

Sundhed som driver for energioptimering af LED-lysstyring

ROOM-LIGHT 



Elforsk projektnummer 348-026

Partnere

1. Klaus Martiny, Carlo Volf, Signe Dunker Svendsen, Anne Sofie Aggestrup, Ulla Knorr. Psykiatrisk Center København, Region Hovedstadens Psykiatri, NID-GROUP.

Ida Hageman. Region Hovedstadens Psykiatri.

2. Carsten Dam-Hansen og Paul Michael Petersen. DTU Fotonik.

3. Torben Skov Hansen, Claus Puggaard. Chromaviso A/S.

Øvrige deltagere og underrådgivere

Janus Jacobsen, Copenhagen Trial Unit. Centre for Clinical Intervention Research.

Fotos og illustrationer

Fotos er taget af forfatterne.

Foto på titelbladet viser stuer med dynamisk lys tændt i patientstuer på Psykiatrisk Center København afdeling O, Rigshospitalet.

Tak til

Forskningsprojektet er støttet af Elforsk, Dansk Energi, projektnummer 348-026.

Projektet er desuden støttet og finansieret af Region Hovedstadens Forskningsfond, Toyota Fonden, Grosserer L.F. Foghts Fond, Dr. Thorvald Madsens Legat, Ivan Nielsens Fond, og Lundbeck Fonden.

Indhold

Resume.....	4
Summary	5
Introduktion.....	6
Formål	7
Proces	9
Metode.....	9
Resultater	11
Effekten af resultater	12
Videre anvendelse af resultater.....	13
Appendix 1: formidlingsaktiviteter	15
Appendix 2: Energianalyse.....	16
Appendix 3: Lyssensor rapport	25
Referencer	33

Resume

I projektet blev elbesparelsen ved skift fra belysning med CFL lysstofrør til dynamisk LED kunstlys beregnet. Derudover blev det dynamiske kunstlys testet med en LED kunstlys installation i 4 rum på en psykiatrisk sengeafdeling med fokus på funktion og lyskomfort (pilotprojektet). Endelig blev det dynamiske LED kunstlys installeret i 10 rum på et nyrenoveret psykiatrisk sengeafsnit, hvor det aktuelt anvendes i en klinisk undersøgelse der sammenligner standard med dynamisk LED kunstlys med fokus på effekt på depression og medicinforbrug (effektstudiet). I begge tilfælde erstattede LED kunstlyset den eksisterende belysning.

Energiberegningen viste, at der var en besparelse ved anvendelse af det dynamiske LED kunstlys i forhold til den eksisterende CFL belysning med monteret blændereducerende reflektor på 76 %, og en besparelse på 28 % uden blændereducerende reflektor. Lysmålinger viste en betydelig bedre farvegengivelse (CRI) af LED kunstlyset i forhold til de eksisterende CFL lysstofrør på henholdsvis 95 versus 81.

Pilotprojektet viste en høj andel af tilfredshed med både dynamisk og standard LED kunstlys på henholdsvis 78 % og 72 %. Lysstyringen fungerede perfekt. Ingen patienter afsluttede forsøget på grund af lysgener, og der var kun ubetydelige bivirkninger af LED kunstlyset. Resultaterne fra pilotprojektet dannede baggrund for lysindstillingerne i det igangværende effektstudie, som nu har inkluderet 31 patienter.

Lysmålinger i patientrummene viste at der var stor forskel på dagslyset i patientrummene i forhold til rummenes placering i forhold til verdenshjørner og tid på dagen.

Resultaterne vil sammen med resultaterne fra Elforskningsprojektet "Room-light 1:1 Ny Psykiatri Bispebjerg (350-050)" danne baggrund for indeklimate og lysprojekter på det kommende psykiatriske hospital *Ny Psykiatri Bispebjerg*.

Summary

In this project we estimated the energy saving for a change in lighting based on CFL fluorescent lamps to a dynamic LED lighting based system.

The dynamic LED lighting system was tested in four patient-rooms in an inpatient psychiatric unit focusing on the functioning and the tolerability of the dynamic LED lighting system (pilotproject). Finally, dynamic LED lighting system has been installed in ten patient-rooms in a newly renovated psychiatric inpatient unit. The system is currently being tested in a double-blind clinical trial where patients are randomised to either standard or dynamic LED lighting. The outcomes are the effect on depression og use of sedating medication (efficacy trial). In both projects the dynamic LED lighting system replaced the existing lighting system.

In the energy calculation for lighting we found a substantial reduction in energy consumption needed to power the dynamic LED lighting system compared to the existing CFL flourescent lamps of 76 %. Spectral light measurements showed a markedly higher colour rendering (CRI) of the dynamic LED lighting system compared to the existing CFL flourescent lamps of 95 versus 81.

The results from the pilotproject showed a high rate of satisfaction with the dynamic and static LED lighting system of 78 % versus 72 %. The timing and regulation of the dynamic LED lighting system was very reliable. None of the patients dropped out of the pilotproject due to side effects of light. The results from the pilotproject has informed the lighting settings in the running efficiacy trial that has now included 31 patients.

The light measurements in the patient rooms showed considerable variation due to geographical placement and time of day.

The joint results is to be used together with the results from the Elforsk funded project "Room-light 1:1 *Ny Psykiatri Bispebjerg* (350-050)" to design projects focusing on both light and indoor climate in the upcoming psychiatric hospital *New Psychiatry Bispebjerg*.

Introduktion

Med udviklingen i LED teknologi er der gradvist sket et skift fra CFL lysstofrør til LED kunstlys. Derved spares dels energi, men det giver også mulighed for at ændre dynamisk på lysstyrken og farvesammensætningen (indholdet af forskellige bølgelængder) gennem døgnet.

I disse år bygges mange nye hospitaler, og en del af disse projekteres med dynamisk LED kunstlys. Man forventer, at dette teknologi-skift vil spare energi, men virkningen af dynamisk LED kunstlys på patienter og personale er meget sparsomt undersøgt.

Der er derfor behov for dels at undersøge energibesparelsen ved skift fra CFL lysstofrør til dynamisk LED og dels for at se nærmere på hvordan dynamisk LED kunstlys påvirker patienter på hospitalerne. I den forbindelse er det vigtigt at undersøge for lys bivirkninger, lyskomfort, og om lyset viser sig at fremskynde bedring og måske mindske medicinforbrug, specielt vedrørende søvnpræparater.

Udgangspunktet for dette projekt er, at der på Psykiatrisk Center København (PCK) gennem mange år har været en stor interesse for virkningen af lys for patienter med depression. Herunder har afdeling O på PCK været pionerer indenfor anvendelse af lysterapi via lysterapilamper helt tilbage fra starten af 1990'erne, og denne interesse er fortsat gennem en række undersøgelser af forekomsten af vinterdepression (Dam et al., 1998, Madsen et al., 2011) og senere fokus på effekten af lys på ikke-sæson afhængig depression (Martiny et al., 2005) og som tillæg til andre fysiske behandlingsformer (chronotherapy) (Martiny et al., 2012). Forskningsgruppen New Interventions in Depression (Martiny, 2020) har sammen med netværket Daylight Academy (<https://daylight.academy>) publiceret omkring indvirkningen af lys på mennesker, samt hvad vi mangler af viden (Knoop et al., 2020, Münch et al., 2020, Münch et al., 2017).

Partnerne i dette projekt dannede i 2015 den tværfaglige interessegruppe *Light in Mental Health*, og vi har siden da planlagt og udført flere forskningsprojekter med fokus på, at undersøge effekten af lys på mental sundhed både på hospitaler, men også i omgivelserne og i hjemmet og på arbejdspladsen.

Det største fokus har dog været at forberede os på at PCK skal flytte til et nybygget stort hospital på Bispebjerg (Ny Psykiatri Bispebjerg, NPB) som forventes færdigt i 2025, og hvor det er besluttet

at anvende dynamisk LED kunstlys. Som forberedelse til dette har vi fundet det vigtigt at udforske energiforbrug og påvirkning af patienter i relation til belysning i nogle delforsøg, som primært er støttet af Elforsk.

I denne rapport omtales resultaterne fra et pilotprojekt med installation af LED kunstlys på 4 sengestuer på en sengeafdeling med patienter med depression (Volf et al., 2020c), og fra det efterfølgende projekt, hvor der er installeret dynamisk lys på 10 sengestuer i en nyrenoveret afdeling for patienter med depression (Volf et al., 2020a).

Som bilag til rapporten er dels en energiberegning der sammenligner det i afdelingen tidligere anvendte CFL lysstofrør med det nye dynamiske LED kunstlys, og dels en rapport der viser variationen af dagslys på de enkelte stuer og forskellen imellem stuer i forhold til deres geografiske orientering.

Elforsk har sideløbende støttet et projekt (350-050) som netop er afrapporteret, hvor vi har målt på lys og indeklima i en eksakt 1:1 mockup af de kommende sengestuer på NPB, en mockup som kan rotere, og hvor der er målt ved forskellige årstider, samt orienteringer og tider på døgnet (https://elforsk.dk/sites/elforsk.dk/files/media/dokumenter/2021-01/350_050_SLUTRAPPORT.pdf link til rapport for 350-050 sættes ind her).

