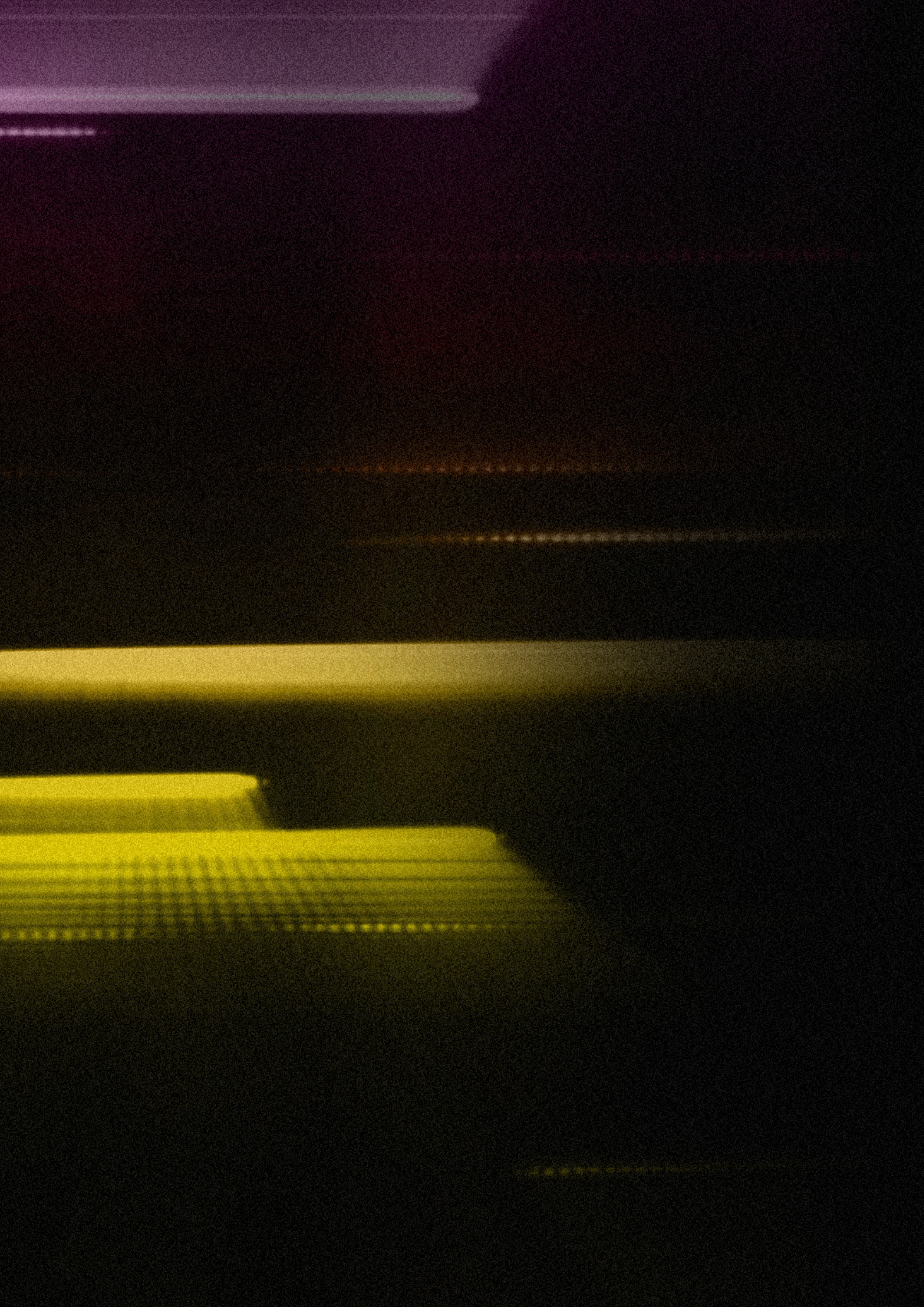


Lighting Metropolis

Resultater og erfaringer fra tre års arbejde
med energieffektiv belysning



Indholdsfortegnelse

VELKOMMEN TIL LIGHTING METROPOLIS / 4

RESULTATER / 6

PARTNERCASES / 8

#1 LYS OG LÆRING / 10

#2 LYS FOR SUNDHED OG TRIVSEL / 16

#3 LYS, MØRKE OG MILJØ / 22

#4 STRATEGIER FOR BÆREDYGTIG VEJ- OG STIBELYSNING / 26

#5 LYS OG BEVÆGELSE / 32

LED-TEKNOLOGI ER FREMTIDEN OG DEN ER HER ALLEREDE / 38

LYS ER IKKE LÆNGERE BARE LYS - DEN SMARTE AGENDA / 40

START-UP-COMMUNITY GIVER INDBLIK I
DEN OFFENTLIGE EFTERSPØRGSEL / 42

LIGHTING METROPOLIS SIGER TAK FOR DENNE GANG / 45

VEJLEDNINGER / 46

BEGREBSLISTE / 47

VELKOMMEN TIL LIGHTING METROPOLIS

Lighting Metropolis sætter Greater Copenhagen i centrum, som stedet hvor regioner, kommuner, private virksomheder og vidensinstitutioner samarbejder om at udvikle og demonstrere innovativ og energieffektiv belysning. Det er stedet, hvor den nyeste viden og teknologi kommer ud og leve og stå sin prøve i den virkelige verden. Fællesskabets partnere er med til at styrke den vigtige rolle, som belysningen kan spille for at understøtte sikkerhed, tilgængelighed, identitet, sundhed og bæredygtighed.

Lighting Metropolis er et samlingssted for alle der beskæftiger sig med og interesserer sig for belysning, dets muligheder og dets udfordringer.





LIGHTING METROPOLIS – GREEN ECONOMY

Lavere energiforbrug er et centralt element i den grønne omstilling. Belysning står for op mod 30% af energiforbruget i den offentlige sektor og besparelspotentialet ved fornyelse af belysningen er stort.

I projektet Lighting Metropolis – Green Economy har partnerne arbejdet for at accelerere omstillingen til energieffektiv LED belysning både inde og ude. Det har resulteret i massive energibesparelser og højnet belysningens kvalitet markant.

En stor del af belysningen i kommuner og regioner har været baseret på utidssvarende og energislugende løsninger. Samtidig stiger kravene til hvor meget kunstigt lys vi har behov for i bygninger og på veje og stier. LED-teknologi gør det muligt både at leve op til kravene, mindske energiforbruget og øge kvaliteten.

På de følgende sider kan du læse om projektets resultater og få indblik i nogle af de fornyelsesprojekter partnerne har gennemført. Vi håber det vil inspirere flere til at dykke ned i potentialerne for at implementere energieffektiv kvalitetsbelysning.

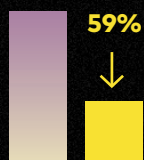
Energibesparelser hos projektpartnerne

Der er store energibesparelser at hente i udskiftning til moderne LED-teknologi. I gennemsnit har partnerne skåret 61% af energiforbruget for de gennemførte projekter.

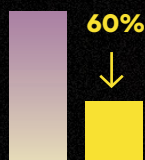
■ Forbrug før
■ Forbrug efter



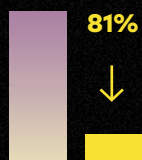
Albertslund



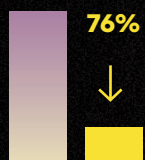
Ballerup



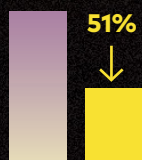
Bjv



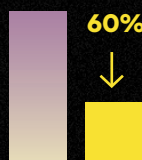
Egedal



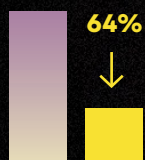
Faxe



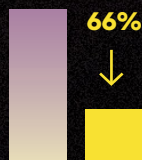
Gladsaxe



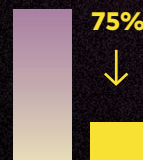
Kalundborg



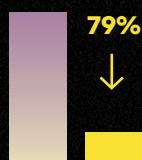
Klippan



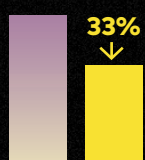
Kristianstad



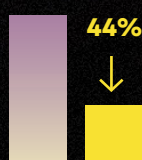
Lolland



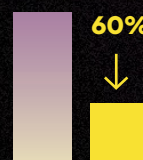
Lund



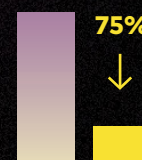
Region Skåne



Roskilde



Trelleborg



RESULTATER

Projektets overordnede mål har været at mindske energiforbruget fra belysning i offentligt ejede bygninger og på offentlige veje og pladser. De 13 partnerkommuner og den ene partnerregion har tilsammen sparet 7.245.300 kWh/år ved at modernisere belysningen både inde og ude. Det svarer til elforbruget i 1.800 husstande.

61%

er den gennemsnitlige energibesparelse
i de gennemførte projekter

Gennem projektet har partnerne investeret
i LED belysning der sparer dem for

7.251.446 kWh/år

Hver partner har haft sin tilgang til at opnå energibesparelserne. Fælles for dem alle har været, at prioritere høj kvalitet af belysningen. Vi bruger alle meget tid under påvirkning af den kunstige belysning, og det er vigtigt at den er tilpasset til vores aktiviteter og vores naturlige rytmer.

På de følgende sider fortæller partnerne om deres tilgang til fornyelsen af belysningen, om det de har opnået, og hvilke udfordringer der har været på vejen til en bedre og mere energieffektiv belysning.

PARTNERCASES





#1 LYS OG LÆRING / 10

**#2 LYS FOR SUNDHED
OG TRIVSEL / 16**

#3 LYS, MØRKE OG MILJØ / 22

**#4 STRATEGIER FOR BÆREDYGTIG
VEJ- OG STIBELYSNING / 26**

#5 LYS OG BEVÆGELSE / 32

#

1



LYS OG LÆRING

Rigtig mange af os bruger en betydelig del af vores tid indendørs. Et af de steder hvor særligt børn og unge bruger meget tid, og hvor lysets kvalitet og karakter har en særlig indflydelse, er i skolerne.

Dagslysindfaldet og den kunstige belysning på skolerne er en væsentlig del af indeklimaet og kan have en afgørende betydning for elevernes opmærksomhed og koncentrationsevne. Vi har i dag en stærk forståelse af den effekt, som lys har på vores hjerner, og hvordan lys derigennem påvirker vores opmærksomhed og generelle velbefindende. Netop på uddannelsesstederne er det vigtigt at give elever og studerende det bedst mulige miljø for læring. Derfor skal forståelse af lysets effekt sættes i spil, når belysningen på uddannelsesstederne skal fornyes. På en række skoler i Roskilde Kommune er belysningen blevet moderniseret med nye LED-armaturer, der netop sikrer høj kvalitet i belysningen til enhver tid. Aalborg Universitet har evalueret lyset på nogle af skolerne i kommunen, og deres resultater underbygger vigtigheden af lysets kvalitet og potentialet i LED-belysning som løsning (s. 12-13).

