

Bilag

EVALUERING AF
INNOVATIONSPARTNERSKAB

**Biologisk
lys**

Indhold

Bilag 1	3
Erfaringsopsamling af beboere og medarbejderes oplevelse af lamper med biologisk lys på plejehjem, Rambøll (2023)	
Bilag 2	38
Teknisk evaluering af biologisk lys på plejehjem, IVE Rådgivning og Spektrum Lysdesign (2023)	
Bilag 3	69
Technical basis for "Biologisk lys", Ocutune (2021)	
Bilag 4	105
Evalueringsrapport, Belid Lighting og Lyhne Design (2023)	
Bilag 5	146
Non-visual effects of light, how to use light to promote circadian entrainment, MG Figueiro (2018)	
Bilag 6	175
Effect on nurse and patient experience, overnight use of blue-depleted illumination, Albala (2019)	
Bilag 7	183
Helhedsløsning, Belid Lighting og Lyhne Design	
Bilag 8	216
Kvalificering af døgnrytmelysteknologi i plejehjem, Center for lys AAU (2019)	
Bilag 9	219
Udbudsbetingelser	
Bilag 10	250
Kontraktbilag 1. Behovs- og Procesbeskrivelse	
Bilag 11	266
Kontraktbilag 1a. Teknisk grundlag for biologisk lys	
Bilag 12	284
Mobilt og personligt lys, Aarhus og Københavns Kommune (2019)	

RAPPORT

Erfaringsopsamling vedr.
beboere og medarbejderes
oplevelse af lamper med
biologisk lys på plejehjem

Marts 2023



Indholdsfortegnelse

1. Indledning

2. Resumé - Hovedresultater

3. Erfaringsopsamlingens resultater

- Oplevet søvnkvalitet
- Beboernes døgnrytme
- Oplevet trivsel
- Personalets arbejdsmiljø
- Design og accept

4. Bilag





KAPITEL 1

Indledning

Indledning | Baggrund og formål

Aarhus Kommune og Københavns Kommune er indgået i et innovationspartnerskab med konsortiet Belid Lighting og Lyhne Design om at udvikle nye innovative lysløsninger til biologisk lys til ældre på plejehjem. Formålet med projektet er at udvikle nye typer af lamper med biologisk lys, der kan sikre, at beboere på plejehjem - på en simpel, fleksibel og omkostningseffektiv måde - optager den rette mængde og type lys til rette behov og tidspunkt og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn samt fysisk og psykisk helbred.

Det er Aarhus Kommune og Københavns Kommunes forhåbning, at lamper med biologisk lys (døgnrytmelamper og natlyslamper) kan give beboerne en bedre døgnrytme, hvor de sover om natten og er vågen om dagen, hvilket kan medføre en række positive oplevelser for beboere og medarbejdere. Det er ligeledes forhåbningen, at en optimal lysløsning også vil kunne skabe et bedre arbejdsmiljø for medarbejdere med henblik på at styrke omsorg og pleje i det daglige.

Rambøll Management Consulting (herefter Rambøll) har på vegne af Aarhus Kommune og Københavns Kommune gennemført en erfaringsopsamling, der har haft til formål at supplere den eksisterende viden om effekterne ved at modtage den rette type og mængde af lys ved at tilvejebringe yderligere kvalitativ viden om, hvilke oplevelser, beboere og medarbejdere har haft ift. at modtage det biologiske lys på plejehjem. Erfaringsopsamlingen har dog ikke haft til formål at påvise disse effekter. Derimod har erfaringsopsamlingen undersøgt beboere og personales oplevelser af, hvilken betydning det biologiske lys har haft på beboeres søvnkvalitet, døgnrytme, trivsel, design og accept af lamper og lys, samt hvilken betydning det biologiske lys har haft på personalets oplevede arbejdsmiljø.

DESIGN OG DATAGRUNDLAG

Erfaringsopsamlingen er baseret på kvalitative interviews med beboere samt interviews med personale og ledere på et udvalgt plejehjem i hhv. Aarhus og København. Dataindsamlingen er gennemført i perioden november 2022 til februar 2023.

Dataindsamlingen har bestået af en baselinemåling forud for installation af biologisk lys i beboernes bolig samt fællesarealer, og en eftermåling efter endt afprøvning af det biologiske lys.

Dataindsamlingen er foretaget på heldagsbesøg på de enkelte plejehjem med det formål at sikre dialog med både dag- og aftenpersonale samt sikre respondenter med direkte erfaring med beboernes døgnrytme både i morgen- og aftentimerne. Der er i alt gennemført 13 interviews på hvert plejehjem, heraf 14 interviews med beboere og 10 interviews med personale samt ledere. Nærmere angivelse af datagrundlaget kan ses i figuren nedenfor*.

Plejehjemmets beboere repræsenterer et udvalg af det samlede antal beboere, der deltog i test og blev udvalgt af plejehjemmets ledere. Beboere, der var kognitivt velfungerende, blev prioriteret til interviews. Beboere, der ikke i samme grad var i stand til at svare for sig selv, blev delvist inddraget i erfaringsopsamlingen gennem personalets besvarelser og opfattelser af de respektive beboere.

	Samlet antal	Beboere	Personale (dag)	Personale (aften)	Personale (leder)
Baseline	24	14	5	5	0
Eftermåling	26	14	5	5	2

*Figuren viser et samlet overblik over antal interviews gennemført på Fuglebakken og Kastanjehusene. I bilag 2 fremgår fordelingen af interviews på de enkelte plejehjem.



KAPITEL 2

Resumé - Hovedresultater

Resumé | Hovedresultater

Erfaringsopsamlingen af beboere og personales oplevelser af det biologiske lys på plejehjem, er opdelt i fem tematikker: oplevet søvnkvalitet, beboernes døgnrytme, oplevet trivsel, personalets arbejdsmiljø samt design og accept af lamper og lys. Nedenfor opsummeres de væsentligste hovedresultater for disse tematikker. Opsamlingen beror på interviews med kognitivt velfungerende beboere for at sikre meningsfulde interview. Opsamlingens population er således ikke repræsentativt for alle beboertypers oplevede søvn, døgnrytme og trivsel. Opsamlingen bemærker dog, at de beboere, der ikke er kognitivt velfungerende, kan have haft gavn af det biologiske lys. Københavns og Aarhus Kommune har foretaget yderligere undersøgelser af øvrige testpersoner i perioden, hvorfor opsamlingens resultater ikke er udtømmende ift. oplevelserne af det biologiske lys.



1. Oplevet søvnkvalitet

Erfaringsopsamlingen indikerer, at det biologiske lys på nogle parametre har positiv indflydelse på beboernes søvnkvalitet. En beboer er eks. flyttet fra at sove i sin lænestol, til at gå tidligere i seng i egen seng, og det formodes deraf, at beboeren sover mere. Ligeledes oplever personalet, at beboere, der tidligere har været urolige, er blevet mindre aktive om natten, samt at beboere vågner tidligere og mere naturligt af sig selv om morgenen. Beboerne oplever ikke selv, at belysningen hjælper dem med at falde i søvn eller sove bedre om natten. De fortæller samtidigt, at de allerede inden lampernes implementering sov godt om natten.



2. Beboernes døgnrytme

Erfaringsopsamlingen indikerer, at beboere og personale oplever, at det biologiske lys positivt påvirker beboernes døgnrytme. Dette kommer til udtryk gennem to oplevelser blandt personale og beboere, herunder at beboere lettere kan identificere og afkode døgnets tidspunkt, og at beboere oplever et højere energi- og aktivitetsniveau i løbet af dagtimerne. Beboere oplever tilmed, at de har fået mere energi i dagtimerne. Medarbejdere beskriver, at beboere der tidligere har haft svært ved at identificere døgnets tidspunkt, nu i højere grad afstemmer deres døgnrytme med døgnets naturlige rytme som følge af lampernes løbende justering af farve og styrke.



3. Oplevet trivsel

Erfaringsopsamlingen indikerer, at det biologiske lys på flere punkter er med til at øge beboernes trivsel. Flere beboere beskriver, at den dæmpede belysning, om aftenen og natten, skaber en hyggelig stemning, mens personalet oplever, at det biologiske lys har skabt en mærkbar, positiv forskel i humøret hos de beboere, der har været depressive eller nedtrykte. Flere beboere beskriver også, at særligt nattelamperne er tryghedsskabende, da de 1) mindsker risikoen for fald, hvis beboeren skal bevæge sig op, om natten og 2) kan skabe den nødvendige tryghed, for de beboere, der føler sig utrygge ved at sove i mørke.



4. Personalets arbejdsmiljø

Erfaringsopsamlingen indikerer, at personalet oplever, at det biologiske lys har en positiv indvirkning på deres fysiske og psykiske arbejdsmiljø. Personalet fortæller, at bedre belysning af beboernes hjem, samt sensorbelysning på bade- og soveværelse, gør det lettere at se og udføre plejeopgaver hos beboerne. Ved at lyset tænder automatisk, behøver medarbejderne ikke aftage handsker for at tænde og slukke lys hvilket ligeledes reducerer antallet af overfladeberøringer. Derudover oplever dagspersonalet, at belysningen giver dem mere energi, mens aftenpersonalet oplever den dæmpede belysning som beroligende og behagelig - både for dem selv og for beboerne.



5. Design og accept af lamper og lys

I erfaringsopsamlingen indikerer størstedelen af beboere at de ønskede at beholde deres lamper efter endt test samt at de kunne betjene og anvende disse lamper. Andre beboere havde svært ved at betjene lamperne samt forstå lampernes funktioner herunder mht. lysjustering og sensorbelysning. Det blev tilmed bemærket, at lysstyrken er kraftig og kræver tilvænning. Dertil oplevede beboere, at de ikke havde et behov for *alle* lamperne, og at placeringen af enkelte lamper ikke var optimal. Det medførte, at mange lamper hos beboerne var slukkede. Dette indikerer, at der er behov for vejledning i optimal placering og anvendelse af lamperne.



KAPITEL 3

Erfaringsopsamlingens resultater

Tema 1 | Oplevet søvnkvalitet



I dette afsnit præsenteres det, hvordan personale og beboere oplever, at det biologiske lys har påvirket beboernes oplevede søvnkvalitet. Søvnkvalitet omfatter beboernes søvnrytme, herunder hvor hurtigt de falder i søvn, og hvor godt de oplever, at de sover om natten, samt vågner om morgenen. Analysen viser, at det biologiske lys i mindre omfang har betydning for beboernes oplevelse af at falde i søvn samt at sove om natten. Det skyldes, at de fleste beboere fortæller, at de allerede sover godt. Personalet fortæller dog, at beboere, der tidligere har været urolige er blevet mindre urolige om natten, mens andre beboere går tidligere i seng. Beboere fortæller også, at de nu vågner mere naturligt om morgenen.

Personalet oplever mindre uro hos beboerne om natten

Interviews med beboere peger på, at den biologiske lysløsning i mindre omfang har betydning for, hvordan beboerne falder i søvn eller sover om natten. Beboerne oplever ikke selv, at de efter lampernes implementering har haft hverken nemmere ved at falde i søvn, eller at de sover bedre om natten. Både før og efter lampernes implementering fortæller beboere, at de sover godt om natten, men at de sommetider vågner, fx for at gå på toilettet. Beboerne oplever at det antal gange de vågner om natten er uændret. En medarbejder fortæller dog, at en beboer, efter medarbejderens udsagn, oplever at sove bedre om natten efter lampernes opsætning.



En borger siger, at hun sover meget bedre om natten og får en meget bedre døgnrytme - også over hele døgnnet fordi hun ikke er træt. Så hun virker mere rolig og tilpas.

Personale

Personalet kan imidlertid kun delvist udtale sig om beboernes søvnmønstre da de ikke er i rummet under indsovning samt at flere borgere har frasagt sig nattilsyn. Personalets vurdering af, hvorvidt beboerne har nemt ved at falde i søvn, baserer sig derfor primært på antallet af kald efter sengelægning. Disse kald skyldes typisk behov for hjælp, der ikke nødvendigvis omhandler at falde i søvn, fx toiletbesøg, hvorfor det kan være svært at vurdere, hvorvidt der er en forskel i beboernes søvn baseret på en forskel i antallet af kald. Erfaringsopsamlingen har imidlertid ikke haft mulighed for at tale med nattevagtspersonalet i nærværende undersøgelse.

Derimod peger interviews med personalet på, at det biologiske lys har haft en positiv betydning for beboernes oplevede søvnrytme. Interviewede medarbejdere har oplevet, at en beboer er begyndt at gå tidligere i seng efter lampernes opsætning, og de formoder deraf, at vedkommende sover mere om natten. En leder fortæller også, at vedkommende har oplevet beboere, der efter lampernes opsætning, er blevet mindre urolige om natten. Eksempelvis beretter denne leder om, at nogle beboere tidligere har gået op og ned ad fællesgangene om natten, men at lampernes dæmpende lys nu har en beroligende virkning på beboerne, hvilket bevirker, at de hurtigere falder til ro og i søvn igen, efter at de er vågnet.

Beboere oplever en mere naturlig og behagelig opvågning

Erfaringsopsamlingen peger samtidigt på, at det biologiske lys har en positiv indflydelse på beboernes opvågning. Interviewede medarbejdere påpeger, at de har oplevet beboere, der er begyndt at vågne tidligere om morgenen, samt andre, der nu vågner mere naturligt og af sig selv om morgenen – uden behov for personalets hjælp. Personalet fortæller, at dette kan skyldes lamperne, der med et behageligt lys langsomt tiltager i styrke og gør det nemmere og mere rart for beboerne at vågne om morgenen. Beboere oplever også selv, at de vågner mere naturligt om morgenen, og de fortæller, at dette skyldes lampernes automatiske optænding, hvor lampen gradvist opnår en stærkere lysstyrke, i løbet af morgenen.



Om morgenen mærker jeg en forskel, fordi den lampe i loftet (RoomMate Plafond), den tænder automatisk om morgenen med svag belysning i loftet. Lampen i loftet hjælper mig med langsomt at vågne om morgenen.

Citater | Oplevet søvnkvalitet

“

Vi har haft nogle beboere, der har tendens til at vandre op og ned ad fællesgangene. Når de så er trådt ud, så er de tidligere trådt ud i et skarpt lys fra spots. Ved, at vi nu har de her natlamper (NightMate), så har det virket beroligende, og det har kunnet vise de her nattevandrere, at det faktisk er mørkt udenfor. Så der har ikke været så høj grad af aktivitet om natten, som der har været tidligere.

Leder

“

Jeg har en beboer, der før altid sov i sin lænestol og faldt i søvn om natten, og vi har haft denne problematik i over et år, at vi ikke har kunnet få hende i seng. Hvor nu går hun selv i seng, fordi lyset dæmper sig automatisk lidt om aftenen, hvor hun så ved, at nu skal hun gå i seng, når lyset dæmper sig lidt.

Leder

“

Hos en beboer hjælper belysningen vedkommende med at stå op, fordi vedkommende står tidligere op og selv går ud af sengen nu.

Personale

“

Vi har haft nogle beboere, der egentligt har givet udtryk for, at det har været en bedre opvågning om morgenen, så vi har kunnet se og mærke det på nogen.

Personale

“

Antallet af kald efter sengelægning har ikke ændret sig efter lampernes opsætning. Det er hverken mere eller mindre.

Personale

Tema 2 | Beboernes døgnrytme



I dette afsnit præsenteres resultaterne af, hvorvidt det biologiske lys opleves at påvirke beboernes døgnrytme. Med beboernes døgnrytme menes der, hvorvidt beboerne kan identificere døgnets tidspunkter samt i hvilket omfang beboerne er aktive og energiske i løbet af dagen. Analysen indikerer, at beboere og personale oplever, at det biologiske lys positivt påvirker beboernes døgnrytme. Dette kommer til udtryk gennem to identificerede oplevelser, herunder at beboere lettere kan identificere og afkode døgnets tidspunkt, og at beboere oplever en forøgelse af deres energi- og aktivitetsniveau i løbet af dagtimerne.

Det biologiske lys kan gøre det lettere for beboere at identificere døgnets rytme

Erfaringsopsamlingen peger på, at beboere, efter implementeringen af det biologiske lys, har lettere ved at identificere tidspunkter på døgnnet, herunder om det er dag, aften eller nat. Det interviewede personale oplever, at lampernes varierende lysstyrke hjælper beboerne med at registrere, om det eksempelvis er eftermiddag eller aften. Som nedenstående citat illustrerer, oplever personalet tilmed, at beboere, der er kognitivt udfordrede og tidligere har haft vanskeligt ved at vurdere, om det er dag eller nat, nu i højere grad afstemmer deres døgnrytme efter døgnets naturlige rytme. Dette er et resultat af, at lamperne har en automatisk protokol over døgnets 24 timer, både i lejligheder og i fællesstuerne. Lamperne dæmper herved lysstyrken i aftentimerne.



Lyset i lamperne følger døgnrytmen, så om dagen er lyset meget lyst, og om eftermiddagen begynder lyset at sænke sig. De beboere, der er friske, kan registrere, at nu ændrer lyset sig til noget mere roligt lys, hvilket betyder, at nu er det ved at være aften. For de beboere, der ikke er friske kognitivt og ikke kan mærke forskel på dag og nat, kan jeg mærke rent kropsligt, at deres kroppe afstemmer sig mere efter døgnrytmen.

Personale



Jeg har faktisk fået lidt mere energi. Jeg mærker det på den måde, at jeg bedre kan håndtere forskellige ting i min dagligdag.

Beboer

Beboere oplever en forøgelse i eget energi- og aktivitetsniveau

Erfaringsopsamlingen viser, at interviewede beboere har oplevet et øget energiniveau i dagtimerne, som følge af det biologiske lys. Beboere fortæller, at de har fået mere energi i dagtimerne. Disse beboere oplever eksempelvis, at de nu har mere overskud til at deltage i aktiviteter og træning, eller oplever mere energi til selv at kunne håndtere praktiske ting i deres hverdag. Det interviewede personale oplever også, at beboere har fået mere energi til at gøre ting selv i hverdagen, eller at nogle er blevet bedre til at bevæge sig ud af egen stue, fx for at opholde sig i fællesstuerne i stedet. Beboere har også fortalt, at lamperne har motiveret dem til at læse flere bøger og magasiner, end de hidtil har gjort, fordi lyset fra standerlamperne (RoomMate gulv og bord) giver et godt læselys.

I interviewene med personalet understreger de, at der er tale om mindre ændringer i beboernes energiniveau, hos de beboere, personalet kender til. Den positive oplevelse ift. hvordan det biologiske lys påvirker beboernes energi- og aktivitetsniveau er samtidigt forbeholdt en mindre gruppe af det interviewedes personales, kendte beboere. Størstedelen af de interviewede beboere har ikke oplevet et øget aktivitets- eller energiniveau fra implementeringen af lamperne. Derfor begrænser de positive oplevelser af beboernes energiniveau sig til en mindre gruppe af beboere. Samtidig bør det nævnes, at der på plejehjem kan være variationer i omfanget af aktiviteter. I tilfældet af, at der er få aktiviteter på plejehjemmet, kan det påvirke muligheden for at observere et øget energi- og/eller aktivitetsniveau hos beboerne.



Én borger er da blevet lidt bedre og mere villig til at gøre ting selv, men vi snakker marginaler. På den måde er det ikke mirakler, der er indtruffet endnu.

Personale

Citater | Beboernes døgnrytme

“

Det er min oplevelse, at beboernes aktivitetsniveau er det samme. Det er uændret fra før lampernes opsætning og til nu.

Personale

“

Jeg kan godt se en forskel her på min etage: de beboere, der læser meget, de læser endnu mere nu, fordi lyset er bedre for deres øjne. Det er specielt standerlamperne, de er glade for.

Personale

“

Jeg har været med i nogle aktiviteter som fx træning. Jeg har haft lidt mere energi i træningen, efter lampernes opsætning. Førhen havde jeg ikke den store energi til at gå i gangbaren.

Beboer

Tema 3 | Oplevet trivsel



I dette afsnit præsenteres beboere og personalets oplevelse af, hvordan det biologiske lys påvirker beboernes trivsel. Erfaringsopsamlingens forståelse af trivsel omfatter aspekter, der påvirker beboernes velbefindende, herunder deres oplevelse af ro og tryghed i hverdagen, deres daglige humør samt deres appetit, idet mangel på sidstnævnte kan indikere trivselsproblematikker. Analysen viser, at det biologiske lys har haft en positiv indflydelse på beboeres trivsel, hvilket kommer til udtryk ved et forbedret humør, en øget appetit hos enkelte samt en øget oplevelse af ro og tryghed hos andre.

Lamperne kan skabe ro og tryghed hos beboere

Erfaringsopsamlingen viser, at beboerne oplever en øget tryghed og ro, som følge af det biologiske lys i både stue og soveværelse. Både beboerne selv og personalet fortæller b.l.a., at natlamperne (NightMate) har bidraget til at skabe tryghed hos flere af disse beboere. Det skyldes, at natlamperne tænder automatisk, når beboerne står op om natten, hvorfor beboerne ikke behøver at stå op i mørke og tænde for kontakten eller forsøge at gå på toilettet uden lys og herved risikere at falde i mørket. Natlampen mindsker således faldrisikoen for beboerne, hvilket flere beboere oplever som tryghedsskabende. Samtidig har få af beboerne haft natlampen over sengen tændt hele natten, idet beboerne har været utrygge ved at sove i mørke. Her sikrer det dæmpede lys fra lampen, at beboerne stadigvæk kan falde i søvn, samtidig med at de oplever tryghed og ro som følge af det tændte lys.



Den er fin (natlampen NightMate, red.) ved sengen, fordi lige så snart jeg vipper benene ud, så tænder den. Det, synes jeg, er en fin idé, for så kan man se, hvor man træder ud. Det er rigtig rart.