Gennem disse projekter mener vi at kunne bidrage med viden og ny forskning i det nye NPB og på længere sigt i andre byggerier, forhåbentlig til gavn for miljøet, patienter, personale og beboere.

Vores mål er at kunne bidrage til en udvikling der fremmer et godt belysningsmiljø, både på hospitaler, og i det videre samfund, ved hjælp af intelligent styret kunstlys som kompenserer for de udfordringer der altid vil være i en bygning på grund af forskellige geografiske placering (f.eks. syd- versus nord-vendte rum) og skyggende bygninger udenfor. Vi håber at kunne udvikle systemer som kan efterligne det naturlige dagslys, som bedst muligt kan understøtte vores fysiologiske system herunder vores døgnrytmer, energi, søvn og humør.

Formål

Projektet er baseret på resultater fra et af vores tidligere projekter (Gbyl et al., 2016), som viste at patienter indlagt i sengestuer, med begrænset adgang til sollys (nordvest), havde en statistisk signifikant længere indlæggelsestid end patienter i stuer med adgang til sollys (sydøst) Der måltes

20 gange mere dagslys mod sydøst end mod nordvest ved jævndøgn. Derfor fokuserer det nuværende forskningsprojekt på at optimere belysningsforholdene på alle sengestuer med anvendelse af dynamisk LED kunstlys.

Det primære formål er at vurdere energibesparelsen ved at skifte fra CFL kunstlys til dynamisk LED lys.

Derudover er det formålet med projektet er at bidrage med konkret viden om hvordan energibesparende dynamisk LED-lys kan anvendes terapeutisk i psykiatrien.

På ansøgningstidspunktet var det planen at der skulle inkluderes i alt 130 patienter i ét enkelt klinisk forsøg. Vi valgte i stedet at starte med at teste funktionen og brugertilfredsheden af det nyudviklede dynamisk LED-kunstlys-system i et pilotprojekt med 15 patienter, hvor systemet blev monteret på sengestuer hos patienter indlagt med depression (Volf et al., 2020c). Derefter gik vi i gang med at inkludere patienter i et op-skaleret studie med LED-kunstlys-systemet monteret på 10 sengestuer, hvor vi undersøger den kliniske effekt af dynamisk versus statisk (standard) LED lys på bedring af depression, medicinforbrug og indlæggelsestid (Volf et al., 2020b). Dette studie er fortsat i gang med aktuelt 33 inkluderede patienter og der modtaget støtte fra andre fonde således at dette projekt kan inkludere i alt 130 patienter.

De specifikke formål i de to kliniske studier er således:

Pilotprojektet:

- At undersøge lyskomfort
- At måle på depression, livskvalitet og bivirkninger af LED lyset
- At monitorere LED systemets funktion
- At måle styrke- og farvesammensætning af det dynamiske og statiske lys

Effektstudiet

- At måle på effekten af dynamisk versus statisk LED lys på depressionsgrad
- At vurdere komforten af LED lyset
- At registrere medicinforbruget

- At måle kontinuert på dagslys og kunstlys på sengestuerne med dynamisk og statisk LED lys.

Proces

Projektgruppen bag Room-Light projektet baserer sig på et værdifuldt interdisciplinært samarbejde med lystekniske, teknisk udviklingsmæssige, og kliniske færdigheder. Room-Light projektet er således et godt eksempel på et forskningssamarbejde, hvor nye teknologi gennem forskning bliver afprøvet og tilpasset til implementering i klinikken.

Room-Light pilotprojektet startede i december 2017 og afsluttede sidste patient december 2018 og resultaterne blev publiceret i en international fagfælle bedømt (peer-reviewet) artikel i december 2019 (Volf et al., 2020c).

Sideløbende og baseret på resultaterne fra dette studie blev der justeret på det dynamiske LED kunstlys, og da der blev mulighed for at opskalere projektet valgte vi at udarbejde et klinisk effektstudie på en nyrenoveret afdeling hvor det dynamiske LED lys erstattede det eksisterende kunstlys på 10 sengestuer. I den forbindelse udarbejdede vi en artikel der beskriver designet i studiet og denne blev publiceret i et internationalt fagfælle bedømte tidsskrift (Volf et al., 2020b). Dette projekt inkluderede første patient maj 2019 og der er nu inkluderet 31 patienter.

Sammen med de sideløbende resultater fra det Elforsktøttede projekt (350-050) som målte på lys og indeklima i en roterbar 1:1 mockup af en kommende sengestue på NPB er det planen at bruge vores viden til at rådgive og forske i kunstlys og indeklima i det nye NPB.

Metode

Begge kliniske projekter anvender et anerkendt forskningsdesign, som er udarbejdet i samarbejde med Copenhagen Trial Unit, som også har udarbejdet det elektroniske system hvori data bliver indtastet (OpenClinica). Forskningsdesignet anvender en tilfældig fordeling af deltagerne til en af to grupper. I begge projekter blev/bliver deltagerne således tilfældigt fordelt til enten statisk LED-kunstlys eller dynamisk LED-kunstlys. I pilotprojektet blev/bliver patienterne fulgt i 4 uger med ugentlig vurdering, med skalaer der måler på søvn og depression og visuel komfort og bivirkninger. Depressionsgraden blev/bliver målt blindet, dvs. af en undersøger ikke ved hvilken gruppe

patienten er/var i.

Lysinstallationen er integreret således at den erstatter den vanlige rumbelysning og kan fungere både i en statisk og en dynamisk tilstand. I pilotstudiet erstattede LED lyset CFL lysstofrør. I hvert patientrum blev der monteret 2 loftslamper, en væg/læselampe, og et særligt udviklet stort LED panel som blev indbygget i vindueslysningen, som kun var tændt i den aktive gruppe der var valgt ud til dynamisk lys. I begge grupper kunne lamperne tændes og slukkes efter behov af patienterne på nær det indbyggede LED panel, som i den dynamiske gruppe lyste fra klokken 06 til 18.

Det statiske lys svarer til LED lys på en vanlig hospitalsstue og er konstant i intensitet og farve hele døgnet med en farvetemperatur på 3000 K. Det dynamiske lys starter med svag intensitet om morgenen og stiger i intensitet til et maksimum ved middagstid og aftager så igen i intensitet hen mod aftenen hvor det ved sengetid er ganske svagt, men dog tilstrækkeligt til at man kan orientere sig. Der er indbygget en mulighed for at skifte til statisk lys ved akut behov for mere lys på stuen. Farven på lyset skifter fra 1800K til 5500K fra morgen til midt på dagen og falder så igen til 1800K ud på aftenen, hvor lyset er ravfarvet og med meget lidt blåligt lys for at undgå søvnproblemer.

Lyset er designet ud fra de nyeste forskningsresultater vedrørende øjets og hjernens reaktion på lys, som har vist at meget blå lys om morgenen kan medføre en tidligere søvn, men meget blå lys om aftenen kan give problemer med at falde i søvn, og for sen søvnrytme. Samtidig har vi ønsket at give ekstra intensitet af lyset midt på dagen for at efterligne dagslysets cyklus. LED panelet i vinduet mimer sollysindfald og giver lys svarende til solopgang og solnedgang og er tænkt som et signal til en blid opvågning og gradvis aktivering. På sammen måde skifter lysintensitet og farvetemperatur i de øvrige lamper om aftenen med til at forberede søvnen ved at skifte til gradvist svagere og mere ravfarvet lys.

Idéen med lysstyringen er således at styre døgnrytmen så man sover om natten og er vågen om dagen. Samtidig skal den øgede intensitet om dagen virke antidepressivt og give mere energi.

I begge projekter var/er der monteret flere lyssensorer i rummene som målte kontinuert på lysintensitet og sammensætning af bølgelængder fra LED lamperne og på dagslys fra vinduet.

Resultater

Pilotstudiet inkluderede de planlagte 15 patienter til de to grupper, og resultaterne viste at en del patienter ikke fuldførte projektet fordi de blev udskrevet før tid. Ingen patienter stoppede studiet på grund af gener fra lyset, og 78 % af patienterne i gruppen med dynamisk lys var tilfredse med belysningen mod 72 % i gruppen, der fik statisk belysning. Patienterne havde moderat depression og der fandtes ingen forskel mellem de to grupper i forløbet. Graden af selvmordstanker var stabilt i begge grupper. Der var ingen udvikling af mani hos nogle patienter. Patienterne var i deres rum ca. 8 timer om dagen (fra 06-24). De fleste patienterne i den dynamiske gruppe udtrykte tilfredshed med lyset fra vinduespanelet (77% -87% vurderet gennem dagen), og få oplevede blænding. Lysstyringssystemet fungerede 100 % mens sensorerne ikke kunne måle lyset tilstrækkeligt på grund af for lav sensitivitet.