Skolerne skal i dag kunne rumme mange forskellige typer af aktiviteter. Det skal de fordi, at vi i højere grad skal tænke multifunktionalitet ind i vores bygninger for at spare på knappe ressourcer og effektivisere arealanvendelse. Samtidigt er det i lige så høj grad også for at kunne tilbyde fleksible læringsmiljøer, der både kan invitere til individuel koncentration og til sociale aktiviteter. Begge dele kan være en del af et godt læringsforløb. Styringssystemer med prædefinerede scenarier og mulighed for manuel styring giver lærerne nye værktøjer til at skabe det rette miljø til forskellige aktiviteter. På flere skoler i Ballerup Kommune er der arbejdet med at finde frem til de bedste løsninger for styresystemerne, der gør det enkelt for lærerne at anvende dem, som et pædagogisk værktøj i hverdagen (s. 14).

På mange af de ældre skoler er der lavthængende frugter at høste i form af udskiftning til LED belysning og de markante energibesparelser det kan medføre. Der er altså også et stort potentiale for at højne kvaliteten af belysningen gennem lysets tekniske egenskaber og ikke mindst styringssystemer, hvor lyset kan blive et aktivt element i læringsmiljøet. I Egedal Kommune har man fundet frem til en effektiv proces til at forbedre lyset i kommunens skoler. Når der skal bygges og moderniseres mange bygninger og klasselokaler bidrager gentagelseeffekten til en simpel proces, som kan give besparelser og energieffektivitet over hele linien (s. 11)

ERFARINGER FORANKRES I STRATEGISK BYGGEPARTNERSKAB

EGEDAL KOMMUNE

Egedal Kommune er i gang med en gennemgribende renovering af deres folkeskoler. Renoveringen skal give elever, lærere og pædagoger de bedste rammer for udvikling. Et godt indeklima er essentielt for at skabe disse rammer, herunder også belysning.

For at skabe en så smidig proces som muligt for det omfattende byggearbejde, har kommunen indgået et strategisk byggepartnerskab. Det betyder at det er det samme hold af entreprenører, ingeniører energirådgivere og arkitekter, der står for projekterne på alle de skoler, der indgår i projektet. På den måde forankres læring og erfaringerne fra hvert projekt i partnerskabet, som kommer de andre projekter til gode, så der kan spares tid og ressourcer i processen.

Under det strategiske partnerskab skal der udføres udbygnings- og renoveringsopgaver på en række skoler i kommunen. En af dem er Søhøjskolen i Ølstykke. Her har der været fokus på kvalitetsbelysning, herunder

en jævn fordeling af belysningen i lokalerne, hvilket skal give alle kvadratmeter optimal anvendelighed. Høj kvalitet sikres blandt andet gennem støtte fra Lighting Metropolis' vejledning og anbefalinger til kravspecifikationer for lys i skoler. Belysningen bliver kvalitetstestet af DTU's lyslaboratorium på Risø Campus. Det giver sikkerhed for at armaturer og lysforhold er af højeste kvalitet og dermed kan anvendes i partnerskabets andre projekter.

Principperne for arbejdet med modernisering af Søhøjskolen, bliver udgangspunktet for de andre skoler der indgår i partnerskabets planer. Det er et godt eksempel på den gentagelseeffekt, som gør det strategiske partnerskab så værdifuldt. Netop gentagelseeffekten, altså den videns- og erfaringsopbygning der sker fra projekt til projekt, kan være med til at højne kvaliteten både i forhold til arkitektonisk kvalitet af læringsmiljøerne og i høj grad også på kvaliteten af de tekniske egenskaber for belysning og andre elementer i skolernes indeklima.



Energibesparelse:

14.964 kWh/år
(76%)



Projekt:

Modernisering af belysning i forbindelse med renovering og udbygning af tre skoler



Investeringssum:

307.000 EUR



FLEKSIBEL BELYSNING AF HØJESTE KVALITET

ROSKILDE KOMMUNE

Det har været kendt længe, at lys kan påvirke menneskers koncentrationsevne og generelle trivsel. Koldt lys med høj intensitet øger evnen til at koncentrere sig, hvor varmt afdæmpet belysning skaber et rum der inviterer mere til sociale aktiviteter.

I Roskilde Kommune har det været af højeste prioritet, at skabe den bedste belysning for eleverne i en række folkeskoler. Derfor er der i alle undervisningslokalerne installeret belysning med tunable white. Det giver mulighed for at tilpasse lyset til de aktiviteter, der foregår i rummet. På de opsatte styringspaneler kan lærerne indstille lyset manuelt eller vælge mellem prædefinerede scenarier. Netop muligheden for at justere på lysets intensitet og farvetemperatur giver rummene en fleksibilitet, da kvaliteten af lysmiljøet er i top, selv for forskelligartede aktiviteter. I klasselokalerne kan farvetemperaturen justeres i intervallet 2700-6000 Kelvin. Lærerne på skolen har taget godt imod det nye lys og de muligheder det giver for individuel tilpasning.

”

Det vigtigste har været at skabe en belysning af så høj kvalitet som muligt, også selv om det kan koste en lille del af energibesparelsen. Den nye belysning optimerer forholdene og giver et lysmiljø, som understøtter børnene i deres aktiviteter i skolen

*Hanne Martinsen,
Roskilde Kommune*



Energibesparelse:
303.522 kWh/år (60%)



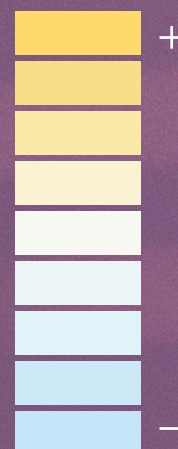
Projekt:
fornylelse af al belysning
på syv folkeskoler



Investeringssum:
3.250.000 EUR

HVAD ER TUNABLE WHITE?

I armaturer med tunable white kan man justere på både intensitet og farvetemperatur. I et LED-armatur med tunable white sidder en blanding af dioder, som giver henholdsvis varmt eller koldt lys. Muligheden for at justere de forskellige dioder op og ned, giver muligheden for at indstille lyset med den ønskede farvetemperatur. Funktionen kan koste lidt på energieffektiviteten, da energiforbruget til elektronikken i driveren er lidt større. Til gengæld sikrer det lys af højeste kvalitet til enhver tid.



AALBORG UNIVERSITET EVALUERER LYSFORHOLDENE PÅ SKOLERNE I ROSKILDE

Lysforhold på uddannelsesinstitutioner kan være afgørende for elevernes studiemiljø, når det kommer til koncentration ved læsning og opgaverm, samt opmærksomhed i undervisning og gruppearbejde.

Derfor har Aalborg Universitet i København evalueret eksisterende lysforhold på tre skoler i Roskilde Kommune og undersøgt, hvordan lysforholdene kan ændres for at opnå et optimalt indendørs studiemiljø.

De tre involverede skoler er Jyllinge Skole, der er udstyret med både nye og gamle belysningssystemer, Himmelev Skole, der er udstyret med et nyt belysningssystem med forskellige prædefinerede indstillinger (farvetemperatur og intensitet) til forskellige scenarier og Trekronerskolen, der er udstyret med standard LED-belysning.

Ud fra målingerne på de tre skoler med forskellige belysningssystemer, stod vigtigheden af dagslys i klasselokalerne klart. Dertil viste forsøgene, at det er vigtigt at opstille skrivebordene på en sådan måde, at dagslyset kan gavne alle elever i lokalet. Det blev bl.a. tydeligt at gardiner, selv hvis de er trukket fra, mørklægger flere borde, og derfor forhindrer en god

og sund belysning. I lokaler, der ikke er udsat for meget dagslys, vil et passende lysdesign kunne skabe samme muligheder.

Særligt på Jyllinge Skole er det tydeligt, at de gamle belysningssystemer kan hindre eleverne i at opretholde et godt koncentrationsniveau i løbet af dagen, da belysningen virker sløvende. I projekter udført under Lighting Metropolis har der været stort fokus på kvaliteten af belysningsarmaturer herunder særligt at undgå flimmer. I evaluering blev der konstateret flimmer, når armaturerne var meget dæmpet på en af skolerne, som var udført før Lighting Metropolis' kvalitetskrav blev taget i anvendelse. Dette underbygger, at der fremadrettet er behov for at præcisere kvalitetskrav i udbudsmateriale for at opnå det gode lys.

Generelt blev de nyere belysningssystemer, på alle tre skoler, bedømt som gode lyskilder for eleverne. Det giver anledning til, at projektet kan anbefale skolerne at udskifte de ældre systemer og implementere nye, optimale løsninger, hvis der skal stilles et behageligt og sundt miljø til rådighed for elever i alle lokaler.

DYNAMISK BELYSNING MED FOKUS PÅ BRUGERVENLIGHED



BALLERUP KOMMUNE

På blandt andet Skovlunde Skole i Ballerup Kommune har man installeret nyt tunable white belysningsanlæg, som sikrer dynamisk og justerbar belysning. Børnene opholder sig en stor del af deres tid indendørs på skolen. Når de færdes i de karakteristiske 70'er-bygninger med mørke gulve og vægge har belysningen en stor indvirkning på elevernes velbefindende og koncentrationsevne. Hvis den kunstige belysning så vidt muligt efterligner dagslyset ved at justere lyset ud fra tidspunktet på dagen, kan de negative konsekvenser af belysningen minimeres. På Skovlunde Skole valgte man belysning, der som udgangspunkt var automatisk reguleret. Lyset ændrer karakter så det afspejler det naturlige lys' variation over dagen. Således varierer farvetemperaturen automatisk i intervallet 2.700 – 5.500 Kelvin over dagen.

Lyset kan også justeres manuelt efter aktiviteterne i klasselokalerne baseret på prædefinerede scenarier. I Ballerup Kommune har man erfaret, at det er vigtigt at finde den rette balance mellem indstillingsmuligheder og brugervenlighed. Selvom der kan udledes nogle generelle pointer angående lysets påvirkning på elevernes sundhed og adfærd, er vi alle forskellige og kan have for-

skellige præferencer. Styring er lærerens værktøj og de skal have tid til at gøre sig nogle erfaringer med, hvordan lysets forskellige indstillinger fungerer for dem og for deres elever. Og så skal det være nemt at anvende. Det har været vigtigt at styringspanelet blev placeret tæt ved tavlen, så læreren let kan styre lyset, og bruge det aktivt og pædagogisk i undervisningen.



Det skal være nemt og simpelt for lærerne at bruge de muligheder som den justerbare belysning giver. De skal kunne bruge deres energi på børnene og undervisningen, ikke på at indstille avancerede lyssystemer

*Dan Kjærulff,
Ballerup kommune.*



Energibesparelse:
52.400 kWh/år
(67%)



Projekt:
Ny energieffektiv og dynamisk belysning på Skovlunde skole



Investeringssum:
268.000 EUR

HVORDAN SKAL LYSET I SKOLERNE UDFORMES, SÅ ELEVERNE FÅR DET BEDSTE VISUELLE MILJØ?

