse kan av den grunn også regnes som en av verdens største minoriteter (World Health Organization [WHO] 2015).



Figur 2.30: Gap-modellen. Figuren er inspirert av litteratur fra SINTEF Byggforsk.



Figur 2.31: ICF-modellen. Figuren er inspirert av litteratur fra WHO.

2.6.3 De forente nasjoner – FN

13. desember 2006 vedtok FNs generalforsamling FNs konvensjon om rettigheter til personer med nedsatt funksjonsevne. I 2008 trådte den i kraft. Konvensjonen er en videreføring av et tidligere regelsett fra 1993 om like muligheter for mennesker med nedsatt funksjonsevne. Den stiller krav til tilrettelegging slik at mennesker med nedsatt funksjonsevne får de samme menneskerettigheter som er nedfelt i andre FN-konvensjoner. I denne sammenheng er det viktig å presisere at konvensjonen ikke gir mennesker med nedsatt funksjonsevne flere rettigheter, men at den skal hindre diskriminering som en følge av personers funksjonsevne (Forente Nasjoner [FN] 2016).

I konvensjonens første artikkel står det at dens formål er:

«å fremme, verne og sikre mennesker med nedsatt funksjonsevne full og likeverdig rett til å nyte alle menneskerettigheter og grunnleggende friheter, og å fremme respekten for deres iboende verdighet.» (Forente Nasjoner [FN] 2008).

I henhold til artikkel 4 forplikter partene seg til:

«å sikre og å fremme full gjennomføring av alle menneskerettigheter og grunnleggende friheter for alle mennesker med nedsatt funksjonsevne, uten diskriminering av noe slag på grunn av nedsatt funksjonsevne. For å sikre at konvensjonen gjennomføres, overvåkes medlemslandene gjennom en forpliktet rapportering hvert fjerde år.» (Forente Nasjoner [FN] 2008).

I konvensjonens artikkel 9 finner vi noe av det fundamentale for lovverket som finnes i dag. Her fastslås det at partene skal gjennomføre hensiktsmessige tiltak for:

«å utvikle, fremme og overvåke gjennomføringen av minstestandarder og retningslinjer for tilgjengeligheten til bygg, anlegg og opparbeidete uteområder og tjenester som er åpne for eller tilbys allmennheten.» (Forente Nasjoner [FN] 2008).

Norge signerte i 2007 FNs konvensjon om rettigheter til personer med nedsatt funksjonsevne. En signering forplikter imidlertid kun staten å ikke handle i strid med konvensjonens formål. En ratifisering må til for at den skal bli rettslig bindende, noe Norge gjorde i juni 2013. Per i dag er det kun Hviterusland som ikke har signert konvensjonen i Europa (Forente Nasjoner [FN] 2016).

2.6.4 International Commission on Illumination – CIE

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) er et globalt samarbeide fra 1913 på vitenskap og forskning rundt lys og belysning, farge og syn, fotobiologi og bildeteknologi. CIE er blitt en svært profesjonell organisasjon og er anerkjent av International Organization for Standardization (ISO) som et ledende kompetansesenter innenfor disse emnene (Commission Internationale de l'Eclairage [CIE] 2016). Tekniske rapporter og veiledninger er godt implementert i de internasjonale standardene, og ISO benytter CIE som normative referanser

i en rekke standarder. Aktuelle publikasjoner fra CIE ligger derfor til grunn i relevante publikasjoner fra ISO som listes opp nedenfor.

2.6.5 International Organization for Standardization – ISO

International Organization for Standardization (ISO) utvikler og publiserer internasjonale standarder, og har siden 1947 utviklet over 20500 standarder. Medlemmer fra 162 land deltar i utviklingen, og hovedsekretariatet holder til i Genève, Sveits (International Organization for Standardization [ISO] 2016a). På mange måter er organisasjonen en pioner for de nasjonale standardene, og har vært en viktig byggestein i regelverket for universell utforming.

Videre nevnes noen av de internasjonale standarder, i kronologisk rekkefølge, som direkte eller indirekte har hatt en effekt på standarder og det regelverket som benyttes i Norge innenfor temaet universell utforming i bygninger.

ISO/TR 9527:1994, *Building construction – Needs of disabled people in buildings – design guidelines*, var den første standarden som tok for seg temaet vi i dag kjenner som universell utforming. Standarden opplyste om de problemrelaterte faktorer og forhold handikappede opplever ved å ferdes i bygninger. Den fungerte mer som en veiledning for planlegging og utforming av bygninger, enn hva en typisk internasjonal standard gjør. Like så viktig fungerte den som en veileder til lokale anbefalinger, forskrifter og standarder angående temaet (International Organization for Standardization [ISO] 2016b). Revidert utgave: ISO 21542:2011.

ISO/IEC Guide 71:2001, *Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities*, var som tittelen tilsier; en veileder til utvikling av relevante standarder. Den bevisstgjorde de behov eldre og personer med nedsatt funksjonsevne kan oppleve, og hvordan disse skal tas hensyn til. Veiledningen viste også til at det eksisterer mer komplekse og omfattende funksjonshemninger og hvilke særskilte behov disse kan oppleve. Relevant for temaet prosjektering for svaksynte er veilederens kapittel 8.4 og 8.5. Her introduseres belyningsstyrke og blending, samt farge og kontrast. Den er imidlertid veldig begrenset, og viser ikke til noe spesifikke ytelseskrav tilknyttet temaene. Derimot opplyses det om funksjoner ved blant annet øyet som kan og vil svekkes med aldring. International Electrotechnical Commission (IEC) har vært delaktige i utviklingen av guiden (International Organization of Standardization [ISO] & International Electrotechnical Commission [IEC] 2001). Revidert utgave: ISO/IEC Guide 71:2014.

ISO 21542:2011, *Building construction – Accessibility and usability of the built environment*, ble publisert i 2011 som en revidering av ISO/TR 9527:1994. Revideringer uttrykker et nytt sett minstekrav med ytterligere anbefalinger for tilgjengelighet i bygninger. Standarden i sin helhet forventes å gagne alle mennesker – inkludert mennesker med funksjonshemming. Den påpeker at formålet er å fungere som en minimumsstandard, og den skal derfor ikke være en erstatning for eventuelle nasjonale standarder og regelverk med høyere krav og ambisjoner. Prinsippene standarden utøver imøtekommer og støttes av FNs konvensjon om rettigheter til

personer med nedsatt funksjonsevne; artikkel 9, 10 og 11. Denne standarden har, til forskjell fra de tidligere nevnte internasjonale standardene, tydelige ytelseskrav til minimumsverdier for luminanskontrast (International Organization and Standardization [ISO] 2011).

Når det gjelder ytelseskrav til luminanskontrast er det imidlertid en vesentlig forskjell fra det som benyttes i den norske standarden. Standarden benytter et eget poengsystem som tar utgangspunkt i differansen mellom LRV, Light Reflectance Value, på de ulike overflatene. Internasjonalt benyttes det for øvrig flere forskjellige mål for å oppnå effektiv og sikker orientering for svaksynte. Metodene er godt forklart og sammenlignet i standardens tillegg.

ISO/IEC Guide 71:2014, *Guide for addressing accessibility in standards*, ble publisert som en revisjon av 2001-utgaven. Standarden angir to metoder for hvordan utviklere av standarder og regelverk skal gå fram for å imøtekomme de behovene for tilgjengelighet som foreligger ved bruk av produkter, tjenester og bygde miljøer (International Organization of Standardization [ISO] & International Electrotechnical Commission [IEC] 2014).

2.6.6 Norsk Standard – NS

Standard Norge er utgiver av Norsk Standard i samarbeid med tre andre organisasjoner; Norsk Elektroteknisk Komite, Standard Online AS og Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) (Standard Norge 2016). Til tross for at standardiseringen i Norge er privat, er kontakten med det offentlige tett. Dette er vesentlig for å kunne holde standarder oppdaterte i henhold til gjeldende lovverk. Samtidig bidrar dette også til at lovverket er oppdatert og reflekterer samfunnsutviklingen – standardene utarbeides tross alt etter initiativ fra interessegrupper. Standardene gir gjerne mer detaljerte anvisninger til hvordan man kan etterfølge de aktuelle lover, forskrifter og direktiver. Følgende er det den nasjonale standarden som gir retningslinjer for universell utforming i bygninger:

NS 11001-1:2009, *Universell utforming av byggverk – Del 1: Arbeids- og publikumsbygninger*, ble publisert i 2009 med en tilsvarende standard for boligbygg (del 2). Standarden er basert på de internasjonale standardene/veiledningene; ISO/TR 9527:1994 og ISO/IEC Guide 71:2001, som er omtalt tidligere. Standarden skal ivareta tilgjengeligheten i bygninger ovenfor personer med nedsatt funksjonsevne, og har de samme formål som de internasjonale veiledningene og FNs konvensjon om rettigheter til personer med nedsatt funksjonsevne (Standard Norge 2009).

Standarden angir hvilke ytelser og funksjoner som må være til stede for å oppfylle lover og forskrifter til universell utforming i Norge. Standarden har en forklarende og godt skrevet tekst, og de aller fleste elementer som er aktuelle for god universell utforming er gitt en preferanse. I tillegg angir standarden tiltak utover ytelsene beskrevet i TEK10. Disse tiltakene vil, som følge av strengere krav til universell utforming, forbedre byggs generelle tilgjengelighet. Det er imidlertid et lavere ytelseskrav til luminanskontrast for håndløpere i NS 11001-1:2009 enn i TEK10. Dette kan tyde på forskjellig tolkning av hvilke tiltak som er rettet mot generell fremkommelighet og risiko.

Det er en rekke tillegg for de ulike emnene aktuelt for universell utforming. Mengden faglig tillegg som er lagt ved, gjør standarden noe spesiell. Tilleggene for nedsatt funksjonsevne og synsevner er rettleidende, mens de øvrige tilleggene kun er informative.

2.6.7 Plan- og bygningsloven – PBL

Lover og forskrifter for byggetiltak i Norge har eksistert lenge. Plan- og bygningsloven, slik vi kjenner den i dag, ble først vedtatt i 1985. Fra lovens § 2, var formålet blant annet å tilrettelegge for at arealbruk og bebyggelse, ved å sette krav til hvert enkelte byggetiltak, ble til størst mulig gagn for den enkelte og samfunnet (Plan- og bygningsloven [PBL] 1985). I 2008 ble loven fra 1985 endret, og krav til universell utforming ble lovfestet. I dag lyder formålet som følger:

§ 1-1. Lovens formål sier blant annet at «loven skal fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner. ...». Relevant for temaet forteller paragrafen at «prinsippet om universell utforming skal ivaretas i planleggingen og kravene til det enkelte byggetiltak. ...» (Plan- og bygningsloven [PBL] 2008a).

Videre i lovens byggesaksdel stilles det krav til hvert enkelttiltak i henhold til kapittel 20, som blant annet omhandler søknadspliktige tiltak:

§ 29-3. Krav til universell utforming og forsvarlighet stiller krav til at: «tiltak innenfor sin funksjon skal være universelt utformet i samsvar med Byggteknisk forskrift.» (Plan- og bygningsloven [PBL] 2008b).

TEK10 er dagens Byggteknisk forskrift til byggesaksdelen i plan- og bygningsloven. Forskriften er nærmere omtalt nedenunder.

2.6.8 Byggteknisk forskrift – TEK10

Det har lenge vært byggeforskrifter til gjeldende bygningslover. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har oppslagsverk på regelverk og forskrifter. I oppslagsverket er første forskrift, Forskrift om materialer og konstruksjoner m.m., datert til 1924 hvor det er gjennomgående mange tekniske krav knyttet til byggkvalitet og sikkerhet. Byggteknisk forskrift slik vi kjenner den i dag, trådte først i kraft i 1997. Siden den gang har det vært en rekke utgaver, med skjerpede og mer detaljerte krav. Gjeldende Byggteknisk forskrift, TEK10, regnes å være den 6. utgave, med flere endringer fra 1. januar 2016 (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap [DSB] 2016).

TEK10 angir et sett minstekrav tiltaket må ha for å etterfølge de lover som gjelder for byggesak i plan- og bygningsloven. TEK10 § 1-1 forteller at forskriftens formål er:

«å sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.» (Byggteknisk Forskrift [TEK10] 2010a).

Som dokumentasjon for at valgte løsninger oppfyller TEK10, tilbyr direktoratet for byggkvalitet (DiBK) preaksepterte ytelser gjennom forskriftens veiledning (VTEK10). I tillegg til disse anbefaler DiBK, gjennom VTEK10 § 2-3, bruk av standarder og Byggforskserien som dokumentasjon (Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10] 2010b).

Forskriften skiller på byggverk til boligformål og byggverk for publikum og arbeid. For sistnevnte er det flere og strengere krav til universell utforming. TEK10 § 12-1 stiller krav til universell utforming av byggverk for publikum og arbeid, med unntak for hele eller deler av byggverk som etter sin funksjon er uegnet for personer med funksjonsnedsettelse. Med relevans til denne oppgaven presiserer VTEK10 § 12-1 at: «det viktigste for svaksynte er at detaljer i miljøet er synlige og tydelige, som tydelige markeringer, god belysning, kontrastfarger og kontraster i materialer.» (Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10] 2010c). For at et tiltak skal oppfylle nettopp dette er det utover funksjonskravene knyttet ytelseskrav til luminanskontrast ved visse bygningskomponenter. De berørte funksjonene er henholdsvis kommunikasjonsveier, dører og porter, trapper og ramper. Ytelseskravene lyder som følgende:

§ 12-6. Kommunikasjonsveier. Der det stilles krav til universell utforming skal skilt og merking ha en synlig luminanskontrast på minst 0,8 mellom tekst og bunnfarge. Paragrafen nevner også at søyler og lignende bygningsdeler skal ha luminanskontrast på minst 0,4 til omgivelser eller merkes i to høyder med luminanskontrast på minst 0,8 i forhold til bakgrunnsfarge (Byggteknisk Forskrift [TEK10] 2010b).

§ 12-15. Dør, port mv. Ved krav om universell utforming skal dør være godt synlig. Det settes krav til en luminanskontrast på minst 0,4 for å være godt synlig mot bakgrunnen. Komponenten for heis og løfteplattform faller naturligvis innenfor samme krav (Byggteknisk Forskrift [TEK10] 2010c).

§ 12-16. Trapp. Vedrørende synshemmede og betydningen av luminanskontrast er trolig denne paragrafen én av de viktigste paragrafene for universell utforming. Dette svarer til de faremomentene, og følgelig det eventuelle skadeomfanget, som foreligger ved å ferdes i en trapp. Det skal være taktile felter i begge ender av en trapp, og i hele trappens bredde. Oppmerksomhetsfeltet i bunnen av trappen og farefeltet i toppen av trappen skal være visuelt merket med luminanskontrast 0,8 mot bakgrunnen. Videre skal inntrinn markeres i hele trappens bredde med markør som maksimalt er 40 mm dyp. Markøren skal ha en luminanskontrast på minst 0,8 i forhold til resten av inntrinnet. Til sist skal håndlister ha en luminanskontrast på minst 0,8 mot bakgrunn (Byggteknisk forskrift [TEK10] 2010d).

§ 12-18. Rampe. For samtlige ramper skal begynnelsen markeres med luminanskontrast på minst 0,8 mot bakgrunnen og i hele rampens bredde. Dette berører også rullende fortau og rullebånd (Byggteknisk Forskrift [TEK10] 2010e).

Som man kan se av ytelseskravene i TEK10, stilles det strengere krav til bygningskomponenter som er knyttet til fare og risiko. Her er det gjennomgående et minstekrav til luminanskontrast

på 0,8. Komponenter knyttet til generell fremkommelighet stilles det derimot lavere krav til. Her er det gjennomgående et minstekrav til luminanskontrast på 0,4. For eksempel er det høyere risiko å ferdes i en trapp, enn i en korridor. Likevel skal dører og lignende bygningsdeler være godt synlige, for å kunne sikre brukbar fremkommelighet for de aller fleste.

2.6.9 Byggforskserien – BKS

Byggforskserien fungerer som byggenæringens kvalitetsnorm og er en del av SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. I serien finner man utallige datablader som omhandler alle stadier av et byggeprosjekt. Databladene oppdateres løpende og er som nevnt tidligere anbefalt av DiBK som forskriftsmessig god dokumentasjon. Med relevans for oppgaven er det spesielt to datablad som skiller seg ut; BKS 220.320: *Universell utforming av arbeids- og publikumsbygninger* og BKS 220.130: *Prinsipper og metoder for belysning*. For øvrig finnes det litteratur som omhandler universell utforming av bestemte funksjonsbygg (barnehage, skole etc.), rom eller enkelte bygningskomponenter.

2.6.10 Øvrige anbefalinger og veiledninger

I tillegg til regelverket og de anbefalte standarder og normer, finnes det en rekke anbefalinger og veiledninger utarbeidet av ulike aktører og interesseorganisasjoner. Blant disse er Norges Blindforbund en meget sentral pådriver med å bevisstgjøre de behov og forutsetninger synshemmede har i bygg. Utover de lover og regler for universell utforming som finnes i TEK10, har Norges Blindforbund utviklet en rekke veiledninger med anbefalinger og krav som synshemmede stiller til tilgjengelighet i bygg. *Estetisk trygt og tilgjengelig* og *Tilgjengelighetsguiden* er gode eksempler på slike veiledninger. I tillegg til luminanskontrast, er det satt anbefalinger til blant annet refleksjonsfaktorer på ulike bygningskomponenter og belysningsstyrke til ulike rom og funksjoner (Norges Blindforbund u.å.). Anbefalingene fungerer med andre ord som en ekstra kvalitetssikring av tilgjengeligheten for synshemmede, og skal lette hverdagen til disse utover de minstekrav som finnes i TEK10. Det vil derfor være hensiktsmessig å benytte seg av slike veiledninger, spesielt ved prosjektering av for eksempel eldreboliger, aldershjem og andre institusjoner hvor en større andel av brukerne er synshemmede.

Om hele Norge innen 2025 er universelt utformet, gjenstår å se. Man kan likevel trygt si at det har vært en sterk progresjon de siste årene, og som for mye annet trenger trolig også universell utforming en modningsprosess for virkelig å kunne slå rot i den moderne byggeskikken. Det er gjennom en slik prosess man vil kunne utvikle et sett krav og retningslinjer som er forstått og akseptert av alle sider av næringen.

2.7 Målemetoder

Det finnes en rekke måleverktøy til å påvise luminanskontrast mellom ulike overflater. De mest velkjente målemetodene vil enten gi refleksjonsfaktor og lyshetstall, belyningsstyrke eller luminans. Disse verdiene er variabler som inngår i formelverket for beregning av luminanskontrast. Verktøyene finnes i mange forskjellige prisklasser, hvor grad av allsidighet, presisjon og pålitelighet spiller en viktig rolle. Den tidligere mastergradsoppgaven *Krav til luminanskontrast i praksis* fra 2015, av Tonje Brunvatne ved Norges Miljø- og Bioteknologiske Universitet, omhandler og tester noen av disse verktøyene (Brunvatne 2015). Hennes oppgave har vært til inspirasjon for denne oppgaven.

Tabell 2.3 viser et utvalg av verktøy. Tabellen skal illustrere hvor «tilgjengelige» verktøyene kan regnes å være i Norge, basert på prisene som er innhentet av oss. Videre følger et utvalg av verktøy vi anser som aktuelle for å kunne fastsette luminanskontrast på en hensiktsmessig måte.

Tabell 2.3: Prisoversikt, måleverktøy.

Type	Modell	Cirka pris
Lyshetsmåler	NCS Lyshetsmåler	NOK 650
Luxmeter	Konica Minolta T-10	NOK 10.000
Fargemåler	NCS Colour Scan 2.0	NOK 9.000
Luminansmåler	Konica Minolta LS-150	NOK 27.000
Luminansmåler	Hagner S4 Digital	NOK 30.000
Spektroradiometer	Specbos 1211	NOK 74.000
Luminanskamera	LMK Mobile Advanced	NOK 130.000

2.7.1 Lyshetsmåler

NCS Lyshetsmåler er et manuelt verktøy og det desidert billigste i dette utvalget. Med lyshetsmåleren definerer man visuelt refleksjonsfaktoren og lyshetstallet for den aktuelle overflaten. Dette gjøres ved å sammenligne overflaten med en sort-hvit gråskala bestående av 18 NCS gråtoner, for så å lese av forholdene. Lyshetstallet, v , angir en kontrast på skalaen 0 til 1, der svart tilsvarer $v = 0,0$ og hvit $v = 1,0$. Da det er fysisk umulig å oppnå en fullstendig svart eller hvit kontrast, går skalaen på lyshetsmåleren fra 0,10 til 0,95. Refleksjonsfaktoren, Y' , angir hvor mye lys som prosentvis reflekteres fra en farget overflate (Norwegian Colour Senter 2016a). Målemetoden er kun egnet for matte overflater og forutsetter at overflaten og bakgrunnen den måles mot har samme belyningsstyrke (Universell Utforming AS u.å.). Samtidig er målingen subjektiv, og man burde ha et representativt utvalg prøvetakere for at resultatet skal være troverdig.

I denne sammenhengen bør det i tillegg nevnes at NCS tilbyr en lyshetstabell for de 1950 standardiserte NCS-kodene. Tabellen viser farge med tilhørende lyshetstall og refleksjonsfaktor. Hvis to av fargene fra tabellen benyttes, kan man enkelt beregne

luminanskontrasten mellom disse to, forutsatt at overflatebehandlingen er matt (Norwegian Colour Senter 2016b).

2.7.2 Luxmeter

Et luxmeter er et digitalt instrument som måler belyningsstyrke. De er forholdsvis rimelige i pris og enkle å operere. Verktøyet benyttes ved at man først måler en overflates innkommende belyningsstyrke. Deretter måler man overflatens reflekterte belyningsstyrke i en avstand der målerverdien stabiliserer seg. Slik finner man refleksjonsfaktoren til den aktuelle flaten (Nesje 2011). Refleksjonsfaktoren kan videre benyttes til å beregne luminanskontrast mellom to overflater.

Denne målemetoden er kun anvendbar ved matte overflater og overflater med jevn luminans. Metoden forutsetter også at måleflaten er tilstrekkelig stor, da målingene lett kan få forstyrrende bidrag fra omkringliggende belyste flater (Universell Utforming AS u.å.). Dette gjør målemetoden noe unøyaktig. Måling i kuldegrader vil kunne gi avvik siden strømmotstanden i målecellen endres etter temperaturen. Det er derfor viktig at apparatet er riktig temperert under måling. Det er også viktig å kontrollere at målecellens spektrale følsomhet stemmer godt overens med V_{λ} -kurven. Dersom avviket er betydelig, vil målingen være intetsigende i forhold til det øyet faktisk kan se. Responsen til målecellen vil endres ettersom apparatet aldres. Kalibrering etter anbefalt intervall er derfor avgjørende dersom resultatene skal være gode, og ikke minst rettmessig gyldige.

2.7.3 Fargemåler

Fargemåler er et digitalt måleverktøy som kan benyttes i beregningen av luminanskontrast. NCS Colour Scan 2.0 er kanskje mest kjent i Norge, og ligger i samme prissjikt som et ordinært luxmeter. Instrumentet tar et bilde av overflaten og finner den nærmeste standardiserte NCS-kode og indikerer grad av samsvar. Det finnes også en utgave for RAL-koder. Hver av de standardiserte NCS-kodene har, som nevnt tidligere, et lyshetstall og en refleksjonsfaktor, noe man kan benytte i formelverket for å finne luminanskontrast. Eventuelle feilkilder i en slik metode vil da opplagt være samsvarsgraden, samt samsvar med overflatens glans.

Når man benytter fargemåler er det anbefalt å korrigere for innkommende belyningsstyrke med et luxmeter. Slik sikrer man en mer nøyaktig luminanskontrast i tilfeller der de to overflatene er forskjellig belyst⁶.

2.7.4 Luminansmåler

Luminansmålere måler luminans direkte. Verktøyene har varierende pris, og deres presisjon følger derav. Når luminanskontrast skal bedømmes er det kun relevant å måle hva som er visuelt for det menneskelige øyet. Det er derfor viktig å kontrollere at instrumentet har et såkalt V_{λ} -filter, slik at lysbølgespekteret blir begrenset til de bølgelengdene vi faktisk kan se.

⁶ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.

Noen av disse verktøyene lar brukeren variere størrelsen på målepunktet manuelt. Siden luminansen måles direkte, kan luminansmåleren benyttes på blanke så vel som matte overflater, til forskjell fra de tidligere nevnte instrumentene⁷. Type belysning og vinkelforhold vil være avgjørende for målingene, eksempelvis kan retningsbestemt belysning virke blendende og gi uønskede utfall.

Spektroradiometre kan også benyttes til slike målinger. Dette apparatet måler luminans på samme måte som en luminansmåler. Verktøyet koster vanligvis betydelig mer, og kan i tillegg måle verdier som for eksempel RGB-verdi, fargerenhet, fargetemperatur og spektral utstråling, og vil derfor kunne tjene mer som et universalverktøy (Brunvatne 2015).

2.7.5 Luminanskamera

Luminanskamera ser ut som et helt ordinært speilreflekskamera. Kameraet benyttes med et spesialobjektiv og programvare som gir et helhetlig bilde med fargenyanser som svarer til luminans over et gitt spekter. Kameraet gir muligheten til å plukke vilkårlige luminanser ut av bildet, slik at man slipper å måle hvert enkelt punkt. Det er utvalgets desidert dyreste, men mest effektive måleinstrument. Instrumentet kan benyttes på både blanke og matte overflater. Kameraet gir mindre nøyaktige målinger, da den ikke følger V_{λ} -kurven i den grad som en luminansmåler. Det kan blant annet ikke benyttes på fargede LED lyskilder (TechnoTeam 2016).

⁷ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.

3 Metode

3.1 Generelt

Hovedformålet med oppgaven er å undersøke hvordan man kan planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis. I den sammenheng vil vi forsøke å besvare følgende forskningsspørsmål:

- *Hvilke verktøy og rutiner benyttes i dag av bygningsplanleggere, og hvor godt sluttresultat gir disse metodene?*
- *Kan man ved hjelp av en alternativ og rimelig metode planlegge og etterprøve luminanskontrast?*

For å kunne besvare forskningsspørsmålene, har vi utført forskjellige undersøkelser. Vi har gjennomført et *litteratursøk*, der formålet var å kartlegge nasjonal og internasjonal litteratur om emnene luminanskontrast og universell utforming. Den innhentede teorien vil danne grunnlaget for hvordan man kan prosjektere og etterprøve luminanskontrastkravene i Byggteknisk forskrift (TEK10), og hvilke verktøy man kan benytte i disse prosessene.

Videre har vi avholdt *intervjuer* med konsulenter og bygningsplanleggere for å få innsyn i hvordan disse i praksis planlegger for luminanskontrast. Informasjonen fra intervjuene vil være med på å kartlegge hvilke verktøy og rutiner bygningsplanleggere benytter seg av ved prosjektering av luminanskontrast. Det er tilsammen blitt avholdt ni intervjuer med bygningsplanleggere. Spørsmålene stilt under disse intervjuene vil presenteres i kapittel 3.3. Det er i tillegg avholdt tre møter med konsulenter og spesialister. Disse møtene er gjort i forbindelse med litteratursøk, metode og resultat.

Det er i samarbeid med Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik, blitt bestemt to målemetoder knyttet til beregning av luminanskontrast. Beregningene tar utgangspunkt i målinger av refleksjonsfaktor og luminans, henholdsvis ved hjelp av en fargemåler og en luminansmåler. Målingene utført ved hjelp av fargemåler vil videre i oppgaven kalles *metode for etterprøving*. Som en kontroll av fargemålerens resultater, er det utført målinger ved hjelp av en luminansmåler. Denne målemetoden vil videre kalles *metode for kontroll*. Målemetodene vil videre nevnes i kapittel 3.4. Vi har tilsammen målt 21 trapper i 12 forskjellige bygg for å avgjøre hvorvidt en alternativ og rimelig målemetode er egnet til etterprøving av luminanskontrast.

Som et bidrag til oppgavens kvalitet, er det blitt avholdt to møter med Nersveen og ett møte med Trine Presterud i Universell Utforming AS. Møtenes formål har vært å få innspill til relevant litteratur, hjelp til fremgangsmåte for metode, og lån av utstyr til gjennomføring av metoden. I lag med Nersveen har vi diskutert den alternative og rimelige fremgangsmåten for måling av luminanskontrast. Denne metoden skal ifølge han ha ubetydelig feilmargin i forhold til direkte måling av luminans. Likevel må det presiseres at visse overflater krever direkte

måling av luminans for at resultatene skal være pålitelige. Møtet med Presterud har gitt innspill og synspunkter på hvordan man i praksis kan planlegge og etterprøve luminanskontrast.

Vi har tatt direkte kontakt med bedriftene; Betonmast Oslo, Betonmast Romerike, Norbygg AS, Undervisningsbygg Oslo KF og Fredrikstad kommune, for å spørre om lov til å måle luminanskontrast i deres byggeprosjekter. Dette har i tillegg gitt oss tilgang til bygningsplanleggere til oppgavens intervjudel. Vi har hatt et personlig bekjentskap til disse bedriftene, noe som har gjort søket etter passende byggeprosjekter enklere.

3.2 Litteratursøk

Litteratursøket har gått ut på å samle litteratur tilknyttet luminans og luminanskontrast, samt kildene denne litteraturen er basert på. Slike litteraturundersøkelser har resultert i funn av bøker som blant annet Brainard og Stockmans *Colorimetry*, Newmans *Kulör & kontrast* og Gibsons *Visual World*. Deler av forskningen og litteraturen som er benyttet i oppgaven er gammel, men dens gyldighet er verifisert gjennom møter med veiledere, fagspesialister og annen litteratur. Tabell 3.1 viser hvilke søkemotorer som er benyttet, hvilke ord som er benyttet som inndata i disse, og hvilke aktuelle funn som følger av søket.

Tabell 3.1: Oversikt over litteratursøket. Tabellen viser søkemotorer, søkeord og aktuelle funn.

Søkemotor	Ord	Aktuelle funn
Google	<ul style="list-style-type: none"> - Luminanskontrast - Contrast + Perception - Physics + illumination - Colour + measuring - Colorimetry - Emma Newman - Effective Color Contrast - Orienterbarhet + veifinning 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Estetisk, trygt og tilgjengelig</i> - <i>Universell utforming – ledelinjer</i> - <i>Colour, Contrast & Perception – Design Guidance for Internal Built Enviroments</i> - <i>Illumination Fundamentals</i> - <i>A Guide to Understanding Color Communication</i> - <i>Kulör & Kontrast</i> - <i>Effective Colour Contrast Booklet</i> - <i>Arkitektoniske virkemidler for orientering og veifinning.</i>
Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Vision at old age - Light adaptation + normal human - Glare + old age - Colour + measuring - Visual Perception 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Factors Affecting Light-Adapted Pupil Size in Normal Human Subjects</i> - <i>Age and Glare Recovery Time for Low-Contrast Stimuli</i> - <i>Seeing into old age: Vision function beyond acuity</i> - <i>Measuring Colour – fourth edition</i>
Oria	<ul style="list-style-type: none"> - J.J Gibson - Luminanskontrast - Luminance Contrast + Universal Design 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>The Perception of the Visual World</i> - <i>Krav til luminanskontrast i praksis</i> - <i>Application of Luminance Contrast in Architectural Design</i> - <i>Lightning Design based on Luminance Contrast</i>
Byggforskserien	<ul style="list-style-type: none"> - Universell utforming - Tilgjengelighet + syn - Blending 	<ul style="list-style-type: none"> - 220.320 <i>Universell utforming av arbeids- og publikumsbygninger</i> - 220.345 <i>Tilgjengelighet for synshemmede</i> - 554.221 <i>Dimensjonering av belyningsanlegg</i>

Store deler av litteratursøket ble utført i januar og februar 2016. Det har vist seg å være begrenset med teori innenfor norsk litteratur. Store deler av teorien vil derfor basere seg på internasjonal faglitteratur og forskning.

Nersveen anses som en av Nordens fremste forskere på lysteknikk og universell utforming, og har vært en god rådgiver og kilde til nyttig informasjon. Store deler av den norske teorien er det Nersveen og Norges Blindforbund som står bak. Han er kjent med vår anvendte metode, og har uttrykt denne som egnet for oppgaven⁸.

⁸ Møte avholdt 26.01.2016 med Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik. I dette møtet ble det diskutert teori og litteratur tilknyttet temaet luminanskontrast, fargebruk og universell utforming.

3.3 Metode for planlegging

For en bygningsplanlegger vil planleggingsfasen for luminanskontrast bestå av å søke, finne og bestemme løsninger som tilfredsstillende ytelseskravene i TEK10. For å få innblikk i denne prosessen, har vi avholdt intervjuer med bygningsplanleggerne som står ansvarlig for planleggingen av luminanskontrast ved prosjektene vi har besøkt. Intervjuene har blitt utført på ulike måter. Der vi har hatt muligheten til å besøke bygningsplanleggeren, er det blitt avholdt et personlig møte. I tilfeller der dette ikke har vært mulig, har vi avholdt intervjuene per telefon eller e-post.

Vi har benyttet boken «Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode» av Asbjørn Johannessen mfl., til inspirasjon for utforming av oppgavens intervjuguide. Intervjuguiden består av semistrukturerte spørsmål som både retter oppmerksomheten mot bygningsplanleggerens betraktninger av ytelseskravene til luminanskontrast, og som omhandler fakta tilknyttet hvilke verktøy og rutiner bygningsplanleggeren har benyttet seg av (Johannessen et al. 2010). Oppgavens intervjuguide består av følgende spørsmål:

1. Hva er din holdning til kravet om luminanskontrast i TEK10?
2. Hvilke mål for universell utforming og luminanskontrast ble det satt for prosjektet utover kravene i TEK10?
3. Er det mottatt kritikk eller andre tilbakemeldinger på utformingen av trappen i prosjektet?
4. Er det planlagt for luminanskontrast i prosjektet?
5. Hvilke verktøy og rutiner ble benyttet i planleggingen av luminanskontrast?
6. Har dere etterprøvd luminanskontrast i prosjektet?
7. Hvilke verktøy og rutiner ble benyttet til etterprøving av luminanskontrast?

Ved vurdering av bygningsplanleggerens besvarelse må man ha i baktankene visse feilkilder som kan ha innvirkning på resultatet. Da vi avholdt intervjuene hadde vi allerede utført målinger og beregnet luminanskontrasten i trappene bygningsplanleggeren sto ansvarlig for. Dette kan ha påvirket bygningsplanleggerens besvarelse.

