

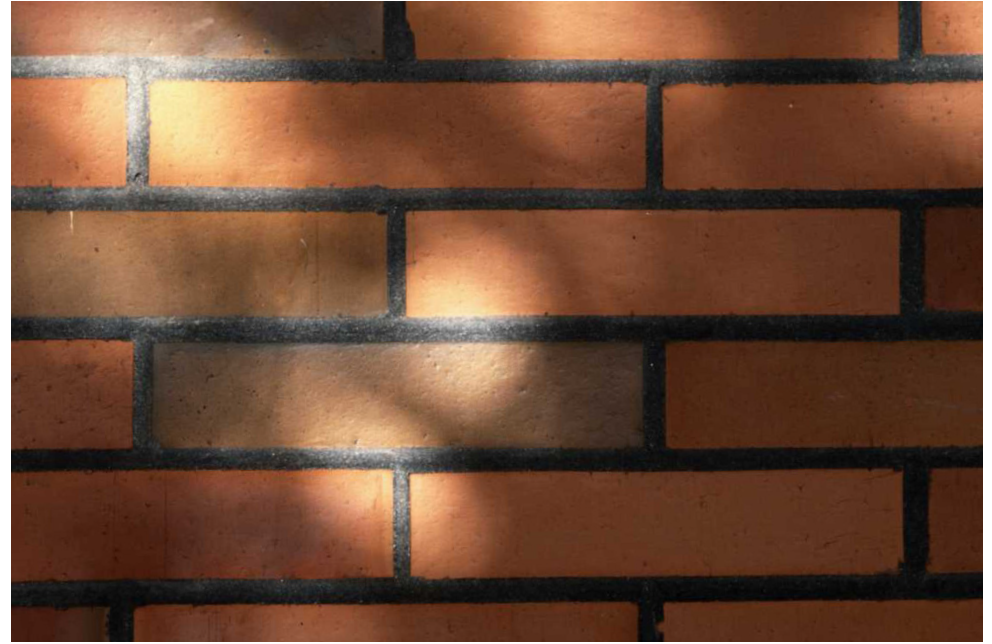
# Ljusstärkande färgsättning av rum



---

Slutrapport Cecilia Häggström och Karin Fridell Anter februari 2012

SYN-TES rapport 4



# Förord

Denna rapport utgör slutredovisning för projektet Belysningsförstärkande färgsättning av rum, finansierat av Energimyndigheten inom programmet Energieffektivisering inom belysning, projektnummer 34528-1.

Projektet har genomförts vid Konstfack under perioden mars 2011 – februari 2012. Projektgruppen har bestått av forskare från Konstfack och ljus- och färgexperter från Alcro-Beckers och Philips. Arbetet har bedrivits integrerat med projektet SYN-TES. Människa, färg och ljus. Syntetisering för ett sammanhållet kunskapsfält, finansierat av KK-stiftelsen (ref. nr 2009/0195). Stort tack till alla medarbetare som har medverkat konkret i arbetet med Belysningsförstärkande färgsättning och/eller bidragit med expertkunskaper vid projektformulering och rapportskrivning. Tack också till alla försökspersoner.

Speciellt tack till Philips som inom ramen för SYN-TES har bekostat material, ljusdesign och installationsarbete i fullskalerummen och till Alcro-Beckers som har bekostat målningsmaterial och givit goda råd om färgsättning.

Stockholm februari 2012

Cecilia Häggström

tekn. dr., inredningsarkitekt, ansvarig forskare inom Belysningsförstärkande färgsättning  
velikij@globalnet.net

Karin Fridell Anter

docent, arkitekt SAR/MSA

projektledare för Belysningsförstärkande färgsättning och SYN-TES

karin.fridell.anter@konstfack.se

Projektgrupp för projektet Ljusförstärkande färgsättning av rum

**Karin Fridell Anter**, Docent, forskare vid Konstfack, Stockholm

**Cecilia Häggström**, tekn. dr., inredningsarkitekt, Konstfack, Stockholm  
(ansvarig forskare, försöksledare Göteborg)

**Svante Pettersson**, Ljusdesigner och kreativ chef, Philips AB, Lighting (Ljusdesign)

**Catharina Andersson**, industridesigner (försöksledare Stockholm)

SYN-TES rapportserie (kan hämtas från [www.konstfack.se/SYN-TES](http://www.konstfack.se/SYN-TES))

1. OPTIMA. Metodstudie om färg, ljus och rumsupplevelse (Karin Fridell Anter)
2. PERCIFAL – Perceptiv rumslig analys av färg och ljus.  
Bakgrund och studiehandledning (Ulf Klarén)
3. LJUS- OCH FÄRGBEGREPP och deras användning (Karin Fridell Anter)
4. LJUSFÖRSTÄRKANDE FÄRGSÄTTNING AV RUM  
(Cecilia Häggström & Karin Fridell Anter)

Ytterligare rapporter planeras

Samarbetspartners för projektet  
Ljusförstärkande färgsättning av rum



**PHILIPS**



Referensgrupp = seminariegruppen inom projektet SYN-TES

**Harald Arnkil**, konstnär, universitetslektor vid Aalto University School of Arts, Archi

**Leif Berggren**, Senior ljusexpert, Stockholm

**Monica Billger**, Bitr. professor, Institutionen för Arkitektur, Chalmers, Göteborg

**Pär Duwe**, Teknisk säljchef, Alcro-Beckers AB

**Johanna Enger**, Ljus- och industridesigner, Konstfack

**Anders Gustafsson**, Teknisk chef, Alcro-Beckers AB, Stockholm.

**Yvonne Karlsson**, Färgsättare, Alcro-Beckers AB (färgsättningsansvarig)

**Thorbjörn Laike**, Docent i miljöpsykologi, Lunds Universitet

**Ulf Klarén**, högskolelektor, forskare vid Konstfack, Stockholm

**Johan Lång**, Försäljningsdirektör, Philips AB, Lighting

**Barbara Matusiak**, Professor, Institutt for byggekunst, form og farge, NTNU Trondheim

**Anders Nilsson**, Chef för den kolorimetriska verksamheten vid NCS Colour, Stockholm

**Helle Wijk**, Docent i medicinsk vetenskap, Inst. f. vårdvetenskap o. hälsa, Göteborgs Universitet

Ljusförstärkande färgsättning av rum  
**Perceptionsstudion/Konstfack 2011-2012**

Finansierat av: **Energimyndigheten**

Projektnummer 34528-1

Projektledare: **Karin Fridell Anter**

Layout och grafisk form: **Johanna Enger**

Fotografier: **Cecilia Häggström** där inget annat anges

# Innehåll

<b>1. Sammanfattning</b>	<b>6</b>	<b>6. Hypotesprövning</b>	<b>30</b>
<b>2. Bakgrund</b>	<b>7</b>	Prövning av hypotes 1, motskuggande jämfört med neutral färgsättning	30
Behovet av kunskap om ljus och färg i samverkan	7	Prövning av hypotes 2, medskuggande jämfört med neutral färgsättning	31
Forskning om ljus och färg i rum	7	Resultat	31
Visuell samverkan och åtskillnad mellan ljus, färg och form	8	<b>7. Med- och motskuggning av konvexa och konkava former</b>	<b>32</b>
<b>3. Projektets utgångspunkter</b>	<b>12</b>	Med- och motskuggning i försöksrummet	32
Syfte och mål	12	Kompletterande ministudie med skalmodeller	33
Problem	12	Påverkan av enkel med-/motskuggning på helhetsintrycket av rummets färg och på ljusets formåtergivande förmåga	35
Hypoteser	13	<b>8. Resultatsammanfattning</b>	<b>36</b>
<b>4. Metod och genomförande</b>	<b>13</b>	<b>9. Avslutande diskussion</b>	<b>37</b>
Experimentets uppläggning	13	Metoder och genomförande	37
Rummets ljussättning och teknik	14	Vidare forskning	38
Rummets färgsättning	17	<b>10. Referenser</b>	<b>40</b>
Rummets dekoration och ytor i rummet som ej målats om	18	<b>Bilaga 1</b> Armaturers placeringar	42
Testgruppen	19	<b>Bilaga 2</b> Ungefärliga NCS-koder för ej förändrade delar och dekorativa detaljer i försöksrummet	43
Pausrummets utformning	20	<b>Bilaga 3</b> Luxmätning av försöksrummet, mätpunkter	44
Försöksproceduren	21	<b>Bilaga 5</b> Luxvärden i pausrummet	49
<b>5. Metoddiskussion</b>	<b>22</b>	<b>Bilaga 6</b> Försöksprotokollet för andra omgången, försöksperson nr 1-8	51
Förhållandet mellan wattvärden och luxmedelvärden	22	<b>Bilaga 7</b> Formulär till kompletterande studie	61
Betydelsen av bedömningarnas utgångslägen, ordningsföljd och scenariernas karaktär	26		
Betydelsen av testgruppens sammansättning och den enskilda försökspersonens grad av konsekvens	27		
Betydelsen av dagsljusets variationer i pausrummet	28		



# 1 Sammanfattning

Projektet undersöker sambandet mellan färgsättningen i ett rum och den belysningsstyrka som krävs för att rummet ska uppfattas som tillräckligt ljust. Tidigare forskning visar att färgsättningen och ljuset kan påverka varandra så grundligt att det ibland är oklart vad som är färg och vad som är ljus. Färgsättningens belysningsförstärkande eller -försvagande funktion kan i en färg-form-interaktionsanalys, förklaras som ett resultat av färgsättningens samverkan med formbeskrivande mönster givna av ljussituationen: medskuggning innebär att den målade färgen förstärker de skillnader som ges av ljussituationen, medan motskuggning motverkar sådana skillnader.

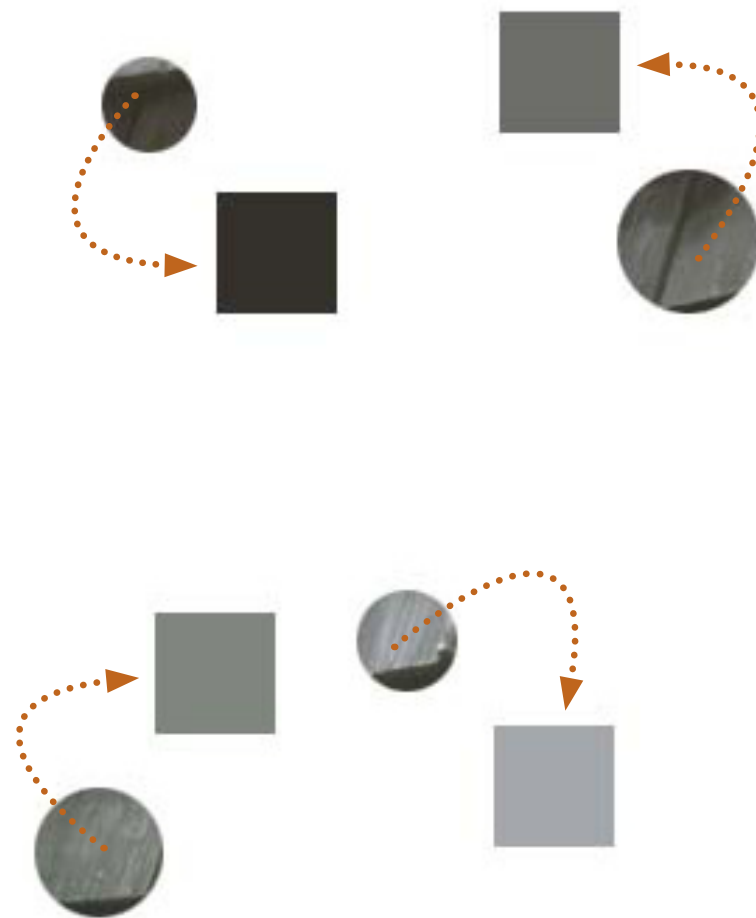
I det här projektet har vi prövat hur systematiskt genomförda förändringar i färgsättningen påverkar behovet av artificiell belysningsstyrka. Vi har utgått från hypotesen att medskuggning i jämförelse med ett neutralt målat rum kräver en lägre belysningsstyrka, medan motskuggning kräver en högre belysningsstyrka. Målet var att kunna avgöra ifall med- och motskuggande färgsättning ger en mätbar påverkan på den upplevda ljusnivån i rummet.

Försöket har genomförts i ett fullskalerum som för tre omgångar målats neutralt, motskuggande respektive medskuggande. Varje färgsättning har prövats i två tydligt olika belysningsscenarier som kopplats till var sin dimmer. En wattmätare registrerar den totala förbrukningen för det scenario som är påslaget. 29 försökspersoner i blandade åldrar har återkommit i alla tre omgångar så att skillnader i ljusnivåer mellan de tre färgsättningarna kunnat jämföras för varje individ. Försökspersoner har ombetts att i två specificerat olika kravsituationer med hjälp av dimmern ställa in en lägsta acceptabel respektive god ljusnivå. Wattvärdet för inställd ljusnivå har registrerats som det inom varje scenario jämförbara värdet och sedan räknats om till luxvärden med utgångspunkt från luxmätningar vid olika wattnivåer.

Resultatet visar en tydligt negativ effekt av motskuggande färgsättning som alltså kräver en signifikant högre belysningsnivå jämfört med en neutral färgsättning. Detta resultat stämmer med vår ena hypotes. Tvärt emot vår andra hypotes gav också vår medskuggning en negativ effekt. Vi kom fram till att formbeskrivande mönster uppträder annorlunda i konkava rum jämfört med de konvexa volymer som vi utgått ifrån när vi formulerat våra hypoteser. Detta stöds inte bara av fullskalestudien utan också av en kompletterande modellstudie. Vår slutsats är att den rumsliga fördelningen av färgskillnader har klar betydelse för både upplevelse av rummets ljushet och krävd belysningsnivå. Detta bör påverka behovet av energi för belysningsändamål.

Det enkla sättet att med- eller motskugga genom att ändra färgen på hela plana ytor, som är effektivt på konvexa volymer, går dock inte att direkt översätta till konkava volymer som rum. När vi förändrade balansen mellan hela plana väggytor förändrades visserligen ljusets kvalitet men också helhetsintrycket av rummets färg: det motskuggade såg ljusare ut medan det medskuggade såg mörkare ut. Trots detta krävdes signifikant högre belysningsnivå i det motskuggade rummet. Vår tolkning är att rummets viktiga formbeskrivande skillnader inte bara finns mellan hela plana ytor. I rum skapas också väsentliga skillnader av återspeglningar från andra plan som ger variationer över den enskilda plana ytan. Eftersom vi inte fullt förstod vilken balans som var avgörande så lyckades vi bara göra en delvis effektiv motskuggning och en ännu mindre effektiv medskuggning, och samtidigt förändrade vi i båda fallen oavsiktligt helhetsintrycket av rummets färg.

Med utgångspunkt i slutsatserna från detta projekt formulerar vi ett antal nya och väsentliga forskningsfrågor. Svaren på dessa frågor kommer att ge möjlighet att på ett medvetet sätt använda färgsättning för att spara belysningsenergi utan att förlora visuell kvalitet.





## Behovet av kunskap om ljus och färg i samverkan

Färg och ljus i samverkan bygger vår visuella föreställning om rummet, men i vårt vardagliga seende så uppfattar vi oftast bara rummet och tingen i det. Vetenskapligt sett är ljus, färg och visuell form praktiskt sett oskiljbara och de kan därför inte heller analyseras separat. Det omgivande rummets färger påverkar ljusupplevelsen och behovet av belysning, samtidigt som belysningens intensitet, kvalitet och placering är avgörande för hur vi ser och upplever rummets färg och form; även utomhus, och i invändiga dagsljusbelysta rum sker en motsvarande ömsesidig påverkan mellan färg och ljus. Trots att relevant forskning länge har utförts inom alla dessa områden är kunskapen dock fragmentiserad och otillräckligt samordnad.<sup>1</sup>

Dagens utvidgade krav på låg energiförbrukning, klimathänsyn och hållbar utveckling kan i den byggda miljön mötas genom att färg och belysning bringas att samverka på ett optimalt sätt. Nya tekniska möjligheter inom färg- och ljussättning ger en stor potential för sådana lösningar och erbjuder också nya möjligheter att skapa upplevelser och känslor med hjälp av ljus och färg.

Genom överstatliga och branschegna överenskommelser pågår för närvarande en storskalig övergång från traditionella till nya ljuskällor. De nya tekniska lösningarna är energisnåla men har samtidigt delvis oprövade egenskaper vad gäller rumsupplevelse, visuell komfort, biologisk påverkan på människan etc. Därmed finns risken att de används på ett sätt som tillgodoser vissa specificerade och mätbara kvalitetskrav (t.ex. låg energiförbrukning) utan tillräcklig förståelse av andra kvaliteter (t.ex. rumsupplevelse och biologisk påverkan på människan).

Projektet har utgått från behovet av att minska energiåtgången för belysningsändamål och från den aktuella övergången till mer energisnåla ljuskällor. Det övergripande syftet är att undersöka hur färgsättning och belysning kan bringas att samverka för positiva effekter för rumsupplevelse och rummets funktionalitet. Målet är att hitta lösningar där artificiellt ljus, och rummets färgsättning samverkar på ett optimalt sätt vad gäller både perceptuella, funktionella och energimässiga faktorer.

<sup>1</sup> En sammanställning av aktuell svensk forskning finns i Fridell Anter 2008a och 2008b.



## Forskning om ljus och färg i rum

Den internationella forskningen om ljus bedrivs till stor del inom industriföretag. Den är huvudsakligen inriktad på tekniska applikationer men innefattar också mer grundläggande forskning om ljus och dess psykologiska och fysiologiska betydelse för människor.<sup>2</sup> Forskning om olika aspekter av ljus bedrivs också vid akademiska institutioner.<sup>3</sup> Den internationella forskningen om färg är i hög grad inriktad på frågor om färgmätning och färgreproduktion i olika medier, och endast till relativt liten del relevant för frågor som rör rumsgestaltning.<sup>4</sup>

Svensk färgforskning har genom sin traditionella anknytning till arkitekturområdet en internationellt sett unik kontinuerlig anknytning till de konkreta gestaltungsfrågorna. I det forskningsfält som berör färgupplevelse samt ljus och färg i rumslig samverkan finns svensk forskning sedan flera decennier i den internationella forskningsfronten.<sup>5</sup> En kunskapsöversikt som sammanfattar aktuell svensk forskning om ljus och färg i rumslig samverkan genomfördes 2007 och visade på behovet av ytterligare forskning.<sup>6</sup>

Genom att forskningen om färg och ljus är uppdelad mellan olika institutioner och organisationer har det kommit att utvecklas olika forskningstraditioner och kunskapskulturer, vilket innebär att forskare ofta har svårt att tillgodogöra sig och förhålla sig till varandras metoder och resultat, trots att de arbetar med likartade frågor. En viktig aspekt av detta är frånvaron av gemensamma och allmänt accepterade begrepp.<sup>7</sup>



Matchning av visuellt skuggupphävande färgprov.

<sup>2</sup> Ett exempel är Vogels 2008.

<sup>3</sup> Några exempel är Matusiak 2006; Sandström et al 2002; Govén et al. 2010

<sup>4</sup> Problematiken diskuteras i Fridell Anter & Billger 2010.

<sup>5</sup> Sammanställningar av forskning fram till 1990-talets början finns i Hård & Svedmyr 1995 och Hård et al. 1995. Nyare forskning finns i doktorsavhandlingarna Billger 1999, Fridell Anter 2000 och Härleman 2007.

<sup>6</sup> En sammanställning av aktuell svensk forskning finns i Fridell Anter 2008a och 2008b.

<sup>7</sup> Begreppsproblematiken diskuteras vad gäller färg i Green-Armytage 2006 och vad gäller ljus i Liljefors 2006. Se även SYN-TES rapport 2 (Klarén 2011 och 3 (Fridell Anter 2011a).

Detta är en viktig utgångspunkt för det nordiska nätverket SYN-TES, som bildades genom projektet SYN-TES: Human colour and light synthesis. *Towards a coherent field of knowledge*.<sup>8</sup> Projektet leddes under åren 2010-2011 av docent Karin Fridell Anter och verkar fortsatt som ett informellt nätverk. Inom SYN-TES samverkar forskare från ett flertal discipliner (arkitektur, miljöpsykologi, vård- och hälsovetenskap, konst m.fl.) med utvecklingsansvariga inom belysningsindustri (Philips), färgmaterialindustri (Alcro-Beckers), färgstandardutgivare (NCS Colour) och tillverkare av fönsterglas (Saint-Gobain Emmaboda Glas). Det övergripande målet inom detta större projekt var att syntetisera kunskaper från olika discipliner och industrigrenar och skapa förutsättningar för framväxt av ett integrerat kunskaps- och forskningsfält kring färg och ljus i rumslig samverkan. Detta arbete skedde i form av arbetsseminarier samt delprojekt kring mer specifika frågeställningar.

Ett delprojekt inom SYN-TES-projektet var det nu slutrapporterade OPTIMA (Energimyndighetens projektnummer 32266-1) som genomfördes vid Konstfack 2010–2011 och primärt resulterade i metodinsikter men också i vissa observationer gällande samverkan mellan färg och ljus i rum.<sup>9</sup> Projektet *Belysningsförstärkande färgsättning av rum* som genomfördes vid Konstfack 2011-2012, byggde vidare på OPTIMA som ännu ett delprojekt inom SYN-TES. Båda delprojekten har bedrivits i nära samverkan med SYN-TES och såväl metoder och genomförande som delresultat har fortlöpande diskuterats av SYN-TES' lednings- och seminariegrupper.

Inom OPTIMA utvecklades en praktikbaserad metod för systematiska holistiska upplevelsestudier av färg- och ljussatta rum (eller annan design). En erfarenhetsgrundad färg- och ljusdesign följs upp med vetenskapligt utformade test med försökspersoner. Testresultaten följs i sin tur upp med erfarenhetsgrundade överväganden och en reviderad färg- och ljussättning etc. Detta beskriver ett generellt tillvägagångssätt för en vetenskapligt kontrollerad men erfarenhetsgrundad *successiv approximering*<sup>10</sup> av en formgiven miljö eller ett formgivet föremål med eftersträfvade upplevelsekvantiteter.

