

Maj 2019

Lighttel

Forskningsprojekt om døgnrytmelys til skrøbelige ældre og ældre med demens



Forfatter:

Claus Ascanius, Gate 21

Fotos og illustrationer:

Projektpartnerne

Forsknings- og udviklingsprojektet er støttet af Elforsk, Dansk Energi, projektnummer 348-042



Indholdsfortegnelse

English project description:	3
Indledning	4
Formidling af de forskningsmæssige resultater	4
Hvad er Døgnrytmelys?	4
Opsummering af anbefalinger	5
Anbefalinger til nye projekter	6
Udviklingsambitioner	6
Økonomi og implementering	6
Installation	6
Dataindsamling	6
Samarbejdspartnere	7
Effekten af døgnrytmelys	7
Overordnet metode	7
Den antropologiske forskning	9
Antropologisk metode	9
Resultater af den antropologiske forskning	10
Yderligere forbedringer af CaLED	10
Den kliniske forskning	11
Døgnrytmelys: Ny viden og nyt marked	12
Energiforbruget	14
Implementering og samarbejde	16
Opsummering af nøgleerfaringer fra projektet	18
Effekten af døgnrytmelys	18
Ny teknologi og nyt marked	18
Erfaringer med målgruppen	19
Energiforbruget og døgnrytmelys	19
Fremadrettede betragtninger	20
Formidlingsliste for Lightel-projektet	21
Henvisninger og slutnoter	24

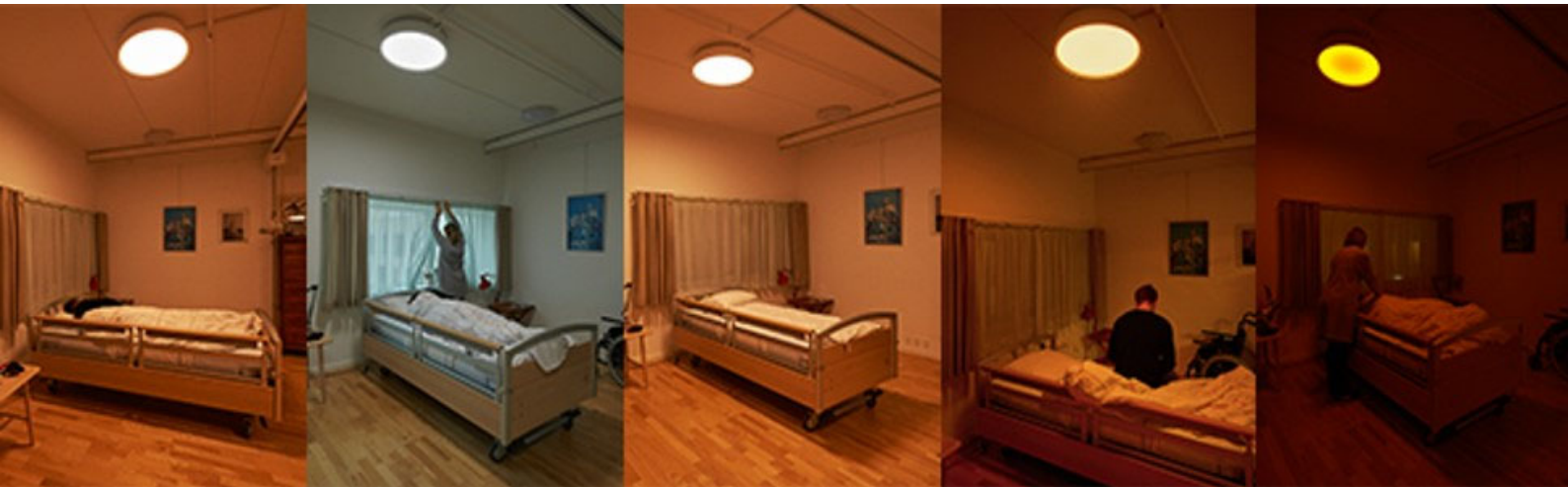
English project description:

Albertslund Municipality has a longstanding tradition of contributing to research and innovation in the field of lighting, especially through "Living Labs". Here, new technological solutions can be tested and developed in a real life environment, and experiences can be shared across manufacturers, research institutions and public institutions. The research project Lighttel utilizes same method and tradition.

The purpose of the project is:

- to gather evidence-based knowledge about the relationship between light and the health and well-being of older citizens
- and thereby assessing the effect of the use of circadian lighting as a resource-efficient welfare technology in the care and dementia sector - and as a non-invasive alternative to medication to improve health and overall well-being.

As part of the project, a circadian lighting solution has been installed and tested in a number of nursing homes. Empirical data, both clinical and anthropological, has been collected and will be used to assess the influence of light (and the impact of the installation process) on both residents and staff.



Indledning

Albertslund Kommune har mangeårig tradition for at bidrage til forskning og innovation på belysningsområdet, især gennem såkaldte "Living Labs". Her kan nye teknologiske løsninger afprøves og videreudvikles i et naturligt miljø, og erfaringer kan deles på tværs af producenter, forskningsinstitutioner og offentlige institutioner. Albertslunds Living Labs tæller blandt andet DOLL (Europas største living lab for belysning og smart city services) samt living labs med fokus på digital kontorbelysning og læringslys i skolen.

Forskningsprojektet Lightel taler ind i samme metode og tradition. Projektet har haft til formål:

- *at samle evidensbaseret viden om sammenhængen mellem lys og ældre borgeres sundhed og trivsel*
- *og derigennem vurdere effekten af døgnrytmelysets anvendelse som ressourceeffektiv velfærdsteknologi i pleje- og demenssektoren - og som et ikke-invasivt alternativ til medicin for at forbedre sundhed og velvære.*

Projektets hovedfokus har været at installere og afprøve døgnrytmelys i en række plejeboliger og gennem empirisk data, såvel kliniske som antropologiske, at vurdere lysets påvirkning på beboere og personale, samt påvirkningen af disse grupper i forbindelse med installationsprocessen.

Som følge af samarbejdet mellem Albertslund Kommune, Aalborg Universitet, Klinisk Forskningscenter på Amager og Hvidovre Hospital, Chromaviso A/S og Gate 21 er der blevet installeret døgnrytmelys i 22 boliger samt i fællesarealerne på 5. sal på Plejecentret Albertshøj i det nybyggede Sundhedshus i Albertslund. Efterfølgende er der målt på såvel energiforbrug, de kliniske data samt personalets og beboernes tilfredshed med døgnrytmelyset.

Formidling af de forskningsmæssige resultater

Forskningsresultaterne fra Lightel-projektet er i peer-review og dermed endnu ikke offentliggjorte. Når de endelige forskningsresultater foreligger, vil de blive formidlet i en hvidbog om projektet. Når hvidbogen publiceres vil den kunne downloades på projektets hjemmeside: <https://www.gate21.dk/project/lightel/>

De endelige forskningsresultater forventes i løbet af fjerde kvartal 2019

Hvad er Døgnrytmelys?

Vi definerer døgnrytmelys som lys, der understøtter den naturlige døgnrytme ved at tilpasse lysintensitet og farvespektrum til tidspunktet på døgnet. Det er ikke alle typer belysning, markedsført som døgnrytmelys, der lever op til denne definition – hvorfor vi henviser til kravspecifikationen sidst i denne slutrapport, for en mere uddybende beskrivelse af hvilke egenskaber, vi mener lyset skal opfylde, for at være anvendeligt i helbredsfræmmede øjemed.

Opsummering af anbefalinger

Målgruppe	Erfaringer fra projektet	Anbefaling
Kommunale indkøbere	En af døgnrytmelysets vigtigste egenskaber er afgive lys om aften og nat uden såkaldt "blåt lys", som er med til at holde os vågne. Det er ikke alle døgnrytmelys, der både kan skifte intensitet og farvetemperatur	Overvej en løsning, som både følger døgnets rytme med lysintensitet og rette farvetemperatur, så det blåviolet lys kan undgås i aften og nattetimerne. Se mere i kravspecifikationerne for døgnrytmelys udviklet specielt til Lightel-projektet ⁱ
	Døgnrytmelyset er (forudsat det er baseret på LED) særdeles energieffektivt, og bruger væsentligt mindre strøm end for eksempel konventionelle halogen eller sparepærer. Selvom døgnrytmelyset i forsøgsperioden har brugt mere elektricitet end "almindeligt" LED, ligger forbruget stadig indenfor gennemsnittet af en typisk danskers strømforbrug til belysning.	LED baseret døgnrytmelys kan være en oplagt lejlighed til at skubbe på omstillingen til LED, samtidig med at man høster fordelene ved døgnrytmelysets egenskaber. Jo mere behov for kunstig belysning, jo mindre er merforbruget af strøm ved døgnrytmelysbelysning. Dette vil for eksempel gøre sig gældende på hospitaler og lignende. Døgnrytmelyset bør under alle omstændigheder ses i et holistisk perspektiv, hvor de positive egenskaber sættes i forhold til det samlede relativt beskedne merforbrug i elektricitet.
Indkøbere og sundheds-personale	Den foreløbige antropologiske forskning konkluderer, at personalet oplever døgnrytmelyset som positivt, både for dem selv og for beboerne	Døgnrytmelysets gavnlige effekt kommer ikke blot beboerne til gode, men må også formodes at have en positiv effekt på personale, som arbejder om natten.
Sundheds-personale	For beboerne har velkendte lamper fra eget hjem en vigtig funktion ved at mindske institutionsfølelsen og skabe hygge blandt beboerne	Egne lamper betyder meget for følelsen af hjemlighed for beboerne. Men man kan med fordel vælge pærer med lav lysintensitet og med farvetemperaturer, som griber mindst muligt ind i døgnrytmelyset
	Mange ældre har skepsis over ny teknologi – og installationsprocessen kan være med til at skabe uro hos især demente.	En positiv indstilling hos personalet er særdeles vigtig, for den er med til at smitte af på beboerne. Det er også medvirkende til at døgnrytmelyset bruges efter hensigten for størst mulig effekt.
Forsknings-institutioner	Svage ældre og mennesker med demens har et lavt funktionsniveau og stort medicinbehov som begge dele er med til at komplicere indsamlingen af entydig, klinisk og antropologisk empiri.	Fremtidige projekter om døgnrytmelys kan med fordel fokusere på målgrupper f.eks. døgnrytmelysets effekt hos folk der arbejder om natten for en effektmåling med mere entydige kliniske resultater
	Forskning der griber ind i svage menneskers dagligdag, skal forstyrre så lidt som overhovedet muligt, og projektets indledende fokus på både plejeboliger, demensboliger og ældreboliger viste sig at være for bredt. Samtidig ville en længere tilpasningsperiode mellem installation og forsøg have været en fordel.	, hvorfor vi anbefaler at holde undersøgelsesdesignet ved lignende forsøg så simple som muligt, og indregne tilstrækkelig tid til at "komme sig" over installationen. Lightel indskrænkede f.eks. forsøget til udelukkende at omfatte pleje- og demensboliger, da ældreboliger har en markant bredere dækning af både kommunal og privat hjemmepleje, som ville have kompliceret både installation, instruktion og dataindsamlingen betragteligt.
	Sundhedspersonalet var ansvarlige for at indsamle dele af de empiriske data (blodprøver, observationer etc). Men i en travl hverdag er det naturligt at prioritere den daglige drift før indsamling af data til et projekt. Derfor blev dataindsamlingen ind i mellem forsømt.	Anbefalingen fra Lightel er at man ved lignende forsøg prioriterer dedikeret personale til dataindsamling med de nødvendige kompetencer i sundhed og omsorg, så vedkommende for eksempel kan tage blodprøver.

