

# BELYSNING

ENERGIEFFEKTIVE  
TEKNOLOGIER



KAMERABASERET LYSSTYRING I KONTORER KAN GIVE STØRRE TILFREDSHED MED LYSET PÅ ARBEJDSPLADSEN OG MED DE EKSISTERENDE PRODUKTER SPARE OP TIL 50 % AF ENERGIEN TIL BELYSNING PÅ GRUND AF STYRING I FORHOLD TIL TILSTEDEVÆRELSE OG LYSFORHOLD.

---

PROJEKT 345-025  
Energieffektiv kamerabaseret lysstyring

## MÅLSÆTNING:

Belysningen af kontorer er en stor post på budgettet hos de fleste virksomheder, idet det estimeres at ca. 20 % af en bygnings samlede energiforbrug typisk går til belysning. Derfor står energibesparelser i bygninger højt på dagsordenen, og gennem de seneste år er lysstyring for alvor kommet i fokus som

et effektivt redskab til at opnå besparelser. Desværre er omkostningerne til renovering af belysningsanlæg høje, og udviklingen på området går forholdsvis langsomt.

I dette projekt benyttes kameraer og visuel detektering til at regulere lyset ud fra lyskon-

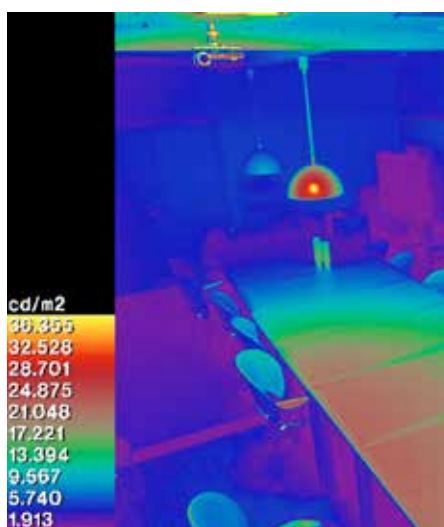
trast og tilstedeværelse i rummet. Det kan reducere energiforbruget til belysning på en forholdsvis enkel og billig måde. Samtidig forbedres den samlede lyskomfort, fordi kameraet betragter lokalet som helhed frem for de klassiske lysstyringsprincipper, der evaluerer lysforholdene i en zone ad gangen.

**PROJEKTET HAR UDVIKLET EN PROTOTYPE TIL AVANCERET, KAMERABASERET LYSSTYRING, DER KAN REGULERE LYSET PÅ EN EFFEKTIV OG BEHAGELIG MÅDE.**

## MÅLGRUPPE:

Den kamerabaserede lysstyring er primært udviklet til projekter, hvor eksisterende belysningsanlæg i kontorer energirenoveres. Samtidig skal løsningen på sigt kunne leve op til fremtidens behov for og krav til styring af komplekse belysningsystemer med LED lyskilder.

En del af projektets formål er, at løsningen skal være så enkel og tilgængelig som mulig. Det betyder blandt andet, at der kun blev anvendt forholdsvis billige kameraer, og at metoden blev udviklet til at fungere på alle lysstyringsanlæg – uafhængigt af teknologi og type.



Figur 1. Luminanser målt af kamera i modellokale



Figur 2. To af de i alt 25 testpersoner udfylder spørgeskemaer om, hvordan de oplever ændringerne i den elektriske belysning ud fra simulerede ændringer i dagslyset.

## PROCESSEN:

Projektet blev til i et samarbejde mellem Institut for Arkitektur og Medialogi på Aalborg Universitet CPH, Statens Byggeforskningsinstitut på Aalborg Universitet CPH og Servodan, der udvikler og producerer intelligent lysstyring.