Projektet *Belysningsförstärkande färgsättning av rum* har delvis använt sig av OPTIMAs metodik liksom OPTIMAs försöksrum. Projektet utvecklades som en fördjupning kring OPTIMAs observation att färgsättningen och ljuset påverkade varandra så

grundligt att det ibland var oklart vad som var färg och vad som var ljus. Med utgångspunkt i detta resultat samt annan aktuell forskning om samverkan mellan ljus, färg och form formulerade vi ett antal precisa och klart prövbara hypoteser.



Ljuset gör form synlig eller osynlig ...

Figur 1. Exempel från ett av OPTIMA's belysningsscenarier: Pelarens form blir svårsläslig p g av "deformerande" skugga (till vänster).

(Foto: Ulf Klarén)

<sup>8</sup> Rapporten från projektet SYN-TES kan laddas hem från [www.konstfack.se/SYN-TES](http://www.konstfack.se/SYN-TES)

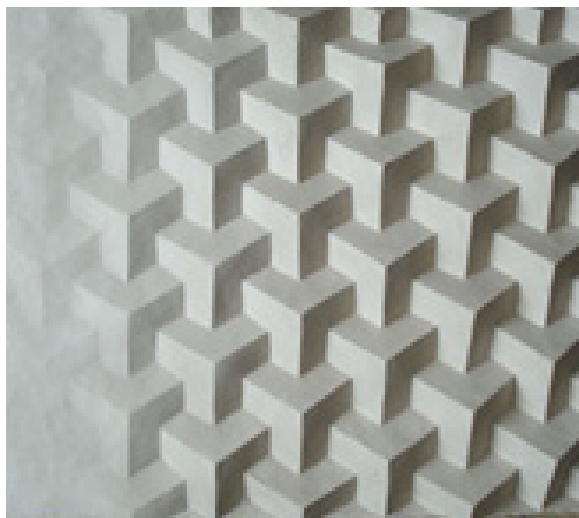
<sup>9</sup> OPTIMA presenteras i SYN-TES rapport 1 (Fridell Anter 2011b)

<sup>10</sup> Om "successiv approximering" se Hein 1985

## Visuell samverkan och åtskillnad mellan ljus, färg och form

I vårt vardagliga seende är ljuset och tingens färg och form olika sidor av samma mynt. De är aspekter som gör varandra synliga. *Tingens form* blir synlig genom de skuggor och dagrar som ljuset ger, alltså de skillnader i ljushet – och mer sällan även kulörton – som inte uppfattas som färgskillnader hos tingen. *Tingens färg* blir synlig genom de skillnader i ljushet och kulörton som inte ses som ljusets fördelning över formen. *Ljuset* blir synligt just genom hur formen fördelar sådana skillnader i ljushet och kulörton som vi inte ser som tingens färg.

Det går inte att praktiskt separera dessa aspekter. Samtidigt förutsätter seendet av dem hela tiden en visuell åtskillnad mellan dem. Den visuella åtskillnaden mellan ljus, färg och form baseras på balanser och konsekvens i mönster. Den kan därför relativt lätt och



Och formens synlighet visar ... hur ljuset är

Figur 2. Formtonad relief (C. Häggström).

mer eller mindre subtilt förskjutas med hjälp av färgsättning eller annan manipulation. En teoretisk utgångspunkt för det här projektet är att färgsättningen kan påverka belysningens *formåtergivande* funktion genom att interagera med de formbeskrivande mönster som ges av ljussituationen.<sup>11</sup> Även om ingen tidigare undersökt hur just färgsättningen kan påverka den upplevda ljusnivån i rum, är insikterna om samverkan mellan fenomenen ljus, form och färg inte alls nya. Att vi i seendet separerar mellan ljus, färg och form ur vad som tekniskt sett är samma stimuli, och att denna separering ibland kan manipuleras att förskjutas, har observerats i många olika sammanhang. I perceptionspsykologiska sammanhang brukar sådana fenomen klassas som illusioner.

Ett av de mer kända exemplen på hur ljusets färg frigörs från sin mer färglösa formbeskrivande funktion och plötsligt uppträder som ytfärg kan vi se i Hurvich experiment med ett vikt papper.<sup>12</sup> Vem som helst kan lätt själv studera fenomenet genom att vika ett vitt pappersark på mitten och ställa det som en halvöppen bok någonstans i rummet så att den ena sidan belyses av dagsljus och den andra av ett varmare artificiellt ljus. Även när skillnaderna mellan de olika ljusens färg är synlig för oss så ser pappret fortfarande vitt ut. Ifall vi däremot begränsar synfältet, t ex genom att titta på det vikta pappret genom ett rör, så att vi ser båda sidorna men inte längre kan uppfatta dess form, då framträder ljusets färg istället som en ytfärg som är tydligt kulörtare än när vi ser den som hörande till ljuset.

Ett annat exempel är en "pyramidiserad" relief (figur 3, nästa uppslag) – formad som sammansatt av kuber men målad i olika grå nyanser så att den kan se ut att bestå av pyramider.<sup>13</sup> Placerad rätt i förhållande till en likadan ljussituation som i Hurvich experiment och betraktad antingen med ett öga eller på ett så pass långt avstånd att det stereoskopiska djupseendet inte avslöjar den verkliga formen, kommer en del pyramider att se blå ut (de som är målade på kubens dagsljusbelysta sida), några bruna (de som är målade på kubens artificiellt belysta sidor) och resten grå (de som är målade på de sidor av kuben som belyses av båda ljusen). Ifall betraktaren minskar betraktningavståndet, eller går från enögt betraktande till tvåögt på ett betraktningavstånd där det stereoskopiska djupseendet är effektivt, så kommer observatören igen att se reliefens kubformer och samtidigt färgsättningen som i neutralgrå skala.

<sup>11</sup> Häggström 2009, 2010

<sup>12</sup> Hurvich 1981:42

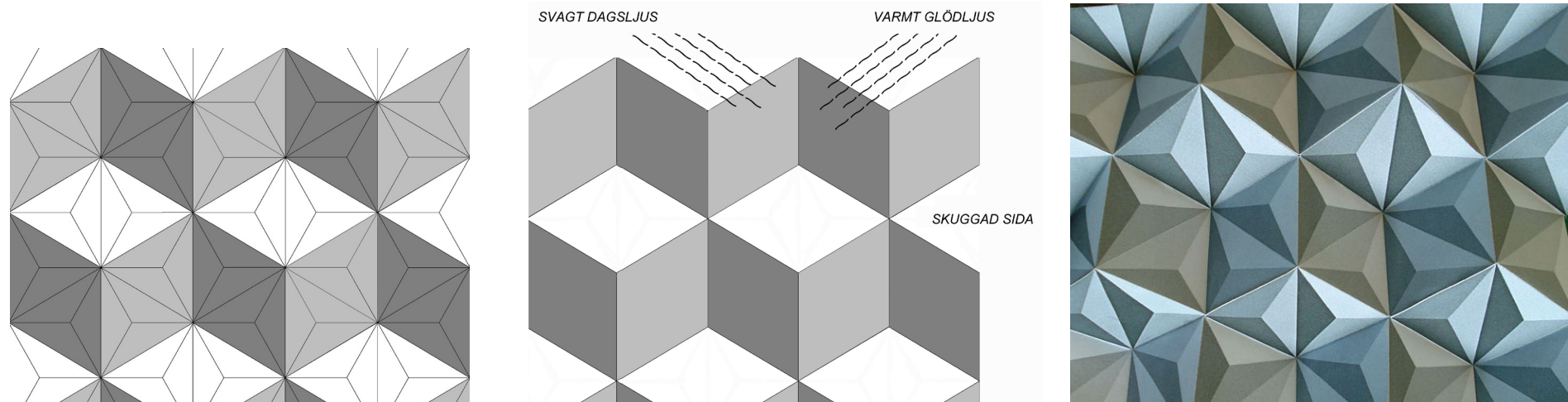
<sup>13</sup> Häggström 1997, 2009

Ett annan känd illusion är det delvis skuggade schackbrädet (se figur 4, nedan).<sup>14</sup> I bilden ser vissa rutor ut att ligga i skugga medan andra ser ut att vara exponerade för starkt ljus. Men om man klipper ut den "beskuggade" vita rutan och flyttar den från sin plats visar den sig ha precis samma färg som en "belyst" svart ruta. Här är det alltså just den rumsliga tolkningen av bilden som gör att en del av gråheten ses som en ljushetsnivå och en annan del av samma gråhet ses som en ytfärg.

Rent praktiskt har bildkonstnärer arbetat med denna samverkan så länge man arbetat med en naturalistisk ambition att återge volymer verklighetstroget. Skickliga trompe l'oeil målningar lyckas verkligen med att få oss att se två aspekter, både objektens färg och deras volymer, med hjälp av ett verklighetstroget ljusmåleri. Men inte bara på plana ytor har man praktiskt arbetat med visuell formmodellering. Teatersminkning använder ofta färgsättning för att visuellt både göra om och förtydliga ansiktets form så att det skall synas långt ut i salongen.

Till kategorin illusioner kan också kamouflage räknas. Även om kamouflagebegreppet inom biologin omfattar så mycket mer än enbart förvillande färgmönster, så är det inom kamouflageteorin som tre viktiga typer av färg-form-interaktion identifieras. De kallas där motskuggande (countershading), sönderbrytande (disruptive) och konstruktiva (constructive) effekter.<sup>15</sup> Dessa tre kamouflagetyper karakteriseras av att färgskillnadsmönstret interagerar med ljussituationens formbeskrivande variationer, och på tre olika sätt gör den verkliga volymen mindre synlig. De fungerar för att de på olika sätt förskjuter distinktioner mellan färgskillnader och formbeskrivande ljusskillnader. Tillämpade som generella analysbegrepp ger de nya möjligheter att analysera och förklara färg-form-interaktion i andra sammanhang.

Begreppet motskuggning omfattar i kamouflageteorin färgmönster som motverkar den formbeskrivning som ges av det naturliga ljuset (se figur 5). När det gäller den kamouflerande kroppsfärgen hos djur åstadkoms motskuggningen genom att färg som är ljusare än helheten ligger på kroppens skuggade sidor (t ex på huvudets, halsens och



Längst till vänster linjetecknad struktur som visar färgfält för omformande målning av kubreliefen, i mitten den experimentella situationen med ljusets riktningar i förhållande till reliefens huvudsakligt mörkare och ljusare sidor och till höger den visuella effekten (fotograferad) som den blir när reliefen betraktas utan effektivt fungerande stereoskopiskt djupseende.

<sup>14</sup> (av Edward H. Adelson, på <http://www.popularscience.co.uk/features/feat16.htm>, hämtad 2012-02-27)

<sup>15</sup> Cott, H. B. (1949)

bukens undersida) medan färg som är mörkare ligger på kroppens mest belysta sidor (t ex på huvudets, halsens och ryggens ovansida).

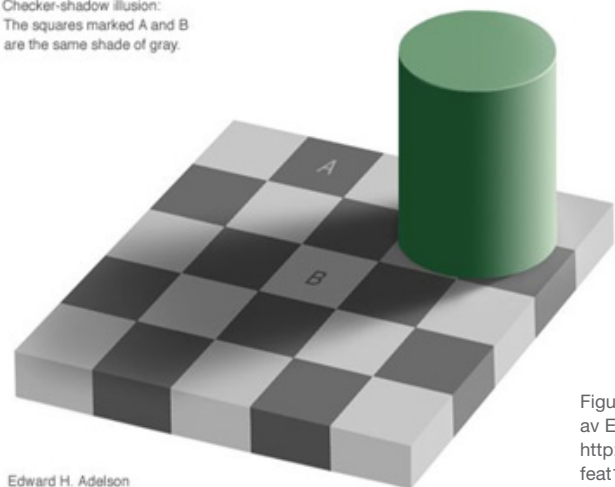
Vi har använt kamouflageteorins begrepp på ett mer generellt sätt så att det handlar om både mot- och medskuggande effekter, alltså effekter som motverkar eller samverkar med ljusets formbeskrivande skuggor och dagar. Tillämpade i analys av hur färgsättning påverkar upplevelsen av rum ger begreppen nya möjligheter att beskriva och förklara vad färgsättningen "gör" med rummet<sup>16</sup>, men också nya möjligheter att formulera precisa och testbara frågor gällande samverkan mellan ljus, färg och form.

Ljuspåverkande effekter av färgsättning i fullskalerum har observerats i tidigare studier, men då utan analysbegreppet mot-/medskuggning. Billger arbetade på 1990-talet med att identifiera uppfattad färg i rum och kunde konstatera att helhetsintrycket av både rummets och den enskilda plana ytans kulörton påverkades av återspeglings från andra väggar i rummet. I ett av sina försök experimenterade Billger med att i fullskalerum måla bort de färgvariationer som dagar och skuggor i en viss ljussituation ger.<sup>17</sup> Två likadana rum ljussattes och målades först på samma sätt. Sedan genomfördes den färgvariationsutjämnande målningen i det ena rummet. Målet var att helhetsintrycket av

rummets färg ändå skulle vara detsamma som i det andra rummet. I jämförelsen mellan de två rummen var det omöjligt även för den som målat väggarna att se skillnaden som en färgskillnad: skillnaden framstod uppenbart som en ljusskillnad. Observationerna visade att den färgvariationsutjämnande målningen, som idag kan identifieras som motskuggande, framförallt påverkade upplevelsen av ljusets kvalitet och rummets synlighet: rummet framstod som flackt och otydligt i sin form, medan ljuset kändes diffust och otillräckligt.

Färgsättning som tvärtom samverkar med ljusets formbeskrivande mönster resulterar omvänt i en visuell förstärkning av ljusets formbeskrivande skillnader. I ett annat experiment prövade Billger att på samma sätt och med samma visuella resultat måla bort skuggor på ett podium placerat på en bestämd plats i rummet. När podiet sedan vreds 180° blev effekten motsatt: podiet framstod som placerat i ett skarpare och klarare ljus än resten av rummet hade. Samma synlighetsförstärkande effekt har observerats på målade reliefer och i utvändig arkitektonisk färgsättning.<sup>18</sup> Genom att öka ljusets formbeskrivande skillnader bör en medskuggande färgsättning alltså kunna uppfattas som förstärkande av ljusets styrka och klarhet.

Checker-shadow illusion:  
The squares marked A and B  
are the same shade of gray.

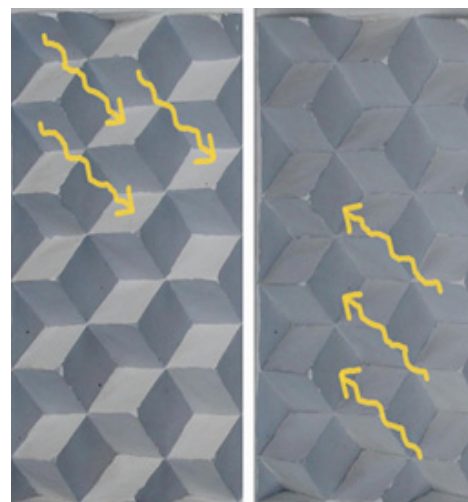


Edward H. Adelson

Figur 4. "Chessboard illusion" av Edward H. Adelson, hämtad från <http://www.popularscience.co.uk/features/feat16.htm>

<sup>16</sup> Haggström 2009, 2010, 2011, Tantcheva & Haggström 2011

<sup>17</sup> Billger 1999



Figur 5. Belysande begrepp utvecklade från kamouflageteorin: Samma relief, med ljus-, mellan- och mörkgråmålade sidor, här belyst från motsatta håll, till vänster så att färgen förstärker ljuset och formen i medskuggning och till höger så att den motverkar ljusets formbeskrivande i motskuggning. Notera det mörkare helhetsintryck som motskuggningen resulterar i.

<sup>18</sup> Haggström 2010



# 3

## Projektets utgångspunkter

### Syfte och mål

Projektets övergripande syfte var att utveckla sådan kunskap som hjälper oss att utveckla lösningar där artificiellt ljus och rummets färgsättning samverkar på ett optimalt sätt vad gäller både perceptuella, funktionella och energimässiga faktorer. Mer specifikt ville vi pröva hur systematiskt genomförda förändringar i färgsättningen påverkar behovet av artificiell belysningsstyrka utan att förändra rumsupplevelse och funktionalitet. Målet var att identifiera ifall sådan färgsättning på ett mätbart sätt kan påverka det upplevda behovet av ljusnivå.

### Problem

Det finns såväl teoretiskt som empiriskt stöd för antagandet att färgsättning kan påverka det upplevda ljuset i ett rum, däremot har tidigare inga studier genomförts som visar på vilket sätt färgsättning skulle kunna påverka den upplevda ljusnivån i rummet, och därmed det upplevda kravet på belysningsstyrka. Med hänsyn till energibesparande intressen är det därför angeläget att bättre förstå hur färgsättning kan påverka vilken belysningsnivå som upplevs som tillräcklig och god.

Vi utgick ifrån antagandet att medskuggning som färgsättningsprincip, genom att visuellt förtydliga ljusets formbeskrivande skillnader, ger ett upplevt bättre ljus och därför gör att man kan ha en lägre belysningsnivå. Vi antog också att den motsatta färgsättningsprincipen motskuggning ger ett upplevt sämre ljus vilket gör att man behöver en högre belysningsnivå. Vi ville därför pröva ifall vi kunde få mätbara effekter av såväl medskuggande som motskuggande färgsättning jämfört med neutral färgsättning.

## Hypoteser

Den grundläggande hypotes vi ställde upp var: färgsättning med ljushetskontraster som samverkar med formen höjer den upplevda ljusnivån och tillåter därför sänkning av den faktiska belysningsstyrkan, och tvärtom; färgsättning med ljushetskontraster som motverkar formen sänker den upplevda ljusnivån och kräver därför en högre belysningsstyrka.

Vi antog att färgsättningens effekt på den upplevda ljusnivån skulle kunna påverkas av vad vi är vana vid. Vi utgick också ifrån den evolutionärt utvecklade tendens att vi konsekvent ser formbeskrivande ljusskillnader som givna av ett riktat ljus uppifrån eller utifrån. Vi ville därför pröva effekten av färgsättningen i två olika belysningsscenarier. Det ena var ett oriktat scenario med svaga kontraster mellan formbeskrivande skuggor och dagrar. Detta representerade samtidigt det konventionella, det vi är vana vid – med en ljussättning som motsvarar våra förväntningar på ett alldeles vanligt rum med artificiell belysning. Det andra var ett extremt riktat scenario som så nära som möjligt skulle efterlikna ett naturligt dagsljusinfall.

Mot- och medskuggning skulle göras i förhållande till det riktade scenariot eftersom detta gav tydligast skuggbildningar. På det viset skulle medskuggning svara mot, och motskuggning strida mot våra förväntningar på ett dagsljusinfall också i det oriktade scenariot.

Utifrån detta resonemang ställde vi upp följande specificerade hypoteser om färgsättningens effekter på vilken belysningsstyrka som skulle krävas för att ljusnivån skulle upplevas som tillräcklig eller god:

**Hypotes 1:** Motskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en högre belysningsstyrka i båda scenarierna. Allra högst belysningsstyrka krävs i det oriktade scenariot eftersom motskuggningen i ett oriktat ljus ger ett formbeskrivande mönster som strider mot våra förväntningar.

**Hypotes 2:** Medskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en lägre belysningsstyrka i båda scenarierna. Allra lägst belysningsstyrka krävs i det riktade scenariot eftersom ljus och färg där samverkar till ett tydligt formbeskrivande mönster.

# 4

## Metod och genomförande

### Experimentets uppläggning

Försöket genomfördes i de två specialinredda kontorsrum på Konstfack som tidigare använts i projektet OPTIMA (se fig. 6 nedan). Det ena rummet användes som ett neutraliserande pausrum där försökspersonerna togs emot och gavs korta men tidsfördrivande bedömningsuppgifter som handlade om att bedöma skillnader mellan två rumsmodeller. Dess viktigaste funktion var just att erbjuda en paus mellan uppgifterna i försöksrummet. Försöksrummets fönster har varit täckt, bakom glaset, med ljusute-stängande material. Befintliga möbler och det mesta av rummets befintliga dekorativa inredningsdetaljer användes men en del detaljer byttes ut eller lades till.

För varje omgång målades skåpet, soffan, vägghyllan och den stora tomma tavelramen om, precis som rummets kortsidespartier. Det vita i taket, och på listverk och dörr samt det beige-melerade linoleumgolvet har liksom rummets alla dekorativa detaljer lämnats oförändrade. Försöksrummet har målats i gråskala i tre omgångar, först med neutralt enfärgad, sedan med motskuggande och avslutningsvis med medskuggande färgsättning.

Varje färgsättning har prövats i två tydligt olika belysningsscenarier som kopplats till var sin dimmer. En wattmätare har registrerat den totala förbrukningen för det scenario som varit påslaget. Wattvärdet för inställd ljusnivå har registrerats som det inom varje scenario jämförbara värdet.

Försöksledaren har använt sig av ett protokoll med detaljerade instruktioner för proceduren och rutor att föra in mätvärden i (se bilaga 6). Försökspersoner har fått uppgiften att med hjälp av dimmern ställa in ljusnivån så att det motsvarar två olika specificerade krav och wattvärdet för försökspersonens valda belysningsnivå har förts in i protokollet och räknats om till luxvärden med utgångspunkt från luxmätningar vid olika wattnivåer. Försöksproceduren, försöksrummets och pausrummets utformning och det detaljerade protokollet utvärderades och justerades efter en testomgång med ett tiotal forskare från SYN-TES och studenter från Konstfack. De tre försöksomgångarna genomfördes sedan under vecka 21–23 (maj–juni), 31–33 (augusti) och 36–38 (september) 2011, och resultaten efter varje omgång utvärderades preliminärt inför nästa ommålning.