Anbefalinger til nye projekter

Udviklingsambitioner

Lightel-projektets målsætninger var ved opstart bredere i forhold til både målgrupper, teknologiske løsninger, og forskningsdesign. Projektets fokus er blevet skærpet, så beboere på en demensafdeling og to plejeafsnit i samme plejecenter har medvirket i et ensartet forsøg med døgnrytmelys og klinisk og antropologisk intervention. Helhedsorientering og sammenhæng på tværs er eftertragteligt, men det er mere eftertragteligt at have et skarpt fokus, der giver mulighed for at prioritere.

Økonomi og implementering

Implementeringen af døgnrytmelys i Plejecentret Albertshøj har været mere omfattende end forventet. Udviklingsdimensionen i projektet har krævet et stort træk på personressourcer i forskellige forvaltninger og i involveringen af DTU og projektet Lighting Metropolis for at udvikle kravsspecifikationer for døgnrytmelys. Selve installationen af nye lysarmaturer i det nye Sundhedshus var også tids- og ressourcekrævende, da driften af et helt nyt hus med mange funktioner og mange brugere i sig selv er krævende.

Test af velfærdsteknologi på skrøbelige, ældre borgere er i sig selv krævende, og personalet er i forvejen spændt for. Det er Lightel-partnernes anbefaling at sikre et så godt som muligt grundlag for implementering af velfærdsteknologi og gennemførelse af forskningsprojekter med denne målgruppe ved sikring af en solid økonomi.

Installation

Til trods for at installationen i hver enkelt bolig i plejecentret blev gennemført på højst en enkelt arbejdsdag, oplevedes det som hårdt for deltagerne. Lightel-partnerne anbefaler derfor andre, der arbejder med lignende forsøg, der involverer skrøbelige ældre, at der er medregnet en tilvænningsperiode, hvor beboere kan sunde sig ovenpå installationen og vænne sig til det nye lys. For deres egen skyld, men også så eventuel øget stress ikke forstyrrer data.



Dataindsamling

På baggrund af anbefalingerne i Lightel, anbefaler vi, at man ved fremtidige lignende forsøg sikrer eksterne ressourcer til dataindsamling. I Lightel fik udvalgte medarbejdere blandt plejepersonalet til opgave at

indsamle data i forbindelse med den kliniske forskning. Det var der opbakning til fra både ledere og personale. Men i en travl arbejdsdag med fx sygemeldinger og skemaomlægnings, er det naturligt at prioritere den daglige drift før indsamling af data til et projekt. Derfor blev dataindsamlingen ind i mellem forømt. Det anbefales derfor, at dataindsamlingen gennemføres af eksterne ansvarpersoner, der skal have de nødvendige kompetencer i sundhed og omsorg, og fx må tage blodprøver, og som også får en indføring i praksis og rutiner på den pågældende afdeling.

Samarbejdspartnere

Etablering af gode samarbejdsrelationer internt og eksternt er et must, især når der er tale om forsøg som griber ind i menneskers dagligdag. At gennemføre et kombineret demonstrations- og forskningsprojekt med ny teknologi hos ældre, skrøbelige borgere, i et kommunalt set-up på tværs af forvaltninger og med begrænset tid og økonomi

til rådighed er ingen smal sag. At Lightel er blevet godt gennemført skyldes dedikation og vedholdenhed fra alle partnere og samarbejdspartnere, interne og eksterne. At fastholde og motivere engagementet og dedikationen på trods af bump på vejen, kræver kontinuerligt fokus på projektkommunikation om forhindringer og fremskridt undervejs.



Effekten af døgnrytmelys

Overordnet metode

Forholdet mellem lys og døgnrytme har været kendt i lang tid. Da de ibrønde lysfølsomme retinale ganglionceller (ipRGC) blev opdaget i 2002, blev der lavet et teoretisk link mellem lys og døgnrytme. De teknologiske fremskridt og en øget forståelse af døgnrytmen har siden medvirket til udviklingen af døgnrytmeunderstøttende LED-belysning (CaLED), der nu anvendes bredt som velfærdsteknologi og et ikke-invasivt alternativ til medicin for at forbedre sundhed og velvære.

Lysdesign i ældreboliger har indtil nu primært været fokuseret på visuelle aspekter som synlighed og skarphed og mindre på ikke-visuelle parametre. Men ældre mennesker har større behov for lys af høj kvalitet, da de ofte er hæmmede af immobilitet, patologier og aldersrelateret funktionsnedgang.

Lightel er i denne sammenhæng et tværfagligt interventionsforsøg med en ny tilgang til en kombineret metode, der undersøger virkningen af døgnrytmelys på beboere på Plejecenteret Albertshøjs

demensafdeling samt plejefsnit. Metoden forener medicinske, antropologiske og sensorbaserede data i et samlet forskningsdesign.

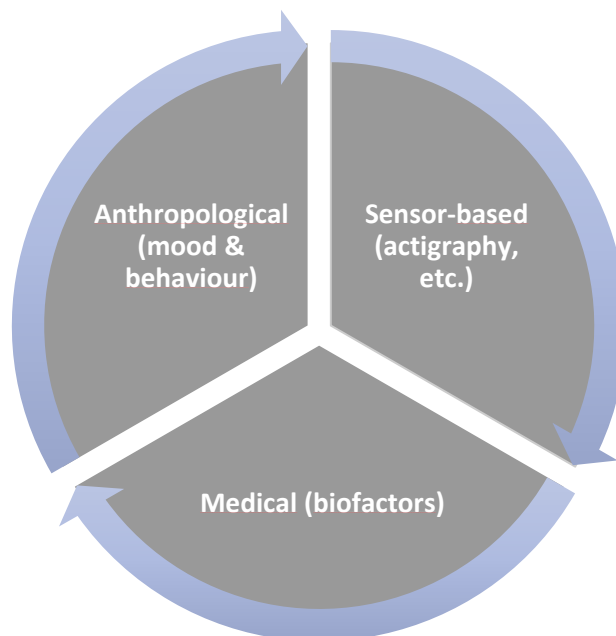


Fig. 1 Forskningsdesignet i Lightel følger en holistisk tilgang med kombination af kliniske, antropologiske og sensorbaserede data

Dataindsamlingen fulgte et konvergerende forskningsdesign, hvilket betyder, at de kliniske, sensorbaserede og antropologiske undersøgelser indsamlede data samtidigt på de samme deltagere. Dataindsamlingen foregik i vinteren 2017-2018 i perioden oktober 2017 til marts 2018, og med selve lys-interventionen fra den 11. december 2017 til 4. februar 2018. Det var nødvendigt at lave lysinterventionen i vinterperioden, så dagslyset ville forstyrre resultaterne mindst muligt.

38 personer medvirkede i forsøget, hvoraf 22 personer, fordelt i forsøgsgruppe 1 og 2, blev udsat for døgnrytmebelysning, mens 16 personer udgjorde kontrolgruppen. Kontrolgruppen boede på en anden etage i plejecentret, hvor der ikke blev installeret ny belysning.

Lightel cross-over forskningsdesign for intervention:

	1 week	8 weeks	8 weeks	8 weeks
Group 1	Baseline	Ordinary new lighting	Circadian new lighting	
Group 2		Baseline	Circadian new lighting	Ordinary new lighting
Group C		1 week	Baseline	1 week

Den antropologiske forskning

Antropologisk metode

En litteraturgennemgang af et stort antal sundhedsinterventioner fra 2009 viser, at brugen af kvalitative undersøgelser er usædvanlig, og at flere af interventionsstudierne med kvalitative segmenter manglede beskrivelser af den metodologiske tilgang. Lightel-projektets antropologiske tilgang er at undersøge, hvordan ældre oplever deres hjem og deres trivsel og sundhed som følge af en intervention med døgnrytmelys.

Den anvendte, metodologiske tilgang er en kvalitativ *grounded theory*-metode. Grounded Theory-metoden er en induktiv tilgang til at opdage nye mønstre i data. En kombination af kvalitative metoder blev anvendt: etnografiske interviews, dialog / beskrivende spørgsmål, medarbejderinterviews og observationer.

Interviews og observationer bliver analyseret ud fra seks temaer, der definerer en samlet oplevelse af trivsel. De seks temaer er: selvhjulpethed/uafhængighed, følelsen af hjemlighed, rutiner og rytmer, stemning og atmosfære, tilpasning og accept af døgnrytmelys samt sikkerhed.