Samlet viste forsøget at det var muligt at erstatte CFL lysstofrør med LED, med høj tilfredshed i begge grupper og med meget få bivirkninger, herunder ingen påvirkning af søvnen. Der var særlig høj tilfredshed med det dynamiske lysarmatur, indbygget i vindueslysningen. Det dynamiske LED system fungerede perfekt, mens lyssensor metoden skal udvikles. Flere detaljer fra studiet kan ses i (Volf et al., 2020c).

Effektstudiet er i gang og har som nævnt tidligere inkluderet 31 patienter. På grund af det blindede design kan vi ikke rapportere nogle resultater fra projektet på nuværende tidspunkt.

Det kan anføres, at vi på baggrund af resultaterne i pilotstudiet valgte at justere på det dynamiske lys i den aktive gruppe, så der nu er en lidt højere intensitet midt på dagen og lidt mindre intensitet om aftenen.

Energirapporten i Appendix 2 sammenligner CFL lysstofrør monteret med og uden reflektor (for at reducere blænding) med dynamisk LED kunstlys. Den oprindelige CFL belysning var monteret med reflektor for at reducere blænding. Rapporten viser at der ved brug af dynamisk LED belysning er opnået en reduktion i effektforbruget på ca. 76 % i forhold til den eksisterende CFL belysning med reflektor (samt på ca. 28 % i forhold til CFL belysning uden reflektor) på hospitalet. Desuden viser målingerne at der er en langt bedre farvegengivelse ved det dynamiske LED kunstlys i forhold til den oprindelige CFL belysning. Farvegivelsen har formentlig en stor betydning for patienter med

depression som i forvejen har kognitive forvrængninger i retning af at bedømme sig selv og omgivelser negativt. Dette er dog ikke undersøgt nærmere i dette studie.

Lysmålingsrapporten i Appendix 3 illustrerer på tydelig vis at dagslysforholdene i bygningen er væsentlig forskellige på mange parametre. Dels er der betydende forskelle på intensiteten af dagslyset hvad angår rummets geografiske placering i bygningen, samtidigt er fordelingen af lysintensiteten også forskellig i løbet af dagen. Endelig viser målingerne, at der i selve rummene er betydelige forskelle, med mere lys nær vinduet end inde i rummet hvilket indikerer at placeringen af møbler, og hvor man opholder sig i rummet, kan være af betydning for hvor meget lys patienten får. Endelig viser rapporten at omgivende bygninger influerer på dagslyset i rummene.

Effekten af resultater

Resultaterne fra Room-Light pilotstudiet viser at det var muligt at introducere et dynamisk LED system til erstatning af de etablerede CFL lysstofrør i patient rum på en psykiatrisk sengeafdeling. Lystilfredsheden er høj og systemet fungerer upåklageligt. Forsøget er for lille til at konkludere noget om effekten på søvn og depression, men hvis der havde været alvorlige bivirkninger ville det have vist sig. Der er bemærkelsesværdig høj tilfredshed, både på spørgeskemaer og via kommentarer, med de indbyggede LED paneler i vindueslysningen, og det repræsenterer hvad vi kalder en *natural mimicking*, altså en bevidst efterligning af et naturligt forekommende fænomen - et sollysfald - i naturen som vi "trækker" ind i bygningen. LED panelet skal det illudere solopgang så der selv på en regnfuld, mørk vinterdag på en psykiatrisk afdeling alligevel kommer mindelser om solen der står op – måske et lille håb (Fig. 1).



Fig 1. Billedet til venstre viser hvordan LED panelet bygget ind i vindueslysningen efterligner sollys refleksion. Billedet til højre viser naturligt sollys refleksion på væggen.

Vi ser frem til resultaterne fra det igangværende Room-Light effekt studie som indtil videre kører problemløst. Der udestår at måle intensitet og farve (bølgelængde sammensætning) og dette vil blive gjort i det kommende år når en teknisk løsning kan implementeres.

Energirapporten bekræfter energigevinsten ved skift fra CFL lysstofrør til LED lys og viser samtidigt potentialet i en betydelig bedre farvegenkendelse, som vi mener er af stor betydning for patienterne.

Lyssensorrapporten bekræfter de betydelige forskelle der er i dagslys i forskelligt placerede rum i en bygning og dets vekslen gennem dagen og påvirkningen af omgivende byggeri. Her har vi endda hverken taget årstiderne i betragtning eller etage. Begge faktorer har også stor indflydelse på dagslys.

Videre anvendelse af resultater

Der udestår nu et stort forskningsmæssigt og teknisk udviklingsarbejde med at optimere lyssetning og ikke mindst at udvikle systemer der tillader individuel tilpasning af belysningen. Patienter har væsentlig forskellig døgnrytme og lyssensibilitet og en individuel tilpasning per stue måske i form af dynamiske lysscenarier er en oplagt udviklingsmulighed.

Endemålet er at undgå dårligt belyste rum i en bygning og at tilpasse belysningen så det giver en sundhedsfremmende påvirkning på den person som bruger rummet.

Vi vil bruge vores resultater fra projekterne til at rådgive omkring belysning på NPB hvor vi er officielle forskningspartnere. Der vil også blive lavet nye forsøg på NPB med dynamisk lys og indsamlet mere viden i en videre undersøgelse hvor vi ser på det samlede indeklima.

Appendix 1: formidlingsaktiviteter

Publikationer:

Volf C, Aggestrup AS, Petersen PM, Dam-Hansen C, Knorr U, Petersen EE, Engstrøm J, Jakobsen JC, Hansen TS, Madsen HØ, Hageman I, Martiny K. Dynamic LED-light versus static LED-light for depressed inpatients: study protocol for a randomised clinical study. *BMJ Open*. 2020 Jan 26;10(1):e032233. doi: 10.1136/bmjopen-2019-032233. PMID: 31988225; PMCID: PMC7045110.

Link til elektronisk udgave:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7045110/pdf/bmjopen-2019-032233.pdf>

Volf C, Aggestrup AS, Svendsen SD, Hansen TS, Petersen PM, Dam-Hansen C, Knorr U, Petersen EE, Engstrøm J, Hageman I, Jakobsen JC, Martiny K. Dynamic LED light versus static LED light for depressed inpatients: results from a randomized feasibility trial. *Pilot Feasibility Stud*. 2020 Jan 15;6:5. doi: 10.1186/s40814-019-0548-9. PMID: 31956421; PMCID: PMC6961285.

Link til elektronisk udgave:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6961285/pdf/40814_2019_Article_548.pdf

Dam-Hansen, C., Thorseth, A., Volf, C., Hansen, T. S., & Martiny, K. (2018). "Spectrometric Instrumentation for in Situ Monitoring of Spectral Components in Dynamic Lighting Scenarios." Abstract from CIE Expert Tutorial and Workshop on Research Methods for Human Factors in Lighting, Copenhagen, Denmark.

Poster:

Volf C, Aggestrup AS, Dam-Hansen C, Petersen PM, Hansen TS, Jacobsen J, Engstrøm J, Djurisic S, Petersen EE, Svendsen SD, Knorr U, Hageman I, Martiny K. ROOM-LIGHT: Dynamic LED-light for inpatients with depression – a randomised feasibility study. Presented at the Danish Psychiatric Society's annual meeting 2019 and SLTBR annual meeting Chicago.

Room-Light projektet er derudover formidlet via artikler på Region Hovedstadens Intranet i 2017, på Videnskab.dk i 2017, i Samvirke i 2018, og på Region Hovedstadens Hjemmeside i 2020. Desuden omtalt i podcast på videnskab.dk i 2020. Derudover flere interviews til radio og TV.

Appendix 2: Energianalyse

Energianalyse for udskiftning af lysstofrør til LED døgnrytmelys på Psykiatrisk Center København

I 2017 startede Psykiatrisk Center København med Room-light projektet udskiftningen af belysningen på patientsengestuerne fra kompaktlysstofrør (CFL) til døgnrytmebelysning baseret på LED teknologi. Målet med overgangen til døgnrytmebelysning var at reducere patienternes depression, indlæggelsestid og medicinforbrug.

Videnskabelige undersøgelser på Psykiatrisk Center København afdeling O har tidligere vist at dagslys kan forkorte indlæggelsestiden for patienter. Fremkomsten af intelligent LED teknologi har gjort det muligt tilnærmelsesvist at efterligne dagslysets spektrale og tidsmæssige fordeling. Døgnrytmebelysningen, som blev installeret på Psykiatrisk Center København, benytter denne nye dagslys LED teknologi som har til formål at understøtte patienterne døgnrytme.

Nærværende rapport indeholder en beskrivelse af energibesparelseperspektivet ved udskiftning af lysstofrør (CFL) til døgnrytmebelysning med intelligent LED teknologi, som er udviklet i "Room-light" projektet i et samarbejde mellem parterne. Det er velkendt, at LED teknologi er energibesparende i belysningsanvendelser. I denne rapport viser vi, at det er muligt at benytte dynamisk LED belysning i form af døgnrytmebelysning som samtidigt giver store energibesparelser i forhold til belysningsteknologi baseret på lysstofrør.

