

BELYSNING

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



Projekt 343-036

Hybrid belysning på skolebænken

Nye, hybride lyssystemer tåler sammenligning med de eksisterende lyskilder og rummer store muligheder for lavere elforbrug.

MÅLSÆTNING:

I dag er indendørs- og udendørsbelysning ansvarlig for omkring 20 % af det samlede elforbrug i verden og dermed også for udledning af store mængder drivhusgasser. Der er altså et stort potentiale for både at energioptimere, opnå økonomiske besparelser og samtidigt skåne miljøet.

Fremover skal en lang række konventionelle lyskilder derfor udskiftes, og der skal findes de

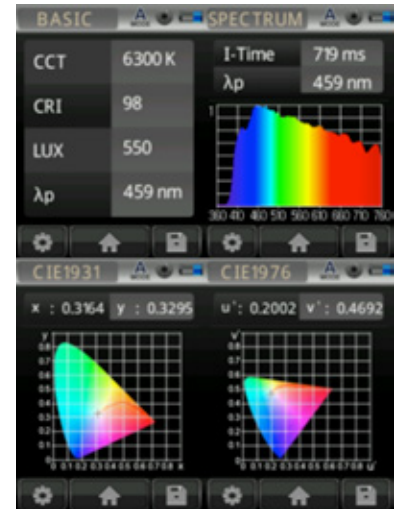
bedst mulige erstatninger. LED giver energibesparelser og nye muligheder, men har ikke altid det gode lysspektrum, som glødepæren har. Dette projekt vil undersøge mulighederne for at udnytte sollys i forskellige kombinationer med LED til såkaldt hybride belysnings-systemer. Projektgruppen er ledet af DTU Fotonik, og består desuden af RUC, Stevns Kommune, Design Skolen i Kolding samt Ibsen El.

MÅLGRUPPE:

Målgruppen for energioptimeret belysning er bred og potentielt meget stor. Udover de mange personer der er tilknyttet de nævnte anvendelsessteder vil energirådgivere, ingeniører og andre relevante rådgivere for disse aktører derfor på sigt have interesse i denne nye form for energioptimeret belysning. Dog vil investeringen de første mange år være for stor til, at private en-familiehuse kan være med.



I et gangareal hvor eleverne opholder sig i frikvarteret på Hotherskolen er implementeret hybrid lysskakt med LED belysning.



Karakterisering af dagslyset målt i gangarealet. Det ses at farvetemperaturen er 6300 K og Ra-værdien er 98.

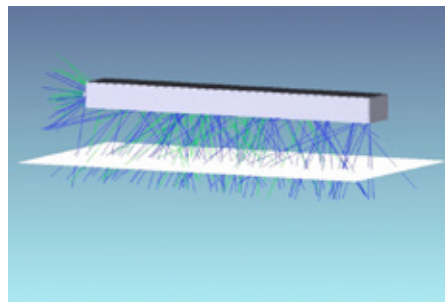
PROCESSEN:

Mellem marts 2011 og juli 2013 har Hotherskolen i Hårlev på Stevns dannet rammen for forsøget. Oprindeligt skulle projektet kun undersøge hybrid fiberbelysning, men projektgruppen besluttede tidligt at gøre hele skolen til et showroom for hybridbelysning. Derfor blev der udviklet og installeret tre hybride belysnings-systemer:

- Hybrid lysskakt med LED i et gangareal på skolen
- LED med solcellebatteri (på taget) i et klasselokale
- Fiberbelysning hvor sollys igennem tynde optiske fibre kobles ind i skolen lokaler

De hybride lyssystemer blev sammenlignet med energieffektiviteten for energisparepærer. Desuden blev der gennemført brugerundersøgelser blandt eleverne om deres oplevelse af lyskvaliteten.

Belysnings-systemerne er udviklet af DTU Fotonik og RUC, mens LED armaturerne – Stevns Armaturet – er udviklet af Kent Laursen fra Kolding Designskole. Desuden har Ibsen El stået for den praktiske opsætning. Endvidere har Stevns Kommune, RUC og DTU Fotonik indgået en partneraftale om at nedsætte energiforbruget til belysning i kommunen.



3D tegning af lysberegning på lysblandingsklods, der viser, hvordan lysstråler fra fiberbundet (blå) og lysstråler fra LED (grøn) kobles ind i endefluden til venstre og kobles ud nedadrettet fra undersiden af klodsen.



Lysfordeling af blandet fiberlys og rødt LED lys 50 cm fra armaturet.



Foto af fiberlys koblet ud af lysblandingsklodsen. Hvide LED'er i hybridarmaturet er ikke tændt.



Foto af fiberlys koblet ud af lysblandingsklodsen, hvor de hvide LED'er i hybridarmaturet er tændt.