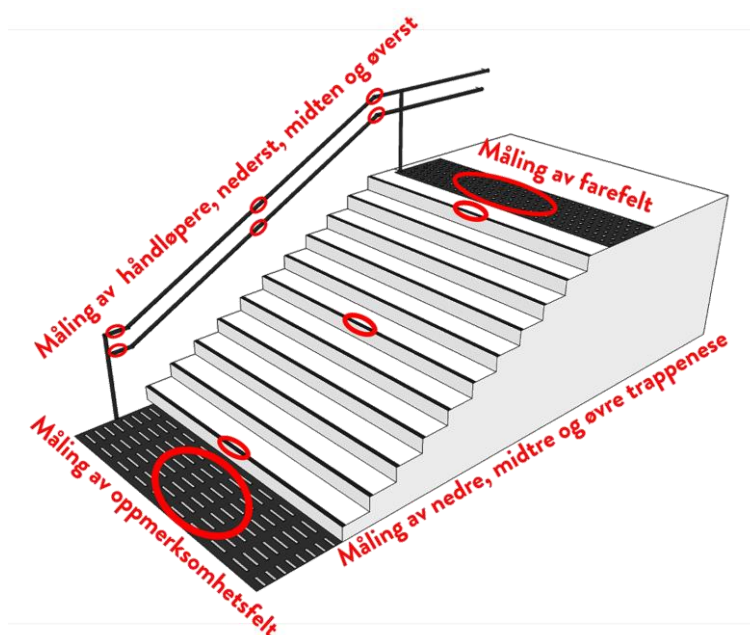
Intervjuene var i de fleste tilfellene rettet mot arkitekter og interiørarkitekter, men vi har også vært i kontakt med flere parter innenfor de ulike prosjektene. I noen tilfeller kontaktet vi først byggherren, for deretter å få kontakt med arkitekten. En slik situasjon vil kunne føre til restriktive svar fra arkitekten.

3.4 Metode for måling

3.4.1 Generelt om målemetodene

Som tidligere nevnt i kapittel 1.5, vil luminansmålingene kun foregå i trapper. Figur 3.1 viser hvilke komponenter ved en trapp som skal kontrolleres med hensyn til luminanskontrast. Målepunktene vil kontrolleres i henhold til kravene mellom:

- Farefelt (objekt) og gulv (bakgrunn)
- Oppmerksomhetsfelt (objekt) og gulv (bakgrunn)
- Trappeneser (objekt) og inntrinn (bakgrunn)
- Håndløper (objekt) og vegg (bakgrunn)

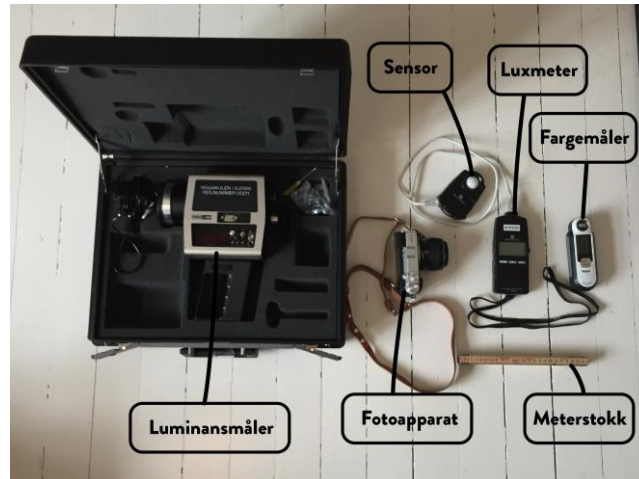


Figur 3.1: Målepunktene som inngår i en trapp. Disse skal måles med en fargemåler, et luxmeter og en luminansmåler.

Underveis i befaringen vil faktorer, materialsammensetninger, lysforhold og eventuelle feilkilder dokumenteres ved hjelp av bilder og noteringer. Materialsammensetninger og lysforhold vil i sammenheng med måleresultatene bli presentert i diagrammer. Faktorer og feilkilder som tilsynelatende har innvirkning på målingen av luminanskontrast, vil beskrives i kapittel 4.2 og drøftes i kapittel 5.2. Disse observasjonene kan være av stor betydning i tolkning av resultatene, og bilder som er tatt i forbindelse med observasjonene vil presenteres i kapittel 4.2.

Figur 3.2 viser verktøyene som er benyttet i resultatdelen. Verktøyene vi har fått lov til å låne av NMBU og NTNU Gjøvik er følgende:

- LMT L-1009 luminansmåler
- Konica Minolta T-10A luxmeter med forlengelse av målcellen (sensor)
- NCS Colour Scan 2.0



Figur 3.2: Verktøyene benyttet til måling og dokumentering av luminanskontrast.

Siden det er vanskelig å utføre en konsistent måling ved hjelp av det håndholdte stativet som følger med luminansmåleren, er det i tillegg blitt benyttet et vanlig kamerastativ til disse målingene.

3.4.2 Metode for etterprøving

Etterprøvingen består av å måle materialenes refleksjonsverdier og komponentenes innkommende belysningsstyrke, for deretter å beregne luminanskontrasten. I den sammenheng er det hensiktsmessig å basere etterprøvingen på et verktøy som også kan benyttes i planleggingen. På denne måten vil man begrense nødvendige investeringer. Ved etterprøvingen er det nødvendig å korrigere materialenes refleksjonsverdier med den innkommende belysningsstyrken. Dette skyldes at objektene kan være utsatt for ulik belysning, noe som vil være utslagsgivende når man beregner luminanskontrast. I denne metoden er det valgt å rette luxmeterets målesensor mot himling ved måling av objektens belysningsstyrke. På denne måten vil beregningene være basert på de samme lyskildene. Formelen for luminanskontrast vil derfor være:

Formel 3.1:

$$C = \frac{\delta_o \cdot E_o - \delta_b \cdot E_b}{\delta_b \cdot E_b}$$

C = Luminanskontrast

δ_o = Objektets refleksjonsfaktor (LRV)

E_o = Reflektert belyningsstyrke fra objektet

δ_b = Bakgrunnens refleksjonsfaktor (LRV)

E_b = Reflektert belyningsstyrke fra bakgrunnen

Ofte vil man fra planleggingsfasen vite de ulike komponentenes refleksjonsfaktor. Undersøker man imidlertid en trapp der refleksjonsfaktorene er ukjente, kan man benytte en fargemåler til å finne tilnærmet verdi.

Figur 3.3 viser oppgavens fremgangsmåte for beregning av luminanskontrast basert på måling av overflatenes refleksjon og belyningsstyrke. Fremgangsmåten kan oppsummeres i disse tre stegene:

1. To materialer som representerer objekt og bakgrunn i en trapp identifiseres. Kravene for luminanskontrast må undersøkes.
2. Hver overflate måles med en fargemåler og et luxmeter.
3. Måleresultatene settes inn i formelverket, slik at luminanskontrasten mellom objekt og bakgrunn kan beregnes og kontrolleres opp mot aktuelle krav og preferanser.

Feilkilder

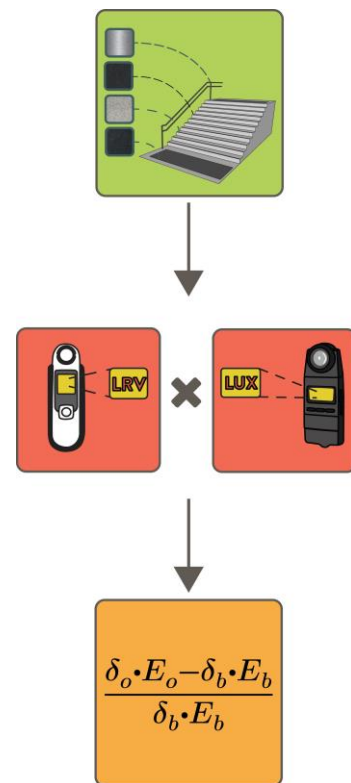
I metode for etterprøving vil det ved måling med fargemåler og luxmeter foreligge visse feilkilder. Verktøyenes feilkilder er hentet fra produktmanualene.

Feilkilder tilknyttet luxmeteret:

- Feil og avvik i detektoren (feilkalibrering)
- Unøyaktig tilpasning til V_λ -kurven
- Unøyaktig cosinuskorreksjon.

Feilkilder tilknyttet fargemåleren:

- Unøyaktighet ved temperaturforandringer og tidsintervaller
- Renhold av sensoren (linsen)
- Renhold av kalibreringsdekslet



Figur 3.3: Fremgangsmåte metode for etterprøving.

3.4.3 Metode for kontroll

I *metode for kontroll* måles luminansene direkte med en luminansmåler, noe som i teorien skal gi bedre nøyaktighet ved beregning av luminanskontrast. Verktøyet som benyttes er relativt kostbart, og er derfor å anse som utilgjengelig for den gjengse bygningsplanleggeren. Formelen viser hvordan luminanskontrasten kan beregnes ut fra objektets og bakgrunnens luminans:

Formel 3.2:

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

C = Luminanskontrasten

L_o = Objektets luminans

L_b = Bakgrunnens luminans

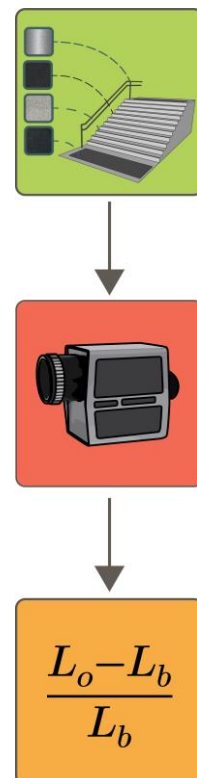
Hensikten med vår kontroll er å sammenligne resultater og påvise eventuelle avvik mellom målingene gjort med fargemåleren i forbindelse med etterprøvingen og kontrollen gjort med luminansmåleren. Som sagt innledningsvis, har vi sammen med Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik, diskutert en fremgangsmåte for målingene.

Figur 3.4 viser fremgangsmåten for beregning av luminanskontrast basert på måling av overflatenes luminanser. Fremgangsmåten kan oppsummeres i disse tre stegene:

1. To materialer som representerer objektet og bakgrunn for en bestemt funksjon må identifiseres. Kravene for luminanskontrast må undersøkes.
2. Hver overflate måles med en luminansmåler. Når man måler luminans bør målepunktets størrelse korrigeres med hensyn til overflatens størrelse.
3. Til slutt settes målerresultatene inn i formelverket, slik at luminanskontrasten mellom objekt og bakgrunn kan beregnes og kontrolleres opp mot aktuelle krav og preferanser.

For å kunne ha et best mulig sammenligningsgrunnlag mellom trappene som kontrolleres, vil luminansmåleren plasseres i en bestemt høyde og avstand fra trappene. I den sammenheng vil det være naturlig å posisjonere apparatet slik at det gjenspeiler menneskers bevegelsesmønster i en trapp. Luminansmålerens plassering vil være som følger:

- Luminansmåleren plasseres en avstand $L = 1500 \text{ mm}$ fra nærmeste trappetrinn.



Figur 3.4:
Fremgangsmåte metode
for kontroll.

- Luminansmålerens heves til en høyde $H = 1500 \text{ mm}$ over gulvet.

For å kunne tilpasse målingene til varierende omgivelser, vil måleapparatets avstand «L» fra trappens nederste trinn være 1500 mm. Dette gjør det mulig å utføre målinger i trappesjakter der korridorene er smale, men likevel universelt utformet. Luminansmålerens høyde H er satt til 1500 mm for å gjenspeile øyebanen til en om lag 1700 mm høy person i det personen angriper trappen fra avstanden L . I tillegg vil dette medføre at instrumentet blir enklere å manøvrere.

Feilkilder

I *metode for kontroll* vil det ved måling med luminansmåler kunne foreligge visse feilkilder. Luminansmålerens produktmanual nevner blant annet feilkilder som:

- Feil og avvik i detektoren (feilkalibrering)
- Unøyaktig tilpasning til V_λ -kurven
- Unøyaktig cosinuskorreksjon.
- For stor målevinkel (målepunktets størrelse)

4 Resultat






















Resultatdelen baserer seg på dataene samlet inn gjennom målinger og intervjuer beskrevet i metodekapittelet. Det er foretatt målinger av farefelt, oppmerksomhetsfelt, trappeneser og håndløpere i totalt 21 trapper ved 12 bygg som er universelt utformet i henhold til Byggteknisk forskrift (TEK10). Byggene har enten vært nær fullstendig ferdigstillelse, eller vært ferdigstilt i løpet av de siste årene.

Det er i sammenheng med målingene blitt utført intervjuer av ulike bygningsplanleggere. Informasjonen samlet inn gjennom intervju har bidratt til å øke forståelsen for hvilke metoder som i dag brukes ved planlegging og etterprøving av luminanskontrast. For å kunne besvare problemstillingen skal vi ut fra våre måleresultater, bedømme bygningsplanleggerens bruk av verktøy og rutiner. Dette vil belyse hvilke forutsetninger bygningsplanleggere har for å kunne planlegge og etterprøve luminanskontrast.


I resultatdelen skal resultatene fra de tre prosessene; intervju, etterprøving og kontrollmåling, gjennomgås. Resultater fra intervjuene vil bli presentert først. Deretter presenteres måleresultatene fra etterprøving- og kontroldelen. Som beskrevet i kapittel 3.4, er det i *metode for etterprøving* benyttet en fargemåler og et luxmeter. Måleresultatene av denne metoden vil i resultatdelen være markert som «fargemåler» i diagrammene. I *metode for kontroll* er det benyttet en luminansmåler, og denne er i diagrammene markert som «luminansmåler».

Tabell 4.1 viser trappene som er målt, nummerert fra 1 til 21, og hvilke prosjekter de tilhører. Den viser også hvilke komponenter som ikke var montert under befaring, og som det da mangler måleresultater for. Nummereringen vil benyttes videre i presentasjonen av målingene.

Tabell 4.1: Oversikt, prosjekter.

Nr.	Prosjekt	Type	Trapp	Manglende komponenter i prosjektet
1	Stamsaas, BMW		Trappesjakt	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt
2	Fernanda Nissen		Trappesjakt	
3	Fernanda Nissen (2)		Trappesjakt (vest)	
4	Fernanda Nissen (3)		Amfi	
5	Nydalsveien 28		Atrium	
6	Haugenstua		Trappesjakt	- Håndløper
7	Haugenstua (2)		Amfi	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt - Håndløper
8	Haugenstua (3)		Trappesjakt (syd)	
9	Frogner		Trappesjakt (syd)	
10	Egmont, Nydalen		Trappesjakt (syd)	
11	Grefsen		Trappesjakt	
12	Grefsen (2)		Amfi	
13	Munkerud		Trappesjakt	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt
14	Lislebyhallen		Trapp (til tribune)	
15	Lislebyhallen (2)		Trapp (ved SFO)	- Håndløper
16	Borge		Trapp (resepsjon)	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt
17	Borge (2)		Trappesjakt (øst)	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt
18	Borge (3)		Amfi	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt
19	Veitvet		Amfi	
20	Veitvet (2)		Trapp	
21	Haugen		Trappesjakt	- Oppmerksomhetsfelt - Farefelt

 : undervisningsbygg

 : arbeidsbygg

 : idrettsbygg

4.1 Intervjuer

Intervjuene av de ulike bygningsplanleggerne er basert på en intervjuguide som inneholder semistrukturerte spørsmål. Svar og kommentarer fra intervjuene vil presenteres i rekkefølgen beskrevet i kapittel 3.3. Vi har ikke lyktes å få svar på alle spørsmålene fra alle intervjuobjektene. Antall svar og kommentarer vil derfor variere mellom hvert enkelt spørsmål. Vi har ikke nevnt disse intervjuobjektene videre i oppgaven for å kunne opprettholde bygningsplanleggerens anonymitet.

Intervjuene startet med tre åpne spørsmål angående luminanskontrast og universell utforming. Formålet med disse spørsmålene er å få vite intervjuobjektens stilling til ytelseskravene til luminanskontrast i TEK10.

Spørsmål 1: Hva er din holdning til kravet om luminanskontrast i TEK10?

De fleste bygningsplanleggerne er positive til universell utforming, men stiller seg uforstående til de høye ytelseskravene til luminanskontrast i TEK10. Blant de spurte, var det kun én bygningsplanlegger som var negativ til ytelseskravene om luminanskontrast.

Videre i oppgavens planleggingsdel, har vi stilt intervjuobjektene lukkede spørsmål. Disse spørsmålene vil bidra til tolkning av resultatene fra måling av trappene.

Spørsmål 2: Hvilke mål for universell utforming og luminanskontrast ble det satt for prosjektet utover kravene i TEK10?

Bygningsplanleggerne som har besvart spørsmålene, forteller at de ikke har hatt ambisjoner utover kravene som stilles i TEK10.

Spørsmål 3: Er det mottatt kritikk eller andre tilbakemeldinger på utformingen av trappen i prosjektet?

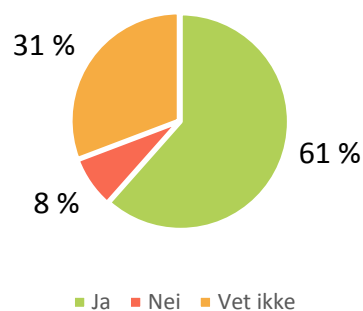
Av prosjektene som er i drift, var det ingen som har fått kritikk eller tilbakemeldinger på luminanskontrasten i sine trapper.

Spørsmål 4: Er det planlagt for luminanskontrast i prosjektet?

Figur 4.1 viser andelen prosjekter som har planlagt for luminanskontrast. Som Tabell 4.2 viser, er det i 14 av 21 trapper blitt planlagt for luminanskontrastkravet gitt i TEK10. Dette tilsvarer 8 av 12 prosjekter. Av intervjuobjektene var det kun én av bygningsplanleggerne som bekreftet at de ikke hadde prioritert luminanskontrastkravet. Dette prosjektet, trapp 1, forholdt seg i stedet til byggherrens forhåndsbestemte ønske om materialer og overflater. Det kom ikke frem av intervjuet hvorfor luminanskontrast ble nedprioritert.

I prosjektet som omfatter trapp 9, har bygningsplanleggeren rådført seg med Universell Utforming AS i forhold til materialvalg på trappeneser, fare- og oppmerksomhetsfelt.

Prosjektene som inngår i «vet ikke», har enten ikke gitt ord fra seg eller avvist spørsmålene. Vi har derfor valgt å se videre på de som har planlagt for luminanskontrast, og hvordan de har planlagt sine produkt.



Figur 4.1: Andelen bygningsplanleggere som har planlagt for luminanskontrast.

Tabell 4.2: Oversikt, spørsmål 4. Er det planlagt for luminanskontrast i prosjektet?

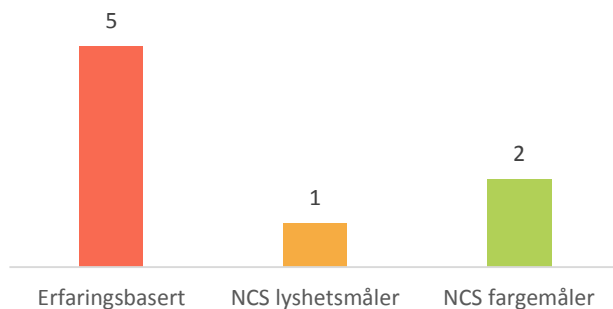
Trapp	Svar
1	Nei
2	Ja
3	Ja
4	Ja
5	Ja
6	Ja
7	Ja
8	Ja
9	Ja
10	Ja
11	Ja
12	Ja
13	Ja
14	Vet ikke
15	Vet ikke
16	Vet ikke
17	Vet ikke
18	Vet ikke
19	Ja
20	Ja
21	Vet ikke

Spørsmål 5: Hvilke verktøy og rutiner ble benyttet i planleggingen av luminanskontrast?

Figur 4.2 viser hvilke verktøy og rutiner som ble benyttet under planleggingen av luminanskontrast. Her kommer det frem at ett prosjekt har basert sine beregninger på refleksjonsfaktorer hentet ut av en NCS lyshetsmåler. To prosjekter har målt materialenes farger og refleksjonsfaktor ved hjelp av NCS fargemåler. Til sist har fem bygningsplanleggere gjort erfaringsbaserte antagelser.

I Tabell 4.3 kan man se hvilke verktøy og rutiner som er benyttet i planleggingsprosessen av luminanskontrast, og for hvilke trapper dette gjelder.

Utforming av løsninger basert på erfaringsbaserte antagelser vil i denne sammenhengen bety at bygningsplanleggerne benyttet seg av løsninger inspirert av andre prosjekter, eller hvor bygningsplanleggerne selv bedømte luminanskontrasten uten måleverktøy.



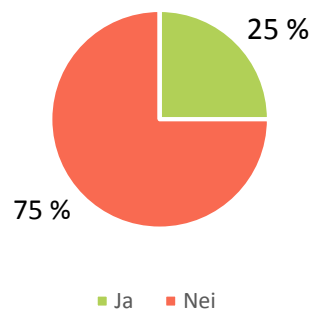
Figur 4.2: Oversikt verktøy og rutiner ved planlegging av luminanskontrast. Figuren viser hvilke rutiner de spurte bygningsplanleggerne har benyttet i planleggingsfasen av et prosjekt.

Tabell 4.3: Oversikt, spørsmål 5. Hvilke verktøy og rutiner ble benyttet i planleggingen av luminanskontrast?

Trapp	Svar
1	Ikke planlagt
2	Fargemåler
3	Fargemåler
4	Fargemåler
5	Erfaringsbasert
6	Erfaringsbasert
7	Erfaringsbasert
8	Erfaringsbasert
9	Fargemåler
10	Erfaringsbasert
11	Erfaringsbasert
12	Erfaringsbasert
13	Erfaringsbasert
14	Vet ikke
15	Vet ikke
16	Vet ikke
17	Vet ikke
18	Vet ikke
19	NCS lyshetsmåler
20	NCS lyshetsmåler
21	Vet ikke

Spørsmål 6: Har dere etterprøvd luminanskontrasten i prosjektet?

Figur 4.3 viser andelen bygningsplanleggere som har etterprøvd luminanskontrasten i trappene ved sitt prosjekt. Figuren er basert på de åtte prosjektene som allerede har planlagt for luminanskontrast. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at det er 2 av til sammen 8 prosjekter (25 %) som har etterprøvd luminanskontrastene. Dette gjelder for trappene 9, 19 og 20. Prosjektlederne ved disse prosjektene har enten gjennomført målingene selv, eller leid inn et konsulentfirma til å gjennomføre målingene. I den resterende andelen prosjekter (75 %) er ikke luminanskontrastene etterprøvd.



Figur 4.3: Andelen prosjekter hvor luminanskontrasten har blitt etterprøvd. Figuren viser andelen bygningsplanleggere som har etterprøvd de prosjekterte luminanskontrastene.

Spørsmål 7: Hvilke verktøy og rutiner ble benyttet til etterprøving av luminanskontrast?

Slik det fremkommer av spørsmål 6, er det benyttet verktøy til å etterprøve luminanskontrast i trappene 9, 19 og 20. Dette gjelder to prosjekter, hvor begge har benyttet en NCS fargemåler til å kvalitetssikre sine prosjekterte løsninger. Universell Utforming AS har vært deltakende i denne prosessen ved trapp 9. I trappene 19 og 20 har bygningsplanleggeren i lag med entreprenør etterprøvd de prosjekterte luminanskontrastene.

Møte med Universell Utforming AS

Som det kommer frem av svarene fra spørsmål 4, har Universell Utforming AS vært involvert i prosjekteringen av luminanskontraster i ett av prosjektene som er målt. Konsulentfirmaet har høy kompetanse innenfor fagområdet og kan regnes som et av Norges fremste på sitt fagfelt. De er faglig engasjert og aktive i komitéarbeid vedrørende universell utforming i norsk standard og Byggteknisk forskrift. Vi har avholdt et møte med Universell Utforming AS for å få et innblikk i hvordan et typisk konsulentfirma arbeider med luminanskontraster⁹.

På møtet kom det frem at oppdragene til konsulentfirmaet varierer fra prosjekt til prosjekt. Hva de prosjekterende trenger hjelp til er varierende, og kan være alt fra noen få spørsmål til full kvalitetssikring av prosjektet. Aktuelle spørsmål i denne sammenheng kan være å rådføre seg i forhold til tolkning av kravene som finnes i Byggteknisk forskrift, eller å utføre beregninger på luminanskontraster av de materialprøver som ønskes i prosjektet.

Normalt blir konsulentfirmaet engasjert i prosjekteringsfasen, for blant annet å utføre beregninger på luminanskontrast i ett prosjekt. I slike tilfeller benyttes refleksjonsfaktorer i beregningene, dersom overflatene antas å ha tilnærmet lik matthet. I tilfeller der det derimot er forskjellig grad av matthet, må firmaet ha informasjon om belysningen for å kunne foreta en teoretisk beregning. I disse tilfellene brukes det skjønn basert på erfaring. Ved behov benytter Universell Utforming AS seg av svaksynte testpersoner til å bedømme kontrastene. Det er svært sjeldent at Universell Utforming AS får i oppdrag å etterprøve luminanskontraster i ferdigstilte prosjekter. Det er heller ikke vanlig praksis å etterprøve de luminanskontraster de har prosjektert for, med mindre oppdragsgiver ønsker dette.

Oppsummering av intervjuene

Ut fra intervjuene er det prosjektert for luminanskontrast i de aller fleste prosjektene. Det er erfaringsbasert prosjektering som dominerer svaralternativene. Gjennomgående viser det seg at forståelsen av luminanskontrast er lav, og at fenomenet luminanskontrast ofte forveksles med fargekontrast. Majoriteten av bygningsplanleggerne stiller seg forstående og positive til universell utforming og luminanskontrast, men de mener at ytelseskravene i TEK10 er for strenge i forhold til de forutsetningene de har for å kunne kvalitetssikre løsningenes luminanskontrast.

⁹ Møte den 04.04.16 med Trine Presterud i Universell Utforming AS. Møtet omhandlet hvordan de arbeider og prosjekterer for luminanskontrast ved UU, samt TEK10-krav og aktuelle utfordringer.

4.2 Observasjoner under måltaking

I sammenheng med målingene er det observert faktorer som kan ha innvirkning på luminanskontrasten. Faktorene er oppdaget ved tilfeldigheter underveis i målingene. Det er ikke benyttet en vitenskapelig fremgangsmåte for å dokumentere faktorenes påvirkning på luminanskontrast. Med hensyn til videre sammenligning av måleresultater og målemetoder, er faktorene presentert i henhold til målemetodene.

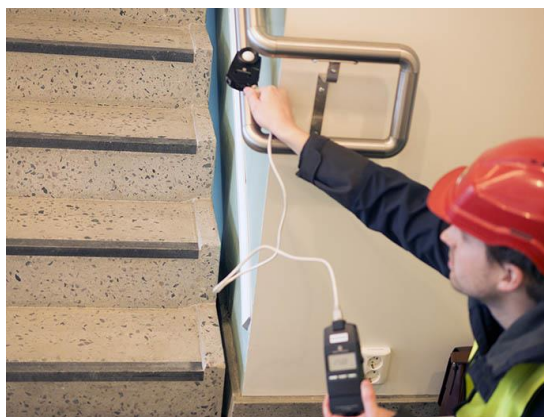
4.2.1 Observasjoner ved *metode for etterprøving*

1. Påvirkning som følge av variable lyskilder ved måling av belysningsstyrke.

Ved måling av et dagslyseksponert objekt, vil det kunne forekomme forskjeller i lysnivå i tiden mellom målingene utføres. Dette vil kunne påvirke luminanskontrasten mellom objektene som følge av målinger utført med luxmeteret.

2. Uønskede skygger og refleksjoner fra måletaker.

Ved måling av belysningsstyrke kan måltakers tilstedeværelse påvirke det registrerte lysnivået. Det er derfor nødvendig å holde en god avstand fra målobjektet i det målingene utføres. Skygger vil kunne påvirke verdiene som inngår i beregningen av luminanskontrast. Figur 4.4 viser hvordan en forlengelse av målesensoren kan benyttes for å redusere forstyrrende skyggeeffekter fra måltaker.



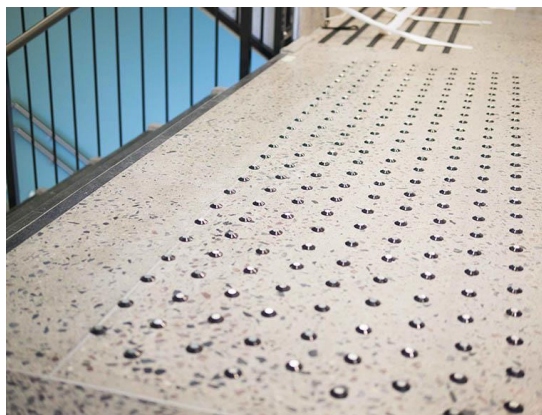
Figur 4.4: Måling av innkommende belysningsstyrke. Utfordrende å utføre målingene uten selv å skygge til – en forlenger kabel kan være til god nytte.

3. Unøyaktighet ved plassering av luxmeterets målesensor.

Ved måling av to objekters belysningsstyrke bør målesensorens posisjon være lik for begge objektene. Ulik vinkel og plassering av målesensoren vil påvirke luminanskontrasten mellom objektene. Slik forklart i kapittel 3.4.2, lot vi målesensoren være rettet mot himlingen ved samtlige målinger.

4. Måling av inhomogene materialer og overflater.

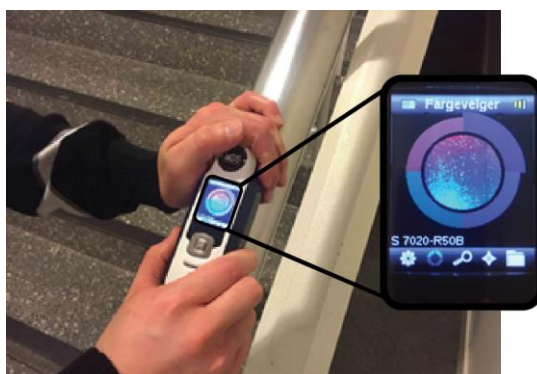
Ved måling av inhomogene materialer vil man, etter vår tolkning, være nødt til å utføre målingene i et område hvor bakgrunnsfargen er best mulig representert. Slike situasjoner forekommer særlig ved måling av eksponert betong der tilslaget er synlig. Figur 4.5 viser et farefelt på et slipt betonggulv, hvor denne problemstillingen vil kunne forekomme. Måler man en slik overflate vil fargemåleren oppfatte forskjellige typer farger, noe som kan medføre at måltaker må velge hvilken farge som oppfattes som mest nærliggende bakgrunnsfarge.



Figur 4.5: Taktile «nagler» av lakkert og børstet stål. Merking i en slik utførelse kan være problematisk å måle med fargemåler.

5. Lysforurensning på fargemålerens sensor.

Ved måling av objekter som ikke har plan overflate, eksempelvis håndløper som vist på Figur 4.6, vil det kunne forekomme forurensende lys i fargemålerens linse. Dette kan medføre at fargemåleren tolker overflaten annerledes enn hva den egentlig er. Slik figuren viser, vil man i en slik situasjon være nødt til å dekke til fargemåleren, slik at lys ikke slippes inn i linsen. Fargemåleren får imidlertid en feilmelding dersom for mye lys kommer inn i linsen.



Figur 4.6: Måling av håndløper av børstet stål. Måling av overflater som ikke er plane, eller som er av metall, kan gi avvikende måleresultater.

6. Måling av metaller og inhomogene overflater.

Ved måling av inhomogene eller metalliske materialer vil fargemåleren kunne oppfatte forskjellige typer farger. I slike situasjoner vil fargemåleren gi operatøren valget om å selv bedømme den mest nærliggende fargen. Figur 4.6 viser hvordan fargemåleren presenterer fire alternative farger ved måling av en håndløper i børstet stål. I dette tilfellet vil fargene kunne ha dårlig samsvarsgrad med håndløperens reelle farge. Denne situasjonen vil også kunne forekomme ved måling av eksponert betong der tilslaget er synlig. Figur 4.5 viser farefelt på et slipt betonggulv hvor denne problemstillingen gjerne vil forekomme.

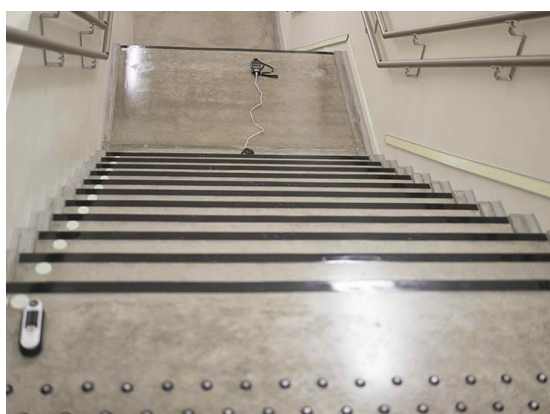
4.2.2 Observasjoner ved *metode for kontroll*

7. Påvirkning som følge av variable lyskilder ved måling av luminans.

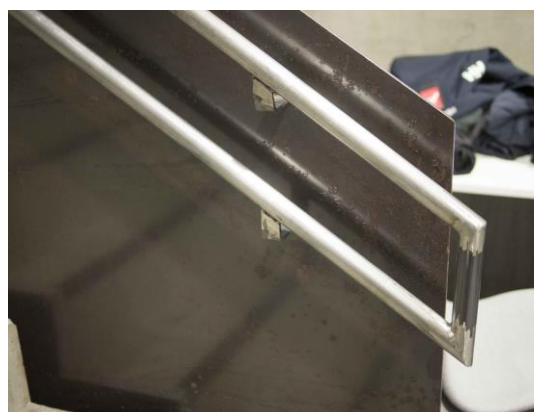
Ved måling av et dagslyseksponert objekt, vil det kunne forekomme forskjeller i lysnivå i tiden mellom målingene utføres. Dette vil kunne påvirke luminanskontrasten mellom objektene som følge av målinger utført med luminansmåleren. Det er uvisst hvor stor påvirkning denne faktoren har på luminanskontrasten.

8. Måling av sterkt reflekterende overflater.

Siden *metode for kontroll* er basert på faste målepunkter, vil det forekomme situasjoner der måling av høyt reflekterende overflater ikke kan unngås. Figur 4.7 og Figur 4.8 illustrerer to tilfeller hvor det sterke gjenskinnet påvirket luminanskontrasten. Figuren til venstre viser hvordan høy refleksjon kan påvirke luminanskontrasten negativt. Slik det fremkommer av bildet er området med sterkt gjenskinnet ikke forenelig med luminanskontrasten ellers i trappen. Figuren til høyre viser hvordan gjenskinnet kan ha positiv innvirkning på luminanskontrasten. I dette tilfellet fremheves håndløperen som følge av gjenskinnet.



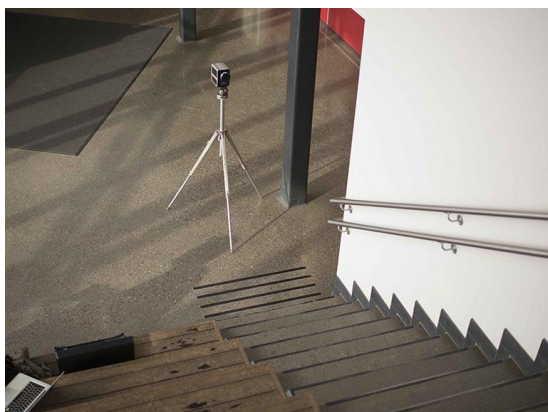
Figur 4.8: Områder med sterkt gjenskinnet i trapp 3. Gjenskinnet vil påvirke luminanskontrasten, og kan samtidig virke blendende.



Figur 4.7: Håndløper i trapp 10. Håndløper i ubehandlet stål, og speilende bakgrunn av delvis behandlet og rustet plate av stål. Materialsammensetningen ga usedvanlig høy luminanskontrast på grunn av bakgrunnens lave luminans.

