

# BELYSNING

ENERGIEFFEKTIVE  
TEKNOLOGIER



PROJEKT 342-044 + 344-007

Kombineret dagslys og intelligent LED  
belysning – få dagslys ind i bygningerne

Udvikling og demonstration af potentialet for energibesparelser ved et nyt lyskoncept, der kan supplere og følge dagslysets rytme – samt undersøgelse af, hvorvidt sådanne dynamiske lysscenarier fører til øget brugertilfredshed

## MÅLSÆTNING:

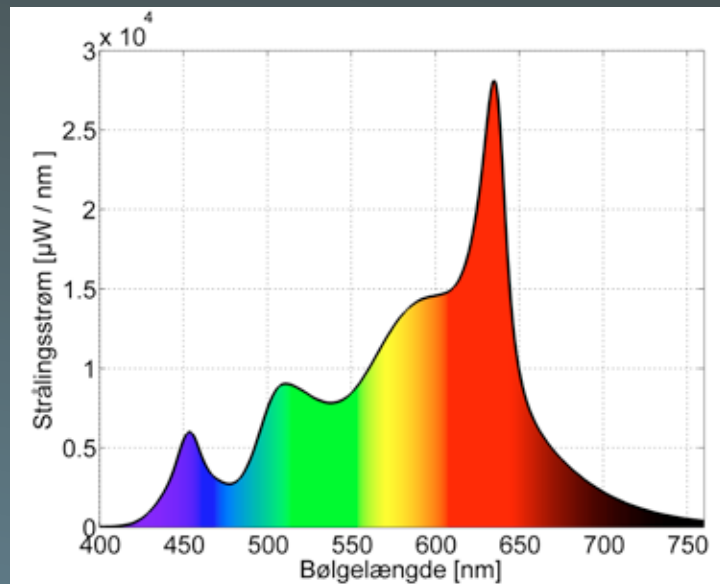
Projektets formål var i første omgang at udvikle et nyt koncept med intelligent dynamisk belysning – baseret på LED – der kan supplere og følge dagslysets rytme og dermed bringe dagslyset ind i bygninger og demonstrere potentialet for energibesparelser ved dette.

I anden omgang ønskede man at undersøge, om konceptet – og de opnåede energibesparelser – gav brugertilfredshed, eftersom brugertilfredshed er en vigtig parameter i markedsværdien for dynamisk belysning. Ved at benytte LED teknologiens høje energieffektivitet og store fleksibilitet ønskede man at realisere et farveblandingsystem baseret på både hvide LEDer med forskellige farvetoner blandet med LEDer af de rene farver. Igennem styring af de enkelte LED farver er det muligt at styre farvesammensætningen af lyset og dynamisk ændre det i farvetemperatur og styrke (ligesom dagslys) – egenskaber, som påvirker menneskers døgnrytme, hormonproduktion, aktivitet og velvære.

## MÅLGRUPPE:

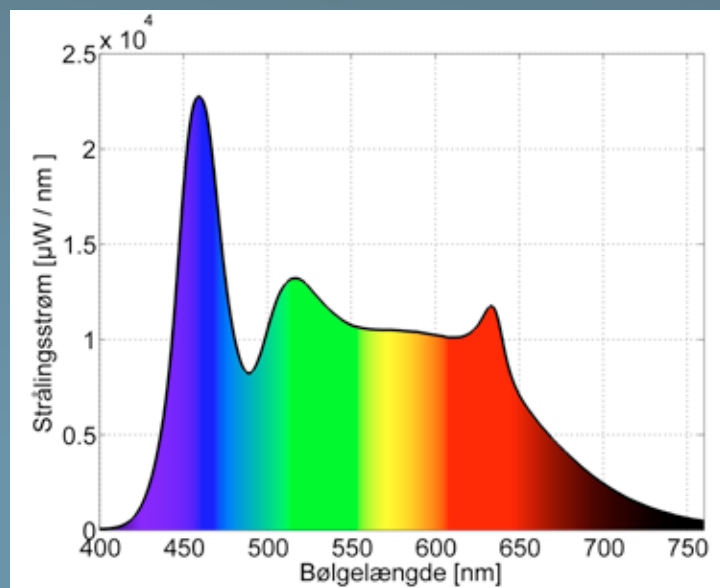
Hensigten med resultaterne er at hjælpe såvel belysningsproducenter som rådgivere i at træffe bedre valg i forbindelse med implementering af dynamiske belysningsystemer i kontormiljøer. Projektet bidrager til at højne det generelle vidensniveau i forhold til anvendelse af de nye muligheder, LED teknologien giver for at frembringe dynamiske lyskilder og benytte disse på en hensigtsmæssig måde for opnåelse af såvel brugertilfredshed som realisering af energibesparelser.