Det er målet med projektet at bidrage med konkret viden om hvordan dette energibesparende dynamiske LED-lys kan anvendes terapeutisk i psykiatrien. Vi forsøger at besvare forskningsspørgsmål om effekten af dynamisk LED-kunstlys på mennesker indlagt med depression i forhold til statisk belysning. Specifikt undersøges om patienter med depression får en kortere indlæggelse, hurtigere bedring og ændret medicinforbrug.

Analyse og målinger på eksisterende CFL-belysning

På en af opholdsstuerne på Psykiatrisk Center København er den oprindelige belysning baseret på lysstofrør endnu ikke udskiftet (december 2020) og i denne rapport har vi benyttet denne opholdsstue som reference for belysningen før udskiftningen. Opholdsstuen er



Figur 1 Opholdsstue med den oprindelige belysning baseret på lysstofrør.

vist i Figur 1. Den oprindelige belysning på Psykiatrisk Center København var baseret på Osram Dulux L 55W 830 som er en varm hvid effektiv kompaktlysstofrør. Lysstofrøret har tidligere været meget benyttet til indendørsbelysning, fordi det bl.a. giver energibesparelser

(a)



(b)



Figur 2. Nærbilleder af lysarmaturet på opholdsstuen. (a) Armaturet indeholder en reflekterende skærm som dels dæmper det direkte lys og dels reflekterer lyset tilbage således at der opnås et behageligt diffust spredt lys. (b) Armaturet uden den reflekterende skærm. Det ses, at der kommer betydelig blænding fra belysningen som kan virke generende for personale og patienter.

og øget indretningsfrihed. Lysstofrøret bruger 55 W og har en effektivitet på 87 lm/W. I figur 2 ses et nærbillede af armaturet. Der er placeret en afskærmning (fig. 2 (a)) over lysstofrøret som har til formål at reducere blændingen fra det direkte lys fra lysstofrøret.

Et vigtigt mål for hvor meget lys lysstofrøret udsender er dens lysstrøm. En lyskildes lysstrøm angiver det samlede lys fra en lyskilde og den måles i SI enheden lumen (symbol: lm) og belysningsstyrken måles i lux eller lumen pr. m². Lyskilders effektivitet måles i lumen pr. watt (lm/W), som er et udtryk for effektforbruget for lyskilden i forhold til lysstrømmen. Måling af energieffektiviteten i lumen pr. watt blev udført med et håndholdt spektrometer MK350 UPRtek. Måling blev efterfølgende korrigeret ved at sammenligne lux værdierne med et kalibreret luxmeter, RadioLux 111 fra PRC-Krochmann. Lysarmaturet blev målt i 21 positioner ved udgangsplanet og herved blev den totale lysstrøm bestemt til:

$$\Phi_{tot} = 1552 \text{ lm}$$

Effektforbruget for lysstofrøret er 55 W, og derfor er effektiviteten af belysningen:

$$1552 \text{ lm}/55 \text{ W} = 28.2 \text{ lm/W}$$

Hvis armaturet benyttes uden reflektoren som vist i Figur 2(b) forekommer der betydelig blænding fra belysningen hvilket kan være generende for personale, besøgende og patienter. I denne tilstand opnås imidlertid en væsentlig større energibesparelse fordi effektiviteten kan være helt op til 87 lm/W.

Ud over energieffektiviteten for lyskilden er det vigtigt at bestemme lyskildens farvegengivelse og farvetemperatur. Lyskildens farvegengivelse udtrykkes ved Ra-indekset, som angiver lyskildens evne til at gengive farver på belyste genstande. På engelsk benævnes Ra-indekset CRI som er forkortelse for Colour Rendering Index. Farvegengivelsen måles i forhold til farverne i en

referencebelysning, eksempelvis en glødepære eller dagslyset. Ved målinger benyttes otte standardiserede farver, og ved fuldstændigt sammenfald har lyskilden et farvegengivelsesindeks (Ra-indeks) på 100. Hvidt lys, som udsendes fra en lyskilde, har en farvetone som angiver om lyset er koldt (blåligt) hvidt eller varmt (rødtligt) hvidt, som kendes fra en solnedgang. Den korrelerede farvetemperatur knytter sig til lyskildens farvetone og angives som CCT (Correlated Colour Temperature) med enheden Kelvin (K). Farvetemperaturen bestemmes ved at sammenligne farveindtrykket fra lyskilden med farveindtrykket fra et opvarmet sort legeme. Når lyskilden og det sorte legemes farver er ens, registreres det sorte legemes temperatur i Kelvin, og lyskilden siges at have den pågældende korrelerede farvetemperatur. En høj farvetemperatur svarer til blåligt hvidt lys og en lav farvetemperatur svarer til rødtligt hvidt lys.

I Figur 3 er målt lyskildens farvetemperatur, Ra-værdi (CRI), belysningsstyrke samt lyskildens spektrum. Som det fremgår af Figur 3 så har CFL-lyskilden en behagelig farvetemperatur på 2760 K, men til gengæld har den en dårlig farvegengivelse med en Ra-værdi på kun 81. Herved opnås ikke en god farvegengivelse i lokalet hvor lyskilden er opsat.

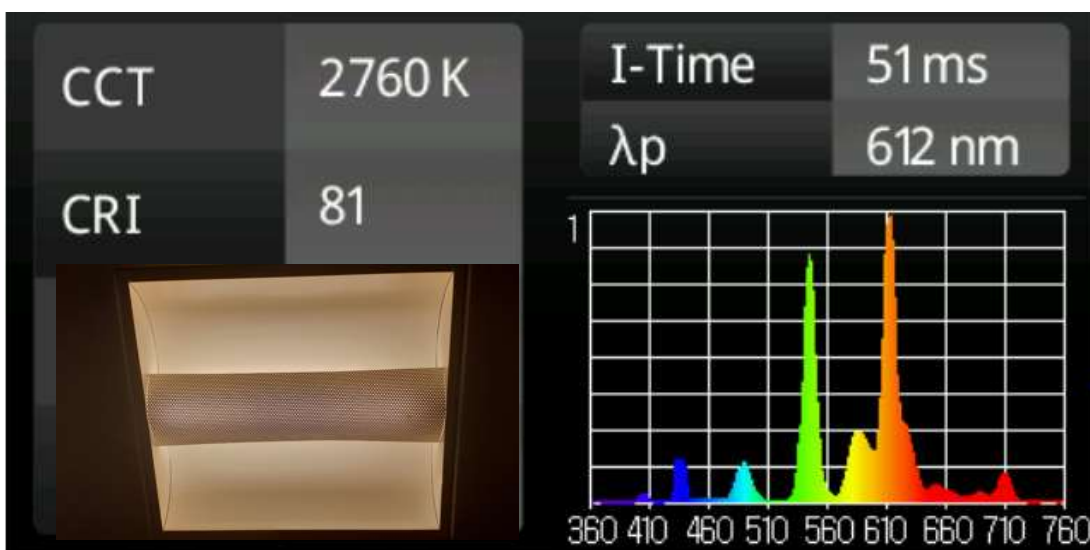


Fig. 3. Måling af farvetemperaturen K, (colour rendering index - CRI), belysningsstyrken samt lyskildens spektrum. Lyskildens farvetemperatur er 2760 K og farvegengivelsen er 81.

Spektret for belysningen er også vist i Figur 3. Det ses, at der for CFL lysstofrør er tale om spektrale linjer med huller i spektret. Problemet med disse huller i spektret er dels at man ikke kan se den

pågældende farve, dels at lyset ikke giver en optimal behandling af patienter fordi der mangler vigtige bølgelængder i lyset som skal påvirke patienternes døgnrytme.

Analyse og målinger på ny LED døgnrytmebelysning

LED teknologien, som i dag benyttes til belysning, er enten baseret på blå lysdioder med fosforescerende stoffer eller lysdioder som udsender hvidt lys ved hjælp af farvede lysdioder. Fordelen ved teknologien med fosforescerende stoffer er at den er simpel, fordi den kun anvender én lysdiode. Fordelen ved hvidtlys-kilder baseret på farveblanding er, at farvetemperaturen kan varieres og man kan opnå en høj Ra-værdi.

LED-belysning har de seneste år gennemgået en afgørende udvikling hvor de nu kan udsende stor lysstrøm med en meget høj energieffektivitet. Ud over energibesparelserne udmærker LED sig ved en meget lang levetid – op til 50.000 timer. Den høje energieffektivitet samt den lange levetid peger direkte mod udvikling af nye grønne lysteknologier baseret på LED.

I Room-light projektet er der udviklet en ny dynamisk kontrolleret LED-belysning til sengestuerne på Psykiatrisk Center København. Det udviklede lys er baseret på den spektrale fordeling af sollys registreret i et tidligere for-projekt, og det bruges på Psykiatrisk Center København til at forbedre og optimere depressive patienters.