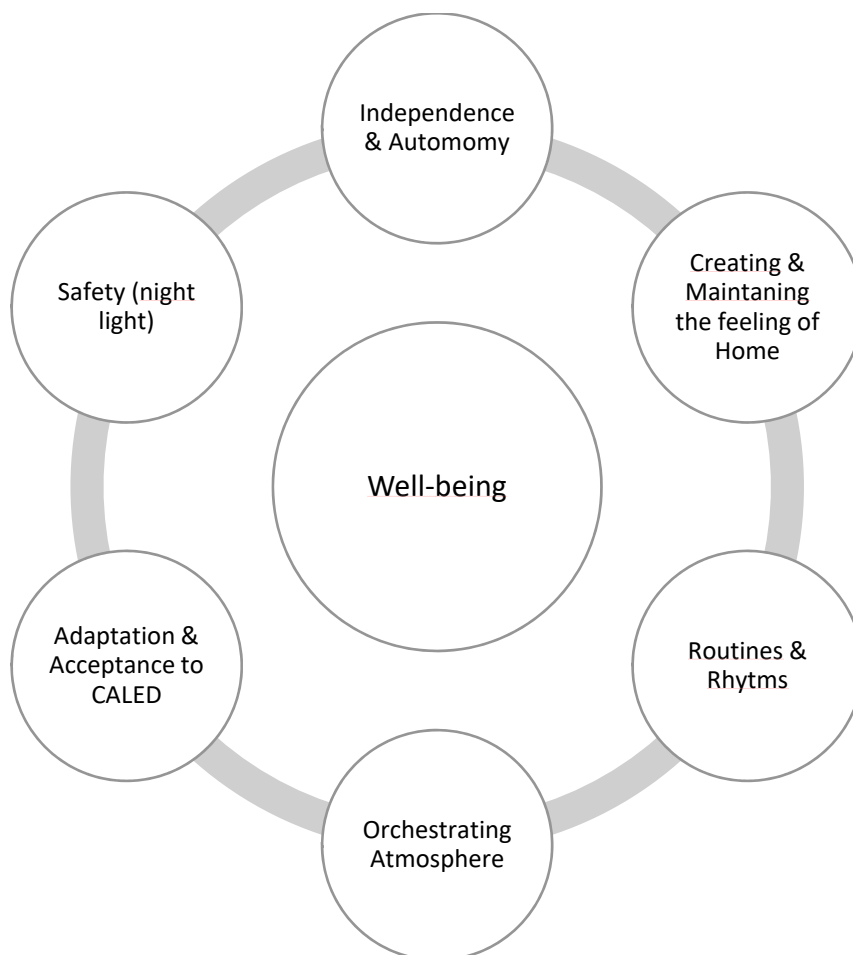


Fig. 2 Interviews og observationer er analyseres ud fra seks temaer, der definerer en samlet oplevelse af trivsel.

Resultater af den antropologiske forskning

To forsknings-artikler er blevet publiceret i Lightel-projektets løbetid:

1. **Towards assessing the impact of circadian lighting in elderly housing from a holistic perspective.** / Sen, Sumit; Flyvholm, Anton; Xylakis, Emmanouil; Nielsen, Stine Maria Louring; Hansen, Ellen Kathrine; Mullins, Michael Finbarr; Triantafyllidis, Georgios., ARCH 17: 3rd international conference on architecture, research, care and health. Conference Proceedings. 1. ed. Polyteknisk Boghandel og Forlag, 2017. p. 227-240.
2. **A personalised and adaptive intelligent system to adjust circadian lighting for elderly housing.** / Flyvholm, Anton; Sen, Sumit; Xylakis, Emmanouil; Nielsen, Stine Maria Louring; Triantafyllidis, Georgios; Andresen, Linda; Pedersen, Mette Merete., 15th International Symposium on Ambient Intelligence and Embedded Systems. 2016

Lighting Design Research Group på AAU er undervejs med redigeringen af yderligere en artikel, hvor de sidste resultater fra den antropologiske forskning bliver behandlet og præsenteret

En opsummering af de vigtigste resultater af den antropologiske analyse sammenfattes her:

- Beboerne begyndte at følge CaLEDs cyklus / rutine og fik en mere konstant rytme i deres liv (fx tid til at vågne op, hviletid osv.)
- CaLED skaber en hyggeligere og mere afslappende atmosfære for beboere (sammenlignet med ikke-CaLED-belysning)
- CaLED ser ud til at støtte de ældre, der lider af demens, ved at reducere nød. (personaleobservationer)
- Fraværet af det blåviolette lys om natten forbedrer nattesøvnen i forhold til ikke-CaLED-sagen.
- Ældre er generelt bange for nye teknologier (f.eks. CaLED), så medarbejdernes positive holdning er vigtig for en succesfuld implementering af nye belysningsteknologier.



Yderligere forbedringer af CaLED

Undervejs i den antropologiske forskning har AAU gjort sig nogle observationer, som er udmundet i en række anbefalinger til yderligere forbedringer af dønrhythmet og installationen af dette. Disse anbefalinger skitseres dels herunder og dels i afsnittet om energiforbruget.

Det blev blandt andet observeret, at den vante ”hyggebelysning” fra eget hjem betyder meget for beboerne, som i høj grad bruger belysningskilder fra deres tidligere hjem til at skabe en hjemlig fornemmelse. Beboernes egne belysningskilder tjener således et vigtigt formål, nemlig at minimere den institutionelle oplevelse på plejecenteret. Det anbefales derfor, at man fremadrettet overvejer, hvordan man i højere grad kan forene dette behov og samtidig bevare de gode egenskaber ved døgnrytmelyset.

AAU har gennem deres observationer også fremlagt forslag til forbedringer der formodes at kunne nedbringe energiforbruget, hvorfor disse redegøres for i afsnittet om energiforbrug.

Den kliniske forskning

Klinisk Forskningscenter beskrev den kliniske intervention og cross-over designet (se side 7) i en ansøgning til National Videnskabsetisk Komité (NVK) i 2016. På baggrund af tilladelsen fra NVK til at gennemføre forsøget nøjagtig som beskrevet i protokollen, indhentede Albertslund Kommune og Klinisk Forskningscenter samtykke til at deltage i interventionen. Der blev også afholdt et orienteringsmøde for beboere og pårørende, hvor projektets formål og interventionen blev præsenteret. Derudover blev der på baggrund af indledende interviews inden installation og intervention indhentet mundtligt samtykke fra deltagerne om at være med i den antropologiske undersøgelse.

Målet med den kvantitative (klinisk og sensorbaserede) undersøgelse er at undersøge effekten af døgnrytmelyset ved at måle på søvnkvalitet, delir og velvære defineret som fysisk og psykisk funktion. Testen består af spørgeskemaer, funktionelle og kognitive tests og en blodprøve til påvisning af underliggende årsager til delirium og sygdom under forsøget. Testene suppleres med sensoriske data fra håndled og ben.

Det store kompleks af klinisk data er stadig under bearbejdning på Klinisk Forskningscenter (februar 2019). Den videnskabelige publikation, der analyserer og konkluderer på den målte effekt af døgnrytmelys på ældre på plejecenter og i demensboliger, forventes klar til peer reviewing primo april 2019. Peer reviewing og officiel publicering kan herefter tage flere måneder, men forventeligt er resultaterne af den kliniske forskning klar til offentliggørelse og populær formidling ultimo 2019.



Døgnrytmelys: Ny viden og nyt marked

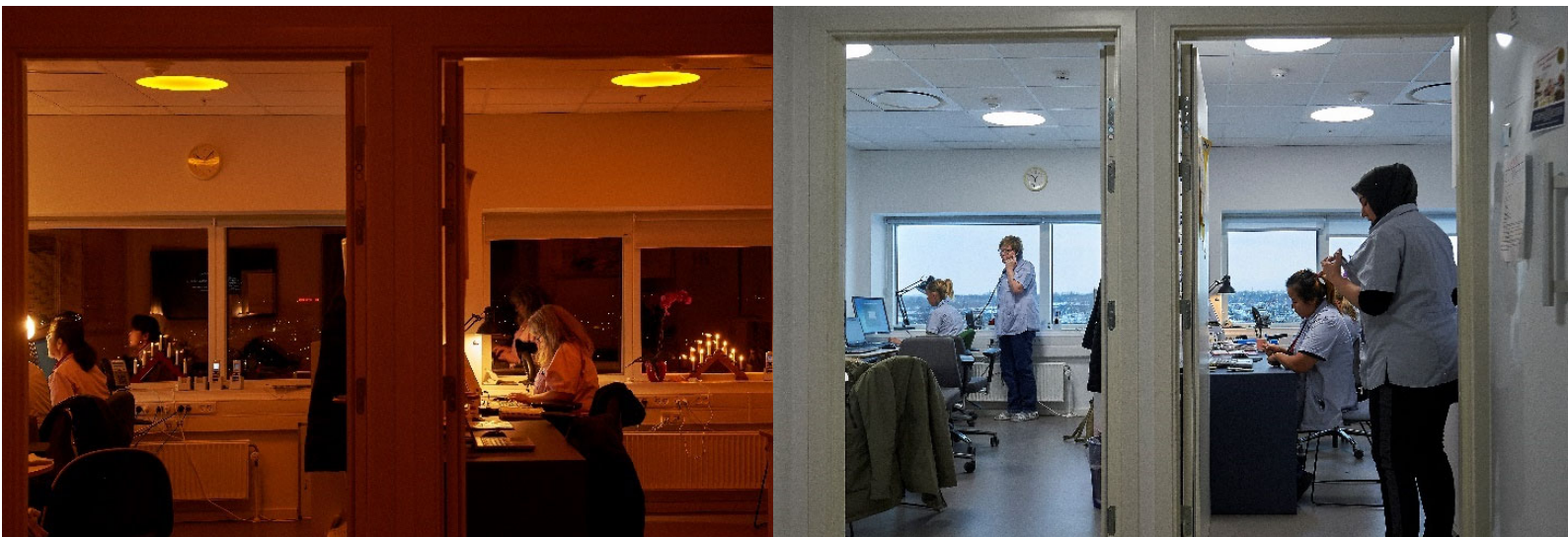
Målet med den teknologiske del af projektet var at udvikle og designe et helhedsorienteret, døgnrytmeunderstøttende belysningsystem til Sundhedshuset i Albertslund, herunder lysdesign, armaturer, sensorer for dataindsamling og systemplatform. Systemet skulle være tilpasset målgruppens adfærd og behov for lys.

I samarbejde med projektet Lighting Metropolis, AAU og DTU Photonics fik Albertslund Kommune udarbejdet kravspecifikationer for døgnrytmeunderstøttende belysning til skrøbelige ældre. Efter udarbejdelsen af kravspecifikationerne til døgnrytmelys stod det klart, at den daværende teknologipartner i projektet, en international belysningsvirksomhed, var ude af stand til at få udviklet et sikkert og gennemtestet system for døgnrytmebelysning til skrøbelige ældre, som kunne nå at blive installeret i efteråret 2017. Virksomheden accepterede, at Albertslund Kommune var nødt til at finde en anden teknologipartner. I september 2017 indgik Albertslund Kommune kontrakt med den danske virksomhed Chromaviso A/S, der har stor erfaring med døgnrytmebelysning i sundhedssektoren.

Chromaviso har stærke kompetencer indenfor døgnrytmebelysning i sundhedssektoren, og er derudover drevet af en mission om at følge deres installerede belysningsprojekter helt til dørs – det vil sige, indtil alle, der er i berøring med den nye belysning, oplever den ønskede forbedring.