Beboer

Beboere har opnået et bedre humør

Interviewene med dags- og aftenvagterne viser, at det biologiske lys har en mindre betydning for beboernes generelle humør, men kan have en større positiv betydning for beboere, der i højere grad har tendens til at være nedtrykte eller depressive. Det interviewede personale fortæller om, at en beboer, der har lidt af en depression har opnået et bedre humør efter lampernes implementering. En interviewet dagvagt beretter eksempelvis om en beboer, der tidligere var meget stædig og til tider negativ i sin tilgang til personalet, men nu i højere grad er imødekommende samt har en større lyst til at indgå i dialog med personalet. En enkelt beboer fortæller selv, at vedkommende oplever at have fået bedre humør i perioden efter lampernes opsætning. Denne beboer påpeger også, at lamperne hjælper på humøret, fordi de skaber et mere hyggeligt rum i lejligheden.

Øget appetit hos beboer

For en enkelt af de interviewede medarbejders kendte beboere, kan det biologiske lys have haft en positiv betydning for vedkommendes appetit. En interviewet dagvagt fortæller, at vedkommende har oplevet en beboer, der i perioden fra før- til eftermålingen, er begyndt at spise mere og derved har fået en forøget appetit. Medarbejderen fortæller, at beboeren tidligere afviste personalet, hvis de foreslog vedkommende at spise mere, men at beboeren nu også er mere accepterende overfor personalets forslag.



Jeg har en beboer, som er begyndt at spise mere. Jeg ved ikke, hvad det er, men hun har natlampen (NightMate), og hun sidder også i dagligstuen meget. Men jeg ved ikke, om det er lamperne, eller om det er noget andet.

Personale



Jeg synes, at jeg har fået et bedre humør. Lamperne hjælper lidt på humøret, fordi de gør det mere hyggeligt, så jeg får en mere hyggelig følelse her.

Beboer

Citater | Oplevet trivsel



Flere har oplevet en eller anden form for fysisk eller psykisk gavn. Enten en tryghed om natten, hvor der har været de her natlamper eller lyset der tænder, hvis de skal op på toilettet. Vi har også haft nogen der ikke har været glade for at sove i mørke, men hvor der lige er noget tryghed i at der er lidt lys, det har givet nogle roligere nætter. Så er der en der dørjer med depression, som har mærket en effekt af de her lamper.

Personale



De er blevet mere stille i dagligstuen, og beboerne er blevet mere rolige i dagligstuen. Der er færre skænderier.

Personale



Ja, beboerne er mere rolige. Helt klart, det har lyset gjort.

Personale



Beboeren er mere accepterende overfor mig, X [beboeren, red.] var meget stædig.

Personale



Jeg har ikke været så glad det sidste stykke tid [efter lampernes opsætning, red.], men jeg tror ikke, at det skyldes lamperne

Beboer

Tema 4 | Personalets arbejdsmiljø



I dette afsnit præsenteres personalets oplevelser af, hvilken betydning det biologiske lys har haft for deres arbejdsmiljø. Oplevelsen af arbejdsmiljøet omfatter det fysiske arbejdsmiljø, herunder belysningens betydning for udførelse af arbejdsopgaver, og det psykiske arbejdsmiljø, herunder påvirkning af personalets trivsel og velvære på arbejdspladsen. Personalet oplever samlet set, at det biologiske lys har haft en positiv indflydelse på deres fysiske og psykiske arbejdsmiljø. Personalet fortæller, at det er blevet lettere at udføre plejeopgaver hos beboerne og at særligt aftenpersonalet oplever belysningen som "behagelig" og "afslappende".

Mere og bedre belysning skaber bedre arbejdsforhold for personale og ledere

I en travl hverdag udtrykker personalet, at de ikke tidligere har tænkt over, hvilken betydning belysningen hos beboere og i fællesområder har haft for personalets arbejdsmiljø. De fortæller, at det er gået op for dem, hvor positiv en indflydelse belysningen kan have. Medarbejdere udtrykker, at den nye belysning er med til at forbedre arbejdsforholdene på arbejdspladsen, og fortæller, at det eksempelvis er blevet lettere at udføre plejeopgaver i beboernes lejligheder. Ifølge personalet skyldes det bl.a., at der er kommet mere belysning hos beboerne, og at lyset justeres af sig selv. Eksempelvis er sensorbelysningen (BathMate) på badeværelset en hjælp for personalet, når de udfører plejeopgaver. Det skyldes, at de ofte udfører opgaverne med handsker på og gerne vil reducere antallet af overfladeberøringer samt undgå at tænde og slukke på kontakterne.

Personalet fortæller også, at de oplever det som behageligt, at lyset selv tænder, slukker og skruer op og ned for lysstyrken i løbet af dagen. I forlængelse heraf fortæller både dagvagter og ledere, at dagsbelysningen er med til at give dem mere energi i løbet af dagen, omend de skal vænne sig til den kraftigere belysning. Aftenvagterne fortæller, at aftenbelysningen er behagelig og giver ro til dem selv og til beboerne.



Jeg kan godt lide lyset. Specielt når belysningen dæmper lidt ned, så er det rart om aften. Det virker afslappende på en anden måde for mig, specielt på min aftenvagt.

Personale

De interviewede medarbejdere understreger dog, at det biologiske lys ikke alene kan forbedre deres psykiske og fysiske arbejdsmiljø, da gode kollegaer, ledelse og mængden af arbejdsopgaver ligeledes har stor indflydelse på dette.

Personale oplever, at lamperne har en beroligende effekt mens færre dørjer med hovedpine

Særligt medarbejdere med aftenvagter fortæller, at den dæmpede belysning om eftermiddagen og om aftenen er rar. Mange beskriver belysningen som "afstressende", "afslappende", "hjemlig" og "behagelig". En medarbejder beskriver, at den dæmpede belysning skaber ro, og signalerer at "nu er dagen ved at være omme". Medarbejderen fortæller, at beboerne også deler denne oplevelse og derfor naturligt trækker sig ind til dem selv om aftenen. Udover at belysningen opleves som rar, fortæller medarbejdere, at de i mindre grad oplever at døje med hovedpine og migræne end før lampernes opsætning. En afdelingsleder bekræfter personalets udtalelser og nævner, at personalet i mindre omfang har efterspurgt Panodiler som følge af hovedpine.



Mit personale har også klaget mindre over hovedpine, og faktisk har folk spurgt mindre efter Panodiler på grund af hovedpine.

Leder



Efter jeg startede med at få lys fra lampen, mærker jeg slet ikke den der mur af træthed, og jeg kan også mærke på min døgnrytme, at det fungerer bedre.

Personale

Citater | Personalets arbejdsmiljø

“

Jeg synes faktisk, at jeg har mere energi og tid til beboerne.

Personale

“

Når det er aften, får jeg faktisk mere ro til mine arbejdsopgaver, fordi beboerne også er lidt mere trætte og rolige generelt.

Personale

“

Lamperne giver et bedre arbejdslys.

Personale

“

Lamperne har givet et bedre lys, især om natten. Det har været rart at kunne gå i en mere dunkel belysning.

Personale

Tema 5 | Design og accept af lamper og lys



I dette afsnit præsenteres erfaringsopsamlingens resultater, der vedrører beboere og medarbejderes oplevelse af lampernes design og belysning. Indledningsvist i afsnittet præsenteres beboere og medarbejderes generelle holdninger til lampernes design og belysning, hvorefter holdninger til særligt fremhævede lamper, vil uddybes. Generelt viser erfaringsopsamlingen, at både beboere og medarbejdere er tilfredse med lampernes design og belysning. Udsagn fra medarbejdere og beboere tyder dog på, at lampernes kraftige belysning kræver tilvænning. Brugen af lamperne fordrer også en længerevarende implementering, forinden at de accepteres og anvendes optimalt af både beboere og personale.

Beboere og personale ønsker at beholde lamperne

Beboere og personale giver udtryk for, at de gerne vil beholde de nye lamper, og at de passer i egne boliger og i fællesområder. Personalet fortæller dog, at nogle beboere har ytret utilfredshed med den kraftige belysning fra enkelte lamper. Dette uddybes nærmere på næste side, hvor oplevelsen af de enkelte lamper gennemgås.

Både medarbejdere og beboere, oplever at styrken i den nye belysning kræver en tilvænningsperiode, forinden glæden opleves ved lamperne. Designet og genkendeligheden af lampetyperne er derimod vigtige parametre for, at lamperne tages godt imod i beboernes hjem og i fællesområderne. Med lampetypernes genkendelighed menes der, at de nye lamper er lette at tage i brug og ikke opleves som en ubehagelig udskiftning, da de i mange tilfælde minder om lamper, beboerne tidligere har haft i deres hjem.

For beboerne gælder det, at det er de opsatte lamper i eget hjem, der har gjort størst positivt indtryk på dem. Beboerne har ikke i samme udstrækning lagt mærke til lamperne i fællesområderne og har deraf heller ikke, i samme grad, ytret sig om oplevelserne af disse. Generelt er mange beboere dog glade for den dæmpede belysning, som lamperne bringer om eftermiddagen og aftenen på gange og i fællesområder. Både beboere og personale synes, at de nye lamper er pænere end de gamle. En medarbejder udtrykker sågar at lamperne på gange og i fællesarealer er "langt pænere end de gamle".



Jeg har været meget glad for at have lamperne på prøve, og hvis de skal fjernes igen, så kunne jeg godt selv finde på at købe standerlampen (RoomMate Gulv), hvis den ikke koster en halv million.

Beboer

Beboere oplever udfordringer med lampernes funktionalitet og placering

Under gennemførelsen af interviews hos beboerne blev det tydeligt, at ikke alle beboere, havde lamperne tændt i egen bolig, dvs. både loftslampe (RoomMate Plafond) og standerlampe (RoomMate Gulv og Bord) i stuen. Beboerne havde en tendens til at slukke enkelte af lamperne, omend personalet havde fortalt dem, at dette ikke var hensigtsmæssigt. For standerlamperne (RoomMate Gulv og Bord) er det muligt at ændre lysstyrken ved at betjene lampens funktioner. Størstedelen af beboerne kunne uden problemer betjene disse. Andre var dog forvirrede over lampernes funktioner, og var derfor udfordrede ift. at skrue op/ned for lysstyrken. Når disse beboere da oplevede, at lyset var for kraftigt, slukkede de helt for lampen. Andre beboere oplevede en forvirring over sensorlamperne, der tænder og slukker af sig selv.

Der kan være flere årsager til, at beboerne er i tvivl om, hvordan lamperne fungerer. Først og fremmest kan det skyldes, at de er vant til, at man blot tænder og slukker en lampe, og at man ikke har mulighed for at justere lysstyrken. Andre beboere fortalte, at de slukkede lamperne bevidst for at spare, og ikke mente, at det var hensigtsmæssigt at have så meget lys tændt. Andre glemmer muligvis, hvordan de nye lamper fungerer. Ovenstående indikerer, at der er behov for vejledning i lampernes anvendelse samt den optimale placering af lamperne.



Den, der står i vinduet, skal jeg som regel have en fra personalet til lige at skrue lidt ned, fordi jeg føler, at lampen står for tæt på mig, altså styrken i lyset er lidt for højt. Jeg ved ikke, om den automatisk skruer op eller ned.

Beboer

Tema 5 | Design og accept af lamper og lys



Loftslampe (RoomMate Plafond)

Rambøll observerer, at beboerne sjældent har alle lamperne tændt i de rum, de opholder sig i. Hos mange af beboerne er loftslampen slukket. Ifølge beboerne skyldes det, at loftlyset er for kraftigt, mens andre nævner, at de heller ikke er klar over, om lampen selv skruer op og ned for styrken, eller om man selv kan gøre det. Personalet påpeger, at beboernes oplevelse af det kraftige lys kan skyldes, at de har været vant til at bo i dårligt belyste boliger, hvorfor det biologiske lys vil fremstå som en stærk kontrast. Flere medarbejdere tænder dog for lyset for at udføre plejeopgaver hos beboerne, hvilket indikerer, at loftslamperne kan understøtte personalets arbejde.



Sensorbelysning på badeværelse (BathMate)

Både beboere og medarbejdere har ligeledes en positiv oplevelse af Sensorbelysningen. Flere beboere påpeger, at sensorbelysningen fungerer særligt godt om natten, fordi de ikke skal lede efter en kontakt. De oplever samtidigt, at belysningen er behagelig – også om natten. Tidligere havde beboerne en skarp belysning på badeværelset. Nogle beboere, havde disse tændte om natten, såfremt de ofte anvendte toilettet. Det nylige samspil mellem natlampen ved sengen og sensorbelysningen på badeværelset fungerer, ifølge beboere og personale, bedre ift. at give den rette mængde lys, de rette steder og på de rette tidspunkter. Derudover fortæller personalet, at sensorbelysningen effektiviserer plejeopgaverne på badeværelset, da de ofte har handsker på og ønsker at reducere antallet af overfladeberøringer.



Det [sensorbelysningen, red.] er bedre ift., når vi udfører pleje hos en beboer, og jeg fx har handsker på. Så er det rart, at lyset er tændt i forvejen.

Personale



Standerlamper (RoomMate Gulv og Bord)

Afhængigt af beboernes indretning og behov har nogle beboere haft både gulvlamper og vindueslamper, mens andre blot har haft én af delene. Uanset om beboerne har haft gulvlampe og/eller vindueslampe, fortæller de, at de har haft en positiv oplevelse. Eksempelvis oplever beboerne, at lampen giver et godt lys samt at de finder det behageligt, at lampen selv skruer op og ned i løbet af dagen. Flere beskriver også, at lampen har været nem at tage i brug og giver et bedre lys, end den lampe, de tidligere har haft samme sted. Som følge af mere og bedre belysning, beskriver beboere, at de bl.a. er begyndt at læse mere, end de har gjort tidligere. Hvorvidt dette skyldes det biologiske lys, eller blot det faktum, at de har fået mere lys, kan Rambøll dog ikke definitivt konkludere.



Natlampe ved seng (NightMate)

Beboerne udtrykker, at de har haft en særlig positiv oplevelse af lampen, der hænger ved sengen. Beboerne beskriver, at denne giver et behageligt lys, der virker beroligende, og som er passende samt afdæmpet i lysstyrke, når de vågner om natten. For beboere, der føler utryghed over at sove i mørke rum, giver lampen tryghed uden at være for skarp. Flere beboere beskriver også, at den er givtig, når de skal anvende toilettet i løbet af natten, da lampen gør, at der ikke skal navigeres i mørke og herved reducerer deres reelle og oplevede risiko for at falde.



Den lampe [natlampen, red.] er fantastisk god... den beholder jeg (...) Jeg har været slem til at gå på toilettet om natten uden at tænde lyset, og så faldt jeg en gang og slog hovedet (...) Derfor har jeg lampen, som lyser hele tiden, og den dæmper sig så om natten, så jeg kan sagtens sove for den. Jeg har den tændt hele natten.

Beboer

Citater | Design og accept af lamper og lys

“

Jeg har beboere, der synes, at lyset i fællesarealerne er for skarpt. De beder os faktisk om at skrue lyset ned i fællesområderne, fordi de siger, det irriterer deres øjne. Det er specielt omkring frokosttid, at vi bliver bedt om, at der skrues en lille anelse ned. Men det er kun en lille brøkdel af beboerne.

Personale

“

Jeg bruger lampen med god samvittighed. Jeg føler mig bedst tilpas, når jeg sidder her ved siden af lampen. Jeg er meget glad.

Beboer

“

Jeg vil super gerne beholde lamperne. Det er fedt, at de automatisk skrues op og ned, men jeg modsat også selv kan skrue lidt mere ned eller op.

Personale

“

Jeg synes, det er hyggeligere, end de der neonrør. Det er mere hjemligt.

Personale

“

Jeg har kun positive ting at sige om lamperne. Lyset er virkelig lækkert.

Beboer

“

Jeg vågner op og skal tisse, og der har den lampe [natlampe] givet mig ro. Den er tændt med dæmpet belysning. Den har været rigtig god. Den har jeg været glad for. Ja, og så standerlampen har jeg også været glad for.

Beboer

“

Lyset kunne godt være bedre. Det er måske fordi, jeg ikke forstår at betjene den, at det er lidt svært.

Beboer



KAPITEL 4

Bilag

Bilag 1.1 | Metodiske opmærksomhedspunkter

Rambøll har i forbindelse med dataindsamling og efterfølgende analyse haft en række metodiske opmærksomhedspunkter, som er inddraget i fortolkningen af resultaterne. I dette afsnit er de væsentligste af disse oplyst.



Erfaringsopsamlingens repræsentativitet ift. plejehjems beboere

Af helbredsmæssige årsager var ikke alle beboere, på de respektive plejehjem, i stand til at deltage i et meningsfuldt interview. Erfaringsopsamlingen beror således på de beboere som er mest kognitivt velfungerende. Det er dog værd at bemærke, at de beboere, der ikke er kognitivt velfungerende, kan have haft gavn af det biologiske lys. Disse har imidlertid ikke haft mulighed for at udtale sig, hvorfor erfaringsopsamlingens resultater ikke afspejler deres potentielt, positive oplevelser og herved ikke et repræsentativt udsnit af alle beboertypers oplevede søvn, døgnrytme og trivsel.



Beboernes evne til at huske og besvare spørgsmål

Flere af de adspurgte beboere havde vanskeligt ved at besvare spørgsmål om de seneste dages oplevelser. Dette gælder eksempelvis ift. spørgsmål om hvornår de gik i seng, og hvor mange gange de vågnede om natten. Udfordringerne med at besvare spørgsmål der ligger forud i tid kan skyldes, at flere beboere led af let til moderat demens. Besvarelser fra beboere, der havde disse udfordringer, blev derfor sammenlignet med personalets oplevelser af beboeren, med henblik på at sikre mere retvisende besvarelser.



Enkeltstående begivenheders betydning

I beboernes vurderinger af egen søvnkvalitet, trivsel og humør over de sidste par dage, blev vurderingen i nogle tilfælde påvirket af enkeltstående begivenheder. Havde beboeren eksempelvis oplevet en dårlig udflugt eller et skænderi, fik dette overskyggende betydning eksempelvis for deres vurdering af egen trivsel. Dette kan derfor, for nogle beboere, medføre en lavere vurdering af deres oplevelser med det biologiske lys, på den givne interview-dag.



Ændring af medicin

Flere beboere fik ændret doser eller medicin under testperioden, hvilket kan have påvirket deres søvnkvalitet, døgnrytme og trivsel. Ændringer i medicin og doser undervejs i testperioden kan derfor betyde, at en oplevet ændring i hhv. søvn, trivsel og døgnrytme kan være forårsaget af den ændrede medicin såvel som de nye lamper.



Implementering af biologisk lys før baselinemåling

Nogle beboerne havde allerede inden baselinemålingen fået opsat det biologiske lys i eget hjem, hvilket medfører, at beboerne allerede har dannet sig holdninger til lamperne inden målingen.

Bilag 1.2 | Metodebeskrivelse

Rambøll gennemførte i november 2022 til februar 2023 kvalitative interviews med beboere og personale på plejehjemmene Fuglebakken i Aarhus Kommune og Kastanjehusene i Københavns Kommune. Interviewene blev udført ved et heldagsbesøg på de respektive plejehjem, for derved at sikre muligheden for at tale med både dag- og aftenpersonale samt sikre respondenter med direkte indblik i beboernes døgnrytme - både i morgen- og aftentimerne. Dataindsamlingen er foregået i hhv. en baselinemåling forud for installation af biologisk lys i beboernes bolig samt fællesarealer, og en eftermåling efter endt afprøvning af det biologiske lys. Se figur nedenfor for illustration.

Dataindsamling

Plejehjemets beboere blev udvalgt af plejehjemmets ledere. Beboere, der var kognitivt velfungerende, blev prioriteret til deltagelse i interviews. Beboere, der ikke i samme grad var i stand til at svare for sig selv, blev delvist inddraget i erfaringsopsamlingen gennem personalets besvarelser og opfattelser af beboerne. Der blev i alt udført 6-8 interviews med beboere og 4-6 interviews med personalet på hvert plejehjem. De enkelte interviews varede mellem 30-45 minutter, og der blev på den pågældende dag taget højde for beboernes humør og rutine samt personalets arbejdsgang. Interviews med beboere blev afholdt i beboernes egen bolig for at skabe et trygt rum og mulighed for, at beboerne kunne pege på de lamper, de refererede til i samtalen. Interviews med personalet blev afholdt et sted efter deres ønske, hvilket oftest var i personalerummet eller et ledigt mødelokale.

Rambøll har sikret høj validitet i interviewundersøgelsen ved b.l.a. at anvende de samme interviewere samt ved at målrette interviewguides efter hhv. beboere og personale. Der er inddraget metodiske overvejelser ved udformningen af interviewguides, herunder om beboernes alder og evt. sygdom. For at sikre bred og nuanceret viden om beboernes søvnkvalitet og trivsel, blev personalets udtalelser, som ovennævnt, inddraget i analysen af beboernes oplevelse af det biologiske lys og brugt til at sammenligne, om beboernes udtalelser stemte overens med personalets opfattelse.



Interviews med beboere og personale om døgnrytme, søvnkvalitet, trivsel og arbejdsmiljø



Installationer af biologisk lys i beboernes bolig og i fællesareal som led i afprøvning



Interviews med beboere og personale om døgnrytme, søvnkvalitet, trivsel, arbejdsmiljø og lamper

BASELINEMÅLING

NOVEMBER/DECEMBER

AFPRØVNING AF BIOLOGISK LYS

DECEMBER/JANUAR

EFTERMÅLING

JANUAR/FEBRUAR

Bilag 1.3 | Metodebeskrivelse

Kvalitative interviews

Interviewene tog udgangspunkt i semistrukturerede interviewguides, bestående af udvalgte spørgsmål målrettet hhv. beboere og personale. Brugen af en semistruktureret interviewguide gav mulighed for at få belyst de udvalgte tematikker, der dannede rammen for erfaringsopsamlingen. Den semi-strukturerede tilgang gav ligeledes mulighed for, at interviewet kunne forholde sig åbent overfor andre uforudsete tematikker og emner af relevans for erfaringsopsamlingen.