Det terapeutiske intelligente LED lys følger dagslysets naturlige variation udenfor med solopgang om morgenen, intenst lys midt på dagen med høj farvetemperatur og lav farvetemperatur om aftenen. Målet er at genskabe de gavnlige effekter af det naturlige



Fig. 4. Særligt udviklet loftarmatur med intelligent LED baseret døgnrytmebelysning

dagslys, herunder balancen mellem den blide morgen, det kraftige dagslys med mange blå toner og det gyldne aftenlys fra solnedgang og mørke om natten. I Figur 4 er vist et loftarmatur med intelligent LED baseret døgnrytmebelysning.

I projektet udvikledes særlige lysarmaturer i samarbejde med Chromaviso. Armaturerne, som er vist i Figur 5 på en sengestue, består af to forskellige typer armaturer, henholdsvis et armatur som gengiver sollys og som er indbygget ved vinduespartiet og et armatur som giver dynamisk døgnrytmebelysning, placeret i loft og ved seng. Alle armaturerne er udformet med nye former og materialer for at opnå en arkitektonisk helhed og skabe et mere hjemligt udtryk og et behageligt lys uden blænding og flicker.

(a)



(b)



(c)



Fig. 5 Patientstuer på Psykiatrisk Center København med (a) dagslys fra vinduet, (b) døgnrytmebelysning i loftet og i væggen. (c) Det særligt udviklede LED lyspanel som ligner sollysindfald/en solstråle.

Det dynamiske lys er beskrevet i en lysprotokol som er tilpasset psykiatriske diagnoser, adfærd og afdelingens rytme. Lysprotokollen angiver det nøjagtige samspil mellem intensitet, farvespektrum,

timing og varighed, afhængigt af tidspunkt på døgnet. Det betyder, at lyset bliver et tidssignal til patienterne om at være friske om dagen og sove om natten. Det styrker deres døgnrytme og øger deres fornemmelse for tid.

I nedenstående tabel er vist en oversigt over døgnrytmebelysningen for projektet i nogle repræsentative alternativer. Målingerne i tabellen viser energiforbrug og effektforbrug pr. døgn i en brugercyklus hvor der er tændt om morgenen og eftermiddag/aften samt en smule om natten. Det ses at gennemsnits effektforbruget for en typisk brugercyklus (dynamic styring) med lys tændt i loft og på væg er 18 W (angivet med fed skrift i tabellen).

24h Cyklus						
	Energiforbrug	Effekt	Indeks	Lysarmaturer		
	Wh	W		Lofsarmatur	Vægarmatur	Sollys-panel
DYNAMISK STYRING - Optimeret intervention med Projektets LED armaturer	531	49	100 %	✓	✓	✓
DYNAMISK STYRING - optimeret intervention med Projektets loft- og væg LED armaturer	202	18	38 %	✓	✓	
STATISK – kontrol Projektets LED armaturer	253	27	48 %	✓	✓	
STATISK - Dæmpede LED armaturer	310	34	58 %	✓	✓	
STATISK – CFL armaturer	449	49	85 %	✓	✓	
STATISK – Eksisterende CFL armaturer før Projektet	606	64	114 %	✓	✓	
STATISK - Standard LED armaturer	497	51	94 %	✓	✓	

Tabel 1. I tabellen er angivet energiforbrug for en typisk patientstue på Psykiatrisk Center København. Der vises både forbrug for et helt døgn med lyset tændt 24 timer og for en brugercyklus hvor patienten sover fra 23:00 til 7:00. Energiforbruget er angivet for forskellige kombinationer af tændt lys i loft, på væggen og i vindueskarmen.

Disse 18 W kan sammenlignes med det typiske elektricitetsforbrug der vil være på en patientstue med 2 lysstofrør. Hvis disse lysstofrør er tændt i 14 timer i døgnet, vil det gennemsnitlige effektforbrug være 64 W (markeret med fed skrift i tabellen) hvilket viser at den nye LED belysning

har et langt lavere effektforbrug. I rapportens konklusion er der givet en mere korrekt sammenligning hvor der er taget højde for at den samlede lysstrøm i patientstuen er den samme for både LED belysning og lysstofrør-belysning.

I Figur 6 er angivet døgnrytmebelysningens farvetemperatur, farvegengivelse samt spektrum. Det ses, at farvetemperaturen er 3040 K for den pågældende indstilling. Farvegengivelsen har en CRI-værdi på 95 hvilket betyder, at den nye LED belysning gengiver farverne i patientstuen samt patienternes hudfarve langt bedre end CFL belysningen med Ra-værdien på 81. Endvidere ses det, at spektret er langt mere jævnt fordelt over alle synlige bølgelængder, hvilket har stor betydning for patientbehandlingen. Spektret kan endvidere programmeres efter en protokol der styrker patienternes døgnrytme med meget blå lys tidligt på dagen og mere rødt lys senere på dagen.

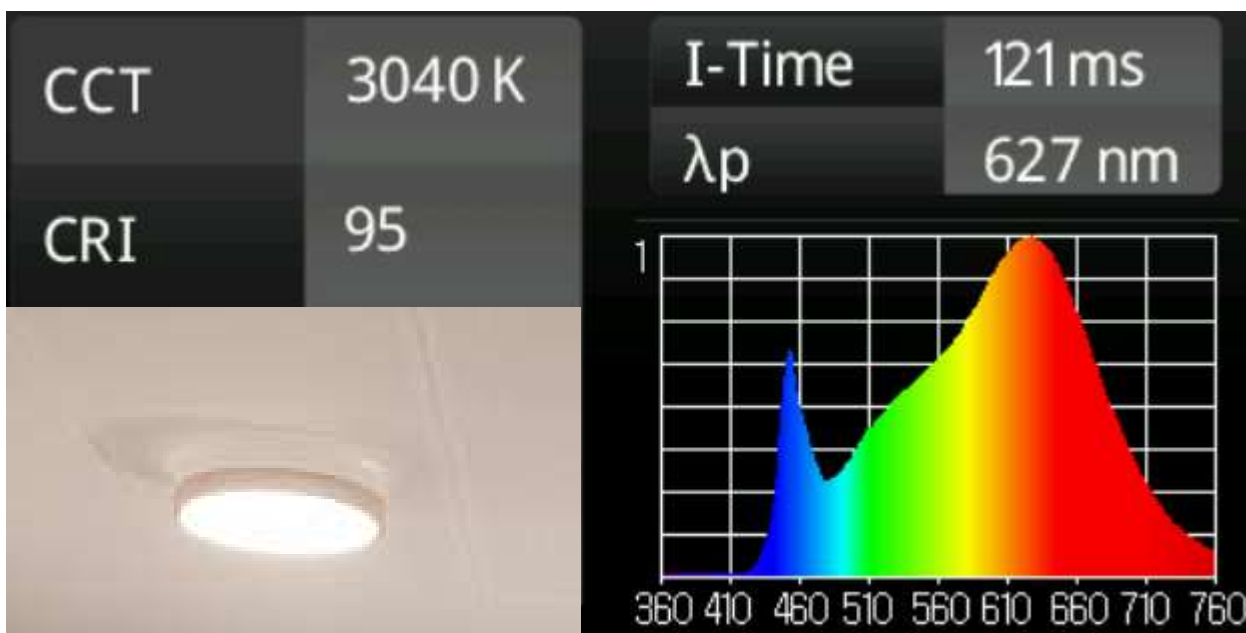


Fig. 6 LED døgnrytmebelysningens farvetemperatur, farvegengivelse og spektrum.

Samlet må vi konkludere, at LED døgnrytmebelysningen giver et signifikant lavere elektricitetsforbrug samt en betydelig bedre lyskvalitet end ved brug af CFL lysstofrør.

Samlet energianalyse for udskiftning af CFL-belysning til LED døgnrytmebelysning

Den nye døgnrytmebelysning baseret på LED teknologi har et typisk gennemsnitligt effektforbrug på 18 W for en brugerdefineret døgnrytme cyklus på en sengestue med loftbelysning og vægbelysning. Belysningen benytter højeffektive lysdioder som inklusiv tab i armaturet har en effektivitet på 120 lm/W hvilket er væsentlig højere end den tidligere lysstofrørsbelysning som havde en effektivitet på 28.2 lm/W i den implementering som faktisk var benyttet på Psykiatrisk Center København baseret på Duluxrør og en reflektor (vist i Figur 2 (a)). Den maksimale effektivitet for disse lysstofrør er 87 lm/W i en konfiguration med generende blænding. Endvidere har LED belysningen også væsentlig bedre farvegengivelse end belysningen fra lysstofrøret.

Man kan sammenligne forskellige belysningers energieffektivitet ved at beregne hvor meget elektrisk energi i kWh belysningen bruger for at udsende en Megalumentime.

Denne energi er:

$10^6 \text{ lm h} / 28.2 \text{ lm/W} = 35.5 \text{ kWh}$ for den oprindelige belysning baseret på lysstofrør med afskærmning

$10^6 \text{ lm h} / 87 \text{ lm/W} = 11.5 \text{ kWh}$ for optimal energieffektiv lysstofrør uden afskærmning

$10^6 \text{ lm h} / 120 \text{ lm/W} = 8.3 \text{ kWh}$ for den nye døgnrytmebelysning baseret på LED teknologi

Dette betyder, at udskiftningen af belysningen med lysstofrør til døgnrytmebelysning har betydet en reduktion i effektforbruget for at udsende en given mængde lys på ca. 76 % i forhold til den faktiske gamle belysning på hospitalet samt på ca. 28 % i forhold til CFL uden blændingsreducerende reflektor.