9. Måling av overflater utsatt for slitasje.

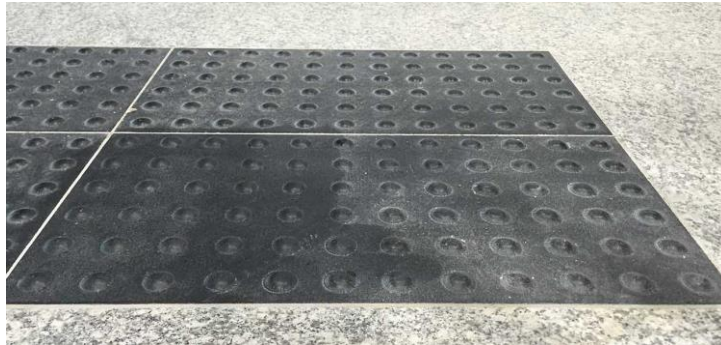
Det ble observert at nedslitte overflater kan ha en påvirkning på luminanskontrasten. På Figur 4.9 er det bilde av en trapp med tilsynelatende nedslitte markeringer av trappenesene. Slik bilde til høyre i figuren viser, bleknet eller forsvant markeringene som følge av slitasjen.



Figur 4.9: Slitasje på markeringer i trapp 12. Malte markeringer på trappeneser utsatt for stor slitasje. Til tross for avrundet kant, vil markeringen være lite synlig på vei ned i trappen. Trappen er en del av hovedårene i bygget, og prosjektet ble ferdigstilt i august 2014.

10. Måling av urene overflater.

Under måltaking ble det utført et uformelt forsøk i forbindelse med renholdets påvirkning på luminanskontrasten. Figur 4.10 viser farefeltet i trapp 8, der høyre del av farefeltet er rengjort, mens venstre del fortsatt er skitten. Forsøkene ble også utført på trappeneser og oppmerksomhetsfelt. Både objekt og bakgrunn ble rengjort i sammenheng med målingene. Ifølge Tabell 4.4 vil renholdet ha en viss innvirkning på luminanskontrasten.



Figur 4.10: Forskjell i rengjort og skittent farefelt. Det ble gjort forsøk på måling av skitten og rengjort overflate av sort stein. I dette tilfellet utgjorde rengjøringen en forskjell i luminanskontrast på 0,1.

Resultatene fra dette forsøket er ikke direkte tilknyttet problemstillingen, men vil være med på å opplyse om de forhold som man må ta hensyn til ved måling av luminanskontrast

Tabell 4.4: Oversikt. Forskjell i luminanskontrast mellom skitten og rengjort trapp.

Måling av rengjort trapp	Skitten trapp	Ren trapp
Luminanskontrast, oppmerksomhetsfelt	-0,6	-0,7
Luminanskontrast, farefelt	-0,7	-0,8
Gjennomsnittlig luminanskontrast, trappeneser	-0,7	-0,8

4.3 Gjennomgang av måleresultater

Under måltaking var det flere trapper som manglet essensielle komponenter knyttet til universell utforming i henhold til TEK10. De ulike manglene kan skyldes at de ennå ikke var montert ved tidspunktet målingen fant sted, eller at de manglet av ukjente grunner. Komponentene som manglet er nevnt i Tabell 4.1, og antall bygningskomponenter som vises i de neste diagrammene kan derfor variere.

I presentasjonen av måleresultatene vil det vises to diagrammer for hver bygningskomponent. Det ene diagrammet, *Diagramtype 1: sammenligning av luminanskontraster*, viser luminanskontrastene for de ulike trappene sett i forhold til kravene i TEK10. Det andre diagrammet, *Diagramtype 2: målemetodenes trendlinjer*, viser trendlinjer basert på luminanskontrastene beregnet med bakgrunn i de ulike målemetodene.

Diagramtype 1: sammenligning av luminanskontraster

For hver bygningskomponent er det valgt å se bort ifra ekstremalverdier. Dette er gjort for å skalere vertikalaksen, slik at måleresultatene blir mer sammenlignbare. Ekstremalverdiene vil for øvrig utdypes i diagrammenes forklarende tekst. Figur 4.17, Figur 4.19 og Figur 4.21 viser gjennomsnittsverdien for luminanskontrast basert på tre målinger ved hver trapp. Denne fremgangsmåten sikrer at luminanskontrasten til trappeneser og håndløpere blir kontrollert i flere målepunkter i hele trappens lengde.

Diagrammene leses som følgende; horisontalaksen markerer hvilke trapper som er målt, mens vertikalaksen markerer målt luminanskontrast. Det er benyttet fargede kolonner for å markere hvilke komponenter som tilfredsstillter kravene i TEK10. Fargene; grønn, gul og rød forteller leseren hvorvidt *begge metodene* viser tilfredsstillende kontraster (grønn), *én av metodene* viser tilfredsstillende verdier (gul), eller *ingen av metodene* viser tilfredsstillende verdier (rød). Fargekodene er valgt på bakgrunn av uvissheten omkring målemetodenes sammenlignbarhet.

Horisontalaksen er i tillegg markert med en sol, halv sol ettersom trappene er tilknyttet større eller mindre glassarealer som slipper inn ulike mengder dagslys. Ingen sol tilsvarer lukket trappesjakt uten påvirkning fra dagslys. På toppen av diagrammet forklares trappenes materialsammensetninger (objekt/bakgrunn) med forkortelsene gitt i Tabell 4.5.

Tabell 4.5: Oversikt, materialforkortelser. Forkortelser av de ulike komponentenes materialsammensetninger.

Forkortelse	Forklaring
Asfalt	Belegg med kornet asfaltoverflate
G.belegg	Gulvbelegg
Btg.	Betong
St.	Stein
B.stål	Børstet stål
Alu.	Aluminium

Diagramtype 2: Målemetodenes trendlinjer

Det er benyttet polynomiale trendlinjer for å markere sammenhengen mellom måleresultatene av de to målemetodene. Diagrammene viser, i motsetning til diagramtype 1, samtlige måleresultater for komponentene. Polynomiale trendlinjer gir oss muligheten til å betrakte resultatene fra målemetodene samlet. Trendlinjene representerer ikke resultatene fra trappene individuelt, men illustrerer det helhetlige samsvaret mellom målemetodenes resultater. Det gjøres oppmerksom på at disse diagrammene kan være skalert forskjellig fra *Diagramtype 1*.

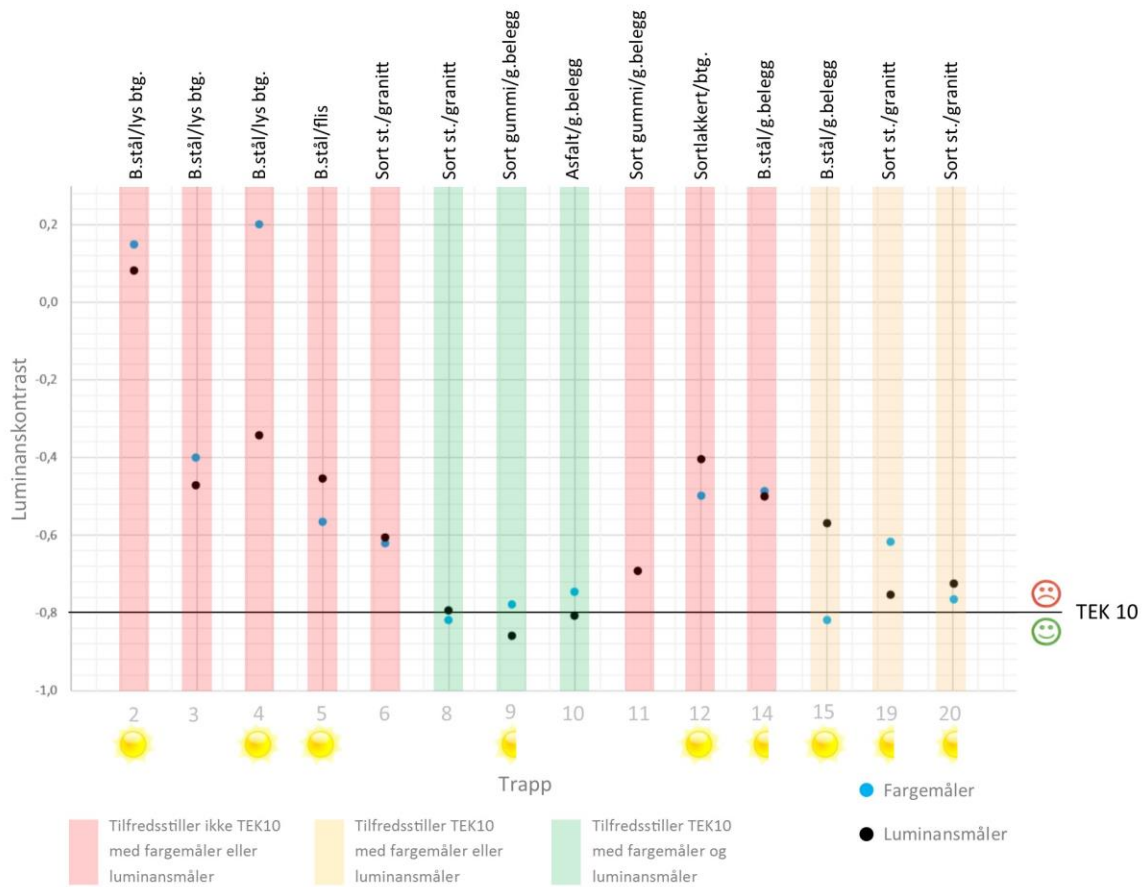
Diagrammenes hensikt er å sammenligne etterprøvingens resultater i forhold til kontrollmålingene utført med luminansmåleren. I denne sammenhengen er det aktuelt å trekke frem ulike størrelser som kan si noe om metodenes nøyaktighet. Det vil derfor nevnes følgende størrelser:

- Det største avviket mellom målemetodene for samme komponent i samme trapp, ΔC_{max}
- Det minste avviket mellom målemetodene for samme komponent i samme trapp, ΔC_{min}
- Gjennomsnittlig differanse mellom målemetodene, $\overline{\Delta C}$
- Høyeste negative luminanskontrast uavhengig av målemetode og trapp, C_{min}
- Høyeste positive luminanskontrast uavhengig av målemetode og trapp, C_{max}

Som vedlegg er det valgt å presentere diagrammene med en fast skalering. Skaleringen vil være fra høyeste negative luminanskontrast $C_{min} = -0,9$, til høyeste positive luminanskontrast $C_{max} = 6,0$. Dette vil medføre at visse ekstremalverdier faller utenfor det synlige intervallet, men verdien påvirker likevel trendlinjen. Hensikten med å presentere disse diagrammene er å enklere kunne sammenligne avviket mellom målemetodene uavhengig av størrelsesmessige forskjeller i vertikalaksen. Diagrammene finnes i Vedlegg E.

Vi tolker TEK10-kravene til luminanskontrast slik at det er rom for å avrunde desimalverdier i intervallet 0,75 til 0,85. Med andre ord, man kan avrunde luminanskontrasten til 0,8 i tilfeller der resultatene viser fra 0,75. Av den grunn vil TEK10-linjen vist på diagrammene kunne oppleves som noe misvisende i forhold til om måleresultatene er innenfor kravet eller ikke.

4.3.1 Farefelt



Figur 4.11: Sammenligning av farefeltenes luminanskontrast. Figuren viser hvilke farefelt som tilfredsstiller luminanskontrastkravene gitt i TEK10 som følge av oppgavens målemetoder.

Figur 4.11 viser luminanskontraster målt på farefelt. Det er blitt benyttet forskjellige materialsammensetninger i de forskjellige prosjektene, noe som har medført stor variasjon i luminanskontrast. Resultatene viser at de fleste farefeltene er utformet med negativ luminanskontrast.

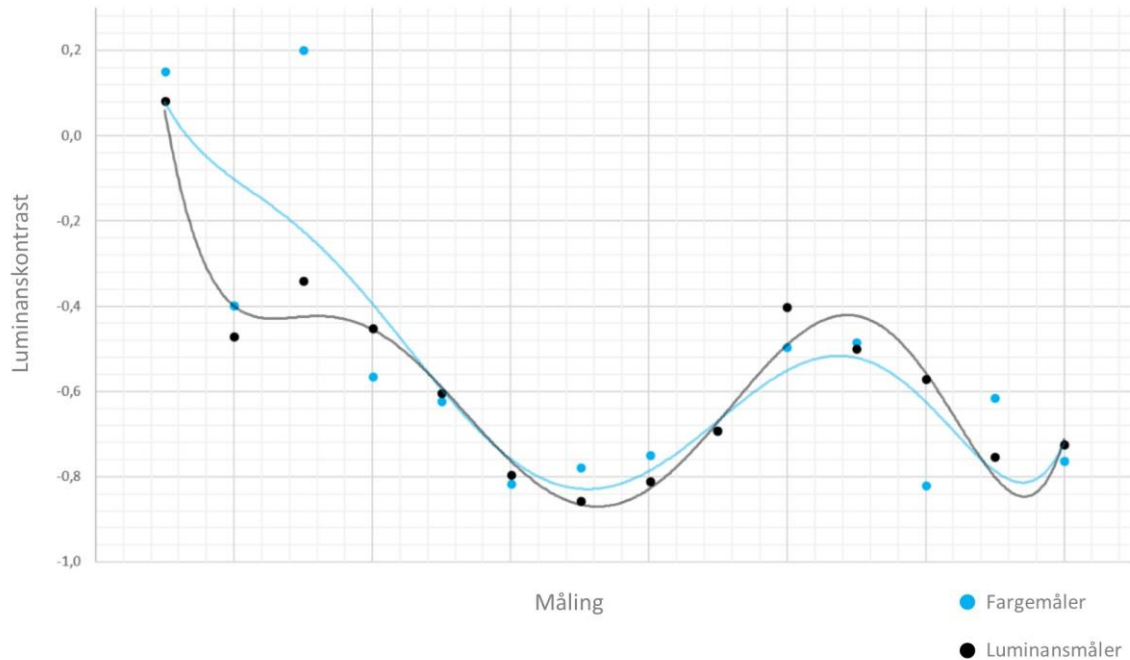
Det er til sammen 3 av 14 trapper som er markert grønne. Disse trappene; 8, 9, og 10 tilfredsstiller kravene som følge av begge målemetodene. Trappene var utsatt for middels og lite dagslys, og består av følgende materialsammensetninger:

- Sort stein mot granitt
- Sort gummebelegg mot gulvbelegg
- Asfalt mot gulvbelegg

3 av 14 trapper er markert gule, og tilfredsstiller derfor luminanskontrastkravet ifølge én av målemetodene. Disse trappene; 15, 19 og 20 var utsatt for middels eller mye dagslys, og består av følgende materialsammensetninger:

- Børstet stål mot gulvbelegg
- Sort stein mot granitt

De resterende 8 trappene er markert med rød kolonne. Disse har ifølge resultatene ikke tilfredsstilt kravene gitt i TEK10. Trappene hadde stor variasjon i tilgang på dagslys. Det kan i tillegg nevnes at 6 av 8 trapper hadde betong som bakgrunnsmateriale, hvorav fire av farefeltene besto av børstet stål.



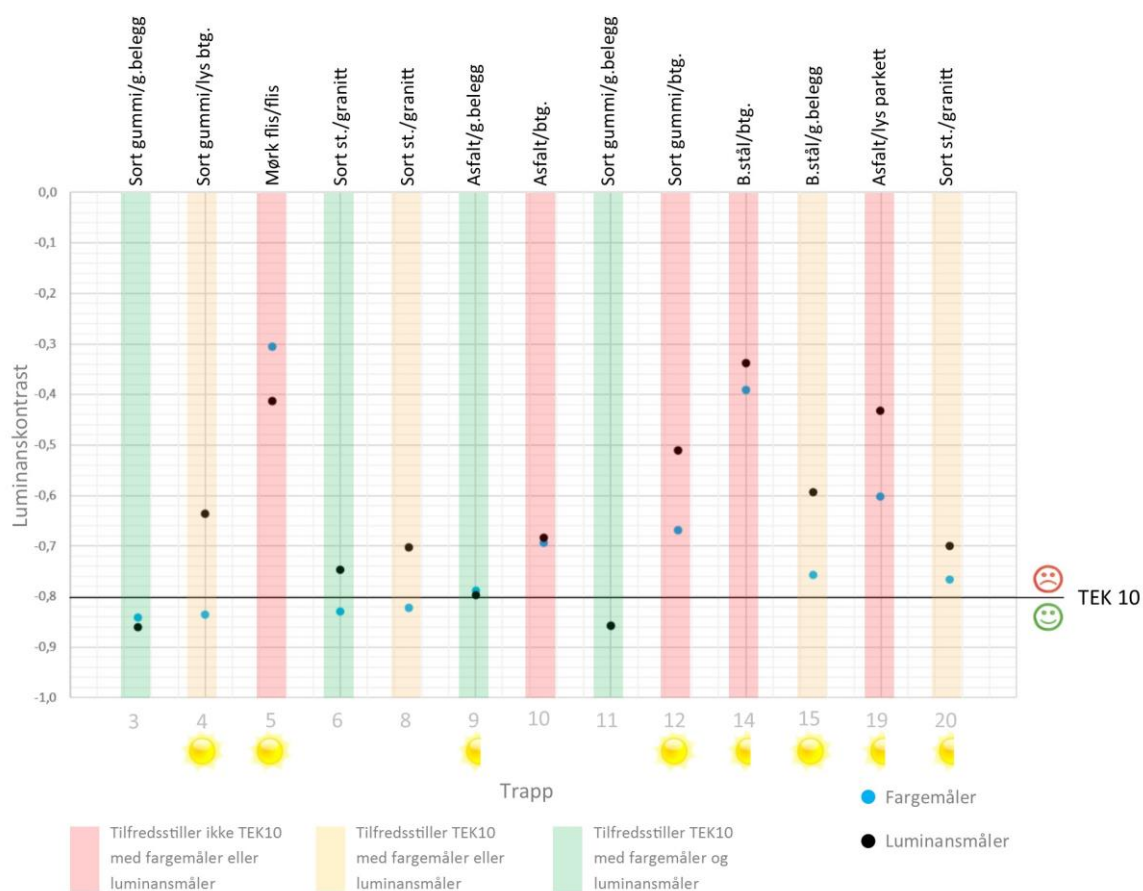
Figur 4.12: Målemetodenes trendlinje, farefelt. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følger av farefeltenes beregnede luminanskontraster.

Figur 4.12 viser polynomiale trendlinjer av samtlige målinger av farefelt. Trendlinjene viser at det er en viss differanse mellom målemetodenes resultat. Maksimal differanse i luminanskontrast mellom metodene er $\Delta C_{max} = 0,6$, noe som opptrer i trapp nummer 4. Minste differanse mellom målemetodene opptrer ved trappene 6, 8, 11, 14 og 20, og er $\Delta C_{min} = 0,0$. Det gjennomsnittlige avviket mellom målemetodene er $\overline{\Delta C} = 0,1$.

Videre kan vi se at dataene varierer mellom høyeste negative kontrast på $C_{min} = -0,9$ og høyeste positive kontrast på $C_{max} = 0,2$.

Målemetodenes trendlinjer krysses fire ganger, hvilket betyr at ingen av metodene utmerker seg å gi gjennomgående høyere eller lavere verdi for luminanskontrast.

4.3.2 Oppmerksomhetsfelt



Figur 4.13: Sammenligning av oppmerksomhetsfeltenes luminanskontrast. Figuren viser hvilke oppmerksomhetsfelt som tilfredsstillende luminanskontrastkravene gitt i TEK10 som følge av oppgavens målemetoder.

Figur 4.13 viser luminanskontraster målt på oppmerksomhetsfelt. Trapp nummer 2 er på grunn av sin høye positive luminanskontrast utelatt fra figuren. Denne trappens oppmerksomhetsfelt er eksponert for mye dagslys.

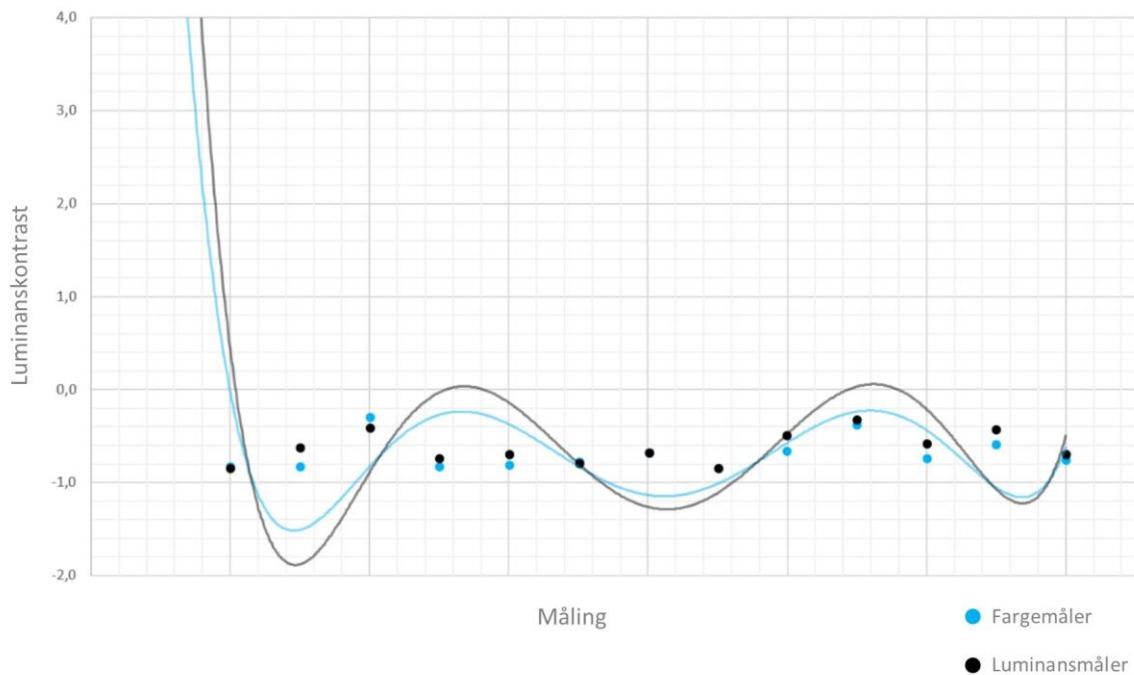
Det er for øvrig stor variasjon i materialbruk ved utforming av oppmerksomhetsfelt. Likevel ser vi at de resterende trappene har en løsning som gir negativ luminanskontrast. 4 av 13 oppmerksomhetsfelt er markert med grønne kolonner, og oppfyller derfor luminanskontrastkravet ifølge begge målemetodene. Disse trappene er utsatt for middels eller lite dagslys, og består av følgende materialsammensetninger:

- Sort gummibelegg mot gulvbelegg
- Sort stein mot granitt
- Asfalt mot gulvbelegg

Videre viser resultatene at det er 4 av 13 oppmerksomhetsfelt er markert gule, og tilfredsstillende da luminanskontrastkravet ifølge én av målemetodene. Trappene er i varierende grad utsatt for dagslys. Oppmerksomhetsfeltene som inngår i denne kategorien består av følgende materialsammensetninger:

- Sort gummibelegg mot betong
- Sort stein mot granitt
- Børstet stål mot gulvbelegg

De resterende fem oppmerksomhetsfeltene er markert med røde kolonner, og tilfredsstillende derfor ikke kravene i TEK10 ifølge våre målemetoder. Trappene har betydelig dårligere luminanskontrast enn hva som kreves. I tillegg bør det nevnes at trappene hadde stor variasjon i tilgang på dagslys.



Figur 4.14: Målemetodenes trendlinje, oppmerksomhetsfelt. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følge av oppmerksomhetsfeltenes beregnede luminanskontraster.

Figur 4.14 viser polynomiale trendlinjer av samtlige målinger av oppmerksomhetsfelt. For trapp 2, som er utenfor figurens skalering, ble luminanskontrasten målt til 9,0 med fargemåler og 14,1 med luminansmåler. Denne målingen påvirker derfor trendlinjene i stor grad. Materialsammensetningen for oppmerksomhetsfeltet i trapp 2 består av taktil aluminiumslist mot sort teppe.

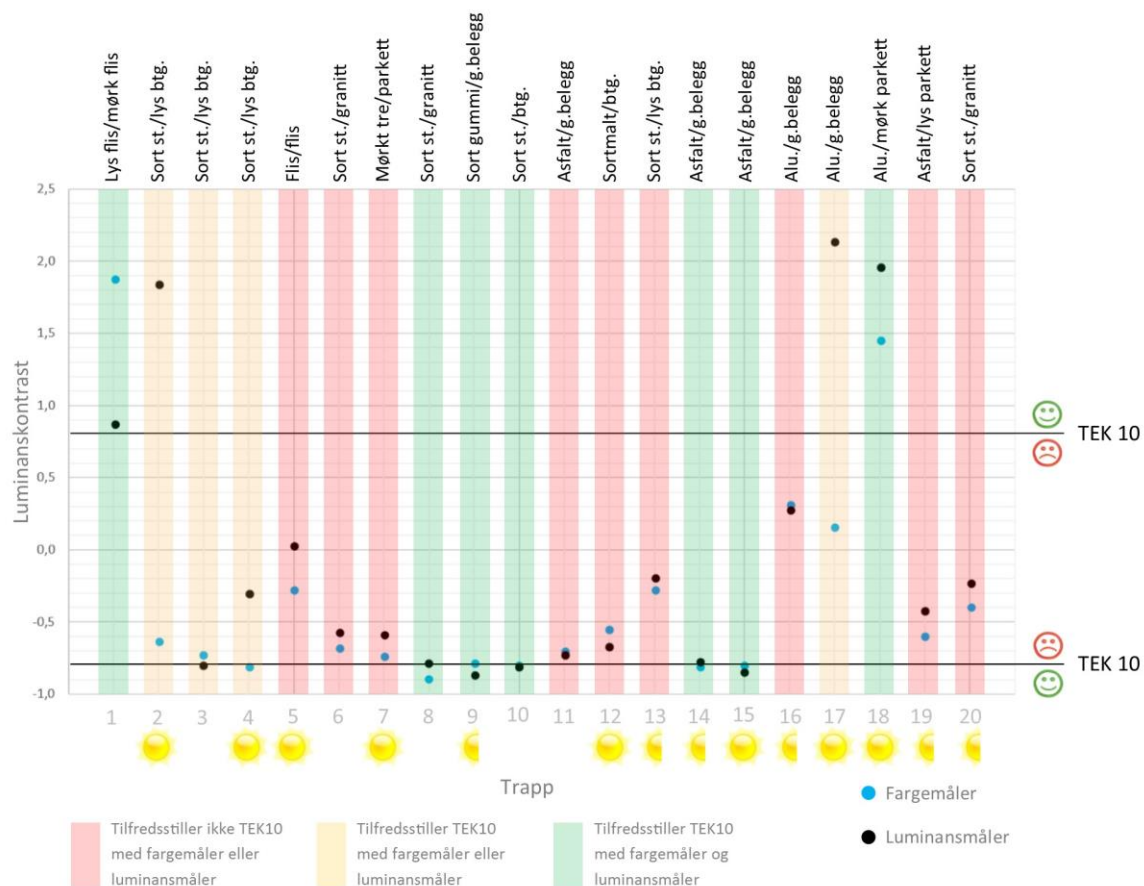
Det er ellers god sammenheng mellom målingenes trendlinjer, men det er viktig å presisere at figurens skalering er høy. Maksimal differanse i luminanskontrast mellom metodene er $\Delta C_{max} = 5,1$, og inntreffer ved trapp 2. Diagrammets minste avvik opptrer ved trappene: 3, 9, 10, 11, og er $\Delta C_{min} = 0,0$. Metodenes gjennomsnittlige avvik er $\overline{\Delta C} = 0,4$.

Videre kan vi se at dataene varierer mellom høyeste negative kontrast på $C_{min} = -0,9$ og høyeste positive kontrast på $C_{max} = 14,1$.

Trendlinjene krysses seks ganger, hvilket betyr at ingen av metodene utmerker seg å gi gjennomgående høyere eller lavere verdi for luminanskontrast.

4.3.3 Trappeneser

Trappeneser målt nedenfra



Figur 4.15: Sammenligning av de nedre trappenesenes luminanskontrast målt fra bunnen av trappen. Figuren viser hvilke trappeneser som tilfredsstiller luminanskontrastkravene gitt i TEK10 som følge av oppgavens målemetoder.

Figur 4.15 viser luminanskontrast på trappeneser målt fra bunnen av trappene. Målingene viser at det stort sett er benyttet negativ luminanskontrast for de fleste trappenesene, men at det også er noen tilfeller med positiv luminanskontrast. Som følge av denne variasjonen er det nå markert to horisontale linjer for å kunne angi det positive og det negative luminanskontrastkravet. Trapp 21 er utelatt fra diagrammet på grunn av sin høye positive luminanskontrast. Luminanskontrasten ble her målt til 5,9 med luminansmåler, og 1,0 med fargemåler. Dette utgjør diagrammets største differanse mellom målemetodenes resultater. Denne trappen har for øvrig god tilgang på dagslys.

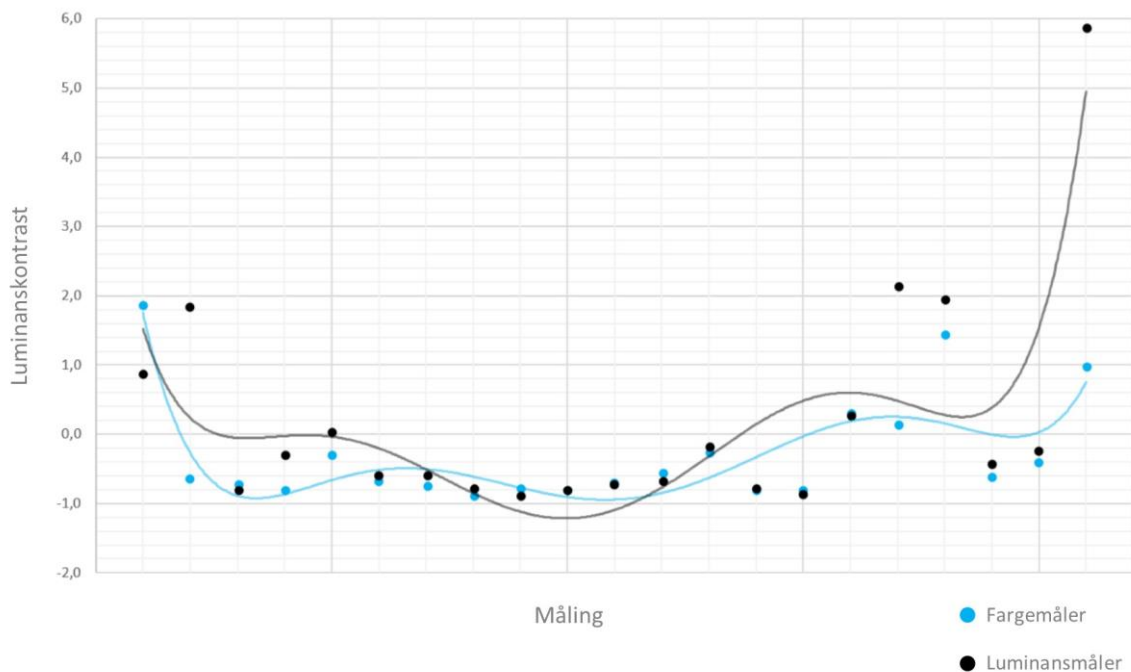
Resultatene viser at 7 av 20 trapper er markert grønt, hvilket betyr at disse trappene har tilfredsstillende verdier for luminanskontrast som følge av begge målemetodene. Trappene er i varierende grad utsatt for dagslys. Trappenesene består av følgende materialsammensetninger:

- Lys flis mot mørk flis
- Sort stein mot granitt

- Sort gummibelegg mot gulvbelegg
- Sort stein mot betong
- Asfalt mot gulvbelegg
- Aluminiums mot mørk parkett

4 av 20 trappeneser er markert med gule kolonner, og har derfor tilfredsstilt luminanskontrastkravet som følge av én av målemetodene. 3 av disse 4 trappenesene består av sammensetningen sort stein mot lys betong, og den fjerde trappenesen har aluminiumslist som objekt og lyst gulvbelegg som bakgrunn. Trappene var stort sett utsatt for mye dagslys.

De resterende ni trappenesene er markert som røde, og tilfredsstiller ikke kravene i TEK10 ifølge målemetodene. Disse trappene hadde stor variasjon i materialbruk og varierende tilgang på dagslys.



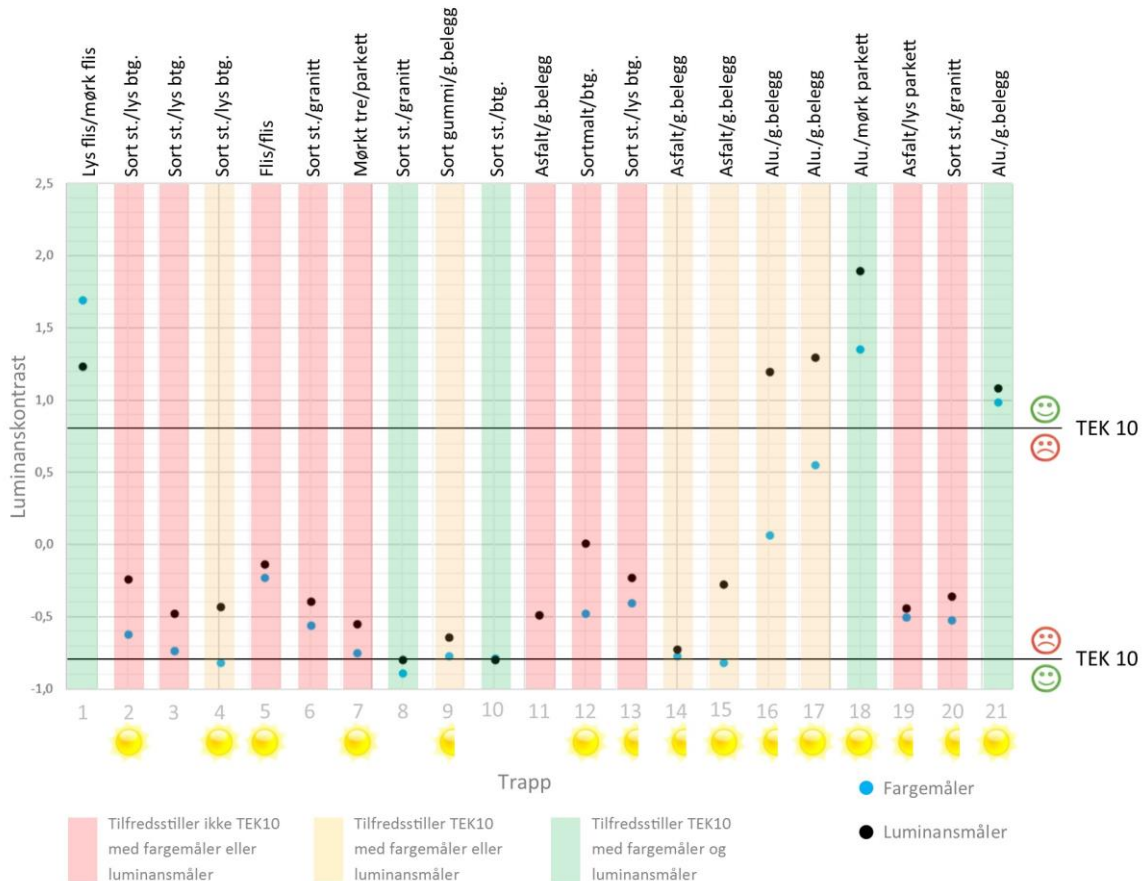
Figur 4.16: Målemetodenes trendlinje, trappeneser målt fra bunnen av hver trapp. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følge av trappenesene beregnede luminanskontraster. Resultatene er basert på målinger utført fra bunnen av hver trapp.