Chromaviso har udviklet døgnrytmebelysningen til Lightel projektet med udgangspunkt i de ældres adfærd og tilstand, personalets behov og arbejdsgange, samt kliniske studier som har dokumenteret den fysiologiske effekt.

For Chromaviso har Lightel været med til at dokumentere, at løsningen er en effektiv velfærdsteknologi med stor værdiskabelse ift. beboernes og personalets sundhed og søvn samt til at understøtte hensigtsmæssig adfærd og vaner. Chromavisos viden og erfaring fra Lightel projektet vil blive implementeret i fremtidige døgnrytmebelysninger til plejesektoren både i Danmark og internationalt.



Chromaviso bidrager desuden til projektsamarbejdet med kommunikations-ressourcer i samarbejde med Gate 21 og de øvrige partnere, herunder den hvidbog, der publiceres, når resultaterne af den kliniske forskning foreligger.

Chromaviso har som en del af projektet blandt andet bidraget med:

- Løsning med lysdesign af døgnrytmelys og aktivitetsbaserede lysindstillinger
- Døgnrytmelys og betjening på:
 - 30 lejligheder med eget toilet
 - Alle gangarealer, opholdsrum og personalerum
- Installation, indkøring, og finjustering
- Dokumentation til forskningsprojektet
- Løbende træning og undervisning for brugere
- Løbende dialog og tilpasning ift. Forskningsprojektet

Lysdesignet bestod af armaturer og lysdesign, som skulle bruges i kontrolperioderne, interventionsperioderne og i den efterfølgende drift. Hele installationen blev taget i almindelig drift i marts 2018.

Overordnet består lysdesignet af tre designs, hvor både belysning og betjening ændrer funktionalitet. Hvert periodeskift med tilhørende nyt lysdesign har krævet ny information og træning af medarbejdere og brugere:

1. Kontrolperioder
Statisk belysning med nye, energioptimerede armaturer, der skal bruges som normalt
2. Interventionsperiode
Døgnrytmelys med aktivitetsbaserede lysindstillinger. Døgnrytmelyset skal køre mest muligt
3. Drift efter forskning
Mere differentieret løsning og ændrede aktivitetsindstillinger



Energiforbruget

For at beregne energieffektiviteten i Lightel's lysdesign for døgnrytmelys har AAU først beregnet, hvor stor en andel af gennemsnitsdanskerens strømforbrug, der anvendes til belysning. På baggrund af en undersøgelse fra DTU Orbit fra 2016 udgør boligelektronikken i Danmark 30% af det samlede forbrug. ⁱⁱ

Da det samlede i 2018 var på cirka 31 milliarder GW/hⁱⁱⁱ, udgør gennemsnitsdanskerens elektricitetsforbrug dermed cirka 1600 kW/h pr år.^{iv} På Energistyrelsens hjemmeside kan man se at cirka 12 % af gennemsnitsdanskerens strømforbrug anvendes til belysning, hvilket betyder at gennemsnitsdanskeren cirka anvender 192 kw/h på lyskilder i hjemmet.^v

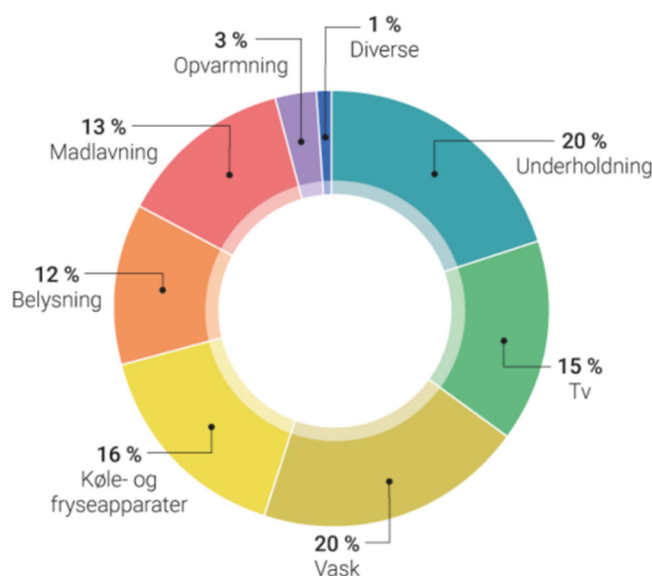


Fig. 3. Fordelingen af gennemsnitsdanskerens strømforbrug
(Kilde: Energistyrelsen)

I Plejecentret Albertshøj har målingerne i en otte-ugers periode vist et gennemsnitligt elforbrug pr. rum på henholdsvis 11,16 kW/h i kontrolperioderne og 27,59 kW/h i perioderne med døgnrytmelys (CaLED). Døgnrytmelysets elforbrug er dermed højere end forbruget i kontrolperioderne.

Det højere forbrug i interventionsperioderne var forventet, blandt andet fordi personalet blev opfordret til at have lyset tændt i alle døgnets timer i interventionsperioden, for at sikre det nødvendige høje niveau, der simulerer dagslys og forsyner personalet med dæmpet belysning uden blått lys om aftenen og natten. Man må derfor formode at lyset vil være slukket i flere af døgnets timer i en almindelig brugssituation.

Aalborg Universitet som har stået for at gennemføre beregningerne af energiforbruget har dog skitseret et par forslag til forbedringer, som de mener ville kunne give en forbedret energicase. f.eks. ved at udbygge løsningen med intelligent sensorbaseret styring, som kan afbryde lyset om dagen, når det naturlige dagslys

afgiver tilstrækkeligt lys, samt slukke lyset, når der ikke er personer i lokalet. Begge dele formodes at ville give markante besparelser på energiforbruget i forhold til det aktuelle forsøg. Forskellen i energiforbruget mellem CaLED og Non-CaLED ville formentligt også være markant mindre, på et hospital eller i andre sundhedsinstitutioner hvor anvendelsen af kunstig belysning i dagtimerne i forvejen er mere udbredt.

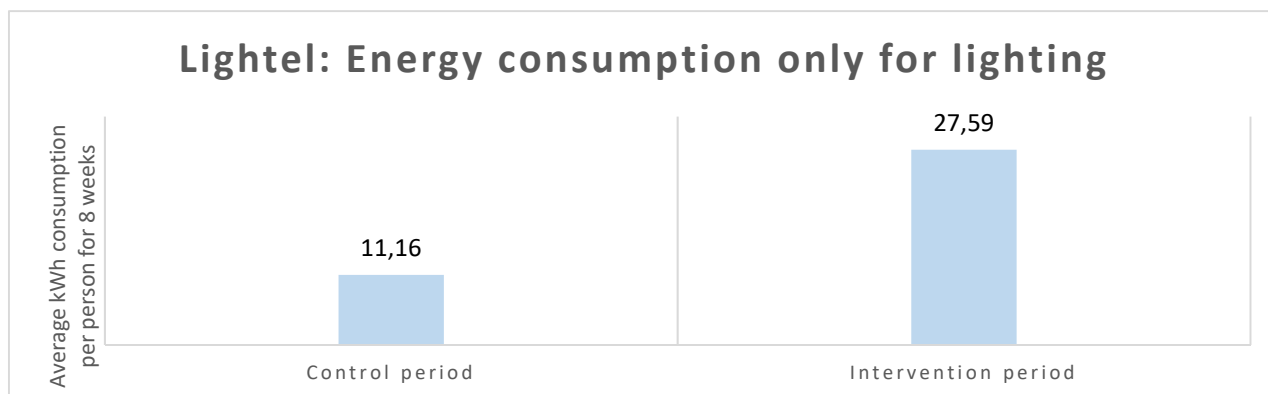


Fig. 4. Strømforsbruget pr. boenhed i henholdsvis kontrolperiode og interventionsperiode

Det skal også bemærkes at Plejecenteret Albertshøj er et nyopført byggeri og indrettet med moderne strømbesparende LED-belysning som standard. Spændet i strømforsbruget mellem eksisterende belysning og CaLED ville derfor formentlig være markant mindre, hvis sammenligningsgrundlaget var et eksisterende plejehjem med ældre belysningsteknologier.

Endelig skal det bemærkes at strømforsbruget i både kontrolperiode og interventionsperiode på hhv. 27,59 kW/h og 12,79 (med og uden CaLED) over en 8 ugers periode udgør en meget lille andel af gennemsnitsdanskerens samlede strømforsbrug på cirka 245 kW/h over en tilsvarende periode – og at begge løsninger ligger markant under det gennemsnitlige strømforsbrug anvendt til belysning. Vores vurdering er derfor, at døgnrytmelyset skal ses i et holistisk perspektiv, hvor strømforsbruget ikke bør være en udslagsgivende faktor for at overveje døgnrytmelyset som løsning. Tværtimod kan det måske være med til at accelerere overgangen til LED-belysning, samtidig med at man opnår effekten af døgnrytmelysets egenskaber.



Estimeret årligt strømforsbrug fra forsøget

(Total for 1 plejebolig (tre armaturer):

NonCaLED: 72,54 kW/h

CaLED (Døgnrytmelys): 179 kW/h

(Gennemsnitligt strømforsbrug til belysning: ca. 192 kW/h)

Implementering og samarbejde

Afsnittet reflekterer over partnernes erfaringer med konkret implementering af døgnrytmelys til fremme af sundhed og livskvalitet blandt ældre, skrøbelige borgere.

Projektbeskrivelsen i ansøgningen var ambitiøs i forhold til, i hvor mange typer af boliger og ældre, man ønskede at undersøge. I forhold til de tre business bases, som blev nævnt i ansøgningen; ældreboliger, demensboliger og almene boliger, er almene boliger og ældreboliger valgt fra, mens plejeboliger er valgt til.

Demensboligerne og plejeboligerne i Sundhedshuset hører under den samme forvaltning i Albertslund Kommune og ledes lokalt i Sundhedshuset. Det står i modsætning til ældreboligerne og de almene boliger, hvor der er en markant bredere dækning af både kommunal og privat hjemmepleje, som ville have kompliceret både installation, instruktion og dataindsamlingen betragteligt.

Målgrupperne for forsøget med døgnrytmebelysningen blev derfor afgrænset til beboere i Plejecentret Albertshøjs pleje- og demensafdelinger. Ved involvering af Klinisk Forskningscenter er der blevet indsamlet et større kompleks af kliniske data end forventet ved ansøgning. Klinisk Forskningscenter har foretaget mange målinger på indikatorer som delir, depression, søvnkvalitet samt generel trivsel og funktion. En af de primære indikatorer, som Klinisk forskningscenter har målt på, er aldningmarkøren SuPAR, som er immunsystemets "big data". Når de kliniske data er analyseret, peer reviewed og publiceret, vil Chromaviso stå for publikationen af projektets hvidbog, der samler erfaringerne fra systemløsningen, installationen i den specifikke kontekst og de antropologiske resultater.