Af Hillevi Hemphälä, Lektor, Ergonomi och aerosolteknologi, Lunds Universitet
og Johannes Lindén, Forsker, Lunds Universitet

For at personer der opholder sig i skolemiljøer, skal have det godt, skal der være god adgang til dagslys og udsigt. Ud over dette skal indendørsmiljøet suppleres med kunstig belysning. Der er forskellige behov, der skal opfyldes i et klasselokale. Der er fem vigtige faktorer at huske på, når vi skal skabe en god belysningsløsning til et skolemiljø.

● Sørg for den rigtige lysstyrke

Tilstrækkelig belysningsstyrke i folkeskolen er 300 lux på arbejdsfladerne. Der forventes ny standard som kommer til også at indeholde anbefalinger til væg og loft, formentlig 100 lux på væg og 50 lux i loftet. Lyset skal kunne dæmpes, tilpasses forskellige aktiviteter og skal have en jævnhed på 0,6, hvilket betyder, at det ikke må afvige mere end 40 % mellem minimumsværdien og middelværdien i rummet.

● Undgå blænding

Forskelle i lysstyrke i rummet (luminansforhold) bør ikke overstige 20:1, hvilket giver anledning til høj risiko for blænding. Det der er mest relevant at have styr på er, at loftets lysstyrke ikke må være mere end 5 gange mørkere end lysstyrken på armaturet i loftet. Hvis der anvendes forsænkede LED-paneler i loftet, kan dette ikke opfyldes, og der er en høj risiko for blænding. Indbyggede LED-paneler anbefales derfor ikke.

● Tænk på placeringen af armaturerne og armaturtypen

Armaturer i et klasseværelse er ofte langsgående og nedhængte med den korte ende af armaturet mod tavlen. Dette er for at lyset skal komme fra flere retninger på elevernes pladser. Det er vigtigt, at selve lyskilden bliver skærmet af, og at lyskilden er godt dæmpet. Er armaturet nedhængt, kan det give både direkte og indirekte belysning, hvilket er med til at reducere risikoen for blænding.

● Lad farvetemperaturen skifte over dagen

Det er godt, hvis farvetemperaturen kan varieres i løbet af dagen. Farvetemperaturen måles i Kelvin (K) og jo højere værdien er, jo koldere (blåligt) er lyset. Det er godt hvis lyset kan varieres i løbet af dagen med omkring 5000 K om morgenen og 3000K om eftermiddagen/aftenen. Farvegengivelsen skal være så god som muligt - mindst en CRI/Ra på 80, men gerne mere end 90.

● Flimrer

Lyset skal være helt fri for flimrer (temporale lysmodulationer). En almindelig dæmpningsteknik kaldet PWM (pulsbreddemodulation) involverer bevidst at modulere lyset. Dette kan gøres ved forskellige frekvenser. Hvis PWM skal bruges, skal frekvensen være høj nok til at undgå visuel og ikke-visuel flimrer og andre gener. Frekvensen bør være mindst 1200 Hz, men jo højere jo bedre (i dag er det almindeligt med armaturer med PWM-frekvenser på 100-500Hz). Selvom moduleringerne ikke detekteres visuelt, kan de detekteres af hjernen, som så skal filtrere denne stimulus fra, hvilket kan generere hovedpine. Modulationsfri dæmpbare drivere uden PWM er tilgængelige.

#

2

LYS FOR SUNDHED OG TRIVSEL



Lys påvirker vores hjerne og vores krop. Vi er udstyret med et avanceret system af receptorer i øjnene, som sender signaler til resten af kroppen, baseret på karakteren af det lys, som de modtager. På den måde kan lyset, om det er naturligt eller kunstigt, ikke blot sætte en stemning og understøtte specifikke aktiviteter, men også styre vores kropps rytme over døgnet. Det kan dermed påvirke hvornår vi føler os trætte, og sover og hvornår vi føler os friske og klar til at stå op og tage fat på en ny dag, altså vores døgnrytme.

Det er især lysets intensitet, farvetemperatur og farvespektrum, som er afgørende og i særdeleshed ændringen i egenskaberne over døgnet. For eksempel er det naturlige lys om morgenen intenst og relativt kortbølget (koldt). Den slags lys fortæller os, at det er morgen og tid til at tage fat på dagen. Det naturlige lys om aftenen er mere afdæmpet og langbølget (varmt) og det fortæller os at det er tid til at falde til ro. Kroppen danner naturligt melatonin, også kaldet mørkehormon, hen på aftenen. Udsættes man for kraftigt koldt lys om aftenen, danner kroppen ikke melatonin i samme omfang og man kan få svært ved at falde i søvn. Netop kroppens rytme i forhold til søvn er vigtig for vores generelle sundhed og velbefindende.

Der er forsket en del på området de seneste år, og der hersker ingen tvivl om, at lyset påvirker os. Sværere kan det dog være at finde den optimale løsning på udfordringen. Noget tyder dog på, at en justering af den kunstige belysning, så den efterligner lysets naturlige forandring over døgnet, kan være med til at mindske lysets negative påvirkning på døgnrytmen. Netop denne dynamiske og automatiske justering af lyset, også kaldet sundhedslys, er blevet en mulighed med LED-teknologien.

Sundhedslys kan opdeles i to kategorier. Dynamisk belysning og døgnrytmebelysning. Dynamisk belysning har fokus på den perceptuelle oplevelse. Her justeres intensitet og farvetemperatur i takt med dagslysets variation over døgnet. Dette kan også kategoriseres som automatisk styret tunable white. Døgnrytmebelysning påvirker i højere grad menneskers biologiske rytme og der stilles ekstra krav til farvetemperaturens interval og variationen af farvespektret over dagen. På steder hvor der også anvendes belysning om natten bør intervallet for farvetemperatur gå endnu længere ned og inkludere en større del af det røde og varme lys, som påvirker søvnen mindst muligt. Det kan for eksempel være relevant på hospitaler eller plejehjem, hvor der er arbejdende personale og sovende patienter eller beboere om natten. Netop derfor har Klippans Kommune arbejdet på at installere sundhedslys på deres plejehjem, hvor det kan gøre en forskel for de ældre beboere (s. 17). Region Skåne har installeret sundhedslys på hospitalerne, hvor de håber at det også kan gøre en forskel for, især det natarbejdende personale (s. 18). I Lollands Kommune udnytter man teknologiens muligheder til at skabe et beroligende arbejdsmiljø på jobcenteret (s. 20). Fælles for alle er at belysningen også er markant mere energieffektiv, end den forrige, og der kan spares betydeligt på elregningen.

Konceptet bag sundhedslys eller døgnrytmebelysning har mange navne, men kan i grove træk beskrives som lys der understøtter den naturlige døgnrytme, ved at justere dets egenskaber over døgnet. Der kan endnu ikke tales om evidens for at døgnrytmebelysning har markant effekt, men der bliver gjort en del erfaringer på området og meget tyder på at det har en virkning.

BELYSNINGENS SÆRLIGE BETYDNING FOR ÆLDRE BORGERE

KLIPPAN KOMMUNE

Plejhjemmet Åbyhem i Klippan Kommune stod foran en fornyelse af belysningen. I den forbindelse blev kommunen inspireret af et tidligere Lighting Metropolis projekt, hvor en kommune etablerede døgnrytmebelysning på et plejehjem. Teknologien var dengang i sine spæde år, men det er et felt, der har udviklet sig meget og er blevet foldet ud i Lighting Metropolis – Green Economy.

Kommunen besluttede derfor, at døgnrytmebelysning skulle prøves af på Åbyhem, for at se om det kunne have en gavnlig effekt for beboernes trivsel og sundhed. Som partner har Klippan Kommune kunne trække på ekspertviden, som er formidlet gennem Lighting Metropolis. De har kunne hente viden og sparring gennem temadage, samt i dialogen med førende forskere på området og start-up-virksomheder, som har været en del af projektpartnerskabet. Døgnrytmebelysningen på Åbyhem anvendes døgnet rundt og derfor varieres belysningens farvetemperatur i intervallet 1.800 – 6.500 Kelvin. Om natten anvendes således amber light, hvor blått lys filtreres fra, hvilket påvirker både sovende beboeres og arbejdende personales døgnrytme mindst muligt.

Klippan Kommune ser en stor værdi i at kunne optimere forholdene for de ældre på plejehjemmene. Det kan være en sårbar befolkningsgruppe, som i særlig grad kan opleve negative effekter af kunstig belysning. Den døgnrytmestyrede belysning kan mindske de negative effekter og understøtte beboernes naturlige rytme gennem dagen og natten. Kommunen har derfor besluttet at der skal etableres døgnrytmebelysning på alle plejehjem i kommunen, i takt med at belysningen skal fornyes.

Vores krops biologiske rytme er i høj grad styret af det lys vores øjne udsættes for. Det gælder alle aldre, men øjets evne til at opfange det lys, som er med til at styre vores døgnrytme samt produktionen af søvnhormonet melatonin, reduceres i takt med at vi bliver ældre.

Tilmed opholder mange ældre sig en stor del af tiden indendørs og kan få problemer med døgnrytmen. Derfor kan døgnrytmebelysning være særligt relevant for netop denne målgruppe.



Energibesparelse:
30.000 kWh/år (67%)



Projekt:
Fornyelse af al belysningen
med sundhedslys på plejehjemmet Åbyhem



Investeringssum:
269.795 EUR

SUNDHEDSLYS KAN GIVE BEDRE ARBEJDSFORHOLD PÅ SYGEHUSENE I REGION SKÅNE



REGION SKÅNE

På sygehuse er der aktivitet døgnet rundt. Der er altid nogle på arbejde, som tager sig af de indlagte. Når de fleste af os sover, er der sygeplejersker og læger og andet sundhedspersonale på arbejde. Den kunstige belysning på sygehusene påvirker den naturlige døgnrytme. Ikke mindst i aften og nattetimerne, hvor skarpt og kortbølget (koldt) lys, som normalt findes på sygehuset, kan påvirke både patienters, og i høj grad også personalets evne til at opretholde den naturlige døgnrytme, som er så vigtig for vores helbred og trivsel.

På to afdelinger på sygehuset i Helsingborg og på en psykiatrisk afdeling på sygehuset i Malmö har Region Skåne installeret døgnrytmebelysning. Det har de gjort, netop for at mindske den negative påvirkning, som belysningen kan have, særligt for dem som arbejder i de mørke timer. Lyset er således programmeret til at følge dagslyset udenfor. Det betyder at belysningen om morgenen justeres til at have høj intensitet og kold farvetemperatur. Gradvist reduceres den blå del af lysspektret inden det justeres til nattebelysning, som har en markant lavere intensitet og varmere farvetemperatur.