Figur 4.16 viser polynomial trendlinje av samtlige målinger av trappeneser målt fra bunnen av trappene. Det er mindre grad av sammenheng mellom trendlinjene, og det er i tillegg brukt en relativt høy skalering av figuren. Metodenes største avvik i luminanskontrast er $\Delta C_{max} = 4,9$, og opptrer ved trapp 21. Videre opptrer det laveste avviket på $\Delta C_{min} = 0,0$ i trappene 10, 11, 14, 15 og 16. Gjennomsnittlig avvik for målingene er $\overline{\Delta C} = 0,6$.

Videre kan vi se at dataene varierer mellom høyeste negative kontrast på $C_{min} = -0,9$ ved trapp nummer 9, og høyeste positive kontrast på $C_{max} = 5,9$, ved trapp nummer 21.

Trendlinjene krysser hverandre tre ganger, hvilket betyr at ingen av metodene utmerker seg å gi gjennomgående høyere eller lavere verdi for luminanskontrast.

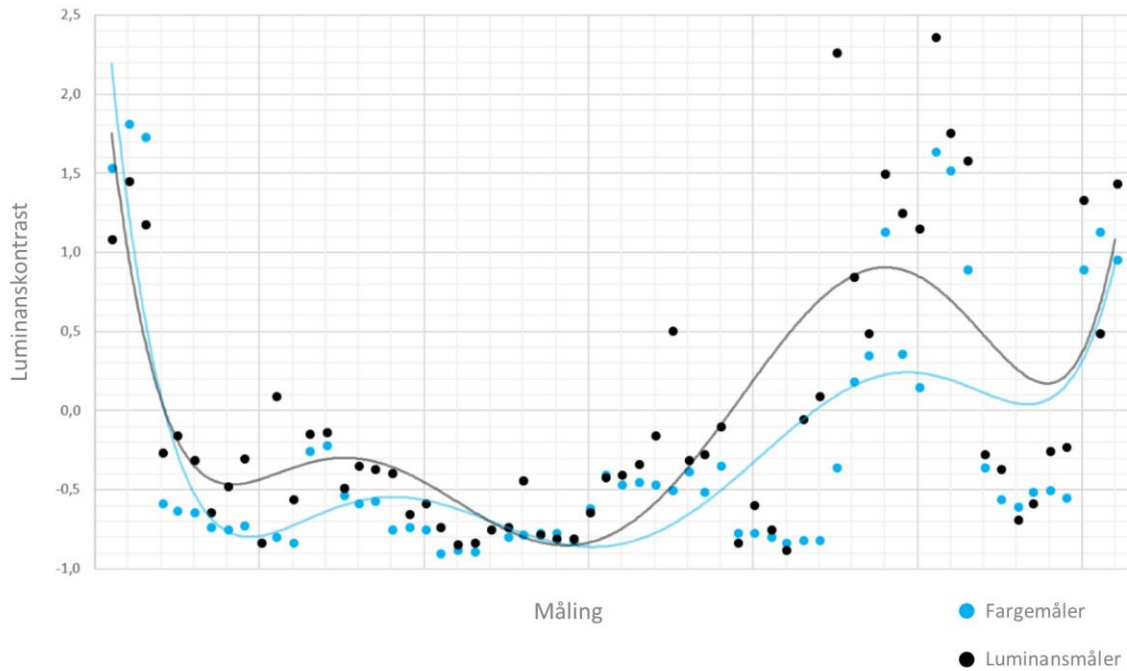
Trappeneser målt ovenfra



Figur 4.17: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast for trappeneser målt fra toppen av hver trapp. Figuren viser hvilke trapper som tilfredsstiller luminanskontrastkravene i TEK10, basert på oppgavens målemetoder. Resultatene er gjennomsnittlige verdier av 3 målinger utført ved hver trapp.

Figur 4.17 viser luminanskontrasten målt på trappeneser fra toppen. Resultatene er gjennomsnittet av tre målinger utført for hver trapp. De ulike trappenes materialsammensetning er allerede nevnt i gjennomgangen av resultatene for trappeneser målt fra bunnen. De vil derfor ikke nevnes nærmere i denne gjennomgangen.

Fra denne vinkelen ser vi at 5 av 21 trapper er markert med grønne kolonner. Videre er det 6 av 21 trappeneser som er markert gule, og oppfylder derfor kravet kun ved én av metodene. De resterende 10 trappeneser er markert med rød kolonne, og oppfylder derfor ikke kravet som følge av våre målemetoder. Det er for øvrig gjennomgående stor variasjon i tilgang på dagslys.



Figur 4.18: Målemetodenes trendlinje, trappeneser målt fra toppen av hver trapp. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følge av trappenesenes beregnede luminanskontraster. Resultatene viser 3 målinger per trapp.

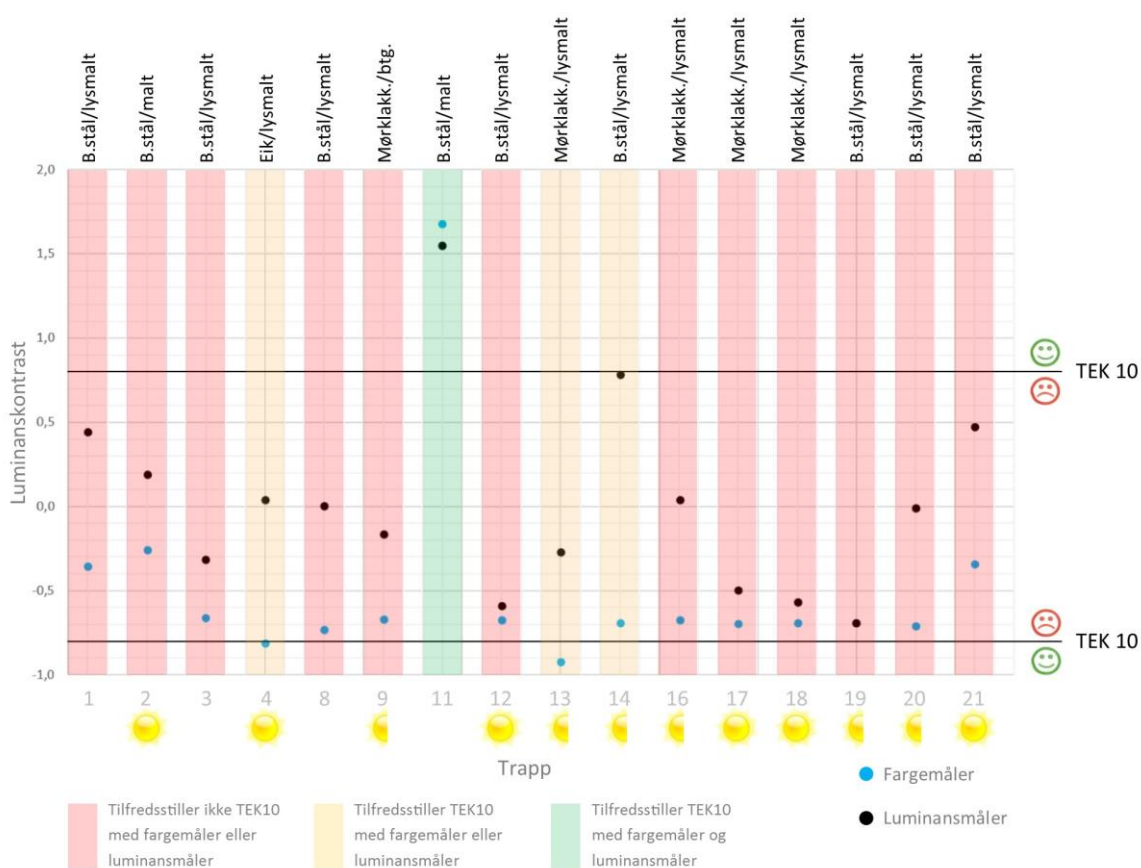
Figur 4.18 viser polynomial trendlinje av samtlige målinger av trappeneser målt fra toppen av trappene. Fra denne vinkelen er det blitt utført tre målinger per trapp; topp, midt, og bunn. Dette medfører at det er flere målinger og større spredning av resultatene langs horisontalaksen i diagrammet.

Det er mindre grad av sammenheng mellom trendlinjene, og det er i tillegg brukt middels høy skalering av figuren. Maksimal avvik i luminanskontrast mellom metodene er $\Delta C_{max} = 2,6$, og opptrer i trapp 16. Diagrammets minste avvik mellom målemetodene er $\Delta C_{min} = 0,0$, og opptrer i trappene 4, 6, 8, 9, 10, 11, og 15. Gjennomsnittlig avvik for målingene er $\overline{\Delta C} = 0,6$. Dataene varierer mellom høyeste negative kontrast $C_{min} = -0,9$ og høyeste positive kontrast $C_{max} = 2,4$.

Trendlinjene krysses kun to ganger, hvilket betyr at målinger utført med luminansmåleren gir gjennomgående lavere verdi for luminanskontrast, enn målinger utført med fargemåleren. Samtidig er det tilfeller der luminansmåleren gir betydelig større spredning i måleresultatene for samme trapp.

4.3.4 Håndløpere

Øvre håndløpere



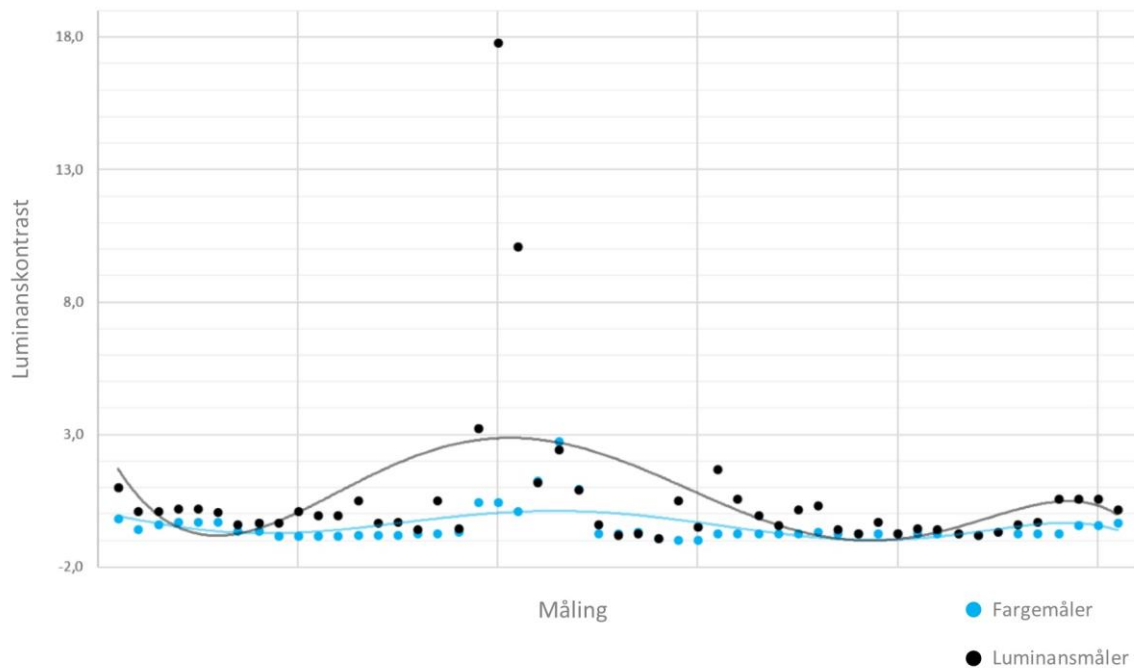
Figur 4.19: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast av trappenes øvre håndløper. Figuren viser hvilke øvre håndløpere som tilfredsstillers luminanskontrastkravene i TEK10, basert på oppgavens målemetoder. Resultatene er gjennomsnittlige verdier av 3 målinger utført ved hver trapp.

Figur 4.19 viser luminanskontraster målt på øvre håndløpere. Resultatene er gjennomsnittet av tre målinger utført i hver trapp. Samlet sett er trappene eksponert for varierende grad av dagslys.

Håndløper i trapp 10 er, på grunn av sin høye positive luminanskontrast, utelatt fra diagrammet. Ut fra fargemålerens resultater ble det beregnet en gjennomsnittlig luminanskontrast på 0,4. Luminansmåleren målte til 10,4, og sammenlignet utgjør dette en differanse i luminanskontrast mellom målemetodene på 10. Håndløperen består i dette tilfellet av ubehandlet stål, og bakgrunnen består av delvis lakkert og rustet stålplate.

De resterende håndløperne består stort sett av de samme materialene. Til tross for nokså lik materialsammensetning, viser diagrammet stor spredning av luminanskontrast innenfor TEK10-markeringene. 10 av 16 trapper har håndløpere i børstet stål. Av disse er det kun én håndløper som er markert grønn.

I utvalget er én håndløper av eik. Denne håndløperen viser tilfredsstillende verdi for én av målemetodene. De resterende fem prosjektene har håndlist av mørklakkert stål. Kun én av disse er markert gult.



Figur 4.20: Målemetodenes trendlinje, øvre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følge av den beregnede luminanskontrasten for hver trapps øvre håndløper. Resultatene viser 3 målinger per trapp.

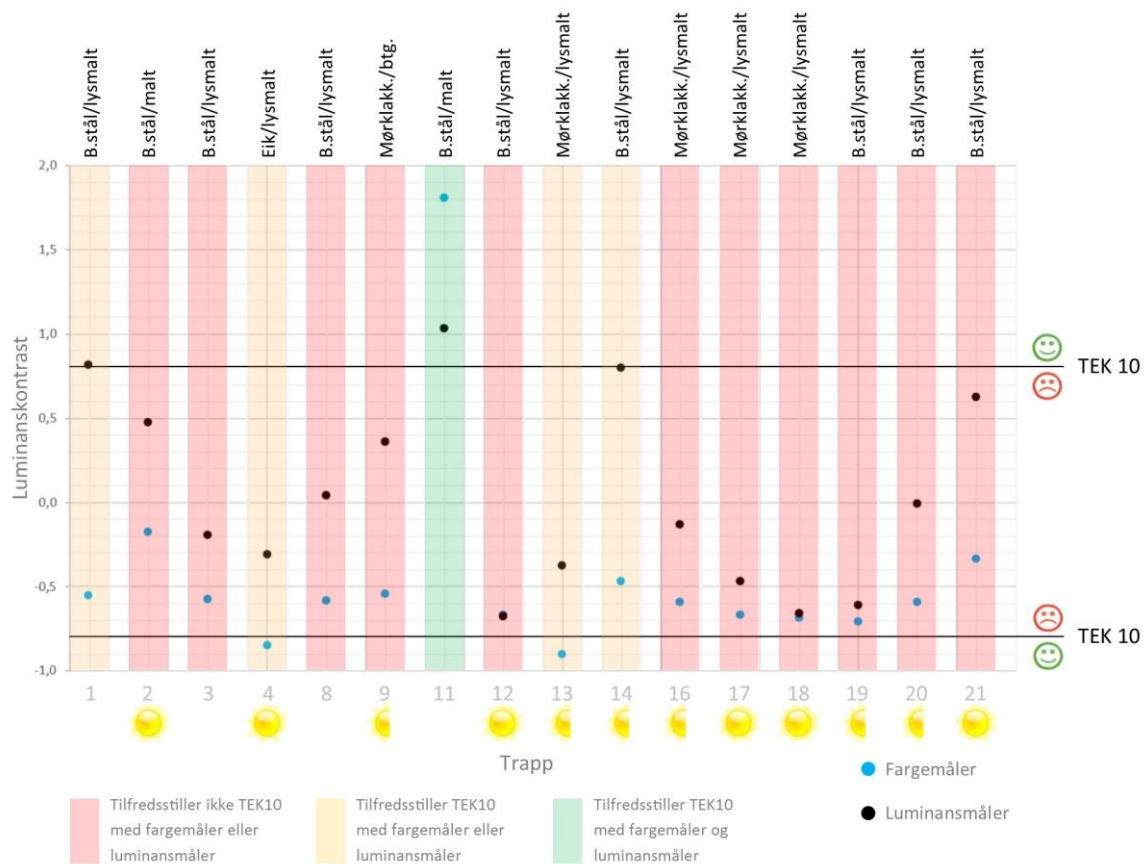
Figur 4.20 viser polynomial trendlinje av samtlige målinger av de øvre håndløperne. Som i Figur 4.18, vises de tre måleresultatene fra hver trapp i rekkefølgen; topp, midt, og bunn.

Det er mindre grad av sammenheng mellom trendlinjene, og det er i tillegg brukt høy skalering av vertikalaksen. Diagrammets høyeste positive verdi for luminanskontrast ble målt i midten av trapp 10, og er $C_{max} = 17,8$. Den høyeste negative verdien for luminanskontrast er $C_{min} = -0,9$, og finner sted i trapp 13.

Maksimalt avvik i beregnet luminanskontrast opptrer i det midtre målepunktet i trapp 10. Målemetodenes største avvik er $\Delta C_{max} = 17,3$. Målemetodenes minste avvik er opptrer i forskjellige målepunkter i de ulike trappene. Minste avvik som er beregnet er $\Delta C_{min} = 0,0$, og inntreffer i trappene 11, 13, 17, 18, og 19. Gjennomsnittlig avvik for håndløperne er $\overline{\Delta C} = 0,9$.

Trendlinjene krysses to ganger, hvilket betyr at målinger utført med luminansmåler gjennomgående gir mer positive verdier for luminanskontrast enn fargemåleren. Samtidig er det tilfeller der luminansmåleren gir betydelig større spredning i måleresultatene for samme trapp.

Nedre håndløpere



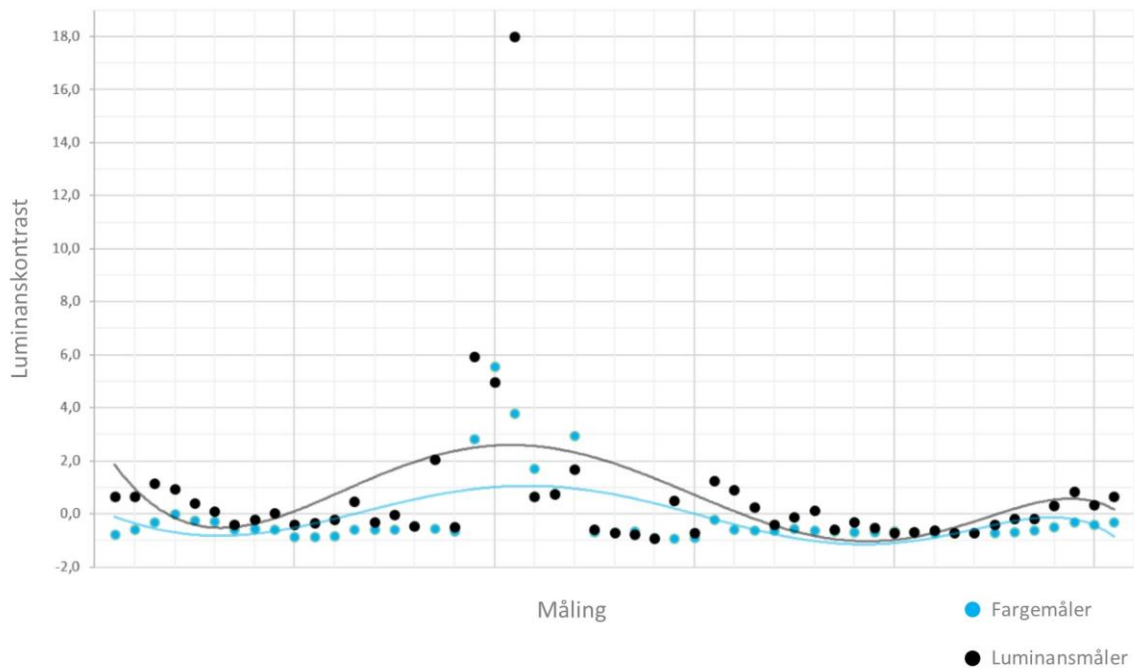
Figur 4.21: Sammenligning av gjennomsnittlig luminanskontrast for trappenes nedre håndløpere. Figuren viser hvilke nedre håndløpere som tilfredsstiller luminanskontrastkravene i TEK10, basert på oppgavens målemetoder. Resultatene er gjennomsnittlige verdier av 3 målinger utført ved hver trapp.

Figur 4.21 viser luminanskontraster for trappenes nedre håndløpere. Resultatene er gjennomsnittet av tre målinger utført i hver trapp.

Håndløperen ved trapp 10 er også her utelatt på grunn av sin høye positive luminanskontrast. Verdiene målt med hjelp av luminansmåleren ga en gjennomsnittlig positiv luminanskontrast på 9,6 for denne trappen. Fargemåleren ga i samme tilfelle en luminanskontrast på 4,1. Trappen utgjør igjen den største differansen mellom metodene på 5,5.

De øvrige resultatene viser at kun én håndløper er markert som grønn, 4 håndløpere er markert gul, og de resterende 11 er markert rød.

Videre kan man observere at det nå er en trapps øvre håndløper som har gått fra å rød, til å være gul ved trappens nede håndløper. Dette gjelder for trapp nummer 1.



Figur 4.22: Målemetodenes trendlinje, nedre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp. Figuren viser målemetodenes polynomiale trendlinjer som følger av den beregnede luminanskontrasten for hver trapps nedre håndløper. Resultatene viser 3 målinger per trapp.

Figur 4.22 viser polynomiale trendlinjer av samtlige målinger av trappenes nedre håndløpere. Figuren viser alle de tre måleresultatene per trapp i rekkefølgen; topp, midt, og bunn.

Trendlinjene viser at det er middels god sammenheng mellom metodene. Det er verdt å nevne at figurens skalering er høy på grunn av ekstremalverdiene som opptrer i trapp 10. Diagrammets høyeste positive verdi for luminanskontrast ble målt i midten av trapp 10, og er $C_{max} = 18,0$. Den høyeste negative verdien for luminanskontrast er $C_{min} = -0,9$, og finner sted i trapp 13.

Maksimalt avvik i luminanskontrast opptrer igjen ved det midtre målepunktet i trapp 10. Målemetodenes største avvik er her $\Delta C_{max} = 14,2$. De minste avvikene befinner seg ved forskjellige målepunkter i trappene 9, 11, 12, 13, 18, og 19, og er følgende $\Delta C_{min} = 0,0$. Gjennomsnittlig avvik er $\overline{\Delta C} = 0,9$.

Trendlinjene krysses ikke, hvilket betyr at målinger utført med luminansmåleren gir gjennomgående mer positive verdier for luminanskontrast enn fargemåleren.

5 Diskusjon

Slik det fremkommer av intervjuene har de fleste bygningsplanleggerne en positiv innstilling til universell utforming, men de opplever ytelseskravene til luminanskontrast som ufullstendig og vanskelig å etterkomme. Som følge av dette blir tiltak som fremmer universell utforming ofte nedprioritert, noe vi raskt kunne observere under befaringsprosedyrene. Slik vi opplever det, forflyttes ofte ansvaret til entreprenører og underentreprenører, slik at bygningsplanleggeren sitter igjen uten direkte kontroll på sluttresultatets kvalitet. Vårt ønske med denne oppgaven er å videreformidle våre erfaringer om luminanskontrast, samt måling og beregning av denne. Dette vil forhåpentligvis øke forståelsen til bygningsplanleggere, og gi et bedre utgangspunkt i prosjekteringen av universell utforming. Oppgavens problemstilling slik den fremkommer i kapittel 1.3:

Hvordan kan man planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis?

- *Hvilke verktøy og rutiner benyttes i dag av bygningsplanleggere, og hvor godt sluttresultat gir disse metodene?*
- *Kan man ved hjelp av en alternativ og rimelig metode planlegge og etterprøve luminanskontrast?*

Problemstillingen oppsto som en følge av ytelseskravene til luminanskontrast ved universell utforming av bygninger, og utfordringene knyttet til planlegging og etterprøving av disse. NS 11001-1:2009 angir en metode for beregning av luminanskontrast som kan benyttes i planleggingsprosessen (Standard Norge 2009). Denne metoden fungerer som et godt hjelpemiddel for å bestemme luminanskontrasten i en tidlig fase av prosjekteringen, men vil samtidig kunne medføre avvik fra det ferdige produktets reelle luminanskontrast. Ved å se nærmere på hvor godt sluttresultat de prosjekterte løsningene gir, vil vi, basert på våre målinger, kunne fortelle hvorvidt de anvendte verktøyene og rutinene egner seg til måling og planlegging av luminanskontrast.

Måling av luminans krever kostbart verktøy, og vi anser det som urimelig at en bygningsplanlegger må investere 30 000 i et verktøy som har begrensede bruksområder. I dette kapitlet vil vi derfor diskutere hvordan man ved hjelp av en alternativ og rimelig metode kan planlegge og etterprøve faktorene som inngår i beregningen av luminanskontrast. Vi vil på bakgrunn av teori og resultater fra målingene, samt informasjon fra intervjuene diskutere hvorvidt metodene for planlegging, etterprøving og kontroll fungerer i beregningen av luminanskontrast. Denne diskusjonen skal til sist gi grunnlag for en konklusjon for hvordan man kan planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis.

Diskusjonskapitlet er delt inn i tre hoveddeler; generelt om metodene, drøfting av observasjoner og sammenligning av målemetodene. *Generelt om metodene* vil belyse hva vi anser som en hensiktsmessig fremgangsmåte i planleggings- og etterprøvningsfasen, samt hvilke observasjoner og feilkilder som er tilknyttet metodene. Observasjoner gjort under

måling vil videre drøftes, for å tydeliggjøre eventuelle faktorer og forhold som kan ha innvirkning på målemetodene og følgelig resultatene. Til sist vil målemetodene sammenlignes i forhold til observasjoner, erfaringer og resultater, og slik legge grunnlag for hvorvidt det finnes en rimelig metode for planlegging og etterprøving av luminanskontrast.

5.1 Metodene

Som nevnt i kapittel 2.5, finnes det i NS 11001-1:2009 et formelgrunnlag for beregning av luminanskontraster. Formelverket tar utgangspunkt i at materialene kun avgir diffus refleksjon, og at man kjenner refleksjonsfaktoren til de aktuelle overflatene. Det står derimot ingen konkret fremgangsmåte for etterprøving av de prosjekterte luminanskontrastene. Vi har derfor undersøkt hvorvidt man ved hjelp av rimelige verktøy både kan planlegge og etterprøve luminanskontrast ut fra faktorene som nevnes i standarden. Forutsigbarheten ved prosjekteringen av luminanskontrast vil kunne forbedres dersom *metode for etterprøving* er basert på de samme forutsetningene som *metode for planlegging*.

5.1.1 Metode for planlegging

For å kunne finne en hensiktsmessig *metode for planlegging*, som flest mulig bygningsplanleggere kan benytte, er det avholdt intervjuer i sammenheng med prosjektene som er besøkt. Intervjuene skal bidra til å kartlegge hvilke verktøy og rutiner som bygningsplanleggere benytter i dag, og hvilke sluttresultater disse metodene eventuelt gir basert på våre målinger.

Ut fra våre erfaringer er det blitt sammenstilt en hensiktsmessig fremgangsmåte for planlegging av luminanskontrast. Fremgangsmåten er basert på teorien fra litteratursøket og erfaring tilknyttet måling. I den sammenheng er det viktig at fremgangsmåten er i forenelig med Norsk Standards anbefalinger og andre supplerende veiledninger, samt forutsetningene bygningsplanleggeren har for å kunne gjennomføre metoden. Fremgangsmåten bør med andre ord baseres på rimelige, anvendelige og universelle verktøy som også kan benyttes i etterprøvingsprosessen.

Intervjuene

Slik det fremkommer av intervjuene, har det vært ulike ambisjoner til universell utforming og luminanskontraster på prosjektene. Det er tilfeller der det ikke er planlagt i det hele tatt, og det er tilfeller der det er planlagt for luminanskontraster, enten det er ved hjelp av verktøy eller erfaring. Dette utvalget gir imidlertid mulighet til å se om resultatene reflekterer det ambisjonsnivået som er satt, og om det finnes verktøy og rutiner som er mer egnet til vurderingen av luminanskontrast.

Resultatene fra intervjuene viser at de fleste intervjuobjektene planlegger for luminanskontrast. Slik Figur 4.2 viser, har to av prosjektene benyttet fargemåler i prosjektering av luminanskontraster, mens ett prosjekt har benyttet NCS lyshetsmåler. Etter vår mening vil det være utfordrende å sammenligne farger med gråtoner når man benytter en NCS lyshetsmåler. I tillegg vil oppfattelsen av gråtonene være svært subjektiv ved bruk av dette

verktøyet. Ifølge en tidligere masteroppgave ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, *Krav til luminanskontrast i praksis* av Tonje Brunvatne, er verktøyet lite egnet til bestemmelse av refleksjonsfaktor. På bakgrunn av denne masteroppgaven, og annen litteratur, anser vi verktøyet som uegnet for oppgavens planleggings- og etterprøvingsdel. Fra vårt synspunkt vil det heller være hensiktsmessig å basere beregningen av luminanskontrast på refleksjonsfaktorer hentet fra NCS-atlasen.

Trapp hvor det ikke er prosjektert for luminanskontrast

For samtlige av prosjektene har det ikke vært ytterligere ambisjoner for universell utforming utover kravene i TEK10. Det er imidlertid én bygningsplanlegger som forteller at han ikke har prosjektert for kravene knyttet til luminanskontrast. Ved trapp 1 hadde byggherren egne preferanser for trappens utforming. Trappen manglet i tillegg fare- og oppmerksomhetsfelt. Trapp 16, 17, 18 og 21 manglet alle fare- og oppmerksomhetsfelt. Slike fysiske mangler kan tyde på manglende prosjektering, kvalitetssikring og kontroll på byggeplass. Dette er krav som står klart i TEK10 og videre forklart i veiledningen og tilhørende referanser. Ved å ikke etterfølge TEK10 kan bygningsplanlegger være i fare for å miste sin ansvarsrett. Med det faktum, kan det tenkes at mange bygningsplanleggere lever uvisse om at det finnes krav til luminanskontrast ved universell utforming, eller at deres bygg ifølge plan- og bygningsloven skal være universelt utformet. Man kan argumentere for at et bygg kun skal benyttes av et gitt antall faste brukere, men på samme måte som livsløpsstandard fungerer for boliger, skal universell utforming legge til rette for at de aller fleste skal kunne benytte bygget. Det er med andre ord viktig at de faste brukerne kan benytte bygget, selv om funksjonsevnen plutselig skulle endres.

Til sist er det viktig å fremheve den betydningen av kvalitetssikring har for universell utforming. Feilprosjektering kan skape vel så stor risiko som manglende prosjektering. Ved trapp 20 ble det oppdaget at markeringen for farefelt, i henhold til internasjonal standard, var benyttet som oppmerksomhetsfelt. Disse taktile markeringene vil fungere som et språk i underbevisstheten for de aller fleste. Synshemmede er spesielt avhengig av denne type kommunikasjon for å bli oppmerksom på eventuell fare som de ellers ikke har evne til å oppdage. Kostnadene som følger universell utforming kan være en avgjørende faktor i mange prosjekter. Konsekvensene av dårlig universell utforming kan imidlertid raskt bli alvorlige, og hvilke besparelser burde man egentlig være villig til å ta?

Trappene hvor det er benyttet erfaringsbaserte løsninger i prosjekteringen

Ved 5 av 12 prosjekter viser bygningsplanleggere til erfaringsbaserte løsninger for planlegging av luminanskontraster. Disse løsningene er gjerne basert på tidligere prosjekter, eller egen bedømming av kontraster. Hvorvidt man kan si at en erfaringsbasert løsning kan lønne seg, avhenger av vår sammenligning av måleresultatene. På komponentbasis er det mange trapper som i utgangspunktet fungerer godt. Det er derimot når disse blir satt i sammenheng at resultatet ikke blir tilfredsstillende. Samlet sett er det ingen av trappene i disse prosjektene som tilfredsstiller ytelseskravene i TEK10. Dette antyder at det er lite hensiktsmessig å benytte seg av erfaringsbaserte løsninger for planlegging av luminanskontrast. Man bør være klar over

at selv om en trapp fungerer godt under et gitt forhold, vil ikke dette nødvendigvis bety at den samme trappen fungerer i andre sammenhenger. Det er viktig å vektlegge de forutsetninger som finnes for det aktuelle bygget tidlig i planleggingsfasen. Aktuelle forutsetninger kan være alt fra bruksmønster til dagslys og andre lysforhold. Som det senere vil bli diskutert, er trapp 12 et godt eksempel hvor bruksmønster og uteforholdene ikke er tatt i betraktning under prosjekteringen. Her er trappeneser markert med sort maling. Brukerne er primært gruppen 1. til 7. klasse. Trappen er lokalisert ved en hovedinngang i direkte tilknytning med skolegården hvor all utelek og moro foregår. Bygningsplanleggeren i dette tilfellet burde ha tatt i betraktning den slitasjen malingen er ventet å tåle, mot den slitasje all sand og grus medfører. Dette må igjen være forenelig med det renhold og vedlikehold som er ventet at bygget skal ha. Det er usikkert hvilke erfaringer som ligger til grunn for vurderingen av denne trappens luminanskontrast, men det er tydelig at løsningens kvalitet ikke er tilstrekkelig for god universell utforming.

Trappene hvor det er benyttet verktøy i prosjekteringen av luminanskontrast

Trappene 9, 19 og 20 har basert sine luminanskontraster på ulike målemetoder tidlig i prosjekteringsfasen. I trappene 19 og 20 er det blitt benyttet NCS Lyshetsmåler i planleggingsfasen og NCS fargemåler til kvalitetssikring. I trapp 9 har Universell Utforming AS gjort beregninger med fargemåler for trappeneser, fare- og oppmerksomhetsfelt. Samlet sett er resultatene for trapp 9 innenfor TEK10 for de bygningskomponenter Universell Utforming AS har prosjektert for. Ved trappene 19 og 20 var bygningsplanleggeren nødt til å endre materialsammensetningen som følge av egen kvalitetssikring med fargemåler. I dette tilfellet ble det tidlig i planleggingsprosessen benyttet en NCS lyshetsmåler, senere i prosjekteringen ble overflatene kvalitetssikret med en fargemåler. Med endringene gjort som følge av kvalitetssikringen, er resultatene for trappene 19 og 20 tett opp mot ytelseskravet i TEK10, men fortsatt ikke tilfredsstillende. En mulig grunn kan være at det er blitt valgt farger på bakgrunn av NCS eller RAL-fargekode, men hvor deres måling med fargemåleren har vist et avvik fra dette. Dette er en feilkilde knyttet til fargemåleren, og dens evne til å måle overflater med forskjellig glans. Feilkilder knyttet til fargemåleren vil diskuteres senere i kapittel 5.1.2.