Organiseringen af alle deltagere i Lightel-projektet har trods fravalget af boligtyper været stor og kompleks. Kristina Aggergaard blev ansat i Albertslund Kommune i august 2016 blandt andet for at fungere som daglig projektleder for Lightel. Kristina har været den samlende drivkraft, der har sikret Lightel-projektets gennemførelse. Som beskrevet ovenfor støjtede projektet ind i udfordringer i forbindelse med den teknologiske løsning.

Kristina involverede DTU i at udvikle kravsspecifikationer for døgnrytmelys, der resulterede i, at projektet fik en reelt brugbar løsning. Samtidig sikrede Kristina, at alle relevante beboere og medarbejdere i Sundhedshuset blev orienteret og involveret på de rigtige tidspunkter, og hun har fungeret både som projektets overordnede strateg og daglige koordinator. Kristina Aggergaard er fra 1. januar 2019 indtrådt i stillingen som leder af hjemme- og sygeplejen i Albertslund Kommune.

Diagrammet herunder viser de forvaltninger og virksomheder, der har medvirket i den projektnære gennemførelse af Lightel.

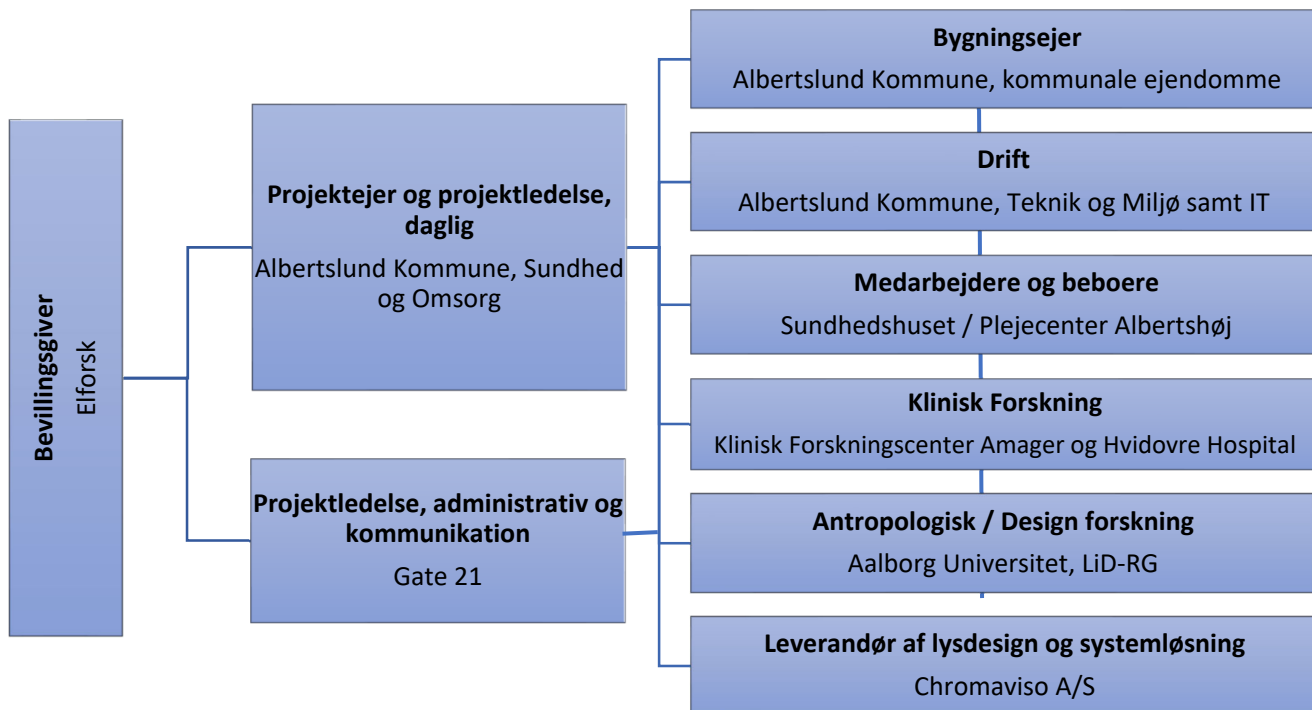


Fig. 5 De primære samarbejdspartnere og aktører involveret i Lightel

Der er udarbejdet en samarbejdsaftale mellem projektpartnerne, der bygger på relativ uprøvet jura vedrørende offentlig-private innovationsprojekter. Både på grund af aftalens juridiske indhold og dels på grund af partnerudskiftning undervejs, har det taget partnerne det meste af projektets løbetid at blive enige om indholdet. Uenighederne har aldrig medført konflikt mellem partnerne men har været båret af saglighed og løsningsorienteret tilgang.

Ved indsendelse af denne slutrapport til Elforsk og, mest væsentligt, inden publikation af forskningsresultaterne, har alle partnere underskrevet samarbejdsaftalen. De emner, det har taget tid at opnå enighed om, er individuelt ejerskab til forgrundsviden og baggrundsviden samt især, den private leverandørs status.

Sidstnævnte ønsker af gode grunde hverken at blive inhabil, hvis de offentlige parter laver udbud på tilsvarende projekter. Ej heller ønsker den private leverandør at dele sin forgrundsviden (forretningskoncept) med udenforstående, som det kunne blive tilfældet, hvis ikke den begrænsning ligger i samarbejdsaftalen.

Opsummering af nøgleerfaringer fra projektet

Effekten af døgnrytmelys

Gennem den antropologiske forskning er der dokumenteret en gavnlig effekt blandt både beboere og personale, hvor især den sidstnævnte gruppe har udtrykt stor tilfredshed med lyset og samtidig beretter, at de også bemærker en positiv effekt på beboerne. Kort sammenfattet har de antropologiske studier vist, at beboerne begyndte at følge døgnrytmelysets cyklus / rutine og fik en mere konstant rytme i deres liv (fx tid til at vågne op, hviletid osv.).



Via de antropologiske studier og personalets observationer er der også indikationer på, at døgnrytmelyset støtter de ældre med demens ved at reducere uro, samt at døgnrytmelyset bidrager til bedre nattesøvn sammenlignet med belysningen i kontrolperioden.

Der er foreløbigt publiceret to videnskabelige artikler om forsøget.^{vi} Lighting Design Research Group på AAU er undervejs med redigeringen af yderligere en artikel, hvor de sidste resultater fra den antropologiske forskning bliver behandlet og præsenteret.

De kliniske data er stadig under bearbejdning på Klinisk Forskningscenter (februar 2019). Den videnskabelige publikation, der analyserer og konkluderer på den målte effekt af døgnrytmelys på ældre på plejecenter og i demensboliger, forventes klar til peer reviewing primo april 2019. Peer reviewing og officiel publicering kan herefter tage flere måneder, men den kliniske forskning forventes klar til offentliggørelse og populær formidling ultimo 2019.

Ny teknologi og nyt marked

Døgnrytmelys er en kompleks teknologi, der understøtter kroppens naturlige biologiske rytme ved at afgive lys, som både i lysintensitet og farvetemperatur passer til tidspunktet på døgnet. Men der findes ingen standarder for døgnrytmelys. Derfor fik Albertslund Kommune i samarbejde med projektet Lighting Metropolis, AAU og DTU Photonics udarbejdet kravsspecifikationer for døgnrytmeunderstøttende belysning til skrøbelige ældre - og først efter udarbejdelse af specifikationer var Albertslund Kommune reelt i stand til at lave et udbudsmateriale for døgnrytmelys. Et vigtigt element i kravsspecifikationerne, er lysets evne til at simulere mørke. Det vil sige, at personale og beboere ikke bliver udsat for blå lys fra sidst på eftermiddagen indtil næste morgen. Det har været en central læring, at det ikke er alle armaturer, der kan levere belysning uden blå lys.

Erfaringer med målgruppen

Projektets målgruppe har medført en række udfordringer. Ældre med demens og plejehjemsbeboere generelt er i sagens natur en svagelig målgruppe med lavt funktionsniveau og stort medicinbehov, hvor begge dele er med til at komplicere indsamlingen af entydig, klinisk og antropologisk empiri. En væsentlig læring fra projektet har derfor været, at det ikke har været en helt hensigtsmæssig gruppe at måle døgnrytmelysets sundhedsfremmende effekter på, da deres funktionskurve er for nedadgående uanset typen af intervention. Det skal dog fremhæves, at personalet har oplevet stor glæde ved døgnrytmebelysningen og beretter, at belysningen har gjort en forskel både for dem selv og beboerne. Men i forhold til en effektmåling med mere entydige, kliniske resultater kan et oplagt nyt projekt for eksempel fokusere på døgnrytmelysets effekt på mennesker, der arbejder om natten.



Energiforbruget og døgnrytmelys

I Plejecentret Albertshøj har målingerne i en otte-ugers periode vist et gennemsnitligt elforbrug pr. bolig på henholdsvis 11,16 kW/h i kontrolperioderne og 27,59 kW/h i perioderne med døgnrytmelys (CaLED). Døgnrytmelysets elforbrug er dermed højere end forbruget i kontrolperioderne.

Det højere forbrug i interventionsperioderne var forventet, blandt andet fordi personalet blev opfordret til at have lyset tændt i alle døgnets timer i interventionsperioden, for at sikre det nødvendige høje niveau, der simulerer dagslys og samtidig forsyner beboere og personale med dæmpet belysning uden blåt lys om aftenen og natten. Man må derfor formode at lyset vil være slukket i flere af døgnets timer i en almindelig brugssituation – ikke mindst i sommerhalvåret.