## Rummets ljussättning och teknik

De två belysningsscenarier som användes i försöken avsåg att representera karaktäristiskt olika ljusfördelningsmönster, det ena vardagligt oriktat med minimala skuggbildningar och det andra extremt riktat med tydliga skuggbildningar, simulerande dagsljusinfall och därmed motsvarande våra förväntningar på ett naturligt ljusinfall (se figur 7). I det konkreta arbetet med att ta fram belysningsscenarierna kom vi fram till ett flertal praktiska begränsningar. Inte helt överraskande blev det riktade scenariot knappast ett naturligt utan mer exceptionellt, med bl. a. ovanligt multipla skuggbildningar och massiv bländningsrisk. Den största stötestenen var att det tekniskt sett och med rimlig utrustning inte gick att få så ljusstarkt ("allt för ljusstarkt") som vi önskat i maximalt upptänt läge, och detta gällde särskilt det oriktade scenariot.



Figur 6. Kontorsrummen som användes, t. v. det delvis dagsljusbelysta pausrummet, till höger det helt artificiellt belysta försöksrummet.

Till det oriktade scenariot användes dels en takplafond med tre 100-watts glödlampor, en pendlad takarmatur med en 100-watts glödlampa, och ett par punktbelysande spotLED I, 2700K, dels över skåpet och dels över soffans högra hörn. En SpotLED III, 4000K monterad på skena var riktad mot över vänstra delen av fönsterbänken. (Se figur 8) Vid upp- och nerdimning gick det inte att få balans mellan de olika ljuskällorna, så att hela scenariot gick upp och ner jämnt, utan spotarna gav ett relativt det hela scenariot starkare ljus vid nerdimmat. Som helhet kan det oriktade scenariot karakteriseras som konventionellt både avseende hur ljuset är satt (inklusive diffuserat) och avseende ljusets relativt varma färg.



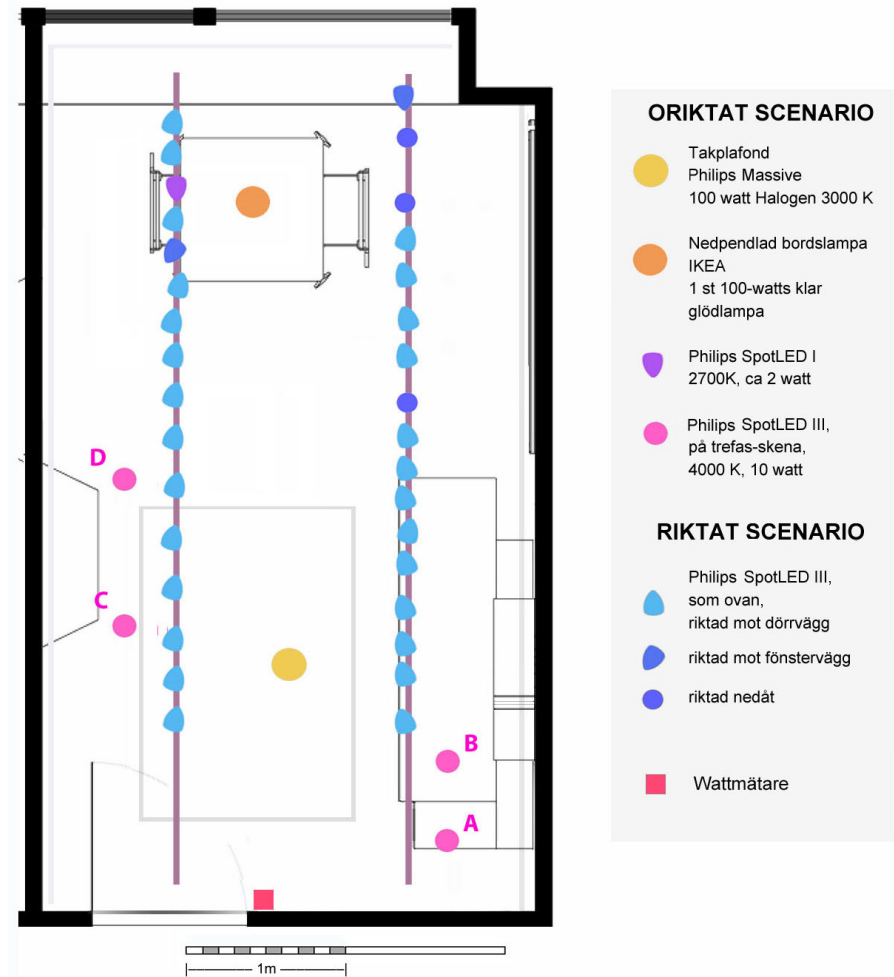
Figur 7. t. v. scenario 1 med relativt jämnt allmänljus, t. h. scenario 2 med mycket tydlig ljusriktning.

Till det riktade scenariot användes 32 SpotLED III, 4000K, en del med med opalt filter för bredare spridning, monterade på två skenor ca 80cm från var långsidesvägg. (Se figur 8) De flesta av spotarna riktades i samma vinkel snett ner mot långsidesvägg för att ge så parallella slagskuggor som möjligt. En spot ställdes så att den reflekterades i fönstret och gav skarpa skuggor från objekt nära fönstret. Några få av spotarna vändes nedåt eller snett inåt för att minska oförklarliga mörkerbildningar inne i rummet. En mörk zon bildades ändå i den inre delen av rummet (mot dörren). Vi kunde placera den lösa mattan så den sammanföll med skuggområdet och att skuggan därför mer syntes som en färgskillnad (mattan mot golvet) än som en ljusskillnad. Som helhet kan det riktade scenariot karaktäriseras som okonventionellt, skarpt, extremt riktat med hög bländningsrisk och med en relativt sval ljusfärg.

Varje belysningsscenario som helhet kopplades till en egen dimmer. Dessa monterades på en något klumpig men dock bärbar dosa/låda försedd med en lång sladd som tillät försökspersonerna att både vandra runt i rummet och sätta sig vid bordet med dimmerpaketet i handen (se figur 9, nedan). Wattmätaren monterades vid dörren och kopplades så att den mätte den totala strömförbrukningen oavsett vilket scenario som var påslaget. Högsta och lägsta möjliga wattvärde visade sig, p g av ojämn strömtillförsel, variera lite under dagen – med ca 3 watt på lägsta möjliga och 6-7 watt på högsta möjliga. Värden har också kunnat fladdra lite, mellan någon watt mer och någon watt mindre, även när dimmern ställts in på en bestämd nivå. Dessa variationer har bedömts som obetydliga.



Figur 9. Dimmers monterade på bärbar dosa med lång sladd, och wattmätaren monterad vid dörren.



Figur 8. Belysningsplan för försöksrummet. För mer detaljerad info se bilaga 1

## Rummets färgsättning

De tre prövade färgsättningarna har utgått från den varma grå nyans (S 2005–Y20R) som OPTIMAs överlämnade rum hade på långsidesväggarna. Den neutrala färgsättningen fick denna nyans på alla väggar samt på fönsterbänken och pelaren, medan ”möblerna” målades med samma kulörton men mörkare (med 5 eller 10 NCS-steg större svarthet). (Se figur 10)

Mot- och medskuggande målning utfördes i förhållande till det riktade scenariot upp- vridet till högsta belyningsnivå. För jämförbarheten bestämde vi att eftersträva balans i den mot- och medskuggande färgsättningen, så att lika mycket yta skulle göras ljusare och mörkare, så att ommålningen i princip skulle innebära att bara vända på färgerna, så att de ljusare nyanser som använts för att motskugga i skuggade partier användes för att medskugga på ljusare partier, och de mörkare nyanserna som använts för att motskugga mer belysta ytor användes för att medskugga skuggade partier.

I själva genomförandet målades den motskuggande färgsättningen på den neutrala och färgvalen balanserades då för att i möjligaste mån reducera skuggor och dagrar utan att för den skull resultera i några uppfattbara färgskillnader. De fyra ”möblerna” som också målades om med- och motskuggande var soffan, vägghyllan och den stora tomma tavelramen på den högra långsidesväggen, samt skåpet vid den motsatta långsidesväggen. Den visuella bedömning i valet av färger utgick ifrån målet att få så full effekt som möjligt utan att den målade skillnaden kunde uppfattas som målad, därför bröts färgen ibland till en något förskjuten kulörton.

I den motskuggande färgsättningen målades fönsterpartiets vertikala ytor vända mot rummet med ljusare nyanser och den motsatta kortsidesväggen med en mörkare nyans. Möblerna (den stora tavelramen, vägghyllan, soffan och skåpet) målades på motsvarande sätt men med nyanser som skiljde sig mer från deras grundfärg från den neutrala färgsättningen. Då större delen av de mest belysta sidorna på både soffan och vägg- bokhyllan täcktes av inredningsdetaljer innebar motskuggningen här nästan enbart att skuggade sidor målades ljusare.

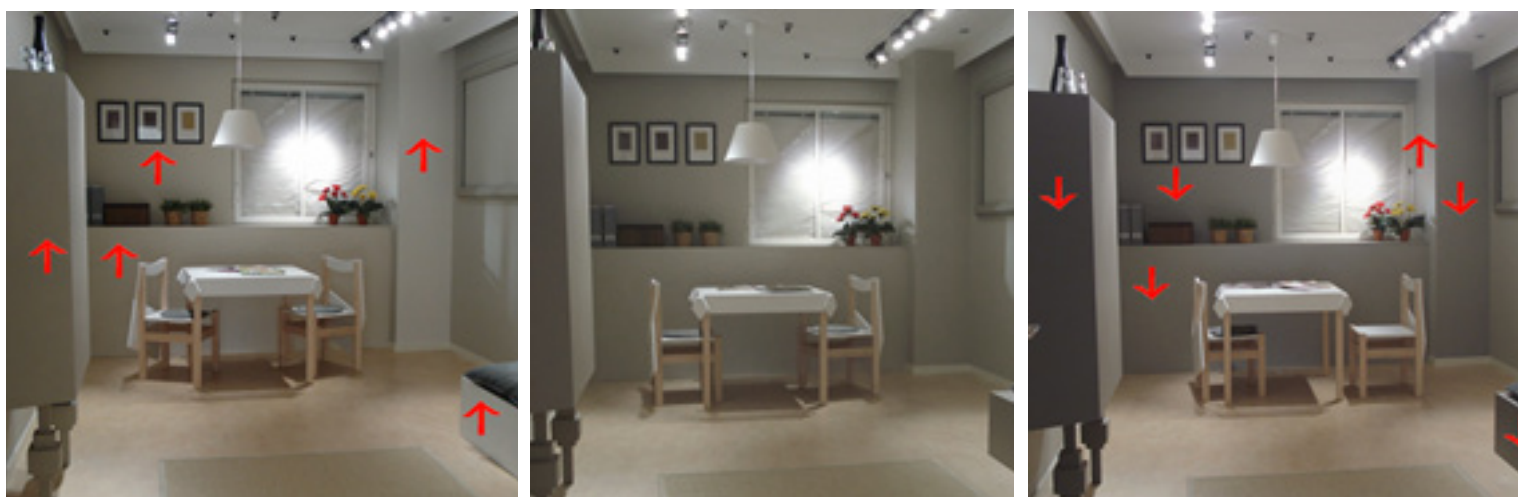


Fig 10: Från vänster till höger: motskuggad, neutral och medskuggad färgsättning. Pilarna visar hur färgerna på markerade ytor justerats (uppåt = ljusare, nedåt = mörkare).

I den medskuggande färgsättningen målades fönsterväggens vertikala ytor vända mot rummet med mörkare nyanser. Pelarens sida mot fönstret och fönsterbänken målades med ljusare nyanser och den motsatta kortsidan målades med en ljusare nyans. Möblerna målades på motsvarande sätt men med nyanser som skiljde deras grundfärg något från den neutrala färgsättningen på väggarna. Då större delen av de mest belysta sidorna på både soffan och väggbokhyllan täcktes av inredningsdetaljer innebar medskuggningen här nästan enbart att skuggade sidor målades mörkare.

Rummets dekor och ytor i rummet som ej målats om

Vardagsting och dekorativa detaljer har valts och lagts till för att skapa en vardagslik känsla och för att ge en mer normalt komplex färgrikedom som ofta följer i och med att rum bebos (se figur 11). Dessa utgör tillsammans med bordet och stolarna samt rummets tak, golv, golvlistor, karmar och dörrblad konstanta faktorer vars färger inte förändrats mellan de tre omgångarna. Ungefärliga NCS-koder för dessa delar och detaljer ges i bilaga 2.

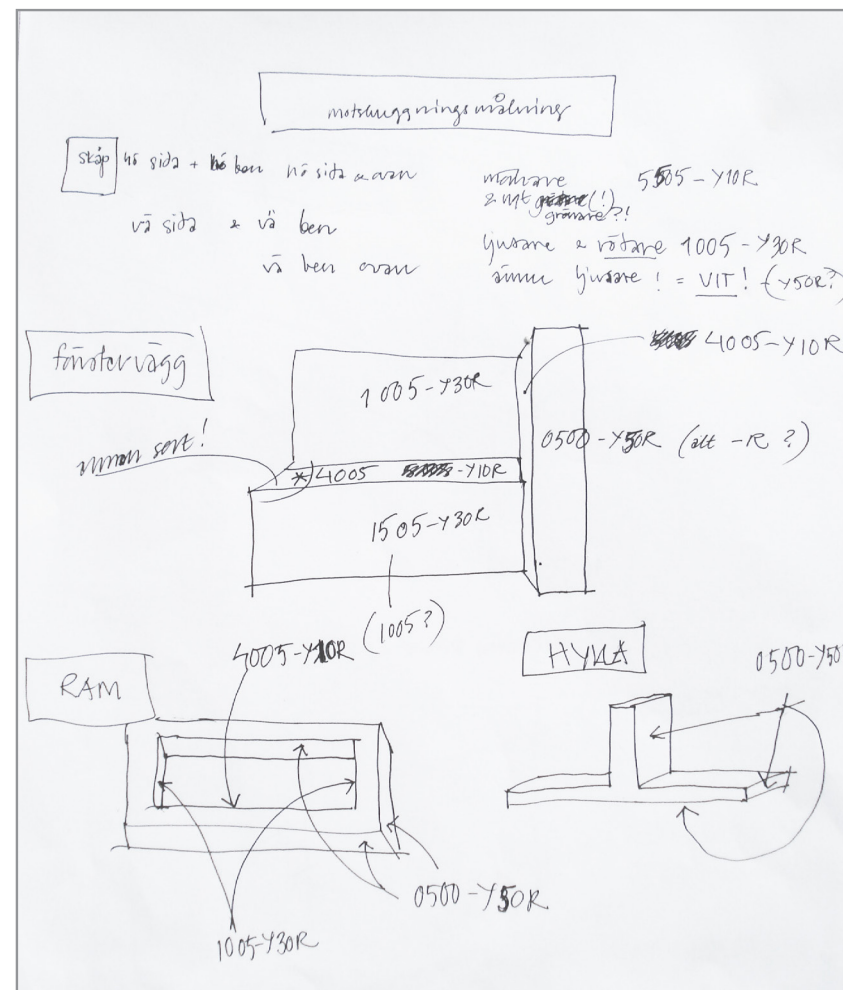


Figur 11. Några av de detaljer som avsåg att tillföra en normalt komplex färgrikedom i försöksrummet

NCS-koder för färgsättningar i försöksrummet	NEUTRAL	MOTSKUGGANDE SKILLNAD	MEDSKUGGANDE SKILLNAD
LÅNGSIDESVÄGGAR	2005-Y20R	2005-Y20R	2005-Y20R
FÖNSTERVÄGG	2005-Y20R	2005-Y20R	2005-Y20R
övre parti		1005-Y30R -10	2505-Y20R +5
fönsterbänk		2005-Y20R	1005-Y30R -10
nedre parti		1005-Y30R -10	3002-Y +10
pelare, sida mot fönster		2005-Y20R	1502-Y -5
pelare, sida mot rum		0502-Y50R -15	3002-Y +10
DÖRRVÄGG	2005-Y20R	2005-Y20R	2005-Y20R
väggen		2505-Y20R +5	1502-Y -5
ramens ljusaste översidor		4005-Y10R +15	1005-Y30R -10
ramens mellanmörka sidor		2005-Y20R	2505-Y20R +5
ramens mörka sidor		0520-Y20R -15	3002-Y +10
TAVELRAM	3005-Y20R	3005-Y20R	3005-Y20R
ljusaste översidor		4005-Y10R +10	2005-Y10R -10
ljusare mörka sidor		2005-Y20R -10	3005-Y20R
mellanmörka sidor		1005-Y30R -20	4502-Y +15
mörkaste sidor hö & under		0502-Y50R -25	5502-Y10R +25
VÄGGBOKHYLLA	3005-Y20R	3005-Y20R	3005-Y20R
mörkaste sida under		0500-N -30	5502-Y10R +25
mellanmörk hö sidor		0502-Y50R -25	4502-Y +15
ljusaste vä sidor		3005-Y20R	2005-Y20R -10
SOFFA	4005-Y20R	4005-Y20R	4005-Y20R
vä-sidor & ryggen framsida		2005-Y20R -20	4502-Y +5
högersidor		0500-N -40	5502-Y10R +15
sitsens framsida		0500-N -40	5502-Y10R +15
armstödet framsida		2005-Y50R -20	4502-Y +5
armstödet ovasida		4005-Y20R	3005-Y20R -10
SKÅP	4005-Y20R	4005-Y20R	4005-Y20R
höger sida + ovan + ovan hö ben		5505-Y10R +15	3005-Y20R -10
vänster sida + vä sida av vä ben		3005-Y20R -10	4502-Y +5
framsida o ovan hö ben		4005-Y10R	3005-Y20R -10
vä sida av höger ben		2005-Y20R -20	5505-Y10R +15

Tabell 1: NCS-koder för den målade färgsättningen i försöksrummet.

\* SKILLNAD = NCS-steg i svarthet jämfört med neutralt, NCS-steg avseende svarthet.



Arbetskisser för motskuggningsmålningen, reviderade efterhand som färgvalen prövades och bestämdes.

## Testgruppen

Försökspersonerna (fp) hämtades dels bland Konstfacks studenter, dels bland bekanta utan anknytning till kunskapsområdet, och med målet att få en jämn spridning i ålder och kön. Försökspersonerna fick sina nummer utifrån den ordning de kom till den första omgången. 29 av 30 försökspersoner återkom till alla tre omgångarna. Åldersmässigt är våra försökspersoner relativt väl fördelade: något mindre än en tredjedel var 21–30 år, något mer än en tredjedel 31–50 år, och ytterligare en dryg tredjedel 51–72 år (se tabell 2 nedan). Vi fick en viss obalans gällande kön, med två tredjedelar kvinnliga och en tredjedel manliga försökspersoner och oproportionerligt fler äldre kvinnor än äldre män. Av de 29 försökspersoner som gjort bedömningar i alla tre omgångarna uppgav 5 försökspersoner att de har professionell anknytning till ”färg, ljus eller rumslig gestaltning”, medan ytterligare 10 försökspersoner uppgav att de hade ett särskilt icke-professionellt intresse inom detta område.

Kön & Ålder	21–30 år	31–50 år	51–72 år	Totalt
Män	2	3	3	8
Kvinnor	5	7	9	21
Totalt	7	10	12	29

Tabell 2. Försökspersonernas fördelning över ålder och kön (29 fp).

Försökspersonerna informerades om vikten av att de kunde delta i alla tre omgångarna och utlovades ett attraktivt presentkort som tack för hjälpen, att överlämnas vid den avslutande omgången. Inför och under genomförandet fick försökspersonerna bara vaga uppgifter om syftet med undersökningen – att det handlade om ljus och färg i rum. Enligt överenskommelse bjöds försökspersonerna därför också, efter avslutat genomförande, in till en frågestund där vi presenterade projektets syfte, vad vi faktiskt gjort och preliminära resultat.

När 14 försökspersoner genomfört tredje försöksomgången upptäckte försöksledningen att deras bedömningar inte motsvarade det förväntade. En möjlighet till detta skulle kunna vara att den motskuggande färgsättningen inte var tillräckligt välgjord. För att testa detta justerades färgsättningen något innan de återstående 15 genomförde försöket. 5 försökspersoner gjorde försöket en ytterligare gång. Detta innebar att den sista försöksomgången, med den slutliga färgsättningen, bara omfattade 20 försökspersoner. Deras fördelning på kön, ålder och profession överensstämde i allt väsentligt med den större gruppens (se tabell 3 nedan).

Det faktum att 5 försökspersoner gjorde om tredje försöksomgång under likartade men inte identiska förhållanden erbjöd oss den oplanerade möjligheten att undersöka graden av konsekvens i den enskilda individens bedömningar. Detta diskuteras nedan under rubriken ”Betydelsen av testgruppens sammansättning och den enskilda försökspersonens grad av konsekvens”.

Kön & Ålder	21–30 år	31–50 år	51–72 år	Totalt
Män	2	2	1	5
Kvinnor	3	6	6	15
Totalt	5	6	7	20

Tabell 3. Försökspersonernas fördelning över ålder och kön (tredje omgångens 20 fp).

## Pausrummets utformning

Det rum som försökspersonerna först mötte och som de vistades i mellan varje besök i försöksrummet var tänkt att fungera som ett neutraliserande pausrum, och som arbetsmiljö med hänsyn till försöksledaren. Möblering och färgsättning i pausrummet bedömdes vara normalt komplex, med vitt tak, beige-melerad linoleumgolvet, ljusgråväggar, ett grönt skåp, en grå soffa, en röd matta och ett likadant bord med två stolar som i försöksrummet. Ett par rumsmodeller placerades på vänster sida av fönsterbänken och framför dem en hög stol från vilken försökspersonen kunde studera modellerna (se figur 12).