Ovenstående viser, at det er muligt at benytte intelligent dynamisk LED belysning i form af døgnrytmebelysning som samtidigt giver energibesparelser til elektricitet i forhold til CFL-belysningsteknologi.

Rapporten forholder sig udelukkende til energibesparelser i forhold til elektricitetsforbrug, og den forholder sig ikke til levetiden, vedligeholdelsesomkostninger eller indkøbsprisen for lyssystemerne.

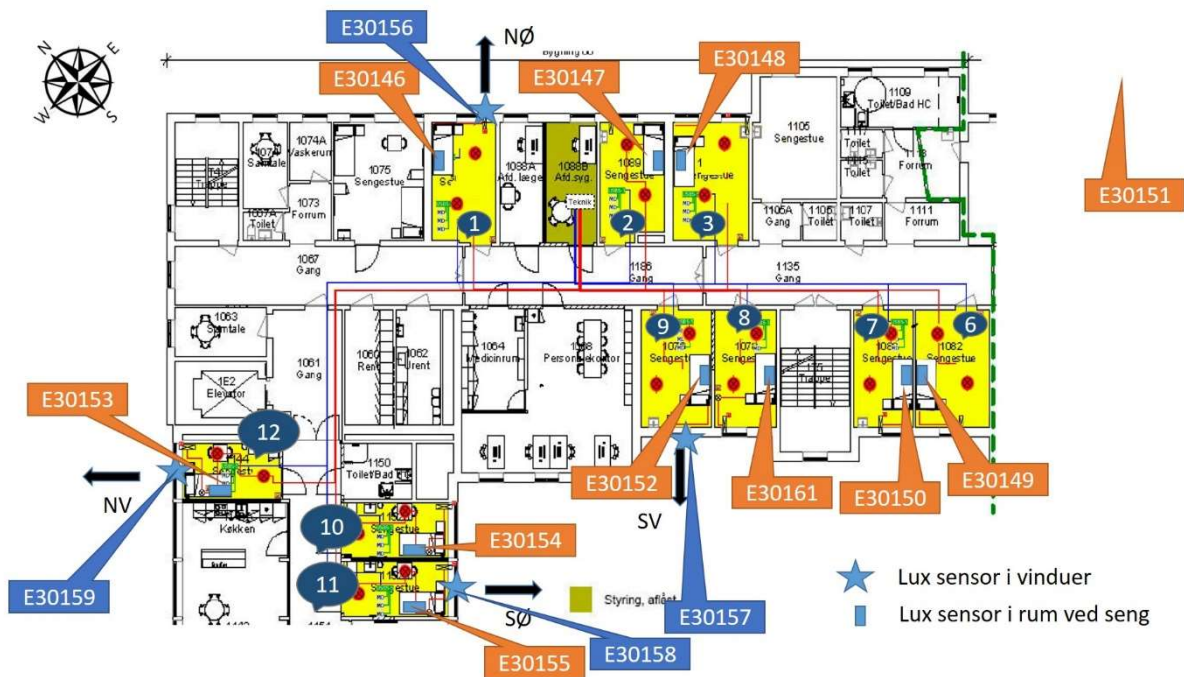
Appendix 3: Lyssensorrapport

Der er opsat sensorer til at måle belysningsstyrken eller illuminans vertikalt ved sengen i de enkelte stuer og til at måle belysningsstyrken vertikalt på vinduer i alle fire hovedretninger. Målingerne og beskrivelsen af disse er koncentreret omkring dagslysets variation og det tilgængelige dagslys i de enkelte stuer som funktion over tid.

Der er i alt opsat 14 sensorer af typen wireless tag pro ALS, der måler illuminans, temperatur og relativ fugtighed. Der er en sensor i hver stue placeret over sengen i en højde på ca. 1.80 m over gulv og ca. 1-1.5 m fra ydervæggen. I de fleste rum er sengesensoren opsat således at den ikke registrerer lyset fra sengelampen, men fra alle andre lamper. I enkelte rum vil den dog også kunne registrere sengelampen, hvor de er opsat på ydervæggen. I tidsrummet for målingerne har LED lyset i stuerne dog ikke altid været tændt.

Der er yderligere opsat 4 sensorer i de fire hovedretninger for hele afsnittet. De er sat op således at de registrerer dagslysindfaldet og er fortrinsvist monteret således at de ikke medtager bidrag fra vinduesarmaturet.

En oversigt over afsnittet og de i projektet relevante stuer er vist på Figur 1. Her er placering af sensorer med DTU Fotonik Equipment (E3xxxx) numre vist.



Figur 1 Plan over afsnit med nummerering og placering af lyssensorer i de enkelte stuer.

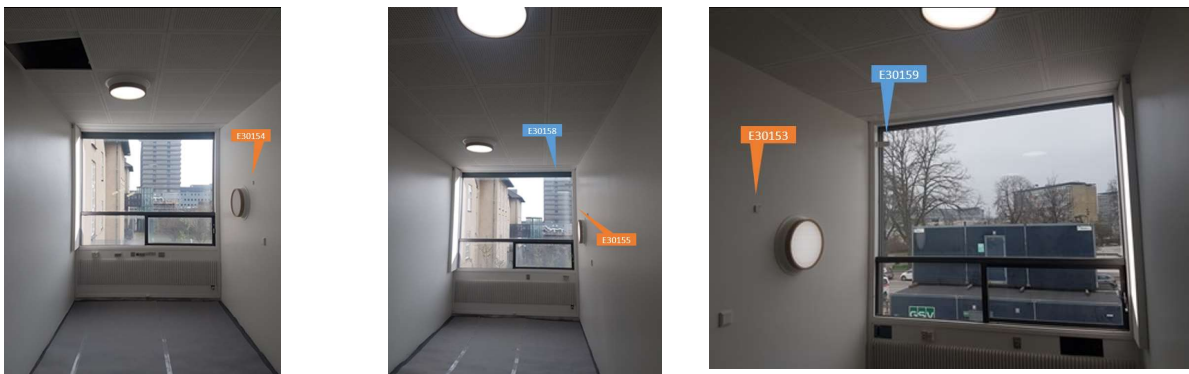
På hele afdelingen er der i alt tre nord-øst vendte stuer hvor sensorer er placeret som vist i Figur 2. Der er fire syd-vest vendte stuer og sensorernes placering i disse er vist på Figur 3, og to syd-øst vendte stuer, som vist på Figur 4, der også viser den ene nord-vest vendte stue.



Figur 2 Placering af sensorer på de NØ vendte stuer, fra venstre stue 1, 2 og 3.



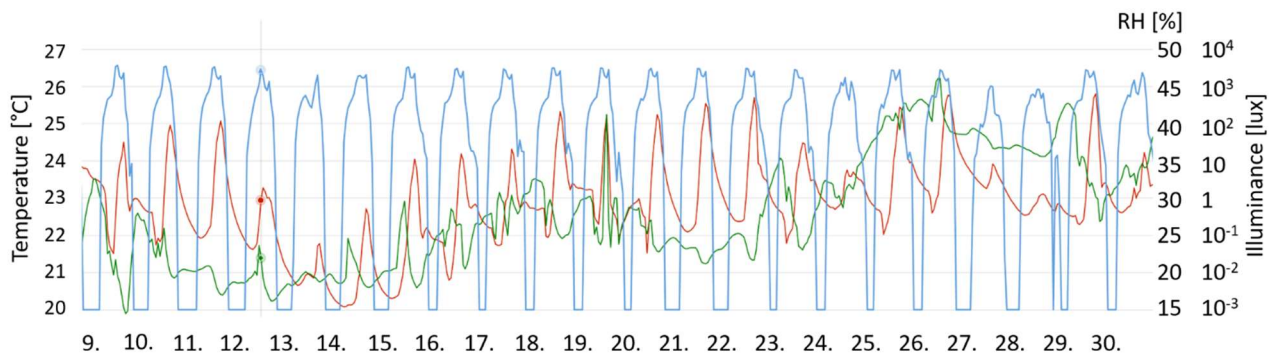
Figur 3 Placering af sensorer på de SV vendte stuer, fra venstre stue 6, 7, 8 og 9.



Figur 4 Placering af sensorer på de SØ vendte stuer, fra venstre stue 10 og 11, og i NV vendt stue 12 til højre.

Der er installeret to wireless tag managers til kontrol af de mange trådløse sensorer. En i rummet ved siden af stue 2. og en over loftpladerne på gangen udenfor stue 10.