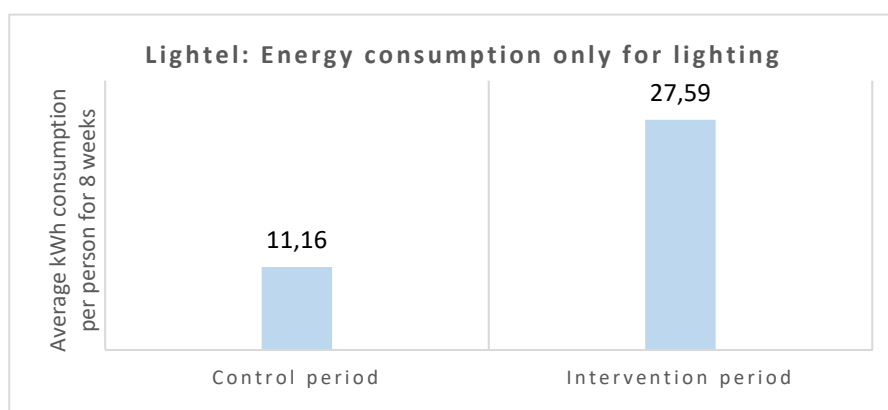


Fig. 6 Strømforsbruget pr boenhed i henholdsvis kontrolperiode og interventionsperiode

Aalborg Universitet, som har stået for at gennemføre beregningerne af energiforbruget, har dog skitseret et par forslag til forbedringer, som de mener ville kunne give en forbedret energicase. For eksempel ved at udbygge løsningen med intelligent sensorbaseret styring, som kan afbryde lyset om dagen, når det naturlige dagslys afgiver tilstrækkeligt lys, samt slukke lyset, når der ikke er personer i lokalet. Begge dele formodes at give besparelser på energiforbruget i forhold til det aktuelle forsøg. Forskellen i

energiforbruget mellem CaLED og Non-CaLED ville formentligt også være markant mindre på et hospital eller andre steder, hvor anvendelsen af kunstig belysning i dagtimerne i forvejen er endnu mere udbredt.

Det skal også bemærkes at Plejecenteret Albertshøj er et nyopført byggeri og indrettet med moderne strømbesparende LED-belysning som standard. Spændet i strømforbruget mellem eksisterende belysning og CaLED ville derfor være markant mindre, hvis sammenligningsgrundlaget var et eksisterende plejehjem med ældre belysningsteknologier.

Endelig skal det bemærkes at strømforbruget i både kontrolperiode og interventionsperiode på hhv. 27,59 kW/h og 12,79 (med og uden CaLED) over en 8 ugers periode udgør en meget lille andel af gennemsnitsdanskerens samlede strømforbrug på cirka 245 kW/h over en tilsvarende periode. Strømforbruget ligger også inden for den mængde strøm som gennemsnitsborgeren anvender til belysning.^{vii}

Fremadrettede betragtninger

Lighting Design Research Group (LiD-RG) på AAU Copenhagen arbejder for øjeblikket på at designe og evaluere døgnrytmelys i en række forskellige projekter og cases. Her er Lightel et af de allerførste projekter, der undersøger virkningen af døgnrytmelys i plejesektoren. Desuden er den holistiske tilgang, der kombinerer en antropologisk undersøgelse, biofaktorer og sensorbaserede data et nyt forskningsdesign, hvor erfaringerne i Lightel-projektet vil være med til at forme fremtidige forskningsprojekter og til at videreudvikle intelligent og personligt døgnrytmelys.

At Lightel har været med til at betræde et nyt og relativt ”uudforsket” område har både affødt udfordringer og muligheder. Blandt projektets positive resultater er den store internationale interesse for emnet, som Lightel-projektet har været med til at gøde jorden for.

Lightel har blandt andet været genstand for oplæg på London School of Economics, på den internationale belysningskonference ”Metropolis By Light”, samt i organisationen LUCI (Lighting Urban Community International), som er et internationalt fællesskab mellem 70 byer. Lightel har også været en medvirkende faktor til at sundhedslys er blevet et selvstændigt område i LUCI’s strategi – og ikke mindst: At Albertslund Kommune er blevet co-leader for søjlen ”Health & Wellbeing” i LUCI.

Lightel har også afholdt et seminar i projektets eget regi som også oplevede stor tilslutning fra både regioner, kommuner og branchefolk. Af disse grunde forventer vi en vedblivende interesse for døgnrytmelysets muligheder og egenskaber.



Formidlingsliste for Lightel-projektet

Pressemeddelelse:

Projektet blev annonceret i ekstern pressemeddelelse i januar 2018. Det resulterede blandt andet i en længere artikel i Magasinet Pleje d. 19. januar 2018, hvor projektets fokus, donor og partnere nævnes. Artiklen hedder "De kaster lys over døgnrytme og demens" og er på cirka 400 ord i omfang.

Andre eksempler på medieomtale:

https://www.energy-supply.dk/article/view/244278/elforsk_stotter_19_projekter

<http://albertslund.lokalavisen.dk/2018-02-21/Nyt-studie-Farvet-lys-kan-give-%C3%A6ldre-bedre-livskvalitet-2028184.html>

<https://www.welfaretech.dk/nyheder/2018/januar/doegnrytmelys-til-demens-undersoeses-i-nyt-studie>

Egne medieplatforme:

Projektet er blandt andet blevet omtalt i Insight Nummer 1 i 2017, hvor projektets fokus, formål, partnere og donor nævnes. Yderligere er projektets workshop blevet omtalt af flere omgange på Gate 21's hjemmeside, nyhedsbreve og arrangementskalender.

I forbindelse med offentliggørelsen af forskningsresultaterne vil erfaringerne og hvidbogen blive formidlet i en længere artikel i Gate 21's nyhedsbrev. Gate 21 er lead på opgaven, som vil være afsluttet senest fire uger efter hvidbogens færdiggørelse.

Hvidbog:

Der vil blive publiceret en hvidbog med ovenstående omfang i umiddelbar forlængelse af at den kliniske forskning bliver godkendt i peer-review. Chromaviso er ansvarlig for produktion og Gate 21 har forpligtet sig til at hjælpe med indsamling af materiale hos de relevante projektpartnere og den efterfølgende udbredelse af hvidbogen via egne kanaler.

Video om projektet:

Der er i perioden december 2018 – januar 2019 produceret en video som redegør for døgnrytmelysets virkning, projektets fokus og beboernes og medarbejdernes erfaringer fra projektet. Videoen kan findes på hjemmesiden om projektet, og vil blive anvendt til at løfte udbredelsen af den kommende hvidbog når forskningsresultaterne foreligger.

Rapport med tekniske specifikationer og beskrivelse af system og installation:

Der er i forbindelse med Lightel-seminaret udfærdiget en publikation indeholdende projektets kravspecifikation som er blevet uddelt til alle seminarets deltagere. Materialet er desuden offentlig tilgængelig og kan findes her: <https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2019/01/Kravspecifikation-Lightel-1.pdf>

Seminar om døgnrytmelys

I November 2018 blev der afholdt et seminar om døgnrytmelys i demens og plejesektoren. Seminaret var henvendt til virksomheder i belysnings- og plejesektoren, forskere, beslutningstagere og andre relevante organisationer.

Seminaret blev annonceret via Gate 21's egne kanaler (nyhedsbreve, kalender, LinkedIn), via Chromavisos og de øvrige partners kanaler og netværk – og annonceret via FOA's landsdækkende medlemsblad som distribueres til cirka 112.000 ansatte på Social og Sundhedsområdet.

På baggrund af ovenstående annoncering af seminaret - og en sideløbende omfattende opsøgende indsats blandt de storkøbenhavnske kommuner blev arrangementet en succes med cirka 50 deltagere fordelt på kommuner, fagfolk, eksperter, regioner og virksomheder.

Lightel-projektet har desuden været repræsenteret på konferencen "Metropolis By Light", en international konference om innovativ belysning. Konferencen løb over perioden 12-15 september 2018 og omfattede foruden en række faglige oplæg også living lab besøg – blandt andet til Sundhedshuset i Albertslund, hvor projektleder Kristina Aggergaard og Torben Skov Hansen, Innovationschef i Chromaviso fremviste den tekniske løsning og holdt oplæg om Lightel-projektet.

Anden faglig formidling om projektet:

Døgnrytmelys i plejesektoren er et relativt uudforsket område. Interessen for området har dog taget fart de seneste år, og i formidlings- og netværkssammenhæng har Lightel-projektet spillet en aktiv rolle. Her følger et udpluk:

Configuring Light, London School of Economics, London England

I April 2017 holdt Kristina Aggergaard, projektleder på Lightel et 45 minutters oplæg på London School of Economics. Overskriften på oplægget var "Light and Wellbeing". Der var cirka 30 tilhørere til oplægget, hovedsagligt fra Europa og USA – herunder USA's førende forsker inden for sundhedslys.

For mere information: <http://www.luciassociation.org/agm-durham-open-conference/>

Generelt om konferencen:

The most pervasive, and popular, issues about light revolve around 'wellbeing', a term that covers a wide range of potential impacts of lighting on physical and mental health and quality of life: biological and psychosomatic mechanisms such as circadian rhythms, seasonal affective disorder, the role of light and dark in hormone production; excesses of light and light pollution in the form of a disappearing night and ubiquitous electronic screens; the relationship of new lighting technologies to control, surveillance and big data; issues of waste, sustainability and energy consumption as lighting's complex role in ecological systems rapidly transforms.

Confirmed speakers:

Carrie Friese – LSE Sociology

Prof Mariana Figueiro – Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic

Prof Thorbjörn Laike – Environmental Psychology, Lund University

Prof Steven Fotios – Sheffield University School of Architecture

Navaz Davoudian – Environmental Design and Engineering, The Bartlett, UCL

Municipality of Albertslund, Denmark – Niels Carsten Bluhme, Flemming Jørgensen, Kristina Aggergaard

LUCI Annual General Meeting, Durham, England

Med titlen "Lightel: Circadian lighting for improving quality of life in care homes" blev der i November 2017 afholdt et 45 minutters oplæg om Lightel projektet i organisationen LUCI.

LUCI står for "Lighting Urban Community International" og er et internationalt fællesskab mellem 70 byer som alle aktivt anvender lys som et værktøj til social, kulturel eller økonomisk udvikling. Foruden partnerbyerne deltager også mere end 40 virksomheder og forskningsinstitutioner som beskæftiger sig med lys også i netværket. Oplægget havde cirka 200 deltagere fra hele verden.

Mere information: <http://www.luciassociation.org/study-on-impacts-of-light-on-elderly/>

- **Lightel: circadian lighting for improving quality of life in care homes**
Kristina Aggergaard, *Project Manager, City of Albertslund*

Researchers estimate that 40 percent of senior citizens over the age of 65 suffer from sleep disorders. The project LIGHTEL examines how so-called circadian lighting can give older people better sleep and help regulate circadian rhythms to reduce episodes of anxiety, depression etc. The project investigates how lighting and intelligent management that is tailored to individual needs can create better health and quality of life, e.g. through improved sleep. The project will test the LED lighting and control systems in Sundhedshuset Albertslund's care homes for elderly people. This should create knowledge and clarity about the role LED lighting can play in improving health. Depending on the results, the project can help to strengthen the use of LED lighting for the promotion of good health in municipal institutions and private homes.