Pausrummets viktigaste funktion vara att fungera som en visuellt stabil neutraliserande miljö, så att försökspersonen varje gång hon/han gick in i rummet skulle ha ett rimligt likadant adapterat seende. Eftersom vi valt att ha dagsljusinfall i pausrummet blev det därför viktigt att kontrollera nivån på detta. Dagsljusinfallet reglerades till en del med hjälp av persiennerna och balanserades med en fast lysrörsbelysning i taket. Vår ambition var att hålla en luxnivå på mellan 500 och 2000 lux, mätt mitt på bordet. Faktiska luxnivåer mättes i de pauser då försökspersonen vistades i rummet. För varje försöksomgång och person uppmättes värdet vid 3-4 tillfällen under en tidsrymd på ca en timme. Automatiskt reglerade markiser medförde ibland en luxnivå som låg lägre än vi hade ambition att hålla (absolut lägsta värdet 420 lux, i tredje omgången) och direkt infallande solljus medförde ofta klart högre nivåer (som mest i andra omgången, med ett enskilt maxvärde på 3 150 lux och övre kvartil på 2 070 lux). Genomsnittet för de tre omgångarna ligger på 1 216 lux i första, 1 674 lux i andra och 1 323 lux i tredje omgången.

Utifrån mätvärdena för varje person och omgång har ett genomsnittligt luxvärde och standardavvikelse beräknats och använts för att granska eventuell påverkan av dagsljusets variationer i pausrummet på resultatet i försöksrummet.

För att göra tiden för varje försökspersons omgång rimligt omfattande och ändå ha pauser som var tillräckligt långa för att få en neutraliserande effekt bestämde vi att varje stund i pausrummet skulle vara i ca fem minuter. Under tre av de fyra pauserna sys-selsattes försökspersonen i pilotstudier med visuella bedömningsuppgifter som gick ut på att jämföra två rumsmodeller.



Figur 12. Pausrummet avsågs att fungera som ett neutraliserande mellanrum. Här sysselsattes försökspersonen med korta uppgifter som handlade om att bedöma skillnader mellan de två modellerna.

## Försöksproceduren

Försöksledaren har tagit emot försökspersonen i pausrummet och under ca 5 minuter inlett med de allmänna frågorna i protokollet. Därefter har försöksledaren ställt in det aktuella belysningsscenariots utgångsläge och försökspersonen förts in i försöksrummet. Från det givna utgångsläget har försökspersonen fått instruktionen ”Gå runt i rummet och använd dimmern för att skruva upp/ner till lägsta acceptabla nivå, utifrån antagandet att du skall spendera en hel dag här, men inte göra något särskilt”. När försökspersonen bestämt sig för grad av dimming har försöksledaren läst av wattmätaren och fört in värdet i protokollet. Därefter har försökspersonen fått instruktionen ”Sätt dig vid bordet och bläddra i tidskrifterna. Försök att se på bilderna som om du är intresserad av dem och t ex funderar på att klippa ut dem använda dem i ett kollage. Använd dimmern för att ställa in ljuset så att det känns bra – behagligt och väl fungerande – för att göra detta.” När försökspersonen bestämt sig för grad av dimming har försöksledaren återigen läst av wattmätaren och fört in värdet i protokollet.

I varje försök har försökspersonen gått in fyra gånger i rummet, och genomfört proceduren med både utgångsläget fullt upptänt och helt nedsläckt i båda scenarierna. Ordningen har varierats systematiskt mellan försökspersonerna enligt tabellen (tabell 4) nedan. Varje försöksperson har alltså genomfört försöket på precis samma sätt i alla tre omgångarna.

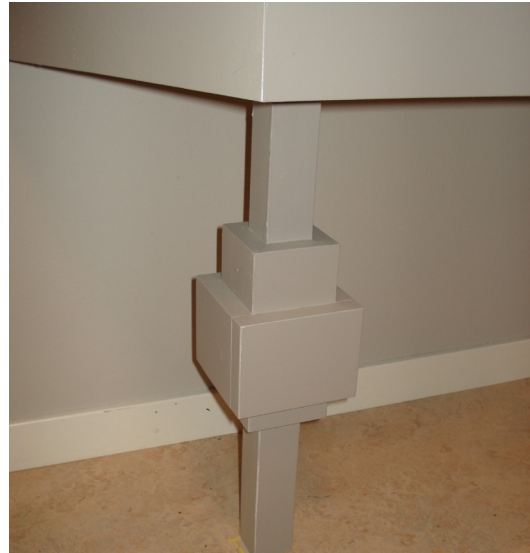
Grupp	Första bedömning	Andra bedömning	Tredje bedömning	Fjärde bedömning
Fp 1–8	2 L	2 D	1 L	1 D
Fp 9–15	2 D	2 L	1 D	1 L
Fp 16–22	1 L	1 D	2 L	2 D
Fp 23–30	1 D	2 D	2 D	2 L

Tabell 4: Bedömningssituationernas ordningsföljd för varje grupp försöksperson (fp).  
1 = oriktat scenario, 2 = riktat scenario, L = från fullt upptänt, D = från helt nedsläckt.

Försökspersonen har i alla tre omgångarna fått besvara frågor om kända eller nya konstaterade synproblem, hur känsliga de bedömer sig vara för starkt ljus, hur ofta de upplever problem med för starkt ljus, hur bra mörkerseende de anser sig ha och hur ofta de upplever problem med för svagt ljus. I andra omgången besvarade de också frågan om professionell anknytning till och annat särskilt intresse för området ”färg, ljus eller rumslig gestaltning”, samt en fråga om vilket av de två belysningsscenarierna som de tyckte bäst om. Allra sist i tredje omgången besvarade de frågor om ifall de mindes rummet från de tre omgångarna så väl att de kunde uttala sig om skillnaden emellan dem och i så fall vilken skillnad de uppfattat. De ombads också bedöma hur likadant de tänkt när de gjort sina bedömningar.

I pausrummets modellstudier prövades med- och motskuggning i bl. a. mer kulörta färgkombinationer och med fokus på hur typen av ställda frågor ger olika svar. I sista omgångens pausbedömningar bedömdes också relativ ljushet i modellerna.





Överst t v: motskuggande målning av skåpets ben, fotograferat med blix för att avslöja färgskillnaderna. Nere t v: wattmätaren och dosan med dimmerreglage som försökspersonerna bar med sig och använde för att ställa in belysningsstyrkan. Till höger: överst den medskuggande färgsättningen och nederst den motskuggande färgsättningen, båda i det riktade scenariets ljussättning. Den stora skillnaden i helhetsintrycket av rummets färg i bilderna stämmer väl med den faktiska upplevelsen.

# 5

## Metoddiskussion

### Förhållandet mellan wattvärden och luxmedelvärden

Försökspersonernas val av belysningsnivå för de olika situationerna registrerades och dokumenterades i form av wattnivåer. Avsikten var dock inte att registrera energigtång eller att jämföra energieffektiviteten mellan de båda ljusscenerierna. Dokumentationen av wattnivåer syftade i stället till att på ett smidigt sätt få mätvärden för jämförelsen mellan olika färgsättningar inom varje belysningsscenario. För att få fram information om de belysningsstyrkor som ställts in vid varje tillfälle räknades watt-värdena om till lux-värden. Detta gjordes på följande sätt:

I varje belysningsscenario, i den neutrala färgsättningen, mättes luxnivåerna upp för fyra olika wattnivåer (från lägsta möjliga till högsta möjliga). Mätningarna gjordes på sammanlagt 103 mätpunkter (33 horisontella och 70 vertikala). Samma mätningar gjordes också i den motskuggande färgsättningen, men eftersom skillnaden (se tabell 5 nedan) bedömdes som obetydlig gjordes ingen ytterligare mätning för den medskuggande färgsättningen och i bilaga 3 redovisas endast mätdata för neutral färgsättning.

För varje scenario och wattnivå har luxmedelvärdet för dessa punkter beräknats, och utifrån detta en omräkningsfaktor som anger lux/watt (se tabell 6 nedan). De två wattnivåerna mellan lägsta och högsta möjliga watt har för båda scenarierna valts så att de representerar ungefärligt och rimligt lika steg med hänsyn till både watt och visuell skillnad i ljusstyrka. Avvägningen mellan det ena och det andra har lett till att mätvärdena inte bildar helt raka linjer.

Sambandet mellan wattvärden och luxvärden var inte helt linjärt, vilket komplicerade tolkningarna av resultaten. Den första komplicerande konsekvensen gäller det oriktade scenariot. Kurvan för watt och lux följer inte varandra (se figur 13 nedan) och därför kan man inte jämföra wattvärdena för att få fram skillnader i belysningsstyrka. Den absoluta skillnaden mellan två relativt låga wattvärden motsvarar en mycket mindre skillnad i belysningsstyrka än en lika stor skillnad mellan höga wattvärden. Omräkningsfaktorerna för de fyra wattnivåer där mätningarna har gjorts har därför lagts till grund för omräkning av samtliga wattvärden till luxvärden (se tabell 6 och 7, nedan). Analysen av försökspersonernas valda wattinställningar har sedan utgått från luxvärden framräknade med hjälp av denna tabell.

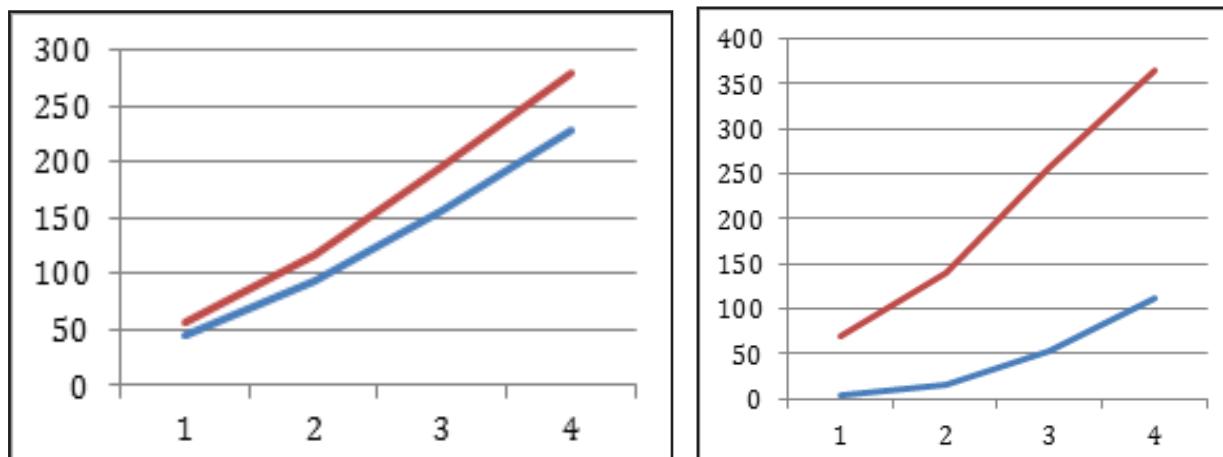
LUXMEDELVÄRDEN - ORIKTAT SCENARIO (1)

	PLAN Neutral	VÄGG Neutral	PLAN Motsk	VÄGG Motsk	TOT MV Neutral	Motsk	SKILLNAD Neutr-Motsk
69W	7	3,4	7,4	3,3	5,2	5,35	-0,15
140W	21	12	21	12	16,5	16,5	0
257W	3,1	43	3,3	60	23,05	31,65	-8,6
365W	131	92	137	100	111,5	118,5	-7

LUXMEDELVÄRDEN - RIKTAT SCENARIO (2)

	PLAN Neutral	VÄGG Neutral	PLAN Motsk	VÄGG Motsk	TOT MV Neutral	Motsk	SKILLNAD Neutr-Motsk
57W	76	47	76	46	61,5	61	0,5
116W	141	89	141	89	115	115	0
195W	226	144	226	137	185	181,5	3,5
279W	315	199	314	189	257	251,5	5,5

Tabell 5. Jämförelse mellan luxmedelvärden för neutral och motskuggande färgsättning.



Figur 13: Nivåer för luxmedelvärden (blå linje) och motsvarande wattvärdeslägen (röd linje) för oriktat (t. v.) respektive riktat (t. h.) scenario. Lodrät axel: Luxmedelvärden. Vågrät axel, läge 1–4 wattvärden enligt tabell ovan: 1 = lägsta möjliga, läge 2 =W-värde nr 2, läge 3 = W-värde nr 3 och läge 4 = högsta möjliga wattvärde.

SCENARIO (1)

NIVÅ	Lux/MV	WATT	Lux/watt
1	5	69	0,08
2	17	140	0,12
3	54	257	0,21
4	112	365	0,31

SCENARIO (2)

NIVÅ	Lux/MV	WATT	Lux/watt
1	44	57	0,77
2	94	116	0,81
3	157	195	0,81
4	230	279	0,82

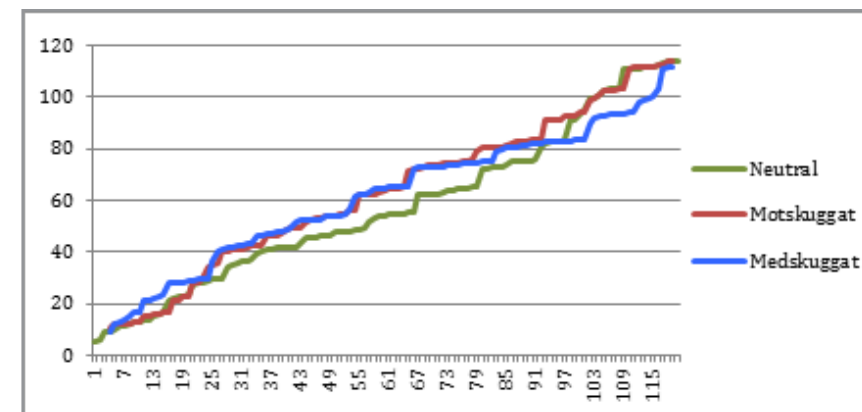
Tabell 6: Luxmedelvärden och omräkningsfaktorer för fyra olika wattmätarlägen per scenario, från lägsta möjliga till högsta möjliga wattvärde.

SCENARIO 1			SCENARIO 2		
LuxMV	watt	faktor	LuxMV	watt	faktor
<b>5</b>	<b>69-75</b>	<b>0,08</b>	<b>44</b>	<b>57-60</b>	<b>0,77</b>
7	76-86	0,09	52	61-71	0,79
9	87-98	0,10	60	72-81	0,79
11	99-110	0,11	68	82-91	0,79
13	111-122	0,11	76	92-101	0,79
15	123-134	0,12	85	102-111	0,80
<b>17</b>	<b>135-146</b>	<b>0,12</b>	<b>94</b>	<b>112-122</b>	<b>0,81</b>
23	147-168	0,14	104	123-134	0,81
29	169-187	0,16	114	135-146	0,81
35	188-207	0,18	124	147-159	0,81
41	208-227	0,19	135	160-174	0,81
47	228-246	0,20	146	174-188	0,81
<b>54</b>	<b>247-266</b>	<b>0,21</b>	<b>157</b>	<b>189-202</b>	<b>0,81</b>
63	267-284	0,23	169	203-216	0,81
72	285-302	0,25	181	217-230	0,81
82	303-320	0,26	193	231-244	0,81
92	321-338	0,28	205	245-258	0,82
102	339-356	0,29	217	259-272	0,82
<b>112</b>	<b>357-365</b>	<b>0,31</b>	<b>230</b>	<b>273-279</b>	<b>0,82</b>

Tabell 7. Omräkningstabell med beräknad faktor för att räkna om försökspersonernas inställda wattvärden till luxvärden.

En uppenbar skillnad är också att det oriktade scenariot aldrig kommer i närheten av det riktade i maximal ljusnivå. Vid det maximala wattvärdet i det oriktade scenariot (365 watt) ligger medelvärdet på 112 lux, medan det vid det maximala wattvärdet i det riktade scenariot (279 watt) ligger på 229 lux. Detta visar att det helt enkelt inte gått att få riktigt hög belysningsstyrka i det oriktade scenariot. I jämförelse med det riktade uppfattades dess högsta ljusnivå som tydligt lägre.

Det verkar alltså rimligt att många värden som ligger på högsta nivån i det oriktade scenariot kunde ha legat högre ifall bara möjligheten att skruva upp mer hade funnits. Några få försökspersoner har i detta läge spontant uttryckt att de önskat ännu mer ljus. För att kontrollera ifall vi fått en "stockning" i området för de högsta värdena (lodräta axeln) i det oriktade scenariot har vi storlekssorterat alla värden för neutral, motskuggande och medskuggande färgsättning för detta scenario. Den vågräta axeln visar värdens storleksordningsnummer. Grafen (figur 14 nedan) visar tydligt ingen uppenbar "stockning" kring de högsta värdena.

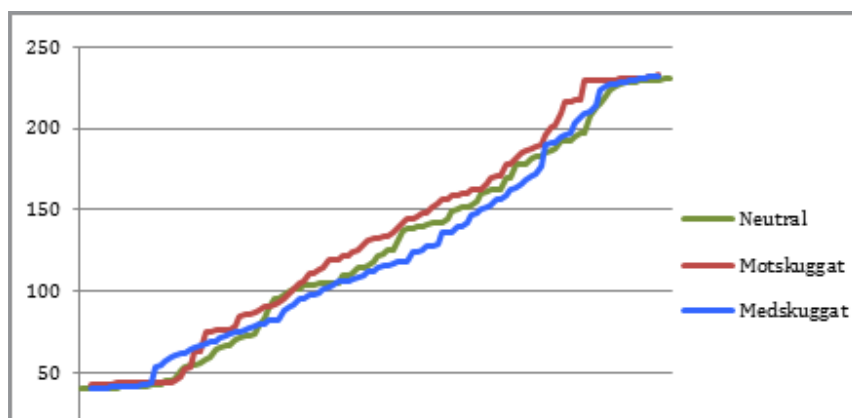


Figur 14: Luxvärden från alla bedömningsfall storleksordnade separat för neutral, motskuggande och medskuggande färgsättning i det oriktade scenariot (scenario 1). Lodrät axel visar lux och vågrät axel ordnar värdena i storleksordning.

Ett motsatt problem har vi i det riktade scenariot eftersom detta av tekniska skäl inte gick att dimma upp från helt nerläckt: det tändes istället på en låg nivå. Därför har även alla värden för det riktade scenariot storleksordnats, och grafen visar här (figur 15 nedan) som väntat en viss anhopning på den lägsta nivån: detta tyder på att de lägsta värdena kunde ha varit ännu lägre ifall det gått att skruva ner mer. Lite överraskande visar den också en viss anhopning bland de högsta värdena, vilket tyder på att försökspersonerna kanske hade valt högre värden ifall det varit tekniskt möjligt.

För båda scenarierna är det ändå slående hur jämnt utspridda värdena ligger, oberoende av den stora skillnaden i belysningsnivå mellan de två scenarierna. Vi kan alltså inte se att de tekniska begränsningarna påverkat vårt resultat.

Eftersom luxvärdena ligger utspridda över ett stort spann uppstod problemet med siffrors jämförbarhet. En skillnad på 20 lux är förstås mycket mer värd när den är mellan 50 och 70 lux än när den är mellan 200 och 220 lux. När vi jämfört värdepar har därför skillnaden mellan de två luxvärdena delats med medelvärdet för de jämförda siffrorna så att måttet på skillnaden är den procent som skillnaden utgör av medelvärdet.



Figur 15: Luxvärden från alla bedömningsfall storleksordnade separat för neutral, motskuggande och medskuggande färgsättning i det riktade scenariot (scenario 2). Lodrät axel visar lux och vågrät axel ordnar värdena i storleksordning.



Överst t v: pendlad kökslampa. Överst t h: Philips SpotLED I. Nederst: Philips SpotLED III på trefas-skena.

## Betydelsen av bedömningarnas utgångslägen, ordningsföljd och scenariernas karaktär

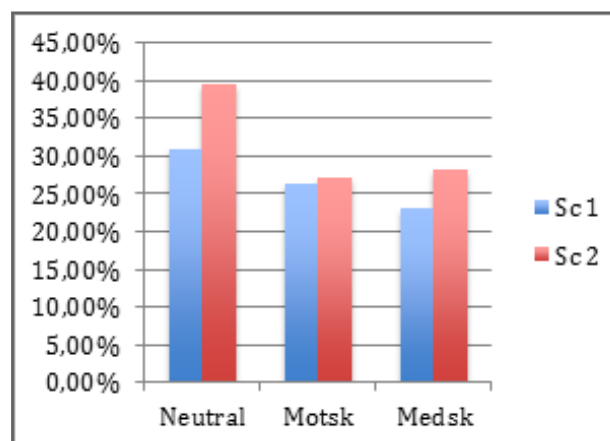
Varje fjärdedel av testgruppen bedömde de olika belysningsscenarierna i olika ordning, och varje försöksperson bedömde i scenarierna samma ordning i alla tre omgångarna (se tabell 4). Baserat på värden från första omgången (neutral färgsättning) har vi inte kunnat se något samband mellan denna bedömningsordning och de valda watt-värdena.

Inom varje försöksomgång och belysningsscenario fick varje försöksperson göra samma inställningar två gånger, den ena gången med utgångspunkt från högsta möjliga belysningsstyrka och den andra gången från helt nedsläckt. I det oriktade scenario 1 visade sig en signifikant skillnad mellan de bedömningar som gjordes utifrån upptänt respektive nedsläckt. I båda dessa bedömningsituationer – ”gå runt i rummet” och ”sitta vid bordet” – ställde försökspersonerna generellt in en högre belysningsnivå när utgångsläget var ett fullt upptänt scenario. Detta resultat stöds av tidigare forskning<sup>19</sup>. Intressant är att någon sådan skillnad inte kan ses i det riktade scenariot.

Vad gäller ordningsföljden mellan ljusscenarierna och utgångsläget i upptänt/nedsläckt kunde alltså eventuell påverkan neutraliseras genom att försökspersonerna fick göra på olika sätt. Motsvarande neutralisering var inte möjlig för de tre färgsättningarna. Rummet målades om inför varje försöksomgång, och alla försökspersoner bedömde färgsättningarna i ordningen neutralt – motskuggande – medskuggande, med några veckors mellanrum.

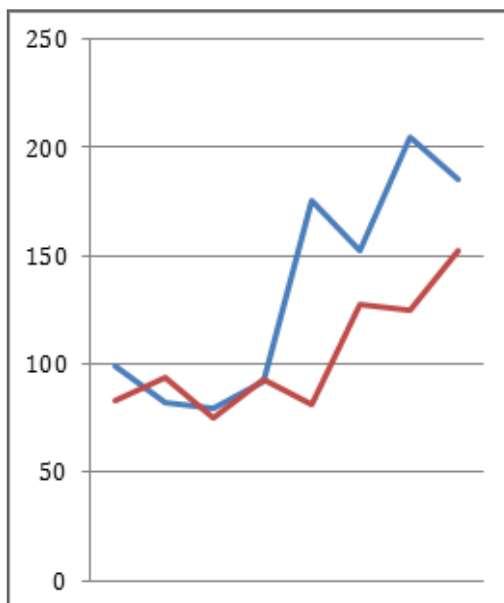
Försöksledaren uppfattade att försökspersonerna för varje omgång gjorde bedömningarna snabbare, med mindre tveksamhet och noggrannhet. Därför ville vi granska ifall det syntes någon skillnad i jämnheten mellan bedömningarna i de tre omgångarna. Vår tanke var att det skulle bli allt större skillnader mellan värden inom varje omgång om försökspersonen blev mindre noggrann i sina bedömningar. För att få ett mått på jämnheten i varje försökspersons bedömningar har vi tagit standardavvikelsen på hans/hennes 8 värden per omgång och delat med medelvärdet för samma värden. På så sätt så att vi fått fram hur stor procent standardavvikelsen utgör av medelvärdet. Dessa procentmått för alla 29 försökspersonerna visas i figur 16 (nedan).

Tvärt emot vårt antagande visar analysen att försökspersonerna i båda scenarierna gjort ojämnast bedömningar i första omgången och jämnare i de båda senare omgångarna. Resultaten för det riktade scenariot var i alla tre omgångarna mindre jämna än för det oriktade och allra mest ojämnast resultat gav den första omgångens riktade scenario. Det förefaller alltså som om erfarenheten av själva bedömningsituationen gjorde att försökspersonerna gjorde sina bedömningar både snabbare och med större säkerhet. Vidare ser det ut som om det riktade scenariot generellt var svårare att bedöma. Det riktade scenariot var alltså svårare att bedöma och försökspersonernas valda värden för detta låg också på en generellt högre nivå. En tolkning är att de riktade armaturerna orsakade bländning som försökspersonerna försökte kompensera genom att höja ljusnivån i rummet. En annan tolkning är att LED-ljusets kvalitet var sämre i neddimmat läge: flimriga effekter observerades av forskarna i testomgången. Försöksledaren vittnar om att några försökspersoner spontant kommenterat ljuset som ”skumt” medan flera spontant kommenterat bländningen. På frågan om vilket scenario försökspersonen föredrog svarade 26 av 29 att de föredrog det oriktade scenariot. Ifall detta berodde på att de föredrog en varmare ljuston, en mer konventionell ljussättning eller ljuskvalitet, eller allt tillsammans, är en öppen fråga.

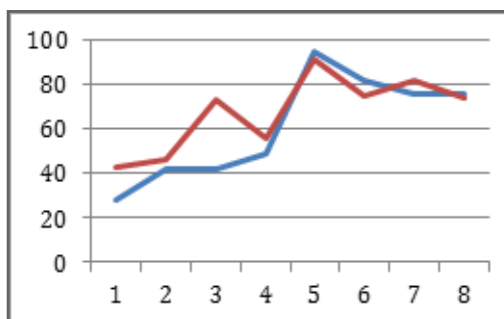


Figur 16. Genomsnittligt mått på variationen i försökspersonernas bedömningar (standardavvikelsens storlek som procent av medelvärdet på varje försökspersons 8 värden per omgång)

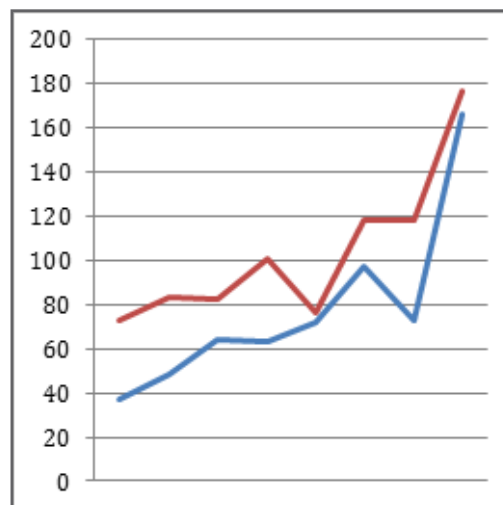
<sup>19</sup> Logadóttir, Á. (2011)



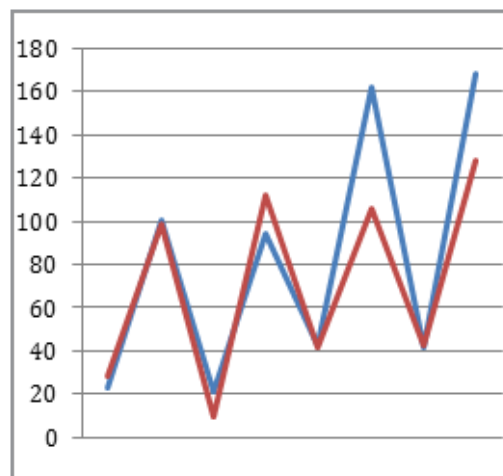
Fp nr 12 ("Olika då och då")



Fp nr 16 ("Helt likadant")



Fp nr 25 ("Helt likadant")



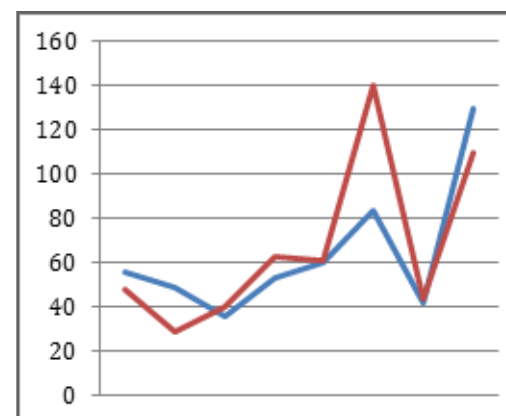
Fp nr 24 ("Ganska lika")

## Betydelsen av testgruppens sammansättning och den enskilda försökspersonens grad av konsekvens

Baserat på värden från första omgången (neutral färgsättning) har vi inte kunnat se något samband mellan de valda wattvärdena och försökspersonens ålder, kön, självuppskattad känslighet för ljus och mörker. Detta gäller både medelvärden för vart scenario och skillnaderna mellan bedömningssituationerna. Baserat på andra omgångens svar kan vi också konstatera att varken professionell anknytning eller annat särskilt intresse för området färg, ljus eller rumslig gestaltning verkar ha påverkat resultatet.

För att undersöka graden av konsekvens hos den enskilda försökspersonen har vi använt värdena för de fem försökspersoner som genomförde den tredje försöksomgången två gånger (se figur 16 nedan). Det är förstås allt för få fall för att man skall kunna dra några slutsatser men ger ändå en antydning om konsekvens i bedömningen, i alla fall i denna tredje omgång.

Däremot verkar det egna omdömet om hur likadant man tänkt vid bedömningarna, d. v. s. ifall man "bedömt rummet utifrån samma kriterier varje gång", inget att säga något pålitligt om hur konsekvent man faktiskt varit.



Fp nr 15 ("Helt likadant")

Figur 16: värden för omgång 3 för fem som gjorde om försöket en gång i sista omgången. Vågrät axel: bedömningssituationer för oriktat scenario + riktat scenario. Lodrät axel = luxvärden. Blå linje = första gången och röd linje = andra gången i medskuggande färgsättning. Omdömet inom parantes är försökspersonens egen bedömning av hur likadant han/hon tänkt vid sina bedömningar.

## Betydelsen av dagsljusets variationer i pausrummet

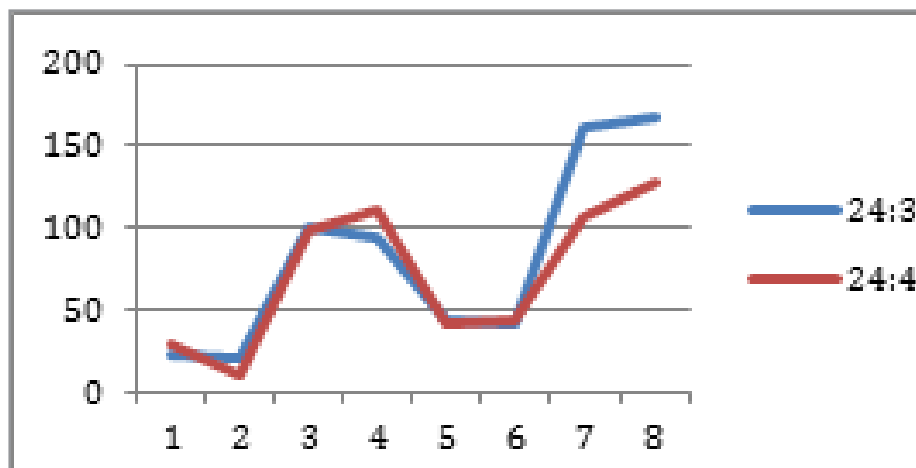
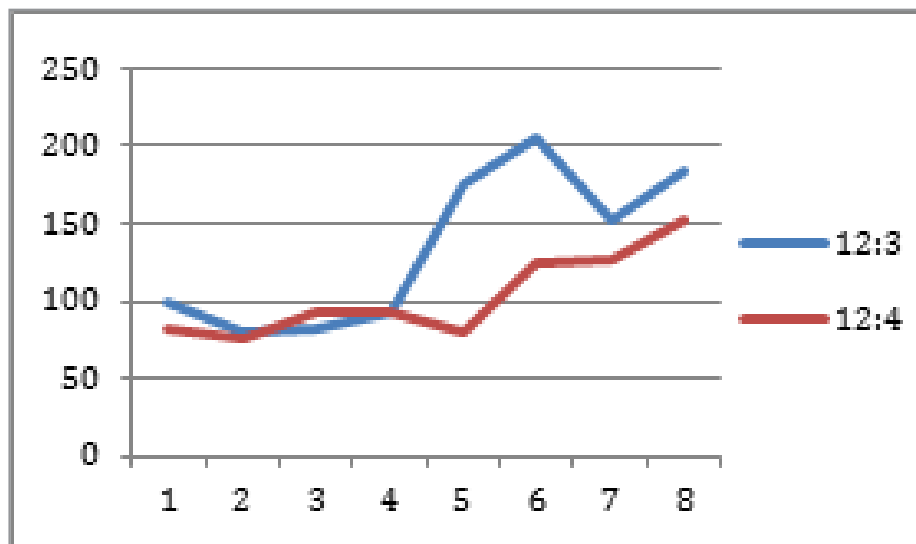
Pausrummet var tänkt att fungera som en neutraliserande miljö men dagsljusets variationer skulle kunna tänkas ha påverkat resultatet genom att försökspersonerna varit adapterade till olika ljusnivåer när de kommit till testrummet för att påbörja försöket. För att kontrollera detta har vi valt att titta närmare på värdena för de fem som upprepat försöket i den medskuggade färgsättningen (omgång 3 och 4, se figur 17 nedan).

Där ser det ut som om luxnivåskillnader i pausrummet kan ha haft en viss påverkan: försöksperson nr 12 som har tydligast avvikande försöksresultat mellan omgång 3 och 4 har också störst skillnad mellan luxvärdena i pausrummet vid de två tillfällena (2 595 respektive 1 448 lux, alltså en skillnad på 1 147 lux), medan försöksperson nr 24 vars försöksresultat visar minst skillnader mellan omgång 3 och 4 också har mycket liten skillnad mellan pausrummets luxvärden vid de två tillfällena (1 313 respektive 1 455 lux, alltså en skillnad på 142 lux).

När vi granskar skillnader i försöksresultat relativt skillnader i pausrummets luxvärden för alla fem kan vi dock inte se att en högre eller lägre luxnivå i pausrummet vid de två tillfällena hänger samman med en konsekvent förskjutning av resultaten i försöksrummet.

För varje försökstillfälle (genomfört av en person under cirka en timme) ligger standardavvikelsen på de tre-fyra mätningar som gjorts i pauserna i de flesta fall under 200 lux. Minst avvikelser har vi i första omgången där tre fjärdedelar ligger på en standardavvikelse under 100 lux. Störst avvikelser har vi i tredje omgången där hälften har en standardavvikelse på över 150 lux (se figur 18 nedan).

Att dessa variationer skulle påverka resultatet i försöksrummet motsägs av att vi när det gäller försökspersonernas konsekvens i bedömningarna ser en motsatt utveckling med störst variationer i första omgången och minst variationer i den tredje omgången. Preliminärt bedömer vi därför att dagsljusets variationer i pausrummet inte haft någon avgörande inverkan på dess funktion att erbjuda en likartad utgångspunkt vid alla tre försöksomgångarna.



Figur 17. Inställda luxvärden från tredje och fjärde omgången för försöksperson nr 12 och 24.



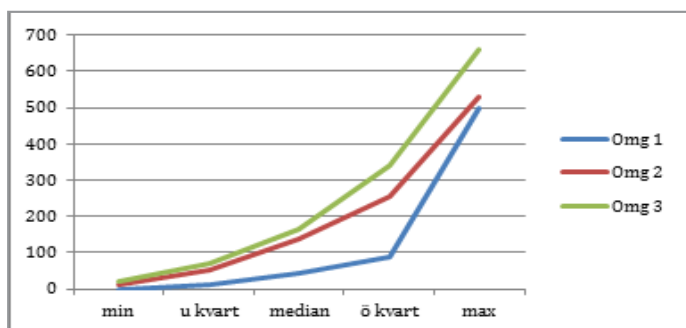
## Sammanfattande metodkommentar

Utvärderingen av metodens tillförlitlighet visar att eventuella effekter av bedömningarnas utgångslägen och ordningsföljd har kunnat neutraliseras genom försöksupplägningen. Möjligen kan det dock ha haft en betydelse att alla försökspersoner bedömde de tre färgsättningarna i en och samma ordning. Vi antar också att en övningsomgång genomförd med alla försökspersoner före första riktiga försöksomgången hade resulterat i ett jämnare resultat i första försöksomgången.

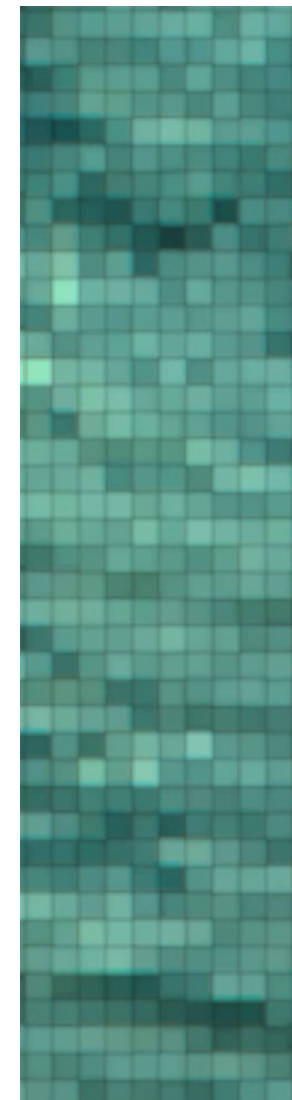
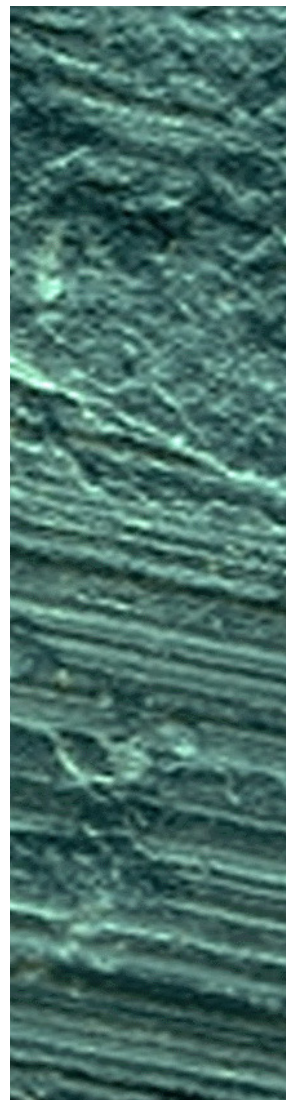
Vidare kan vi konstatera att de inte fanns några systematiska skillnader mellan olika kategorier (kön, ålder, profession) inom testgruppen, vilket gör det troligt att testgruppens resultat är representativt även för en större grupp. Skillnaderna mellan svaren från olika individer var mycket stora, men analysen tyder på att varje individ var konsekvent med sig själv, vilket talar för metodens tillförlitlighet.

Slutligen kan vi konstatera att dagsljusets variationer i pausrummet inte verkar ha haft någon avgörande inverkan på dess funktion att erbjuda en likartad utgångspunkt vid alla tre försöksomgångarna.

Vi bedömer därmed att de resultat som kan räknas fram ur försökspersonernas bedömningar inte har snedvridits av brister i metodologin.



Figur 18. Storlek på lux-variationen i pausrummet för varje försökstillfälle, beräknad som standardavvikelse på de mätvärden som ligger till grund för beräkning av försökstillfallets luxvärde i pausrummet. Vertikal axel anger standardavvikelse i lux, horisontell axel visar hur fördelningen i gruppen försökspersoner (lägsta och högsta värde, samt undre kvartilen = 25%, medianen = 50% och övre kvartilen 75% av försökspersonerna).



# 6

## Hypotesprövning

De hypoteser vi avsåg att pröva var:

Hypotes 1: Motskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en högre belyningsstyrka i båda scenarierna. Allra högst belyningsstyrka krävs i det oriktade scenariot eftersom motskuggningen i ett oriktat ljus ger ett formbeskrivande mönster som strider mot våra förväntningar.

Hypotes 2: Medskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en lägre belyningsstyrka i båda scenarierna. Allra lägst belyningsstyrka krävs i det riktade scenariot eftersom ljus och färg där samverkar till ett tydligt formbeskrivande mönster.

Prövning av hypotes 1,  
motskuggande jämfört med neutral färgsättning

I det oriktade scenariot (1) har vi statistiskt signifikanta resultat: I bedömningssituationen där försökspersonen skulle gå runt i rummet och bestämma lägsta acceptabla ljusnivå ställde försökspersonen generellt (signifikansnivå 99%) in en högre belyningsstyrka i den motskuggande färgsättningen jämfört med den neutrala färgsättningen. I bedömningssituationen där försökspersonen sittande vid bordet skulle bestämma en god ljusnivå visar försökspersonerna en svag tendens (signifikansnivå 90%) att ställa in högre belyningsstyrka i den motskuggande färgsättningen jämfört med den neutrala färgsättningen. Båda dessa resultat stödjer antagandet att motskuggande färgsättning kräver en högre belyningsstyrka än en neutral färgsättning.

I det riktade scenariot (2) har vi inget signifikant resultat för bedömningssituationen där försökspersonen skulle gå runt i rummet och bestämma lägsta acceptabla ljusnivå. I bedömningssituationen där försökspersonen skulle bestämma en god ljusnivå sittande vid bordet, däremot, ställde försökspersonerna generellt (signifikansnivå 99%) in högre belyningsstyrka i den motskuggande färgsättningen jämfört med den neutrala färgsättningen. Resultatet i det riktade scenariot stödjer alltså delvis antagandet att motskug-

gande färgsättning kräver en högre belysningsstyrka än neutral färgsättning. Sammantaget stödjer dessa resultat huvudsakligen den uppställda första hypotesen att: Motskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en högre belysningsstyrka i båda scenarierna.

Skillnaden mellan de två scenarierna ger dock ett visst stöd för underhypotesen att: Allra högst belysningsstyrka krävs i det oriktade scenariot eftersom motskuggningen i ett oriktat ljus ger ett formbeskrivande mönster som strider mot våra förväntningar.

## Prövning av hypotes 2, medskuggande jämfört med neutral färgsättning

I det oriktade scenariot (1) har vi statistiskt signifikanta resultat som motsäger hypotesen att medskuggande färgsättning skall kräva lägre belysningsstyrka än neutral färgsättning. I både bedömningssituationen där försökspersonen skulle gå runt i rummet och bestämma lägsta acceptabla ljusnivå och i bedömningssituationen där försökspersonen sittande vid bordet skulle bestämma en god ljusnivå ställde försökspersonen generellt (signifikansnivå 99%) in en högre belysningsstyrka i den medskuggande färgsättningen jämfört med den neutrala färgsättningen. Resultatet i det riktade scenariot motsäger alltså antagandet att medskuggande färgsättning kräver en lägre belysningsstyrka än neutral färgsättning.

I det riktade scenariot (scenario 2) har vi inte i någon av de två bedömningssituationerna signifikanta resultat gällande vilken belysningsstyrka som krävs i medskuggande färgsättning jämfört med neutral färgsättning.

Samtantaget motsäger dessa delresultat delvis den uppställda andra hypotesen att: Medskuggande färgsättning kräver jämfört med neutral färgsättning en lägre belysningsstyrka i båda scenarierna.

Skillnaden mellan de två scenarierna ger dock ett visst stöd för dock underhypotesen att: Allra lägst belysningsstyrka krävs i det riktade scenariot eftersom ljus och färg där samverkar till ett tydligt formbeskrivande mönster.

## Resultat

– Högre belysningsnivå för motskuggat i det oriktade scenariot  
När varje försökspersons skillnader mellan neutral och motskuggande färgsättning för båda bedömningssituationerna i det oriktade belysningsscenariot jämförs så har vi med 99% säkerhet signifikant högre luxvärden i den motskuggande färgsättningen. Detta stödjer vår första hypotes!

... men också högre belysningsnivå för medskuggat i det oriktade scenariot  
När varje försökspersons skillnader mellan neutral och medskuggad färgsättning för alla bedömningssituationer i det oriktade belysningsscenariot jämförs så har vi med 99% säkerhet signifikant högre luxvärden för den medskuggande färgsättningen. Detta motsäger alltså vår andra hypotes.

Det slutliga resultatet var förbryllande. Å ena sidan lyckades vi till stor del få den i första hypotesen förutsedda effekten att försökspersonerna valde en högre belysningsstyrka i den motskuggande färgsättningen. Å andra sidan fick vi ungefär samma effekt även i den medskuggande färgsättningen som var avsedd att ge en motsatt effekt: försökspersonerna valde i vissa bedömningssituationer också här en högre ljusnivå än i neutral färgsättning. I jämförelse mellan värdena för mot- och medskuggande färgsättning har vi inga signifikanta resultat.

Detta blandade resultat fick oss att misstänka att det var själva de tillämpade principerna som inte var rätt: de var känt fungerande för konvex form, men vi kunde ana att formåtergivande ljusfördelning fungerar annorlunda i konkav form.

# 7

## Med- och motskuggning av konvexa och konkava former

Vår hypotes om medskuggningens effekter på behovet av belysning motsades alltså signifikant av försöksresultaten. Hypotesen var grundad på tidigare forskning där med- och motskuggande färgsättning prövats på målade reliefer och andra konvexa former. Vi ställde oss nu frågan om medskuggning kan fungera olika på konvexa former och på de väggar som omsluter konkava rum. Denna fråga ledde fram till en ny undersökning, som inte fanns med i den ursprungliga planen.

### Med- och motskuggning i försöksrummet

Den med- respektive motskuggande färgsättningen i försöksrummet gjordes utifrån två kriterier. Å ena sidan skulle de målade skillnaderna mellan olika ytor på tydligaste sätt förstärka respektive motverka de ljushetsskillnader som belysningen gav. Å andra sidan fick det förstås inte synas att det fanns målade färgskillnader mellan de olika ytorna. Vid färgvalen utgick vi från långsidesväggarna, som redan var målade med en ljus varmgrå kulör. För att inte ändra den totala ljusreflektionsfaktorn i rummet bestämde vi att dessa väggar, som var de största, skulle förbli oförändrade medan kortsidorna och möblerna skulle målas med- respektive motskuggande. Vid denna målning anpassades färgsättningen av rummets kortsidor så att de inte skulle se ut att avvika i färg från långsidorna. På det konkava rummets omslutande väggar var det inte möjligt att använda särskilt starka skillnader eftersom de "hoppade ut" och visade sig som just färgskillnader. Möblernas konvexa former "tålde" mycket större skillnader utan att det blev synligt att man målat dit dem. Vi förstår denna olikhet i hur stora skillnader som kunde målas (utan att synas) som en indikation på att rummets konkava form kräver en annan slags mot- och medskuggande än möblernas konvexa form.

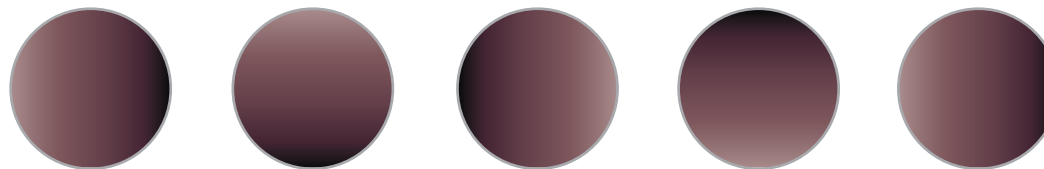
I denna extremt grå miljön visade det sig överraskande svårt att ha kontroll över kulörtonerna. Skillnader så små att de knappast hade uppfattats alls i en mer normal färgmiljö blev slående. Brytningen till det som nominell var kulörtonen Y20R var tydligt rödare i mörkare nyanser och när kulörtheten minskades blev kulörtonen tydligt mer blå. Även detta kan ha bidragit till att det var svårt att få väggfärger som fungerade ihop utan att synas som färgskillnader, och klart svårast var det i den tredje omgångens målning av medskuggande färgsättning.

Ytterligare en oförutsedd svårighet var att helhetsintrycket av rummets upplevda ljushet förändrades mellan de olika färgsättningsalternativen, trots att yornas genomsnittliga reflektans hölls ungefärligt konstant. Frågan om rummets helhetsintryck ställdes inte till försökspersonerna, men försöksledningen och de forskare från referensgruppen som besökte rummet var överens om att de uppfattade en sådan skillnad. Tvärtom vad som observerats i reliefstudierna verkade den motskuggande färgsättningen ge ett ljusare helhetsintryck jämfört med den neutrala målningen, och den medskuggande ett mörkare helhetsintryck.

Vi ställde oss frågan vad denna skillnad i uppfattad ljushet berodde på. En möjlighet var, att man spontant påverkades mest av färgen på fönsterväggen, som man såg direkt när man kom in i rummet. I den motskuggande färgsättningen var den väggen målad ljusare än långväggarna, och i den medskuggande färgsättningen var den målad med mörkare färg.

En annan möjlighet var att vissa ytor på soffa och bokhylla doldes av föremål. Den praktiska lösningen att mot- och medskugga de mer synliga sidorna av dessa möbler förändrade därmed helhetsintrycket av deras färg. Resultatet blev en viss oavsedd obalans mellan motskuggande och medskuggande färgsättning som kan tänkas ha påverkat helhetsintrycket av rummets färg. Eftersom vår hypotes om motskuggningens effekter i den preliminära resultatutvärderingen verkade bekräftade antogs denna lilla obalans inte ha någon betydelse.

Totalt sett bedömer vi att vi lyckats sämre med genomförandet av medskuggningen än med motskuggningen. Tvärtom erfarenheten av medskuggning och motskuggning på övervägande konvexa volymer visade det sig svårare att medskugga än att motskugga i rum (här förstått som konkav volym). Det visade sig vara ett mycket mindre känsligt hantverk att motskugga än att medskugga. Motskuggningen av en viss yta fungerade bra med många olika nyanser, även med olika kulörtonbrytning, fast olika effektivt – skuggan blev mer eller mindre utjämnad. Medskuggningens förändringar däremot ”hoppade” lätt ut och ganska små skillnader i nyans framträdde som just färgskillnader. När det gäller med- och motskuggande måleri på reliefer eller andra konvexa objekt visar erfarenheten att det är motskuggning som är svårast att få till riktigt bra. I båda fallen, men på motsatta sätt kan man se det som likt detta att klappa i takt: det finns bara ett exakt sätt att göra detta rätt men oändligt många sätt att göra fel. Också denna skillnad tyder på att med- och motskuggning fungerar annorlunda i rum än på konvexa former.



## Kompletterande ministudie med skalmodeller

Den oväntade effekten på helhetsintrycket av rummets färg skulle alltså kunna bero på den lilla obalansen mellan ljusa och mörka nyanser. Den skulle också kunna bero på att med- och motskuggning fungerar olika i konkav form (som i rum) jämfört med på konvex form (som på relief). För att undersöka vilken av dessa förklaringar som var den troligaste gjordes en första modellstudie parallellt med huvudstudien.

Ett 20-tal av de försökspersoner som deltog i fullskaleförsöket fick i en av sina pauser titta in i dörröppningen på två förenklade, genom fönstret dagsljusbelysta, skalmodeller av försöksrummet. Med- och motskuggande färgsättning i de två modellerna gjordes som en exakt omkastning av de ljusare och mörkare tilläggen och försökspersonen svarade på frågan om vilken av modellerna som var ljusast/mörkast. En tredjedel av försökspersonerna bedömde den motskuggande färgsättningen som ljusare. Vi misstänkte dock att försökspersonens betraktningssposition kunde ha en avgörande betydelse för helhetsintrycket, eftersom vyn från dörröppningen framförallt visar de sidor som i motskuggande målats ljusare och i medskuggning mörkare.

En kompletterande modellstudie genomfördes därför med 100 försökspersoner där två taklösa modeller, en motskuggad och en medskuggad, istället betraktades snett ovanifrån. Modellerna målades med försöksrummets tre huvudfärger: den ljusst varm-grå (S2005-Y20R) på modellernas golv och långsidesväggar samt den ljusare (S1005-Y30R) och den mörkare (S2505-Y20R) nyans som använts på fönster- och dörrväggar för att mot- och medskugga modellernas kortsidespartier. Den rumsliga fördelningen av de tre färgerna i modellerna innebar (p g av den fönsterpartiets artikulerade form) att den medskuggade modellen fick något högre genomsnittlig ljusreflektans än den motskuggade.

Försöket genomfördes under två januaridagar i V- och A-sektionens gemensamma foajé på Chalmers Tekniska Högskola, vid fönsterväggen intill trappan ned till caféet. Rumsmodellerna ställdes upp bredvid varandra, lätt uppvinklade mot innergårdens fönstervägg så att de huvudsakligen belystes av himmelsljuset utifrån (se fig. 19 nedan). En receptionsdisk skiljde försökspersonerna från modellerna och eliminerade effekten av återspeglings effekter från försökspersonernas kläder. Lysrörsarmaturen ovanför



Figur 19: De uppställda modellerna vid fönstret och disken bakom vilken försökspersonerna betraktade modellerna. Relieferna till höger om modellerna (hitåt i bild) behandlas inte här.

disken skärmades av med byggpapp för att reducera det artificiella ljuset inifrån, men diskens ljusa insida reflekterade ändå en del av ljuset från gården. Innergården fick inget direkt solljus under dessa dagar, men snö skapade ändå markljus och det visade sig omöjligt att få rimligt lika ljus på de två modellerna: det skiljde visuellt märkbart både i styrka och i färg mellan vänster och höger plats (se figur 20). För att kompensera denna skillnad fick modellerna byta plats så att hälften av försökspersonerna (dag 1) bedömde med den medskuggade till vänster och hälften (dag 2) med den medskuggade till höger.

Ett enkelt formulär användes där försökspersonerna ombads att ange ålder och kön samt bedöma vilken av modellerna (1 eller 2) som hade ljusast färg, mest ljus och ljusast helhetsintryck. Dessutom uppmanades de att med ett ord ange ifall de uppfattade någon annan tydlig skillnad. Försökspersonerna (45 manliga och 55 kvinnliga) var övervägande i åldern 20-29 år (83%) och värvades bland passerande. De flesta försökspersonerna var studenter som strömmade ut ur föreläsningssalarna intill och nappade på erbjudandet att bjudas på en kopp kaffe i fiket ifall de medverkade i undersökningen.

Den genomförda modellstudien skulle kunna genomföras i mer strikt laboratoriemässig miljö, med helt eliminerat ljus bakifrån och med bättre uppvecklade modeller så att de verkligen sågs rakt uppfifrån. Men, trots att den experimentella situationen var ganska svagt kontrollerad ser resultatet robust ut. Även om kameran dag 2 i bild dokumenterat den medskuggade modellen som ljusare så tyckte de flesta försökspersonerna också denna dag att den motskuggade var ljusast. 86% av försökspersonerna bedömde att den motskuggade modellen gav ljusast helhetsintryck, 77% bedömde att den hade ljusast färg och 66% att den också hade mest ljus. Hälften av försökspersonerna satte ord på "annan skillnad" och 30 av dessa svar handlade om kontrast, medan 10 handlade om färg.

I modellstudien gjordes ingen jämförelse med neutralt målad modell, men vi anser det rimligt att anta att vår motskuggande färgsättningen alltså uppfattas som ljusare och vår medskuggande färgsättning uppfattas som mörkare än en neutral (enfärgad) färgsättning.

Skillnaden mellan det med- och det motskuggade modellrummets upplevda ljushet kan inte förklaras genom någon obalans i färgsättningen. Man kan därför på ganska god grund anta att med- och motskuggning med bevarat helhetsintryck av rummets färg inte går att genomföra med en enkel omkastning av mörkare och ljusare färger på enfärgade väggar. Resultatet stödjer antagandet att mot- och medskuggning i konkav form är mer komplicerad än på konvex form



Figur 20: Modellerna bredvid varandra dag 2, med motskuggad till vänster och medskuggad till höger.

## Påverkan av enkel med-/motskuggning på helhetsintrycket av rummets färg och på ljusets formåtergivande förmåga

Vår slutsats är alltså att det enkla sättet att med- eller motskugga genom att ändra färgen på hela plana ytor är effektivt på konvexa volymer men att det inte direkt kan översättas till konkava volymer som rum. En viktig faktor kan här vara den återspeglings-effekt som sker mellan motstående väggar eller väggar som möts i rät eller spetsig vinkel. Den kulörtonpåverkande effekten av återspeglingar i rum är känd bland både praktiker och forskare.<sup>20</sup> Särskilt känner vi till att en starkt belyst kulört väggen genom återspeglning "smittar" omgivande väggar med sin kulörton.

Sådana återspeglings effekter mellan ytor är naturliga i ett rum och hjälper oss förmodligen att förstå rummets form. Som vi tidigare nämnt framstod ljuset som diffust och formen som "flack" när Billger målade bort färgvariationerna på den enskilda väggen.<sup>21</sup> När vi har målat rummen i det som var avsett som medskuggning har vi inte helt lyckats få färgsättningen att samverka med ljusets formbeskrivande, utan istället stört ljusets formbeskrivande logik. I våra resultat ser det ut som om en svagare belyst mörk vägg, i den medskuggande färgsättningen, ger en mörk skugga in i rummet – dvs en frånvaro av återspeglat ljus som borde ha varit där i ett enfärgat rum. Att den starkare belysta motstående väggen är ännu ljusare och alltså sprider ljusare återspeglingar än vad som borde varit där ifall rummet varit enfärgat, har ingen kompenserande effekt.

Motsatt effekt ser vi i den motskuggande färgsättningen där den ljusare väggen som får mindre ljus påverkar helhetsintrycket av rummets färg mer än den mörka väggen som får mer ljus. Denna oväntade effekt kan förklaras just med det konkava rummets speciella ljusfördelningsmönster som innebär att när belysningsnivån höjs eller sänks så påverkar detta inte i första hand, eller i alla fall inte enbart, skillnaderna mellan plana ytor, så som det gör på konvexa volymer. Skillnaderna mellan variationer på en och samma plana yta kan vara minst lika betydelsefulla för det konkava rummets synlighet. Detta stöds av erfarenheten att möblerna, fönsterbänken och pelaren (konvexa volymer) kunde målas med starkare skillnader än väggarna utan att de målade skillnaderna blev synliga som målade.

Vår tolkning är alltså att väsentliga formbeskrivande skillnader i rum (som konkav form) inte ligger bara mellan plana ytor i vinkel utan också i de variationer som ges, på den plana ytan, av återspeglingar mellan plan i slutna vinklar. Eftersom vi inte fullt förstod vilken balans som var avgörande så lyckades vi bara göra en delvis effektiv motskuggning och en ännu mindre effektiv medskuggning, och samtidigt förändrade vi i båda fallen oavsiktligt helhetsintrycket av rummets färg.

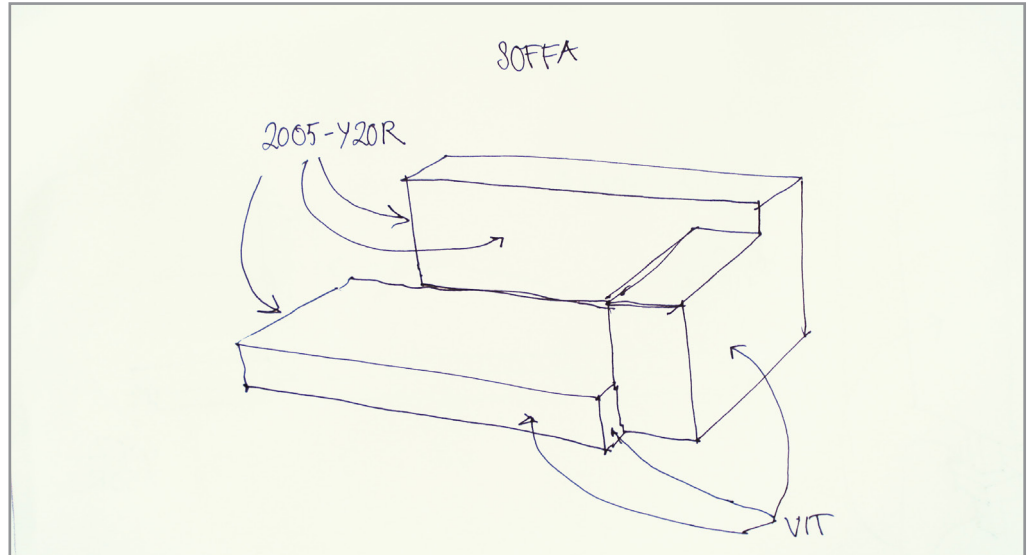
Ljusets förmåga att beskriva och återge former gäller inte bara den upplevda ljusheten eller intensiteten, utan också ljusets färg. Detta visade sig tydligt i miniförsöket med skalmodeller. För försöksledaren som flyttade runt modellerna, jämförde och lät dem byta plats, var det klart synligt att platsen till höger hade ett starkare och varmare ljus. Det var också tydligt att det var just i det praktiska provandet där modellerna fick byta plats som skillnaden i ljus blev synlig. Denna skillnad uppfattades inte av försökspersonerna som aldrig såg modellerna byta plats. Man kan förstås inte utesluta att också försöksledarens intresserade och vetande betraktande också bidrog till att det för henne såg annorlunda ut.

Modellförsöken illustrerar också mycket tydligt vilken skillnad som finns mellan upplevelsen av verkliga rum – stora eller små - och fotografiska bilder av dem. Skillnaden mellan vad som syns i den fotografiska bilden (figur 20) av modellerna och hur försökspersonerna uppfattade modellerna i jämförelsen är uppenbar och karaktäristisk. Så som i den tidigare beskrivna pyramidiserade kubreliefen (figur 3) ser det alltså ut som om en större del av ljusskillnaderna syns som färgskillnader i den platta fotografiska bilden jämfört med vad som syns i vårt rumsliga seende.

<sup>20</sup> Billger 1999

<sup>21</sup> Billger 1999





Soffan målad medskuggande (ovan tv) och motskuggande (nedan tv och till höger – i ett ljus som tydligare visar de målade skillnaderna) samt arbetsskiss för ommålningen från neutralt till motskuggande.



# 8

## Resultatsammanfattning

Utgångsläget "fullt upptänt" påverkade bedömningen så att försökspersonerna generellt valde en högre belysningsstyrka än från utgångsläget "helt nedsläckt". Försökspersonernas egna omdömen om sin känslighet för ljus och förmåga att se i mörker gav ingen indikation på vilka belysningsstyrkor de valde i den neutrala färgsättningen.

Det riktade scenariot gav signifikanta resultat i en av fyra bedömningssituationer, högst ojämnheter i bedömningarna i första färgsättningen (neutral) och högre än det oriktade scenariot i alla tre färgsättningarna. Detta scenario var också det klart minst uppskattade. Detta talar för att det riktade scenariot, med sin okonventionella ljussättning och ljuskaraktär, blev allt för "märkligt" – kanske till och med obehagligt – och därför svårt att bedöma.

De två scenarierna var inte tänkta att jämföras, men resultatet visar en stor skillnad mellan de generellt högre valda ljusnivåerna i det riktade scenariot och de lägre i det oriktade scenariot. Att försökspersonerna ville ha en högre ljusnivå i det riktade scenariot kan tolkas som beroende av just dess okonventionella karaktär, alltså att osäkerheten med detta "märkliga" ljus motiverade en högre ljusnivå. En annan tolkning är att själva kvalitén på LED-ljuset var sämre på lägre nivåer och att detta motiverade högre nivåer.

Sammantaget visade alla värden, i alla tre färgsättningarna, en jämn spridning över båda belysningsscenariernas hela spann, trots att de hade mycket olika spann. Detta kan tolkas som att försökspersonerna i bedömningarna också förhöll sig till de olika scenariernas räckvidd och valde ljusnivå relativt det möjliga spannet. Fp visade sig tydligt säkrare och jämnare i sina bedömningar efter att första omgången genomförts. Vi drar slutsatsen att en genomförd övningsomgång med alla försökspersoner hade lett till ett jämnare resultat.

Så som tidigare observerats<sup>22</sup> och som vår kompletterande modellstudie visar ger den fotograferade bildens dokumentation inte samma bild som den stereoskopiskt djupseende observatören har. Detta talar också för nödvändigheten av att i studiet av samverkan mellan ljus och färg i rum använda verkliga rum eller modeller av rum och utveckla metoderna för att göra detta på ett tillförlitligt sätt.

Trots att skillnaderna mellan individerna är stora och trots att en individ kan uppvisa stora skillnader mellan de olika bedömningsituationerna och utgångslägena så är fp överraskande konsekvent med sig själv. Den tydliga individuella konsekvensen i bedömningarna tillsammans med alla världens stora spridning över de möjliga spannen talar för att den analysmetod vi använt, där vi jämfört skillnader mellan varje individs egna värden, är väl lämpad för sådana här studier.

I med- och motskuggande ommålningar visade det sig att rummets väggar (den konkava formen) måste målas med mindre nyansskillnader än de konvexa formerna i rummet (möblerna, pelaren och fönsterbänken). I ljusfördelningens skillnader mellan de konvexa formernas öppet vinklade möten mellan plan blir överraskande stora skillnader i målad nyans osynliga. Detta gäller alltså inte för rummets konkava form.

Den enkla mot- och medskuggning vi prövade, där ljusare och mörkare nyanser målades i motsatta balanser på hela plana ytor fungerade inte optimalt, utan påverkade tydligt helhetsintrycket av rummets färg. När fönsterväggen målats ljusare och dörrväggen mörkare såg rummet som helhet ut att ha målats med en ljusare färg och tvärtom. Ändå syntes inte de målade färgskillnaderna som skillnader mellan väggarna. Färgsättning kan ha en mätbar påverkan på vilken ljusnivå man upplever som acceptabel och god. Trots att vi inte fått våra hypoteser helt bekräftade så visar våra resultat tydligt att färgsättningen lätt och effektivt kan "störa" vår tolkning av ljusets formåtergivning och förskjuta gränserna i hur vi i seendet skiljer mellan ljus, färg och form. I miljöer där befintlig färgsättning fungerar motskuggande pekar våra resultat på att man kan sänka rummets belysningsstyrka och spara energi bara genom att reducera sådana färgskillnader som har en negativt störande effekt på ljusets formåtergivande funktion.

De viktigaste slutsatserna vi kan dra utifrån resultaten kan sammanfattas som fyra starka påståenden:

- Rum måste studeras som rum!
- Färgsättning påverkar ljusets formåtergivande funktioner!
- Färgsättning påverkar vad som är god belysningsstyrka!
- Färgsättning kan spara energi!

<sup>22</sup> Haggström 1997

# 9

## Avslutande diskussion

### Metoder och genomförande

Den ursprungliga ambitionen med projektet var att komma fram till ett klart och definitivt svar, men i backspegeln kan vi se att projektet i praktiken exemplifierar en väl genomarbetad första omgång i en *successiv approximering*. Vi började med en erfarenhetsgrundad färg- och ljusdesign som följdes upp med vetenskapligt utformade test med försökspersoner. Testresultaten och den förbättrade teoretiska förståelsen vi nu har kräver nya erfarenhetsgrundade överväganden med en reviderad färg- och ljussättning etc.

Resultatet visar tydligt att motskuggning- och medskuggning inte enkelt kan översättas till konvex form: Återspeglings effekterna har en avgörande betydelse för den formbeskrivande ljusfördelningen i rum. En rumslig tillämpning kräver därför arbete med de finare formbeskrivande variationerna över plana ytor. Exakta dokumentationer av på vilka ytor vilka färger använts blir förstås orimligt komplex ifall mot- och medskuggning utförs som toningar över en plan yta, men det bör gå att ange dels vilka kulörtoner som använts och deras huvudsakliga utbredning.

Enligt praktisk erfarenhet och tidigare forskning kring med- och motskuggning på övervägande konvex form är det inte bara skillnader i gråskala som påverkar upplevelsen av ljuset. Exemplet "färgklockan"<sup>23</sup> demonstrerar tydligt att klart kulörta färger med relativt stora kulörtonskillnader kan fungera med- och motskuggande på en geometrisk relief och påverka upplevelsen av ljusets formåtergivning. En effektivt fungerande princip för med- och motskuggning av rum i gråskala bör därför förstås också prövas med kulörta skillnader.

Även om vi aldrig avsett att jämföra de två scenarierna är den stora skillnaden mellan resultaten något som väcker funderingar: kräver det oriktade scenariot lägre nivåer just för att det är oriktat, eller för att ljuskvaliteten är bättre, eller kräver det riktade scenario högre nivå på grund av de märkliga multipla skuggbildningarna eller kanske helt enkelt för att ljusfördelningen är ovanlig, d v s obekant?

<sup>23</sup> Haggström 2009

En annan tolkning, som stöds av den jämna spridningen, är att försökspersonerna *under dessa omständigheter* förhåller sig till det möjliga spannet för de olika scenarierna. Att spridningen är så pass konsekvent likadan för de två scenarierna i alla tre färgsättningarna talar för just detta. Ur metodologisk synvinkel kan det vara intressant att vidare granska ifall det finns mönster i hur försökspersonernas resultat i de två scenarierna förhåller sig till det möjliga spannet.



## Vidare forskning

Med utgångspunkt i slutsatserna från detta projekt formulerar vi ett antal nya och väsentliga forskningsfrågor. Svaren på dessa frågor kommer att ge möjlighet att på ett medvetet sätt använda färgsättning för att spara belysningsenergi utan att förlora visuell kvalitet.

### **Hur kan med- och motskuggning användas för att förstärka ljusets formåtergivande förmåga i rum (konkava volymer)?**

I det genomförda projektet har vi kunnat konstatera att det går att påverka belysningsbehovet genom valet och placeringen av färgkontraster. *Hur* detta ska göras är dock långt ifrån klargjort. Det visar sig att enkel med- och motskuggning inte ger samma effekter i rum som på konvexa volymer. Kommande forskning bör därför syfta till att förstå principerna för en form- och ljusförstärkande färgsättning av rum. Detta kan lämpligen göras genom modellstudier där ett stort antal färgsättningslösningar bedöms av försökspersoner med avseende på rummets upplevda ljushet, ljuskvalitet och ljusnivå. Målet ska vara att hitta realistiskt användbara färgsättningar som kan antas minska energiåtgången genom att färgernas placeringar skapar upplevelsen av ljushet. För att färgsättningarna ska vara tillämpbara i verkliga rum måste de innefatta möjligheten att använda olika kulörtoner.

### **Hur samverkar belysningsförstärkande färgsättning av rum med upplevda rumsliga kvaliteter, funktionalitet, visuell komfort och ljusets fysiologiska effekter?**

I det genomförda projektet har försökspersoner fått ställa in önskad ljusnivå i två olika situationer – en tänkt långvarig vistelse i rummet utan specifik aktivitet och en förenklad arbetssituation där man tittade på och hanterade bilder. Framtida forskning bör formulera mer realistiska situationer där försökspersoner få vistas längre tid i rum målade på olika sätt och där utföra olika arbetsuppgifter. Rummets färgsättning ska bygga på fördjupad kunskap om med- och motskuggningen i konkava rum (se ovan). Genom att försökspersonerna ges möjlighet att reglera ljuset kan man undersöka vilken ljusnivå de föredrar i olika färgsättningsalternativ. Samtidigt kan man med olika metoder undersöka deras visuella komfort och deras subjektiva upplevelse av ljuset och rummet. Även

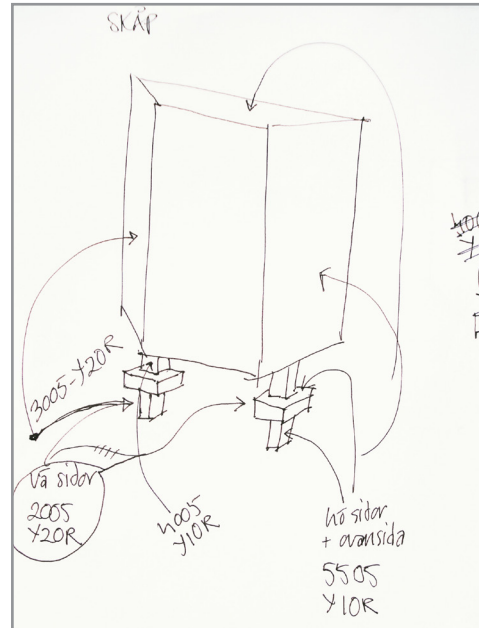
deras vakenhet, uppmärksamhet och andra biologiska följder av ljuset kan mätas. Sammantaget kan dessa ge en helhetsbild av den belysningsförstärkande färgsättningens effekter. Man kan inte utesluta att den upplevda ljusnivån kan höjas, och därmed energibehovet minskas, genom färgsättningsåtgärder men att detta samtidigt får oönskade fysiologiska och psykologiska effekter. Detta kan endast testas genom fullskalestudier under relativt lång tid (flera timmar) och i övrigt realistiska betingelser.

### **Vilka konsekvenser har färgsättningens formåtergivningseffekter för människor med särskilda visuella behov**

Känsligheten för både låga belysningsnivåer och visuellt formstörande färgsättning är stor hos vissa grupper som därför har särskilda behov. Rekommenderade färgsättningslösningar, som avser att göra offentliga rum mer tillgängliga för synsvaga brukare, bygger på kunskap om hur färg uppträder i ett plan och beaktar inte hur rummets synlighet påverkas. Den mest rekommenderade lösningen att kontrastmarkera kan mycket väl fungera som kamouflage av den verkliga formen. Den här prövade principen för motskuggning som ger negativa effekter på upplevd ljusnivå kommer också i konflikt med den rekommenderade tillgänglighetsfrämjande färgsättningslösningen där fönsterväggar ges en ljusare nyans för att reducera bländningsrisken för synhandikappade. Färgsättningens möjliga positiva effekt för ljusets formåtergivning öppnar för både alternativa tillgänglighetsförbättrande lösningar och miljöutformning med positiva effekter på välmåendet för brukare med särskilda visuella behov. Särskilda studier borde därför riktas mot vad färgsättning kan göra med ljusets formåtergivning relativt behov hos äldre, synsvaga och kognitivt handikappade.

### **Kan belysningsförstärkande färgsättning användas för att minska energiförbrukningen för belysningsändamål?**

Den långsiktigt energibesparande effekten av belysningsförstärkande färgsättning bör testas genom långtidsstudier i verkliga miljöer, till exempel klassrum eller kontor. Innan detta kan genomföras krävs tydliga resultat från studier i modell och laboratorierum, i form av ett antal potentiellt belysningsförstärkande och praktiskt tillämpbara färgsättningsalternativ som inte försämrar rumsupplevelse, visuell komfort eller andra kvaliteter hos ljuset och rummet (se ovan).



Motskuggande, neutral och medskuggande målning av skåpet i olika ljussättningar

# 10

## Referenser

- Billger, M.** (1999). "Colours in Rooms: an exploratory study of colour phenomena and ways to investigate them", *Colour in Enclosed Space: observation of colour phenomena and development of methods for identification of colour appearance in rooms*. Chalmers University of Technology: Gothenburg.
- Cott, H. B.** (1940): *Adaptive Coloration in Animals*. London.
- Fridell Anter, K.** (2000). *What colour is the red house? Perceived colour of painted facades*. Stockholm: Arkitektur, KTH, Stockholm.
- Fridell Anter, K.** (2008a). *Aktuell svensk litteratur om ljus och färg*. Annoterad bibliografi 2007. Föreningen SE RUM, [www.se-rum.se](http://www.se-rum.se)
- Fridell Anter, K.** (2008b). *Ljus, färg och deras samverkan i rummet*. Kunskapsöversikt 2007. Föreningen SE RUM, [www.se-rum.se](http://www.se-rum.se)
- Fridell Anter, K.** (2011a). *Ljus- och färgbegrepp och deras användning*. SYN-TES rapport nr 3. Stockholm: [www.konstfack.se/SYN-TES](http://www.konstfack.se/SYN-TES)
- Fridell Anter, K.** (2011b). *OPTIMA. Metodstudie om färg, ljus och rumsupplevelse* SYN-TES rapport nr 1. Stockholm: [www.konstfack.se/OPTIMA](http://www.konstfack.se/OPTIMA)
- Fridell Anter, K. & M. Billger** (2010). "Colour research with architectural relevance: How can different approaches gain from each other?" *Color Research and Application* 35(2): 145-152.
- Govén, T., T. Laike, P. Raynham & E. Sansal** (2010). "The Influence of Ambient Lighting on Pupils in Classrooms - Considering Visual, Biological and Emotional Aspects as well as Use of Energy." *Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency"* Vienna Austria <http://vienna2010.cie.co.at/>.
- Green-Armytage, P.** (2006). "The Value of Knowledge for Colour Design." *Color Res. Appl* 31(4): 253-269.
- Hein, P.** (1985). "Att formulera ett problem är att lösa det." *Forskning och framsteg* (6/85).
- Hurvich, L. M.** (1981): *Colour Vision*. Sunderland, Massachusetts.
- Hård, A. & Å. Svedmyr** (1995). *Färgsystemet NCS. Tanke, tillkomst, tillämpning. Färgantologi bok 1*. Stockholm: Byggeforskningsrådet
- Hård, A., R. Küller, L. Sivik & Å. Svedmyr** (1995). *Upplevelse av färg och färgsatt miljö. Färgantologi bok 2*. Stockholm: Byggeforskningsrådet.



**Hårleman, M.** (2007). *Daylight Influence on Colour Design. Empirical study on perceived colour and colour experience indoors*. Stockholm: Axl Books.

**Häggström, C.** (1997): "The Shaping Properties of Colour" i ed. Sivik, L: Colour and Psychology. Proceedings from AIC Interim Meeting in Gothenburgh 1996.

**Häggström, C.** (2009): "Visual Distinction between Colour and Shape – a functional explanation applying camouflage concepts in analysis of colourdesign effects on experimental relieves" in ed. D. Smith et al.: Proceedings of the 11th Congress of the International Colour Association (AIC 2009). CD. Sydney: Colour Society of Australia.

**Häggström, C.** (2010): "Colour design effects on the visibility of shape: Exploring shape defining design concepts in architectural theory and practice", in Colour and Light in Architecture, Venice.

**Häggström, C.** (2011): "Spatial Visibility: Camouflaging functions of recommended colour design solutions for improved accessibility", i ed. V. M. Schindler: Interaction of Colour & Light in Arts and Sciences. Proceedings from AIC International Conference in Zürich.

**Klarén, U.** (2011). *PERCIFAL. Perceptiv rumslig analys av färg och ljus. SYN-TES rapport nr 2*. Stockholm: [www.konstfack.se/SYN-TES](http://www.konstfack.se/SYN-TES)

**Logadóttir, Á.** (2011). *Occupant Controlled Lighting: Investigation of the Method of Adjustment* (Ph.D. Thesis). Danish Building Research institute, Department of Energy and Environment, Aalborg University.

**Tantcheva, E., Häggström, C.** (2011): "Colour-shape interaction analysis of the post-byzantine nave decoration in the Church of the Nativity of Christ, Arbanassi, Bulgaria", i ed. V. M. Schindler: Interaction of Colour & Light in Arts and Sciences. Proceedings from AIC International Conference in Zürich.

# BILAGA 1

## Armaturers placeringar

### ORIKTAT SCENARIO (1)

<b>Spotar över soffa</b>	<b>cm</b>
A: C till dörrvägg	45
C till höger långsidesvägg	56
B: C till dörrvägg	95
C till höger långsidesvägg	55
<b>Takplafond</b>	
C till dörrvägg	155
C till vänster långsidesvägg	155
<b>Spotar över skåp</b>	
C: C till dörrvägg	180
C till vänster långsidesvägg	50
D: C till dörrvägg	268
C till vänster långsidesvägg	50
<b>Pendlad lampa över bord (fäste i tak)</b>	
F: C till fönsterrvägg	115
C till vänster långsidesvägg	130

### RIKTAT SCENARIO (2)

<b>Skena till vänster</b>	<b>cm</b>	<b>Skena till höger</b>	<b>cm</b>
YK till fönsterrvägg	33		32
YK till närmaste långsidesvägg	81		82
Antal spot totalt	16		17

#### C-avstånd fr skenans ytterkant

		Riktning*			Riktning*
nr 1	29	in	nr 1	15	ut
nr 2	49	in	nr 2	38	ner
nr 3	70	ut	nr 3	82	ner/in
nr 4	91	ner	nr 4	105	in
nr 5	112	ut	nr 5	127	in
nr 6	134	in	nr 6	155	in
nr 7	156	in	nr 7	177	in
nr 8	176	in	nr 8	207	ner
nr 9	202	in	nr 9	227	in
nr 10	228	in	nr 10	247	in
nr 11	258	in	nr 11	267	in
nr 12	291	in	nr 12	288	in
nr 13	321	in	nr 13	308	in
nr 14	354	in	nr 14	333	in
nr 15	376	in	nr 15	358	in
nr 16	405	in	nr 16	378	in
			nr 17	406	in

\* Riktning: ut = mot fönster, in = mot dörrvägg

## BILAGA 2

Ungefärliga NCS-koder för ej förändrade delar och dekorativa detaljer i försöksrummet

Bord & stolar, ben: ljust träfärgade, skivor, vitt: S 0500-N

Dörrblad och dörrkarm, vitt: S 0500-N

Fönsterkarmar, vitt: S 0500-N

Golv: Ljust beigemelerad linoleum (ca): S 2020-Y20R

Lös beige golvmatta (ca): S 3010-Y20R

Gröna konstgjorda växter

blad: S 5020-G30Y – 4030-G50Y

korg: S 3020-Y30R

Konstgjorda blommor

gul blomma: S 0550-G90Y – 0560-Y (lite genomskinligt!)

röd blomma: S 1060-R – 1080-R – 1580-R (lite genomskinligt!)

gröna blad: S 4050-G30Y – 7020-G30Y

kruka: S 3040-Y70R

Korglåda & -mappar, bruna kanter: S 8010-Y50R, melerat (=snitt): S 6010-Y10R – Y30R

Pärmar, rött: S 1085-R, svart: S 8502-G

Lila bokryggar: S 3055-R60B

Turkosa keramikglas (ca): S 2020-G – 2050-B30G – 3060-B20G + S 3020-Y30R

Turkos platsflaska, etikett: S 3050-B70G, kork: S 1040-B60G

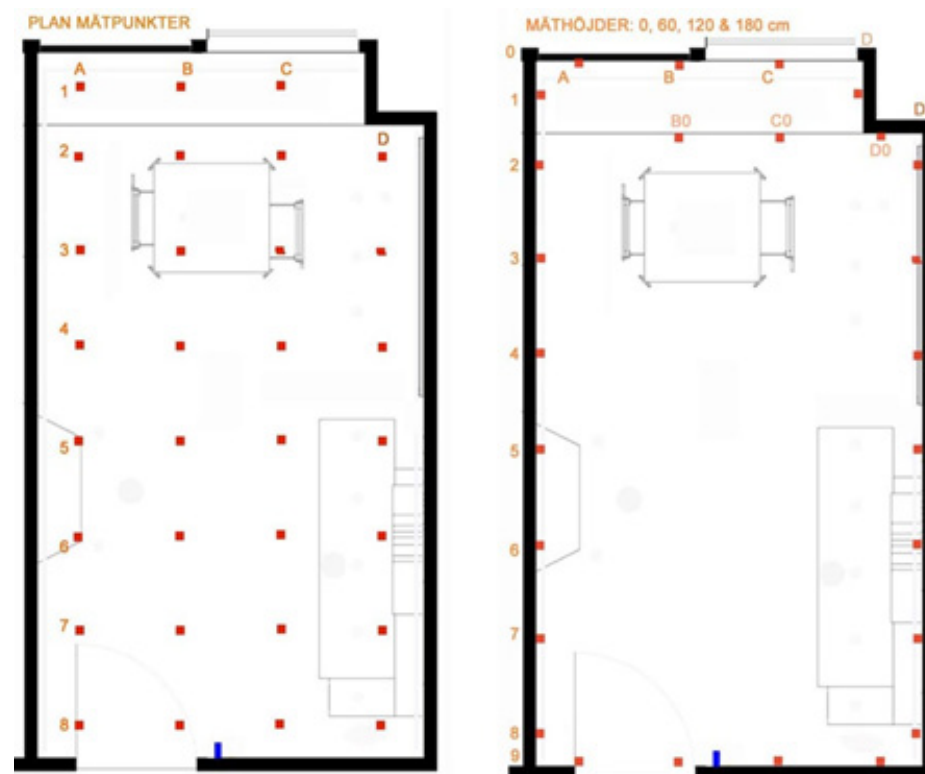
Jonglerbollar, gul: S 1070-Y10R, rött: S 1080-R, blått: S 5040-R85B, grönt: S 4050-G15Y

Röd tavelram: S 2070-R

Svart keramikvas: S 8502-G/B (svartare?)