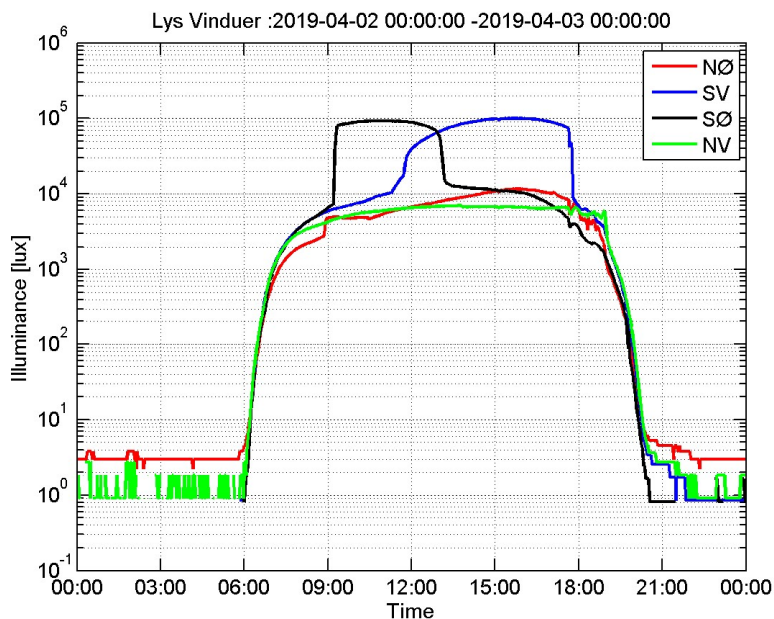
Der er foretaget lysmålinger i april og maj måned 2019 med en opløsning på 1 minut. Alle målinger er fra før stuerne blev taget i brug og der ikke var monteret gardiner. Et eksempel på de rå data som er tilgængelige via web-app er vist på Figur 5 for perioden 9. april til den 30. april 2019.



Figur 5 Rå data fra wireless tag E30161 som funktion af tid fra den 9. til den 30. april, ved seng i stue 8. Blå kurve viser illuminans på logaritmisk skala yderst til højre, rød kurve viser temperatur med skala til venstre og grøn kurve den relative fugtighed med skala inderst til højre.

Det ses at i denne syd-vest vendte stue kommer illuminansen op på ca. 3000lux Temperaturen ses at variere imellem 20 og 25 °C og følger solindfaldet.

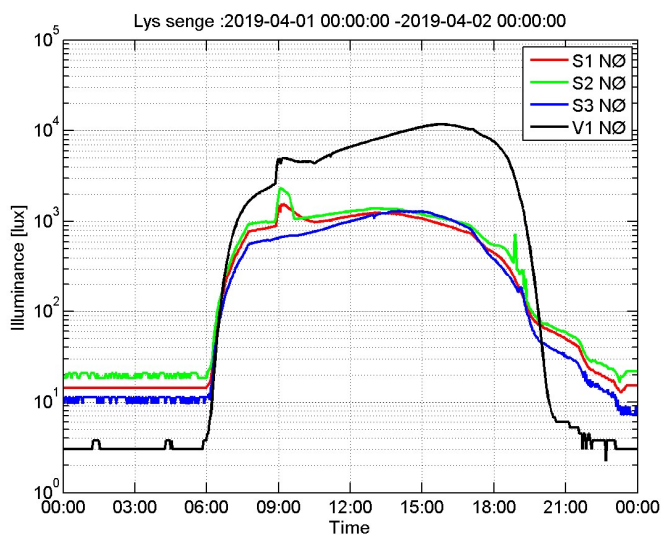
På Figur 6 er vist den målte vertikale illuminans på de fire vindues monterede sensorer svarende til de fire hovedretninger for bygningen. Dette er for et døgn den 2. april 2019.



Figur 6 Målt vertikal illuminans på vinduer i de fire hovedretninger som funktion af tid over et døgn den 2-4-2019

Det ses ud fra de målte kurver at være en dag med sol fra en klar skyfri himmel. Heraf ses det at lys niveauet er lavest i de nord-øst og nord-vest vendte vinduer. Klokken 9 ses en lille stigning for

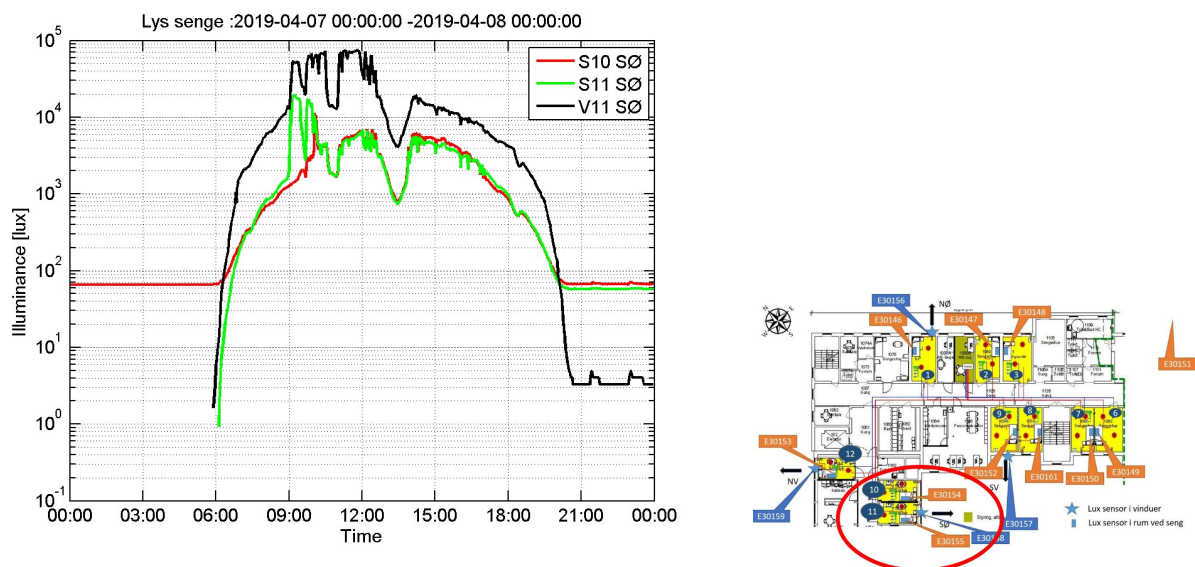
det nord-øst vendte vindue og lige herefter en kraftig stigning for det syd-øst vendte. Disse hurtige ændringer sker som følge af bygningerne i forhold til solens placering. For det syd-øst vendte vindue kommer solen ind fra klokken 9.15-13, med målt illuminans op til 95.000lux. For det syd-vest vendte vindue er solindfaldet fra klokken 12-17.30, hvor det igen afskæres af bygningerne. Her opnås maksimale værdier for illuminansen på 100.000lux omkring kl. 16. I det følgende ses på den daglige variation af lyset ved sengene i de enkelte stuer i relation til det på vinduerne målte lys. På Figur 7 er vist en måling over et døgn for de tre nord-øst vendte stuer.



Figur 7 Målt vertikal illuminans i NØ vendte stuer, ved sengen i stue 1 (rød kurve), ved sengen i stue 2 (grøn kurve), ved sengen i stue 3 (blå kurve) og ved vinduet i stue 1 (sort kurve), som funktion af tid over et døgn den 1-4-2019. Til højre ses oversigt med rød ring markering af de stuer måling er vist for.

Daglysendfaldet mod vinduet i stue 1 ses at stige over dagen med den lille stigning kl. 9, også set på Figur 6. Denne lille stigning ses også ved sengen i stue 1 og 2 og give maksimale værdier på hhv. 1.600 og 2.200 lux. Dette ses ikke i stue 3. Omkring kl. 14 er der lige meget lys ved sengene i de tre stuer på omkring 1.300 lux. Solindfaldet i disse rum er begrænset af den tæt ved liggende bygning lige overfor, som set på Figur 2. Det ses at LED lyset har været tændt og dæmpes over perioden fra kl 19-22.

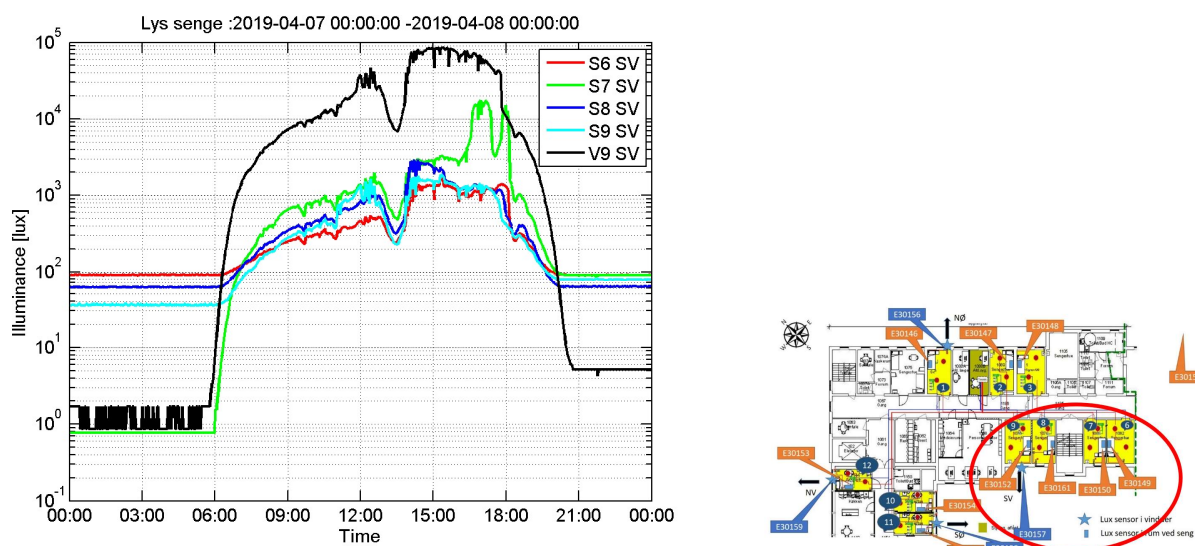
På Figur 8 er vist en måling over et døgn for de to syd-øst vendte stuer.