Metropolis By Light, Malmø, Sverige og Albertslund, Danmark

I september 2018 blev der afholdt en international konference som satte spot på Øresundsregionens arbejde med lys. Gennem fem dage var et internationalt publikum inviteret til en række oplæg og living lab ture rundt hele Greater Copenhagen området, heriblandt også ture til Albertslund, hvor Lightel projektet blev fremvist. Foruden ekskursionen til Albertshøj Sundhedshus blev der også afholdt oplæg i Malmø om erfaringerne med Lightel-projektet

Mere information: <https://lightingmetropolis.com/metropolis-by-light/#Programme>
<https://lightingmetropolis.com/metropolis-by-light/#LivingLabBusTours>

Biological Lighting – effects on health and wellbeing by Ellen Kathrine Hansen, Åsa Moum & Kristina Aggergaard

We know the effect that daylight has on humans. Human-centric lighting systems use LED technology and intelligent lighting control systems to match light characteristics that map to humans' natural circadian rhythms. The intent of these systems is to enhance productivity and performance and to address the psychological and physiological problems that are created by disruptions to our circadian clock. While circadian rhythms are built into the human body, they adapt to the environment using external cues – these cues are primarily daylight.

We will hear about human-centric lighting in general, as well as the results from testing human-centric lighting in elderly care, at a school, a hospital's neonatal department and a psychiatric center for patients suffering from eating disorders.

#5 Biological lighting in psychiatry, elderly care, office and school in Ballerup and Albertslund

We will visit the Psychiatric Centre in Ballerup to hear about the effect of biological lighting on the symptoms of eating disorders. Afterwards, we will visit a nursing home in Albertslund where human-centric lighting is used to improve the health of elderly people. Then we will end up at Gate 21 where we will see the office building of the future and hear about light and learning in schools.

Henvisninger og slutnoter

Lightel er støttet af:

Elforsk
www.elforsk.dk



Læs mere om projektet på:

gate21.dk/lightel

Projektpartnere:

Chromaviso

www.Chromaviso.com

Albertslund Kommune

www.albertslund.dk

Klinisk Forskningscenter Hvidovre

<https://www.hvidovrehospital.dk/afdelinger-og-klinikker/Klinisk-Forskningscenter/Sider/Klinisk-forskningscenter.aspx>

Aalborg Universitet

www.aau.dk

Gate 21

www.gate21.dk

ⁱ Se <https://www.gate21.dk/wp-content/uploads/2019/01/Kravspecifikation-Lightel-1.pdf>

ⁱⁱ *The residential electricity sector in Denmark – a description of the current conditions*" (DTU Orbit 2016)

ⁱⁱⁱ <https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics>

^{iv} $(31 \text{ GW/h} \times 0,3) / 5,77 \text{ millioner} = \sim 1600 \text{ kW/h}$

^v $1600 \text{ Kw/h} \times 0,12 = 192 \text{ kW/h}$

^{vi} **Towards assessing the impact of circadian lighting in elderly housing from a holistic perspective.** / Sen, Sumit; Flyvholm, Anton; Xylakis, Emmanouil; Nielsen, Stine Maria Louring; Hansen, Ellen Kathrine; Mullins, Michael Finbarr; Triantafyllidis, Georgios., ARCH 17: 3rd international conference on architecture, research, care and health. Conference Proceedings. 1. ed. Polyteknisk Boghandel og Forlag, 2017. p. 227-240.

A personalised and adaptive intelligent system to adjust circadian lighting for elderly housing. / Flyvholm, Anton; Sen, Sumit; Xylakis, Emmanouil; Nielsen, Stine Maria Louring; Triantafyllidis, Georgios; Andresen, Linda; Pedersen, Mette Merete., 15th International Symposium on Ambient Intelligence and Embedded Systems. 2016

^{vii} <https://sparenergi.dk/forbruger/el/dit-elforbrug>

Kravspezikationer til

Lightel

Et forskningsprojekt om døgnrytmelys
i demens- og plejesektoren



Albertslund Kommune



AALBORG UNIVERSITET



PORTEN TIL
GRØN VÆKST

Intervention lighting scheme

For the project intervention, the applied scheme of the electrical lighting is called “circadian lighting”. It is designed to transfer a range of beneficial elements of the daily light-dark cycle of daylight to the electrical lighting system. The following will explain the evidence based motivation for applying it as intervention lighting and outline the principles of the 24-hour lighting scheme itself.

Throughout evolution, human behavior and fundamental body functions have entrained to the daily cycle of light and dark. This cyclical behavior of cognitive and endocrine functions is referred to as the circadian system. This has been known for long, but it was only recently in scientific terms that it was discovered that it is in fact light that is the main entraining element of nature to the human body. Other cues such as activity and food also contribute, but Berson, 2002, finally discovered a novel retinal photoreceptor, the ipRGC, as the main channel of information to the human body for circadian entrainment. More recent studies such as Rea et al, 2005, Güler et al, 2008 and Gooley et al, 2010 reveal that the photo transduction from light incident to the retina through the non-visual photoreceptor (ipRGC) and the visual photoreceptors (rods and cones) is a complex matter that still to this day in 2018 needs more research to be understood in full.

Also, recent studies have shown that immobilization or institutionalization lead to decrease in health conditions and circadian entrainment. That complex is described in West et al, 2017 indicating that lack of exposure to proper amount of daylight and disrupted nighttime conditions regards to sleep and darkness is influencing that health degeneration.

The applied circadian lighting is designed to enhance circadian entrainment by use of electrical lighting such that elderly and demented that stay indoor due to mobility and institutionalization will have proper circadian entrainment as people get with normal access to daylight. Since the photo transduction is not completely understood, the lighting design is imperatively explorative. However, all elements of it is based on proven relations between light and human or mammals and between human circadian rhythm and the light-dark cycle of daylight.

The entrainment has two main components – Circadian phase and circadian strength. The first relates to the synchronization of the sleep/wake cycle of the elderly and the dark/light cycle of daylight (Rea et al, 2005 and Gooley et al, 2010). The latter relates to the amount of diurnal light exposed that leads to increase in sleep drive and immunity to circadian disruption by to nocturnal light exposure (der Lek et al, 2008, Dijk 2009 and Anderson et al, 2012).

To implement this, the 24-hour cycle is divided into four main events, described in principles below:

Morning

A smooth transition from dark to warm white is coordinated with the preferred wake-up time for the elderly. Once the elderly is awoken, the light turns gradually into bright light with colour temperature around 4,000K after approximately 2 hours after waking. The bright light exposure early in the day improves the alertness and has a proven optimal anti-depressive effect. Also, it biologically marks the presence of day (Anderson et al, 2012) such that the human circadian master clock can synchronize all body functions (Dijk, 2009).

Noon

At noon, all areas will have the brightest light. The period with the brightest light is 12.00 - 14.00. Since it is intolerable to attain illuminance levels similar to those of daylight, it is important that the elderly are exposed to

bright light for as long as possible. That is to get the sufficient dose of light to feel alert during the day and in order to build up the circadian sleep pressure to prepare a good night's sleep (Foster & Lockley, 2012). Color temperature around that time tops at 5,500 K approximately correlating to the color temperature of daylight from a clear sky around noon (Williams, 2004). It would be obvious to indicate a reference illuminance level for the light setting at noon, but acknowledging the statement from CIE TN-003:2015, the photometric illuminance metric is inapplicable when it comes to documentation of non-visual response of light. Instead, it is recommended to define the light uniquely by the 5 α -opic illuminance levels that are specific for each of the retinal photoreceptors in the human eye.

Photoreceptor	Cyanopic	Melanopic	Rhodopic	Chloropic	Erythroptic
α -opic equivalent illuminance at noon	28 lux	43 lux	52 lux	63 lux	67 lux

Evening

At mid-afternoon it is time to start administering the short-wavelength components of the light, since they have the greatest impact regards to circadian response and sleep disruption (Rea, 2005). At dinnertime, the colour temperature is down to normal indoor levels around 3,000 K and the illuminance levels is reduced to 30% of the daily maximum. From there, the light is gradually dimmed to reach night levels.

Night

During nighttime, the apartments are kept in darkness unless an event happens. The darkness is important for the elderly to consolidate the sleep and circadian entrainment. The light applied in case of an event as well as in the staff areas are with low illuminance levels and with a novel spectral composition to establish safe and calming visual conditions while ensuring minimal impact of the non-visual system. The spectral composition is a continuous spectrum that resembles an off-black body warm white with correlated colour temperature at 1,850 K and a 2%-of-max bandwidth from 520 – 750 nm

These four daily lighting events are repeated every day in order for the elderly to stabilize around this fixed timing of light and darkness.

In order to ensure the desired effect, all indoor areas are lit with a dynamically controlled lighting system that continuously controls the light of all areas in which the elderly and personnel occupy throughout the day. Also, recognizing the exploratory nature of the lighting design, the lighting scheme is made to be consistent with the basic scheme of daylight: Dark or with low intensity at night and brightest at daytime with long, unnoticeably smooth transitions to optimize the tolerability and experience of daylight. In addition to the circadian lighting, the lighting system also offers the users to turn off the light in the rooms individually and in relevant rooms, some activity based light settings are offered acknowledging that some events require different light than what is optimum for circadian entrainment. Examples of that are dish washing at night, nocturnal patient care or critical events regardless of the time of day.

M. Andersen, J. Mardaljevic, S.W. Lockley, A framework for predicting the non-visual effects of daylight – Part I: photobiology-based model, *Lighting Research and Technology*, vol 44 (1), pp. 37-53, 2012.

CIE TN-003:2015 Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013

REA, M., FIGUEIRO, M.G., BULLOUGH, J.D., BIERMAN, A. 2005. A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Res Brain Res Rev.* 50(2):213-228.

Light, Sleep, and Circadian Rhythms: Together Again

Dijk DJ, Archer SN (2009) Light, Sleep, and Circadian Rhythms: Together Again. *PLOS Biology* 7(6):

Spectral Responses of the Human Circadian System Depend on the Irradiance and Duration of Exposure to Light, Joshua J. Gooley et al. *Sci Transl Med* 2, 31ra33 (2010);

A. D. Güler, J. L. Ecker, G. S. Lall, S. Haq, C. M. Altimus, H. W. Liao, A. R. Barnard, H. Cahill, T. C. Badea, H. Zhao, M. W. Hankins, D. M. Berson, R. J. Lucas, K. W. Yau, S. Hattar, Melanopsin cells are the principal conduits for rod–cone input to non-image-forming vision. *Nature* 453, 102–105 (2008).