Slik resultatene viser, benytter noen bygningsplanleggere seg av uheldige løsninger; som for eksempel feilmarkeringer og dårlige egnede materialsammensetninger og lysforhold. Dette kan være en følge av manglende kunnskap eller manglende prosjektering. Likevel ser vi at de fleste bygningsplanleggerne ønsker å tilrettelegge for synshemmede ved universell utforming, men opplever prosjekteringen som utfordrende. Det er derfor aktuelt å stille spørsmål ved bakgrunnen til denne problematikken. Kan et ufullstendig lovverk, mangel på formidling av lovverket eller mangel av rutiner for kontroll være årsaken til nedprioritering av kravet?

Fremgangsmåte, planlegging

På bakgrunn av det som er beskrevet tidligere, kan det, slik Figur 5.1 viser, være hensiktsmessig å dele fremgangsmåten for planlegging av luminanskontrast inn i tre steg:

1. En sammenstilling av ønskede materialer og farger lages. Har man oversikt over materialenes NCS- eller RAL-kode, kan man knytte disse opp mot objekt og bakgrunn.
2. To materialer som representerer objektet og bakgrunn måles med en fargemåler. Dersom man har tilgang til NCS- eller RAL-kode kan dette benyttes for å finne refleksjonsfaktor – LRV.
3. Måleresultatene settes inn i formelverket som står beskrevet i NS 11001-1:2009. Etter å ha beregnet luminanskontrasten til de respektive overflatene, må resultatet kontrolleres opp mot de satte kravene.

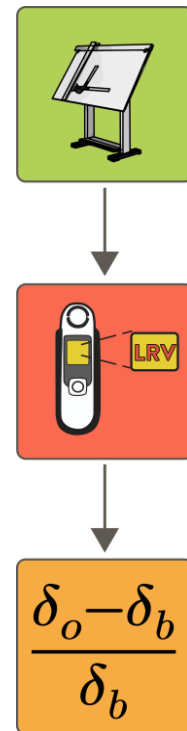
Dersom kontrollen viser avvik fra kravene, må man gå tilbake til første punkt og velge materialer og farger på nytt. Hvis kontrollen ikke viser avvik, er materialene som sammen utgjør luminanskontrasten klare til å dokumenteres og anvendes i tiltaket.

Metoden åpner opp for at man kan benytte et relativt rimelig verktøy til måling av refleksjon i både planleggings- og etterprøvningsprosessen. Planleggingsprosessen vil imidlertid skille seg fra etterprøvningsprosessen som følge av at man ikke kjenner til andre objekters reflekterte belysningsstyrke eller lokale skyggeeffekter. Det kan også være tilfeller hvor luminanskontraster er beregnet på grunnlag av NCS eller RAL-kodenes refleksjonsfaktor, men hvor det ferdige produktets farge differer fra dette. I slike tilfeller, samt ved tilfeller med varierende farge eller struktur i overflaten, vil det være nødvendig å måle fargen til det ferdige produktet som en kontroll. I tillegg vil formelen benyttet i denne metoden kun ta hensyn til materialer med matt overflate. Som det senere vil diskuteres, vil dette kunne medføre utfordringer med hensyn til overflater med høyt gjenskinn.

Ettersom regelverket angir luminanskontrast som en tallfestet ytelse, er det logisk å anta at en bygningsplanlegger selv skal være i stand til å planlegge og etterprøve sine prosjekterte løsninger. Etter våre erfaringer, vil dette kunne være problematisk ved visse tilfeller.

5.1.2 Metode for etterprøving

Metode for etterprøving er en alternativ metode for beregning av luminanskontrast. I stedet for å måle luminans direkte, noe som krever kostbart verktøy, måles materialenes refleksjonsfaktor og belysningsstyrke med rimelige verktøy. Vi ser at det er hensiktsmessig å benytte det samme verktøyet som i metode for planlegging. På denne måten kan bygningsplanleggere redusere kostnader og samtidig forholde seg til færre verktøy.



Figur 5.1:
Illustrasjon av
metode for
planlegging.

Etterprøvingens hensikt er å kontrollere de prosjekterte luminanskontrastene i ettertid. Vi ser at det nødvendigvis ikke er vanlig praksis å utføre slike forsøk. I intervjuet med Universell Utforming AS¹⁰ kom det frem at deres vanligste involvering i prosjekter består av rådgivning i planleggingsprosessen. De får sjeldent oppdrag om å etterprøve luminanskontraster. Fra deres side utføres etterprøvingen som oftest med en fargemåler, og ved behov benyttes svaksynte testpersoner til å vurdere kontrastenes synlighet.

På samme måte som bygg trykktestes for å sikre energieffektivitet, vil kontroll av luminanskontrast forsikre god synlighet av de aktuelle hjelpemidler ved universell utforming. Trykktesting er noe som er dukket opp i etterkant av energikrav i TEK10, og det kan tenkes at etter hvert som luminanskontrastkravet modnes vil flere bli bevisst på hvilke krav og komponenter som inngår i universelt utformede trapper. Med dette kan man vente seg at det i fremtiden kanskje blir mer aktuelt å etterprøve luminanskontraster, da det lettere vil kunne oppstå konflikter dersom brukere er klar over hvilke hjelpemidler som skal finnes i en trapp. På en annen side blir ikke bjelker trykktestet når bygget står ferdig, men til gjengjeld foreligger det mengder med trykktesting og andre forsøk bak enhver dimensjoneringsstandard. Med andre ord er det kanskje nødvendig med etterkontroll inntil en utvidet projekteringsstandard for luminanskontrast foreligger, samtidig som forhåndstestede luminanskontraster er innarbeidet.

Verktøyene vi har benyttet i våre målinger er en NCS Colour Scan 2.0 fargemåler og et Konica Minolta T-10A luxmeter. Disse verktøyene er svært hendige og enkle i bruk. Fargemåleren koster om lag 9000 NOK, og kan benyttes til andre oppgaver i bygnings- og planleggingsammenheng. Luxmeteret koster om lag 10 000 NOK, og kan også anses som et universalverktøy. Prismessig anser vi dette som overkommelig. Dette skyldes at verktøyene også kan benyttes i andre sammenhenger, eksempelvis kontroll av tilgang på dagslys og interiørmessige fargevalg.

¹⁰ Møte den 04.04.16 med Trine Presterud i Universell Utforming AS. Møtet omhandlet hvordan de arbeider og prosjekterer for luminanskontrast ved UU, samt TEK10-krav og aktuelle utfordringer

Formelverket tilknyttet denne metoden bygger på formelverket som foreligger i NS 11001-1:2009, og består av refleksjonsfaktor kombinert med opptredende belyningsstyrke:

Formel 5.1:

$$C = \frac{\delta_o \cdot E_o - \delta_b \cdot E_b}{\delta_b \cdot E_b}$$

C = Luminanskontrast

δ_o = Objektets refleksjonsfaktor (LRV)

E_o = Reflektert belyningsstyrke fra objektet

δ_b = Bakgrunnens refleksjonsfaktor (LRV)

E_b = Reflektert belyningsstyrke fra bakgrunnen

Som det fremkommer i formelverket, må refleksjonsverdiene til hvert objekt korrigeres med den innkommende belyningsstyrken. Denne korreksjonen vil justere refleksjonen slik at resultatene samsvarer bedre med de faktiske forholdene. Under befaring ble det observert flere utfordringer knyttet til denne målemetoden. Observasjonene og feilkildene for denne målemetoden vil videre ramses opp nedenfor, men vil ikke drøftes før senere i diskusjonen.

Det var utfordrende å måle komponenter som ikke har plan eller tilstrekkelig stor overflate. Punkt 5 i kapittel 4.2.1, viser en situasjon som forekommer ved måling av sirkulære håndløpere. Fargemåleren er avhengig av å kunne dekke over tilstrekkelig del av overflaten, slik at lys ikke slipper inn i linsen. Figur 4.5 viser at denne situasjonen også kan inntreffe når man måler et taktilt farefelt. Som en følge av lysforurensning vil målingen kunne gi en avvikende farge. Siden fargemåleren tar utgangspunkt i nærmeste i fargekode hentet fra NCS-atlasen, er det derfor viktig at det utføres flere testmålinger. Slik forsikrer man at fargekoden stemmer best mulig overens med den faktiske fargen på materialet. I tillegg luker man ut eventuelle feilmålinger.

Dersom målesensoren oppdager flere farger i overflaten, må måltaker selv bedømme og velge den mest nærliggende fargen. Dette inntreffer spesielt ved måling av metalliske overflater. Punkt 6 i kapittel 4.2.1, beskriver en situasjon hvor denne problematikken kan inntreffe. Når man må tolke og velge mellom fargene som fargemåleren oppfatter, åpner man opp for menneskelige feilkilder. Feilkildene forsterkes som følge av at fargemålerens skjerm og fargegjengivelse kan være noe upresis i forhold til den opprinnelige fargen i NCS-atlasen. Man må ikke minst ta i betraktning at NCS-kodenes refleksjonsverdier er basert på menneskers subjektive oppfattelse av refleksjon, og er derfor en tilnærmet verdi for den faktiske refleksjonen.

Slik punkt 1 i kapittel 4.2.1 forteller, ble det observert at variable lyskilder, som dagslys, vil kunne medføre forskjeller i objektenes luminanskontrast. Dersom man bruker lang tid mellom hver måling, kan dette påvirke resultatenes sammenlignbarhet. En annen feilkilde ved måling av belyningsstyrke, slik det fremkommer av punkt 2, er forurensende skygger på målesensoren. Måltaker må påse at han ikke skaper skygger som forstyrrer målingene. I slike

situasjoner vil det være aktuelt å tilføye en forlengelse mellom målesensoren og måleapparatet. Under målingene er det usikkert hvorvidt luxmeterets målesensor skal plasseres i samme vinkel ved måling av begge komponentene. Punkt 3 beskriver observasjonen der ulik oppstilling av målesensoren utgjorde en betydelig forskjell i innkommende belysningsstyrke. For å unngå for stort avvik i belysningsstyrke lot vi derfor målesensoren ha samme vinkel ved alle målingene. Hvert objekts målte belysningsstyrke vil da være basert på de samme lyskildene. Det er likevel usikkert hva som blir rett i forhold til de ulike overflatene og hvordan de er plassert. Utslaget vil være sterkt avhengig av overflatenes refleksjon og trappens generelle lysforhold.

Slik det fremkommer av kapittel 3.4.2, er det en rekke feilkilder direkte knyttet til verktøyene. Av disse er det kun temperaturforhold til luxmeteret og renhold av kalibreringsdekselet til fargemåleren vi har hatt mulighet til å kontrollere. Dette er imidlertid overholdt under samtlige av målingene.

5.1.3 Metode for kontroll

Kontrollen med luminansmåleren ble utført med den hensikt å kontrollere målemetoden til etterprøvingen. Verktøyet som er benyttet er kostbart, og det kan derfor antas at kun et fåtall personer i Norge har tilgang på et slikt. Det er i bygningssammenheng nokså uvanlig å utføre målinger ved hjelp av dette verktøyet uten at det foreligger en alvorlig rettslig tvist, og Universell Utforming AS forteller at de ytterst sjeldent benytter seg av slike verktøy. Det er heller ikke sikkert dette verktøyet kan regnes som en fasit til enhver tid, og prisnivået alene kan gjerne gi en illusjon om dette. I forhold til *metode for etterprøving*, tar utstyret for denne metoden betydelig mer plass og tid i måleprosessen.

Ved bruk av luminansmåler vil man kunne beregne luminanskontrasten basert på overflatenes målte luminans. Denne metoden vil direkte gi en luminans basert på overflatenes geometri, materialsammensetning og belysning. Formelverket knyttet til denne metoden er følgende:

Formel 5.2:

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

C = Luminanskontrasten

L_o = Objektets luminans

L_b = Bakgrunnens luminans

Vi har erfart mulige feilkilder til målinger utført med luminansmåleren basert på observasjoner under målingene. På samme måte som for *metode for etterprøving*, vil observasjonene ramses opp nedenfor, for senere å bli drøftet i sammenheng med måleresultater og observasjoner.

Opgavens fremgangsmåte for måling av luminans er basert på forhåndsbestemte målepunkter, for å redusere feilkilder knyttet til plassering og vinkelforhold. Det var derfor ingen mulighet å unngå måling av områder med gjenskinn, eller overflater med betydelig

slitasje. Punkt 8 i kapittel 4.2.2 nevner to tilfeller der luminanskontrasten ble påvirket som følge av gjenskinnet i materialene. I det ene tilfellet, vist på Figur 4.8, er et område i en trapp som avgir sterk refleksjon. Denne formen for refleksjon vil ha negativ påvirkning på luminanskontrasten, siden den mer eller mindre bryter kontrasten der gjenskinnet befinner seg. I det andre tilfellet, Figur 4.7, avgir håndløperen en høyere refleksjon enn bakgrunns materialet. Denne formen for refleksjon medførte svært høy luminanskontrast mellom komponentene, men kan til gjengjeld også virke blendende for noen personer. I praksis vil man sannsynligvis beregne luminanskontrasten basert på områder som er mest mulig forenelig med trappens øvrige luminanskontrast. Det vil derfor være nødvendig å skjønnsmessig vurdere trappen under måling, slik at måleresultatene reflekterer trappen som helhet og ikke enkelttilfeller.

Punkt 7 i kapittel 4.2.2, viser at feilkilder tilknyttet variable lyskilder også er tilstede når man måler luminans. Dersom belysningsnivået er skiftende, bør man forsøke å redusere tidsperioden mellom hver måling, slik at resultatene i mindre grad bli påvirket av dette.

Som nevnt i kapittel 3.4.3, er det feilkilder ved bruk av måleverktøyet. Blant disse feilkildene har vi kun hatt mulighet til å kontrollere målevinkelen i tilknytning med størrelsen på målepunktet. Med fast oppstilling og faste målepunkter er det lite sannsynlig at det vil oppstå avvik mellom hver trapp som følge av denne feilkilden. Det er derimot usikkerhet til oppstillingen av verktøyet, og det kan være at oppgavens oppstilling ikke er optimal med hensyn til hva som best mulig reflekterer trappens luminanskontrast med tanke på universell utforming. Likevel skal det nevnes at Doktor Ingeniør Jonny Nersveen ved NTNU Gjøvik har deltatt i vurderingen av målemetodens egnethet, og han samtykker i målemetodenes fremgangsmåte.

5.2 Observasjoner

Under befaringene ble det observert og erfart ulike faktorer og feilkilder knyttet til målemetodene og deres måleresultater. Vi vil i denne delen diskutere hvilke faktorer som kan ha innvirkning på luminanskontrasten, hva disse kan komme av, og hvordan dette kan påvirke trappenes orienterbarhet. Det må imidlertid presiseres at det er vanskelig for oss å bedømme orienterbarheten til en trapp basert på synligheten til dets komponenter. Friske øyne vil blant annet adapteres godt i forhold til skiftende lysforhold, og det kan være vanskelig å definere en komponents synlighet ut fra vår oppfatning av luminans. I mange tilfeller vil det være lett å forveksle komponentenes luminanskontrast med fargekontrast, og det er derfor viktig at man ved bedømming av luminanskontrast har en solid fremgangsmåte med pålitelige verktøy og kjente feilkilder.

5.2.1 Lys og refleksjoner

Slik vi tidligere har nevnt, vil sterkt gjenskinns kunne medføre svært varierende resultater mellom målemetodene. Luminansmåleren måler luminans direkte, og vil derfor gi resultater som gjenspeiler situasjonen ved et eksakt måletidspunkt og fra en bestemt vinkel. Luminanskontrasten beregnet ut fra fargemåleren og luxmeterets resultater, vil være basert på pre-definerte refleksjonsfaktorer kombinert med den opptredende belyningsstyrken. Dette vil med andre ord ikke gjenspeile situasjonen i like stor grad som beregningene gjort med grunnlag i luminansmåleren. I noen sammenhenger vil avvikene mellom disse metodene komme tydeligere frem, og under målingene ble det observert ulike lysrelaterte faktorer som ga avvik mellom målemetodenes resultater.

Gjenskinns, blanding og speiling

En fast oppstilling av måleverkøyet og faste målepunkter medførte, som nevnt i punkt 8 kapittel 4.2.2, at visse resultater ble påvirket av sterkt reflekterende overflater. Figur 4.8 viser et tilfelle hvor et område av trappen ga gjenskinns fra takbelysningen. Luminanskontrasten mellom trappenesen og inntrinnet vil i dette området være tilnærmet lik null, noe som ikke er forenelig med luminanskontrastene ellers i trappen. I praksis vil man sannsynligvis se bort fra slike områder med sterkt gjenskinns, og heller rette instrumentet mot hva som best gjenspeiler trappens øvrige luminanskontrast. I denne sammenhengen vil det også være viktig å betrakte hvilken effekt dette gjenskinnet kan ha på trappens orienterbarhet. En person med sykdommen grå stær kan for eksempel være blanding- og lysømfintlig, noe som kan medføre kortvarig synsnedsettelse. For at slike personer skal kunne orientere seg i en trapp er det nødvendig at tilgjengelige hjelpemidler ikke avgir desorienterende og blendende gjenskinns.

Ved å betrakte resultatene, er det ingen umiddelbar kobling mellom tilgangen på dagslys og resultatene. Dette kan blant annet skyldes at resultatene av håndløpere og trappeneser er en gjennomsnittsverdi av tre målinger. Ved å basere luminanskontrasten på gjennomsnittsverdier hentet fra forskjellige målepunkter i trappen, reduserte vi påvirkningen av ekstremaler. Før vi startet målingene hadde vi en forventning om at dagslys skulle være hovedfaktoren bak sprikende resultater. Men det viste seg imidlertid at sprikende

måleresultater også forekom i lukkede trappesjakter uten tilgang på dagslys. Eksempelvis ble den øvre håndløperen i trapp 10, som vises på Figur 4.7, målt til $\Delta C_{max} = 17,3$. Denne håndløperen består av ubehandlet stål, mens bakgrunnen består av en lakkert og rustet stålplate. I tillegg var belysningsstyrken lav i hele trappen. Slik det kommer frem av bildet, har platen i bakgrunnen en svært speilende overflate, noe som trolig er årsaken til den høye luminanskontrasten. Med dette tatt i betraktning, vil det være rimelig å anta at ekstremalverdien i større grad er knyttet til komponentenes materialsammensetning, og i mindre grad den innkommende belysningsstyrken. Denne trappen vil diskuteres senere i *Overflater generelt*.

Dagslys og metaller

Ved tilgang til mye dagslys, er det spesielt komponenter av aluminium som synes å gi ekstremalverdier i måleresultatene. Trappene 16, 17, 18 og 21 er alle utformet med trappeneser bestående av aluminium. Fra Figur 4.17 kan man se at tilgangen på dagslys sannsynligvis er en påvirkende faktor for luminanskontrasten. Trapp 16, som er lite eksponert for dagslys, har lavere luminanskontrast enn trappene 17, 18 og 21, som er eksponert for mye dagslys. Fra Vedlegg D ser vi at trappene 16, 17, 18 og 21 har gjennomsnittlig belysningsstyrke henholdsvis på om lag 180, 700, 600 og 1200 lux. Ved å studere trapp 17 i Figur 4.15, kan det tenkes at resultatene fra luminansmåleren er blitt påvirket av belysningsstyrken og eventuelt gjenskin. Trappen har samme utforming som trapp 16, og det kan derfor antas at fargemåleren gir mer konsise målinger i motsetning til luminansmåleren.

I et annet tilfelle, trapp 2, er oppmerksomhetsfeltet utformet med aluminiumslist mot et teppe. I dette tilfellet er gjennomsnittlig belysningsstyrke om lag 240 lux, noe som relativt sett er lavt i forhold til trappenesene nevnt ovenfor. Den avgjørende faktoren for luminanskontrastens sprikende verdier, kan derfor se ut til være en kombinasjon av lav refleksjonsfaktor og luminans på teppe mot en spesielt høy refleksjonsfaktor og luminans fra aluminiumlisten.

Etter å ha målt ulike materialer og overflater, ser vi at dagslys ikke nødvendigvis er den parameteren som alene skaper flest ekstremalverdier. Slik vi tolker resultatene, er det dagslys kombinert med metalloverflater som ofte gir uforutsigbare resultater. Det ser i tillegg ut til at andelen refleksjon varierer blant ulike typer metaller. Vi opplevde for eksempel at gjenskinn fra aluminium var mindre blendende enn gjenskinn fra stål.



Figur 5.2: Håndløper av børstet stål. Figuren viser at materialer som børstet stål gir varierende grad av gjenskinn, og kan by på utfordringer ved måling og beregning av luminanskontrasten.

Tidligere i diskusjonen ble det uttrykt at måling av sirkulære håndløpere forventes å være utfordrende. I tillegg kan det tenkes at håndløpere av stål gir ytterligere utfordringer. Resultatene antyder umiddelbart ingen særegen indikasjon på noen utfordringer knyttet til måling av disse. Ut fra observasjoner gjort under befaringene, er situasjonen som vist på Figur 5.2 gjennomgående for samtlige trapper med håndløper av børstet stål og tilsvarende blanke materialer. Den lyse stripen med gjenskinn på håndløperen vil forlytte seg avhengig av vinkelen man angriper trappen. Størrelsen på stripen vil sannsynligvis være avhengig av håndløperens radius og den innkommende belyningsstyrken. Hvis vi hypotetisk anser denne stripen som et objekt i forgrunnen, og resterende del av håndløperen som bakgrunn, kan man spekulere i hvorvidt dette er tilstrekkelig for å oppnå en god synlighet av håndløperen. Likevel er det usikkert om størrelsen til disse «objektene» er store nok, slik at svaksynte også har mulighet til å oppfatte de. Kontrastforskjellen vil også kunne være svært varierende, siden objektenes størrelse og plassering avhenger av en mengde variabler. Blant variablene vil belyningsstyrke, radius på håndløper, renhold, slitasje og vinkelen man angriper trappen fra, være utslagsgivende for luminanskontrasten. Dersom belyningsstyrken er høy, kan man tenke seg at lysstripen vil kunne virke blendende, særlig for personer som er lysømfintlige. Dette vil også kunne være et problem i tilfeller der lysforholdene i trappen og omgivelsene tilsier at lysadaptasjon vil oppleves som utfordrende eller tidkrevende.

Lysforhold ved måling

Som vi forklarte tidligere, var det ingen umiddelbar kobling mellom tilgangen på dagslys og resultatene. Det er heller mer aktuelt å se dagslysets påvirkning i sammenheng med trappens helhetlige synlighet. Det ble i sammenheng med måling i dagslyseksponerte rom erfart variasjon i luminanskontrast som følge av skiftende værforhold. Dersom en trapp er delvis dekket av direkte sollys, vil dette kunne føre til stor variasjon i komponentenes synlighet. I denne sammenheng vil måltaker kunne påvirke målingen ved å subjektivt velge de forhold som er optimale for den aktuelle parten. Om måling med dagslys blir det mest korrekte, er ikke sikkert. Trappen kan være utformet på en slik måte som gir mye gjenskinn og blendende effekter ved tilgang på mye dagslys. Dette kan føre til dårligere luminanskontraster ved måling i slike forhold. I motsatt fall kan trappen være utformet slik at kontrastene er dårlige ved lite dagslys.

I all hovedsak bør man forsøke å etterkomme god synlighet ved alle former for belysning, noe som betyr at trappekomponentenes kontraster må være tilfredsstillende for alle døgnets timer. Som eksempel kan bygg med automatiske lysanlegg trekkes frem. I slike bygg benyttes dagslyset som erstatning for den kunstige belysningen basert på en minimums belysningsstyrke. I slike bygg vil lysforholdene være i konstant forandring. Dette vil medføre utfordringer knyttet til måling, siden det finnes utallige situasjoner med forskjellig belysning. Med mindre en målestandard sier noe om hvilke forhold en måling skal utføres under, vil resultatene bli kunne påvirket av måltaker.

Det er imidlertid ikke observert noen resultater som direkte kan knyttes til skiftende dagslys, da belysningsstyrken er et resultat av uendelig mange variabler.

5.2.2 Materialer og overflater

Inhomogene overflater

Figur 4.5 viser en typisk betongoverflate som ut fra befaringene viser seg å være et relativt populært bygningsmateriale i dag. Bildet viser et farefelt av delvis sortlakkerte børstede stålnagler. I forgrunnen er det problematisk å skille naglen fra tilslaget i betongen på grunn av deres størrelses- og fargemessige likheter. Denne problematikken kan oppstå også i andre materialer som har inhomogen overflate med tydelige kontrastforskjeller. Lyse eller mørke innslag i steinprodukter og kvister i treprodukter er eksempler der det kan oppstå kontrastproblemer mellom bakgrunn og farefelt. Det vil være svært uheldig om en svaksynt forveksler tilslag eller kvister med et farefelt. Dette kan i verste fall gå på bekostning av personens sikkerhet.

Det er en del faktorer som inngår i vurderingen av trappers orienterbarhet. I denne sammenhengen bør det være rom for skjønnsmessige vurderinger som følge av tiltak som kan fremme komponenters synlighet til tross for lav luminanskontrast. Eksempelet som vises på Figur 4.5 har en lavere luminanskontrast enn hva TEK10 krever. Likevel er dette en situasjon hvor man bør ta i betraktning bruk av materialer som skiller seg fra bakgrunnen. Betongen består av regelmessig sort tilslag, og det er derfor logisk å utforme farefeltet i et materiale

som skiller seg fra bakgrunnens farge og gjenskinn. Likevel bør det sies at et farefelt med heldekkende bakgrunn bestående av et annet materiale, vil være å foretrekke.

TEK10 og tilhørende veiledninger forteller ikke hvordan måling av refleksjoner skal foregå. Etter vår mening bør ytelseskrav være målbare, ellers vil ikke bygningsplanleggeren være i stand til å planlegge og skreddersy løsninger. Vi har målt flere tilfeller med eksponert betong, og med ulik grad av både størrelse og farge på tilslag. Ved måling av slike overflater vil man som måltaker i større grad kunne påvirke målingene subjektivt ved begge målemetodene, noe som resulterer i en feilkilde for dem begge. Fargemåleren har en gitt størrelse på måleområdet, og hvorvidt denne plasseres over lysere eller mørkere partier i betongen avhenger av operatøren. Det samme gjelder for luminansmåleren, hvor måleområdets størrelse kan endres til å dekke ønsket areal. Man kan med andre ord tilpasse målingene til sin fordel. Er det noen verdi i et lovverk som kan tilpasses i forhold til de enkeltes behov?

Aluminium

Fra Figur 4.13 kan man se at oppmerksomhetsfeltet i trapp 2 skiller seg ut. Materialsammensetningen for luminanskontrasten her er en aluminiumslist mot sort teppe, altså et relativt blankt metallisk materiale mot et nærmest fullkomment matt materiale. Denne trappen er i tillegg utsatt for mye dagslys. Resultatene viser et høyt avvik mellom metodene, til tross for at begge måleverktøyene oppfatter en høy og positiv luminanskontrast. Fra Figur 4.16 kan vi se den samme forekomsten ved trapp 21. Resultatene viser også her et høyt avvik mellom målemetodene, og de viser begge til en høy positiv luminanskontrast. I likhet med trapp 2 er det benyttet aluminium som en del av materialsammensetningen.

Fra observasjonene nevnt ovenfor kan vi anta at aluminium er et materiale som generelt skiller seg ut i forhold til andre materialer. Aluminium kombinert med mye dagslys ser ut til å gi gjennomgående høye positive luminanskontraster. Resultatene viser også at fargemåleren måler lavere verdier enn luminansmåleren i samtlige av tilfellene. Til tross for de høye verdiene, ble det ikke observert noen spesiell blendende effekt som følge av den høye kontrasten. Det er tydelig at aluminium gir gode kontraster i de fleste trappene, men samtidig kan det virke som et svært uforutsigbart materiale.

Overflater generelt

Det var stort sett varierende materialsammensetninger ved de ulike prosjektene, med unntak av håndløperne som stort sett var utformet i børstet eller mørklakkert stål. I kapittelet *Dagslys og metaller*, ga vi uttrykk for at håndløpere av børstet stål, med sine fysiske egenskaper, kan være utfordrende å måle. Under befaringene ble det observert at gjenskinn er et fenomen som opptrer ved samtlige av slike håndløpere uavhengig av tilgang til dagslys. Den sterke refleksjonen er sannsynligvis et resultat av stålets blanke overflate, og at håndløperne ikke har plan overflate. Med dette tatt i betraktning vil det være mest nærliggende å se på metodenes gjennomsnittlige avvik for håndløperne, $\overline{\Delta C}$, i forhold til de øvrige bygningskomponentene. Slik Tabell 5.1 viser, er gjennomsnittsavviket mellom håndløperne større enn ved noen annen komponent.

Tabell 5.1: Oversikt. Bygningskomponent med typisk materiale og overflate, og tilhørende gjennomsnittlig, minimal og maksimal differanse mellom måle metodene. Tall i parentes er nøkkeltall hvor trapp 2 er utelatt for beregningen av oppmerksomhetsfelt, og trapp 10 er utelatt for beregningen av håndløpere.

Bygningskomponent	Typisk	$\overline{\Delta C}$	ΔC_{min}	ΔC_{max}
Farefelt	Børstet stål og halvblanke overflater. Tilfeller med matte materialer.	0,1	0,0	0,5
Oppmerksomhetsfelt	Matte eller halvblanke overflater. Tilfeller med børstet stål.	0,4 (0,1)	0,0	5,1 (0,2)
Trappeneser (målt nedenfra)	Matte eller halvblanke overflater. Tilfeller med aluminium.	0,6	0,0	4,9
Trappeneser (målt ovenfra)	Matte eller halvblanke overflater. Tilfeller med aluminium.	0,3	0,0	2,6
Håndløper (øvre)	Børstet stål og mørklakkert stål. Tilfeller med eik.	0,9 (0,5)	0,0	17,3 (2,4)
Håndløper (nedre)	Børstet stål og mørklakkert stål. Tilfeller med eik.	0,9 (0,6)	0,0	14,2 (2,6)

Tabellen gir uttrykk for at det er en viss sammenheng mellom måle metodene og materialet som er benyttet på bygningskomponenten. Gjennomgående for alle bygningskomponenter er at minste differanse mellom måle metodene er lik null. Videre ser vi at gjennomsnittsverdiene ligger nærme minste differansen, noe som kan tyde på at det er flere målinger med lavt avvik enn med høyt avvik. Med andre ord; dette betyr at det er flere målinger hvor måle metodene stemmer godt overens. Slik kolonnen for ΔC_{max} viser, er det i visse tilfeller registrert høye ekstremalverdier. Blant annet kan man se at håndløper, både øvre og nedre, utmerker seg med høye ekstremalverdier i tabellen. Dette skyldes trapp 10.

Figur 4.7 viser trapp 10, hvor håndløperen består av ubehandlet stål mot en speilende bakgrunn bestående av en lakkert og rustet stålplate. Denne materialsammensetningen viste seg å gi en usedvanlig høy luminanskontrast. Fra Vedlegg D er det laget en tabell med materialer fra tre valgte tilfeller:

Tabell 5.2: Oversikt. Utvalg av trappekomponenter med like refleksjonsfaktorer. Trapp 10 (bakgrunn for håndløper) viser gjennomsnittlige verdier. Tabellen viser at trapp 10 har forholdsmessige avvik fra trapp 2 og 9.

Trapp	Trapp 10	Trapp 2	Trapp 9
Bygningskomponent	Håndløper (bakgrunn)	Oppmerksomhetsfelt (bakgrunn)	Farefelt (objekt)
Materiale	Rustbehandlet speilende stålplate	Sort teppe (matt)	Sort gummi (matt)
Refleksjonsfaktor $\bar{\delta}$	7	6	6
Belysningsstyrke \bar{E} [lux]	82	292	260
Luminans \bar{L} [$\frac{cd}{m^2}$]	0,9	4,1	3,4
Sammenligningsgrunnlag $\frac{\bar{E}}{\bar{L}}$	91,1	71,2	76,5

Tabell 5.2 viser tre trapper med tre overflater med tilsynelatende lik refleksjonsfaktor. Trapp 10 skiller seg ut fra de øvrige trappene med lavere belysningsstyrke og luminans. Fra tabellens nederste rad ser vi at trapp 10 skiller seg ut fra de andre trappene. Dette kan være en indikasjon på at overflatene i trapp 10 reflekterer lys annerledes enn trappene 2 og 9. Med dette kan man anta at refleksjonsfaktoren målt i trapp 10 sannsynligvis er en feilmåling. Fargemåleren vil i dette tilfellet oppfatte komponenten som matt, mens luminansmåleren vil oppfatte den som blank. Som følge av den lave luminansen i trapp 10, vil det i tillegg være grunn til å tro at stålplaten reflekterer det innkommende lyset spekulært. Bakgrunnens luminans vil trolig være et resultat av refleksjonen til de omkringliggende objektene, og ikke direkte fra belysningen.

Går man tilbake til Tabell 5.1, ser man at visse ekstremalverdier øker målemetodenes gjennomsnittsdifferanse. På bakgrunn av resultatene fra trappene 2 og 10, vil det være hensiktsmessig å utelate disse ved sammenligning av komponentene i tabellen. Ved å se bort fra trapp 2 vil gjennomsnittsdifferansen for oppmerksomhetsfelt reduseres fra 0,4 til 0,1. Dette er en veldig lav verdi, noe som tyder på at metodene stemmer godt overens i tilfeller der materialsammensetningen ikke er som i trapp 2. Utelater man trapp 10 vil det for øvre og nedre håndløper være en gjennomsnittlig differanse på henholdsvis 0,5 og 0,6. Dette anser vi imidlertid som høy gjennomsnittsdifferanse i forhold til målingene utført på de andre bygningskomponentene. Kan dette være en indikasjon på at én av målemetodene ikke egner seg for måling av håndløpere?

Enkelte komponenter opplevdes som utfordrende å måle, både på grunn av form og materiale. Tidligere i diskusjonen ble det nevnt at spesielt taktile farefelt i form av nagler er utfordrende å måle, og særlig i tilfeller der materialet er av stål. Ved å se på Figur 4.11, kan

man se at slike farefelt er benyttet i et mindretall av tilfellene. Samtidig er det kun ekstremalverdier ved to av trappene, henholdsvis trapp 2 og 4. Noe som derimot kan belyse utfordringene knyttet til måling av visse farefelt, er naglene som er benyttet i trapp 4. Her viser fargemåleren til en positiv luminanskontrast, mens luminansmåleren viser til negativ kontrast. I dette tilfellet, hvor differansen er betydelig større enn ved de andre tilfellene med børstet stål, er det mye som kan tyde på at det er sluppet inn forurensende lys på fargemålerens målesensor. Som regel vil man registrere denne feilkilden som følge av at fargemåleren oppfatter fargene som lysere enn hva de i realiteten er. Som kjent, vil lysere farge kunne tilsvare høyere refleksjonsfaktor og følgelig et positivt bidrag i beregnet luminanskontrast.