Figur 8 Målt vertikal illuminans i SØ vendte stuer, ved sengen i stue 10 (rød kurve), ved sengen i stue 11 (grøn kurve) og ved vinduet i stue 11 (sort kurve), som funktion af tid over et døgn den 7-4-2019. Til højre ses oversigt med rød ring markering af de stuer måling er vist for.

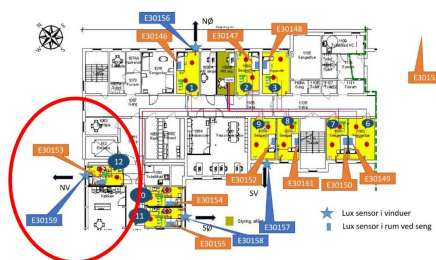
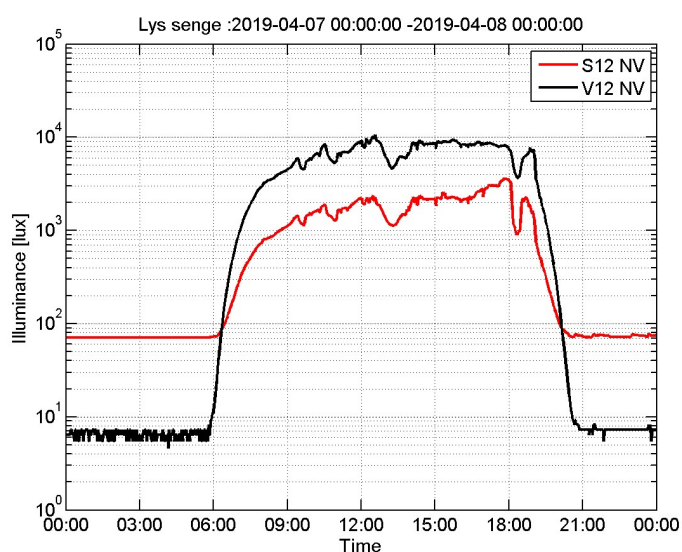
Det ses at lys niveauet ved sengene i disse to stuer i størstedelen af tiden følger det i vinduet målte med en faktor 5 lavere. Om morgenen kl. 9 ses det at sollyset rammer sengen i stue 11 og givet et højt illuminans på op til 20.000 lux, hvilket ikke ses i stue 10 som ligger i hjørnet mod bygningens syd-vest vendte facade. Her når solen lige at ramme et kort interval kl. 10.

På Figur 9 er vist en måling over et døgn for de fire syd-vest vendte stuer.



Figur 9 Målt vertikal illuminans i SV vendte stuer, ved sengen i stue 6 (rød kurve), ved sengen i stue 7 (grøn kurve), ved sengen i stue 8 (blå kurve), ved sengen i stue 9 (lys blå kurve) og ved vinduet i stue 9 (sort kurve), som funktion af tid over et døgn den 7-4-2019. Til højre ses oversigt med rød ring markering af de stuer måling er vist for.

Det observeres at lyset ved sengen i stue 6 er lavest i forhold til vinduesmålingen i stue 9 og skyldes at sengen i denne stue er modsat rettet de andre tre. Niveaulet af lys ved sengene er 30-80 gange lavere end målt ved vinduet i stue 9. På stue 7 kan aftensolen ramme sengen i tidsrummet 16.30-18, hvilket ikke er tilfældet for stue 8 og 9, hvor bygningen skygger for sollyset. Det ses at lyset har været tændt om natten i stue 6, 8 og 9. For den ene nord-vest vendte stue er vist en måling over et døgn i Figur 10.



Figur 10 Målt vertikal illuminans i den NV vendte stue, ved sengen i stue 12 (rød kurve) og ved vinduet i stue 12 (sort kurve), som funktion af tid over et døgn den 7-4-2019. Til højre ses oversigt med rød ring markering af stuen måling er vist for.

Den viser et jævnt og lavt illuminans niveau over dagen med op til 9.000 lux ved vinduet og ca. en faktor 4.5 lavere ved sengen. Her har lyset været tændt om natten.

Målingerne af lyset i stuerne giver et godt overblik over den tidlige variation af det tilgængelige dagslys for de enkelte stuer ved vinduet og ved sengene, og forskellen imellem dem med hensyn til placering og geografisk orientering.

Referencer

- DAM, H., JAKOBSEN, K. & MELLERUP, E. 1998. Prevalence of winter depression in Denmark. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 97, 1-4.
- GBYL, K., OSTERGAARD MADSEN, H., DUNKER SVENDSEN, S., PETERSEN, P. M., HAGEMAN, I., VOLF, C. & MARTINY, K. 2016. Depressed Patients Hospitalized in Southeast-Facing Rooms Are Discharged Earlier than Patients in Northwest-Facing Rooms. *Neuropsychobiology*, 74, 193-201.
- KNOOP, M., STEFANI, O., BUENO, B., MATUSIAK, B., HOBDAV, R., WIRZ-JUSTICE, A., MARTINY, K., KANTERMANN, T., AARTS, M. & ZEMMOURI, N. 2020. Daylight: What makes the difference? *Lighting Research & Technology*, 52, 423-442.
- MADSEN, H., DAM, H. & HAGEMAN, I. 2011. [More than every tenth person have symptoms of seasonal affective disorder]. *Ugeskr Laeger*, 173, 3013-6.
- MARTINY, K. 2020. *New Interventions in depression NID-Group* [Online]. Available: <https://www.psykiatri-regionh.dk/nid-group/Pages/default.aspx> [Accessed January 17 2020].
- MARTINY, K., LUNDE, M., UNDEN, M., DAM, H. & BECH, P. 2005. Adjunctive bright light in non-seasonal major depression: results from clinician-rated depression scales. *Acta Psychiatr Scand*, 112, 117-25.
- MARTINY, K., REFSGAARD, E., LUND, V., LUNDE, M., SORENSEN, L., THOUGAARD, B., LINDBERG, L. & BECH, P. 2012. A 9-week randomized trial comparing a chronotherapeutic intervention (wake and light therapy) to exercise in major depressive disorder patients treated with duloxetine. *J Clin Psychiatry*, 73, 1234-42.
- MÜNCH, M., BRØNDSTED, A. E., BROWN, S. A., GJEDDE, A., KANTERMANN, T., MARTINY, K., MERSCH, D., SKENE, D. J. & WIRZ-JUSTICE, A. 2017. The effect of light on humans. *Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture*, 16-23.
- MÜNCH, M., WIRZ-JUSTICE, A., BROWN, S. A., KANTERMANN, T., MARTINY, K., STEFANI, O., VETTER, C., WRIGHT JR, K. P., WULFF, K. & SKENE, D. J. 2020. The role of daylight for humans: Gaps in current knowledge. *Clocks & Sleep*, 2, 61-85.
- VOLF, C., AGGESTRUP, A. S., PETERSEN, P. M., DAM-HANSEN, C., KNORR, U., PETERSEN, E. E., ENGSTRØM, J., JAKOBSEN, J. C., HANSEN, T. S., MADSEN, H., HAGEMAN, I. & MARTINY, K. 2020a. Dynamic LED-light versus static LED-light for depressed inpatients: study protocol for a randomised clinical study. *BMJ Open*, 10, e032233.
- VOLF, C., AGGESTRUP, A. S., PETERSEN, P. M., DAM-HANSEN, C., KNORR, U., PETERSEN, E. E., ENGSTRØM, J., JAKOBSEN, J. C., HANSEN, T. S., MADSEN, H. Ø., HAGEMAN, I. & MARTINY, K. 2020b. Dynamic LED-light versus static LED-light for depressed inpatients: study protocol for a randomised clinical study. *BMJ Open*, 10, e032233.
- VOLF, C., AGGESTRUP, A. S., SVENDSEN, S. D., HANSEN, T. S., PETERSEN, P. M., DAM-HANSEN, C., KNORR, U., PETERSEN, E. E., ENGSTRØM, J., HAGEMAN, I., JAKOBSEN, J. C. & MARTINY, K.

2020c. Dynamic LED light versus static LED light for depressed inpatients: results from a randomized feasibility trial. *Pilot and Feasibility Studies*, 6, 5.