Interviewene blev optaget og efterfølgende transskriberet samt kodet, hvilket sikrede mulighed for sammenligning på tværs af baseline- og eftermålingen samt indbyrdes på tværs af respondenterne.

Interviewguide målrettet beboere

Interviewguiden rettede i første tematik fokus på, hvordan beboerne oplevede deres søvnkvalitet og døgnrytme, herunder om de fx var trætte i løbet af dagen og havde svært ved at falde i søvn om aftenen. Næste tematik omhandlede beboernes trivsel og deres egen vurdering af deres livskvalitet og helbred. Interviewspørgsmålene tog udgangspunkt i, at beboerne skulle tænke tilbage på de "sidste to dage" i deres besvarelse, for derved at øge sandsynligheden for, at beboerne kunne genkalde sig deres oplevelser med henblik på at sikre så pålidelige besvarelser som muligt.

I interviewguiden, ved eftermålingen, blev der direkte spurgt ind til beboernes oplevelse af ændringer som følge af det biologiske lys, og hvordan beboerne oplevede belysningen om dagen og aftenen samt gavnligheden af belysningen, samt om de ønskede at beholde lamperne. Se bilag 3.1 og 3.3 for anvendte interviewguides.

Interviewguide målrettet personale

Fokus i interviewets første del omhandlede, hvordan personalet oplevede beboernes søvnkvalitet og døgnrytme. Aftenpersonalet blev specifikt spurgt ind til hvorvidt beboerne fx havde svært ved at falde i søvn, hvor dagpersonalet i stedet blev spurgt om, hvorvidt beboerne var vågnet friske og udhvilede. I næste tematik spørges der ind til beboernes generelle trivsel, herunder deres humør og aktivitetsniveau. Sidste tematik omhandlede personalets arbejdsmiljø og deres egen trivsel samt om det biologiske lys understøttede deres arbejdsdag.

I interviewguiden ved eftermålingen blev der ligeledes spurgt ind til personalets oplevelse af ændringer som følge af det biologiske lys, herunder mht. beboernes søvnkvalitet og trivsel samt personalets eget arbejdsmiljø. Se bilag 3.2 og 3.4 for anvendte interviewguides.

Bilag 2 | Datagrundlag

Tabellen nedenfor præsenterer et overblik over, hvem og hvor mange beboere og personale vi har interviewet opdelt efter baseline- og eftermåling.

Plejehjem		Samlet antal	Beboere	Personale (dag)	Personale (aften)	Personale (leder)
Fuglebakken, Aarhus 	Baseline	12	8	2	2	0
	Eftermåling	13	8	2	2	1
Kastanjehusene, København 	Baseline	12	6	3	3	0
	Eftermåling	13	6	3	3	1

* Kastanjehusene, København: samme antal beboere, men en respondent består af to forskellige beboere ved baseline- og eftermåling.

Bilag 3.1 | Baselinemåling – Beboere

INTERVIEW

1. Præsentation: Kort om dig

Vil du helt kort starte med at fortælle lidt om dig selv?

- Navn, alder?
- Hvor længe har du boet her?

2. Oplevet søvnkvalitet og døgnrytme

Det første jeg gerne vil tale med dig om, handler om din oplevede døgnrytme og søvnkvalitet.

Over de seneste to dage, på hvilket tidspunkt er du da typisk gået i seng?

- Hvornår vågner du om morgenen?

Hvis du tænker tilbage på de sidste to nætter, hvor længe har det da taget dig at falde i søvn om aftenen?

- Har du ligget længe i sengen, inden du faldt i søvn?

Har du, de seneste to nætter, haft svært ved at falde i søvn?

- Hvorfor har du haft vanskeligt ved at falde i søvn?

Over de seneste nætter, har du da haft problemer med at sove om natten?

- Hvor ofte har du haft problemer med at sove?
 - Hvad har været skyld i dette? (Eks. vågnet om natten, haft behov for at gå på toilet, haft smerter)
- Har du været vågen i løbet af natten?
 - Hvis du vågner om natten, har du da problemer med at falde i søvn igen?

Over de seneste to nætter, hvordan vil du da overordnet set vurdere din søvnkvalitet?

- Er den god? Mindre god?
 - Hvorfor?

Hvis du tænker på de sidste to dage, hvor ofte har du da været træt i løbet af dagen?

- Har du haft vanskeligt ved at gennemføre aktiviteter i løbet af dagen, som følge af træthed?

3. Oplevet trivsel

De næste spørgsmål kommer til at omhandle din oplevede trivsel.

- Hvordan vil du overordnet set vurdere, at du trives i din hverdag?
 - Kan du uddybe hvordan/hvorfor?

Bilag 3.1 | Baselinemåling – Beboere

- Hvordan vil du overordnet set vurdere din livskvalitet?
- Hvordan vil du vurdere dit eget helbred?
- Hvordan har dit humør generelt været over de sidste par dage?
 - Hvad har påvirket dit humør?
 - Har din søvn påvirket dit humør over de seneste par dage?
- Har du mulighed for at deltage i de aktiviteter på plejehjemmet, der er vigtige for dig (eks. sang, fællesspisning eller andet)?
 - Hvor ofte gør du dette?

Jeg har også taget et skema med bestående af fem spørgsmål med seks forskellige svarmuligheder. **Konsulent lægger udprintet skala frem.** Svarmulighederne er de samme for alle fem spørgsmål. Jeg læser et spørgsmål og de forskellige svarkategorier op ad gangen, og så skal du vælge/pege på den svarkategori, som passer bedst til dig.

Spørgsmål:	5. Hele tiden	4. Det meste af tiden	3. Lidt mere end halvdelen af tiden	2. Lidt mindre end halvdelen af tiden	1. Lidt af tiden	0. På intet tidspunkt
De sidste par dage						
1. ...har jeg været glad og i godt humør						
2. ...har jeg følt mig rolig og afslappet						
3. ...har jeg følt mig aktiv og energisk						
4. ...er jeg vågnet frisk og udhvilet						
5. ...har min dagligdag været fyldt med ting der interesserer mig						

Spørg evt. uddybende ind til ovenstående svar. Eksempelvis:

- Hvordan kan det være, at du har svaret XX...?

Har du noget, du gerne vil tilføje til sidst eller noget, du mener, vi mangler at komme omkring?

Tak for din tid!

Bilag 3.2 | Baselinemåling – Personale

INTERVIEW

1. Præsentation: Kort om dig

Vil du kort starte med at præsentere dig selv?

- Navn, alder, stilling?
- Hvor længe har du arbejdet her? Hvad er dine primære arbejdsopgaver?

2. Oplevelse af beboernes søvnkvalitet

Det første jeg gerne vil tale med dig om handler om din overordnede oplevelse af beboernes søvnkvalitet. I dine svar bedes du forholde dig til de beboere, som du typisk er i berøring med i løbet af en vagt.

Hvordan vil du overordnet set vurdere beboernes søvnkvalitet, over de seneste to dage?

- Hvad påvirker deres søvnkvalitet?
- Hvilke forskelle oplever du iblandt beboerne ift. deres søvnkvalitet?

Over de seneste par dage, hvor mange timers søvn har beboerne da typisk sovet om natten?

- Hvornår går de i seng og hvornår vågner de typisk?

Hvis aftenvagt: Oplever du, at beboerne er rolige i aftentimerne og klar til at gå i seng?

- Hvor længe oplever du, at beboerne er om at falde i søvn om aftenen?
 - Oplever du, at beboerne har svært ved at falde i søvn?

Vil du kort starte med at præsentere dig selv?

- Navn, alder, stilling?
- Hvor længe har du arbejdet her? Hvad er dine primære arbejdsopgaver?

3. Oplevelse af beboernes søvnkvalitet

Det første jeg gerne vil tale med dig om handler om din overordnede oplevelse af beboernes søvnkvalitet. I dine svar bedes du forholde dig til de beboere, som du typisk er i berøring med i løbet af en vagt.

Hvordan vil du overordnet set vurdere beboernes søvnkvalitet, over de seneste to dage?

- Hvad påvirker deres søvnkvalitet?
- Hvilke forskelle oplever du iblandt beboerne ift. deres søvnkvalitet?

Over de seneste par dage, hvor mange timers søvn har beboerne da typisk sovet om natten?

- Hvornår går de i seng og hvornår vågner de typisk?

Hvis aftenvagt: Oplever du, at beboerne er rolige i aftentimerne og klar til at gå i seng?

- Hvor længe oplever du, at beboerne er om at falde i søvn om aftenen?
 - Oplever du, at beboerne har svært ved at falde i søvn?

Oplever du, at beboerne har problemer med at sove om natten?

- Hvad kan være skyld i dette?
- Hvis nattevagt: Hvis beboerne vågner om natten, har de da problemer med at falde i søvn igen?

Bilag 3.2 | Baselinemåling – Personale

4. Oplevet trivsel

De næste spørgsmål kommer til at omhandle din oplevelse af beboernes trivsel.

Hvordan vil du overordnet set vurdere, at beboerne trives i deres hverdag?

- Hvad er medvirkende til det? Hvad hæmmer det?
- Kan du give eksempler på dette?

Hvordan vil du vurdere beboernes helbred?

- Hvordan vil du vurdere deres fysiske helbred?
- Hvordan vil du vurdere deres psykiske helbred?

Hvordan oplever du generelt, at beboernes humør har været over de sidste to dage?

- Har beboerne været glade og i godt humør?
- Oplever du, at beboernes søvnkvalitet har påvirket deres humør over de sidste par dage?
 - Kan du give eksempler på dette?

Hvordan vil du vurdere beboernes aktivitetsniveau, over de sidste to dage?

- Har beboerne været aktive og energiske?
- Har de haft energien til at kunne deltage i aktiviteter på plejehjemmet? (eks. sang, fællesspisning eller andet).

5. Oplevede arbejdsmiljø

De sidste spørgsmål kommer til at omhandle din oplevelse af dit arbejdsmiljø.

Hvordan vil du overordnet set vurdere at du trives, når du er på arbejde?

- Har beboernes trivsel og søvnkvalitet betydning for denne vurdering? Hvordan?

Hvis du tænker tilbage på de sidste to gange du har været på arbejde, hvor ofte har du da haft behov for at anvende magt overfor borgerne?

- Hvilken type magtanvendelse, har der typisk været tale om?

De seneste to gange du har været på arbejde, hvordan har du da oplevet dit eget energi-og aktivitetsniveau?

- Har du været træt i løbet af din vagt? Har det påvirket din mulighed for at give borgerne omsorg og pleje?

Hvor ofte har du, i løbet af de sidste to gange du har været på arbejde, døjet med hovedpine?

- Hvis du har døjet med hovedpine: Hvilken betydning kan det have/har det haft for udførelsen af dine arbejdsopgaver?

Hvis nattevagt: Hvordan har du oplevet mængden af arbejdsopgaver, over dine seneste to nattevagter?

- Er den høj? Lav? Hvad kan være skyld i dette?
- Hvor ofte har I måtte anvende nødkald over de seneste to nattevagter?

Har du noget, du gerne vil tilføje til sidst eller noget, du mener, vi mangler at komme omkring?

Tak for din tid!

Bilag 3.3 | Eftermåling – Beboere

INTERVIEW

1. Præsentation: Kort om dig

Nu har vi jo talt sammen tidligere, men vil du ikke kort fortælle lidt om dig selv?

- Navn, alder?
- Hvor længe har du boet her?
- Kan du huske, hvad vi talte om sidst?

2. Oplevet søvnkvalitet og døgnrytme

Det første jeg gerne vil tale med dig om, handler om din søvn og dit aktivitetsniveau i løbet af dagen

Over de seneste to dage, på hvilket tidspunkt er du da typisk gået i seng?

- Hvornår vågner du om morgenen?

Hvis du tænker tilbage på de sidste to nætter, hvor længe har det da taget dig at falde i søvn om aftenen?

- Har du ligget længe i sengen, inden du faldt i søvn?
- Hvorfor har det været svært at falde i søvn?

Har du over de sidste to nætter svært ved at sove om natten?

- Er det fordi du vågner om natten?
- Er der en særlig årsag til, at du vågner? (toiletbesøg, ikke er træt, smerter eller lign.)
- Hvor ofte vågner du ca. om natten?
- Har du derefter problemer med at falde i søvn igen?
- Har du ofte problemer med at sove?

Over de seneste to nætter, hvordan vil du da overordnet set vurdere hvordan din søvn?

- Er den god? Mindre god?
- Har du oplevet ændringer i hvordan du sover efter lamperne er blevet sat op?
 - Kan du uddybe dette?

Hvis du tænker på de sidste to dage, hvor ofte har du da været træt i løbet af dagen?

- Har du haft vanskeligt ved at gennemføre aktiviteter i løbet af dagen, som følge af træthed?

3. Oplevet trivsel

De næste spørgsmål kommer til at omhandle din trivsel og hvordan du har det.

Hvordan vil du overordnet set vurdere, at du trives i din hverdag?

- Kan du uddybe hvad der gør, at du trives?
- Har du oplevet ændringer i din trivsel, efter lamperne er sat op? over de seneste par uger?
 - Hvordan? Hvad har ændret sig?

Bilag 3.3 | Eftermåling – Beboere

Hvordan har dit humør generelt været over de sidste par dage?

- Har din søvn påvirket dit humør over de seneste par dage?
- Har du oplevet, at dit humør er blevet bedre efter lamperne er sat op?
 - Er det noget, du har kunnet mærke i dagligdagen?
 - Hvis ja, hvordan?

Har du mulighed for at deltage i de aktiviteter på plejehjemmet, der er vigtige for dig (eks. sang, fællesspisning eller andet)?

- Hvor ofte gør du dette?
- Har du, efter lamperne er sat op, haft mere energi til at deltage i disse aktiviteter?

Jeg har også taget et skema med bestående af fem spørgsmål med seks forskellige svarmuligheder. **Konsulent lægger udprintet skala frem.** Svarmulighederne er de samme for alle fem spørgsmål. Jeg læser et spørgsmål og de forskellige svarkategorier op ad gangen, og så skal du vælge/pege på den svarkategori, som passer bedst til dig.

Spørgsmål:	5. Hele tiden	4. Det meste af tiden	3. Lidt mere end halvdelen af tiden	2. Lidt mindre end halvdelen af tiden	1. Lidt af tiden	0. På intet tidspunkt
De sidste par dage						
1. ...har jeg været glad og i godt humør						
2. ...har jeg følt mig rolig og afslappet						
3. ...har jeg følt mig aktiv og energisk						
4. ...er jeg vågnet frisk og udhvilet						
5. ...har min dagligdag været fyldt med ting der interesserer mig						

Spørg evt. uddybende ind til ovenstående svar. Eksempelvis:

- Hvordan kan det være, at du har svaret XX...?

4. Det biologiske lys

Til sidst vil jeg gerne høre dine tanker om det nye lys, du har fået installeret.

Har du lagt mærke til, at du har fået installeret nye lamper

- I hjemmet?
- På gange og i fællestuer?
- Mærker du en forskel på den nye belysning, og den du havde før?
 - Hvis ja, hvilke forskelle oplever du, og hvad synes du om det?

Bilag 3.3 | Eftermåling – Beboere

Hvad synes du om belysningen om morgenen og i løbet af dagen?

- Hjælper belysningen dig med bedre at identificere hvilket tidspunkt på døgnet det er? (ift. morgen/eftermiddag/aften/nat)
- Hjælper belysningen dig med at vågne naturligt?
- Hjælper belysningen dig til at være mere aktiv i løbet af dagen eller til at være mindre træt?
- Falder du mindre i søvn i løbet af dagen?

Hvad synes du om belysningen om aftenen og natten?

- Hjælper belysningen dig med at identificere, at det er aften/nat?
- Hjælper belysningen på gange og/eller derhjemme dig med at falde til ro?
- Oplever du, at det er lettere at falde i søvn med den nye belysning?
- Oplever du, at nattelyset gør det lettere at finde rundt om aftenen, hvis du for eksempel skal på toilettet?

Har installationen af de nye lamper overordnet set været gavnlige i din lejlighed?

- Hvis ja: Kan du nævne 1-2 ting, som du mener er rigtig godt ved lamperne/belysningen?
- Hvis nej: Kan du nævne 1-2 ting som du mener burde forbedres, før du ville blive glad for lamperne?
- Er lamperne nemme at håndtere (ift. at tænde og slukke/flytte rundt på)?
- Passer lamperne ind i dit hjem?
- Ønsker du at beholde lamperne i din lejlighed?

Har du noget, du gerne vil tilføje til sidst eller noget, du mener, vi mangler at komme omkring?

Tak for din tid!

Bilag 3.4 | Eftermåling – Personale

INTERVIEW

1. Præsentation: Kort om dig

Vil du kort starte med at præsentere dig selv?

- Navn, alder, stilling?
- Hvor længe har du arbejdet her? Hvad er dine primære arbejdsopgaver?
- Hvilke af beboerne, som vi har talt med, hjælper du i løbet af din vagt?

2. Oplevelse af beboernes søvnkvalitet

Det første jeg gerne vil tale med dig om handler om din overordnede oplevelse af beboernes søvnkvalitet. I dine svar bedes du forholde dig både til de beboere, som du er i berøring med i løbet af vagten, men også de specifikke beboere, vi har talt med.

Hvis dagvagt:

Hvornår vågner beboerne typisk? (spørg også ift. specifikke beboere)

- Har dette ændret sig efter lamperne er sat op? (for alle eller for nogle bestemte?)

Har de været lette eller svære at få i gang ift. hvad de plejer?

Hvordan har beboernes humør været ved opvågning?

Har du kunne se en forskel i beboernes humør ved opvågning efter lamperne er sat op?

Har du oplevet ændringer i beboernes søvnkvalitet efter lamperne er sat op?

- Kan du fortælle om nogle eksempler på beboere, der har oplevet ændringer, i deres søvnkvalitet?
- Oplever du forskelle ift. hvilke beboere, der har oplevet ændringer i deres søvnkvalitet?

Hvis aftenvagt:

- Hvor længe oplever du, at beboerne er om at falde i søvn om aftenen?
 - Oplever du, at beboerne har svært ved at falde i søvn?
 - Oplever du, at beboerne har lettere, uændret eller sværere ved at falde i søvn siden sidst vi talte sammen?
 - Oplever du, at beboerne kalder færre gange efter sengelægning, eller oplever du, at det er uændret?

Oplever du, at beboerne har problemer med at sove om natten i perioden hvor du er på arbejde?

- Hvilke årsager vurderer du er skyld i dette?
- Oplever du, at det har ændret sig som følge af at lamperne er sat op?
 - Hvordan? Kan du give et eksempel?
 - Oplever du, at beboerne er blevet bedre til at falde til ro igen, når de er vågnet om natten?
- Hvornår går de i seng?

Bilag 3.4 | Eftermåling – Personale

3. Oplevet trivsel

De næste spørgsmål kommer til at omhandle din oplevelse af beboernes trivsel.

- Hvordan vil du overordnet set vurdere, at beboerne trives i deres hverdag?
 - Har du oplevet ændringer i, hvordan beboerne trives siden sidst vi talte sammen?
 - Hvordan?
 - Kan du nævne eksempler på beboere, der har oplevet en positiv ændring i deres trivsel?
- Hvordan vil du vurdere beboernes helbred?
 - Hvordan vil du vurdere deres fysiske helbred?
 - Hvordan vil du vurdere deres psykiske helbred?
 - Kan du nævne eksempler på beboere, der har oplevet en positiv forbedring i deres psykiske og/eller fysiske helbred? Hvad var skyld i dette?
- Hvordan oplever du generelt, at beboernes humør har været over de sidste par dage?
 - Har beboerne været glade og i godt humør?
 - Oplever du, at beboernes søvnkvalitet har påvirket deres humør over de sidste par dage?
 - Kan du give eksempler på dette?

- Hvordan vil du vurdere beboernes aktivitetsniveau, over de sidste par dage?
 - Har beboerne været aktive og energiske?
 - Har de haft energien til at kunne deltage i aktiviteter på plejehjemmet? (eks. sang, fællesspisning eller andet).
 - Oplever du, at lamperne har haft en betydning for beboernes energiniveau energi ift. at deltage i aktiviteter?
 - Kan du nævne eksempler på beboere, hvor dette har været til fældet?

4. Oplevede arbejdsmiljø

De næste spørgsmål kommer til at omhandle din oplevelse af dit arbejdsmiljø.

Hvordan vil du overordnet set vurdere at du trives, når du er på arbejde?

- Har du oplevet ændringer i din trivsel på arbejdet siden sidst vi talte sammen? Hvordan?
 - Kan du give eksempler på dette?

Hvis du tænker tilbage på de sidste to gange du har været på arbejde, hvor ofte har du da oplevet situationer med meget udadreagerende borgere?

- Hvor ofte oplever du at skulle bruge meget tid på at håndtere udadreagerende borgere?

Bilag 3.4 | Eftermåling – Personale

De seneste to gange du har været på arbejde, hvordan har du da oplevet dit eget energi-og aktivitetsniveau?

Har du været træt i løbet af din vagt? Har det påvirket din mulighed for at give borgerne omsorg og pleje?

- Oplever du, at dit energi-og aktivitetsniveau har ændret sig siden sidst vi talte sammen?
 - Kan du give eksempler på dette?

Hvor ofte har du, i løbet af de sidste to gange du har været på arbejde, døjet med hovedpine?

- Har du siden sidst vi talte sammen oplevet ændringer i, hvor ofte du har hovedpine?
 - Hvilken betydning har det haft for udførelsen af dine arbejdsopgaver?

5. Det biologiske lys

Til sidst vil jeg gerne høre dig om dine tanker ift. designet af det nye lys, I har fået installeret.

Hvis dagvagt:

Oplever du, at den nye belysning:

- Hjælper beboerne med at stå op om morgenen og/eller vågne mere naturligt?
- Hjælper beboerne med at identificere hvilket tidspunkt på døgnet det er?
- Hjælper beboerne til at sove mindre i løbet af dagen?
- Hjælper beboerne med at være mere aktive i løbet af dagen?