RESULTATER:

Projektgruppen har udviklet en ny type af energibesparende lyssystemer, hvor man udnytter en kombination af dagslys og LED. Disse hybride systemer giver endnu større elbesparelser end LED teknologien alene, og systemerne kan udnytte dagslysets høje lyskvalitet. Desuden har projektet undersøgt de forskellige lyskilders egenskaber og effektivitet.

Undersøgelsen viste, at LED i dag er den billigste belysningsform med 22,4 kr. pr. Mlmh og herefter følger lysstofrør med 23,4 kr. pr. Mlmh – udgiften på 23,4 kr pr. Mlmh vil være højere, hvis der er tale om en energisparepære der har en levetid på 10.000 timer i stedet for de angivne 25.000 timer for lysstofrøret.

Kigger man på de nye, hybride belysnings-systemer, falder det først og fremmest i øjnene, hvor lille forbruget til elektricitet er. Her er det primært udgiften til lyskilden, der tynger. Den hybride lysskakt giver den billigste belysning med 36,1 kr pr. Mlmh. LED med solceller koster 40 kr. pr. Mlmh, mens hybrid fiberbelysningssystemet er helt oppe i 283,6 kr. pr. Mlmh, fordi fiberbelysningssystemer i dag er dyre. Systemerne har dog et større elbesparelspotentiale end de mest effektive belysningsteknologier, som i dag benyttes til indendørsbelysning.

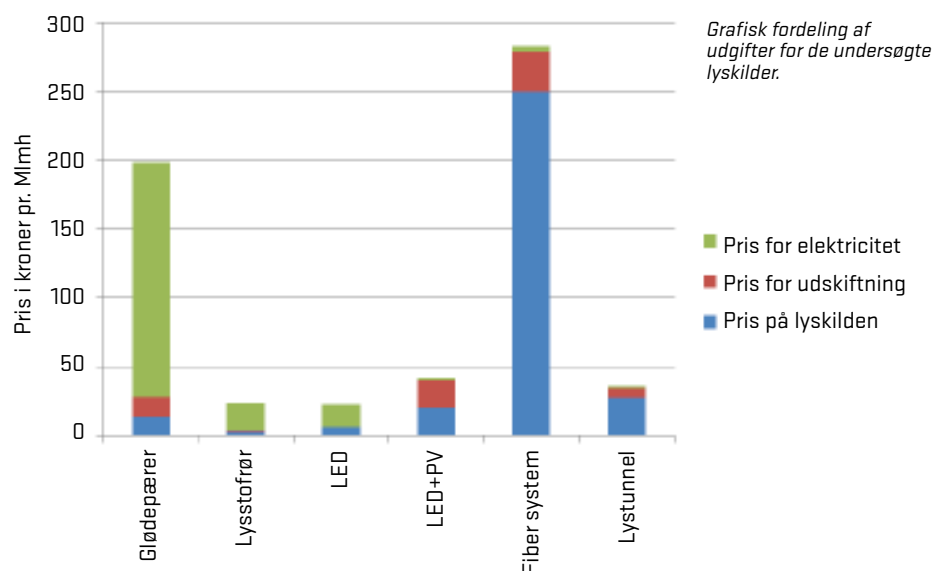
Endvidere er lyskvaliteten blevet undersøgt, og det viste sig, at sollyset, der bliver transmitteret gennem fiberbunderne, er grønligt hvidt. Til at kompensere for det røde lys, der går tabt i fibrene, har DTU Fotonik designet og udviklet et optisk blandingsystem, så lyset blandes med en rød LED. Dette giver en langt bedre lyskvalitet, karakteriseret ved en korreleret farvetemperatur på ca. 3500 K og en Ra-værdi på omkring 90.

Tabellen viser omkostningerne for udsendelse af en mega-lumen time for glødepære, lysstofrør, LED, LED med solceller og batteri back-up, fiberbelysning og lysskakt fra Velux.

De indsatte værdier er estimater, der kan ændres, men de giver et forholdsvist retvisende billede af udgiftsfordelingen til indkøb, vedligeholdelse og drift.