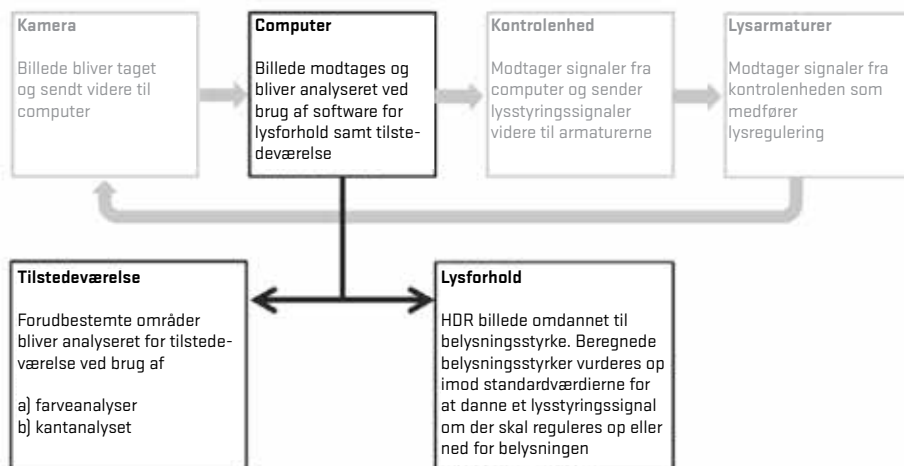
En væsentlig opgave i projektet var udviklingen af software til at analysere billederne og kommunikationen mellem software og en kontrolenhed som styres ved DALI protokollen. Se figur 3.

Den første del af projektet blev dokumenteret i et M.Sc. afgangsprøve af Martin Roien på Danmarks Tekniske Universitet i oktober 2013. Herefter fortsatte arbejdet med at automatisere lysreguleringen og få komponenterne til at arbejde sammen i prototypen.

I anden del af projektet skulle brugertests vise, om ændringer i lyset registreres og accepteres af brugerne og danne grundlag for den

videre udvikling af prototypen. I brugertesten blev 25 personer udsat for 26 lysscenarier, hvor det elektriske lys blev ændret med forskellige hastigheder som reaktion på ændringer i det simulerede dagslys.

Figur 3. Figuren viser opbygningen af lysstyringssystemet, hvor billeder fra kameraet bliver analyseret i computeren, der giver kontrolenheden besked om, hvordan den skal regulere lysarmaturerne i lokalet.



## RESULTATER:

I projektet blev udviklet en prototype, der består af et digitalkamera, en computer og en kontrolenhed, som kommunikerer med lysarmaturerne. Dertil kommer software, der registrerer personers tilstedeværelse og vurderer de samlede lysforhold i rummet. En af fordelene ved dette system frem for eksisterende systemer med lyssensorer er, at processen er helhedsorienteret og bruger færre analyser og dermed giver en hurtigere og mere præcis styring af lyset.

Lysstyring ud fra lyskontraster sker ved, at kameraets billeder af rummet analyseres og danner grundlag for beregning af luminanser, som igen bliver omdannet til belysningsstyrker på forudbestemte områder i rummet.

Der blev gennemført brugertests for at optimere lysreguleringen i forhold til ændringshastigheden. Resultaterne er fundamentet til den metode, som foreslås til at vurdere tilstedeværelse i lokalet. De kan desuden benyttes til alle andre lysstyringsanlæg, uafhængigt af den anvendte teknologi.

I forsøgene blev der opstillet fire forskellige lysscenerier. Se tabel 1. Ændringerne A-D er

vist i tabellen. Her er startværdierne EL1 for den elektriske belysning og DL1 for det simulerede dagslys angivet. Samlet er disse 500 lx i alle tilfælde. Slutværdierne EL2 og DL2 ligger også samlet på 500 lx. I højre søjle er den procentvise ændring i den elektriske belysning angivet.

Igennem forsøgene forekom lysændringerne i forskellige intensitets- og tidsintervaller. Ændringerne i trin for dagslys blev valgt på baggrund af dagslysændringer i Danmark. Der blev valgt en langsom ændring (8 lx/s) som eksempel på en overskyet dag samt en hurtig ændring (90 lx/s) som eksempel på en dag med skiftende vejrforhold.