Hvis aftenvagt:

Oplever du, at den nye belysning:

- Hjælper beboerne med at identificere, at det er aften/nat?
- Hjælper beboerne med at falde til ro?
- Hjælper beboerne med at falde til ro og/eller falde i søvn?

Hvad er din oplevelse af beboernes holdning til det nye lys?

Bilag 3.4 | Eftermåling – Personale

6. Arbejdsmiljø (til alt personale):

Hvad er din oplevelse af det nye lys?

- Får du gavn af den nye belysning?
 - Hvis ja, hvordan?
 - Hvis nej, hvorfor?
- Oplever du, at belysningen styrker dit arbejdsmiljø?
 - Hvis ja, hvordan?
 - Hvis nej, hvorfor ikke?
- Ønsker I at beholde denne løsning? Hvorfor/Hvorfor ikke?

Hvis ledelsen:

Hvordan oplever du, at belysningen påvirker beboernes

- Søvn
- Døgnrytme
- Trivsel
 - Er de nemmere at få op om morgenen?
 - Er de mere aktive i løbet af dagen?
 - Er de mere rolige om aftenen / natten?
 - Sover de bedre om natten?

Hvordan oplever du at belysningen påvirker medarbejderne positivt?

- Virker de mindre stressede som følge af færre plejeopgaver?
- Udviser de mere overskud eller giver udtryk for bedre trivsel?

Oplever du overordnet set, at den nye belysning har haft en effekt?

- Hvis ja, hvilke(n)?
- Hvis nej, hvad tænker du er årsagen til dette?

Har du noget, du gerne vil tilføje til sidst eller noget, du mener, vi mangler at komme omkring?

Tak for din tid!

Erfaringsopsamling vedr. beboere og medarbejderes oplevelse af lamper med biologisk lys på plejehjem

Marts 2023

Chefkonsulent

Bo Rytkjær Callesen

borc@ramboll.com

Rambøll Management Consulting

Hannemanns Allé 53

DK-2300 København S

www.dk.ramboll.com



Bright ideas.
Sustainable change.

Notat

Vedr.

Teknisk evaluering af biologisk lys på plejehjem

Fuglebakken, Aarhus og Kastanjehusene, København



Inger V Erhardtsen IVE Rådgivning
Anne Bay Spektrum Lysdesign

INDHOLD

1 INDLEDNING	2
1.1 Baggrund	2
1.2 Formål.....	2
1.3 Resume af resultater	4
1.2.1 Skema for evaluering af kvalitetskrav i boliger	5
1.2.2 Skema for evaluering af kvalitetskrav for medarbejdere	6
1.2.3 Måling af øvrige lystekniske og el-tekniske data.....	7
2 Metoder.....	9
2.1 Forudsætninger for målinger	9
2.1.1 Anvendt kontrolmåleudstyr	9
3 Målinger og resultater.....	12
3.1 Verificering af biologiske lysdata.....	12
3.1.1 Genberegning af Melanopic EDI (mEDI) værdier fra Belid	12
3.1.2 Laboratorie kontrolmålinger af fremsendte data fra Belid (med lab. Udstyr).....	12
3.1.3 Måling af lysdata og fordeling af spektrum i 1 meters afstand.....	12
3.1.4 Målinger på lokationer med aktuelle placeringer af armaturer	13
3.1.5 Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer.....	13
3.1.6 Beregninger af lysniveauer i boliger/fællesarealer mm	13
3.1.7 Beregninger af dagslysniveauer i boliger/fællesarealer mm	13
3.1.8 Beregninger af det samlede biologiske lysniveau i boliger/fællesarealer mm	14
3.2 Måle-/beregningsresultater	14
3.2.1 Kastanjehusene, København	14
3.2.2 Måle-/beregningsresultater Fuglebakken, Aarhus.....	20
3.2.3 Konklusioner af målinger på Kastanjehusene og fuglebakken.....	23
3.3 Beregninger af biologisk lys inkl. dagslys på Kastanjehusene	24
3.3.1 Beregningsgrundlag for dagslysberegninger	24
3.3.2 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Kastanjehusene	25
3.3.3 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Fuglebakken	26
3.3.4 Konklusion Beregninger af biologisk belysning og dagslys.....	27

1 INDLEDNING

Denne evaluering af biologisk lys på plejehjem omhandler teknisk evaluering af biologisk lys til plejehjem, skabt af konsortiet Belid Lighting og Lyhne Design i forbindelse med udvikling af biologisk lys ifm. innovativt partnerskab med Københavns Kommune og Aarhus Kommune.

Evalueringens formål er at belyse hvorvidt de udviklede lysløsninger lever op til krav og ønsker som beskrevet i udbudsmaterialets Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys.

Notatet er udarbejdet af 3. part. Som grundlag herfor er der anvendt lysteknisk data fra laboratorier fra Belid Lightings egne laboratorier sammenholdt med laboratoriemålinger i Spektrum Lysdesign Laboratorie. Derudover er der udført målinger med håndhold instrument på stativ i boliger og fællesarealer på plejehjem til sammenligning med lysberegninger. Disse lysberegninger vil efterfølgende kunne anvendes til yderligere retningslinjer og undersøgelser af praktiske og optimale placeringer af den biologiske belysning

1.1 Baggrund

I forbindelse med udvikling, afprøvning og implementering af nye biologiske belysningsløsninger på to udvalgte plejehjem i henholdsvis Aarhus (Fuglebakken) og København (Kastanjehuse), er der udført 3. parts evaluering og målinger af belysningsleverandørens, Belid belysningsarmaturer.

1.2 Formål

Formålet med en teknisk evaluering af biologisk lys på plejehjem er ved hjælp af 3. parts målinger og beregninger, at undersøge om de udviklede armaturer lever op til det ønskede potentiale for biologisk lys beskrevet i udbudsmaterialet: Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys:

- Kontrol og vurdering af den biologiske effekt ved vurdering af mEDI belysningsniveauer
- Kontrol af leverandøren/armaturproducentens dokumenterede oplysninger om belysningskvaliteten CCT, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, SDCM (MacAdam) og standby-forbrug.

Frem for blot at eftervise den målte effekt via laboratoriemålinger med de samme forudsætninger, som der anvendes i alle godkendte laboratorier, har ønsket med denne verificering været, at kunne eftervise effekten af det biologiske lys i praksis ude hos brugerne.

Dette notat omhandler således målinger og beregninger efter følgende princip i de angivne trin:

1. Data fra laboratoriemålinger fra Belid fremsendes som rå data (spektrale intensitetsfordelinger) til Spektrum Lysdesign, der efterfølgende tjekker Belids beregninger af Melanopic EDI (mEDI) værdier.
2. En-til en stikprøve laboratoriemåling for verificering af målinger udført af Belid.

3. Enkel kontrolmåling af alle typer belysningsarmaturer for lys-niveauer og spektralfordelinger i 1 meters afstand (to vinkler) med håndholdt instrument (på stativ), i Spektrum Lysdesigns laboratorium. Dette for at kunne sammenligne med efterfølgende målinger udført på de enkelte lokationer. Resultaterne er omregnet til Melanopic EDI.
4. Målinger på aktuelle lokationer/placeringer i forbindelse med prøveopsætning af armaturer på Kastanjehusene og Fuglebakken. Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer, på baggrund af lysmålinger i boliger og fællesarealer.
5. Beregninger af dagslys i boliger/fællesarealer mm med aktuelle placeringer og beregninger af biologiske lysniveauer i boliger/fællesarealer med aktuelle placeringer med tilskud af dagslys (uden eksisterende loftsllys)

Evalueringer og projektets resultater, inkl. grundlæggende forslag til placeringer, stilles til rådighed for efterfølgende bearbejdning og nærmere information om optimal brug og placering af armaturer med biologisk lys.

1.3 Resume af resultater.

Nedenfor er angivet resultater i skemaform jf. de oplyste tekniske krav i udbudsmaterialets "Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys" for:

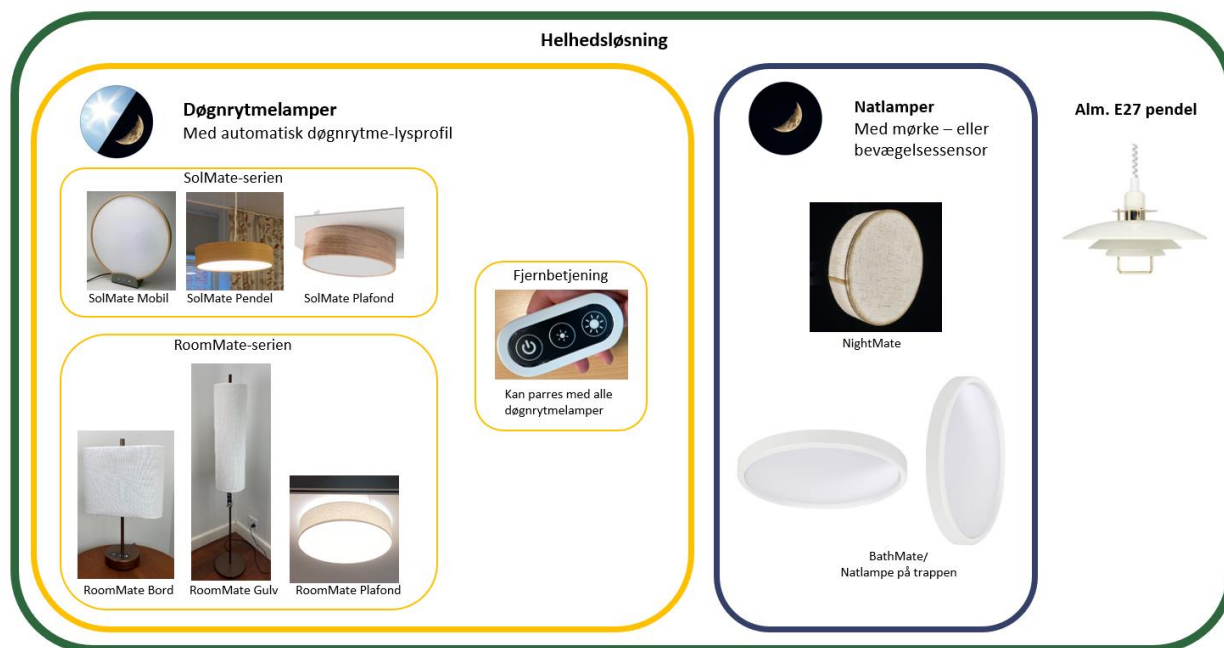
- Målinger i laboratorie på de udvalgte tidspunkter af døgnet
- Målte belysningsniveauer i fællesarealer, trapper, gange mm.
- Målte belysningsniveauer i plejeboliger og toiletter

Helhedsløsningen fra Belid Lighting og Lyhne Design består af biologiske armaturer som supplerer eller erstatter den eksisterende basis belysning i de enkelte rum.

Løsningen består af 4 "serier af armaturer":

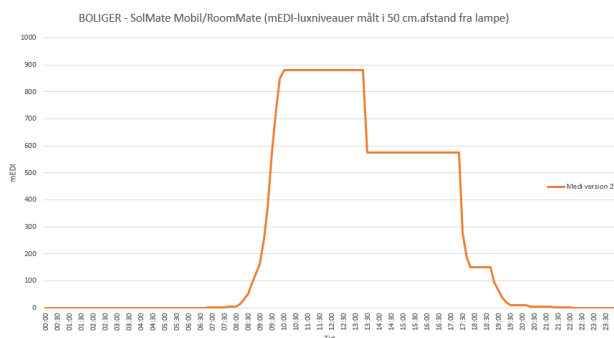
- SoleMate (med døgnrytmeprotokoller fortrinsvis for fællesarealer)
- RoomMate (med døgnrytmeprotokoller fortrinsvis for boliger og ophold)
- NightMate (udelukkende til natbelysning i soveværelse, mm.)
- BathMate (udelukkende til natbelysning i toiletter, trapper, gange mm.)

SoleMate og RoomMate serien har begge døgnrytmeprotokoller som dækker relevante aktiviteter og døgnrytme i henholdsvis fællesarealer og i boliger. De adskiller sig lidt fra hinanden da aktiviteterne i fællesarealerne starter tidligere og derfor forløber tidspunkter og eksponering af lys lidt anderledes end i boligerne (se fig. 2 og 3)

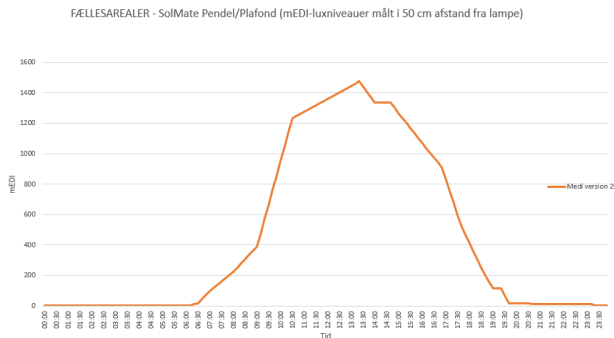


Figur 1: Overblik over de 4 serier af armaturer i helheldløsningen

Nedenfor vises graferne for hvorledes lyset ændres i forskellige tempi med de to protokoller over døgnet.



Figur 2: Protokol for Solemate mobil og Room Mate serien



Figur 3: Protokol for lamper SoleMate pendel/plafond

1.2.1 Skema for evaluering af kvalitetskrav for borgerne

Af nedenstående skemaer fremgår de fremsatte belysningskrav og krav til den lystekniske kvalitet og biologiske effekter hos borgerne. I den blå kolonne fremgår evalueringerne på de udvalgte tidsrum.

Biologiske effekter på borgere		Belysningskrav	Evaluering
Morgen/ formid- dag	<p>Morgenvækning med lys: Rolig opstartsperiode Mulighed for tidsindstilling Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p> <p>Energiboost med kraftigt fuldspektret lys i øjenhøjde: Mulighed for valgfrit supplement af ekstra lys, primært rettet mod øjne på den ældre Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p>	<p>- Min. 250 mEDI lux</p> <p>- CCT 2.700 - 6.000 K</p> <p>CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20 (rød)</p>	<p>I fællesarealer, kontorer mm, hvor øvrig eksisterende belysning er udført jf. krav i BR 18, overholdes niveauet for biologisk lys. (se skemaer i afs.3.2)</p> <p>I boliger kan der opnås tilstrækkelige mEDI lux niveauer, hvor der er placeret flere lamper i umiddelbar nærhed i synsretningen af borgerne. Medregnes der dagslys (på en normal overskyet dag) jf. DS/EN 17037 (se afs. 3.3 at der generelt er belysningsniveauer over 250 mEDI lux.</p> <p>Hvis der er mindre basislys (borgerens egen eksisterende belysning) end de i standarden foreskrevne niveauer, og hvis borgernes synretning er orienteret væk fra vinduer, opnås der en lavere biologisk effekt (se skemaer i afs.3.2). De opstillede lamper med biologisk lys, udgør da hovedlyskilden for borgeren.</p> <p>Øvrige krav: CCT 2.700 - 6.000 K. - Overholdt* CRI (Ra) ≥ 90 - Overholdt* CRI (R9) ≥ 20 (rød) - Overholdt* *) Jf. vedlagte målinger i bilag 2 (se fig. 6)</p>
Efter- middag	De blå bølgelængder i lyset er aftagende	150 – 225 mEDI lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20 (rød)	Kravene anses generelt som værende overholdt, dog med undtagelser i enkelte boliger hvor basisbelysningen og dagslyset ikke bidrager til det biologiske lys (se ovenfor)
Aften	Gode belysningsniveauer, med varmt lys med få blå bølgelængder	25 – 100 mEDI lux	Kravene anses som værende overholdt, da belysning dæmpes og andelen af blå bølgelængder aftager jf. døgn protokollen.
Nat	Vågelys, natlys, orienteringslys uden/få blå bølgelængder	Max 3 mEDI lux	Kravene anses som værende overholdt, da belysningen dæmpes yderligere og andelen af blå bølgelængder hermed aftager yderligere.

		CCT 1.800 – 2.700 K.	Kontrolmålinger har bekræftet dette. (vedlagte målinger i bilag 2)
Ved måltider	Lys der skaber kontraster og farvegengivelse	CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 40 (rød)	Overholdt jf. kontrolmålinger (vedlagte målinger i bilag 2)

Figur 4: Skema for evaluering af biologiske belysningskrav for borgerne.

1.2.2 Skema for evaluering af kvalitetskrav for medarbejdere

Af nedenstående skemaer fremgår de fremsatte belysningskrav og krav til belysningsniveauer for medarbejdere. I den blå kolonne fremgår evalueringerne på de udvalgte tidsrum.

Arbejdsbelysning for medarbejdere:		Belysningskrav	
Morgen/ Formiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
Eftermiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes af grund/basisbelysning + (dagslys sommer)	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber)
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis af basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
Aften	Alle opholdsrum: Mindre plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning, som ikke blænder borgeren unødigt.	150 - 200 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Alle opholdsrum: Omfattende plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med	300 - 500 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber.

	grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt		Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning	50 - 200 d CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt: Lys fra aften/natlamper kan suppleres med eksisterende belysning.
Nat	Mindre plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning som ikke blænder borgeren unødigt.	5 - 200 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Omfattende plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt	100 - 300 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning	10 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt: Lys fra aften/natlamper kan suppleres med eksisterende belysning.

Figur 5: Skema for evaluering af biologiske belysningskrav for medarbejdere.

1.2.3 Måling af øvrige lystekniske og el-tekniske data

Kontrol af leverandøren/armaturproducentens dokumenterede oplysninger om belysningskvaliteten CCT, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, SDCM (MacAdam) og standby-forbrug

Armaturtype	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CRI	CRI	CRI	R9	CRI	CRI	Flicker	Lm/W	Standby
	02:00	09:00	12:30	14:30	18:30	02:00	09:00	12:30	12:30	14:30	18:30	PCT		Målt Belid
SolMate Pendel	4154	3529	4092	4103	3239	68,70	91,60	93,40	73,81	93,30	91,90	16	69,00	2,47 W
SolMate Plafond	4154	3529	4092	4103	3239	68,70	91,60	93,40	69,80	93,30	91,90		69,00	2,47 W
SolMate Mobil	5262	3623	4129	4134	4133	76,20	88,80	91,60	69,20	91,50	91,60	30,00	66,00	0,7 W
RoomMate Plafond	4337	3255	3704	3710	2999	74,10	89,30	90,40	72,81	90,30	89,70		79	2,47 W
RoomMate Bord	4337	3255	3704	3710	2999	74,10	89,30	90,40	70,63	90,30	89,70		64	2,38 W
RoomMate Gulv	4377	3225	3664	3671	2981	71,70	88,00	90,80	70,72	90,70	88,50	6,97	52	2,38 W
Night Mate	2197	2197	2197	2197	2197	95,17	95,17	95,17	72,7	95,17	95,17	17,37	32,00	0,72 W
Bath Mate	2698	2698	2698	2698	2698	81,07	81,07	81,07	48,46	81,07	81,07	10,5	56,00	0,67 W

Figur 6: Skema med målinger for kontrol af diverse el-tekniske og lystekniske data.

Af ovenstående tabel ses målinger for belysningskvaliteten CCT, lumen/W, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, og standby-forbrug.

Oplisting af lystekniske forhold:

- Farvetemperatur CCT og farvegengivelse overholder alle de angivne krav.
- Jf. data fra producenten af LED komponenter oplyses at SDCM (MacAdam) ligger inden for de 3 step som er angivet som krav. Kontrolmålinger på enkelte indstillinger viser SDCM på 1,7 – 2,2. Derfor kan dette punkt anses som værende overholdt.
- Flicker er målt med forskellige angivelser som alle ligger indenfor acceptable niveauer, målingerne er foretaget ved max-, middel- og minimums belysningsniveauer, det er sjældent muligt helt at undgå flimmer, særligt når armaturer både dæmpes og har Kelvinstyring.
- Niveaue for Standby forbrug ligger generelt noget højere end de angivne anbefalinger på ca. 0,3W pr. armatur (lyskilde og driver). Dette skyldes fortrinsvis at der ud over lyskilden (LED) og driver også er komponenter for styrings-protokoller, elektronik til betjening og fjernbetjening indbygget i hvert armatur. Således er der ikke strømforbrug til "eksterne enheder" som controllere og andre styreenheder i tavler. Målt af Belid og kontrolmålt af IVE (med væsentlig måleusikkerhed grundet meget lave spændingsniveauer).
- Det forhøjede standby forbrug bør dog angives, så data for lumen Lumen/W ikke giver anledning til at antage, at værdien kun er baseret på LED/driverforbruget.

2 METODER

2.1 Forudsætninger for målinger

2.1.1 Anvendt kontrolmåleudstyr

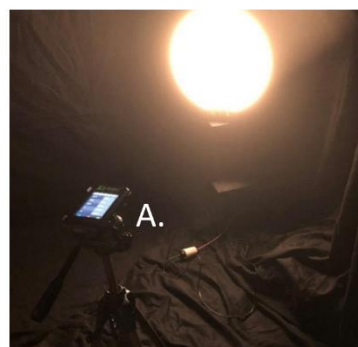
Da der generelt kan være store forskelle på måleresultater og forudsætninger for målinger mellem forskellige instrumenter, anvendes det samme håndholdte måleinstrument monteret på stativ, både i forbindelse med kontrolmålinger af armaturer og de enkelte målinger lokalt i hvert rum på de enkelte plejehjem.

Målinger af spektralfordelinger og belysningstyrker er udført med spektrometer type UPRtek type MK350S Premium (Serie no. HS22BIEA0015), placeret på fotostativ. (A)

Målinger af afstande og højder, ved laboratiormålinger, blev udført med lasermåler, type FLUKE 414D med en nøjagtighed på +/- 2 mm. (B)

I lokaliteterne på plejehjemmene blev opmåling og placeringer udført i en kombination af afstandsmåler og tommestok.