Det er Region Skånes forventning, at døgnrytmebelysningen kan være med til at skabe bedre sundhed blandt især det nattearbejdende personale i form af bedre søvn og bedre energi om dagen. En sygedag for Region Skåne koster 4000-6000 svenske kroner, så der er også økonomisk incitament for at forbedre forholdene for personalet.

Region Skåne har desuden sammen med Lunds Universitet og forskellige leverandører udarbejdet en kravspecifikation for døgnbelysning, som nu anvendes nationalt (ikke kun i sundhedsvæsenet), og som stiller højere krav til lyskvalitet og flimmer (temporale lysmodulationer). Med døgnbelysningen fordobles mængden af lys, imens energimængden halveres. Derudover reduceres driftsomkostningerne og arbejdsmiljøet



Energibesparelse:
71.000 kWh/år (44%)



Projekt:
Etablering af sundhedslys på udvalgte afdelinger på Helsingborg og Malmö sygehus



Investeringssum:
1.400.000 EUR



LUNDS UNIVERSITET FØLGER PROJEKTET TÆT

Projektet med sundhedsbelysning på Helsingborg og Malmö Sygehus følges tæt af førende forskere i synsergonomi på Lunds Universitet. I et forskningsprojekt undersøger de hvordan den nye belysningsteknologi påvirker personalet.

Det overordnede formål er at øge viden om, hvordan døgnrytmebelysning kan påvirke plejepersonalet. Ved døgnrytme belysning forstås belysning, der udover at være beregnet til at kunne se godt, også har til formål at understøtte menneskers døgnrytme, ved at variere i intensitet og farve i løbet af dagen. Hensigten med forskningsprojektet er at undersøge, hvordan et specialdesignet lyssystem med den nyeste lysteknologi påvirker medarbejderne. På den måde vil vi finde ud af, om denne form for belysning kan bidrage til et sundhedsfremmende arbejdsmiljø i sundhedsvæsenet. Denne viden kan så bruges til at optimere belysningen i lignende plejemiljøer og samtidig indgå i grundlaget for nye belysningsvejledninger til plejeafdelinger. Håbet er at være med til at udfylde de videnshuller, der findes omkring hvordan medarbejderne påvirkes af en bestemt dynamisk belysning

PROJEKTET VIL:

- Undersøge hvordan plejepersonalets trivsel, søvn og træthed påvirkes ved overgangen til døgnrytmebelysning i arbejdsmiljøet.
- Foretage risikovurderinger og lysmålinger i de forskellige lyssituationer.
- Undersøge forskellene i plejepersonalets oplevelse af belysningen og deres eventuelle synsergonomiske problemer mellem de forskellige belysningssituationer.
- Undersøge forskelle i søvnvarighed og søvnkvalitet via objektive målinger med aktivitetslogfiler og døgnrytme (måling af melatonin) mellem de forskellige lyssituationer for deltagere med skemaer, der inkluderer nattevagter.

Der er endnu ingen medicinsk evidens for effekterne af døgnrytmebelysning i Region Skåne, men gennem samarbejdet mellem Region Skåne, Lunds Universitet og Arbetsmiljömedicin Syd er målet at opnå dette. Resultaterne af projektet vil blive offentliggjort, så snart de er klar.

JOBCENTER TESTER SUNDHEDSLYS FOR BEDRE ARBEJDSMILJØ



LOLLAND KOMMUNE

Jobcenter Lolland på Campus Nakskov var det første pilotprojekt for etablering af sundhedslys i Lolland Kommune. Jobcenteret blev udvalgt på baggrund af NIRAS' screening af belysningen for 14 bygninger med vurdering af potentialerne for sundhedslys samt tilbagebetalingstider. Der skulle sættes på både kvalitetsbelysning og energibesparelse, og på at arbejdsmiljøet for de ansatte er i højsædet ved design af den nye belysning. Samtidig skulle projektet vise hvad en tidssvarende sundhedsbelysning med tunable white og dagslysstyring kan give af fordele.

Bygningen, hvor jobcenteret ligger, er tidligere uddannelsesinstitution, hvor belysningen var præget af meget gamle T8-rør med flimrer, der var fuldstændig udtjent. Den nye belysning til kontorarbejdspladserne er armaturer monteret i loftet for at give et jævnt lys ned på skrivebordene, uafhængigt af placering af skriveborde og høje rumadskiller skærme, som flyttes rundt i kontorerne med jævne mellemrum. Til møderummene blev der valgt en lidt utraditionel løsning. Her foregår svære samtaler med mange følelser på spil. Derfor var det vigtigt med en belysning, hvor ansigtsudtryk er nemme at af-

læse, og hvor sikkerheden er indtænkt. Det blev til en kombination af rettet lys fra spot på væggene, og rispapirlamper i forskellige farver med sensorstyring og almindelige LED-pærer som lyskilde, som både giver diffust og rettet lys. Drifts- og rengøringspersonale blev taget med på råd, da løsningen kræver hyppigere udskiftning af den billige rispapirskærm og afstøvning med støvkost.

Reaktionerne på den nye installation har været positive, om end det også for nogen kan kræve tilvænning at arbejde i. Både fordi der er markant højere lysniveau og lyset samtidig varierer over dagen. Nogen har oplevet at gener, som for eksempel migræne, er forsvundet. De ansatte har også fået information om fordelene ved den nye belysning og det kan være medvirkende til deres positive indstilling overfor forandringen. Der har i indkøringsperioden både været mulighed for de ansatte selv kan styre lyset, men med opfordring til, at prøve det i et par måneder, uden at ændre på den programmerede døgnrytmestyling. Det giver de bedste forudsætninger for at vurdere sundhedslysets betydning for et godt arbejdsmiljø.



Energibesparelse:

75.296 kWh/år
(86%)



Projekt:

Sundhedslys på Jobcenter Lolland på Campus Nakskov



Investeringssum:

365.300 EUR

ENERGIEFFEKTIV BELYSNING SOM FORBEDRER MENNESKERS SUNDHED

Af Paul Michael Petersen, Professor, Danmarks Tekniske Universitet

Lys er overalt omkring os. Vi kan ikke se lyset, men lyset hjælper os med at se. Lys er fra et basalt synspunkt fundamentalt for menneskers sundhed. At have et sundt liv er afhængigt af lyset i vores omgivelser. Samtidigt kan usundt lys have en stor negativ betydning for mennesker. Lys regulerer vores biologiske processer og vores daglige adfærd. Den menneskelige nethinde består af fem typer fotoreceptorer, der har indflydelse på vores adfærd og sundhed. Alle fem typer fotoreceptorer påvirker cirkadisk signalering og specielt melanopsinreceptoren er vigtig for døgnrytmen. Derfor er det afgørende at vi designer lyset, så menneskers sundhed er optimal. Det rigtige lysspektrum på de rigtige tidspunkter af dagen og natten.

Årsagen til at vi i dag kan installere lys, som kan forbedre vores sundhed er, at LED-belysning de seneste år har gennemgået en fantastisk udvikling, hvor lysudbyttet og de spektrale egenskaber er blevet forbedret år efter år. Sideløbende er der de seneste år kommet betydelig ny viden om LED lysets betydning for menneskers trivsel og sundhed. I Lighting Metropolis Green Economy har vi arbejdet med dynamisk LED belysning med varierende farvetemperatur og lysintensitet. Kombineret med dagslyset, giver denne teknologi meget attraktive muligheder for energibesparelser, samtidig med at der opnås et betydeligt sundhedsløft. Der er implementeret nye lysinstallationer på hospitaler, skoler, sportshaller

og på ældreområdet. Det har givet projektdeltagerne unikke muligheder for at udvikle nye energibesparende belysningskoncepter, der har forbedret både den grønne omstilling og menneskers sundhed.

I Lighting Metropolis Green Economy har vi endvidere arbejdet med en ny beskrivelse af hvorledes lys påvirker vores sundhed. Vi har testet lysinstallationernes påvirkning af vores døgnrytme med et nyt mål melanopic EDI lux. Dette nye mål beskriver responset af de ikke visuelle ganglie fotoreceptorer, og det er indikativt for den fotobiologiske effekt på de eksponerede personers døgnrytmesystem. Begrebet beskriver lysets evne til at påvirke menneskers døgnrytme. En høj melanopisk EDI i løbet af dagen er normalt understøttende for årvågenhed. Ved nattetid er en lav værdi af MELDI fremmende for god søvn.

Slutteligt har vi i arbejdet med evidensbaserede analyser af lysets effekt. Både den evidensbaserede analyse og måling af Melanopic EDI lux er vigtige for at sikre at døgnrytmebelysningen har den ønskede effekt.

Det har været en meget stor glæde at iagttage de mange spændende tiltag som Lighting Metropolis Green Economy har bidraget med inden for området "energieffektiv belysning som forbedrer menneskers sundhed".

#

3



LYS, MØRKE OG MILJØ

I de seneste 100 år er der sket en omfattende udbredelse af kunstigt lys både indendørs og udendørs. Det giver mulighed for øget aktivitet i de mørke timer, tryghed på gaden om aftenen og gør indendørs aktiviteter uafhængige af dagslyset. Med store mængder af lys reduceres mørket, som mange organismer er afhængige af og ressourceforbruget, i form af materialer og energi, stiger. Derfor er det nu nødvendigt at værne om det naturlige mørke, at den kunstige belysning er i god kvalitet og energieffektiv og har så begrænsede miljøpåvirkninger som muligt.

Det stadig større forbrug af kunstig belysning påvirker miljøet. Det gør det i form af energiforbrug, som har været i fokus for Lighting Metropolis - Green Economy. Fra et livscyklusperspektiv er driftsfasens energiforbrug, der hvor den største andel af miljøpåvirkningen ligger. Selvom vi er nået langt med LED teknologien, som sænker energiforbruget i driftsperioden markant, er indsatser i driftsfasen stadig af stor betydning. Regler og normer har øget kravene til den kunstige belysning i takt med at LED teknologien har overtaget på markedet. Mulighederne for at styre og dæmpe belysningen efter behov trækker også i den rigtige retning, specielt for at modvirke tendensen til at forbruge mere lys.

Lysforurening til omgivelserne er et andet miljøproblem. De store mængder lys og dets karakteristika, som om natten forstyrrer det naturlige mørke, har negative konsekvenser for mennesker, dyr og planter. På en mindre strækning i Gladsaxe Kommunes omfattende modernisering af vejbelystningen er lyset af en helt særlig karakter. Det er den netop for så vidt muligt at tage hensyn til den omkringliggende natur og dens beboere (s. 24).

Sidst, men ikke mindst kræver de store mængder af belysning også store mængder materialer, nogle af dem kræver også råstoffer, som er knappe. I Faxe Kommune har de i deres modernisering af vejbelystningen haft fokus på energieffektivitet, men i høj grad også på at minimere forbruget af nye materialer ved fornyelse af belysningen (s. 23).