5.2.3 Slitasje og renhold

Overflater med slitte markeringer er en faktor som ga tydelig innvirkning på resultatene. Figur 4.9 viser en trapp utsatt for mye slitasje, og hvor markeringer på trappeneser delvis er slitt bort. Dette hadde tydelige negative innvirkninger på måleresultatene, og vil sannsynligvis ha negativ innvirkning på trappetrinnes synlighet. Slik som nevnt i eksempelet i kapittel 5.1.1, kan det være aktuelt å vurdere materialenes bestandighet ut fra trappens forventede slitasje som følge av bruksmønster, feil renhold og solpåkjenning. Med dette tatt i betraktning vil det også være aktuelt å vurdere om det er nødvendig å innføre en vedlikeholdsplan for overflater med krav til luminanskontrast. På denne måten kan man sikre at bygg er tilgjengelige – også gjennom hele driftsfasen.

En annen faktor med innvirkning på luminanskontrasten er overflatenes renhold. Det ble utført et måleforsøk med luminansmåleren der en trapp som tilsynelatende var tildekket av støv ble målt. Deretter ble trappen rengjort og målt igjen. Figur 4.10 viser trappen der dette forsøket ble utført. Slik det fremkommer av bildet, er det rengjorte området mørkere enn det skitne, noe som har tydelig innvirkning på resultatene. Differansen mellom skitten og rengjort trapp viste seg å være 0,1 for samtlige rengjorte flater. Dette resulterte i at de fleste komponentene gikk fra å være ikke tilfredsstillende, til å ha tilfredsstillende verdier i forhold til luminanskontrastkravet. Som en følge av dette bør man vurdere de vedlikeholdsmessige faktorene i sammenheng med brukerne av trappen. Dersom luminanskontrasten blir dårligere som følge av manglende renhold, bør man da utføre målingene før trappen rengjøres, eller etter? Eller er luminanskontrastkravet i TEK10 utarbeidet med en «sikkerhetsfaktor» som skal ivareta god synlighet, til tross for faktorer som renhold og slitasje?

Som nevnt tidligere bør luminanskontrast settes i sammenheng med forvaltning, drift og vedlikehold av trappen. Slik vi har observert, vil manglende vedlikehold av en trapp ha stor påvirkning på trappens synlighet. Mange vil nok være enige i at det ikke er behov for luminanskontraster dersom trappenes markeringer slites vekk i løpet av kort tid. Det er derfor aktuelt å etterstrebe materialer som har god bestandighet slik at hjelpemidlenes synlighet ikke svekkes av slitasje og manglende renhold.

Det er mange faktorer med innvirkning på luminanskontrasten i trapper, og antageligvis finnes det flere faktorer enn det som er blitt oppdaget ved denne oppgaven. I en etterprøvings- og dokumentasjonsprosess har bygningsplanleggere sannsynligvis et ønske om å eliminere faktorer som har negativ innvirkning på luminanskontrasten. Man kan med dette grunnlaget argumentere for behovet av en offisiell veiledning og målestandard for hvordan man skal ta slike målinger, slik at man i mindre grad kan påvirke måleresultatene til sin fordel. Dersom beregning av luminanskontrast på grunnlag av refleksjonsfaktorer forblir en standardisert metode, ser vi nytten av en offisiell oversikt over standardiserte verdier av de materialer og overflater som typisk er utfordrende å måle ved denne metoden. Slike veiledninger bør samtidig ses i sammenheng med veiledninger for blant annet belysning, slik at bygningsplanleggere lettere blir bevisst på hvilke fallgruver det er viktig å kontrollere for.

5.3 Sammenligning av måleresultatene

Ved å sammenligne måleresultatene med foreliggende teori, feilkilder og observasjoner, skal metodene for etterprøving og kontroll nå settes inn i en sammenheng. En slik sammenligning vil kunne være med på å avdekke eventuelle styrker og svakheter ved de forskjellige metodene, og vil bidra med å gi et grunnlag for en videre konklusjon.

Dette kapittelet vil i hovedsak omhandle måleresultatene slik de fremkommer av *diagramtype 2: målemetodenes trendlinjer*, men det vil være innslag av *diagramtype 1: sammenligning av luminanskontraster* for å kunne referere til komponentenes materialsammensetning og dagslysforhold. Diagrammene illustrerer de ulike komponentenes måleresultater som tallverdi og trendlinje. Trendlinjen vil være til hjelp for å lettere kunne oppdage målingene som gir høye avvik mellom metodene. Resultatet viser til ulike beregnede sammenligningskriterier for de ulike komponentene. Disse er blant annet; gjennomsnittlig differanse mellom målemetodene, høyeste avvik blant resultatene, og største målte luminanskontrast. Disse kriteriene vil gjøre oss i stand til å vurdere forskjeller mellom målemetodene i forhold til måling av de ulike bygningskomponentene. Vi vil legge spesiell vekt på målinger som viser høyt avvik mellom målemetodene internt i en trapp, siden dette kan være et resultat av feilmålinger eller utenforstående faktorer.

I denne sammenhengen bør man diskutere hva som er et akseptabelt avvik, sett i forhold til å avgjøre hvorvidt målemetodene samsvarer eller ikke. Der det forekommer høye avvik, kan man spekulere i om den ene metoden er mer egnet enn den andre, eller om begge målemetodene gjengir feil resultat. Slik drøftet i kapittel 5.2, vil målemetodenes pålitelighet avhenge av situasjonsbaserte faktorer. Man bør som følger være observant på at ingen av måleverkøyene kan regnes som en fasit til enhver tid.

5.3.1 Farefelt

Figur 4.12 viser at det er to farefelt som utmerker seg med høyt avvik mellom målemetodene. Trapp 4 og 15 har henholdsvis 0,5 og 0,2 i avvik mellom målemetodenes målte luminanskontrast. Ifølge Figur 4.11 består begge farefelt av børstet stål, og de er begge

eksponert for mye dagslys. Videre i sammenligningen vil det være interessant å trekke frem to trapper som består av de samme materialene, og er eksponert for det samme dagslysforholdet som trappene nevnt ovenfor.

Trapp 2 og 4 befinner seg innenfor det samme bygget, og består begge av materialsammensetningen børstet stål mot betong. Det nevnte avviket som opptrer i trapp 4 forekommer imidlertid ikke i trapp 2. I tillegg viser resultatene for trapp 4 at luminansmåleren registrerer en negativ luminanskontrast, mens fargemåleren registrerer en positiv luminanskontrast. Ved sterkt gjenskinn har vi tidligere observert at luminansmåleren raskt vil kunne gi svært høye positive luminanskontraster, spesielt ved metalliske og andre blanke overflater. På bakgrunn av denne, og foregående opplysninger, vil det være rom for å tro at avviket i mindre grad skyldes forhold innenfor dagslys og gjenskinn. Vår tolkning er at avviket heller skyldes faktorer innenfor farefeltets materialsammensetning og geometriske form. Som utledet i kapittel 5.2.2, har det vært utfordrende å måle og sammenligne betongoverflater som følge av fargeforskjeller i tilslag og sement. I sammenheng med denne diskusjonen er det i tillegg erfart utfordringer knyttet til måling av ikke-plane overflater. Slik som vist på Figur 4.5, består farefeltet av relativt små nagler av børstet stål, noe som kan medføre feilmålinger i fargemåleren som følge av for liten måleoverflate. I den sammenheng kan det tenkes at fargemåleren ikke har kunnet dekke til hele nagles overflate, slik at lys har sluppet inn i linsen. Med dette tatt i betraktning er det spesielt lysforurensning på fargemålerens linse og fargeforskjeller i betongen, som utpeker seg til å kunne gi denne differansen.

Trapp 14 og 15 vil være de neste sammenlignbare trappene. Trappene befinner seg innenfor det samme prosjektet, og består begge av materialsammensetningen børstet stål mot blått linoleumsbelegg. Fra resultatene ser vi at trapp 14 ikke har avvik mellom målemetodene, mens trapp 15 har et avvik lik 0,2. I tillegg er det god samsvar mellom luminansmålerens resultater i begge trappene, noe som kan antyde at feilkilden ligger hos fargemåleren. Sammenligner man Figur 4.11 og Figur 4.13 kan man i tillegg se at luminanskontrasten beregnet med grunnlag i fargemålerens resultater varierer mellom trappene. Fra Vedlegg D kan man for øvrig se at farefeltet i trapp 15 har en fargekode som er i overenstemmelse med andre stålkomponenters fargekode. Med dette tatt i betraktning er det heller grunnlag for å si resultatene fra trapp 14 er basert på feilmålinger som følge av lysforurensning, siden farefeltets fargekode differerer fra andre stålkomponenters fargekode. Som nevnt tidligere, vet vi at luminansmålerens resultater ofte blir påvirket av refleksjoner som følge av dagslys i tilfeller der overflatene består av metaller. Det kan tenkes at et avvik på 0,2 faktisk gjenspeiler den reelle situasjonen.

Ut ifra sammenligningskriteriene ser vi at det gjennomsnittlige avviket mellom målemetodene er $\overline{\Delta C} = 0,1$, noe som kan antas å være nokså lavt. Dette tyder på særlig god sammenheng mellom målemetodene, også med tanke på at ingen av metodene utmerker seg med gjennomgående lavere eller høyere verdier for luminanskontrast. Dersom vi anser trapp 4 og 14 som feilmålinger og trekker de ut av beregningen, vil det gjennomsnittlige avviket forbli veldig lite. Som en oppsummering av diskusjonen om farefelt, bør man være observant for

lysforurensning ved måling med fargemåler. Feilmålinger som følge av lysforurensning kan unngås dersom måltaker er observant på måleforholdene. Ved behov kan det være aktuelt å dekke til fargemåleren slik at forurensende lys ikke slippes inn i fargemålerens linse.

5.3.2 Oppmerksomhetsfelt

Figur 4.14 viser at det er relativt lav differanse mellom målemetodenes resultater, med unntak av trapp 2. Oppmerksomhetsfeltet i denne trappen er utformet med aluminiumslist som objekt, og med sort teppe som bakgrunn. Fra tidligere diskusjon vil det være grunn å tro at målemetodenes differanse kan være knyttet til materialsammensetningen, som sammen med dagslyseksponering vil kunne gi en høy positiv luminanskontrast. Trappen utgjør diagrammets største avvik på $\Delta C_{max} = 5,1$. Noe som trolig kommer av måleapparatenes ulike oppfatning av gjenskinn. Ser man imidlertid bort fra ekstremalverdiene i trapp 2, reduseres det gjennomsnittlige avviket til $\overline{\Delta C} = 0,1$. I forhold til øvrige bygningskomponenter, viser dette til god sammenheng mellom målemetodenes resultater. Siden ingen av de andre trappene har samme materialsammensetning som trapp 2, kan dette være en faktor som skiller målemetodenes resultater i denne sammenhengen.

Ofte vil farefelt og oppmerksomhetsfelt bestå av de samme materialene internt i en trapp. Videre vil det derfor være hensiktsmessig å sammenligne slike tilfeller i forhold til hverandre. Trapp 11 er én av trappene som har samme materialsammensetning i farefeltet og oppmerksomhetsfeltet. Det er ikke registrert avvik mellom målemetodene, og resultatene viser til en luminanskontrast på $-0,7$ og $-0,9$ for henholdsvis fare- og oppmerksomhetsfelt. Trappen befinner seg i lukket trappesjakt, og vil derfor ha stabile lysforhold. Fra Vedlegg D er differansen i belyningsstyrke mellom fare- og oppmerksomhetsfelt kun 25 lux, noe som i henhold til tidligere diskusjon vil ha minimal betydning for differansen. Slik vi tidligere har sett, kan differansen være en konsekvens av feltenes forskjellige form. Som trapp 11 i Vedlegg B viser, er oppmerksomhetsfeltet av lange striper med en viss kurvet overflate, mens farefeltet er avrundede nagler. Likevel ser vi at det ikke er noe avvik mellom målemetodene, noe som medfører at denne feilkilden bortimot kan utelukkes. Ved å se nærmere på farefeltet vist på figuren til høyre i trapp 11 Vedlegg B kan man se en viss slitasje på naglene. Som en følge av dette kommer stålmaterialet under gummibelegget til syne. Denne forskjellen i overflaten kan være en utslagsgivende faktor. Dette er forenelig i forhold til at farefeltet har en lavere luminanskontrast enn oppmerksomhetsfeltet, som følge av at lysere overflate på objektet i teorien gir et positivt bidrag på kontrasten. I dette tilfellet viste det seg altså at overflater delvis bestående av stål ikke uten videre gir noen differanse mellom målemetodene, men med forbehold om gunstige lysforhold.

5.3.3 Trappeneser

Slik det fremkommer av Vedlegg A er det utført målinger av trappeneser fra to vinkler; fra bunnen av hver trapp og i toppen av hver trapp. Dette har gitt oss muligheten til å kontrollere målingenes resultater basert på forskjellige vinkler, materialsammensetninger og lysforhold.

Trappeneser målt nedenfra

Figur 4.16 viser målinger utført i bunnen av hver trapp. Diagrammet viser at det er tre trappeneser som utmerker seg med stort avvik mellom målemetodene. Trappene 2, 17 og 21 hadde verdimesse avvik mellom målemetodene på henholdsvis 2,5, 2,0 og 4,9.

Fra figuren kan resultatene fra trapp 2 umiddelbart tyde på et tilfelle hvor målingene er påvirket av sterkt gjenskin. Materialsammensetningen mørk stein mot lys betong vil i teorien gi en negativ luminanskontrast, noe som stemmer overens med resultatene fra fargemåleren. Vedlegg D viser imidlertid at luminansmåleren har målt betydelig høy luminans, og av den grunn registrert kontrasten som positiv. Belysningsstyrken målt på objektet og bakgrunnen viser ikke til noen stor differanse. Dette støtter faktumet at luminansmåleren, på bakgrunn av fast oppstilling og faste målepunkter, mest sannsynlig har målt et område med sterkt gjenskin i overflaten. Dersom måleresultatene fra Figur 4.16 og Figur 4.18 sammenlignes, vil man se at resultatene målt fra bunnen ikke er forenelig med trappenesene ellers i trappen, noe som er enda et argument for resultatene er basert på et område med sterkt gjenskin. Dette er et tegn på at målemetodens pålitelighet til enhver tid bør vurderes. I slike tilfeller vil det være naturlig å visuelt vurdere hvilke målepunkter som er mest forenelig med trappens luminanskontrast. I denne sammenhengen må man ta en skjønnsmessig vurdering om hvorvidt gjenskinnet i trappen også kan ha en blendende effekt.

Videre i diskusjonen av trappenesers luminanskontrast vil det være hensiktsmessige å trekke frem to trapper, trapp 21 og 17, som begge har omtrent lik materialsammensetning, og som er målt under tilnærmet like lysforhold. I følge Figur 4.16 har trapp 21 den største differansen mellom målemetodene, og det er i tillegg registrert stor differanse mellom trappenes luminanskontraster. Trappene består av materialsammensetningen aluminium mot lyst gulvbelegg, hvor gulvbelegget i trapp 21 er noe lysere enn i trapp 17. Dette vil ha en viss betydning på differansen mellom måleresultatene, men basert på vår tolkning vil det være urimelig at dette alene er årsaken til den store differansen mellom trappene. Figuren viser at luminansmåleren i trapp 21 oppfatter en betydelig høyere positiv luminanskontrast i forhold til målingene utført i trapp 17. Dette kan sannsynligvis komme av luminansmålerens påvirkning av gjenskinnet. Aluminium eksponert for mye dagslys, har tidligere vist seg å være en årsak til svært høye verdier hos luminansmåleren. Til gjengjeld viser fargemåleren til en mindre differanse mellom trappenes luminanskontrast, noe som er forenelig med fargeforskjellen mellom gulvbeleggene. Slik figuren til venstre i trapp 21 i Vedlegg B viser, var store områder av trappene dekket av gjenskin fra dagslyset. Med grunnlag i dette, kan man derfor anta at ekstremalverdiene skyldes gjenskin i aluminiumet.

Trappene ovenfor utgjør de eneste ekstremalverdiene i diagrammet, og vil derfor bidra med å øke det gjennomsnittlige avviket. Med ekstremalverdiene medregnet, vil gjennomsnittlig avvik mellom metodene være $\overline{\Delta C} = 0,6$. Ser man imidlertid bort fra ekstremalverdiene, vil gjennomsnittet reduseres til $\overline{\Delta C} = 0,2$. Dette er et lavt avvik, men likevel større differanse enn hva som er beregnet tidligere for trappenes farefelt og oppmerksomhetsfelt. Siden det er mange tilfeller med trappeneser av aluminium, vil det være urimelig å se bort fra disse ved

sammenligningen av målemetodene. Som nevnt i avsnittene ovenfor, vil måling av trappenesers luminans være sterkt påvirket av gjenskinn i både i metalliske og ikke-metalliske materialer. Dette kan være et tegn på at kontrollmetodens pålitelighet til enhver tid bør vurderes. I tillegg vil dette være enda et argument for behovet for en målestandard som definerer bestemte målepunkt og måleforhold slike målinger skal tas under. Hvis man skal ta utgangspunkt i matte overflater, vil man kunne oppleve flere tilfeller med uforutsigbare og varierende luminanskontraster som følge av gjenskinn.

Trappeneser målt ovenfra

Fra Figur 4.17 og Figur 4.18 kan man observere at trappene 16, 17 og 18 skiller seg ut som følge av høyt avvik mellom målemetodene. Trappene befinner seg innenfor samme prosjekt og er alle utformet med trappeneser av aluminium. Figuren viser at trappene er utsatt for middels og mye dagslys. Gjennomsnittlig avvik for målemetodenes resultater er $\overline{\Delta C} = 0,3$. Denne verdien vil ikke reduseres som følge av å se bort i fra ekstremalverdiene fra disse trappene. Dette kan tyde på at målemetodene generelt sett har et høyt avvik. Ser man på dette i forhold til gjennomsnittsavviket for trappenesene målt nedenfra, sier dette mye om hvor vinkelavhengig målingene faktisk er.

I trapp 2 viser luminansmålerens resultater til en negativ luminanskontrast, som er til stor forskjell fra målingen tatt nedenfra. Det samme fenomenet opptrer også i trapp 1 mellom måling nedenfra og ovenfra. Differansen mellom de to vitner om at luminansmåleren vil kunne gi svært forskjellige resultater, og er sterkt påvirket av på skiftende lysforhold og følgende grad av gjenskinn.

Ved å sammenligne målingene tatt nedenfra og ovenfra, er trapp 17 og 21 også av de som skiller seg ut med stor differanse mellom målemetodene. For trapp 21 ser man at resultatene fra luminansmåleren endres betraktelig fra måling nedenfra til måling ovenfra, mens fargemåleren har tilnærmet samme verdi. Med de antagelser fra tidligere, er det forventet at resultatene fra luminansmåleren vil variere som følge av endrede vinkelforhold. Ved trapp 17 er det også forandring i resultatene for fargemåleren og luxmeteret. Beregningene i Vedlegg D forteller imidlertid at dette skyldes en nesten fordobling av belysningsstyrke for øverste trappenesen ved målingene tatt ovenfra. Dette er forenelig med at trappens opptrinn er lukket, mens repositet er eksponert for direkte dagslys. Denne målingen vil derfor ikke gjenspeile trappens øvrige luminanskontrast, og vil i dette tilfellet dra opp den gjennomsnittlige avviket. Det vil derfor være nødvendig å benytte skjønnsmessige vurderinger, også ved bruk av fargemåleren og luxmeteret, slik at ikke enkelttilfeller påvirker hvordan trappens synlighet oppleves i helhet.

Som en oppsummering av diskusjonen om trappeneser, bør man være observant for gjenskinn som følge av endrede vinkelforhold. Slike gjenskinn vil, som vi observerte i trapp 2, kunne føre til betydelig feiltolkning av luminanskontrast. Det er derfor viktig at man visuelt vurderer trappen som supplement til målingene. Målemetodenes avvik forsterkes i tilfeller der trappenesene består av aluminium og i tillegg er eksponert for dagslys. For trappeneser vil

faktorer som værforhold, himmelretning, vinkelforhold, renhold og slitasje kunne påvirke luminanskontrasten ytterligere.

5.3.4 Håndløpere

I sammenheng med beregning av håndløpernes luminanskontrast er det foretatt tre målinger, henholdsvis i bunnen, midten og øverst i hver trapp. Dette har gitt oss muligheten til å vurdere metodenes evne til å måle refleksjon og luminans fra ulike vinkler, samtidig vil gjennomsnittsberegningen redusere utslaget som følge av feilmålinger.

Øvre håndløpere

Figur 4.20 viser at trapp 10 skiller seg ut med høyt avvik mellom målemetodene. Denne trappens målte verdier la grunnlag for diagrammets høyeste luminanskontrast $C_{max} = 17,8$ beregnet som følge av målingene utført med luminansmåleren. For det samme tilfellet viser resultatene fra fargemåleren til en luminanskontrast på 0,5. Dette tilsvarer figurens største avvik på $\Delta C_{max} = 17,3$, noe som er mye høyere enn ved noen annen komponent. Dette tilfellet er tidligere omtalt i kapittel 5.2.2, hvor det ble antydnet at den speilende overflaten på bakgrunnen, samt svært mye gjenskinn på håndløperen, sannsynligvis var årsaken til den høye positive luminanskontrasten.

Ser vi nærmere på trapp 10 i Figur 4.20 vil man oppdage svært varierende verdier målt av luminansmåleren. I motsetning viser fargemålerens resultater lite variasjon. Slik som nevnt tidligere, kan dette komme av sterkt gjenskinn på håndløperen. Varierende vinkelforhold vil i denne sammenhengen kunne forsterke variasjonen i luminanskontrast ytterligere. Trappen befinner seg i en lukket trappesjakt og håndløperen består av ubehandlet stål. Med dette anser vi materialets refleksjon, uavhengig av dagslysforhold, som uforutsigbart med hensyn til beregning av luminanskontrast. Som man kan se av Figur 4.7 er bakgrunnen svært speilende, og til tross for høy luminanskontrast ble ikke håndløperen registrert som spesielt synlig under befaringen. Speilbildene virker heller forstyrrende på det helhetlige bildet av trappen, og det kan virke som om man lett kan la seg lure av luminansmålerens resultater som følge av det uvanlige bakgrunns materialet.

Det gjennomsnittlige avviket mellom målemetodene er $\overline{\Delta C} = 0,9$, noe som sannsynligvis skyldes ekstremalverdiene i trapp 10. Ser vi imidlertid bort fra disse målingene reduseres det gjennomsnittlige avviket til $\overline{\Delta C} = 0,5$, noe som fremdeles kan anses som en relativt høy gjennomsnittsdifferanse. Fra Figur 4.20 kan man se at det stort sett er et høyt avvik mellom målemetodene, samtidig viser diagrammet at fargemålerens resultater gir mindre positive luminanskontraster enn luminansmåleren. Dette kan være en indikasjon på at luminansmåleren oppfatter sterke refleksjoner fra håndløperne. Det kan virke som om den tidligere omtalt «lysstripen» er årsaken til at de aller fleste håndløperne blir målt som mer positiv kontrast av luminansmåleren, og mindre positiv av fargemåleren. Fargemåleren vil ikke registrere dette fenomenet, og det er usikkert om hva som blir mest riktig i forhold til trappens reelle synlighet.

På bakgrunn av skiftende vinkel- og lysforhold vil man helt klart kunne oppleve svært varierende synlighet i trapper. Hvis de rette forutsetningene foreligger kan det også oppstå sterke refleksjoner og blendende gjenskinn. For å kunne registrere dette ved måling, må man benytte en luminansmåler. Metoden med fargemåleren vil ikke kunne oppfatte gjenskinn i like stor grad, og målingene bør derfor suppleres med skjønnsmessige vurderinger for å kunne avdekke om komponentene avgir sjenerende refleksjoner. Hvis man skal ta hensyn til «lysstripen» ved måling, bør det foreligge enighet om hvor sterk refleksjon som kan aksepteres, samt hvilket bidrag til luminanskontrasten dette vil ha. Ved for eksempel å utvikle en formel som legger til dette bidraget, kan man med en viss sikkerhet benytte fargemåler og luxmeter til måling av håndløperes luminanskontraster i henhold til TEK10.

Nedre håndløpere

Ifølge Figur 4.22 er det et relativt høyt avvik mellom målemetodene. Det gjennomsnittlige avviket er også her $\overline{\Delta C} = 0,9$. Blant målingene, skiller håndløperne i trapp 1, 10 og 14 seg ut med avvik henholdsvis lik 1,4, 14,2 og 1,5. På samme måte som for øvre håndløpere har trapp 10 store variasjoner i resultatene. Det er derimot også store variasjoner i resultatene av metoden med fargemåleren. Fra Vedlegg D kan vi se at denne variasjonen skyldes forskjeller i belysningsstyrke for de tre målepunktene. Siden det ikke er tilgang på dagslys i trappen, er det ingen variasjon knyttet til lysforholdene. Variasjonen i belysningsstyrke må derfor skyldes enten feilkilder knyttet til måling med luxmeteret, eller refleksjon fra omkringliggende materialer.

Trappene 1 og 14 har samme materialsammensetning i håndløperne. Figur 4.21 viser at håndløpernes luminanskontraster er varierende. Denne variasjonen er imidlertid liten, sett i forhold til resultatene fra øvre håndløpere. På samme måte som tidligere, er det luminansmålerens resultater som endres mest, og det er mest sannsynlig at dette skyldes de relativt blanke overflatene i kombinasjon med skiftende vinkelforhold. Resultatene fra fargemåleren endres i liten grad fra øvre til nedre håndløper. Dette er forenelig med at belysningsstyrken, som følge av skyggeeffekter fra øvre håndløper, endres i mindre grad.

Ved å se bort fra ekstremalverdiene ved trappene 1, 10 og 14, reduseres det gjennomsnittlige avviket til $\overline{\Delta C} = 0,5$. Dette anser vi som et fortsatt høyt avvik, sett i forhold til de øvrige bygningskomponentene. Ved å se på trendene mellom de to målemetodene, er det mye likhet mellom øvre og nedre håndløper. De samme trappene skiller seg ut med ekstremalverdier, og luminansmåleren gir mer positive luminanskontraster enn fargemåleren. De fleste håndløperne består av stål, og det er derfor grunn til å tro at årsaken til det høye gjennomsnittlige avviket er materialeegenskapene kombinert med vinkel- og lysforhold. Slik Figur 4.21 viser, er det kun én trapp som ikke har håndløpere bestående av stål. Håndløperen til trapp 4 består av eik, og i dette tilfellet viser resultatene at det forekommer høyt avvik også ved dette materialet. Trappen var for øvrig eksponert for mye dagslys, noe som tydelig påvirker resultatene av luminansmåleren, da fargemåleren viser til relativt like målerresultater. Dette betyr at luminansmåleren vil få sprikende resultater mellom skiftende vinkel- og lysforhold selv ved ikke-metalliske overflater. Siden vi ikke har flere målinger av

eikehåndløpere finnes det ikke noe sammenligningsgrunnlag for å kunne si noe om denne målingen er en feilmåling eller ei.

6 Konklusjon

På bakgrunn av ytelseskravene til luminanskontrast i Byggteknisk forskrift (TEK10), har oppgaven tatt for seg følgende problemstilling:

Hvordan kan man planlegge og etterprøve luminanskontrast i praksis?

Ut fra problemstillingen er det forsøkt å besvare følgende forskningsspørsmål:

- *Hvilke verktøy og rutiner benyttes i dag av bygningsplanleggere, og hvor godt sluttresultat gir disse metodene?*
- *Kan man ved hjelp av en alternativ og rimelig metode planlegge og etterprøve luminanskontrast?*

For å svare på forskningsspørsmålene er det blitt utført et litteratursøk, avholdt intervjuer og utført målinger av luminans og refleksjon. Gjennom litteratursøket har vi samlet informasjon og teori som omhandler luminanskontrast, lovverket til universell utforming og tilgjengelige verktøy til beregning av luminanskontrast. Dette har gjort oss i stand til å kunne måle luminans og refleksjon, og gjennom resultater og observasjoner gjengi hvilke faktorer som påvirker luminanskontrasten.

Fra intervjuene fant vi ut at bygningsplanleggere benytter tre fremgangsmåter i planleggingsprosessen. Det er i hovedsak benyttet NCS lyshetsmålere, NCS fargemålere og erfaringsbaserte antagelser til å bestemme luminanskontrasten. NCS lyshetsmåler viser seg, ifølge våre resultater, å være uegnet til dette formålet, og man kan oppleve svært subjektive resultater som følge av dette verktøyet. Erfaringsbaserte løsninger er i henhold til resultatene av svært varierende kvalitet, og det er lite som tilsier at løsningene er godt tilpasset de forhold som foreligger i de aktuelle prosjektene. Det er derfor grunnlag til å tro at det ikke foreligger god nok kompetanse og erfaring blant majoriteten av bygningsplanleggere, og at erfaringsbaserte løsninger ikke holder mål. Etter våre vurderinger vil NCS fargemåler være, med forbehold om tilstrekkelig kompetanse, den mest anvendbare, rimelige og nøyaktige fremgangsmåten som kan benyttes i planleggings- og etterprøvningsfasen av luminanskontrast.

Til å bidra med å finne en alternativ metode for planlegging og etterprøving av luminanskontraster, er det foretatt målinger i 21 trapper i 12 forskjellige bygg. I denne prosessen er det benyttet en NCS Colour Scan 2.0 fargemåler og et Konica Minolta T-10A luxmeter i en metode kalt *metode for etterprøving*. Som kontroll og sammenligningsgrunnlag, er det benyttet en LMT L-1009 luminansmåler i en metode kalt *metode for kontroll*. Vår konklusjon er basert på utvalget trapper som foreligger i denne oppgaven, og avhenger derfor av de faktorer og forutsetninger som var til stede under måling.

Resultatene tilsier at de to målemetodene gir samsvar ved måling av fare- og oppmerksomhetsfelt. Det oppstår derimot små avvik ved måling av trappeneser. Her er samsvarende resultater mellom metodene forbeholdt relativt matte, ikke-metalliske

overflater på objektene. Det er samtidig nødvendig å påse at overflatene er rene og uten betydelig slitasje, slik at feilmålinger unngås. Ved håndløpere gir målemetodene større uoverensstemmelse. Dette er en følge av materialsammensetninger, lysforhold og den geometriske formen en håndløper har som følge av TEK10.

Resultatene viser at de to metodene er samsvarende ved gitte materialsammensetninger og i like lysforhold. Det er en rekke faktorer som ikke fanges opp ved *metode for etterprøving*, og som kan påvirke trappens synlighet. Det vil kunne oppstå feilmålinger ved måling av ikke-plane, blanke og metalliske overflater. Eksempelvis vil ikke sterke refleksjoner bli fanget opp med mindre bygningsplanleggeren har tilstrekkelig kompetanse til å gjøre en skjønnsmessig vurdering i tillegg til målingene. *Metode for kontroll* kan derimot fange opp disse faktorene, noe som kan medføre svært varierende resultater. Siden resultatene gjenspeiler situasjonen ved måletidspunktet, gir denne metoden anledning for feiltolkning av trappens generelle synlighet. Metoden stiller derfor større krav til hvilke betingelser som bør settes for målingene, for å kunne oppnå pålitelige resultater i forhold til trappens reelle synlighet.

Siden *metode for planlegging* baserer seg på matte overflater, vil man kunne oppleve store avvik fra planlagt luminanskontrast til det ferdige produktets luminanskontrast. På bakgrunn av denne problematikken, vil *metode for planlegging* stille høye krav til bygningsplanleggerens kompetanse. For at den gjengse bygningsplanleggeren skal kunne planlegge og etterprøve sine prosjekterte løsninger, er det behov for et mer lettfattelig og dekkende lovverk med en tilhørende offisiell målestANDARD. Med de metoder som per i dag foreligger i den norske standardiseringen, vil det være vanskelig å kunne forutse trappenes kvalitet, uten å gå på bekostning av materialvalget og lysforholdene.

Som en oppsummering finnes det altså ikke en alternativ og rimelig metode, for planlegging og etterprøving av luminanskontrast, som alene er tilstrekkelig for å sikre gode løsninger ved universell utforming i TEK10. Siden det i tillegg kreves skjønnsmessige vurderinger, vil denne metoden begrense seg til fagpersoner med høy kompetanse og god erfaring.

7 Videre arbeid

Slik det fremkommer av intervjuene, stiller mange bygningsplanleggere seg uforstående til ytelseskravene til luminanskontraster i TEK10. De aller fleste ser nytten av luminanskontraster ved universell utforming, men opplever de tallfestede kravene som strenge og vanskelige å etterkomme. Med dette stiller vi oss spørrende til hva som er grunnlaget for de ytelseskravene til luminanskontrast som stilles i dag. For å aktualisere dette behovet, og ikke minst øke forståelsen og motivasjonen til bygningsplanleggere, vil det, slik vi ser det, være svært aktuelt med et offisielt forskningsprosjekt som kartlegger hvilke behov friske og svaksynte mennesker har til effektiv og sikker orientering i bygg.

I oppgaven er det gjennom observasjoner og erfaringer avdekket en rekke faktorer som har betydning for luminanskontrasten i en trapp. For å kunne få et regelverk som gjenspeiler det behovet mennesket har til trappers synlighet, ser vi det nødvendig å vite hvilken effekt disse faktorene har. Det vil, ut fra våre erfaringer, være nyttig å gjennomføre forsøk med et representativt antall friske og svaksynte testpersoner slik at man kan kartlegge hvilke faktorer som er utslagsgivende på komponenters synlighet, samt hvor tydelige luminanskontraster som er nødvendige i forhold til dette.

Faktorene som er avdekket gjennom observasjonene og erfaringene i oppgaven er imidlertid basert på utvalget trapper som er befart under gjennomføringen av metoden, og vil derfor kun gjenspeile dagens byggeskikk. Vi ser derfor nytten av å utføre forsøk basert på et bredere utvalg materialsammensetninger og lysforhold, slik at lovverket, også i fremtiden, sikrer gode forutsetninger for effektiv og sikker orientering i bygg.