ET NYT FORSKNINGS-  
VÆRKTØJ, I FORM AF ET  
COMPUTER KONTROLLERET  
INTELLIGENT DYNAMISK LED  
BELYSNINGSSYSTEM, TIL  
DEMONSTRATIONS- OG  
FORSKNINGSFORMÅL  
ER UDVIKLET



Farvesammensætningen af lyset fra det intelligente dynamiske belysnings-system kan programmeres til ønskede egenskaber. Til brugertestene er systemet programmeret til at gå fra 2700 K, varmt hvidt lys fra glødepærer...

– til 6500 K, koldt hvidt lys svarende til dagslys.



## PROCESSEN:

Hoveddelene i projektet har været:

- Design af intelligent dynamisk belysnings-system til demonstrationsforsøg
- Udvikling og karakterisering af styrbare LED lyskilder/lamper og kalibrering af farvesensorsystem
- Design, programmering og optimering af styringsstrategi til demonstrationssystem
- Opbygning og lystekniske tests af demonstrationssystem i SBI's dagslyslaboratorium
- Udførelse af brugertest i SBI's dagslyslaboratorium
- Analyse og publicering af brugertest

DTU Fotonik var projektleder og stod for opbygning, programmering og test af LED system, mens SBI bidrog med deres dagslyslaboratorium og kompetencer inden for belysning, brugertest, design, scenarier og forskningsundersøgelser af menneskers præferencer.

Rambøll Danmark og Philips Lighting deltog i design og dimensioneringsfasen af projektet, mens Energirådgiveren tog sig af de energimæssige betragtninger.

## RESULTATER:

Hovedresultatet af projektet er opbygningen af det nye intelligente og dynamiske LED belysningsystem til demonstrations- og forskningsformål. Endvidere er en række omfattende brugertest gennemført, analyseret og publiceret ved CIE's 100 års jubilæums konference "Towards a new century of Light" i Paris i april, 2013.

LED belysningsystemet er et fuldt system til kontorbelysning med loftsarmaturer og arbejdslamper, hvilket har gjort det muligt at skabe generel belysning og arbejdsplads belysning i to kontorer med hver to arbejdspladser. Systemet er installeret i SBI's daglys-laboratorium.

Det nye intelligente og dynamiske belysnings-system er baseret på farveblandings LED

teknologi og gør det muligt at styre lysets farvesammensætning, farvekoordinater og dermed den korrelerede farvetemperatur af lyset. Styringsmæssigt er systemet forprogrammeret til at kunne producere hvidt lys med en korreleret farvetemperatur fra 2700 K til 7000 K. Farvesammensætningen er optimeret ud fra ønske om en meget god farvegengivelse givet ved et generelt Ra-indeks på 92-97 over hele området.

Et mini-spektrometer er kalibreret og indbygget i systemet og leverer løbende estimat af dagslysets lysstyrke og farvetemperatur, igennem måling af dagslysets farvesammensætning i det synlige område. Systemet benytter dagslysets egenskaber til at styre lyset fra LED belysningsystemet. Resultatet af brugertestene viser, at den udviklede mu-

lighed for automatisk regulering af lyset på arbejdsområdet efter dagslysets farvetemperatur er lige så foretrukket og medfører lige så tilfredse brugere som et traditionelt lysanlæg med jævn belysning i rummet.

Et konkret resultat fra brugerundersøgelsen er at tilfredsheden ved arbejde i lav generel belysning og med en styrbar bordlampe (Koncept B og C) er helt på højde med at arbejde i et højt generelt lysniveau (koncept A). I dette tilfælde har man altså kunne sænke det generelle lysniveau med 50 % uden at det er gået ud over tilfredsheden. Energibesparelsen vil i dette tilfælde relativt nemt kunne nærme sig de 50 %, idet andelen af energi brugt på generel belysning langt overstiger energi mængden brugt på dedikeret arbejdslys.