Fokus på at begrænse miljøpåvirkninger fra kunstig belysning er en forudsætning for den grønne omstilling. LED teknologien har haft væsentlig betydning for energiforbruget, og de mange cases her i kataloget vidner om, at der er store besparelser at hente, også selvom belysningen opgraderes til nuværende krav og standarder. Cirkulær økonomi er i fremdrift og der arbejdes med nye modeller for design, materialer, reparation og genbrug i branchen. Samtidig forskes der en del i hvordan lysets farve og andre egenskaber kan tilpasses til at forstyrre naturen mindst muligt.

NYT LYS I GAMLE LAMPER

FAXE KOMMUNE

I Faxe Kommune er al gadebelysning på offentlig vej blevet udskiftet til LED. Kommunen har valgt en retrofit løsning, der minimerer ressourceforbruget til ny belysning. Derved kan kommunen levere moderne belysning med færre nye materialer og få økonomiske midler.

Klassiske armaturer, Icon fra Louis Poulsen og København fra Philips, udgjorde en stor del af gadebelysningen i kommunen. Da kommunen skulle inspicere den gamle gadebelysning med henblik på at lægge en plan for et moderniseringsprojekt, viste det sig efter en rengøring, at armaturerne var i god stand, mens selve lyskilderne var forældet. Producenterne har udviklet de nødvendige komponenter til at montere i de eksisterende lamper. Derfor kan optik, driver og LED panel skiftes, mens huset fra det gamle armatur genbruges. Det er vigtigt at den nye indsats med LED er designet til det konkrete armatur for at opnå en god lyskvalitet, muliggøre dæmpning og minimere lysforurening. I stedet for at pille det hele ned og sætte helt ny gadebelysning op valgte kommunen blot at udskifte indsatsen med en, der er bygget til LED og lade lamperne stå. 406 Icon ar-

maturer og 860 Københavner armaturer er blevet retrofittet. Relativt til helt nye armaturer har komponenterne til de retrofittede armaturer kostet ca. det halve. Det er lagt ind i den fremadrettede driftskontrakt at armaturerne skal tørres af med jævne mellemrum, så man kan følge belysningens reelle stand.



Man skal være opmærksom på ejerskab og garantier i forhold til lamperne, når man ændrer i den oprindelige lampe. Men det kan løses, og det er det hele værd at lave en retrofit løsning frem for at pille ned og smide ud. Det skåner miljøet og så er det billigere og vi kan levere mere kvalitetsbelysning for samme budget.

*Jeanette Marker,
Faxe kommune.*



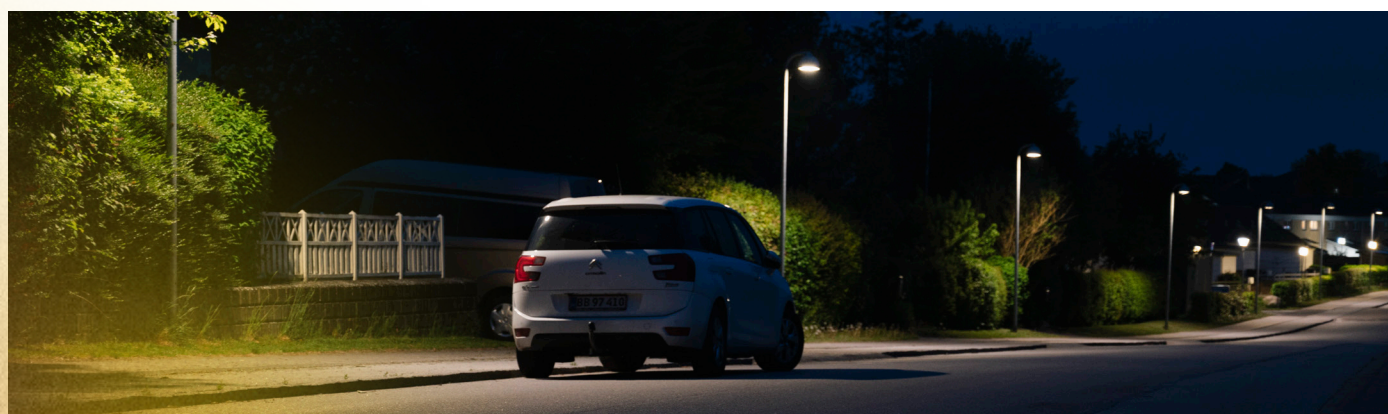
Energibesparelse:
157.000 kWh/år



Projekt:
Modernisering ved retrofit af 1266 gadelamper på forskellige strækninger i kommunen



Investeringssum:
350.000 EUR





ENERGIFORBRUG, TRAFIKSIKKERHED OG BIODIVERSITET I BALANCE

GLADSAXE KOMMUNE

Gladsaxe Kommune har, i samarbejde med Andel Lumen, som ejer vejbelysningen, gennemført en omfattende fornyelse af vejbelysningen i kommunen. Ca. 5.000 armaturer er blevet skiftet ud med LED belysning. Det resulterer i markante energi- og driftsbesparelser. Gladsaxe Kommune var særligt opmærksomme på en strækning, der går igennem et naturområde. Et område hvor der blandt andet holder flere flagermusarter til. Derfor sendte de miljøafdelingen afsted, som identificerede syv forskellige arter flagermus. Heriblandt dværgflagermus og langhåret flagermus. Arterne er ikke beskyttede, men disse arter siges at være særligt sårbare når det kommer til negativ påvirkning fra veje.

Det er en del af kommunens grønne strategi at sikre gode levesteder for dyr og planter i kommunen, og man var klar over at forskningen peger på at traditionel LED vejbelysning kan have

konsekvenser for dyre- og planteliv. Samtidig løber der en supercykelsti langs strækningen og der er flere steder, hvor cyklister for eksempel krydser vejbanen. Derfor var der brug for belysning og der skulle findes en balance mellem trafikanternes behov for belysning og flagermusene, samt resten af naturområdets behov for mørke. Derfor satte kommunen lysdesignerne fra Light Bureau i gang med at undersøge mulighederne for en belysningsløsning, der kunne give trafikanter den sikkerhed og tryghed, der er behov for, uden at genere flagermusene og deres naturlige omgivelser unødigt. Det kom der den særlige røde belysning ud af.

Forskning peger på at det røde lys forstyrrer flagermusenes naturlige adfærd mindst muligt. Der findes mange forskellige arter af flagermus og der lever naturligvis også mange andre dyr i området, som alle har forskellige præferencer. Den



optimale løsning for naturen ville være ingen belysning. Den røde belysning er et forsøg på at balancere forskellige behov. Der er kun udført få belysningsprojekter i verden, som sætter fokus på dette og der mangler praktisk viden og erfaring på området. Projektet betragtes som første generation af belysning med særlig omtanke for naturen, og kan forhåbentlig danne grund for øget praktisk viden og i fremtiden føre til mere nænsom belysning for både mennesker og natur.

Lysets farve er et resultat af lysets bølglængde. For eksempel har blå, grønt og hvidt lys korte bølglængder. Det siges generelt at især kortbølget lys om natten kan have negative effekter på dyr og natur, som har brug for mørket. Det gælder også for mennesker. Rødt lys har lange bølglængder og tilhører en del af spektret, som det menes at blandt andet flagermus ikke kan se.



Energibesparelse:

1.204.000 kWh/år (58%)



Projekt:

Modernisering af hele kommunens vejbelysning



Investeringssum:

327.000 EUR

#

4



STRATEGIER FOR BÆREDYGTIG VEJ- OG STIBELYSNING

En af belysningens grundlæggende funktioner er at gøre det muligt for mennesker at orientere sig i sine omgivelser. Belysning giver mulighed for, at vi kan bevæge os trygt langs veje og stier, også efter mørkets frembrud. Samtidig er vejbelysningen et energikrævende element, men også et element med fortsat store besparelspotentialer. Vi kan implementere energieffektive teknologier, men vi kan også forbruge mindre lys.

LED-teknologiens fortsatte forbedring af energieffektiviteten for belysning bidrager naturligvis væsentligt til besparelser. Udviklingen af smarte styringssystemer kan yderligere effektivisere forbruget af lys. Preprogrammerede dæmpningsprofiler sænker belysningen i de sene aften- og nattimer og sensorbaserede systemer sørger for kun at have den rette mængde belysning og kun når der er trafik på strækningen og behov for belysning. Trelleborg og Kristianstads Kommune har begge arbejdet med intelligent styring i deres storstilede projekter for fornyelse af vejbelysningen (side 27 og 29).

Brugerne er mange når vi snakker central infrastruktur i byområderne. Og belysningen langs veje og stier kan være afgørende for oplevelsen når man bevæger sig langs en given rute. Når man ændrer belysningen i et område er det givende at involvere beboere og brugere af strækningerne. Folk har tendens til at interessere sig mest for belysningen og andre elementer i deres nærområde eller langs deres primære pendlerruter og viser sig ofte også mere tilfredse med resultatet, hvis de har været involveret. En vigtig faktor når det kommer til at skabe bæredygtig belysning. Involvering af lokale borgere kan være en kompleks sag, særligt når det kommer til belysning, som ofte er et teknisk avanceret emne. Mulighederne er mange, men det kan være gavnligt at starte med at udforske forskellige løsninger sammen og derved skabe et fælles sprog. Albertslund Kommune er lykkedes med en dybdegående involveringsproces i deres arbejde med fornyelsen af belysning i en række boligområder i kommunen (s. 28).

For en bæredygtig og sammenhængende udendørs belysning i kommunen, kan det være afgørende med en velgennemtænkt og holistisk strategi for belysning. I en sådan strategi kan der opstilles retningslinjer for såvel tekniske som æstetiske egenskaber for belysningen. Dette sikrer derved høj kvalitet i hele kommunen og sørger for at al fornyelse af belysning fremadrettet går i retningen mod energieffektive og bæredygtig belysning, også for fremtiden. Lunds Kommune har arbejdet med en sammenhængende belysningsplan for hele kommunen, som vil sikre energibesparelser og bæredygtig belysning i kommunen fremover (s. 30).

ENERGIEFFEKTIV OG DÆMPBAR GADEBELYSNING TIL HELE KOMMUNEN

TRELLEBORG KOMMUNE

Trelleborgs kommune har gennemført en omfattende modernisering af gadebelysningen i kommunen ved at skifte samtlige armaturer ud med LED-armaturer. Dette gør de først og fremmest for at skabe en bæredygtig gadebelysning i kommunen. Med udskiftningen sparer kommunen millioner af kroner i drift og vedligehold, og opnår markante reduktioner af energiforbruget, samt en bedre lyskvalitet.

Når trafikintensiteten er på sit laveste om natten dæmpes gadebelysningen fremover til den halve styrke. Det kan være gavnligt for energiforbruget, reducerer lysforureningen og kan også reducere negative konsekvenser for dyr, natur og mennesker, som er afhængige af nattens mørke. Det forventes at give en yderligere energibesparelse på omkring 75%.

Nogle steder i kommunen er der også installeret bevægelsessensorer, så dæmpningen ikke styres via en fast

dæmningsprofil, men styres dynamisk ud fra om der reelt er trafik på strækningen.