Udgifter per mega-lumen time	Glødepære	Lysstofrør (15 W)	LED (15 W)	LED med solceller og batteri back-up	Fiber system	Lysskakt fra Velux
Pris på lyskilde	10 kr.	50 kr.	200 kr.	400 kr.	25.000 kr.	4.000 kr.
Luminous flux	700 lm	700 lm	700 lm	400 lm	2.000 lm	2.900 lm
Lyskildens levetid	1.000 h	25.000 h	50.000 h	50.000 h	50.000 h	50.000 h
Wattforbrug	60 W	15 W	5 W	-	5 W	-
Omkostninger for lyskilden	14 kr./Mlmh	2,8 kr./Mlmh	5,7 kr./Mlmh	20 kr./Mlmh	250 kr./Mlmh	27,3kr./Mlmh
Udgifter til udskiftning/vedligehold	14 kr./Mlmh	0,64 kr./Mlmh	0,03 kr./Mlmh	20 kr./Mlmh	28,6 kr./Mlmh	6,8 kr./Mlmh
El-udgifter	171 kr./Mlmh	20 kr./Mlmh	16,7 kr./Mlmh	2 kr./Mlmh	5 kr./Mlmh	2 kr./Mlmh
Totale udgifter per mega-lumen time (Mlmh)	199 kr./Mlmh.	23,4 kr./Mlmh.	22,4 kr./Mlmh	42 kr./Mlmh	283,6 kr./Mlmh	36,1kr./Mlmh

Parameterværdier for de forskellige lysteknologier og de beregnede omkostninger for disse. Der er regnet med en forholdsvist høj levetid på 25.000 timer for lysstofrør. For energisparepærer er den typisk 10.000 timer.



SKOLER, KONTORER OG BOLIGER BRUGER I DAG 20 TIL 50 % AF DERES SAMLEDE ENERGIFORBRUG TIL BELYSNING. DER ER DERFOR ET STORT POTENTIALE FOR ENERGIBESPARELSER OG MILJØHENSYN I AT UDVIKLE ENERGIEFFEKTIVE LØSNINGER INDEN FOR BELYSNING MED LED.

EFFEKT:

Projektet har allerede haft den umiddelbare positive effekt, at Stevns Kommune har igangsat et energibesparende belysningsprojekt på Store Heddinge Skole, med afsæt i den indsamlede viden og erfaring fra Hotherskolen. I et større perspektiv er der som nævnt et stort elbesparelspotentiale inden for belysning, og i disse år bliver der gjort store fremskridt. Projektet her har vist, at man kan skabe et belys-

ningssystem, der både leverer den belysning, som brugerne er vant til, og kan spare på energien og derved på CO₂-belastningen. Som en ekstra bonus kan systemet levere en høj belysningskvalitet. Der er dog stadig en række problemstillinger, som skal løses, før teknologien kan udvikles til et konkurrencedygtigt, kommercielt produkt, der kan betyde samfundsøkonomiske besparelser.

Det væsentlige problem med fx det fiberop-tiske system er, at det i dag koster omkring 25.000 kr. i indkøb. Udgifterne til elektricitet er dog klart i de hybride belysningssystemers favør, hvis man fokuserer på et lavt elektricitetsforbrug. Hvis de nævnte lyssystemer kan blive prisbillige, kan det ikke udelukkes, at de i fremtiden kan få plads på markedet.



Eleverne på Hotherskolen var meget begejstrede for de nye hybride lysystemer, som er opsat på skolen.

Projektledelse:

Paul Michael Petersen
DTU Fotonik
Frederiksborgvej 399
4000 Roskilde

E-mail: pape@fotonik.dtu.dk
Telefon: 46 77 46 77
Web: www.fotonik.dtu.dk

Projekt:

Titel: Hybrid belysning på skolebænken
Nr. 343-036
PSO Program 2011
Budget i alt: 2.043.200 kr. hvoraf
1.302.400 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2011-31.03.2014

Program-kordinator:

Forskningskordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C

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

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Udviklingen af fremtidens lys er generelt kendetegnet ved energieffektivitet, høj designkvalitet, funktionalitet og brugervenlighed. Projektresultaterne viser, at der er et stort potentiale inden for hybride lysystemer som fremtidens lys, men at prisen for de eksisterende systemer er for høj, så langtids-

omkostningerne for disse lysystemer er højere for forbrugeren, end for lysystemer som udelukkende benytter LED. Derfor skal projektets resultater, lige som de fleste øvrige tiltag inden for belysning, fremover optimeres yderligere for at få større praktisk betydning.

DE HYBRIDE FIBERSYSTEMER HAR ET STØRRE ELBESPARELSESPOTENTIALE END DE MEST EFFEKTIVE BELYSNINGSTEKNOLOGIER, MAN KENDER INDEN FOR INDENDØRSBELYSNING. PRISEN PÅ UDSTYRET SKAL DOG NED FOR AT KUNNE UDGØRE ET KONKURRENCEDYGTIGT, KOMMERCIELT ALTERNATIV.



Fra højre: Daværende Klima-, energi- og bygningsminister Martin Lidegaard, borgmester Poul Arne Nielsen, Stevns Kommune og professor Paul Michael Petersen fra DTU Fotonik.