*De fire belysningskoncepter der er afprøvet i brugertestene, A-D, med specifikation af korreleret farvetemperatur (CCT) og belysningsstyrke for hhv. lofts og arbejdspladsbelysning. I koncept B og C er belysningsstyrken fra loftlyset halveret i forhold til koncept A, men her kan brugeren selv kontrollere arbejdslysets belysningsstyrke og farvetemperatur.*

KONCEPT	A	B	C	D
Loftlys, CCT [K]	3494±7	3491±17	3491±17	3491±17
Loftlys, belysningsstyrke [lx]	351±20	177±10	177±10	177±10
Arbejdslys, CCT [K]	-	2698 ± 56	Bruger kontrolleret	Dagslys*
Arbejdslys, belysningsstyrke [lx]	-	Bruger kontrolleret	300	388±77

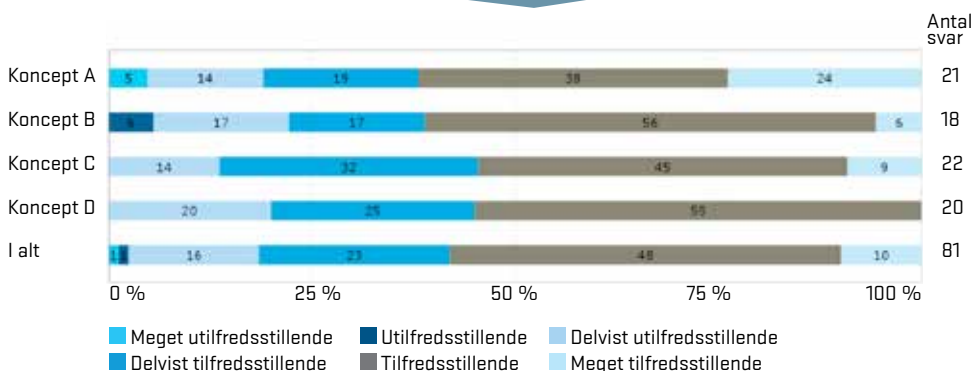
*\*) Farvetemperaturen der er blevet beregnet ud fra det målte dagslys er anvendt i scenarie D.*

## EFFEKT:

Mange nye dynamiske belysningsystemer baseret på LED teknologi er på vej på markedet med anvendelsesområder som f.eks. kontor-, hospitals- og skolebelysning. Og med den generelle udvikling inden for LEDers effektivitet vil systemer med LED kunne føre til store energibesparelser, ikke kun som følge af øget effektivitet i lysudsendelse pr. Watt, men også i øget intelligens og styring af lyset og dermed energiforbruget.

Udbredelsen og brugertilfredsheden af disse belysningsystemer vil kunne øges, hvis der kommer flere videnskabelige svar på de mange spørgsmål, der er til sådanne systemers egenskaber, virkemåde og bruger-accept. Så projekter som nærværende er netop afgørende for at sikre den gode brugeroplevelse, de nye systemer giver mulighed for, da denne er afgørende for at systemerne bliver implementeret og energibesparelserne en realitet. Projektets dybdegående brugerundersøgelse baseret på hele 81 forsøgspersoner indikerer, at man kan optimere energiforbruget i kontoromgivelser ved at placere lyset på arbejdsområdet og reducere belysningen i resten af rummet.