Der er hverken i Danmark eller Sverige deciderede krav om dæmpning af gadebelysningen i de stille natteimer, men både EU's og de nationale vejledninger anbefaler dæmpning. I Lighting Metropolis' vejledning om fornyelse af vejbelysningen anbefales at udbyde løsninger med lysstyringssystem og armaturer med DALI, 4-lederkabel fra armaturet og påmonteret en SR/Zhaga-sokkel. Det giver optimale muligheder for at installere yderligere digitale løsninger fremtiden.

Og i Trelleborgs kommune har det vist sig at være en rigtig god forretning. Kommunen kommer til at spare over 2 millioner kWh om året med den nye dæmpbare gadebelysning.



Energibesparelse:
2.385.286 kWh/år (75%)



Projekt:
Modernisering af vejbelysningen i hele kommunen



Investeringssum:
4.967.000 EUR



ØGET TRYGHED FOR BLØDE TRAFIKANTER

KRISTIANSTAD KOMMUNE

Härlövsängaleden i Kristianstad er en af de mest trafikerede veje i kommunen og bruges især til pendling. Det er en landevej, der går igennem et naturområde, med et spor i hver retning, samt en gang- og cykelsti. Størstedelen af gang- og cykelstien var ikke belyst og flere brugere oplevede strækningen som utryk. Den eksisterende vejbelysning trængte til en grundig opdatering. Som led i fornyelsen af vejbelysningen til LED valgte kommunen i den sammenhæng at forny vejbelysningen og skifte ud til energieffektiv LED-teknologi, samt at etablere nye lyspunkter langs gang- og cykelstien, for at øge trygheden for de bløde trafikanter.

Set ud fra et energieffektiviseringsperspektiv var det derfor nødvendigt for kommunen at vælge et intelligent belysningsanlæg. Sensorer opfanger trafikintensitete, når trafikken er sparsom og når der er få eller ingen køretøjer, cyklister eller

gående på strækningen - om natten vil lyset for eksempel blive dæmpet.

Valget af et lysstyringssystem bør baseres på den specifikke vejtype eller rute. Det er vigtigt, at man foretager en grundig behovsanalyse og overvejer hvilke krav, ønsker og behov, der er de primære for den konkrete rute. Langs mange vejstrækninger i svenske kommuner vil der være en fast lysstyring med såkaldt enkeltstående dæmpning indbygget i armaturet. Det giver en stor energibesparelse i sig selv. For at muliggøre, at løsningen senere kan styres ved reel tilstedeværelse af trafik, altså sensorbaseret, kan man kræve, at der leveres nye armaturer med DALI-system og et 4-leder kabel. For yderligere fremtidssikring kan armaturet også monteres med en udbredt standardiseret sokkel, såsom en Zhaga-sokkel eller en SR-sokkel.



Energibesparelse:
44.496 kWh/år (75%)



Projekt:
Modernisering af gadebelysningen på Härlövsängaleden



Investeringssum:
250.000 EUR



BORGERNES BELYSNING



ALBERTSLUND KOMMUNE

Albertslund Kommune har faciliteret og gennemført en gennemgribende modernisering af vej- og stibelysningen i en del af kommunens boligområder. Der har været et tæt og omfattende samarbejde med beboerne via grundejerforeningerne i de enkelte områder, for at sikre løsninger, som både passer ind i helheden i kommunen og i den lokale kontekst.

Finansieringsmodellen er baseret på en vis brugerbetaling fra grundejerne. Da kommunen købte belysningen tilbage fra Ørsted overtog de også en del af anlæggene i boligområderne, blandt andet fordi det ville være for omkostningsfuldt at adskille anlæggene. Det er derfor kommunen, der står for drift og udlæg for anlæg, mens beboerne betaler et kontinuerligt bidrag til drift og afskrivning af nye anlæg. Der har ligget en del arbejde i at fastlægge en god juridisk og økonomisk model.

Sammen med beboerne projekterede kommunens belysningsekspert de enkelte projekter. Beboernes lokale kendskab var af stor betydning og i kombination med kommunens indgående

viden om de formelle krav til belysningen i et boligområde, den visuelle sammenhængskraft i kommunens geografi, samt krav til styring og effektiv drift hos kommunen, blev der etableret et godt samarbejde. Gennem en dynamisk proces, hvor beboerne kunne komme med konkrete ændringsforslag til eksperternes oplæg, blev den endelige køreplan for belysningen til.

Efter installationen blev beboerne inviteret på en tur rundt i området for at evaluere de endelige løsninger. Det var med afgang efter mørkets frembrud, så belysningens funktion og kvalitet kunne vurderes i sine rette omgivelser. Der var blevet valgt belysning med dæmpningsfunktion, og funktionen blev også testet i praksis på evalueringsturen, hvilket resulterede i enkelte justeringer inden projektet blev endeligt godkendt.

Det er lykket at finde en brugbar model for borgerinddragelse. Det er en omfattende model som tager lidt ekstra tid, men det gør en forskel for kvaliteten og kan sikre meget høj tilfredshed med de endelige løsninger.



Energibesparelse:
270.381 kWh/år (59%)



Projekt:
modernisering af vej- og stibelysning i udvalgte boligområder



Investeringssum:
4.922.946 EUR



BELYSNINGSSTRATEGI SKAL SIKRE FREMTIDENS ENERGIEFFEKTIVE BELYSNING

LUND KOMMUNE

Lunds kommune har afsat midler til at forny udendørsbelysningen. De er gået til opgaven med en ambition om, at sikre høj kvalitet og et sammenhængende lysdesign både i dag og i fremtiden. En sammenhængende belysningsstrategi for hele kommunen med mål, designprincipper og tekniske specifikationer er første skridt strategien er politisk vedtaget og vil indgå som et grundlag for alle fremtidige indkøb af udendørs belysning.

Målet med belysningsstrategien er at nedbringe omkostninger og energiforbrug, imens der skabes et trygt, sikkert, komfortabelt og fleksibelt bymiljø med lys efter behov. Herunder at sikre en sammenhængende styring, drift og vedligehold. Dette skal også bidrage til at minimere lys-

forurening og spildlys fra kommunens anlæg og beskytte områder, hvor der er behov for naturligt mørke.

Strategien er en videreudvikling af eksisterende belysningsplaner i Lund samt de belysningsprincipper, der allerede i dag gør sig gældende i kommunen, så belysningen opleves som en helhed og i overensstemmelse med de tanker og krav, der danner grundlag for Lunds overordnede udvikling.

I planen er det beskrevet hvordan belysningen skal se ud, for at give et ensartet udtryk, samtidig med at der differentieres mellem for eksempel vejklasser, gang- eller cykelstier. Planen beskriver både lysets egenskaber og sætter krav til blandt andet blænding, lysforurening og energieffektivitet.



I forlængelse af belysningsstrategien, blev der lavet en analyse til prioritering af de konkrete fornyelsesprojekter ud fra principperne i strategien, en vurdering af det eksisterende anlæg og et overslag på de nødvendige investeringer.

Lunds kommune har igangsat rådgivning med efterfølgende udskiftning til LED for en tryggere gang- og cykelsti mellem to bydele med tilhørende tunnel under motorvejen. Dette er baseret på strategiens principper. Der er også igangsat en konkret gennemgang af de knap 8.000 lyspunkter i de seks mindre byområder og landområdet i kommunen. Formålet med gennemgangen er at prioritere den kommende fornyelse af belysningen til LED. Den nye belysningsplan skal sikre den visuelle sammenhængskraft og høje kvalitet i hele kommunen.



Energibesparelse:
300.000 kWh/år (30%)



Projekt:
Modernisering af en del af gadebelysningen (som resultat af belysningsstrategi)



Investeringssum:
1.397.356 EUR

#5



LYS OG BEVÆGELSE

Foreningslivet er stærkt i både Danmark og Sverige. Det står højt på mange kommuners liste, at sørge for gode faciliteter til idrætsudøvere på alle niveauer og idræt kan være mange ting. Det kan foregå både udenfor og i det enkelte idrætsanlæg eller sportshal, der ofte skal kunne rumme mange forskellige typer af aktiviteter. Det sætter høje krav til belysningen, som ofte også skal være kraftig og kræver meget energi.

Kravene til belysning i sportshaller varierer tilmed alt efter hvilken aktivitet der foregår i hallen og på hvilket niveau den udføres. I en almindelig gymnastiksal til skoleidræt kan det være tilstrækkeligt med 300 lux, mens det i den modsatte ende af spektret kan kræve 1200 lux i en hal, hvor der skal afholdes tv-transmitterede kampe eller turneringer. Generelt kan det også siges, at det kræver mere lys hvis man spiller med mindre hurtige bolde, som for eksempel ved badminton. Lyset skal altså være kraftigt, men det er samtidig en vigtig faktor, at der ikke opstår blænding, som kan være til stor gene for spillerne. I Kalundborg Kommune har hele 11 sportshaller fået ny og energieffektiv belysning, som giver både motionister og elitesportsudøvere gode forhold at dyrke deres sport i (s. 34).

For de udendørs idrætsanlæg gælder også store krav til kraftig belysning. Her er der også andre hensyn, som for eksempel minimering af lysforurening i omgivelserne. Samtidig kan ekstremt højintensiv belysning og lavt energiforbrug være en udfordrende balance, særligt når der også er tilbagebetalingstider for fornyelsesprojekterne at tage højde for. Bjuvs kommune har fundet balancen og skabt god, interessant og energieffektiv belysning på byens skatebane (s. 33).

Der er altså mange elementer at tage højde for, når man skal skabe god belysning til idrætsudøvere. Vi præsenterer her, hvordan nogle af partnerne i Lighting Metroplis har taget udfordringen op.

SKATEPARKEN ER DET NYE MØDESTED FOR BEBOERNE I BJUV

BJUV KOMMUNE

Skateparken i Bjuv by blev oprindeligt bygget i 2014 og består af en bowl- og gadeflade, hvor man kan køre på skateboard, inline skates, kickboards eller BMX-cykler. Nu har parken fået nyt lysdesign og det har tiltrukket endnu flere besøgende og er blevet et mødested for alle i kommunen.

Kommunens tiltag på skateparkens belysning er en del af satsningen på de offentlige arealer, hvor beboerne mødes. Ved siden af skateparken er der en container, hvor besøgende kan købe kaffe, låne et skateboard eller kickboard, bare hænge ud eller surfe på nettet via gratis trådløst internet.

Det nye lysdesign består af master og armaturer med GoBo-projektorer, som oplyser den stenbelagte overflade og de omkringliggende områder. Løsningen sparer energi og reducerer spildlys for at øge effekten af GoBo-projektionerne.

Spotlysene i yderkanten af parken indrammer området og øger tryghedsfølelsen ved også at belyse områdets hjørner. Uplights oplyser træerne, og et cylindrisk sidemodul oplyses nedefra for at skabe et rummeligt og blændfrit sideområde. Der er også kommet nye spots på eksisterende master, hvor der tidligere har været spotlights med højtryksnatrium. Lysdesignet bruger spotlights både med hvidt lys, farvet lys og GoBo spotlights med mønstret lys.