8 Litteraturliste

- Arditi, A. (u.å.). *Effective Colour Contrast*. New York Lighthouse International.
- Barne- og likestillingsdepartementet. (2009). *Norge universelt utformet 2025*.
- Bjørset, H.-H. (1971). *Lysteknikk*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Brainard, D. H. & Stockman, A. (1995). *Colorimetry*.
- Bright, K. & Cook, G. (2010). *The Colour, Light and Contrast Manual*. London: Wiley-Blackwell.
- Bromley, B. (2014). *Luminance Contrast Equipment & Equations*: Luminos Consulting.
Tilgjengelig fra: <http://luminos.com.au/luminance-contrast-equipment-equations/>
(lest 04.05.2016).
- Brunvatne, T. (2015). *Krav til luminanskontrast i praksis*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet [NMBU].
- Byggteknisk Forskrift [TEK10]. (2010a). *TEK10 § 1-1. Formål*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Byggteknisk Forskrift [TEK10]. (2010b). *TEK10 § 12-6. Kommunikasjonsveier*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Byggteknisk Forskrift [TEK10]. (2010c). *TEK10 § 12-15. Dør, port mv.*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Byggteknisk forskrift [TEK10]. (2010d). *TEK10 § 12-16. Trapp*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Byggteknisk Forskrift [TEK10]. (2010e). *TEK10 § 12-18. Rampe*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Commission Internationale de l'Eclairage [CIE]. (2004). *CIE 15:2004 - Colorimetry*.
- Commission Internationale de l'Eclairage [CIE]. (2016). *About us*. Tilgjengelig fra: <http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/About+us> (lest 05.05.2016).
- Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] & Statens vegvesen. (2015). *Arkitektoniske virkemidler for orientering og veifinning*.
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap [DSB]. (2016). *Plan/Bygg*. Tilgjengelig fra: <http://www.dsb.no/en/Rettskilder/Regelverk/Oppslagsverket/3906/3907/> (lest 05.05.2016).
- Forente Nasjoner [FN]. (2008). *Konvensjon om rettighetene til mennesker med nedsatt funksjonsevne*. Barne- og likestillingsdepartementet.
- Forente Nasjoner [FN]. (2016). *FNs konvensjon om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne*. Tilgjengelig fra: <http://www.fn.no/FN-informasjon/Avtaler/Menneskerettigheter/FNs-konvensjon-om-rettighetene-til-personer-med-nedsatt-funksjonsevne> (lest 04.05.2016).
- Gehl, I. (1971). *Bo-miljø*. Aalborg University: SBI forlag.
- Gibson, J. J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston: Houghton Mifflin.
- Guttormsen, M. (2009). *Gjenskinn*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/gjenskinn> (lest 04.05.2016).

- Haegerstrom-Portnoy, G., Schneck, M. E. & Brabyn, J. A. (1999). Seeing into old age: vision function beyond acuity. *Optometry & Vision Science*, 76 (3): 141-158.
- International Organization for Standardization [ISO]. (2016a). *About ISO*. Tilgjengelig fra: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm> (lest 05.05.2016).
- International Organization for Standardization [ISO]. (2016b). *ISO/TR 9527:1994*. Tilgjengelig fra: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=22799 (lest 05.05.2016).
- International Organization of Standardization [ISO] & International Electrotechnical Commission [IEC]. (2001). *ISO/IEC GUIDE 71:2001 (E)*. Guidelines for standards developers to address the needs of older persons and persons with disabilities.
- International Organization of Standardization [ISO] & International Electrotechnical Commission [IEC]. (2014). *ISO/IEC GUIDE 71:2014 (E)*. Guide for addressing accessibility in standards.
- International Organization og Standardization [ISO]. (2011). *ISO 21542:2011 (E)*. Building construction - Accessibility and usability of the built environment.
- Jansen, J. & Glover, J. (2016). *Autonome Nervesystem*. Store Medisinske Leksikon. Tilgjengelig fra: https://sml.snl.no/autonome_nervesystem (lest 04.05.2016).
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Lid, I. M. (2015). *Universell utforming*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: https://snl.no/universell_utforming (lest 04.05.2016).
- Lillelien, E., Hagen, L. A. & mfl. (2009). *Lysboken*: Lyskultur.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*, b. 11: MIT press.
- Maslow, A. H. (1943). *A theory of human motivation*. *Psychological review*, b. 50.
- Natural Colour System [NCS]. (2016). *Logic Behind the System*. Tilgjengelig fra: http://www.ncscolour.com/PageFiles/615/NCS_Colour_Circle.png (lest 06.05.2016).
- Nersveen, J. (2007). *Lys = å se eller ikke se*. Oslo: Norges Blindforbund.
- Nersveen, J. (2009). *Prosjektering for synshemmede*. Oslo: Norges Blindforbund.
- Nersveen, J. (u.å.). *Universell utforming og svaksynte*. Høgskolen i Gjøvik. Upublisert manuskript.
- Nesje, A. (2011). *Universell utforming: Ledelinjer. mur+betong*.
- Newman, E. (2009). *Kulör & kontrast*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst. 101 s.
- Norges Blindforbund. (2016a). *Bygg og uteområder* Tilgjengelig fra: <https://www.blindeforbundet.no/universell-utforming/bygg-og-uteomrader> (lest 04.05.2016).
- Norges Blindforbund. (2016b). *Fakta og statistikk om synshemninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.blindeforbundet.no/oyehelse-og-synshemninger/fakta-og-statistikk-om-synshemninger> (lest 04.05.2016).
- Norges Blindforbund. (2016c). *Øyehelse og synshemninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.blindeforbundet.no/oyehelse-og-synshemninger> (lest 04.05.2016).

- Norges Blindeforbund. (u.å.). *Tilgjengelighetsguiden*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/tilgjengelighetsguide-med-sjekkliste?pid0=154999&cat=74574&pid2=157909> (lest 09.05.2016).
- Norgeshelsa statistikkbank. (2016). *Legemiddelbrukere [LHF]: diabetesmidler (A10)*: Folkehelseinstituttet (lest 04.05.2016).
- Norwegian Colour Senter. (2016a). *NCS Lyshetsmåler*. Tilgjengelig fra: <http://www.ncscolour.no/produkter-priser-bestill/lyshet-og-glans/ncs-lyshetsmåler> (lest 05.05.2016).
- Norwegian Colour Senter. (2016b). *NCS lyshetstabell*. Tilgjengelig fra: <http://www.ncscolour.no/produkter-priser-bestill/lyshet-og-glans/ncs-lyshetstabell>.
- Norwegian Colour Senter. (2016c). *Å se NCS farger*. Tilgjengelig fra: <http://www.ncscolour.no/hva-er-ncs/a-se-ncs-farger> (lest 09.05.2016).
- Plan- og bygningsloven [PBL]. (1985). *LOV-1985-06-14-77 § 2. Formål*: Miljøverndepartementet.
- Plan- og bygningsloven [PBL]. (2008a). *LOV-2008-06-27-71 § 1-1. Lovens formål*: Miljøverndepartementet.
- Plan- og bygningsloven [PBL]. (2008b). *LOV-2008-06-27-71 § 29-3. Krav til universell utforming og forsvarlighet*: Miljøverndepartementet.
- RAL Colours. (2016a). *The RAL Design System*. Bonn: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung Tilgjengelig fra: <http://www.ral-farben.de/content/application-help/ral-design-system.html> (lest 04.05.2016).
- RAL Colours. (2016b). *The Visualized International CIE-Colour Space*. Bonn: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung Tilgjengelig fra: <http://www.ral-farben.de/content/footer-navigation/footer-anwendungen-hilfe/application-help/ral-design-system-organisation.html> (lest 06.05.2016).
- Rosvold, K. A. (2015). *Lysutbytte*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lysutbytte> (lest 04.05.2016).
- Rosvold, K. A. (2016). *Lysfluks*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lysfluks> (lest 04.05.2016).
- Sandvig, K. (2009). *øye*: Store medisinske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/%C3%B8ye> (lest 07.05.2016).
- Schieber, F. (1994). *Age and glare recovery time for low-contrast stimuli*. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting: SAGE Publications. 496-499 s.
- SINTEF Byggforsk. (2003). *220.114 Orienterbarhet i bygninger. Visuell oppfattelse og forståelse*. Byggforskserien: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk. (2006). *220.345 Tilgjengelighet for synshemmede*. Byggforskserien: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF Byggforsk. (2007). *544.221 Dimensjonering av belysningsanlegg*. Byggforskserien: SINTEF Byggforsk.

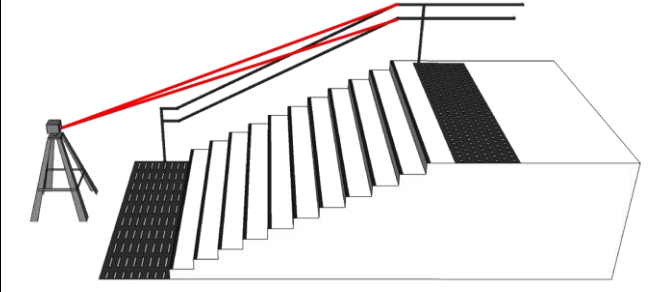
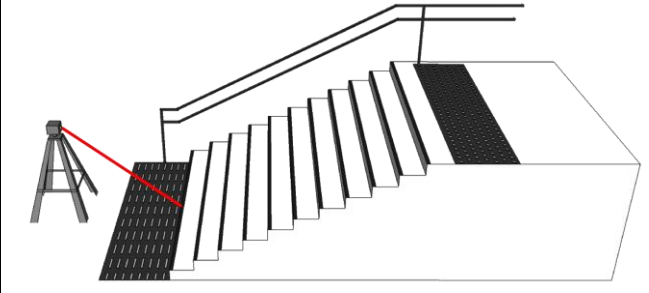
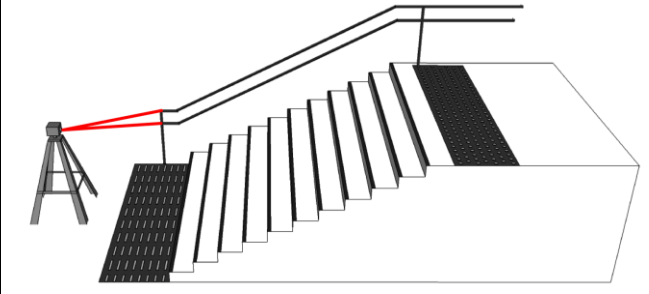
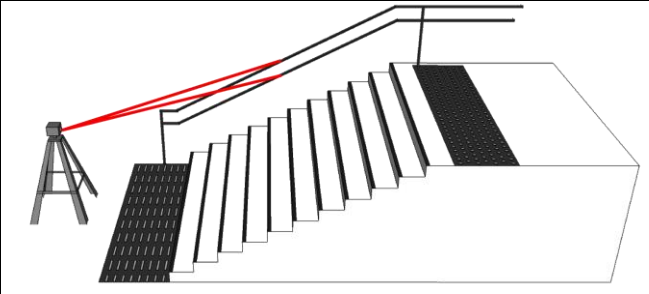
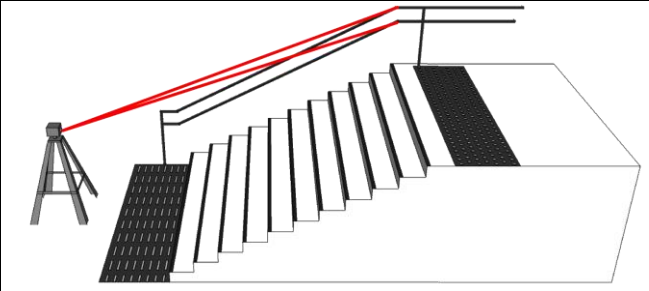
- Society of Light and Lighting. (2012). *Lighting for people who are visually impaired*. Factfile no. 8. London: Society of Light and Lighting.
- Standard Norge. (2009). *NS 11001-1:2009 Universell utforming av byggverk, Del 1: Arbeids- og publikumsbygninger*. Tillegg B (normativt). Oslo: Norsk Standard.
- Standard Norge. (2016). *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/toppvalg/om-oss/> (lest 05.05.2016).
- Statens Bygningstekniske etat & Husbanken. (2004). *Temaveiledning om universell utforming av byggverk og uteområder*. Statens Bygningstekniske etat. Oslo.
- Statistisk sentralbyrå [SSB]. (2015). *Dette er Norge 2015*. Oslo/Kongsvinger: SSB.
- Stone, M. (u.å.). *Contrast Metrics Explained*: StoneSoup Consulting. Tilgjengelig fra: <http://www.stonesc.com/pubs/Contrast%20Metrics.htm> (lest 04.05.2016).
- Synovate. (2008). *Befolkningsundersøkelse: Uhell og farlige situasjoner på grunn av bygningmessige forhold*. Norges Blindforbund.
- Taylor, A. E. (2000). *Illumination fundamentals*. Albany: Lighting Research Center & Rensselaer Polytechnic Institute.
- TechnoTeam. (2016). *LMK Mobile Advanced*. Tilgjengelig fra: http://www.technoteam.de/product_overview/lmk/products/lmk_mobile_advanced/index_eng.html (lest 05.05.2016).
- Universell Utforming AS. (u.å.). *Beregning av luminanskontrast*. Tilgjengelig fra: <http://ewa.no/wp-content/uploads/2013/05/luminanskontrast.pdf> (lest 05.05.2016).
- Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10]. (2010a). *Definisjoner*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10]. (2010b). *VTEK10 § 2-3. Dokumentasjon av løsninger*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Veiledning til Byggteknisk Forskrift [VTEK10]. (2010c). *VTEK10 § 12-1. Krav om universell utforming av byggverk*: Direktoratet for byggkvalitet [DiBK].
- Wikipedia. (2016). *Linear visible spectrum*. Tilgjengelig fra: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linear_visible_spectrum.svg (lest 06.05.2016).
- Winn, B., Whitaker, D., Elliott, D. B. & Phillips, N. J. (1994). Factors affecting light-adapted pupil size in normal human subjects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 35 (3): 1132-1137.
- World Health Organization [WHO]. (2011). *ICF. International Classification of Functioning, Disability and Health*. Geneva: WHO.
- World Health Organization [WHO]. (2014). *Visual impairment and blindness*, b. 282: WHO.
- World Health Organization [WHO]. (2015). *Disability and health*, b. 352.
- World Health Organization [WHO]. (2016). *ICD I: International Classification of Diseases: VII: H54*. WHO.
- X-rite. (2004). *The Color Guide and Glossary*. Grand Rapids: X-rite.

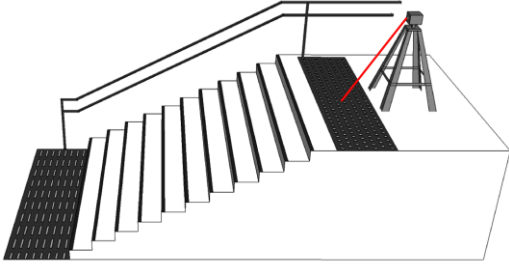
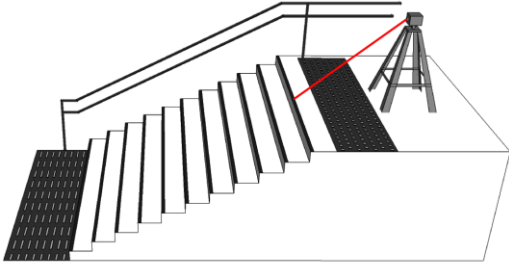
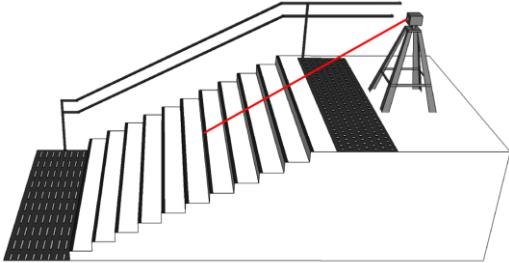
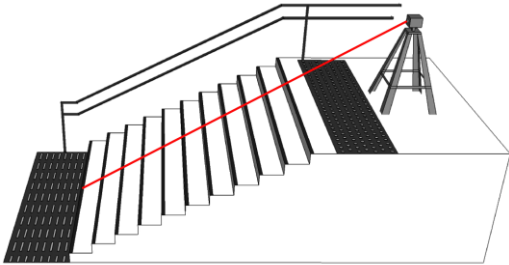
9 Vedlegg

Vedlegg A

Fast oppstilling av luminansmåleren

Tabellen viser den faste oppstillingen av luminansmåleren, og de faste målepunktene som inngår i målemetodene.

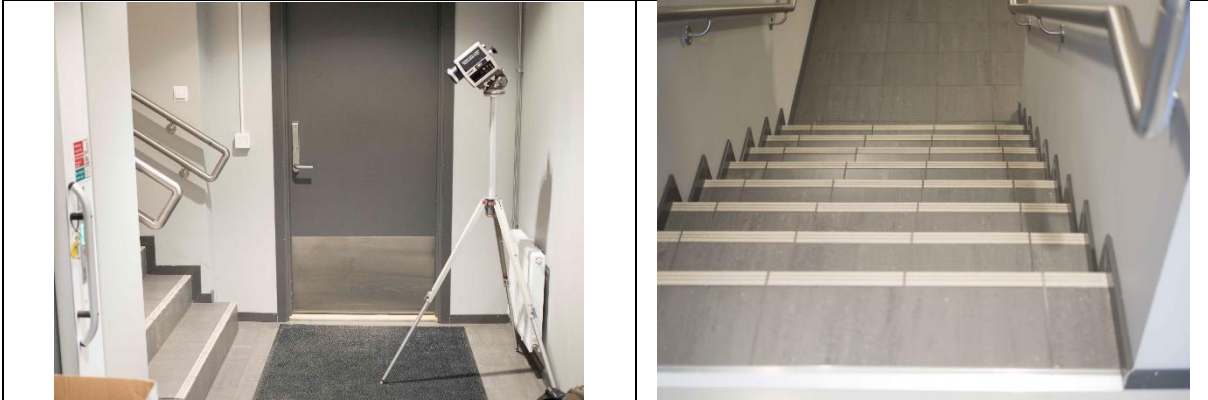
Måling utført på bunnen av trappeløpet	Måling av oppmerksomhetsfelt	
	Måling av nedre trappenese	
	Måling av øvre og nedre håndløper bunn	
	Måling av øvre og nedre håndløper midt	
	Måling av øvre og nedre håndløper topp	

Måling utført på toppen av trappeløpet	Måling av farefelt	
	Måling av øvre trappenese	
	Måling av midtre trappenese	
	Måling av nedre trappenese	

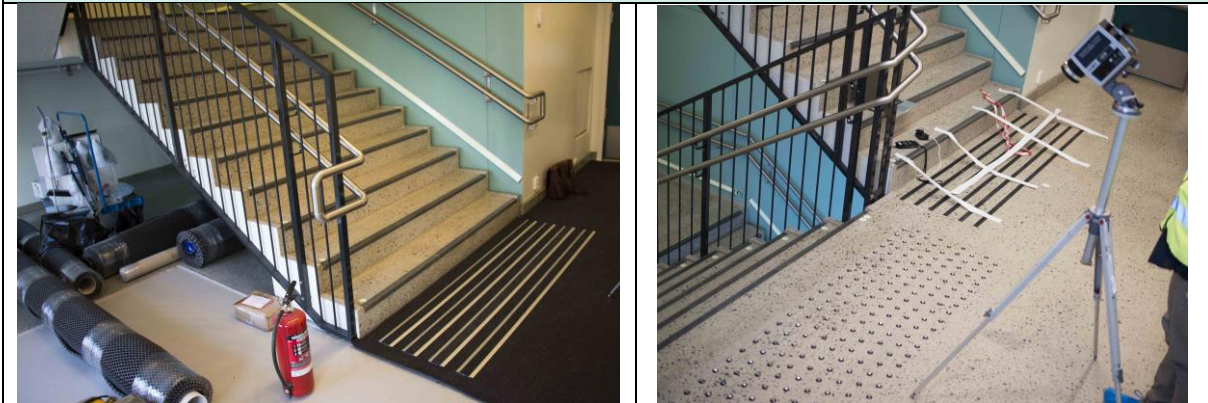
Vedlegg B

Bilder fra befaring

Trapp 1



Trapp 2



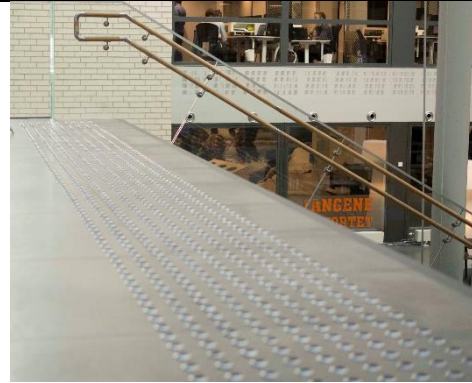
Trapp 3



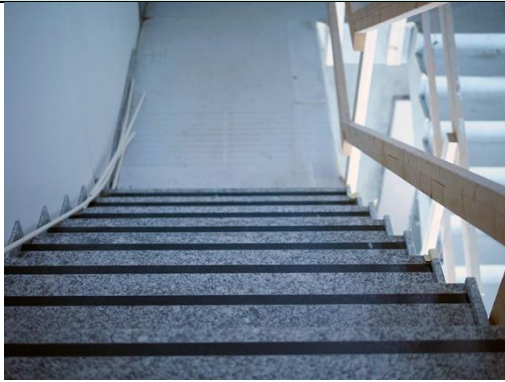
Trapp 4



Trapp 5



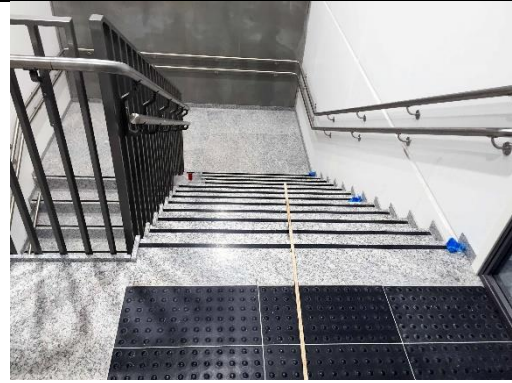
Trapp 6



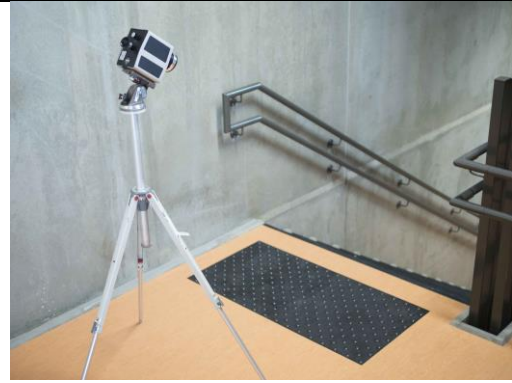
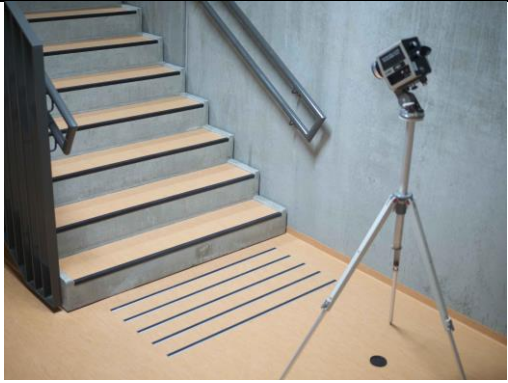
Trapp 7



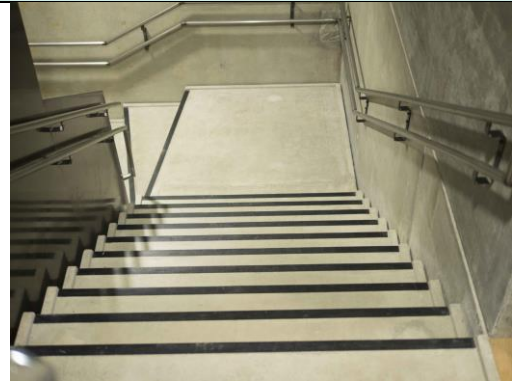
Trapp 8



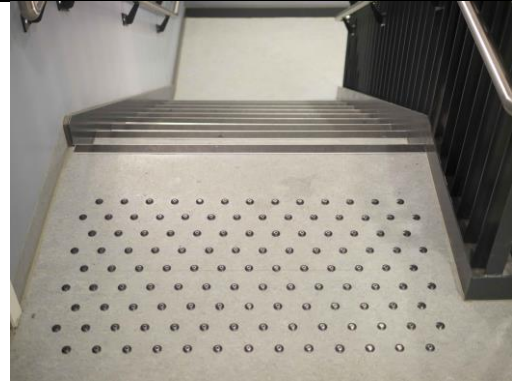
Trapp 9



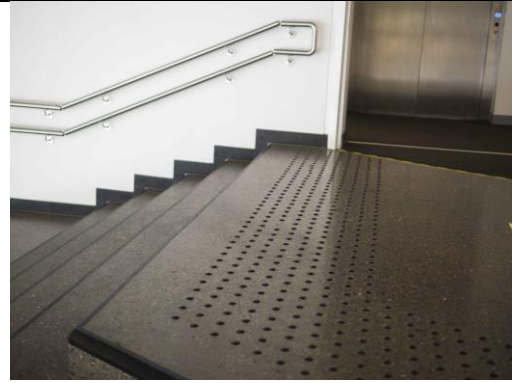
Trapp 10



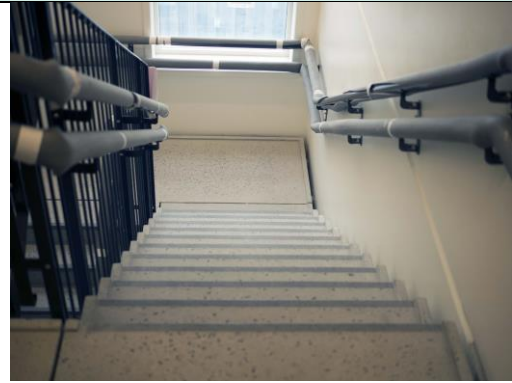
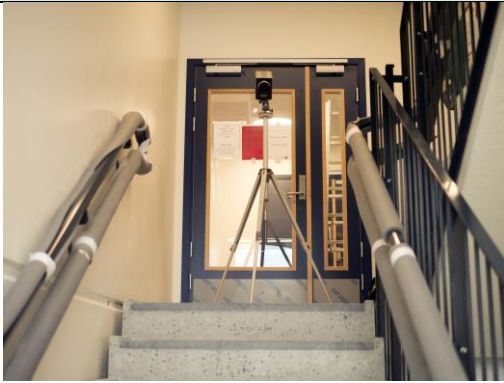
Trapp 11



Trapp 12



Trapp 13



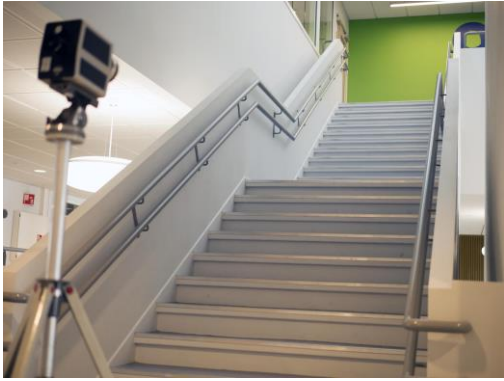
Trapp 14



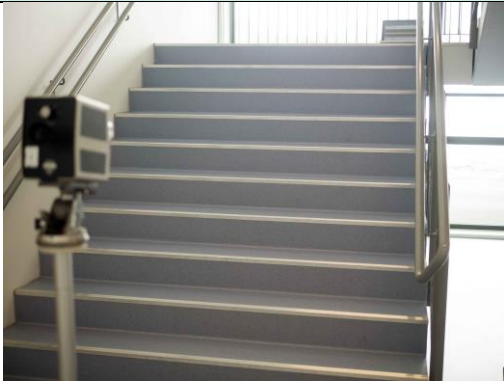
Trapp 15



Trapp 16



Trapp 17



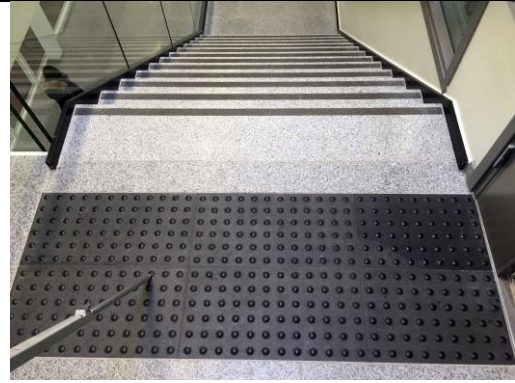
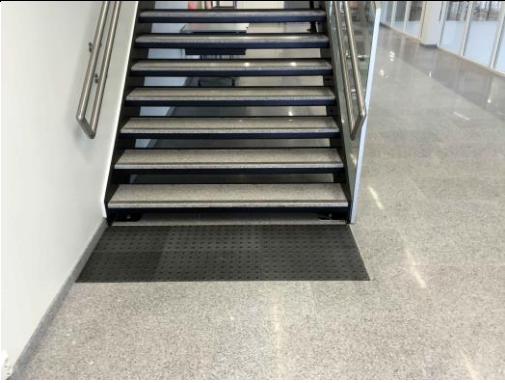
Trapp 18



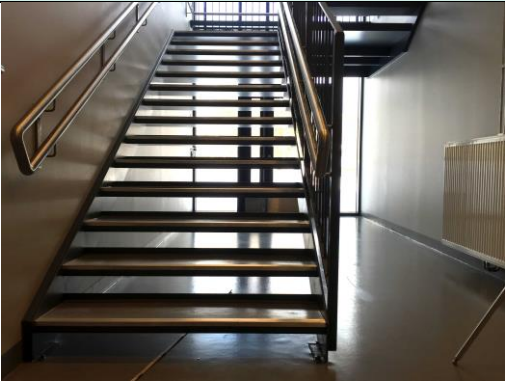
Trapp 19



Trapp 20



Trapp 21



Vedlegg C

Materialoversikt

Trapp	Prosjekt	Sol	Farefelt		Oppmerksomhetsfelt		Trappesener		Håndløper	
			Objekt	Bakgrunn	Objekt	Bakgrunn	Objekt	Bakgrunn	Objekt	Bakgrunn
1	Stamsaas	Nei	-	-	-	-	Lys flis	Mørk flis	B.stål	Lysmalt
2	Fernanda Nissen	Ja	B.stål	Lys btg.	Alu.	Sort teppe	Sort stein	Lys btg.	B.stål	Malt
3	Fernanda Nissen 2	Nei	B.stål	Lys btg.	Sort gummi	G.belegg	Sort stein	Lys btg.	B.stål	Lysmalt
4	Fernanda Nissen 3	Ja	B.stål	Lys btg.	Sort gummi	Lys btg.	Sort stein	Lys btg.	Eik	Lysmalt
5	Nydalsveien 28	Ja	B.stål	Flis	Flis	Flis	Flis	Flis	Eik	Glass
6	Haugenstua	Nei	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	-	-
7	Haugenstua 2	Litt	-	-	-	-	Mørkt tre	Parkett	-	-
8	Haugenstua 3	Nei	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	B.stål	Lysmalt
9	Frogner	Litt	Sort gummi	G.belegg	Asfalt	G.belegg	Sort gummi	G.belegg	Mørklakk.	Btg.
10	Egmont	Nei	Asfalt	G.belegg	Asfalt	Btg.	Sort st.	Btg.	Stål	Stålplate
11	Grefsen	Nei	Sort gummi	G.belegg	Sort gummi	G.belegg	Asfalt	G.belegg	B.stål	Malt
12	Grefsen 2	Ja	Sortlakkert	Btg.	Sort gummi	Btg.	Sort malt	Btg.	B.stål	Lysmalt
13	Munkerud	Litt	-	-	-	-	Sort stein	Lys btg.	Mørklakk.	Lysmalt
14	Lislebyhallen	Litt	B.stål	G.belegg	B.stål	Btg.	Asfalt	G.belegg	B.stål	Lysmalt
15	Lislebyhallen 2	Ja	B.stål	G.belegg	B.stål	G.belegg	Asfalt	G.belegg	-	-
16	Borge	Litt	-	-	-	-	Alu.	G.belegg	Mørklakk.	Lysmalt
17	Borge 2	Ja	-	-	-	-	Alu.	G.belegg	Mørklakk.	Lysmalt
18	Borge 3	Ja	-	-	-	-	Alu.	Mørk parkett	Mørklakk.	Lysmalt
19	Veitvet	Litt	Sort stein	Granitt	Asfalt	Lys parkett	Asfalt	Lys parkett	B.stål	Lysmalt
20	Veitvet 2	Litt	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	Sort stein	Granitt	B.stål	Lysmalt
21	Haugen	Ja	-	-	-	-	Alu.	G.belegg	B.stål	Lysmalt

Vedlegg D

Beregninger

Trapp nr.	1
Prosjekt	Stamsaas Fredrikstad
Type	Arbeidsbygg
Trapp	Trappesjakt, BMW

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Lys flis	-	42	181	14,9	Inntrinn	Mørk flis	-	15	176	7,94	1,9	0,9
T-Ø	Trappene	Lys flis	-	42	184,5	19,4	Inntrinn	Mørk flis	-	15	204	9,33	1,5	1,1
T-M	Trappene	Lys flis	-	42	85,6	14,7	Inntrinn	Mørk flis	-	15	85,2	6	1,8	1,4
T-N	Trappene	Lys flis	-	42	76,1	8,5	Inntrinn	Mørk flis	-	16	72,9	3,9	1,7	1,2
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	-	23	284	41,3	Vegg	Lysmalt	-	50	157	20,3	-0,2	1,0
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	-	17	100	6,64	Vegg	Lysmalt	-	50	147,6	4,01	-0,8	0,7
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	-	22	93,8	10,2	Vegg	Lysmalt	-	45	98,6	8,74	-0,5	0,2
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	-	22	69	11,1	Vegg	Lysmalt	-	50	71,2	6,72	-0,6	0,7
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	-	32	81,3	11,9	Vegg	Lysmalt	-	45	90	10,5	-0,4	0,1
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	-	33	71,5	12,2	Vegg	Lysmalt	-	45	75,3	5,69	-0,3	1,1

Merk:

Under befaring manglet fare- og oppmerksomhetsfelt.