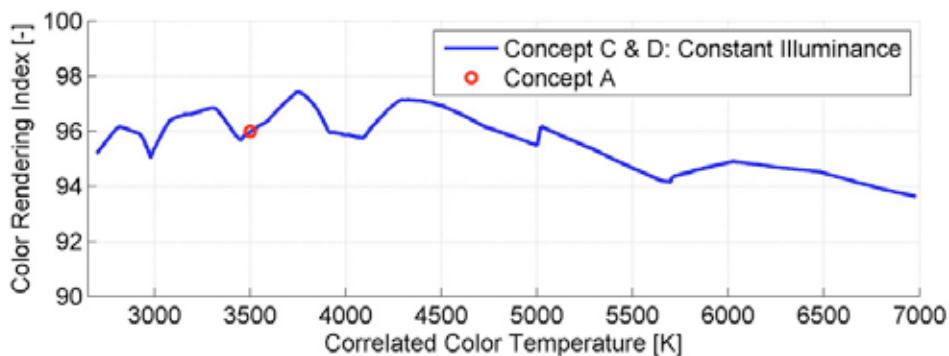
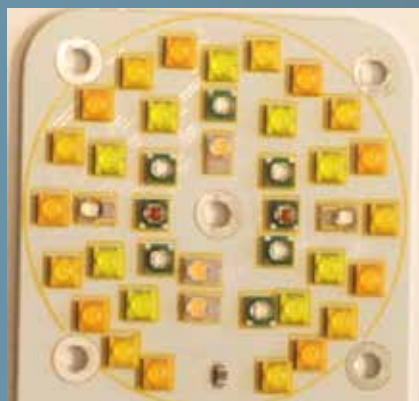
**DER ER BÅDE STØRRE ENERGIBESPARELSE - I UNDER-SØGELSEN OP TIL 50 % - OG STØRRE BRUGERTILFREDSHED AT HENTE VED AT GIVE BRUGERNE MULIGHED FOR SELV AT JUSTERE LYSNIVEAU ELLER FARVETEMPERATUR PÅ DERES ARBEJDSPLADSBELYSNING OG REDUCERE ALMENBELYSNINGEN**



*Tabellen her viser forsøgspersonernes tilfredshed med lysniveauet under de forskellige belysningskoncepter. Dette viser at lysniveauet kan reduceres, fra 351 lux (A) til 177 lux (B,C, D) uden at gå på kompromis med disse brugeres oplevelse og vurdering af lysniveauet i rummet. Det er således muligt at opnå store energibesparelser.*

Arbejds- og loftlamper er baseret på denne LED enhed bestående af hvide og farvede LEDer.

Grafen viser farvegengivelsen af lyset fra belysningsystemet givet ved Ra-indekset som funktion af farvetemperaturen



## HVORDAN PROJEKT-RESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

### Projektledeelse:

Carsten Dam-Hansen  
DTU - Fotonik  
Frederiksborgvej 399  
4000 Roskilde

E-mail: cadh@fotonik.dtu.dk  
Telefon: 46 77 45 13  
Web: www.fotonik.dtu.dk

### Projekt:

Titel: Kombineret dagslys og intelligent LED belysning - få dagslys ind i bygningerne  
Nr. 342-044 og 344-007  
PSO Program 2010 og 2012  
Budget: 2.735.926 kr., hvoraf 1.816.924 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.01.2010-01.04.2013

### Program-koordinator:

Forskningskoordinator  
Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi

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

Med projektet er der udviklet et nyt forskningsværktøj, i form af et intelligent dynamisk LED belysningsystem, til demonstrationsformål og til forskningsundersøgelser af brugerpræferencer med hensyn til belysning i f.eks. kontorer - enten kun som kunstig belysning eller i samspil med dagslys.

LED belysningsystemet giver mulighed for en lang række nye undersøgelser, hvor nye scenarier kan afprøves i forhold til brugere. Her diskuteres det blandt andet, hvorvidt folk foretrækker lys, der har farvekoordinater på hulumstråler kurven, eller om folk foretrækker

lys med et lidt rødt skær. Med dette system er det netop muligt at styre farvekoordinaterne af lyset og ikke bare farvetemperaturen.

Man kan således lade brugere vurdere belysning med fast farvetemperatur, men med mere eller mindre rødt eller grønligt skær, den såkaldte kromatiske afstand. Amerikanske undersøgelser peger på, at ved varmt hvidt lys, foretrækker folk lys, der har et rødt skær. Med LED belysningsystemet er der skabt en mulighed for at generere nye resultater inden for belysningsforskning og mulighed for øget samarbejde med andre forskningsinstitutioner.



Ny arbejdslampe der indgår i det intelligente dynamiske belysnings-system. Lampen er med computer eller manuel styring af lysets styrke og farvetemperatur. Indgår i bruger-test som arbejdspladsbelysning.