Skateparken ligger i byens centrum, i gåafstand fra togstationen og har et areal på 830 kvadratmeter. Skateparken er åben det meste af dagen og er mest populær onsdag og torsdag aften mellem kl. 18.00 og 20.00.



Energibesparelse:
1.582 kWh/år (75%)



Projekt:
Modernisering af spotlys
på skateparken i Bjuv



Investeringssum:
10.440 EUR



ENERGIEFFEKTIV KVALITETSBELYSNING TIL ET RIGT FORENINGSLIV

KALUNDBORG KOMMUNE

Kalundborg Kommune har et rigt foreningsliv. Der er mange borgere i kommunen, der gerne vil dyrke sport i fællesskab og sportshallerne prioriteres højt. Hallerne bruges ikke kun til sportsaktiviteter, men også til andre arrangementer, såsom konferencer, møder og koncerter. Mange haller har stået over for en fornyelse af belysningen, og der er kommet nyt belysningsanlæg i elleve af dem. Der stilles store krav til det nye lys, som skal leve op til de nyeste standarder for belysningsstyrke, og understøtte den multifunktionalitet, som hallerne skal rumme.

De mange sportshaller i kommunen havde tidligere højt energiforbrug. Der blev regnet på besparelspotentialerne og løsningen var naturligvis en udskiftning til LED-teknologi. Det er i dag et krav, at der skal være minimum 300 lux i en sportshal. Der stilles højere krav, hvis der skal udøves idræt på højt niveau.

Kalundborg Kommune har primært fokus på breddeidræt, men det er stadig målet at give brugerne de bedst mulige faciliteter. Belysningen i sportshallerne er landet på 300 lux til hverdag, med mulighed for 500 lux ved arrangementer og konkurrencer. Ved ændring i programmeringen, kan de fleste haller også levere 750 lux. I en af hallerne, er der endda mulighed for at skrue op til 1.000 lux. Det giver rigtig gode forhold for brugerne og mulighed for at afholde regionale stævner, samtidig med det giver markante energibesparelser. For belysning, især i sportshaller, kan det være en udfordring at sikre sig, at de leverede armaturer lever op til krav, der er stillet i udbudsmaterialet. Derfor har Kalundborg benyttet DTU's tilbud om at kvalitetsteste de leverede armaturer.

Netop balancen mellem at generere energibesparelser og leve op til stadigt højere krav om lux niveau kan være en udfordring. Udskiftning af gammel belysning af sportshallerne kræver, at der sættes markant flere lyskilder op. Det æder en del af den energibesparelse, der ellers følger med energieffektiv LED-teknologi. I nogle tilfælde kan det give lange tilbagebetalingstider og forringe business-casen. I Kalundborg har man fundet en middelvej, som fører til rigtig gode forhold for brugerne af hallerne. Samtidig sparer kommunen markant på energiforbruget.



Energibesparelse:
297.068 kWh/år (64%)



Projekt:
Udskiftning af belysningen
til LED i elleve sportshaller



Investeringssum:
506.000 EUR

GARANTI FOR GOD KVALITET I BELYSNINGEN

Kommunerne tager udgangspunkt i Lighting Metropolis' vejledning, tekniske specifikationer og fakta-ark, når de skal lave ny belysning. Her beskrives en god og veldisponeret projektproces til udarbejdelse af belysningsprojekter. De tekniske specifikationer beskriver de egenskaber, man bør stille krav til, i udbuddet af belysningsprojektet. Det gælder mekaniske, elektriske, lystekniske, miljømæssige samt designmæssige egenskaber. Kvalitetskravene der bør stilles til de lystekniske egenskaber, er angivet i de respektive fakta-ark. Vejledningerne sikrer at der opnås en energieffektiv belysning af høj kvalitet.



KVALITETSSIKRING PÅ DTU'S LYSLABORATORIUM

For blandt andre Kalundborg Kommune har det været af høj prioritet, at det lys der bliver sat op i hallerne lever op det til krav, der er stillet i udbudsmaterialet. Det gør de først og fremmest ved at sikre at leverandøren har god dokumentation for de tekniske specifikationer. Når produkterne ankommer, laver kommunen en stikprøvekontrol, hvor enkelte lyskilder bliver sendt til kvalitetstest i DTU Fotoniks lyslaboratorium på DTU Risø Campus.

Her udføres uvildige kvalitetsmålinger og dokumentation. På laboratoriet måler de blandt andet på lyskildernes faktiske farvetemperatur og farvegengivelse. Der måles også altid for flimter i lyset. På den måde kan kommunen være helt sikker på, at de får den kvalitet de har efterspurgt.







LED-TEKNOLOGI ER FREMTIDEN, OG DEN ER HER ALLEREDE

I stort set alle fornyelsesprojekter og i nybyggeri anvendes i dag LED-belysning. Det gælder både udendørs og indendørs belysning, og det er med god grund. Der er nemlig rigtig mange fordele ved LED-teknologien sammenlignet med tidligere tiders gløde- eller halogenpærer.

LED er en forkortelse af Light Emitting Diode. Når der sendes strøm gennem dioden, omdannes det til lys. I LED udsendes kun lys i den synlige del af spektret. Der udsendes derfor ikke nær så meget varme, som der gør i for eksempel gløde- eller halogenpærer, og det er med til at gøre LED-lyset så energieffektivt. I dag kan de bedste LED-lyskilder have en effektivitet på over 200 lumen per watt. Til sammenligning afgiver en gammeldags glødepære ca. 10 lumen per watt.

LED-lyskilder har også en markant længere levetid end andre teknologier. Selvom LED-lyskilderne kan være lidt dyrere end andre typer, kan de altså hurtigt tjene sig selv ind i form af besparelser på energi og på udskiftning.

LED-teknologiens udvikling gør det desuden i langt højere grad muligt at designe lyset til den ønskede anvendelse. Dioderne i et LED armatur kan sammensættes og styres, så det udsender lys med nøjagtig den farvetemperatur, og den intensitet, der er nødvendig i den givne situation. Således kan LED lyset designes til ethvert formål. LED-Lyset kan også retningsbestemmes på en mere intelligent måde, så der kun sendes lys til de steder, hvor det er nødvendigt. Således kan man oplyse eksempelvis veje og stier eller idrætsanlæg, uden at sende for meget unødigt lys ud i omgivelserne, hvor det kan forstyrre naboer eller natur.



LED-TEKNOLOGIENS BAGSIDE

Selvom LED teknologi anses for at vejen at gå for fremtidens belysning, så kan det også have nogle ulemper. Udbuddet af LED-belysning varierer meget i kvalitet. Det er vigtigt at være opmærksom på installationens tekniske egenskaber, såsom flimrer, farvegengivelse, farvestabilitet og blænding. Der er mange faktorer, der skal balanceres, og nogle gange går producenter på kompromis med kvalitet til fordel for energieffektivitet og pris eller omvendt.

Med den meget høje energieffektivitet følger lave priser for forbrug af lys. I nogle tilfælde kan det føre til et forhøjet forbrug af lys, hvilket reducerer eller endda eliminerer de ellers markante energibesparelser, altså den såkaldte rebound-effekt.

Der stilles desuden fortsat større krav til belysningsstyrke og muligheder for mere eller mindre automatisk styring. LED-teknologien giver mange muligheder, især når det kommer til at højne kvaliteten og fleksibiliteten i belysningen, men det er vigtigt at have balancen for øje, så de potentielle energibesparelser ikke udkonkurreres af høje krav og mere lys.

En del forskning peger også på at en stor del af LED belysningen på markedet udsender mere lys i den blå ende af spektret. Det kan have negativ indflydelse på både mennesker, dyr og natur. Teknologien er under fortsat rivende udvikling og der arbejdes både i industrien og i forskningsverdenen på at designe LED-lys, som er mere skånsomt.

Det mest energieffektive lys og det bedste for naturen er ingen lys. Nogle steder har mennesker dog behov for kunstig belysning. Balancen mellem behovet for lys, energiforbrug og hensyn til miljø og natur er afgørende.

LYS ER IKKE LÆNGERE BARE LYS – DEN SMARTE AGENDA

Fremtidens belysning er ikke blot LED-baseret. Den er også digital og intelligent. Og så er den en del af et større smart netværk af databaserede teknologier, som kan være med til at skabe bæredygtig drift i og anvendelse af byer og bygninger.

Belysning er stort set overalt i byer og i bygninger. Og med belysning følger et afgørende element til at drive smart teknologi, nemlig elektricitet. Belysning, både inde og ude, har derfor potentiale for at blive en central del af den bærende infrastruktur, som den smarte by kan bygges på. Sensorer, kameraer eller antenner til fremtidens 5G netværk kan let kobles på eksisterende armaturer eller master.

Selvom mange smarte teknologier er i sine spæde år, kan belysningen fremtidssikres ved at klargøre master og armaturer til at indgå i fremtidens smarte systemer. Det kan man gøre ved for eksempel at kræve i udbud af belysning, at der benyttes åbne protokoller, så systemet kan kommunikere på tværs af enheder, og at løsninger leveres med ekstra kapacitet, der muliggør udvidelse af de digitale funktioner. Det kan for eksempel være løsninger baseret på et DALI-system og ekstra ledere samt Zhaga eller SR sokkel. På den måde er man sikker på, at der kan tilkobles sensorer eller andre smarte teknologier og at armaturer kan styres via et centralt styringssystem. Netop DALI og Zhaga/SR, som er anvendt i rigtig mange nyere belysningsløs-



ninger, herunder også mange af projekterne i Lighting Metropolis – Green Economy, er internationalt standardiserede løsninger, sådan at man ikke låser sig fast på bestemte leverandører.

Med belysningsinfrastrukturen, som en central del af IoT netværket, er lys ikke længere bare lys. Dansk EI-Forbund forudser, at 35-40% af alle installationsopgaver i Danmark vil være IoT relaterede i 2025. Det stiller nye krav til installatører, rådgivere og producenter og deres kompetencer. Der er i højere grad brug for IT-tekniske og software-relaterede kundskaber, når der skal installeres ny belysning i byer og bygninger.

Udviklingen er i fuld gang og alle partnerkommunerne i Lighting Metropolis arbejder med en mere intelligent belysning, som kan give ekstra besparelser på energiposten. Lighting Metropolis – Green Economy vejledninger giver anbefalinger med på vejen, når du skal implementere ny og smart belysning.

START-UP-COMMUNITY GIVER INDBLIK I DEN OFFENTLIGE EFTERSPØRGSEL

Under Lighting Metropolis – Green Economy er der etableret et Startup Community for mindre virksomheder i Greater Copenhagen, der alle arbejder med innovativ kvalitetsbelysning. Fælles for virksomhederne er, at de på hver deres måde og ved hjælp af deres produkter vil bidrage til at mindske energiforbruget ved belysning, forbedre sundhed og trivsel og øge tryghedsfølelsen i byerne.