Anders West, Poul Jennum, Sofie Amalie Simonsen, Birgit Sander, Milena Pavlova & Helle K. Iversen (2017) Impact of naturalistic lighting on hospitalized stroke patients in a rehabilitation unit: Design and measurement, *Chronobiology International*, 34:6,687-697, DOI: 10.1080/07420528.2017.1314300

Gooley JJ, Rajaratnam SMW, Brainard GC, Kronauer RE, Czeisler CA, Lockley SW. (2010). Spectral responses of the human circadian system depend on the irradiance and duration of exposure to light. *Sci Trans Med.* 2:31ra33–31ra33.

Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science.* 2002 Feb 8;295(5557):1070-3.

R. F. R.-V. der Lek et al, "Effect of Bright Light and Melatonin on Cognitive and Noncognitive Function in Elderly Residents of Group Care Facilities A Randomized Controlled Trial," *JAMA*, June 11, 2008—Vol 299, No. 22., pp. 1–14, May. 2008.

Williams, D. R. (2004). "Sun Fact Sheet". NASA

"Sleep: A Very Short Introduction", Russell G. Foster and Steven W. Lockley, 2012

Lightel: System specifications for luminaries

The requirements are priorities through the following weight

3 - Minimum requirements

2 - Prioritized requirements

1 - Requirements

l - Information requirement

ID	Requirements	Specification	Weight
Luminaries	Ecolabel Information about Ecolabel must be available	-	l
Luminaries	Failsafe: If no data connection, lights with default light	Warm white LEDs are on	3
Luminaries	High total room illuminance	At max intensity (all LEDS at 100%) <800lux >500lux at any point in a 4mx6m or 3mx5m room	3
Luminaries	No shadows on diffuser / no distinguishable LEDS	-	2
Luminaries	High output of blue light at bed, couch and table area	> 200 lux 355-375 nm	3
Luminaries	Noise / Expected noise	< 5 db	3
Luminaries	Low flicker (50%, 75% and 100%)	Flicker index < 0.1, Flicker percentage < 10%	2
Luminaries	Include warm white LEDS	2000 - 2500 Kelvin	2
Luminaries	Include cold white LEDS	6000 - 7000 Kelvin	2
Luminaries	Include RGB If a tunable white solution is used, an alternative light solution must be available for evening and night. This solution must ensure participants is not exposed to light (wavelengths) disturbing the circadian rhythm.	-	1
Luminaries	For common rooms, be build into 60x60 ceiling	-	1
Luminaries	Energy efficiency	>160lm/watt after system loss (system tab)	1
Luminaries/S oftware	Disposal of equipment The producer and supplier must meet EU requirements for disposal	-	2
Luminaries/S oftware	High colour rendering for warm white and cold white LEDS	>90 CRI	1
Luminaries/S oftware	Lifetime Lifetime of driver corresponds with expected lifetime of the luminaire	>50.000 hours / >L70	1
Luminaries/S oftware	Dimmable Light	> 200 steps	2
Luminaries/S oftware	Software based log of user date: when is the lamp on/off and which light scenario is used. i.e. log the following parameters: (roomNo, lightScenario, turnOnDate, turnOnTime, turnOffDate, turnOffTime, duration) Please note that some flats have more than one room.	-	3

Software	<p>Light Scenarios: It must be possible to use one or more light scenarios at the same time in different rooms/on different luminaries.</p> <p>The use of the following two scenarios for research purpose must be possible. 1) Standard light corresponding to typical light composition in elderly homes and nursing homes. 2) Circadian light corresponding to the light curve in Appendix 1 next tab. These scenarios will be controlled by software programming.</p> <p>The use of the following three scenarios for daily use must be possible. 1) Emergency light 2) Very low luminance scenario at night time. These light scenarios will be controlled by a physical switch. 3) The light at night must not be completely red. This will be controlled by software programming</p>	-	3
Software	<p>Usage during intervention: During the intervention only personal must be able to turn off the luminaries and the light must not turn off because of no movement.</p>	-	3
Software	<p>Standard setting The following standard settings must be possible. 1) The light will automatically and slowly turn on in the morning 2) The light will automatically reset after a work shift</p>	-	2
Software	Software compatible with CTS/BMS (e.g. through API)	-	1

Circadian lighting curve

The theoretical basis for the development of the circadian lighting scheme comes from previous chronobiological and cognitive research relating to flicker, illuminance levels and correlated colour temperature (CCT). Firstly, a number of studies have shown the correlation of CCT and illuminance on the circadian rhythm. Research by Figueiro et al. indicates that high circadian stimulation should have an illumination of at least 400 lux at the cornea and a CCT of 6500 K (blue rich light), and suggests this for daytime use. Evening hours are recommended to have an illuminance of 100 lux at the cornea and a colour temperature of 2700K (Figueiro, 2008). In a study on old and demented people, Sust et al. similarly propose a scheme for elderly with a 1200 lux and 6500 K exposure during the daytime, and an 800 lux and 3000 K exposure after three o'clock in the afternoon (Sust et al. 2012). Finally, within a working environment, Van den Beld has proposed a curve which starts at 800 lx and 6000 K at 8.00 in the morning, which gradually decreases to 500 lux and 3000 K by 12.00. This is repeated starting with around 750 lux at 12.30 which again gradually decreases to 500 lux and 3000 K at 16.00 (Van den Beld, 2002). An important aspect of research on the circadian rhythm is the study of the sleep-wake cycle. As an effect of the combination of the circadian rhythm and sleep homeostasis, sleep cycles for humans have been argued to be biphasic, although current society is interrupting this with technology (Ekirch, 2001).

Besides research on the circadian rhythm, there are equally a number of cognitive studies related to emotional response, task performance and alertness with respects to CCT and illuminance levels. Goven et al. have shown that an increase from 3000 K to 4000 K increases alertness (Goven et al. 2007). Similarly, Choi and Suk showed that 6500 K produced the greatest alertness (Choi & Suk, 2016). The same studies indicated that 100 lux produced the best emotional responses (Goven et al, 2007), and that 3500 K was associated with increased relaxation (Choi and Suk, 2016). This is equally reflected by Park et al. who found that a lower CCT of 2766 K increased relaxation (Park et al. 2013).

By using research a dynamic circadian lighting scheme (Figure 1) can be produced with a circadian lighting curve (Figure 2). This scheme would be punctuated by task performance requirements such as dinner, and toilet visits. The light needs to be dynamic, and change illuminance levels and colour temperature in a prescribed sequence depending on the time of day, biological needs and task requirements.

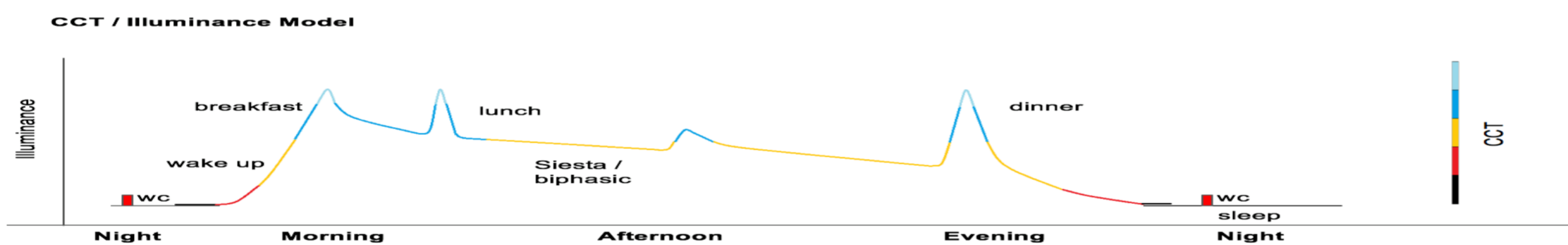
Figure 1. Circadian lighting scheme

		Morning			Afternoon			Evening	
		Wake up	Breakfast	Morning activity	Lunch	Afternoon dip	Recovery, afternoon activity	Dinner	Evening activity
Chronobiology	lx	1000 / 600 ¹	400 ²			Biphasic ⁸			60 ¹ / 100 ²
	K	6500 ²	6500 ²						2700 ²
Cognitive studies	lx			1000 ³		1000 → 500 ⁴	1000 ³		1000 → 500 ⁴
	K		5000 ⁵	3000/5000 / 4000 ⁴	5000 ⁵	2700 ⁴	3000/5000 ³	5000 ⁵	2700 ⁴
Standards and recommendations	lx	200 ⁶	300-500 ⁶	750-1000 ⁶	300-500 ⁶	100 / 5 ⁷	750-1000 ⁶	300-500 ⁶	750-1000 ⁶
	K								

References in figure:

- 1 Figueiro, M.G. (2008), A 24 Hour Lighting Scheme for Older adults. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/LightOlderAdults.asp>
- 2 Figueiro, M.G., Saldo, E., Rea, M., Kubarek, K., Cunningham, J., Rea, M.S. (2008). Developing Architectural Lighting to Improve Sleep in Older Adults, *The Open Sleep Journal* 1(1):40-51
- 3 Weitbrecht, W.U., Bawolff, H., Lischke, A., Jünger, S. (2015), *Fortschritte der Neurologie*
- 4 Manav, B. (2007) An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices, *Building and Environment* 42 (2007) 979-983
- 5 Yamagishi, M., Yamaba, K., Kubo, C., Nokura, K., Nagata, M., (2008), Effects of LED lighting Characteristics on Visual Performance of Elderly People, *International Society for Gerontology*
- 6 Terkildsen, M. (2004), *Indretning af Plejecentre- for svage ældre og mennesker med demens*, Styrelsen for Social Service
- 7 DS ES 12464-1 2011
- 8 Kryger et al. (2011), *Principles and Practice of Sleep Medicine*, Elsevier Saunders

Figure 2. Circadian lighting curve



Medical requirements and recommendations:

Examination room general: 500 lx, 4000-5000 K, Ra 90 (DS EN 12464-1 2011: 5.40.1)
 Examination, simple: 300lx (DS EN 12464-1 2011: 5.39.3)
 Examination and treatment: 1000lx, Ra 90 (DS EN 12464-1 2011: 5.39.4 / 5.40.2)
 Cleaning and examination: 100 - 200 lx (Styrelsen for Social Service, 2004)
 Examination and Observation: 500 lx, 5000 K, Ra 90 (Styrelsen for Social Service, 2004)
 Emergency lighting: 1500 lx / 5000 K: manual override button.

Toilet:

Daytime: 200 lx (DS EN 12464-1 2011: 5.39.6 / 5.2.4)
 Night time: 5 lx, 2700 K, or amber light (Figueiro, A 24 Hour Lighting Scheme for Older Adults, 2008)