Målinger af standby forbrug er udført med standard digitalt multimeter EM61 17-338 (måle nøjagtighed +/- 2% +/-5 cifre



Figur 7: Måleopsætning ved kontrolmålinger. Klip fra målerapport - Spektrum design af 8. feb. 2023

Kalibrering af måleudstyr

Da instrumentet MK350S Premium senest er kalibreret 22/10/2018 er dets nøjagtighed eftervist ved sammenligning med et Viso BaseSensor laboratoriespektrometer (senest kalibreret 11-04-2022, serie no. 1683780847).

Af udklippet nedenfor ses det aktuelle resultat af sammenligningen af de to instrumenter. Nærmere detaljer fremgår af vedlagte målerapport fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023:

Spektrometermodel	MK350S PREMIUM	Viso BaseSensor	Difference
Serienummer	HS22BIEA0015	1683780847	
Tid	2023/01/02_10:09:47	2023/01/02_11:19:10	
Seneste kalibrering	22-10-2018	11-04-2022	
Måleafstand	242,2 cm	250,0 cm	
Belysningsstyrke @1m	486,0 lux	459,3 lux	5,8%
Beregnet Melanopic EDI	292,4 mEDIlux	285,9 mEDIlux	2,3%
CCT	3919	3934 K	-0,4%
CRI	81,5	81,2	-0,5%
CIE _x	0,3867	0,3857	0,3%
CIE _y	0,3883	0,3861	0,6%

Figur 8: Sammenligning af data fra de to instrumenter

Som det fremgår af figur 2, synes det håndholdte instrument at overvurdere belysningsstyrke med mEDI med 2-3%, hvilket er så lidt, at der ikke er søgt at kompensere for dette. Til gengæld er parametre, som CCT og CRI målt med meget god nøjagtighed. Samlet set vurderes spektrometret egnet til måleopgaven.

For nærmere information se opmålingsrapporten fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023, udført af Anne Bay.

Måleusikkerhed generelt

Som det også er nævnt målerapport fra Spektrum design af 8. feb. 2023, angiver Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens i deres vejledning for funktionsafprøvninger at der "accepteres en afvigelse på 10 % grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken".

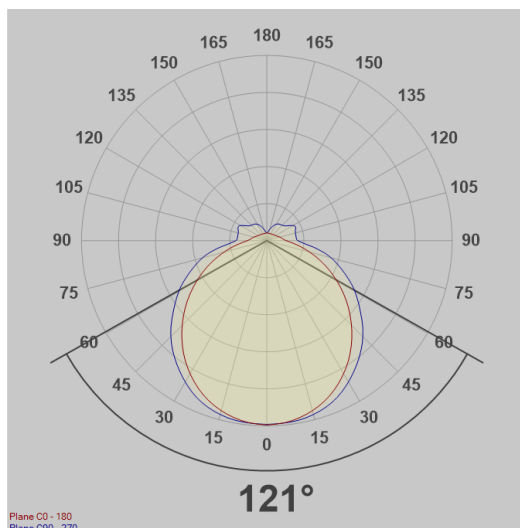
Dette virker dog erfaringsmæssigt, som meget lavt sat (særligt ved lave lysniveauer), da flere faktorer kan påvirke resultatet. Her er oplistet nogle:

- Måleinstrumentets temperatur og kalibrering
- Forhold, vinkling og afstande hvor målinger udføres
- Tænd tiden på armaturet, (lysudstråling og armaturets temperatur)
- Nøjagtighed af afstandsmåling (belysningsstyrken falder med afstanden i anden potens)
- Vinkel på armaturet (evt. ujævn udstråling i forhold til vinklen på armaturet)
- Temperaturer i lokalet (påvirker også lysudsendelsen)
- Strømforsyningen kan variere fra sted til sted og på forskellige tidspunkter af døgnet
- Muligheden for effektivt at afskærme for udefrakommende lys, eller fra andre armaturer
- Muligheden for at undgå straylight (reflekteret lys fra overflader i armaturets nærhed)

Erfaringsmæssigt vurderes håndholdte lysmålinger derfor snarere at kunne give afvigelse på 15-20%.

En meget vigtig pointe er, at alle målinger af armaturers belysningsstyrke (herunder også måling af mEDI lux) er afstandsafhængige. Som tommelfingerregel aftager belysningsstyrken med kvadratet på afstanden. Ved sammenligning af laboratiormålinger og praktiske målinger er dette meget vigtigt. Er laboratiormålingen udført i 1 meters afstand, og den praktiske måling bare 12 cm længere væk, falder belysningsstyrken hele 20 %.

Ligeledes er der en betydelig vinkelusikkerhed. For de målte armaturer er intensiteten generelt højest vinkelret på den lysende flades midte, og vil således aftage, hvis betragterens øjne er i en anden vinkel.



Figur 9: Solmate Bord lysfordelingskurve (Belid). Lige frem er 100% = 356 lux i en meters afstand. 20 grader til siden er intensiteten ca. 10% lavere, og 45 grader til siden ca. 30% lavere.

Beregninger usikkerhed generelt

Der er ligeledes faktorer når det gælder lysberegninger af eksisterende møblerede boliger og rum.

- Laboratorie-lysmålinger udføres i helt sorte rum, hvor reflekteret lys så vidt muligt undgås. I boligerne reflekteres lys i rummet overflader (møbler og vægge), og bidrager til højne resultaterne. Her har alle de forskellige reflektanser og teksturer fra møbler indretning og flader stor indflydelse.
- Placeringer og vinkling mm. er ikke nemme at konstruere en til en i beregninger.
- Reflekteret lys fra flader kan ikke beregnes med samme nøjagtighed, da refleksion af lyset ikke medregnes nær så nøjagtig som ved målte niveauer.
- Det har også vist sig at ved lave lys niveauer (under 50 lux) er de beregnede tal noget lavere end de målte. Dette kan skyldes det håndholdte spektrometers begrænsninger ved lave lysintensiteter (dårligt signal/støj-forhold), men også at beregningerne ikke i samme grad kan indregne reflekteret lys.

3 MÅLINGER OG RESULTATER

3.1 Verificering af biologiske lysdata

Dette notat omhandler således målinger og beregninger efter følgende princip om i praksis at kunne eftervise den biologiske effekt.

Af nedenstående oversigt fremgår enkelte armaturer i helhedsløsningen:

3.1.1 Genberegning af Melanopic EDI (mEDI) værdier fra Belid

Fremsendte rå data for lysmålinger fra Belid, med informationer om det relevante spektrum. Disse er efterfølgende genberegnet af Spektrum Lysdesign for Melanopic EDI (mEDI) værdier.

Oversigt med de beregnede data på de første to linjer for hvert armatur i bilag 1 (opmålingsrapport, Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023).

Her ses en mindre variation på ganske få procent, hvilket kan skyldes forskellige afrundingsfejl. Derudover er der nogle enkelte tidspunkter i protokollen som afviger lidt. Dette skyldes forskelle eller fejl i de enkelte protokoller, da der løbende er sket enkelte ændringer i armaturerne også under måleprocessen.

På den baggrund anses disse data overordnet helt at være i overensstemmelse med Belids angivne data.

3.1.2 Laboratorie kontrolmålinger af fremsendte data fra Belid (med lab. Udstyr)

Grundet store udsving i måleresultaterne ved skift fra laboratorieudstyr til måleudstyr som kan bruges direkte på lokationerne på plejehjemmene. Er det efterfølgende aftalt at der udføres 2-3 stikprøvekontrolmålinger på max-niveauer, for at verificere at måledata fra Belid stemmer overens med de angivne data.

Disse målinger pågår og endelige data herfor følger i løbet af uge 12

3.1.3 Måling af lysdata og fordeling af spektrum i 1 meters afstand

For at opnå et troværdigt dataniveau ved målinger på lokationerne, er Belids data på de enkelte tidspunkter verificeret ved målinger med håndholdt instrument (på stativ).

Som det også fremgår af opmålingsrapporten fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023 (bilag 1) er der generelt lavere målinger med UPRtek type MK350S Premium (Serie no. HS22BIEA0015), hvilket skyldes at Lysmålinger kun udføres en meter fra armaturer med håndholdt-måleinstrument (på stativ) (1 meter, da det er afstandskravet i forhold til Melanopic EDI (mEDI) niveauer). Divergerende resultater er forventeligt,

særligt ved større armaturer. I laboratorier er der specifikke forskrifter for afstande for måling af armaturer som typisk skal være minimum 5-10 gange den lysende flades største mål. Dette for at sikre at hele armaturets lysudsendelse inddrages i målingen.

3.1.4 Målinger på lokationer med aktuelle placeringer af armaturer

I forbindelse med prøveopsætning af armaturer på Kastanjehusene og Fuglebakken er et udvalgt af armaturer placeret i de faktiske omgivelser, både i de enkelte boliger og i fællesarealer.

Her anvendes det samme måleudstyr på stativ med målinger i udvalgte positioner hvor de enkelte borgere opholder sig ofte, f.eks. i lænestol, i sofa, spiseplads mm. Disse placeringer er angivet i efterfølgende oversigtsskema. For hver position er der udført en måling med blikket rettet "lige ud", "til siden" (eks mod TV eller lampe) og "ned" (f.eks. ved læsning eller spisning mm.)

+



Figur 10: Eksempel på håndholdt måling på stativ

3.1.5 Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer

Måledata på alle de målte positioner er efterfølgende omregnet jf. beregningsmatrix fra websitet www.luox.app, alle målinger med data for hele spektret er herefter omregnet og fremgår i skema for lysmålinger i afsnit.3.2.

3.1.6 Beregninger af lysniveauer i boliger/fællesarealer mm

På baggrund af tegninger, registrering, opmålinger og billeder fra de enkelte rum er der udarbejdet beregninger på et stort udpluk af de aktuelle placeringer i forbindelse med målingerne.

Som det kan ses af billedet, er grundlaget for disse beregninger forenklet i forhold til virkeligheden (uden nips og detaljer) til gengæld er reflektanserne på de enkelte flader justeret konservativt, netop for at opnå realistiske beregningsresultater.

3.1.7 Beregninger af dagslysniveauer i boliger/fællesarealer mm

Ud fra de aktuelle beregninger af lysniveauer er der tillige udført beregninger for dagslys i boliger, kontorer/personalerum og fællesophold/spiseareal. Dagslysberegningerne er udført i positioner, hvor borgerne ser lige ud, med de samme aktuelle placeringer.

3.1.8 Beregninger af det samlede biologiske lysniveau i boliger/fællesarealer mm

Af sidste linje i figur 10 og 11, fremgår det samlede tilskud af biologisk lys inkl. tilskud af dagslys og den biologiske belysning. Disse resultater er dog uden den eksisterende belysning som loftsllys pendler og standerlamper.

3.2 Måle-/beregningresultater

3.2.1 Kastanjehusene, København

Målinger af belysning er generelt udført med afdækkede vinduer (dvs. uden dagslys). Med målinger i mørke som kontrol for mørklægning (målinger er dog udeladt i skemaer)

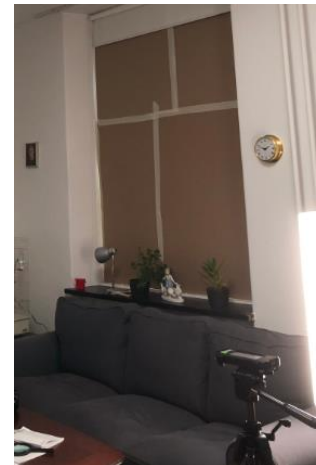
Til beregningssimuleringer anvendt beregningsprogrammet DiaLux 4.13. Dette program giver mulighed for at justere i lumenpakken individuelt på armaturer som NightMate, der ikke har en fast protokol. Hvor dette er udført, er der angivet antal lumen i skemaet ud for beregningerne.

Der er ikke udført beregninger på alle målinger, og der er enkelte målinger, som ikke er valide/registrerede (er derfor udeladt) grundet fejl-nummerering eller dobbeltnummerering.

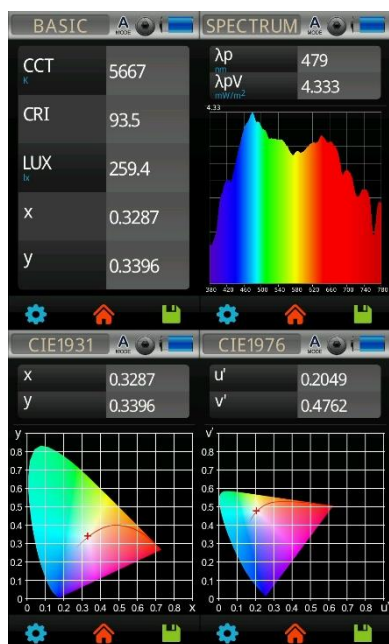
Der er foretaget en del ekstra målinger, hvor de forskellige situationer som ligeledes fremgår af skemaet.

Der er også udført enkelte målinger med rent dagslys hvor resultatet for (LUX/M EDI) er anvendes til omregning til Melanopic EDI, ifm. omregning af de efterfølgende dagslysmålinger (se 3.2.4)

Nedenfor er vist et lille udklip af målingerne inkl. spektrum:



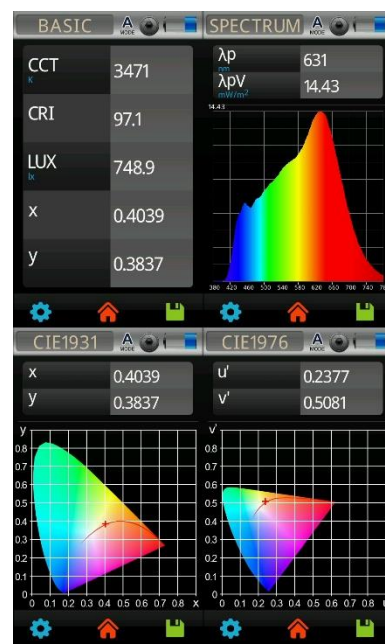
Figur 11: Alle vinduer afdækkes med kraftigt pap for at undgå dagslys



Figur 5: 12B01DALY, Måling af dagslys ved vindue



Figur 13: For hver måling tages et tilhørende billede, så man kan sikre hvor målingen er taget. Måling 12B01DALY.



Figur14: Typisk lysfordeling på det biologiske lys om formiddagen, F001

Målinger og beregninger:

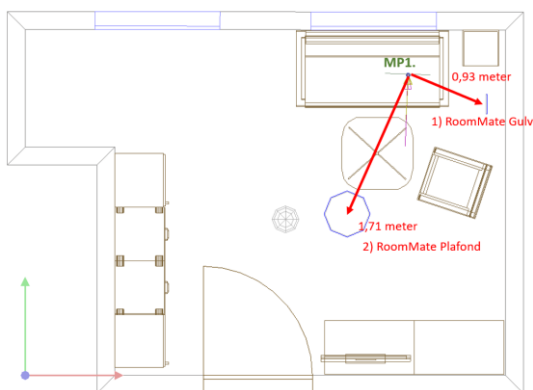
Nedenfor fremgår de anvendte målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen i procent, på de målte og beregnede LUX-værdier.

Under hvert rum er vist udklip fra Beregningsprogrammet DiaLux 4.13, hvorpå der er angivet horisontale mål for placering af de biologiske armaturer i forhold til de indsatte målepunkter.

Alle målinger taget med og uden beboernes eget eksisterende lys og helt uden dagslys. Derfor vil lux niveauerne generelt fremstå lave, da der således ikke bidrages med lys hvor lamperne ikke er tændt.

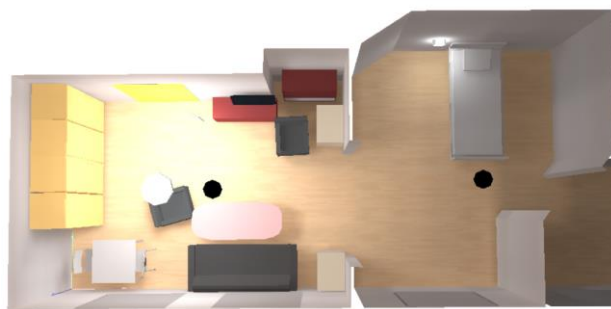
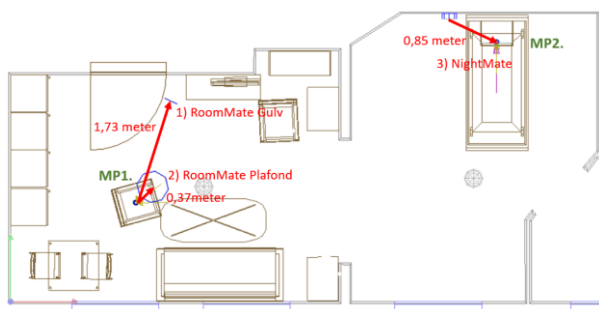
Bolig 1: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate plafond

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 1							
109B01	10.00	1. Sofa (BioLys+eget)	199,0	213,94	133,13	62%	-7%
109M01	10.00	1. Sofa (kun BioLys)	188,0	177,83	122,38	69%	6%



Bolig 2: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate plafond, 3 NightMate

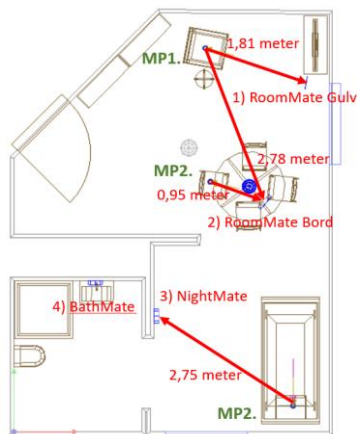
Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 2							
204B01	10.00	1. Lænestol lige ud (BioLys+eget)	116,0	114,84	64,81	56%	1%
204M01	10.00	1. Lænestol lige ud (kun BioLys)	94,0	80,86	53,09	66%	16%
204M01A	10.00	1. Lænestol m. TV (kun BioLys)	163,0	145,65	87,57	60%	12%
204MTV	10.00	1. Lænestol m. Gulvl. (kun BioLys)	187,0	263,14	169,89	65%	-29%
204S01	02.00	2. Seng min (12 lm) (kun BioLys)	0,1	0,20	0,10	50%	-30%
204S01	02.00	2. Seng min (20 lm) (kun BioLys)	0,2	0,20	0,10	50%	16%
204S02	02.00	2. Seng max (387 lm) (kun BioLys)	4,5	9,66	3,14	33%	-53%



Bolig 3: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 NightMate, 4 BathMate

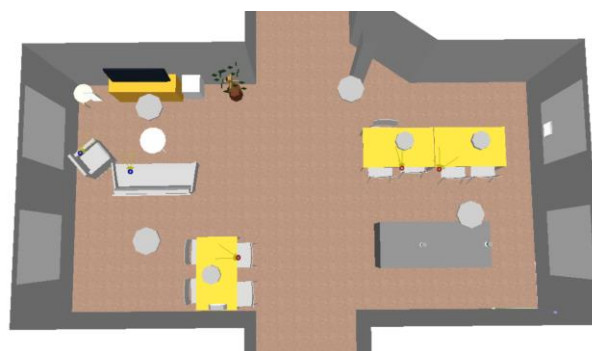
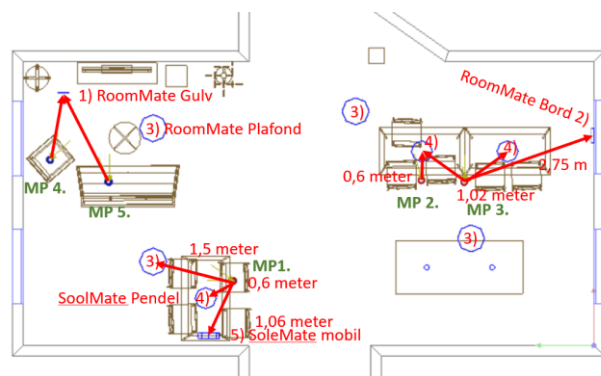
Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 3							
37B02	10.00	1. Lænestol l.u. (BioLys+eget)	191,0	200,90		0%	-5%
37M02A	10.00	1. Lænestol lige ud (kun BioLys)	154,0	187,38	123,06	66%	-18%
37B011	10.00	2. Spisebord l.u. (BioLys+eget)	619,0	647,30	368,70	57%	-4%
37SS01	10.00	2. Spisebord lige ud (kun BioLys)	362,0	456,53	306,75	67%	-21%
37SS01A	10.00	2. Spisebord ned (kun BioLys)	85,0	308,78	204,28	66%	-72%
37M03fejl	02.00	3. Seng max lys (kun BioLys)	9,9				
	02.00	3. Seng 8% (30 lm kun BioLys)	0,8				
37M04	02.00	3. Seng nat (150 lm kun BioLys)	4,2	4,97	1,82	37%	-16%

37M04 02.00 3. Seng nat (200 lm kun BioLys) 5,5 4,97 1,82 37% 11%



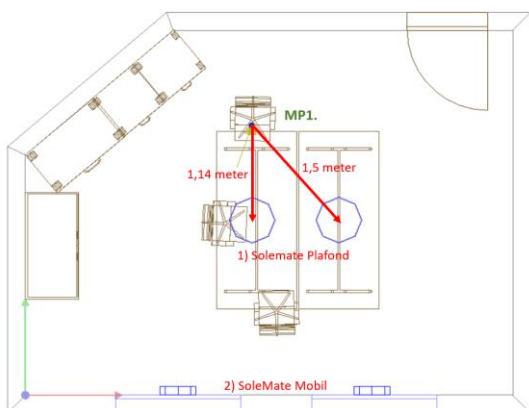
Fælles ophold: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 SoolMate plafond 4 SoolMate pendel, 5 SoleMateMobil,