I startup-miljøer, som dem community'ets virksomheder er en del af, sker der meget udvikling og innovation. Gennem community'et har virksomhederne haft et fællesskab, hvor de har kunne udveksle erfaringer og dele viden indenfor deres respektive ekspertiseområder. Med fælles kompetenceopbyggende tiltag har virksomhederne også fået værdifulde inputs fra både forskere og rådgivere, der gør det muligt at udvikle deres forretning på baggrund af nyeste viden og praksis indenfor belysning.

Gennem Lighting Metropolis' Community har virksomhederne haft kontakt med projektets kommuner og regioner. Det har givet dem mulighed for at få et større

indblik i den offentlige efterspørgsel. Ud af netværket er der opstået flere spændende samarbejder mellem projektpartnere og community-virksomheder, og der er skabt projekter, der gør brug af de nyeste teknologier til gavn for borgernes sundhed og for energiforbruget til belysning og dermed den grønne omstilling.

I perioden 2019-2021 er et af resultaterne med Lighting Metropolis' støtte til fællesskabet, at der er skabt 28 nye arbejdspladser i Sverige og 9 nye arbejdspladser i Danmark.



[Læs mere om alle community-virksomhederne her](#)

We guide
entrepreneurs
to success!





LIGHTING METROPOLIS SIGER TAK FOR DENNE GANG – VI HÅBER, AT VI SES IGEN

Projektet Lighting Metropolis - Green Economy slutter ved udgangen af september 2022. I denne omgang har der været fuld fokus på acceleration af investeringer i LED-belysning. Det har der, fordi, det giver store energibesparelser at skifte fra ældre belysning ud med LED-teknologi. Tilmed giver den moderne teknologi gode muligheder for at give belysningens kvalitet et markant løft. I kraft af Lighting Metropolis – Green Economy sparer 13 partnerkommuner og en partnerregion tilsammen 7.251.446 kWh om året. Samtidigt har de fået belysning af god kvalitet, som lever op til nutidens standarder og krav.

Etablering af LED-belysning ved nybyggeri og fornyelsesprojekter er i dag en selvfølge. Selv igennem de tre år, som projektet her har kørt i, er der sket en kæmpe udvikling både teknologisk og i udbredelsen af energieffektiv belysning i partnerkredse, som i andre kommuner og regioner. Og der er stadig stort potentiale for energibesparelser og kvalitetsløft af belysningen i det offentlige. Der ligger således stadig et stort arbejde forude for kommuner og regioner, med at moderniserer belysningen i bygninger og langs veje og stier, så vi kan høste de energibesparelser, som er afgørende for den grønne omstilling.

Vi håber at de erfaringer partnerne har gjort igennem projektet, af hvilke et udpluk er præsenteret her, vil hjælpe og inspirere andre kommuner og regioner til at sætte gang i udskiftningen til LED-belysning. På de følgende sider har vi samlet et opdateret sæt af vejledninger, som kan være med til at styre din kommune eller region sikkert igennem processen med at modernisere belysningen og med at sikre, at der kan opnås den højeste kvalitet i projekterne, hvad end det er på et hospital, på en skole, i en sportshal eller langs vejnettet.

Lighting Metropolis arbejder videre med udviklingen af nye projekter, der kan støtte op om en bæredygtig udvikling af belysningen i den offentlige sektor og om Greater Copenhagen, som den førende metropol indenfor smart, energieffektiv belysning af højeste kvalitet. Vi håber, at vi ses igen.

Tak for nu – og fortsat god arbejdslyst!

VEJLEDNINGER

Under Lighting Metropolis – Green Economy har rådgivningsvirksomhederne NIRAS og Light Bureau udarbejdet grundige vejledninger til etablering af inden- og udendørs belysning. Vejledningerne er opdateret ved projektets afslutning i sommeren 2022, og angiver således de nyeste retningslinjer og standarder for energieffektiv belysning af højeste kvalitet.

Formålet er at vejlede kommuner og regioner i udarbejdelse af belysningsprojekter, til en god og veldisponeret projektproces. Dette sikrer at der opnås en energieffektiv belysning af høj kvalitet. Vejledningerne kan tilgås digitalt www.lightingmetropolis.com under kundskabsbank eller via QR-koderne nedenfor.



VEJLEDNING FOR ETABLERING AF INDENDØRSBELYSNING

Vejledningen skal læses som en procesbeskrivelse for et givet belysningsprojekt. Den indeholder en beskrivelse af

- De indledende arbejder
- Omfang af proces for og test af aflevering og idriftsættelse
- Samarbejde mellem projekterende/rådgiveren, brugere og driftsorganisation
- Brugen af bygningen
- Tekniske vurderinger
- Udbudstekniske forhold
- Udbudsmateriale til entreprenør/prisindhentning

Bagerst i vejledningen findes tekniske specifikationer for specifikke bygningsanvendelser, samt en række understøttende faktaark, disponeret med krav til forskellige kvalitetsparametre.

VEJLEDNING FOR ETABLERING AF UDENDØRSBELYSNING

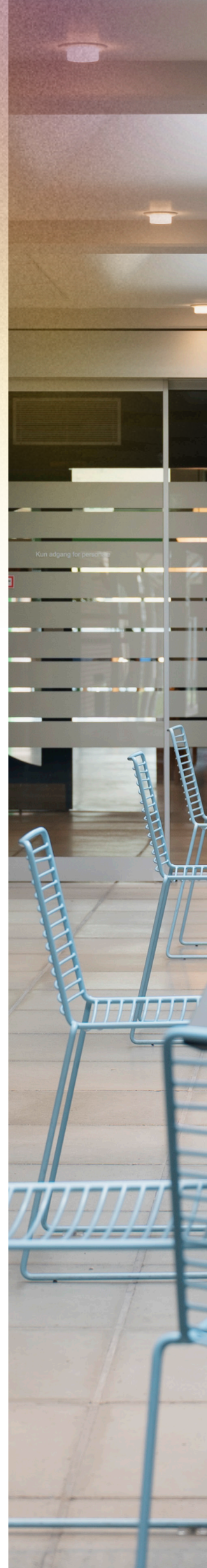
Vejledningen for udendørsbelysning er delt op i to temer. **Planlægning og gennemførelse af renoveringsudbud for belysning på veje og stier** og **Udbud af drift- og vedligeholdelse af vejbelysning**. Udgangspunktet for det første er dels at sikre fuld udnyttelse af de gunstige økonomiske forhold, der pt. er forbundet med offentlig konkurrence-udsættelse af belysningsrenovering, dels at sikre en høj kvalitet i fremtidige vejbelysningsløsninger samt at udnytte LED-teknologien på bedst mulig vis. Der findes ligeledes tekniske specifikationer og anbefalede krav til forskellige kvalitetsparametre.


Vejledningen *Udbud af drift og vedligeholdelse af vejbelysning* indeholder anbefalinger og beskrivelser af arbejdet med planlægning og gennemførelse af udbud af drift og vedligeholdelse af kommunal vejbelysning.

BEGREBSLISTE

Der er mange fagtermer, man skal kende når man bevæger sig ind i belysningsbranchen. Vi har samlet nogle af mest relevante lysfaglige begreber, af hvilke mange også er anvendt igennem kataloget her.

- **Candela [cd]** – Mængden af lys, en lyskilde afgiver i en given retning
- **Circadisk rytme** – Et udtryk for kroppens naturlige biologiske rytme over dagen, som blandt andet styrer hvornår vi er vågne og hvornår vi er trætte. Kaldes også døgnrytme.
- **DALI-Styring** – En ofte anvendt standardiseret åben digital protokol til lysstyring.
- **Energieffektivitet [lm/W]** – Et udtryk for hvor meget lys der genereres i forhold til mængden af energi der tilføres. Angives i lumen per watt.
- **Energiforbrug [kWh/år]** – Et udtryk for mængden af energi, der bruges for en given belysning. Angives i kWh/år (kilowatt timer per år)
- **Farvegengivelse** – Lysets evne til at gengive farver korrekt, angives i farvegengivelsesindekset kaldet CRI (Colour Rendering Index) eller Ra (Rendering Average). Farvegengivelsesindekset er et tal mellem 0 og 100, hvor 100 er bedst.
- **Farvetemperatur [kelvin]** – Et udtryk for hvor "varmt" eller "koldt" lyset opfattes, og bestemt af lysets bølgelængde. Farvetemperaturen angives i enheden Kelvin. En farvetemperatur under 3000 Kelvin betegnes som varm. Farvetemperaturer over 5000 Kelvin betegnes som kold.
- **Intensitet [lux]** – Kaldes også belysningsstyrke og er et udtryk for hvor meget lys der rammer en flade per kvadratmeter. Intensiteten angives i enheden lux (eller lx)
- **Jævnhed** – Et udtryk for forskellen på lysintensiteten på forskellige flader i et rum. Angiver specifikt forholdet mellem intensitetens minimumsværdi og middelværdi i rummet.
- **Lumen [lm]** – Et udtryk for lysstrømmen, hvilket er mængden af lys udsendt fra en lyskilde.
- **Luminans [cd/m²]** – Candela per m², udtryk for lysstyrken pr. fladeareal set i en specificeret retning. Beregning af blænding foretages ved luminansberegninger på flader inden for synsfeltet. I dag ofte brugt ved projektering af vejbelysning, men i mindre grad ved indendørsbelysning.
- **Melatonin** – Hormon der dannes naturligt i kroppen, og som blandt andet er styret af det lys der opfanget af øjets fotoreceptorer. Kaldes også mørkhormon og er med til at.
- **Temporale lysmodulationer** – også kaldet flimrer, er et udtryk for med hvilken frekvens lyset blinker. Alle lyskilder forsynet med vekselstrøm flimrer, og nogle værre end andre. Der findes både visuel og ikke-visuel flimrer. Flimrer kan have uønskede sundhedsmæssige virkninger såsom, belastning af øjne, migræne, angst eller fotoepilepsi.
- **Tunable White** – Funktion der muliggør manuel eller automatisk justering af lysets intensitet og farvetemperatur.
- **Zhaga sokkel** – sokkel der kan monteres på armaturer hvorpå der kan tilkobles diverse enheder, såsom sensorer, kameraer eller anden smart teknologi. Zhaga er en international organisation der udarbejder industristandarder, der giver forbrugeren fleksibilitet i valg af udbydere og produkter.





Sommerferiejob indenfor pleje og omsorg


Du kan gøre en stor forskel for vores ældre

Samtidig med at du får løn, får du også erfaring med borgere, der har brug for hjælp.

Vi mangler sommerferieafløser i perioden fra 1. maj til 30. september inden for Personlig & Praktisk hjælp i Ældre & Sundhed. Der er mulighed for et uddannelsesforløb eller yderligere afløsning.

Læs mere på loland.dk/job, ring på telefon 23 24 01 80 eller send en mail til kahan@loland.dk.

En erfaring
du kan bruge
resten af livet

 lollandkommune