Tre forskellige hastigheder blev valgt for det elektriske lys (1, 10, 100 lx/s) for at se, hvordan forskellige hastigheder af ændring i elektrisk belysning vil påvirke brugernes accept.

I tabel 2 ses, hvorledes 25 personer udsat for lysscenerierne har svaret. Heraf fremgår, at en langsom ændring i det simulerede dagslys (8 lx/s) vurderes som mindre synligt end en hurtig ændring (90 lx/s).

EL :		DL: 8 lx/s			DL: 90 lx/s		
		1: 1 lx/s	2: 10 lx/s	3: 100 lx/s	4: 1 lx/s	5: 10 lx/s	6: 100 lx/s
<b>A:</b> EL -20% [-80 lx]	Synligt	26%	35%	30%	78%	78%	74%
	Accept	100%	100%	100%	91%	91%	87%
<b>B:</b> EL -40% [-160 lx]	Synligt	70%	70%	57%	83%	87%	87%
	Accept	87%	78%	96%	91%	91%	78%
<b>C:</b> EL 60% [+150 lx]	Synligt	35%	17%	87%	87%	91%	87%
	Accept	91%	96%	78%	87%	87%	83%
<b>D:</b> EL 80% [+200 lx]	Synligt	30%	52%	74%	74%	91%	91%
	Accept	83%	83%	91%	74%	78%	83%

Tabel 2. Tabellen viser testpersonernes besvarelser, hvor de tre scenarier med en langsom ændring i dagslyset blev vurderet som acceptabelt af alle, mens et hurtigt skift i det elektriske lys efter et hurtigt fald i dagslys var det mindst acceptable.

## EFFEKT:

Det fuldautomatiske kamerabaserede lysstyringskoncept forventes at have et energibesparelsespotential på 20-50 %. Det skyldes især, at styringen sker ud fra både lysforhold og tilstedeværelse i rummet, hvilket giver en hurtigere og mere præcis styring af lyset.

En kamerabaseret lysstyringsløsning åbner samtidig op for en mere lokal styring af lyset

i lokalet, fordi kameraet kan detektere, analysere og opdele et større område. Der kan således opnås yderligere energibesparelser, hvis lysstyringen også tager højde for de individuelle arbejdspladsers lysbehov.

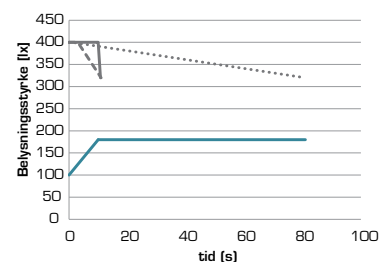
Samtidig ser løsningen holistisk på rummets belysning og bidrager samlet set til et bedre lysmiljø på arbejdspladsen.

Scenarie	DL1 (lx)	DL2 (lx)	EL1 (lx)	EL2 (lx)	EL ændring
<b>A</b>	100	180	400	320	-20 %
<b>B</b>	100	260	400	240	-40 %
<b>C</b>	250	100	250	400	+60 %
<b>D</b>	250	50	250	450	+80 %

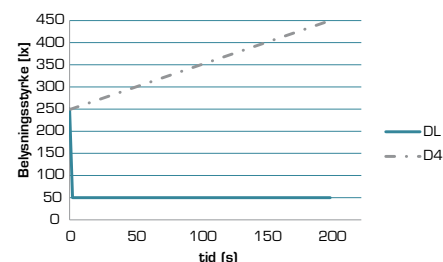
Tabel 1. Lysscenerier.