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Fællesareal ophold							
FM01	10.00	1. lige ud (kun BioLys)	632,0	782,70	548,99	70%	-19%
FM01A	10.00	1. m. bordlampe (kun BioLys)	360,0	301,73	184,04	61%	19%
FM01B	10.00	1. mod gulvlampe (kun BioLys)	198,0	231,80	154,94	67%	-15%
FM02	10.00	2. lige ud (kun BioLys)	729,0	1052,65	743,25	71%	-31%
FB01	10.00	2. lige ud (BioLys+eget)	635,0	860,31	598,91	70%	-26%
FM02B	10.00	2. til siden (kun BioLys)	708,0	883,22	621,47	70%	-20%
FM02A	10.00	2. ned (kun BioLys)	132,0	269,56	148,57	55%	-51%
FM03	10.00	3. lige ud (BioLys+eget)	348,0	326,19	210,58	65%	7%
FB03	10.00	3. ligeud (kun BioLys)	348,0	325,30	209,49	64%	7%
FM03B	10.00	3. til siden (kun BioLys)	308,0	318,26	210,36	66%	-3%
FM03A	10.00	3. ned (kun BioLys)	139,0	225,53	123,26	55%	-38%
FM04	10.00	4. lænestol lige ud (kun BioLys)	252,0	299,69	210,95	70%	-16%
FM04A	10.00	4. lænestol m lampe (kun BioLys)	259,0	284,68	202,42	71%	-9%
FM05	10.00	5. sofa lige ud (kun BioLys)	185,0	211,62	147,65	70%	-13%
FM05A	10.00	5. Sofa til siden (kun BioLys)	169,0	180,20	126,53	70%	-6%



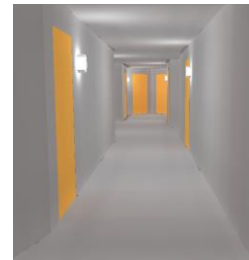
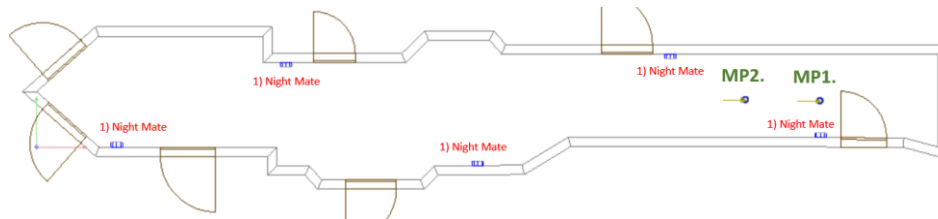
Personalerum: 1 SoleMate Pendel, 2 SoleMate Mobil i vindueskarm

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Personalerum							
KM01	10.00	1. Kontorplads (kun BioLys)		318,68	205,96	65%	
KM02	10.00	1. Kontorpl. lige ud (kun BioLys)	376,0	429,72	295,19	69%	-13%
KM03	10.00	1. Kontorpl. til siden (kun BioLys)	335,0	390,85	267,33	68%	-14%
KM04	10.00	1. Kontorplads ned (kun BioLys)	99,0	198,74	146,63	74%	-50%
KM05	10.00	Ekstra måling lige ud (kun BioLys)		237,87	178,56	75%	
KM06	10.00	Ekstra måling til siden (kun BioLys)		355,31	269,00	76%	



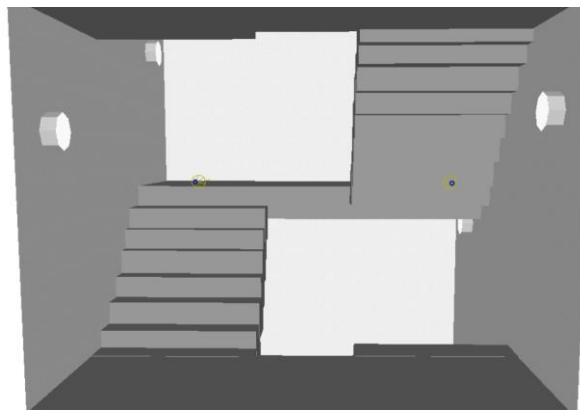
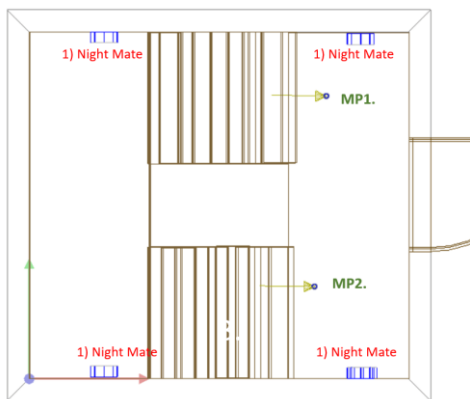
Gang: 1 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Gang							
G09	09.45	aften med egne Oslo lamper		123,32	33,08	27%	
GM01	02.00	1. 100% (378 lm) (kun BioLys)	37,0	55,38	18,33	33%	-33%
GM01A	02.00	2. 100% (378lm) (kun BioLys)	39,0	50,82	16,57	33%	-23%
GM01B	02.00	1. (200 lm) (kun BioLys)	19,0	36,86	11,67	32%	



Trappe: 1 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Trappe							
TB01A	aften	1. lige ud eksisterende lamper		171,85	74,65	43%	
TM01	02.00	1. lige ud (kun BioLys)	25,0	82,42	36,84	45%	-70%
TM01A	02.00	1. ned ad mod trin nat		66,73	29,99	45%	
TM02	02.00	2. lige ud mod trin (kun BioLys)	20,0	65,07	28,86	44%	-69%
TM02A	02.00	2. opad, ned (kun BioLys)		49,98	22,15	44%	



3.2.2 Måle-/beregningresultater Fuglebakken, Aarhus

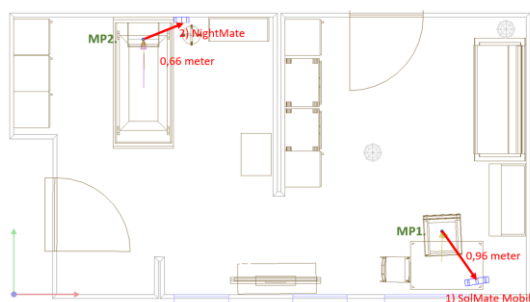
Her er målinger af belysning er ligeledes udført uden dagslys. Der er dog også her udført enkelte målinger med rent dagslys hvor data for omregning til Melanopic EDI, anvendes ifm. omregning af de efterfølgende dagslysmålinger. Der er også her foretaget en del ekstra målinger hvor de forskellige situationer fremgår af skemaet.

Skemaet viser:

De anvendte målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen i procent, på de målte og beregnede LUX-værdier.

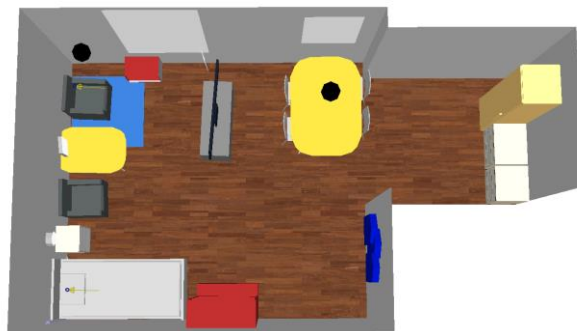
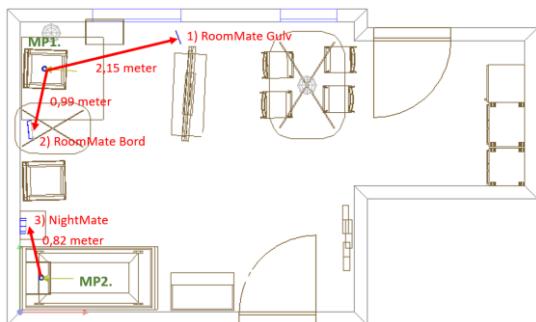
Bolig 1: 1 SoleMate Mobil, 2 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 1							
12B01A	9.00	1. Lige ud (BioLys+eget)		144,05	102,298	71%	
12EF02	10.00	1. Lige ud (BioLys+bordlampe)	189	173,67	135,342	78%	9%
12EF02A	10.00	1. lige ud (BioLys+bordl.+eget)	230	248,77	177,145	71%	-8%
12B01DAGLY	11.00	1. Dagslys meget overskyet		259,43	251,278	97%	
12EF03A	10.00	1. Mod lampe (kun BioLys)		307,86	233,230	76%	
12NATSM1	02.00	2. Ved seng max (378 lm)	6,48	7,55	3,123	41%	-14%
12NATSM	02.00	2. Ved seng nat min (15 lm)	0,26	0,12	0,044	37%	121%



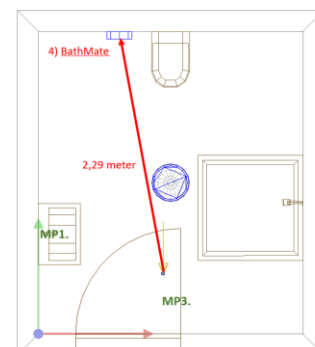
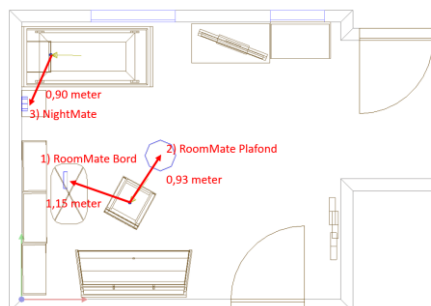
Bolig 2: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 2							
17B02	10.00	1. Lige ud lænes. (BioLys+eget)	116	117,43	75,553	64%	
17M02	10.00	1. Lige ud lænestol (kun BioLys)	104	107,97	72,541	67%	-4%
17M03	10.00	1. Lænestol kun (kun eget lys)	13	18,88	12,418	66%	-31%
17M01	02.00	2. I seng min, (Kun BioLys)	12	22,39	13,080	58%	-46%
17M04	02.00	2. I seng max (378 lm BioLys)	7,37	8,67	3,845	44%	-15%



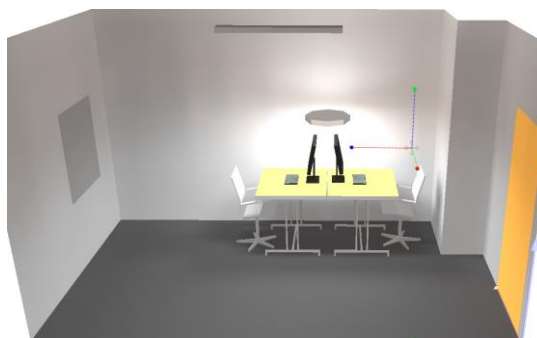
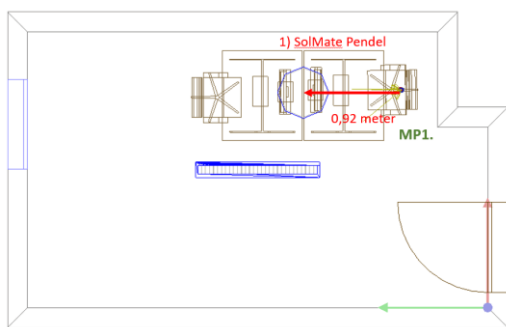
Bolig 3: 1 RoomMate Bord, 2 RoomMate Plafond, 3 NightMate, 4 BathMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Bolig 3							
37M01	9.00	1. I rullestol lige ud (kun BioLys)		26,82	18,551	69%	
37M012	10.00	1. I rullestol (kun BioLys)	125	149,81	104,525	70%	-17%
37M022	10.00	2. I seng (378 lm) (kun BioLys)	57	89,82	60,258	67%	-37%
37M02	02.00	2. I seng (kun natlys)		15,11	10,211	68%	
37B03	10.00	3. Lys på wc med tændt lys	225	310,83	106,824	34%	-28%
37M03	10.00	3. Natlys wc-max (171 lumen)	9,5	7,55	3,123	41%	26%



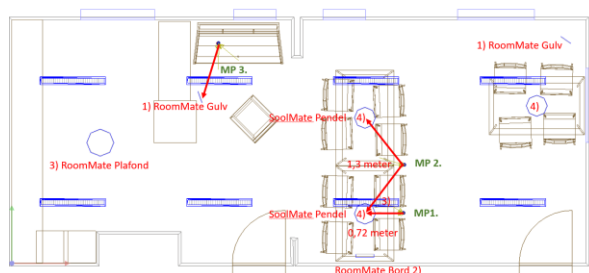
Kontor: SolMate Pendel

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Kontor							
02KOL	10.00	1. Lige ud (kun BioLys)	248	248,77	177,145	71%	0%
02KOLA	10.00	1. til siden (kun BioLys)	188	254,92	181,129	71%	36%
02KON	10.00	1. Ned (kun BioLys)	132	169,71	114,547	67%	-22%
02KOSKD	10.00	1. Lige ud + dagslys		345,85	228,102	66%	
02KOSKP	10.00	1. Lige ud (BioLys + eget lys)	329	353,98	215,532	61%	-7%



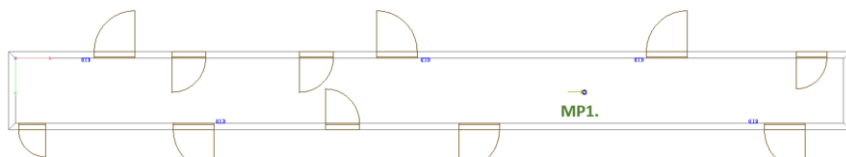
Fællesrum: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate Bord 3 SolMate Plafond, 3 SolMate Pendel

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Fællesrum							
F001	10.00	1. m. gulvl. Max (kun BioLys)		748,91	480,461	64%	
F01B1	10.00	1. ligeud lige (kun BioLys)	716	956,49	668,782	70%	-25%
F01B2	10.00	1. ned (kun BioLys)	117	494,44	327,531	66%	-76%
F01B3	10.00	1. til side m gl.l (kun BioLys)	562	621,90	432,985	70%	-10%
F011	10.00	1. ligeud (BioLys+eget)	920	1146,21	742,633	65%	-20%
F013	10.00	1. side (BioLys+eget)	765	820,98	518,966	63%	-7%
F012	10.00	1. ned (BioLys+eget)	252	516,17	321,265	62%	-51%
F01NAT	22.24	1. aften (kun BioLys)		7,80	4,370	56%	
F01NAT1	02.00	1. nat (kun BioLys)		2,63	1,596	61%	
F02B1	10.00	2. ligeud (kun BioLys)	374	488,66	335,054	69%	-23%
F02B3	10.00	2. side m gl.l (kun BioLys)	339	412,46	284,362	69%	-18%
F02B2	10.00	2. ned (kun BioLys)	129	307,63	202,040	66%	-58%
F021	10.00	2. lige (BioLys+eget)	602	730,36	441,999	61%	-18%
F023	10.00	2. side m gl.l (BioLys+eget)	550	578,49	357,059	62%	-5%
F022	10.00	2. ned (BioLys+eget)	255	411,85	241,796	59%	-38%
F03B1	10.00	3. sofa ligeud (kun BioLys)	260	273,64	183,679	67%	-5%
F03B2	10.00	3. sofa ned (kun BioLys)	74	191,39	127,821	67%	-61%
F03B3	10.00	3. sofa side (kun BioLys)	168	155,89	102,578	66%	8%
F031AC	10.00	3. Sofa lige ud (BioLys+eget)	522	521,62	292,387	56%	0%
F032	10.00	3. sofa ned (BioLys+eget)	182	275,20	166,007	60%	-34%
F033	10.00	3. sofa side (BioLys+eget)	426	223,35	115,710	52%	91%



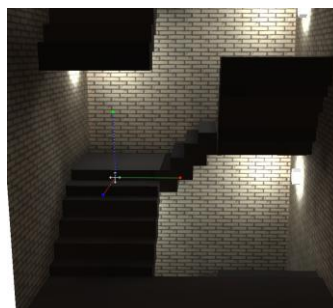
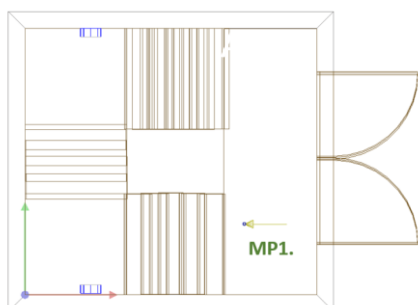
Gang: NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Gang							
GA01M	02.00	1. (200 lm kun BioLys)	5,92	4,80	1,769	37%	23%
GA01MAX	02.00	1. på max (kun BioLys)	11	35,51	12,613	36%	-69%
GA01MIN	02.00	1. (40 lm kun BioLys)	1,18	1,39	0,546	39%	-58%
	02.00	1. (20 lm kun BioLys)	0,59				



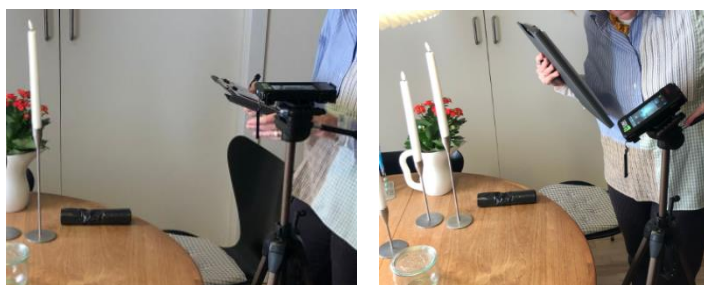
Trappe: NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Trappe							
TRAM	02.00	lige ud, nat (150 lm kun BioLys)	2,2	2,08	0,886	43%	6%
TRAM	02.00	lige ud, nat (100 Lm kun BioLys)	1,47				



3.2.3 Konklusioner af målinger på Kastanjehusene og fuglebakken

Målinger og beregninger stemmer i det store hele rimeligt godt overens, dog ligger beregningerne generelt lidt lavere end målingerne. Det kan som tidligere nævnt bl.a. skyldes at beregningerne i sagens natur ikke kan tage højde for og medregne alt reflekteret lys i samme omfang som et måleinstrument blot registrere det tilstedeværende lys.



Figur 15: Eksempel på måling lige ud og ned mod bordpladen

Derudover er beregningerne udført med meget forenklet indretning, hvilket er søgt kompenseret ved brug af konservativt anslåede reflektanser på relevante flader. Afvigelserne gør sig særligt gældende ved målinger der er rettet ned mod bordplader mm.

De enkelte niveauer for opnåelse af tilstrækkelige niveauer for Melanopic EDI (lx), er svære at opnå udelukkende med specialbelysnings armaturer med "biologisk lys". Dette skyldes primært at alt andet lys er slukket og omgivelserne dermed ikke bidrager med det lys som ellers vil være til stede f.eks. jf. krav fra standarden DS/EN 12464-1.

Ved målinger, hvor det øvrige lys i lokalet er tændt, opnås der langt højere niveauer, der er dog stadig overraskende lidt grundbelysning særligt i boligerne, hvilket kan skyldes at det er borgerne selv som kan bestemme belysningsniveauet i deres bolig.

Placeringen og afstanden til armaturerne er også afgørende: Belysningsstyrken og dermed Melanopic EDI falder med kvadratet på afstanden. Er lampen beregnet til brug ved 1 meters afstand til øjet, er effekten således faldet til en fjerdedel på 2 meters afstand.

Registrering af data for hver måling angiver alle data fra hver enkelt bølgelængde med step på 1, til LUX, farvegegnelser og Kelvin mm. Alle disse data er ikke oplistet i dette notat (463 linjer pr. måling), men ved gennemgang af alle målingerne (der vedlægges som bilag), er der ikke registreret CRI (Ra) under 90 og CRI (R9) under 20(nat) og 40(ved måltider). Derved anses de angivne krav herfor i Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys at være overholdt.

3.3 Beregninger af biologisk lys inkl. dagslys på Kastanjehusene

For at give et retvisende billede af de daglige belysningsniveauer vil det være naturligt at medregne dagslysets andel som en naturlig del af den biologiske belysning. Dette er ikke muligt at måle lokalt, da lysniveauet Her er der således udført beregninger i de samme rum for ophold, hvor dagslysandelen er medregnet.

NB: Værdierne i nedenstående skema er dog stadig uden den eksisterende loftsbelysning.

3.3.1 Beregningsgrundlag for dagslysberegninger

Beregningerne er baseret på krav jf. BR 18 Lys og Udsyn (§ 377- § 384) samt gældende vejledende Standard for Dagslys DS/EN 17 037

Grundlaget for beregningerne er det tilgængelige tegningsmateriale, billeder og opmålinger på stedet.

I forhold til de optiske egenskaber, er der anvendt en glas med en lystransmittans (LT-værdi) på 0,65, da der hovedsageligt er tale om lidt ældre vinduer. Der er ligeledes anvendt en rammefaktor på 0,65 og en tilsmudsningfaktor på 0,8 (80% udsyn). Disse konservative faktorer er anvendt for at opnå realistiske resultater. Da der flere steder både er gardiner, persiener mm. Som ikke er trukket helt fra, er der dog ikke taget højde for dette. Reflektanser på overflader i de enkelte lokaler er de samme som foregående beregninger.

Nedenfor fremgår de anvendt målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen, på de målte og beregnede LUX-værdier.

De omregnede Melanopic EDI (lx) værdier for dagslys er omregnet med en faktor på 0,97. I principper skulle den være 1,0, men her er der anvendt data fra omregnede målinger kun med dagslys. Herved er der taget højde for evt. ændringer af dagslysets egenskaber igennem vinduerne.

3.3.2 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Kastanjehusene

Navn måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	LUX målt	Melanopic EDI (lx)
Bolig 1					
109M01	10.00	1 sofa bioLys	188,0	177,83	122,4
	10.00	Dagslys i Sofa	70,0	x	67,9
	10.00	BioLys + dagslys stol	258,0	x	190,3
Bolig 2					
204M01	10.00	Lænestol BioLys	94,0	80,86	53,1
204S02	10.00	Seng max (387 lm) BioLys	4,5	9,66	3,1
	10.00	Dagslys i stol	170,0	x	164,9
	10.00	Dagslys i seng	250,0	x	242,5
	10.00	BioLys + dagslys stol	264,0	x	218,0
	10.00	BioLys + dagslys seng	266,0	x	245,6
Bolig 3					
37M02A	10.00	Lænestol bioLys	154,0	187,38	123,1
37SS01	10.00	Spisebord lige ud bioLys	362,0	456,53	306,8
37M03-fejl	10.00	Seng max lys bioLys	9,9		
	10.00	1. Dagslys i lænestol	280,0	x	271,6
	10.00	2. Dagslys stol v bord	300,0	x	291,0
	10.00	3. Dagslys i seng	67,0	x	65,0
	10.00	1. BioLys + dagslys lænestol	434,0	x	394,7
	10.00	2. BioLys + dagslys v bord	662,0	x	597,8
	10.00	3. Dagslys seng	90,0	x	65,0
Fællesareal ophold					
FM01	10.00	1. Ligeud BioLys	632,0	782,70	549,0
FM02	10.00	2. Lige ud BioLys	729,0	1052,65	743,2
FM03	10.00	3. Pendel BioLys	348,0	326,19	210,6
FM04	10.00	4. Lænestol BioLys	252,0	299,69	210,9
FM05	10.00	5. Sofa BioLys	185,0	211,62	147,7
	10.00	1. Dagslys lige ud	140,0	x	135,8
	10.00	2. Dagslys lige ud	80,0	x	77,6
	10.00	3. Dagslys Lige ud pendel	130,0	x	126,1
	10.00	4. Dagslys lænestol	130,0	x	126,1
	10.00	5. Dagslys sofa	200,0	x	194,0
	10.00	1. BioLys+ lige ud 1	772,0	x	684,8
	10.00	2. BioLys+ lige ud 2	809,0	x	820,8
	10.00	3. BioLys+ dagslys ligeud 3	478,0	x	336,7
	10.00	4. BioLys+ dagslys lænestol	382,0	x	337,0
	10.00	5. BioLys+ dagslys sofa	385,0	x	341,7
Personalerum					
KM02	10.00	1. Kontorplads BioLys	376,0	429,72	295,2
	10.00	1. Dagslys i stol	180,0	x	174,6
	10.00	1. BioLys + dagslys i stol	556,0	x	469,8

Figur 16: Oversigt med målinger og beregninger af Biologisk lys og dagslys på Kastanjehusene i København

3.3.3 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Fuglebakken

Navn måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	LUX målt	Melanopic EDI (lx)
Bolig 1					
12B01DAG	11.00	Dagslys meget overskyet		259,4	251,3
12EF02	10.00	Lige ud mod mørklagt vindue	189	173,7	135,3
12NATSM	10.00	Ved seng nat min (15 lm)	0,26	0,1	0,0
	10.00	Dagslys i stol	850	x	824,5
	10.00	Dagslys i seng	70	x	67,9
	10.00	BioLys + dagslys stol	1039	x	959,8
	10.00	BioLys + dagslys seng	76,48	x	71,0
Bolig 2					
17M02	10.00	Lige ud lænestol	104	108,0	72,5
17M04	10.00	I seng nat max (378 lm)	7,37	8,7	3,8
	10.00	Dagslys i stol	220	x	213,4
	10.00	Dagslys i seng	64	x	62,1
	10.00	BioLys + dagslys stol	324	x	225,8
	10.00	BioLys + dagslys seng	71,37	x	65,9
Bolig 3					
37M012	10.00	I rullestol	125	149,8	104,5
37M022	10.00	I seng (378 lm)	57	89,8	60,3
	10.00	Dagslys i rullestol	210	x	203,7
	10.00	Dagslys i seng	300	x	291,0
	10.00	BioLys + dagslys rullestol	335	x	308,2
	10.00	BioLys + dagslys seng	357	x	351,3
Fællesrum					
F01B1	10.00	1. ligeud lige under pendel	716	956,5	668,8
F02B1	10.00	2. ligeud Mellem to pendler	374	488,7	335,1
F03B1	10.00	3. sofa ligeud	260	273,6	183,7
	10.00	1. Dagslys i stol v. lampe	95	x	92,2
	10.00	2. Dagslys m. Lamper	100	x	97,0
	10.00	3. Dagslys i sofa	70	x	67,9
	10.00	1. BioLys + dagslys stol	811	x	760,9
	10.00	2. BioLys + dagslys stol	474	x	432,1
	10.00	3. BioLys + dagslys sofa	330	x	251,6
Kontor					
02KOL	10.00	Lige ud (lige over skærm)	248	248,8	177,1
	10.00	Dagslys i stol	30	x	29,1
	10.00	BioLys + dagslys stol	278	x	206,2

Figur 17: Oversigt med målinger og beregninger af Biologisk lys og dagslys på Fuglebakken i Aarhus

3.3.4 Konklusion Beregninger af biologisk belysning og dagslys

Af ovenstående målinger ses det at der kan opnås tilstrækkelige niveauer af "biologiske lys" (også uden dagslys og grundbelysning) i situationer, hvor borgerne er placeret nær pendler, hvor der er placeret et armatur på bordet lige overfor siddepladsen, eller hvor man har orientering umiddelbart lige foran en RoomMate gulv. Denne helhedsløsning er udviklet som en serie af modeller, der i forbindelse med prøveophængning, fortrinsvis anvendt som supplerende belysning i boliger mm. De vil derfor ikke sig selv (uden supplerende basislys) kunne give tilstrækkeligt lys til at opnå et Melanopic EDI niveau på 250 LUX om formiddagen. Etableres der flere armaturer (som opfylder belysningskravene jf. bygningsreglementet) vil der også være tilstrækkeligt biologisk lys. Særligt når der også skal korrigeres for ældres nedsatte optagelse af lys Jf. 2.1.5, Teknisk grundlag for biologisk lys.

Suppleres belysningsniveauerne ved prøveopsætningen med den naturlige tilgang af dagslys, stiger værdierne væsentligt, og når den eksisterende grundbelysning i de enkelte rum også tændes, er der generet gode niveauer af biologisk lys (se fig. 16 og 17).

Serien af lamper er udviklet til at supplere den eksisterende grund-belysning i boliger, og det er en fordel hvis de enkelte borgere vil have mulighed for at beholde deres egne lamper og standerlamper, som ofte er placeret bag borgeren f.eks. for at kunne læse. Basis/grund-belysningen i fællesområder skal ligeledes overholde diverse krav jf. BR 18 til dagslysreguleringer og tilstedeværelsesfølere mm.

Nedenfor er samlet et lille udpluk af praktiske erfaringer som kan indgå i efterfølgende retningslinjer:

- Biologisk lys om dagen skal placeres foran borgerne, og så vidt det er muligt i øjenhøjde
- Det er ikke rart for borgerne kun at sidde kun med en lampe direkte foran sig, så flere lamper er en stor fordel
- Er man placeret, så det biologiske lys kommer meget skråt eller bagfra, har det kun en svag effekt
- Dagslys er den vigtigste kilde til Biologisk lys, (orientering mod et ikke tildækket vindue er en fordel)
- God almen belysning (grundbelysning), som automatisk kan dæmpes/slukkes om natten, er vigtig
- Biologisk lys om natten/aften skal helst ikke sidde direkte indenfor synsvinklen (mørke er bedst)

I dette notat er ikke alle målte data for bl.a. LUX-, farvegengivelser og Kelvin niveauer ikke oplistet, men i forbindelse med gennemgang af alle målingerne der vedlægges som bilag, er der ikke registreret CRI (Ra) under 90 og CRI (R9) under 20(nat) og 40(måltider), og derfor anses disse som værende overholdt jf. krav fra afsnit 2.2.1 i Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys (se enkelte data i fig.6).

Med hensyn til de på nuværende tidspunkt udviklede armaturer fra Lyhne og Belid, anses de angivne krav til den biologiske effekt ligeledes som værende overholdt, da armaturerne i sig selv ved laboratoriemålinger kan afgive 250 Melanopic EDI (lx) i en meters afstand.

Det blev i projektgruppen aftalt, at som en- til en dokumentation af Belid's egne laboratoriemålinger, udføres en stikprøvemåling for direkte sammenlignelig af måldata, de viser minimale afvigelser på 0,8-3%, afvigelserne kan skyldes en lille forskel i strømforsyningen, temperatur, opsætning mm.

Laboratoriemålinger, fra bilag 1 (på 1 meters afstand), er udført ifm. dette notat, og er udført for at kunne drage direkte sammenligning mellem håndholdte målinger (på stativ) hos de enkelte borgere.

Referencer

Bolig- og Planstyrelsen, 2018. Bygningsreglementet 2018 (BR18). København, Danmark.

Dansk Standard, 2011. DS/EN 12464-1:2011: Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser - del 1: Indendørs arbejdspladser. København, Danmark.

Dansk Standard, 2018. DS/EN 17037-1:2018+A1:2021 Standard for Dagslys i Bygninger

Bilag:

1. OPMÅLINGSRAPPORT DATO: 8. februar 2023, RoomMate/SolMate serien, kontrolopmålinger
2. Målinger og beregningsrapporter i mappe med relevante filer.

OCUTUNE
X **BELID**

SOLMATE

TECHNICAL
BASIS
FOR
“BIOLOGISK
LYS”

AUG. 2021

*Tender For
Aarhus-
& Copenhagen
Municipalities*



TABLE OF CONTENT



Scope	3
Background (Light & Age, Integrative lighting)	4
CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light	11
Part of tender material AARHUS/KBH	15
Light Response for SOLMATE	18
Distinct Light Episodes and distinctions' within the Curve	30
Appendix	34
Contact	35

AUTHOR



OCUTUNE
Joachim Stormly Hansen, CDO

BLOXHUB
Bryghusgade 8
1473 København
Denmark

SCOPE

OCUTUNE HAS BEEN TASKED BY BELID LIGHTING TO PROVIDE INSIGHT INTO AGE CORRELATED LIGHT RESPONSE CURVES FROM THE SOLMATE LIGHTING SYSTEM IN CONNECTION WITH THE TENDER BY KBH. AND AARHUS MUNICIPALITIES, 2021;

UDBUD AF AFTALE OM INNOVATIONSPARTNERSKAB OM UDVIKLING, AFPRØVNING OG IMPLEMENTERING AF BIOLOGISK LYS PÅ PLEJEHJEM

AS A CONSEQUENCE - WITHIN THIS DOCUMENT, OCUTUNE HAS ANALYSED AND MEASURED LIGHT DATA AND OUTPUT FROM THE SOLMATE SYSTEM, AND ADAPTED LIGHT RESPONSE CURVES BASED UPON BACKGROUND KNOWLEDGE ON LIGHT, THE AGEING EYE, CIRCADIAN AND DIRECT NON-CIRCADIAN PHOTORECEPTION WITH FCUS ON THE TENDER MATERIAL AND CIRCADIAN LITTERATURE, AND SOLMATE FIXTURE.



BACKGROUND



The human brain and body react both to Visual and Non-visual responses for human wellbeing and functioning.

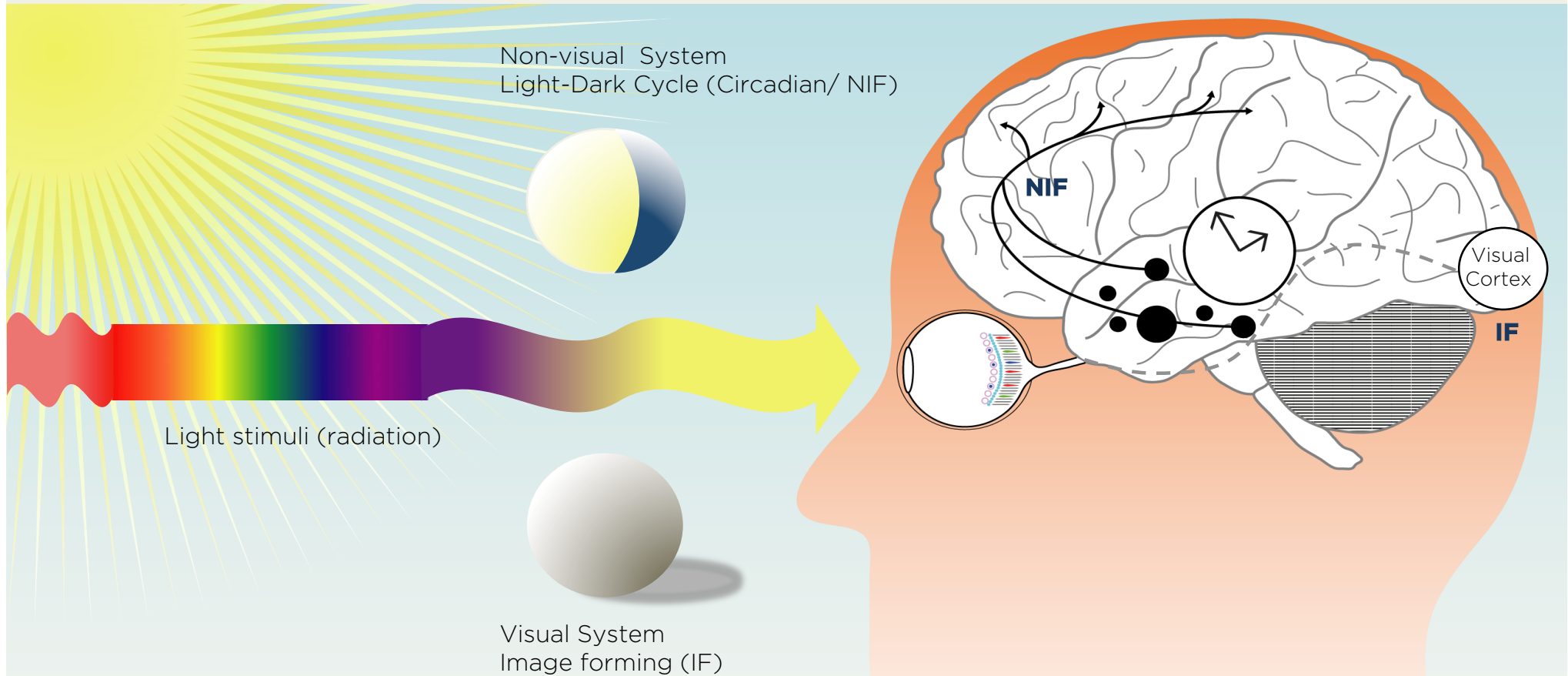


Figure 1.

Figure 1.

Well-timed, and non-visual (NIF) lighting can among others entrain the circadian system, and increase daytime wakefulness' and functioning, which is important for positively affecting an individual's sleep quality, health, mood and cognitive abilities.

Light input to the circadian system occurs through intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs) particularly sensitive to the short-wavelength "blue" component of light, with additional light input from other photoreceptors within the eye. ipRGC Discovered in 2002, (Berson et. al. 2002) are connected to the circadian clock and other parts of the brain, affecting primarily non-visual functions (NIF). To support circadian functionality, bright and short-wavelength light exposure during daytime is important together with avoidance of light during night-time. (Knoop, M. et. al. 2019).

As a consequence light radiation hitting the eye and subsequently the retina exhibit both visual response, an eye-brain response that enables sight, contributing to visual performance (IF) through the visual cortex. Where the visual experience including emotional responses, and visual comfort (or discomfort, as with glare).

And Non-visual responses, also referred to as non-image forming (NIF) effects of light, including biological responses, or physiological responses, circadian and direct non-circadian responses such as alertness'. Some of these responses can be seen on next page Fig.2. Further, to describe these ipRGC contributions, CIE has adopted the phrase ipRGC-influenced light responses (IIL) to describe them (Houser and Esposito, 2021).



Figure 2.

Examples of psychophysical and physiological responses that are influenced by light and lighting.

Time Course	Psychophysical	Physiological
Immediate (seconds or minutes)	<ul style="list-style-type: none">• Brightness perception• Visual amenity• Visual discomfort• Attention response	<ul style="list-style-type: none">• Pupil size• Acute melatonin suppression• Luminance adaptation• Short-term chromatic adaptation
Delayed (hours, days, or weeks)	<ul style="list-style-type: none">• Mood• Cognition• Motivation	<ul style="list-style-type: none">• Circadian phase shift• Sleep quality• Long-term chromatic adaptation
Long-Term (months or years)	<ul style="list-style-type: none">• Productivity• Depression	<ul style="list-style-type: none">• Stress• Poor health• Seasonal affective disorder• Depression

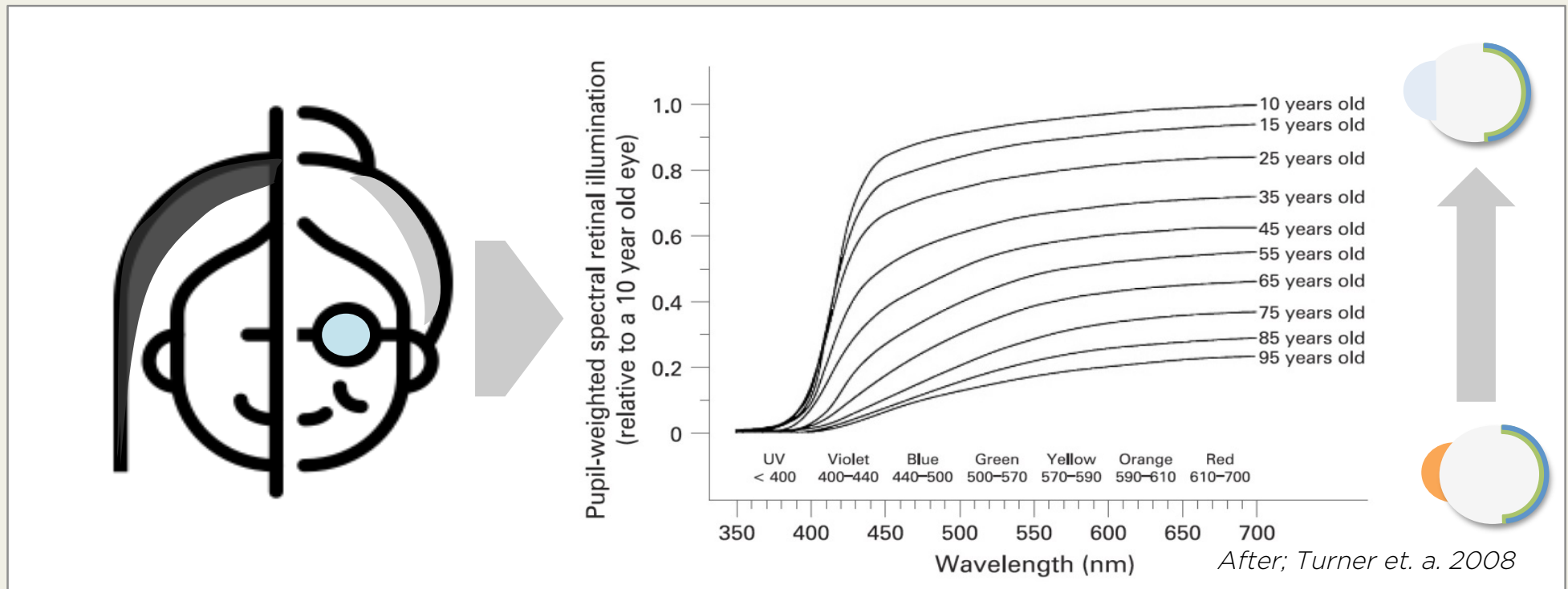
Houser and Esposito, 2021

THE AGEING EYE

As we age so does our sight and visual performance.

From around the age of 40 the sight is reduced. The lens gets thicker and absorbs more light and the sight gets more blurry. The pupil gets smaller from 8-5 mm, and as a consequence Less light reaches the retina. The lens' gets more yellow and this yellowing means that less short wavelength light reaches the retina. A 60-year old person receives 1/3 of light on the retina as a 20 year old (Stormly Hansen, J. & Figueiro, M. 2009) .

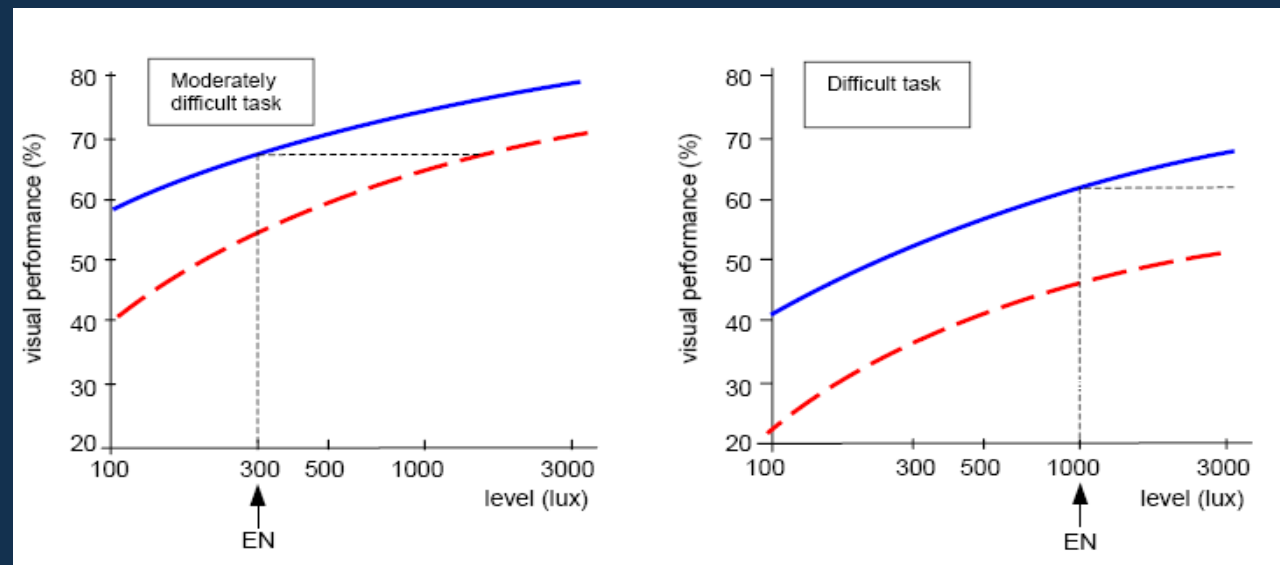
As a consequence more light is needed for the ageing eye to perform visual tasks, as seen in fig. 3. next page.