Trapp nr.	2
Prosjekt	Fernanda Nissen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt

Plassering	Forgrunn							Bakgrunn							Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll		
T	Farefelt	Børstet stål	S 3030-G50Y	34	322	28,8	Gulv	Lys betong	S 4005-Y20R	32	298	26,7	0,1	0,1		
N	Oppmerksomhetsfelt	Aluminium	S 1510-B80G	60	292	61,5	Gulv	Sort teppe	S 8500-N	6	292	4,08	9,0	14,1		
N	Trappnese	Sort stein	S 7500-N	11	293,2	84,4	Innrinn	Lys betong	S 4005-Y20R	32	274,4	29,7	-0,6	1,8		
T-Ø	Trappnese	Sort stein	S 7500-N	11	284,9	14,8	Innrinn	Lys betong	S 4005-Y20R	32	235,1	20	-0,6	-0,3		
T-M	Trappnese	Sort stein	S 7500-N	11	184	16,7	Innrinn	Lys betong	S 4005-Y20R	32	169,7	19,7	-0,6	-0,2		
T-N	Trappnese	Sort stein	S 7500-N	11	186,8	12,6	Innrinn	Lys betong	S 4005-Y20R	32	177,6	18,1	-0,6	-0,3		
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	295	30,7	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	285	24,4	-0,2	0,3		
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	242	34	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	180	17,7	0,0	0,9		
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	158	24,2	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	158	19,7	-0,3	0,2		
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	133	19,6	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	133	13,8	-0,3	0,4		
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	123,2	19,2	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	125	17,7	-0,3	0,1		
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 4020-B90G	26	110,5	19,2	Vegg	Malt	S 3020-B70G	35	102,8	13	-0,2	0,5		

Trapp nr.	3
Prosjekt	Fernanda Nissen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt (vest)

Plassering	Forgrunn										Bakgrunn					Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll			
T	Farefelt	Børstet stål	S 4010-R70B	30	257	19,5	Gulv	Lys betong	S 2502-Y	50	257	37	-0,4	-0,5			
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort gummi	S 8000-N	8	179,3	3,5	Gulv	Gulvbelegg	S 2502-Y	50	179,3	25	-0,8	-0,9			
N	Trappene	Sort stein	S 6502-B	15	177,4	6,95	Inntrinn	Lys betong	S 2005-G90Y	57	168,4	34,2	-0,7	-0,8			
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 6502-B	15	271,5	18,6	Inntrinn	Lys betong	S 2005-G90Y	57	272,5	51,1	-0,7	-0,6			
T-M	Trappene	Sort stein	S 6502-B	15	284,5	28,5	Inntrinn	Lys betong	S 2005-G90Y	57	293	54	-0,7	-0,5			
T-N	Trappene	Sort stein	S 6502-B	15	311	42,2	Inntrinn	Lys betong	S 2005-G90Y	57	290	60,1	-0,7	-0,3			
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	218	33	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	226,8	50,6	-0,6	-0,3			
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	195,6	30,8	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	200	50,1	-0,6	-0,4			
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	223,3	40	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	225,1	55,6	-0,6	-0,3			
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	198,6	42,8	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	188,9	54,2	-0,6	-0,2			
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	111,3	41,5	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	223,2	60,2	-0,8	-0,3			
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 3020-Y30R	36	212,5	36,7	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	213,7	35,8	-0,6	0,0			

Trapp nr.	4
Prosjekt	Fernanda Nissen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Amfi

Plassering	Objekt	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
		Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll	
T	Farefelt	Børstet stål	S 4010-R70B	30	151,8	7,69	Gulv	Lys betong	S 5005-G80Y	25	151,8	11,7	0,2	-0,3	
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort gummi	S 8502-B	6	89,3	4,23	Gulv	Lys betong	S 3020-G30Y	36	89,3	11,5	-0,8	-0,6	
N	Trappnese	Sort stein	S 9000-N	4	94,8	5,61	Inntrinn	Lys betong	S 5005-Y20R	25	79,2	8,01	-0,8	-0,3	
T-Ø	Trappnese	Sort stein	S 9000-N	4	155,2	2,31	Inntrinn	Lys betong	S 5005-Y20R	25	144,1	13,7	-0,8	-0,8	
T-M	Trappnese	Sort stein	S 9000-N	4	134,2	6,21	Inntrinn	Lys betong	S 5005-Y20R	25	106,3	5,71	-0,8	0,1	
T-N	Trappnese	Sort stein	S 9000-N	4	108,2	3,7	Inntrinn	Lys betong	S 5005-Y20R	25	102,2	8,3	-0,8	-0,6	
N-N-Ø	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	95,4	16,3	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	92,9	14,5	-0,8	0,1	
N-N-N	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	55	7,37	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	72,6	12,5	-0,9	-0,4	
N-M-Ø	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	114,7	16,6	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	110,7	16,6	-0,8	0,0	
N-M-N	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	66,2	9,98	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	86,2	14,8	-0,9	-0,3	
N-Ø-Ø	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	128,4	21,4	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	122,9	21,4	-0,8	0,0	
N-Ø-N	Håndløper	Eik	S 6010-B10G	16	78,5	12,9	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	94,7	16,2	-0,8	-0,2	

Trapp nr.	5
Prosjekt	Nydalsveien 28
Type	Arbeidsbygg
Trapp	Atrium

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Børstet stål	S 8005-N	8	1335	54	Gulv	Flis	S 6005-Y50R	18	1370	99	-0,6	-0,5
N	Oppmerksomhetsfelt	Flis	S 7000-N	13	1155	48	Gulv	Flis	S 6005-Y50R	18	1195	81,5	-0,3	-0,4
N	Trappene	Flis	S 7000-N	13	1186	50,8	Inntrinn	Flis	S 6005-Y50R	18	1185	49,5	-0,3	0,0
T-Ø	Trappene	Flis	S 7000-N	13	1400	58	Inntrinn	Flis	S 6005-Y50R	18	1343	67,5	-0,2	-0,1
T-M	Trappene	Flis	S 7000-N	13	1415	57,4	Inntrinn	Flis	S 6005-Y50R	18	1295	66	-0,2	-0,1
T-N	Trappene	Flis					Inntrinn	Flis						
N-N-Ø	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	1100	141	Rekkverk	Glass			1062	43		2,3
N-N-N	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	777	76,6	Rekkverk	Glass			816	43		0,8
N-M-Ø	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	1230	98,8	Rekkverk	Glass			1120	12,8		6,7
N-M-N	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	821	75	Rekkverk	Glass			800	12,8		4,9
N-Ø-Ø	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	1315	90	Rekkverk	Glass			1203	65		0,4
N-Ø-N	Håndløper	Eik	S 4020-Y40R	26	886	84	Rekkverk	Glass			1013	65		0,3

Merk:

Trappen var lang og uten repos, og det var derfor ikke mulig å måle nederste trappeneser ovenfra. Rekkverk av glass uten bakenforliggende vegg. Måling med fargemåler er derfor ikke mulig.

Trapp nr.	6
Prosjekt	Haugenstua
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Sort stein	S 7005-R50B	12	473	19,7	Gulv	Granitt	S 4001	34	443	50	-0,6	-0,6
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort stein	S 8500-N	6	202	6,5	Gulv	Granitt	S 4001	34	207	25,5	-0,8	-0,7
N	Trappene	Sort stein	S 7502-B	10	266	10	Inntrinn	Granitt	S 4001	34	243	23,5	-0,7	-0,6
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 7502-B	10	463	21,5	Inntrinn	Granitt	S 4001	34	290	41,5	-0,5	-0,5
T-M	Trappene	Sort stein	S 7502-B	10	255	18,5	Inntrinn	Granitt	S 4001	34	177	28	-0,6	-0,3
T-N	Trappene	Sort stein	S 7502-B	10	210,7	19	Inntrinn	Granitt	S 4001	34	145	30	-0,6	-0,4
N-N-Ø	Håndløper													
N-N-N	Håndløper													
N-M-Ø	Håndløper													
N-M-N	Håndløper													
N-Ø-Ø	Håndløper													
N-Ø-N	Håndløper													

Merk:

Trappen var ikke ferdigstilt under befaring, og håndløpere var ikke montert.

Trapp nr.	7
Prosjekt	Haugenstua
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Amfi

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene		S 8502-R	6	351	11	Inntrinn		S 4030-Y30R	25	321	26,3	-0,7	-0,6
T-Ø	Trappene		S 8502-R	6	769	46	Inntrinn		S 4030-Y30R	25	732	75,7	-0,7	-0,4
T-M	Trappene		S 8502-R	6	803	38	Inntrinn		S 4030-Y30R	25	738	110	-0,7	-0,7
T-N	Trappene		S 8502-R	6	768	40	Inntrinn		S 4030-Y30R	25	719	96,6	-0,7	-0,6
N-N-Ø	Håndløper													
N-N-N	Håndløper													
N-M-Ø	Håndløper													
N-M-N	Håndløper													
N-Ø-Ø	Håndløper													
N-Ø-N	Håndløper													

Merk:

Trappen var ikke ferdigstilt under befaringen. Fare- og oppmerksomhetsfelt, samt håndløpere, var ikke montert.

Trapp nr.	8
Prosjekt	Haugenstua
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt (syd)

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Sort stein	S 7502-B	10	615	16,7	Gulv	Granitt	S 2001-Y	56	615	82,1	-0,8	-0,8
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort stein	S 7502-B	10	458	16,2	Gulv	Granitt	S 2001-Y	56	458	54,4	-0,8	-0,7
N	Trappene	Sort stein	S 8502-B	6	536	12,4	Inntrinn	Granitt	S 2001-Y	56	545	57,6	-0,9	-0,8
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 8502-B	6	653	15,7	Inntrinn	Granitt	S 2001-Y	56	692	58,6	-0,9	-0,7
T-M	Trappene	Sort stein	S 8502-B	6	674	12,8	Inntrinn	Granitt	S 2001-Y	56	608	78,8	-0,9	-0,8
T-N	Trappene	Sort stein	S 8502-B	6	534	11,5	Inntrinn	Granitt	S 2001-Y	56	525	64,9	-0,9	-0,8
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	670	11,2	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	653	71,5	-0,7	0,6
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	540	10,6	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	341	72,4	-0,6	0,5
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	618	65,5	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	606	90	-0,7	-0,3
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	526	66,9	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	345	95,5	-0,6	-0,3
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	630	56,2	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	640	77	-0,7	-0,3
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B70G	23	564	77,6	Vegg	Lysmalt	S 0500-N	86	357	80,8	-0,6	0,0

Trapp nr.	9
Prosjekt	Frogner
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt (syd)

Plassering	Forgrunn							Bakgrunn							Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll		
T	Farefelt	Sort gummi	S 8500-N	6	260	3,39	Gulv	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	255	24	-0,8	-0,9		
N	Oppmerksomhetsfelt	Asfalt	S 8005-R50B	6	247	5,19	Gulv	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	248	25,2	-0,8	-0,8		
N	Trappene	Sort gummi	S 8500-N	6	252	3,26	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	248	24,8	-0,8	-0,9		
T-Ø	Trappene	Sort gummi	S 8500-N	6	255	5,65	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	212,2	21,9	-0,7	-0,7		
T-M	Trappene	Sort gummi	S 8500-N	6	205	6	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	215	22,8	-0,8	-0,7		
T-N	Trappene	Sort gummi	S 8500-N	6	224	12,2	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3040-Y40R	28	214	21,5	-0,8	-0,4		
N-N-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	208	5,57	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	212	12,1	-0,7	-0,5		
N-N-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	213	6,53	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	123	12,1	-0,4	-0,5		
N-M-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	114	11,6	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	111	7,43	-0,7	0,6		
N-M-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	133	21,2	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	98	6,96	-0,6	2,0		
N-Ø-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	146	4,9	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	129	9,7	-0,6	-0,5		
N-Ø-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8000-N	8	143	5,11	Vegg	Betong	S 5005-G80Y	25	124	10,3	-0,6	-0,5		

Trapp nr.	10
Prosjekt	Egmont, Nydalen
Type	Arbeidsbygg
Trapp	Trappesjakt (syd)

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Asfalt	S 8000-N	8	98,6	1,7	Gulv	Gulvbelegg	S 4005-Y20R	32	98,6	9	-0,8	-0,8
N	Oppmerksomhetsfelt	Asfalt	S 8000-N	8	146	4,3	Gulv	Betong	S 5000-N	26	146	13,5	-0,7	-0,7
N	Trappene	Sort stein	S 8500-N	6	143	2,15	Inntrinn	Betong	S 4005-Y20R	32	134,5	11,3	-0,8	-0,8
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 8500-N	6	93	0,96	Inntrinn	Betong	S 4005-Y20R	32	75,5	4,5	-0,8	-0,8
T-M	Trappene	Sort stein	S 8500-N	6	67,8	1	Inntrinn	Betong	S 4005-Y20R	32	56	5	-0,8	-0,8
T-N	Trappene	Sort stein	S 8500-N	6	51	1,1	Inntrinn	Betong	S 4005-Y20R	32	51	5,7	-0,8	-0,8
N-N-Ø	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	174	4	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	168	0,94	0,5	3,3
N-N-N	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	150	5,4	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	56	0,78	2,8	5,9
N-M-Ø	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	137	14,5	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	132	0,77	0,5	17,8
N-M-N	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	133	6,15	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	29	1,03	5,6	5,0
N-Ø-Ø	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	68	12,7	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	86	1,14	0,1	10,1
N-Ø-N	Håndløper	Stål	S 7502-G	10	77	15	Vegg	Stålplate	S 8005-Y80R	7	23	0,79	3,8	18,0

Trapp nr.	11
Prosjekt	Grefsen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Sort gummi	S 9000-N	4	96,8	2,6	Gulv	Gulvbelegg	S 4500-N	29	96,8	8,5	-0,9	-0,7
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort gummi	S 9000-N	4	122	2,3	Gulv	Gulvbelegg	S 4500-N	29	122	16	-0,9	-0,9
N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	81,5	1,7	Inntrinn	Gulvbelegg	S 4500-N	29	77	6,1	-0,7	-0,7
T-Ø	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	93	3,3	Inntrinn	Gulvbelegg	S 4500-N	29	87	9,2	-0,7	-0,6
T-M	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	102,5	5	Inntrinn	Gulvbelegg	S 4500-N	29	100	8,5	-0,7	-0,4
T-N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	134,7	7,5	Inntrinn	Gulvbelegg	S 4500-N	29	150	12,5	-0,8	-0,4
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	73	11,2	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	72	5	-0,6	1,2
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	59,5	9,7	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	36	5,9	-0,3	0,6
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	124	27	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	114	7,8	-0,5	2,5
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	75	14,1	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	74,5	8	-0,6	0,8
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	126,3	18,6	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	123	9,5	-0,6	1,0
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 6010-B50G	16	117,4	18,8	Vegg	Malt	S 3010-R90B	38	80,1	7	-0,4	1,7

Trapp nr.	12
Prosjekt	Grefsen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Amfi

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt		S 8502-B	6	543	13	Gulv		S 7005-Y50R	12	543	21,8	-0,5	-0,4
N	Oppmerksomhetsfelt		S 9000-N	4	2200	28,4	Gulv		S 7005-Y50R	12	2200	57,7	-0,7	-0,5
N	Trappene		S 8502-B	6	2480	15,2	Inntrinn		S 5010-Y10R	24	1368	46,2	-0,5	-0,7
T-Ø	Trappene		S 8502-B	6	743	18,9	Inntrinn		S 7005-Y50R	12	675	28,2	-0,4	-0,3
T-M	Trappene		S 8502-B	6	1232	46	Inntrinn		S 7005-Y50R	12	1142	54,6	-0,5	-0,2
T-N	Trappene		S 8502-B	6	2480	128	Inntrinn		S 7005-Y50R	12	2480	85	-0,5	0,5
N-N-Ø	Håndløper		S 4010-R90B	29	1452	287	Vegg		S 0500-N	86	1687	431	-0,7	-0,3
N-N-N	Håndløper		S 4010-R90B	29	1588	197	Vegg		S 0500-N	86	1717	462	-0,7	-0,6
N-M-Ø	Håndløper		S 4010-R90B	29	1392	90,3	Vegg		S 0500-N	86	1447	357	-0,7	-0,7
N-M-N	Håndløper		S 4010-R90B	29	1342	91,2	Vegg		S 0500-N	86	1351	300	-0,7	-0,7
N-Ø-Ø	Håndløper		S 4010-R90B	29	1024	94,8	Vegg		S 0500-N	86	959	296	-0,6	-0,7
N-Ø-N	Håndløper		S 4010-R90B	29	862	95,1	Vegg		S 0500-N	86	814	415	-0,6	-0,8

Trapp nr.	13
Prosjekt	Munkerud
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Sort stein	S 5500-N	22	125	12,7	Inntrinn	Lys betong	S 3502-Y	38	99,5	15,7	-0,3	-0,2
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 5500-N	22	334	28,8	Inntrinn	Lys betong	S 3502-Y	38	310	41,5	-0,4	-0,3
T-M	Trappene	Sort stein	S 5500-N	22	415	54,1	Inntrinn	Lys betong	S 3502-Y	38	485	74	-0,5	-0,3
T-N	Trappene	Sort stein	S 5500-N	22	585	75	Inntrinn	Lys betong	S 3502-Y	38	512	83	-0,3	-0,1
N-N-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	190,3	1,93	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	180,1	21,7	-0,9	-0,9
N-N-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	119,3	1,38	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	107,7	17,4	-0,9	-0,9
N-M-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	255	69	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	267,1	44,1	-0,9	0,6
N-M-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	167,1	57,8	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	156,5	38,2	-0,9	0,5
N-Ø-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	472	32	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	495	59	-0,9	-0,5
N-Ø-N	Håndløper	Mørklakkert	S 8005-R80B	7	320	21	Vegg	Lysmalt	S 0502-Y	86	243,5	73	-0,9	-0,7

Merk:

Trappen var ikke ferdigstilt under befaringen. Fare- og oppmerksomhetsfelt var ikke montert.

Trapp nr.	14
Prosjekt	Lislebyhallen
Type	Idrettsbygg
Trapp	Trapp (til tribune)

Plassering	Objekt	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
		Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll	
T	Farefelt	Børstet stål	S 5010-B30G	23	392	25,5	Gulv	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	392	51,3	-0,5	-0,5	
N	Oppmerksomhetsfelt	Børstet stål	S 7502-Y	11	298	9,97	Gulv	Betong	S 6005-Y20R	18	298	15,1	-0,4	-0,3	
N	Trappnese	Asfalt	S 8000-N	8	290,6	7,15	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	267,5	31	-0,8	-0,8	
T-Ø	Trappnese	Asfalt	S 8000-N	8	427	7,88	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	333	47,2	-0,8	-0,8	
T-M	Trappnese	Asfalt	S 8000-N	8	212,3	5,93	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	160,5	14,5	-0,8	-0,6	
T-N	Trappnese	Asfalt	S 8000-N	8	155,7	4,1	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	130,8	16,3	-0,8	-0,7	
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	228	37,6	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	216	13,7	-0,7	1,8	
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	188,7	27,9	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	74	12,4	-0,2	1,3	
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	163	19	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	164,2	11,7	-0,7	0,6	
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	104	16,9	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	78,3	8,93	-0,6	0,9	
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	198	13,4	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	202,8	13,5	-0,7	0,0	
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 5010-B30G	23	126,1	14,1	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	98,4	11,4	-0,6	0,2	

Trapp nr.	15
Prosjekt	Lislebyhallen
Type	Idrettsbygg
Trapp	Trapp (ved SFO)

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Børstet stål	S 8000-N	8	804	47,1	Gulv	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	804	110	-0,8	-0,6
N	Oppmerksomhetsfelt	Børstet stål	S 7502-Y	11	690	24,4	Gulv	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	690	59,9	-0,8	-0,6
N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	650	8,53	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	564	54,7	-0,8	-0,8
T-Ø	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	916	15,4	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	946	125	-0,8	-0,9
T-M	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	1051	107	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	1030	113	-0,8	-0,1
T-N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	913	112	Inntrinn	Gulvbelegg	S 2020-B10G	45	885	102	-0,8	0,1
N-N-Ø	Håndløper													
N-N-N	Håndløper													
N-M-Ø	Håndløper													
N-M-N	Håndløper													
N-Ø-Ø	Håndløper													
N-Ø-N	Håndløper													

Merk:

Trappen manglet håndløpere under befaringen. Byggherre opplyser at disse skal monteres.

Trapp nr.	16
Prosjekt	Borge
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trapp (resepsjon)

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	225	19,8	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	196,8	15,5	0,3	0,3
T-Ø	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	134,1	50	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	237,5	15,3	-0,3	2,3
T-M	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	148,8	50	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	144	27,1	0,2	0,8
T-N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	225	63,3	Inntrinn	Gulvbelegg	S 4005-Y20R	32	196,8	42,5	0,4	0,5
N-N-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	257	20	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	243	33,3	-0,7	-0,4
N-N-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	248	20,3	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	197,5	34,5	-0,6	-0,4
N-M-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	177	29,9	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	164	25,3	-0,7	0,2
N-M-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	131,7	19,1	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	87,7	21,5	-0,6	-0,1
N-Ø-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	331	47	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	285	34,8	-0,7	0,4
N-Ø-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	217,8	38	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	167,5	33,8	-0,6	0,1

Merk:

Trappen manglet fare- og oppmerksomhetsfelt. Byggherre opplyser at det opprettes dialog med entreprenør om saken.

Trapp nr.	17
Prosjekt	Borge
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt (øst)

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	532	137	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	529	43,7	0,2	2,1
T-Ø	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	1135	170	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	613	68	1,1	1,5
T-M	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	592	135	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	501	60	0,4	1,3
T-N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	532	112	Inntrinn	Gulvbelegg	S 3020-R70B	33	529	52	0,2	1,2
N-N-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	477	34,2	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	477	76,3	-0,7	-0,6
N-N-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	372	29,3	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	312	68,7	-0,6	-0,6
N-M-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	618	65,5	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	593	226	-0,7	-0,7
N-M-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	495	63	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	455	90	-0,7	-0,3
N-Ø-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	784	324	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	773	420	-0,7	-0,2
N-Ø-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	637	235	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	615	500	-0,7	-0,5

Merk:

Trappen manglet fare- og oppmerksomhetsfelt. Byggherre opplyser at det opprettes dialog med entreprenør om saken.

Trapp nr.	18
Prosjekt	Borge
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Amfi

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	614	80	Inntrinn	Mørk parkett	S 5030-Y50R	16	596	27	1,4	2,0
T-Ø	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	540	140	Inntrinn	Mørk parkett	S 5030-Y50R	16	485	41,7	1,6	2,4
T-M	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	647	108	Inntrinn	Mørk parkett	S 5030-Y50R	16	610	39,2	1,5	1,8
T-N	Trappene	Aluminium	S 3010-B10G	38	648	108	Inntrinn	Mørk parkett	S 6005-G80Y	19	682	42	0,9	1,6
N-N-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	680	69	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	713	212	-0,7	-0,7
N-N-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	640	75,1	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	546	245	-0,7	-0,7
N-M-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	683	71	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	615	146	-0,7	-0,5
N-M-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	560	63,5	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	542	200	-0,7	-0,7
N-Ø-Ø	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	816	107	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	741	225	-0,7	-0,5
N-Ø-N	Håndløper	Mørklakkert	S 5500-N	22	657	100	Vegg	Lysmalt	S 1000-N	74	666	256	-0,7	-0,6

Merk:

Trappen manglet fare- og oppmerksomhetsfelt. Byggherre opplyser at det opprettes dialog med entreprenør om saken.

Trapp nr.	19
Prosjekt	Veitvet
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Amfi

Plassering	Objekt	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
		Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll	
T	Farefelt	Sort stein	S 7000-N	13	291	6,5	Gulv	Granitt	S 4000-N	34	291	26,5	-0,6	-0,8	
N	Oppmerksomhetsfelt	Asfalt	S 8000-N	8	471	18	Gulv	Lys parkett	S 4020-Y30R	20	471	31,7	-0,6	-0,4	
N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	455	18,3	Inntrinn	Lys parkett	S 4020-Y30R	20	453	31,2	-0,6	-0,4	
T-Ø	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	287	13,5	Inntrinn	Lys parkett	S 4020-Y30R	20	177	18,5	-0,4	-0,3	
T-M	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	195	11,6	Inntrinn	Lys parkett	S 4020-Y30R	20	177	18,5	-0,6	-0,4	
T-N	Trappene	Asfalt	S 8000-N	8	455	16	Inntrinn	Lys parkett	S 4020-Y30R	20	453	51,6	-0,6	-0,7	
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	495	42,8	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	501	139	-0,7	-0,7	
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	375	45,2	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	385	155	-0,7	-0,7	
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	221	34,5	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	230	126	-0,7	-0,7	
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	190	33	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	196	119	-0,7	-0,7	
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	155	36,5	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	122	101	-0,6	-0,6	
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	95,5	33,4	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	93	56	-0,7	-0,4	

Trapp nr.	20
Prosjekt	Veitvet
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trapp

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt	Sort stein	S 8000-N	8	915	34,8	Gulv	Granitt	S 4000-N	34	916	128	-0,8	-0,7
N	Oppmerksomhetsfelt	Sort stein	S 8000-N	8	350	12,8	Gulv	Granitt	S 4000-N	34	350	42,2	-0,8	-0,7
N	Trappene	Sort stein	S 8000-N	8	412	28	Inntrinn	Granitt	S 6502-Y	16	339	36,2	-0,4	-0,2
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 4000-N	16	1000	50,9	Inntrinn	Granitt	S 4000-N	34	965	120	-0,5	-0,6
T-M	Trappene	Sort stein	S 4000-N	16	880	45	Inntrinn	Granitt	S 4000-N	34	822	60,2	-0,5	-0,3
T-N	Trappene	Sort stein	S 4000-N	16	582	42,3	Inntrinn	Granitt	S 4000-N	34	608	55	-0,5	-0,2
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	406	39,8	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	408	63	-0,7	-0,4
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	350	41,1	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	319	50	-0,7	-0,2
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	385	41	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	379	53,8	-0,7	-0,2
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	298	39,5	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	225	47,7	-0,6	-0,2
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	565	97,7	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	571	61,7	-0,7	0,6
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 5005-R20B	24	473	72,1	Vegg	Lysmalt	S 0603-G80Y	82	278	54,2	-0,5	0,3

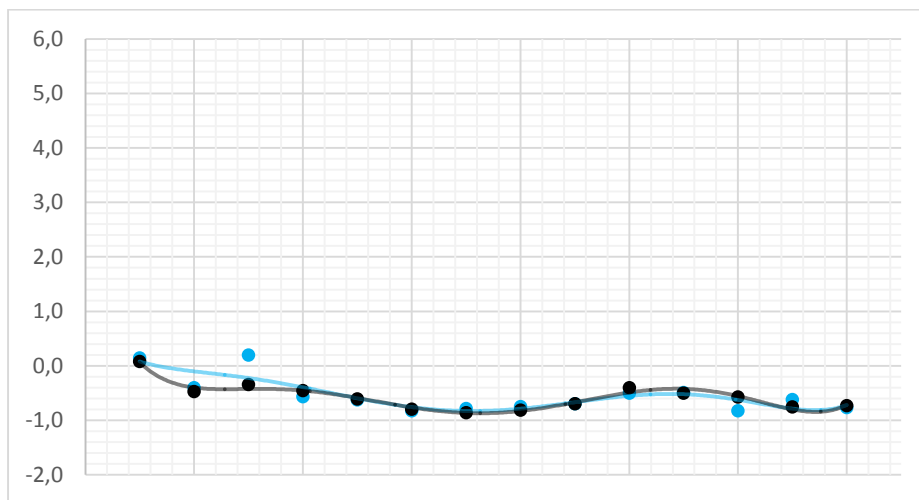
Trapp nr.	21
Prosjekt	Haugen
Type	Undervisningsbygg
Trapp	Trappesjakt

Plassering	Forgrunn						Bakgrunn						Resultat	
	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Objekt	Materiale	NCS-kode	LRV	E	L	Etterprøving	Kontroll
T	Farefelt													
N	Oppmerksomhetsfelt													
N	Trappene	Sort stein	S 3005-B20G	41	583	295	Inntrinn	Granitt	S 5500-N	22	548	43	1,0	5,9
T-Ø	Trappene	Sort stein	S 3005-B20G	41	1140	213	Inntrinn	Granitt	S 5500-N	22	1122	91,1	0,9	1,3
T-M	Trappene	Sort stein	S 3005-B20G	41	1409	287	Inntrinn	Granitt	S 5500-N	22	1230	192	1,1	0,5
T-N	Trappene	Sort stein	S 3005-B20G	41	1513	504	Inntrinn	Granitt	S 5500-N	22	1440	207	1,0	1,4
N-N-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	751	108	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	693	67,3	-0,4	0,6
N-N-N	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	532	97,5	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	450	53	-0,3	0,8
N-M-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	782	210	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	725	130	-0,4	0,6
N-M-N	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	545	165	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	514	122	-0,4	0,4
N-Ø-Ø	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	1820	830	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	1455	691	-0,3	0,2
N-Ø-N	Håndløper	Børstet stål	S 4010-B10G	29	1270	935	Vegg	Lysmalt	S 2500-N	50	1074	560	-0,3	0,7

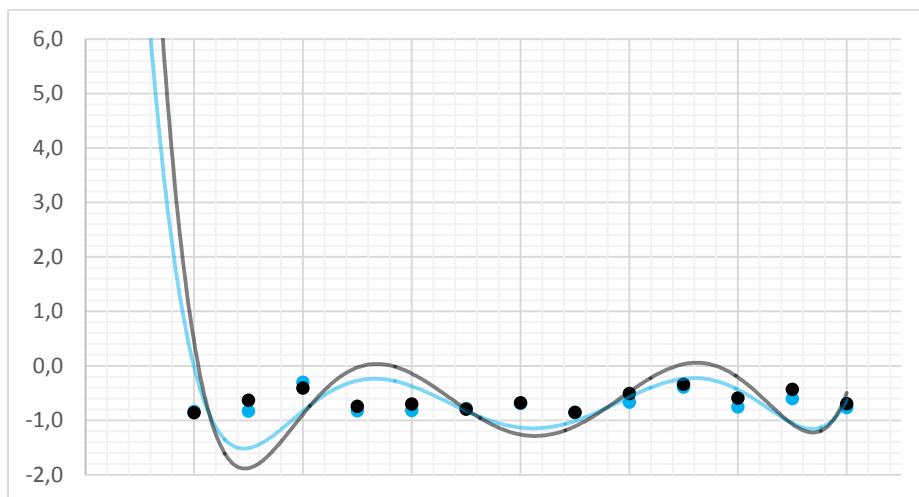
Merk:

Trappen manglet fare- og oppmerksomhetsfelt under befaringen.

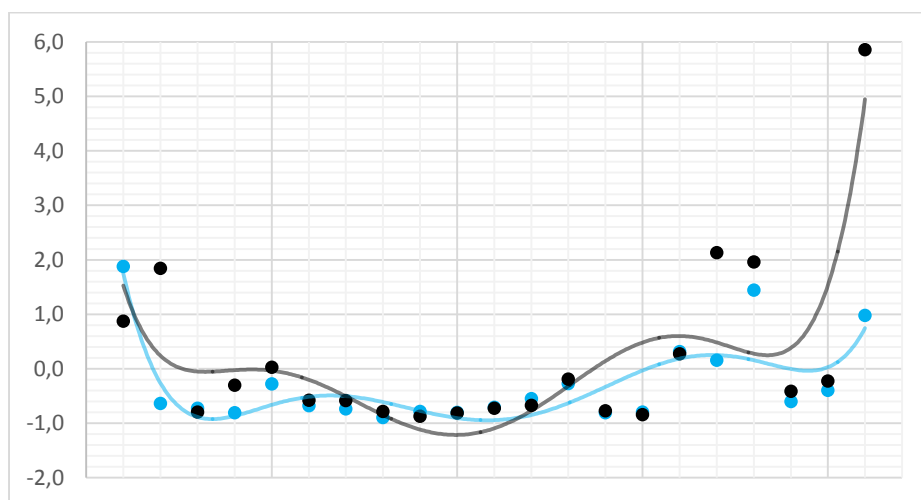
Vedlegg E *Diagramtype 2 (skalert)*



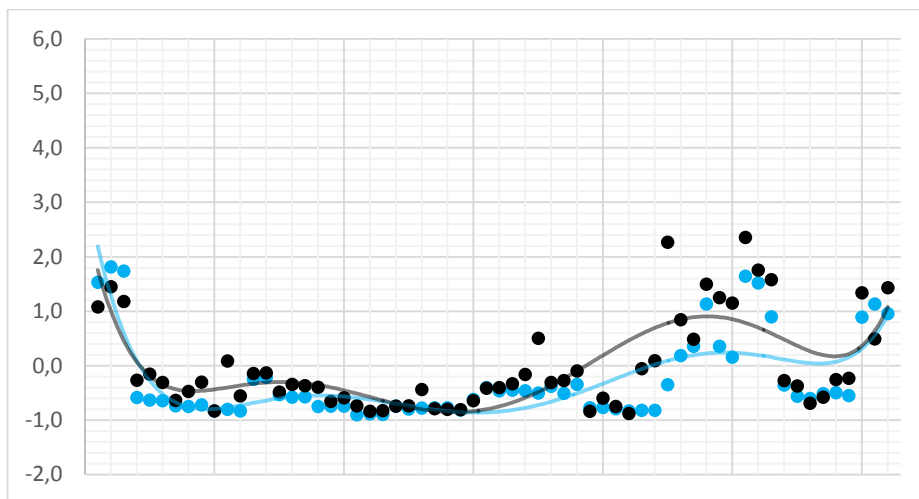
Målemetodenes skalerte trendlinje, farefelt.



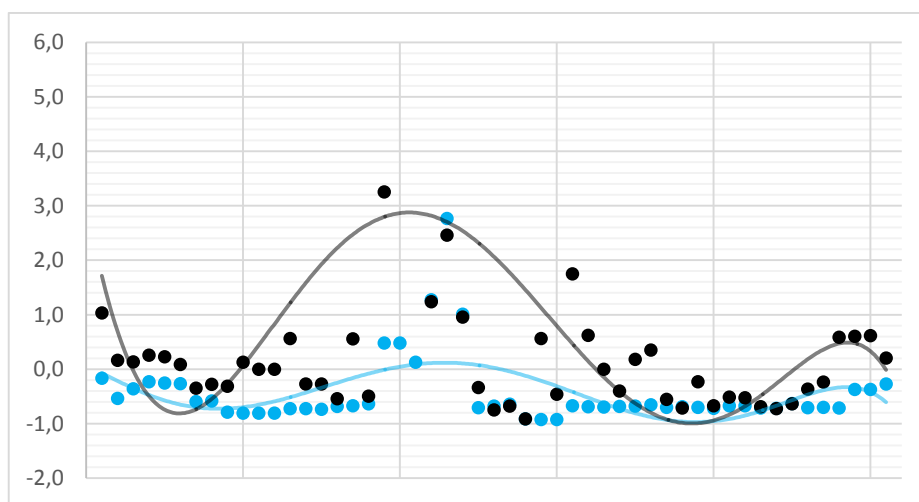
Målemetodenes skalerte trendlinje, oppmerksomhetsfelt.



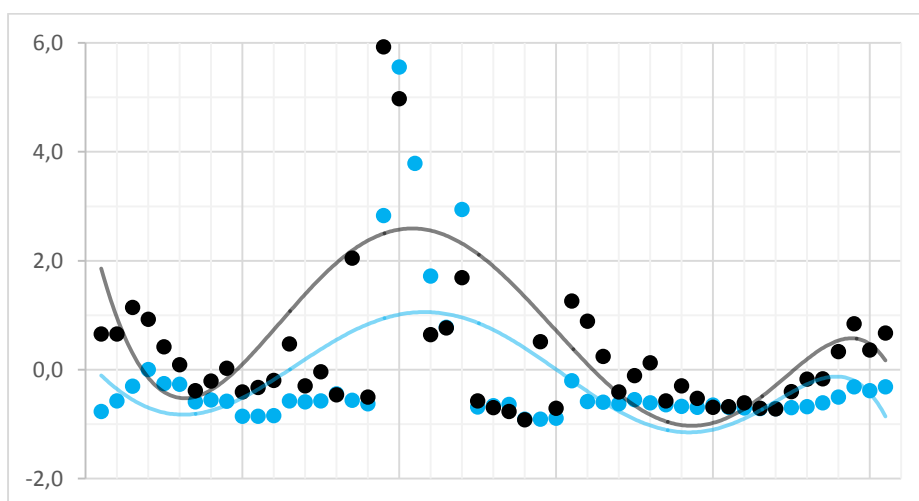
Målemetodenes skalerte trendlinje, nederste trappeneset målt fra bunnen av hver trapp.



Målemetodenes skalerte trendlinje, trappenes 3 målte verdier for trappeneser målt fra toppen av hver trapp.



Målemetodenes skalerte trendlinje, trappenes 3 målte verdier for øvre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp.



Målemetodenes skalerte trendlinje, trappenes 3 målte verdier for nedre håndløpere målt fra bunnen av hver trapp.



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway