

BRUGERPRÆFERENCER FOR ENERGIEFFEKTIVE BELYSNINGSLØSNINGER

Visualisering som værktøj til brugervurderinger af energieffektive belysningsløsninger

AF MARC FONTOYNONT, ANDERS LUMBYE, DANIEL TODOROV, KONSTANTIN KLAAS, ANNE IVERSEN OG ASTA LOGADÓTTIR, SBI/AAU, HLA

Energieffektive belysningsløsninger kan etableres på flere forskellige måder. Den mest anvendte løsning er udskiftning af eksisterende lyskilder med nye, mere energieffektive lyskilder. For eksempel ved at erstatte lav-volts 35 W halogenspot med en 7 W LED-spot, som leverer den samme lysstrøm ved 80 % mindre effekt. I nogle tilfælde er den energieffektive løsning en kombination af en lyskilde med højere virkningsgrad (lm/W) end den tidligere samt en forbedring af optikken i selve armaturet. Dette er for eksempel tilfældet, når et cirkulært lysstofrør i et nedadlysende 44 W CFL-armatur erstattes med nedadlysende 28 W LED-lyskilder. Her vil energibesparelsen ligge på over 30 %. Udover at bruge nye effektive lyskilder og armaturer, kan store besparelser også opnås ved at sænke lysniveauet i sammenhæng med det tilgængelige dagslys, eller når der ikke er nogen, der bruger området.

En mere radikal strategi er at designe lys med en mindre lysstrøm og samtidigt opretholde brugertilfredsheden. Denne strategi kræver en række undersøgelser af forskellige belysningsløsninger og lysfordelinger i lokalet for at kortlægge, hvad brugerne fortrækker, og identificere, hvad der er vigtigt for brugerne, både hvad angår æstetik og funktion.

Der findes uendelig mange forskellige måder at belyse et rum på. På kontorer kan der vælges mellem på-byggede eller indbyggede loftsarmaturer, nedhængte armaturer, stænderlamper samt arbejdslamper. Armaturerne kan enten udsende lyset som direkte eller indirekte belysning, eller som en blanding heraf. I vores projekt har vi undersøgt forskellige løsninger til energieffektiv belysning, som præsenteres for et brugerpanel. Brugerpanelet vurderer hvilke løsninger, de foretrækker til et givet rum, hvorved vi opnår en bedre forståelse for, hvad lysfordelingen betyder for brugerens oplevelse af energieffektiv belysning.

Design af forsøgsopstilling

Udfordringen er at designe et forsøg, som giver mulighed for at sammenligne løsninger til energieffektiv og tilfredsstillende belysning. Forsøget blev designet således, at et brugerpanel blev bedt om at vurdere forskellige belysningsløsninger i et virtuelt rum. Panelpersonerne skulle tage stilling til, om de foretrak den ene eller den anden løsning, hvor den eneste forskel var belysningen i lokalet. Hvis sammenligningen skulle foregå i virkeligheden, ville det kræve flere forskellige installationer og store omkostninger dertil. Udover omkostningerne vil tilstedeværelsen af de armaturer i lokalet, som ikke afprøves, påvirke den måde rummet bliver vurderet på.

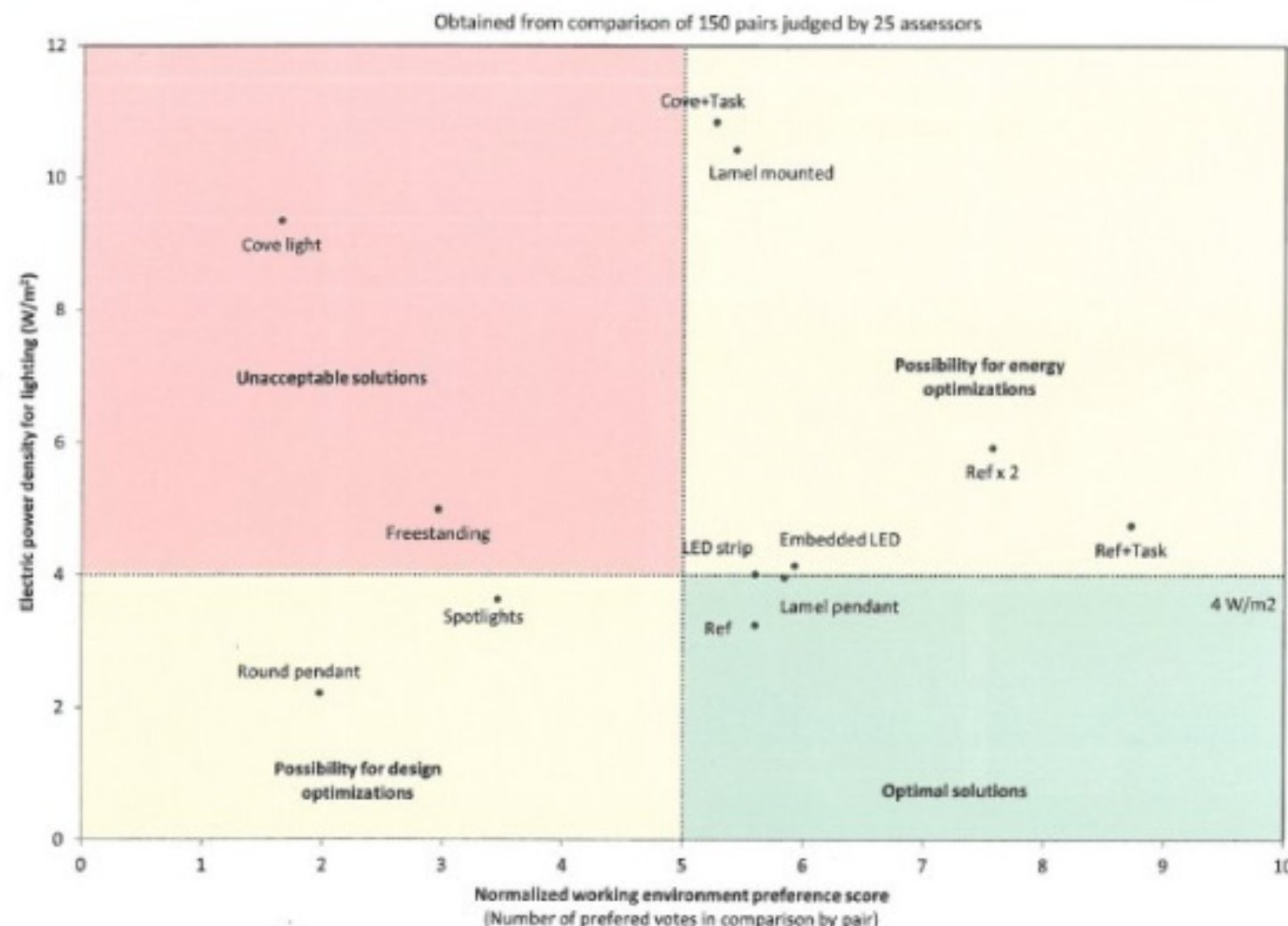
For at minimere omkostningerne blev der udviklet en procedure, som består af kalibrerede fotorealisticke billeder af en scene, som præsenteres for brugerpanelet. Billederne projekteres på et lærred ved hjælp af en speciel kraftig projektor. Billederne præsenterer forskellige belysningsløsninger til en given scene, og løsningen vurderes fra samme vinkel hver gang. Billederne produceres ved brug af kalibreret lyssimulering og -rendering.



Figur 1. Lyskilder med kendt luminans afjæses scenen for at verificere kalibreringen af billedet.



Figur 2. 2 eksempler ud af mere end 20 mulige på fotorealisticke billeder, som præsenteres for et panel af "brugere", der vurderer scenarierne i forhold til kvalitet. Her er anvendt tre forskellige belysningsfaktorer.



Figur 4: Diagram til illustration af præferencer vedr. belysningsløsninger til et kontorlandskab, opnået ved presentation af 150 par af designforslag vurderet af 25 brugere.

Fordelen ved denne metode er, at hver scene kan belyses på uendelig mange forskellige måder, men kræver også, at hvert billede gennemgår en grundig kalibrering, så de præsenterede luminansforhold er så nøjagtige som muligt.

Kalibrering af billeder

En række kalibrerede lyssimuleringer blev udført ved brug af CIE-testmetoden (CIE, 2000) samt en række velykkede tests: energibevarelsesprincippet, gengivelse af luminanser og lysstrømme, simuleringer af punktfornige lyskilder og flade lyskilder, multiple refleksioner i diffuse hulrum samt refleksioner fra spejlende, diffuserende og blanke overflader. Omhyggelige tjek af overensstemmelse mellem de resulterende renderinger og fotografier af materialerne under de samme lyskilder blev gennemført.

Gennemførelsen af disse tests kræver kalibrering af computerdisplays, så luminanserne fremstår som i virkeligheden. Dette sker ved brug af forskellige lyskilder med kendte luminanser, som indsættes i den virtuelle scene som kalibrering til den endelige rendering. Denne procedure blev udviklet ved brug af kraftige video-projektorer til at skabe et 3 m² stort billede i en fotorealistic scene med kalibrerede luminanser.

Da hele kalibreringsproceduren for fremstilling af fotorealisticke renderinger var valideret, blev der udvalgt forskellige typer af rum, hvor forskellige løsninger til energieffektiv belysning ville have interesse:

1. Et åbent kontorlandskab på Vesterbro i København
2. Et shoppingcenter på Frederiksberg, København
3. Et atrium i Syddansk Universitet, Kolding
4. En generisk hospitalsstue

Vigtige parametre for energieffektivitet og kvalitet

For hver scene, der skal testes, udvikles specifikke lysdesign, hvor der ud fra detaljerede armatur- og lysdata sikres, at hver designløsning kan dokumenteres fuldstændigt med geometriske, optiske og fotometriske data. Det totale effekt-forbrug (inkl. transformere) for hvert design er en vigtig information, der beregnes udførligt.

At udvikle en brugbar metode med parametre til vurdering af belysningsløsninger ud fra subjektive vurderinger er en stor udfordring. I tidligere forsøg (Fontoynt, 2005) er det foreslået at udvikle et indeks til måling af belysningskvalitet i kontormiljøer, som bl.a. bestod af:

- Kvaliteten af lys på arbejdsoverfladen
- Visuel komfort
- Det generelle lys fra de omgivende områder

Det var dog svært for brugerne at bedømme scenarierne ud fra disse kriterier. Det viste sig imidlertid, at når brugerne blev præsenteret for to forskellige scenarier havde de ikke svært ved at udtrykke, hvilket scenarie, de foretrak. Med den viden, udviklede vi en metode, hvor vi altid sammenligner designløsninger i par (Thurstone, 1959). Dette giver mulighed for at rangere alle scenarierne i forhold til brugerens subjektive bedømmelser og præferencer. Denne metode kan sammenlignes med en fodboldliga, hvor alle hold møder hinanden i løbet af turneringen. Til slut er vinderen det hold med flest points. I vores tilfælde præsenteres brugerne for 8-12 designs, som sammenlignes i par. Brugere skal for hvert par vurdere, hvilket scenarie de foretrækker i forhold til en bestemt variabel, som for eksempel den mest interessante, bedste arbejdsbelysning, mest komfortabelt,