## BILAGA 3

Luxmätning av försöksrummet, mätpunkter



# BILAGA 4

Luxvärden uppmätta i försöksrummet, neutral färgsättning

## SCENARIO 1: 69 W

### PLAN (25 mät)

	A	B	C	D	A ovan
1	14	29	3	–	
2	2	1	1	1	
3	2	6	3	2	
4	5	3	2	2	
5	2	4	2	2	113
6	2	3	2	2	17
7	2	2	2	5	
8	1	2	3	1	

## SCENARIO 1: 257W

### PLAN

	A	B	C	D	A ovan
1	60	136	42	–	
2	45	21	22	30	
3	27	127	81	36	
4	60	65	62	48	
5	51	70	62	45	337
6	45	65	62	54	93
7	49	60	55	57	
8	41	50	48	8	

## SCENARIO 1: 139-141 W

### PLAN

	A	B	C	D	A ovan
1	30	64	11	–	
2	11	5	5	7	
3	7	29	18	9	
4	15	15	14	11	
5	10	18	13	10	204
6	11	16	14	12	37
7	11	13	12	16	
8	9	11	12	2	

## SCENARIO 1: 365 W

### PLAN

	A	B	C	D	A ovan
1	106	235	89	–	
2	96	45	51	72	
3	64	273	176	96	
4	125	141	137	108	
5	114	151	135	100	520
6	103	144	139	120	174
7	108	134	128	124	
8	91	110	104	19	

**SCENARIO 1: 69 W****VÄGG (70 mät)**

cm	A			B			C			D		
	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	3	23	7	2	27	12	1	2	2	1	1	1
1	–	9	7							–	2	2
2	2	6	7							1	1	1
3	2	3	3							1	2	2
4	2	2	2							2	2	2
5	2	5	8							1	2	2
6	2	2	21							2	1	2
7	1	2	1							1	2	4
8	1	1	1							1	2	3
9	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	2	3

**SCENARIO 1: 139-141 W****VÄGG**

cm	A			B			C			D		
	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	12	49	18	14	59	30	12	10	9	6	6	6
1	–	21	18							–	9	9
2	12	17	18							6	7	6
3	14	13	12							9	9	9
4	10	10	10							9	9	9
5	9	14	18							9	10	11
6	9	12	48							8	9	11
7	8	10	11							7	10	15
8	7	8	7							4	9	10
9	6	7	8	9	11	12	9	11	12	5	9	11

**SCENARIO 1: 257W****VÄGG**

	A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	46	42	48	60	123	73	50	30	34	27	26	24
1	–	47	45							–	32	32
2	51	49	49							28	25	26
3	60	46	43							35	32	35
4	40	42	39							39	40	37
5	40	50	38							38	44	44
6	42	59	114							38	49	52
7	39	49	53							36	46	54
8	34	38	37							21	36	39
9	28	36	35	40	50	55	38	48	51	23	39	41

**SCENARIO 1: 365 W****VÄGG**

	A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	95	150	90	127	230	136	112	83	75	60	59	54
1	–	89	84							–	71	67
2	110	95	93							69	64	57
3	126	95	88							73	70	74
4	93	89	83							86	85	81
5	89	108	67							85	98	99
6	91	127	202							82	105	112
7	84	102	112							80	90	112
8	73	82	80							44	76	80
9	61	75	74	87	107	118	79	99	108	50	80	84

**SCENARIO 2****PLAN**

57 W

A

	A	B	C	D	A ovan
1	13	26	102	–	
2	22	20	19	19	
3	46	184	97	29	
4	88	65	61	69	
5	89	51	86	96	260
6	102	57	76	76	95
7	80	62	77	87	
8	83	133	121	10	

**SCENARIO 2****PLAN**

195-6 W

A

	A	B	C	D	A ovan
1	39	77	300	–	
2	70	61	57	60	
3	130	550	287	87	
4	263	195	183	203	
5	266	152	254	290	780
6	304	171	227	225	292
7	239	184	231	256	
8	248	395	355	29	

SCENARIO 2		114-118 W				A ovan
PLAN		A	B	C	D	
1	24	48	187	–		
2	41	37	35	37		
3	80	338	180	54		
4	162	120	112	127		
5	164	93	158	180	483	
6	192	108	143	143	179	
7	152	117	146	163		
8	156	253	226	18		

SCENARIO 2		279 W				A ovan
PLAN		A	B	C	D	
1	54	107	410			
2	94	82	81	83		
3	175	760	395	121		
4	361	268	252	281		
5	369	211	350	405	1077	
6	427	239	316	316	403	
7	340	259	326	360		
8	350	565	504	40		

SCENARIO 2		57 W											
VÄGG		A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180	
0	15	10	21	22	27	32	21	140	458	17	24	25	
1	–	14	18							–	53	47	
2	16	21	24							18	23	25	
3	32	40	37							27	36	44	
4	48	55	56							39	42	56	
5	52	104	99							40	45	62	
6	45	58	62							38	31	55	
7	34	40	53							45	32	34	
8	26	30	34							14	30	32	
9	43	40	42	80	57	49	73	66	45	28	38	42	

SCENARIO 2		114-118 W											
VÄGG		A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180	
0	30	21	38	40	52	59	40	260	818	31	43	46	
1	–	25	34							–	97	87	
2	30	39	45							33	43	45	
3	60	74	69							50	65	81	
4	88	104	104							73	78	104	
5	99	198	190							76	85	114	
6	93	113	109							75	60	112	
7	69	81	99							80	62	67	
8	61	68	68							27	58	63	
9	91	83	82	158	111	94	144	129	87	54	73	82	

**SCENARIO 2**  
**VÄGG**
**195-6 W**

	A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	47	34	61	65	82	98	64	415	1358	51	71	76
1	–	40	57							–	156	139
2	48	66	72							54	68	73
3	100	122	114							85	103	130
4	146	168	169							120	126	166
5	157	320	300							121	136	182
6	151	182	174							120	97	180
7	108	129	165							136	109	109
8	98	109	109							39	93	101
9	138	129	132	251	176	153	225	200	141	83	117	131

**SCENARIO 2**  
**VÄGG**
**279 W**

	A			B			C			D		
cm	60	120	180	60	120	180	60	120	180	60	120	180
0	64	49	84	92	116	136	88	575	1908	68	97	105
1	–	57	79							–	218	195
2	67	88	101							78	96	103
3	133	170	156							114	148	183
4	203	227	233							163	172	228
5	219	445	418							163	186	252
6	209	254	240							165	137	249
7	152	180	230							194	149	146
8	130	152	152							42	128	138
9	212	183	182	346	237	208	306	277	194	118	162	180

# BILAGA 5

Luxvärden i pausrummet

**OMGÅNG 1**

tillf	1	2	3	4	MV	STDAV
fp						
01	1400	900	1090	820	937	139
02	1370	660	1230	790	893	299
03	0930	1010	910	860	927	76
04	0770	771	750	760	760	11
05	0750	740	680	760	727	42
06	0990	1000	1100	880	993	110
07	2540	2550	1980	2360	2 297	290
08	2220	2430	2420	2490	2 447	38
09	1520	1240	1290	1200	1 243	45
10	1590	1580	1620	1530	1 577	45
11	1130	1230	1320	1290	1 280	46
12	1870	1770	930	890	1 197	497
13	1720	1220	1290	1010	1 173	146
14	760	820	790	790	800	17
15	760	790	830	810	810	20
16	780		750	750	750	0
17	740	750	830	1000	860	128
18	940	940	940	930	937	6
19	820	820	830		825	7
20	800	800	790	780	790	10
21	1350	1310	1310		1 310	0
22	1940	1070	1210	1250	1 177	95
23	1630	1610	1710		1 660	71
24	1440	1370	1320	1280	1 323	45
25	1100	1050	1010		1 030	28
26	1170	1170	1160	1150	1 160	10
27	980	990	980		985	7
28	2440	2380	2310	2250	2 313	65
29	2090	2040	2000		2 020	28
30	1390	1370	1300	1260	1 310	56
					<b>MEDIAN</b>	
					1 070	45
					<b>MV</b>	
					1 216	79



### OMGÅNG 2

tillf fp	1	2	3	4	MV	STDAV
02	1820	2450	2840	1730	2 210	528
03	1520	1630	1640	940	1 433	333
04	2520	2050	2410	2670	2 413	264
05	1450	1510	1150	990	1 275	247
06	690	980	1000	1000	918	152
07	1500	1450	1520	1790	1 565	153
08	1990	2070	2160	2030	2 063	73
09	2690	2690	2710	2740	2 708	24
10	1930		1790	1800	1 840	78
11	2500		2720	2660	2 627	114
12	2050		2070	2020	2 047	25
13	1720	1080	1660	1660	1 530	301
14	720		720	760	733	23
15	1400	1650	1350	1550	1 488	138
16	1760		1700	1370	1 610	210
17	1320		2060	1130	1 503	491
18	1200		1520	1790	1 503	295
19	2350		2270	2250	2 290	53
20	630		640	620	630	10
21	2130		2040	1970	2 047	80
22	2400	2280	2280	2320	2 320	57
23	1540	1810	1420	1470	1 560	174
24	940		940	920	933	12
25	880	880	860	860	870	12
26	850		1120	1160	1 043	169
27	1900	1860	1860	1890	1 878	21
28	1440	1050	940	860	1 073	257
29	1340	1330	1530	1340	1 385	97
30	2160	2610	3040	3150	2 740	451

MED 1 655 1 560 138  
 MV 1 674 1 663 167

### OMGÅNG 3

tillf fp	1	2	3	4	MV	STDAV
02	800	780	760	660	750	62
03	1180	1400	1180	1030	1 198	152
04	1810	1810	1770	1720	1 778	43
05	800	950	1000	810	890	100
06	1340	1680	2100	2290	1 853	426
07	1640	1600	1720	1720	1 670	60
08	1630	1560	1590	1270	1 513	164
09	470	460	520	470	480	27
10	1830	2180	2570		2 193	370
11	940	970	1050	1090	1 013	69
12	2460	2630	2640	2650	2 595	90
13	2300	1340	1350	2440	1 858	595
14	1820	1910	860	1480	1 518	476
15	1760	1880	1140	1400	1 545	338
16	1950	1790	1480	1450	1 668	243
17	660	680	670	620	658	26
18	750	700	670	750	718	39
19	530	420	800	670	605	165
20	480	480	460	440	465	19
21	1430	1650	1450	1140	1 418	210
22	1810	1910	1960	1370	1 763	269
23	1850	1630	850	2380	1 678	635
24	900	1700	1400	1250	1 313	333
25	2790	2200	1610	2010	2 153	491
26	690	890	750	700	758	92
27		830	1040	1230	1 033	200
28	850	640	780	850	780	99
29	930	1080	1100	780	973	149
30	1080	1720	2020	1860	1 670	412

MED 1 260 1 418 164  
 MV 1 323 1 328 219

# BILAGA 6

Försöksprotokollet för andra omgången, försöksperson nr 1-8

## PROCEDUREN

vid dagens början:

öppna fönstret, skruva i lamporna

- Mät luxvärde på bordet och justera persienner enligt instruktion på fönsterbänken, strax innan fp släpps in i dagsljusrummet.

- Hälsa välkommen

- läs upp introduktionsbrevet

- fyll i personinformation (denna sida och nästa)

(Fp nr1-8)

Personuppgifter FP nr: \_\_\_\_\_

[2-1:L-D]

Namn: \_\_\_\_\_

Inbokade tillfällen (datum och klockslag + dagsljussituation vid ankomst)  
(preliminära tider/perioder skrivs med blyerts; anteckningar om dagsljuset förs vid varje testtillfälle)

2a omgången: \_\_\_\_\_

väder: \_\_\_\_\_

Vid ankomst **LUX-VÄRDE**: \_\_\_\_\_

3e omgången: \_\_\_\_\_

väder: \_\_\_\_\_

Vid ankomst **LUX-VÄRDE**: \_\_\_\_\_

## FP-INFORMATION

FP NR \_\_\_\_\_

För in fp i rummet

2-L

**Kontrollera läsbarheten hos allt handskrivet!**

[2-1:L-D]

Nya konstaterade synproblem?  

---

---

### Instruktion:

"Gå runt i rummet och använd dimmern, för scenario 2, för att skruva ner ljuset till lägsta godtagbara nivå, utifrån antagandet att du skall spendera en hel dag här, men inte göra något särskilt."

1. Hur känslig uppskattar du att du själv är för starkt ljus?  
(Jämför med vad du uppfattar som "normalt": sätt en ring på skalan nedan)

### Anteckna värdeintervallet på mätaren

|\_\_\_\_\_||  
ovanligt normal ovanligt  
okänslig känslig

Scenario 2 från max ljust  
+ eventuell extra info  
-----  
-----

2. Sätt kryss för den beskrivning som bäst stämmer för dig  
Upplever mycket ofta problem med för starkt ljus  
Upplever ganska ofta problem med för starkt ljus  
Upplever sällan problem med för starkt ljus  
Upplever aldrig problem med för starkt ljus

### Instruktion:

"Sätt dig vid bordet och bläddra i tidskrifterna.  
Försök att se på bilderna som om du är intresserad av dem och t ex funderar på att klippa ut dem och använda dem i ett kollage.  
Använd dimmern för att ställa in ljuset så att det känns bra (behagligt och väl fungerande) för att göra detta."

3. Hur väl uppskattar du att du själv att du ser i mörker?  
(Jämför med vad du uppfattar som "normalt": sätt en ring på skalan nedan)

|\_\_\_\_\_||  
ovanligt normalt ovanligt  
väl dåligt

### Anteckna värdeintervallet på mätaren

Bläddrande  
+ eventuell extra info  
-----  
-----

4. Sätt kryss för den beskrivning som bäst stämmer för dig

Upplever mycket ofta problem med för svagt ljus  
Upplever ganska ofta problem med för svagt ljus  
Upplever sällan problem med för svagt ljus  
Upplever aldrig problem med för svagt ljus

- för ut fp ur rummet  
- skruva ner scenario 2 till lägsta och släck helt  
(- öppna fönstret ifall det är mycket varmt!)

5. a) Professionell anknytning till färg, ljus eller rumslig gestaltning? JA NEJ  
b) Särskilt icke-professionellt intresse för färg, ljus eller rumslig gestaltning? JA NEJ

I dagsljusrummet

- förklara proceduren

I dagsljusrummet:

- genomför modellstudie 1. Mät LUX under tiden och för in värdet på nästa sida!

Inför första besöket i testrummet:

- stäng fönstret, ställ in båda scenarierna på max och stäng av scenario 1,  
låt scenario 2 vara påslaget på max ljus

MODELLSTUDIE 1 UPPMÄTT LUX-VÄRDE: \_\_\_\_\_

Instruktion:

Bedöm det s k kontrastomfånget.

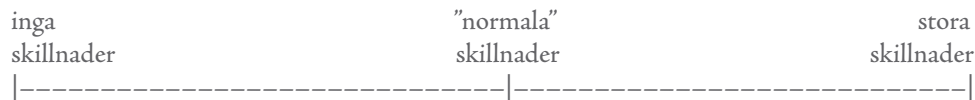
Jämför de två rummen. Markera med kryss eller ring det svar du tycker stämmer bäst på frågan.

Ifall skalorna känns svåra att använda

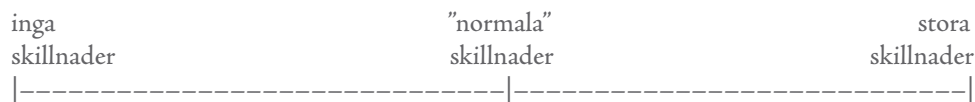
- Bestäm att något av rummen är "normalt", markera detta med ett kryss i mitten och markera det andra rummets värde i förhållande till detta.

1. Hur stor är skillnaden mellan de ljusaste och det mörkaste partierna i rummet?

RUM 1



RUM 2



Kontrollera ifall fönstret behöver stängas och att scenario 2 är nedskruvat och släckt För in fp i testrummet 2-D

Instruktion:

"Gå runt i rummet och använd dimmern, för scenario 2, för att skruva upp ljuset till lägsta godtagbara nivå, utifrån antagandet att du skall spendera en hel dag här, men inte göra något särskilt."

Anteckna värdeintervallet på mätaren

Scenario 2	från nedsläckt	
------------	----------------	--

+ eventuell extra info

Instruktion:

"Sätt dig vid bordet och bläddra i tidskrifterna.

Försök att se på bilderna som om du är intresserad av dem och t ex funderar på att klippa ut dem och använda dem i ett kollage.

Använd dimmern för att ställa in ljuset så att det känns bra (behagligt och väl fungerande) för att göra detta."

Anteckna värdeintervallet på mätaren

Bläddrande	
------------	--

+ eventuell extra info

- för ut fp ur rummet
- släck scenario 2, tänd scenario 1 och skruva upp till max.
- (- öppna fönstret ifall det är mycket varmt!)

I dagsljusrummet

- genomför modellstudie 2. Mät LUX under tiden och för in värdet på nästa sida!

## MODELLSTUDIE 2 UPPMÄTT LUX-VÄRDE: \_\_\_\_\_

Bedöm ljusets kvaliteter:

Observera att en del frågor kan handla om samma sak.

Jämför de båda rummodellerna.

Markera med kryss det värde som bäst stämmer för varje kvalitet i både rum 1 och rum 2.

Noll på skalan representerar neutral eller normal nivå, minusvärden att det finns mindre av kvaliteten och plusvärdena att det finns mer.

Frågorna gäller hur det	RUM 1					RUM 2				
	-2	-1	0	+1	+2	-2	-1	0	+1	+2
ser ut inne i varje rum:										
Hur klart är ljuset?										
Hur skarpt är ljuset?										
Hur riktat är ljuset?										
Hur starkt är ljuset										
Hur mörka är skuggorna?										
Hur starka är kontrasterna?										
Hur gult är ljuset?										
Hur blått är ljuset?										
Hur grönt är ljuset?										
Hur rött är ljuset?										
Hur vitt är ljuset?										
Hur grått är ljuset?										

Kontrollera ifall fönstret behöver stängas och att scenario 1 är max-påslaget och att scenario 1 är påslaget på max ljus  
För in fp i rummet 1-L

Instruktion:

"Gå runt i rummet och använd dimmern, för scenario 1, för att skruva ner ljuset till lägsta godtagbara nivå, utifrån antagandet att du skall spendera en hel dag här, men inte göra något särskilt."

Anteckna värdeintervallet på mätaren

Scenario 1 från max ljust

+ eventuell extra info

Instruktion:

"Sätt dig vid bordet och bläddra i tidskrifterna.

Försök att se på bilderna som om du är intresserad av dem och t ex funderar på att klippa ut dem och använda dem i ett kollage.

Använd dimmern för att ställa in ljuset så att det känns bra (behagligt och väl fungerande) för att göra detta."

- anteckna värdeintervallet på mätaren

Bläddrande

+ eventuell extra info

- för ut fp ur rummet

- skruva ner scenario 1 till lägsta och släck helt (- öppna fönstret ifall det är mycket varmt!)

I dagsljusrummet

- genomför modellstudie 3 (OBS: två sidor!).

Mät LUX under tiden och för in värdet på nästa sida!

**MODELLSTUDIE 3 UPPMÄTT LUX-VÄRDE:** \_\_\_\_\_ (OBS: två sidor!)

Bedöm hur tydligt rummets form syns

**RUM 1**

mycket suddigt   suddigt   lite suddigt   normalt   lite tydligare   tydligt   mycket tydligt

**RUM 2**

mycket suddigt   suddigt   lite suddigt   normalt   lite tydligare   tydligt   mycket tydligt

Bedöm hur tydligt rummets detaljer syns

**RUM 1**

mycket suddigt   suddigt   lite suddigt   normalt   lite tydligare   tydligt   mycket tydligt

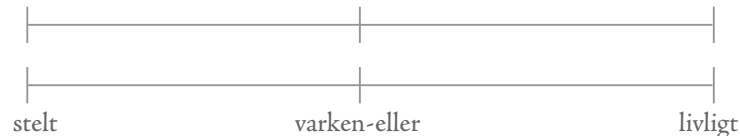
**RUM 2**

mycket suddigt   suddigt   lite suddigt   normalt   lite tydligare   tydligt   mycket tydligt

**Bedöm rummets atmosfär**

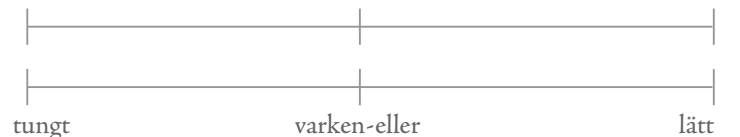
Sätt ett kryss eller en ring för det värde du bedömer stämmer bäst med respektive rum

RUM 1



RUM 2

RUM 1



RUM 2

RUM 1



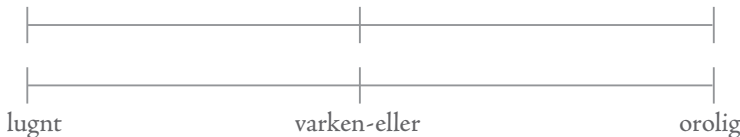
RUM 1

RUM 1



RUM 2

RUM 1



RUM 2

Kontrollera ifall fönstret behöver stängas och att scenario 1 är nedskruvat och släckt  
För in fp i rummet

1-D

**Instruktion:**

"Gå runt i rummet och använd dimmern, för scenario 1, för att skruva upp ljuset till lägsta godtagbara nivå, utifrån antagandet att du skall spendera en hel dag här, men inte göra något särskilt."

Anteckna värdeintervallet på mätaren

Scenario 1	från nedsläckt	
------------	----------------	--

+ eventuell extra info

**Instruktion:**

"Sätt dig vid bordet och bläddra i tidskrifterna. Försök att se på bilderna som om du är intresserad av dem och t ex funderar på att klippa ut dem och använda dem i ett kollage. Använd dimmern för att ställa in ljuset så att det känns bra (behagligt och väl fungerande) för att göra detta."

- anteckna värdeintervallet på mätaren

Bläddrande	
------------	--

+ eventuell extra info + Fråga: vad tittade du på?

- för ut fp ur rummet

Fråga: Vilken av de två belysningarna tyckte du bäst om? \_\_\_\_\_

- släck scenario 1

- tacka fp för denna gång

Öppna fönstret. Vid dagens slut stäng fönstret skruva ur lamporna

# BILAGA 7

Formulär till kompletterande studie

Delstudie i forskningsprojekt om samspelet mellan färg-ljus

Detta är en kompletterande minstudie i samarbete mellan Karin Fridell Anter, Cecilia Häggström och Monica Billger. Det stora forskningsprojektet handlar om samspelet mellan ljus och färg i rum. Meningen med denna minstudie är att undersöka ifall det eventuellt finns någon skillnad i upplevelsen av ljushet mellan konvex och konkav form. Vi behöver minst 100 personer som svarar på enkäten och är tacksamma för alla som vill medverka!

1. Ålder <20 20–29 30–39 40–49 50–59 60–69 70–

2. Kön M F

3. Rumsmodellerna:

Jämför de båda modellerna och bedöm skillnaden. Markera ditt svar med kryss i den ruta som bäst passar med din bedömning.

- a) Vilken av rumsmodellerna har sammantaget ljusast färg?
- b) Vilken av rumsmodellerna ser ut att ha mest ljus?
- c) Vilken av rumsmodellerna ser som helhet ljusast ut?
- d) Med vilket (ett!) ord skulle du själv beskriva skillnaden?

Nr 1	Nr 2	Ingen

4. Relieferna:

Jämför de båda relieferna och bedöm skillnaden. Markera ditt svar med kryss i den ruta som bäst passar med din bedömning.

- a) Vilken av relieferna har sammantaget ljusast färg?
- b) Vilken av relieferna ser ut att ha mest ljus?
- c) Vilken av relieferna ser som helhet ljusast ut?
- d) Med vilket (ett!) ord skulle du själv beskriva skillnaden?

Nr 1	Nr 2	Ingen

5. Titta på bilden och kryssa för vem av de kända personerna som är tydligast för dig på det givna betraktningsavståndet.

Mari-lyn	Ein-stein	Ingen