Brugertesten viste også, at en 20 % ændring i den elektriske belysning er acceptabel uafhængig af hastighed, når dagslyset ændrer sig langsomt. Ved hurtige ændringer i dagslyset vurderer 91 %, at 1 lx/s og 10 lx/s ændring i det elektriske lys er acceptabelt, mens kun 87 % synes, at 100 lx/s er acceptabelt. Det anbefales derfor, at regulere den elektriske belysning med maksimalt 20 % ad gangen. Ved større ændringer af den elektriske belysning finder kun 78-83 % det acceptabelt med en hurtig ændring af dagslyset.

Det understøttes også af figur 4, som viser lysscenerier for A1, A2 og A3, hvor alle forsøgspersoner accepterer lysændringerne. Lysscenario D4 på figur 5 synes blot 74 % at lysændringerne er acceptable.



Figur 4. Lysscenerier A1, A2 og A3 hvor 100% forsøgspersoner accepterer lysændringerne.



Figur 5. Det lysscenario som kun 74% synes er acceptabelt.

Optimal energieffektivitet og brugertilfredshed forventes at kunne opnås ved at kombinere de mest energieffektive lyskilder på markedet med denne type lysstyring.



**KAMERABASERET LYSSTYRING I KOMBINATION  
MED ENERGIEFFEKTIVE LYSKILDER KAN SPARE  
20 - 50 % AF ENERGIFORBRUGET OG SKABE  
HØJ BRUGERTILFREDSHED.**

### Projektledelse

Ásta Logadóttir  
Statens Byggeforskningsinstitut  
A.C. Meyers Vænge 15  
2450 København SV

Telefon: 3054 6056  
E-mail: asl@sbi.aau.dk  
Web: sbi.dk

### Projekt

Titel: Energieeffektiv kamerabaseret  
lysstyring Nr. 345-025  
PSO Program 2013  
Budget i alt: 1.992.215 kr., hvoraf 1.082.715 kr.  
i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.01.2013-31.12.2015

### Programkoordinator

Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Vodroffsvej 59  
1900 Frederiksberg C

Telefon: 35 300 934  
E-mail: jbj@danskenergi.dk  
Web: www.elforsk.dk

## HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Ved at gøre brug af kamerateknologi og tilhørende billedanalyse-software til at kombinere energibesparelser og brugerorienteret lysstyring, demonstrerer projektet et alternativ til de konventionelle lysstyringer, der benyttes i dag.

Hensigten med styringsprincippet er at reducere energiforbruget til belysning i bygninger samtidigt med, at det visuelle miljø forbedres, fordi styringen sker ud fra en rumlig lysfordelingsbetragtning i det pågældende lokale.

Lysstyringskonceptet er udviklet med henblik på energireovering af eksisterende belysningsanlæg i kontorer. I et længere perspektiv kan det bidrage til at sikre, at de efterlever kommende krav til styring af komplekse belysningsystemer - typisk med LED lyskilder, som etableres i møbler eller direkte i arkitekturen og i stigende grad bruges som supplement til den generelle loftbelysning. I den forbindelse viser flere studier, at brugernes tilfredshed med løsningen er væsentlig hø-

jere, når de også har mulighed for at justere deres lys individuelt.

I forhold til tilstedeværelsesanalysen mangler der et kvantitativt overblik over, hvor robust den foreslåede algoritme er over for belysningsændringer. Fremtidig forskning, der undersøger muligheder for brug af mere avancerede sensorer, er også relevant.

For at nedbryde barrierer og sikre konceptet udbredelse på markedet er det vigtigt, at systemet er simpelt og nemt at installere. Dette opnås blandt andet gennem udvikling af en enkel brugerflade, som installatøren intuitivt kan navigere i.

Ser vi bredt på fremtidsperspektiverne inden for kamerabaseret lysstyring, kan der også ligge et stort udviklingspotentiale i at anvende kameraets øjeblikkelige information om rummets brug og lysforhold til fx personlig ventilation, varme og solafskærmning af den enkeltes arbejdsplads.



AALBORG UNIVERSITET



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

**niko** SERVODAN