TASK LIGHTING FOR THE AGEGING EYE

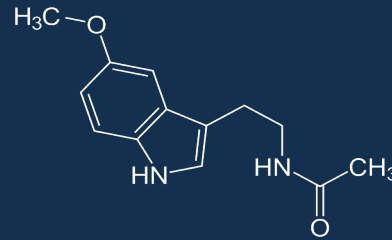
Figure 3.

Older Adults (- - - -) need higher lighting levels to obtain the same visual performance as Younger Adults (———).

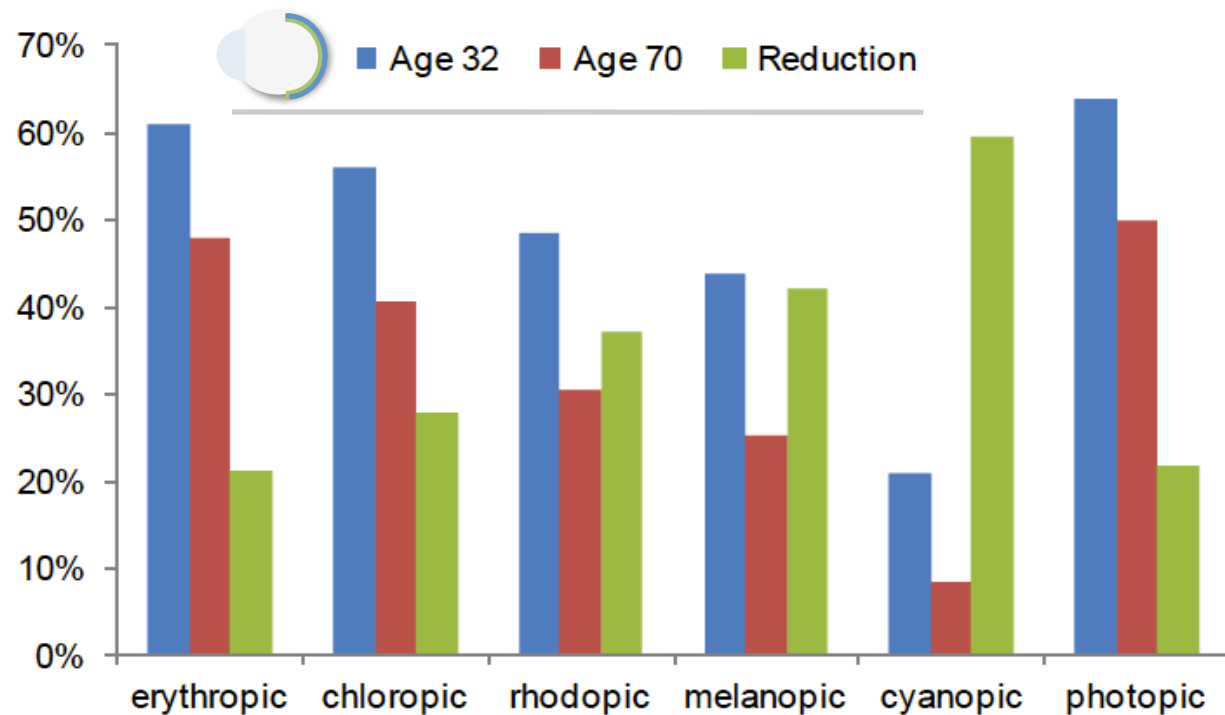


THE AGEING IMPACT ON PHOTO-RECEPTION AND THE DARK-HORMONE

Figure 1.



Eg. Important photoreceptive input in connection to Melatonin Suppression (Dark hormone) is Rhodopic, melanopic, cyanopic, (photopic) input. However there is a highest correlation to mpRGC (Melanopic).



Source: CIE 785-2015 (TN:003)

**CIE System for Metrology
of Optical Radiation for
ipRGC-Influenced
Responses to Light**



Measuring light for the Circadian and NIF system. CIE S 026:2018 “CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light”.

Today, an evaluation of the non-visual effectiveness of radiation is based on a radiometric characterization of the radiation entering the eye, and the corneal measured spectral irradiance is weighted with the spectral sensitivity of all five photoreceptors and referenced to the spectrum D65 (standard illuminant). The International Standard of the International Commission on Illumination (CIE).

CIE S 026:2018 “CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light” defines spectral sensitivity functions, quantities, and metrics to describe the ability of optical radiation to stimulate each of the five photoreceptor types (S-cone, M-cone, L-cone, rhodopsin, and melanopsin). This standard also denotes a quantity named the “melanopic equivalent daylight illuminance” (melanopic EDI or melEDI), that is expressed in Lux.

CIE recommends to spend adequate time outdoors during the day since it is associated with better health and well-being and also recommends to not restrict daylight within indoor settings. Although, no specific quantities are given, CIE recommends a high melEDI during the day to support alertness, the circadian rhythm, and good sleep during the night in a position statement on Non-Visual Effect of Light. During the evening and at night a low melEDI facilitates sleep initiation and consolidation. (Stefani, O. and Cajochen, C. (2021)





International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Éclairage
Internationale Beleuchtungskommission

CIE Position Statement on Non-Visual Effects of Light

RECOMMENDING PROPER LIGHT AT THE PROPER TIME

2nd Edition¹

October 3, 2019

At LEAST For two important, well-studied human non-visual responses to light:

- Melatonin suppression
- Pupil control

Evidence is accumulating that the overall light sensitivity of these responses is largely controlled by melanopsin-based photoreception.

1. HIGH A high melanopic EDI during the day is usually supportive for alertness, the circadian rhythm and a good night's sleep.
2. LOW A low melanopic EDI in the evening and at night facilitates sleep initiation and consolidation.

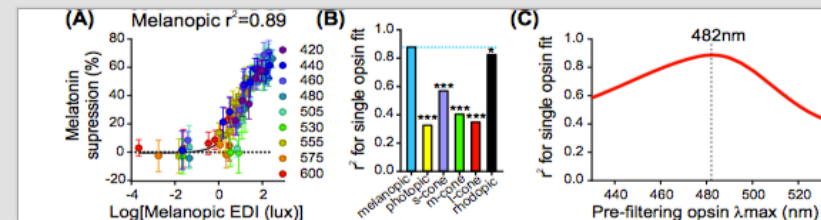
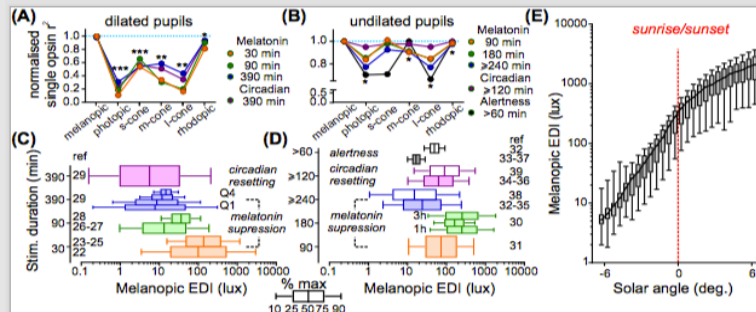
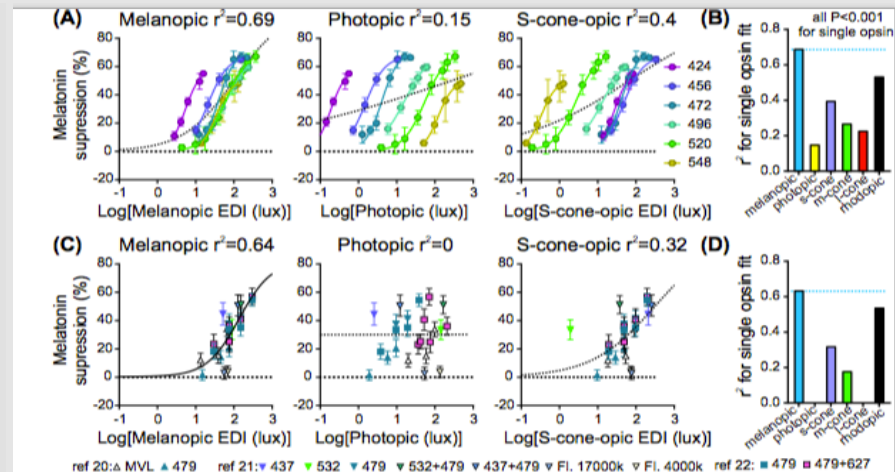
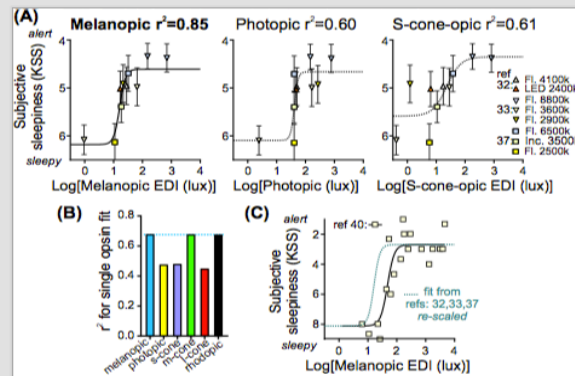
Increased evidence support this – se Brown et. al. 2020 next page

(Nowozin et al. 2017, Souman et al. 2018, Prayag et al. 2019, Spitschan 2019).

MELANOPIC ILLUMINANCE DEFINES THE MAGNITUDE OF HUMAN CIRCADIAN LIGHT RESPONSES UNDER A WIDE RANGE OF CONDITIONS

- Data demonstrate widespread utility of melanopic illuminance as a metric for predicting the circadian impact of environmental illumination.
- Data provide strong support for the use of melanopic illuminance as the basis for guidelines that seek to regulate light exposure to benefit human health and to inform future lighting design.

Ref.	Citation
22	Thapan <i>et al.</i> 2001.
23	Revell and Skene 2007.
24	Revell <i>et al.</i> 2010
25	Papamichael <i>et al.</i> 2012
26	Brainard <i>et al.</i> 2001
27	Brainard <i>et al.</i> 2008
28	Najjar <i>et al.</i> 2014
29	Gooley <i>et al.</i> 2010
30	Nagare <i>et al.</i> 2019
31	Brainard <i>et al.</i> 2015
32	Rahman <i>et al.</i> 2017
33	Santhi <i>et al.</i> 2010
34	Ho Mien <i>et al.</i> 2014
35	Hanifin <i>et al.</i> 2019
36	Wright and Lack 2001
37	Chellapa <i>et al.</i> 2014
38	Phillips <i>et al.</i> 2019
39	Zeitzer <i>et al.</i> 2000
40	Cajochen <i>et al.</i> 2000



Part of tender material



Some Important ipRGC-influenced light (IIL) responses requirements from tender material.

The individual target groups light exposure at different time intervals/ points, aims to meet biological effect. To achieve this the lighting solutions must meet the criteria and lighting levels for biological effect as shown in figure.

Please note! - that further requirements for the lighting can be accessed in the pdf. Document Kontraktbilag 1a: - Teknisk grundlag for biologisk lys.

**Please note that the requirements has NOT been age correlated and as such should be interpreted as a 32-year old observer.*

Biologisk effekt på borgere		Belysningskrav *)	
Morgen/formiddag	Morgenvækning med lys: Rolig opstartsperiode Mulighed for tidsindstilling Fuldspektret lys med god Ra-værdi Energiboost med kraftigt fuldspektret lys i øjenhøjde: Mulighed for valgfrit supplement af ekstra lys, primært rettet mod øjne på den ældre Fuldspektret lys med god Ra-værdi	Min. 250 mEDI lux CCT 2.700 - ca. 6.000 K	CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
Eftermiddag	De blå bølgelængder i lyset er aftagende	150 – 225 mEDI lux CCT 3.500 - ca. 6.000 K	
Aften	Gode belysningsniveauer, med varmt lys med få blå bølgelængder	25 – 100 mEDI lux CCT 2.700 - ca. 3.500 K	
Nat	Vægelys, natlys, orienteringslys uden/få blå bølgelængder	Maks. 3 mEDI lux CCT 1.800 – 2.700 K.	
Måltider	Lys der skaber kontraster og farvegengivelse	150 – 225 mEDI lux CCT 3500 - ca. 4.500 K	
Ved behov for lyseksposering på flere forskellige tidspunkter af døgnet skal der være bløde overgange mellem de enkelte lysscenarier. mEDI lux måles vertikalt i øjenhøjde for en siddende person med en øjenhøjde på 120 cm. CCT: Korreleret Farvetemperatur CRI (Ra): Farvegengivelses-indeks. Gennemsnitlig værdi af CRI(R1) – CRI(R8) CRI(R9): Farvegengivelses-indeks for rød, mættet farve *) mEDI-værdier er min. værdier og gældende for en 32-årig person, jf. pkt, 2.1.5. Grundet målgruppens variation kan de endelig værdier være højere, men kan ikke fastlægges endeligt, fordi lyset opfattes og optages meget forskelligt. Det skal indgå som en del af afprøvningen i innovationsforløbet. Vær opmærksom på spektralfordeling, der skal være mulighed for at justere farvetemperatur. Protokollen skal kunne reguleres indenfor et interval.			

Tabel 1: Biologisk lys. Skema med krav til belysningsniveauer og farvegengivelse, samt eksempler på funktioner hen over døgnet.

Some Requirements for light intensity and color rendering, control from tender material.

CONTROL AND SEASONALITY

”Hvis lysløsningen til biologisk lys indeholder lysstyring, så skal lysstyringen som minimum kunne indstilles til et forprogrammeret årstidsscenarie for lysintensitet (mEDI lux) og farvetemperatur (Kelvin) over døgnet og gerne to: ét scenarie for vinterhalvåret og ét scenarie for sommerhalvåret.

Lysstyring skal, hvor det er relevant, have forudindstillede lysscenarier med mulighed for frit at ændre tidsintervaller samt lysintensitet fra 0-100% indenfor protokollen. Det kan f.eks. være ift. hvornår borgeren står op”.

Krav til arbejdsbelysning for medarbejdere		Belysningskrav
Morgen/ Formiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt.	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft.	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
Eftermiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes af grund/basisbelysning + (dagslys sommer).	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt.	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft.	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0
Aften	Alle opholdsrum: Mindre plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning, som ikke blænder borgeren unødigt.	150 - 200 lux
	Alle opholdsrum: Omfattende plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt.	300 - 500 lux
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning.	50 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0
Nat	Mindre plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning som ikke blænder borgeren unødigt.	5 - 200 lux
	Omfattende plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt.	100 - 300 lux
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning.	10 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0

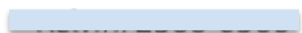
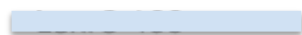
Tabel 2: Arbejdslys. Skema med krav til belysningsniveauer og farvegengivelse, og eksempler på funktioner over døgnet.

LIGHT RESPONSE OF SOLMATE



Technical information

Dimensions: Ø400 / Ø600



More information

Contact:

[Designer Morten Lyhne >>](#)

[Belid Lighting AB >>](#)

[Belid Press Release, Stockholm Furniture and Light Fair 2020 >>](#)

[Story behind the Therapy Lamp >>](#)

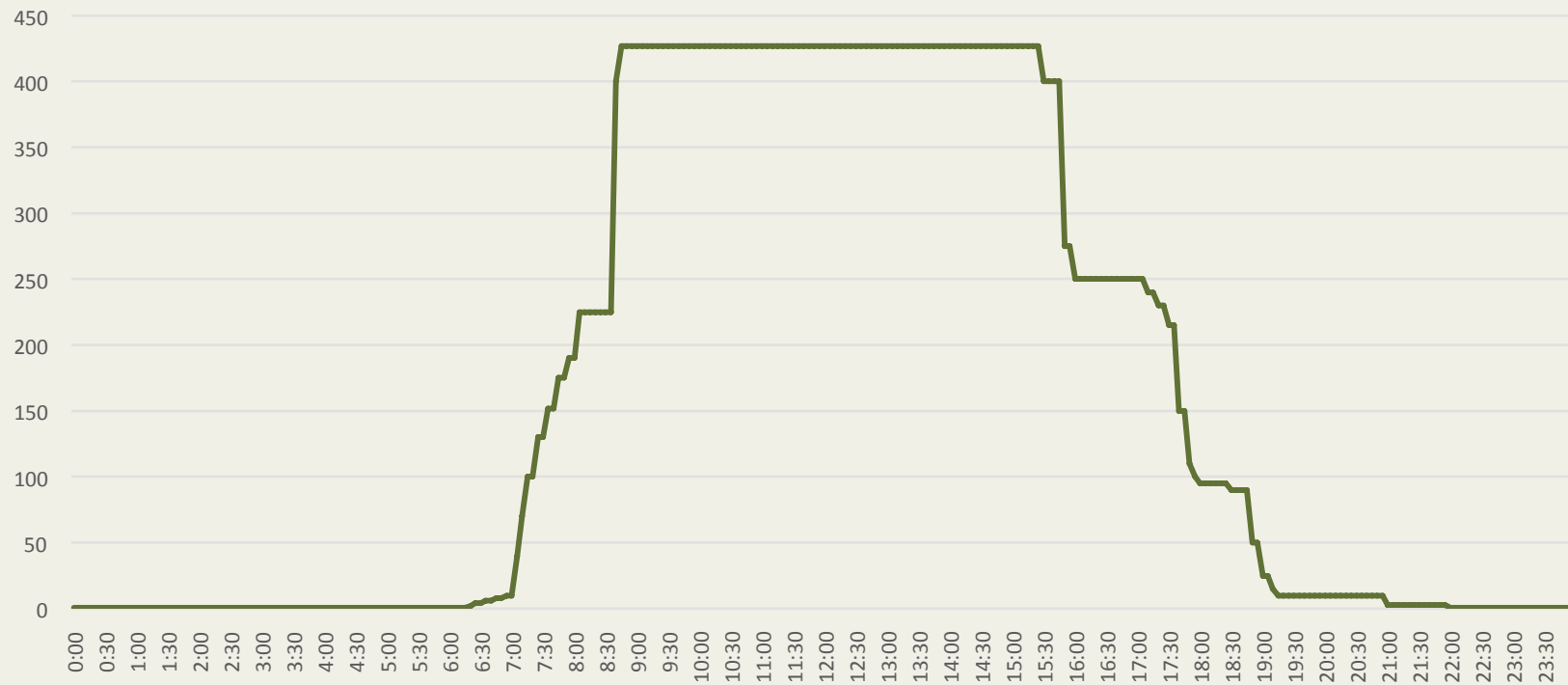
[Therapy Lamp nominated for Design S, Swedish Design Award 2020 >>](#)



Generic light Curve for Solmate (MDEI – 32 Yrs.).

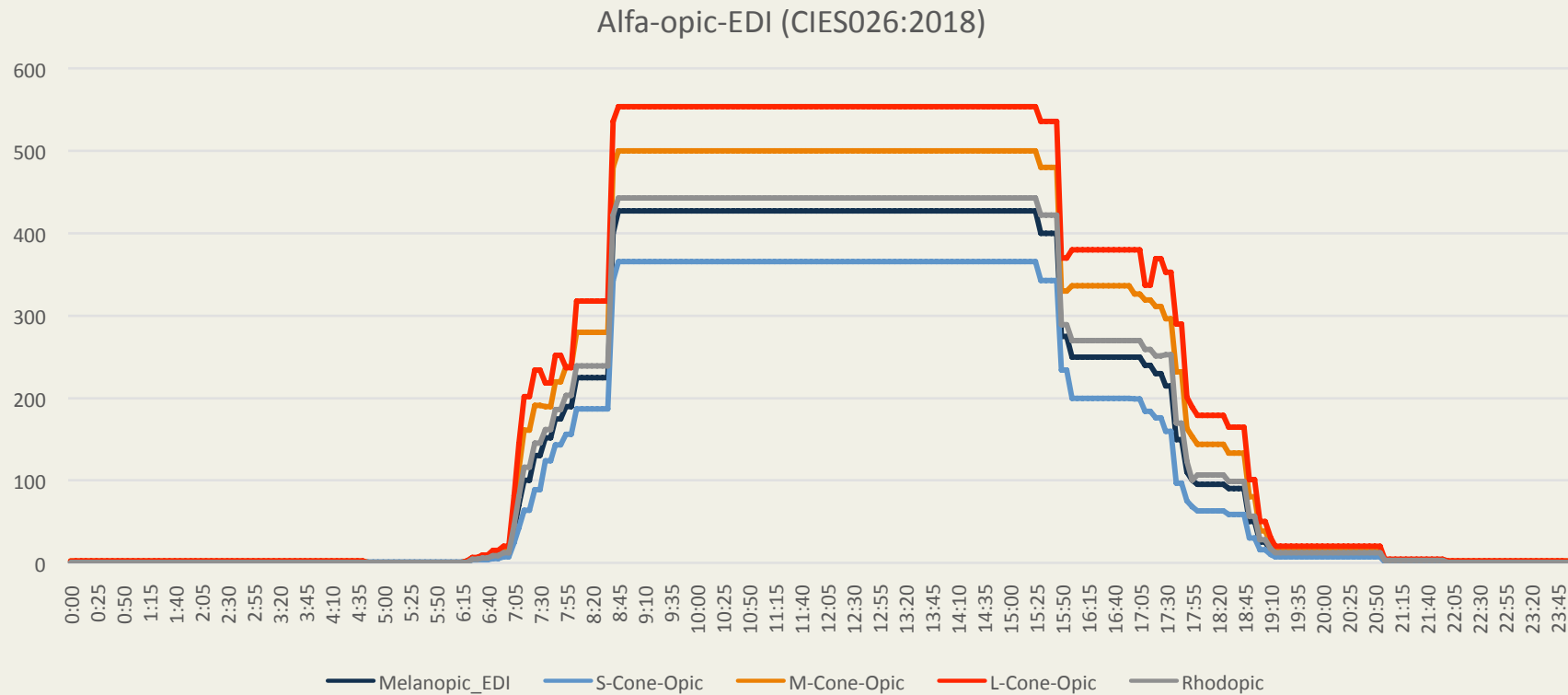
CRI Measured Over 24yrs. < 95

BELID MEDI (CIE S026:2018) over 24hr.



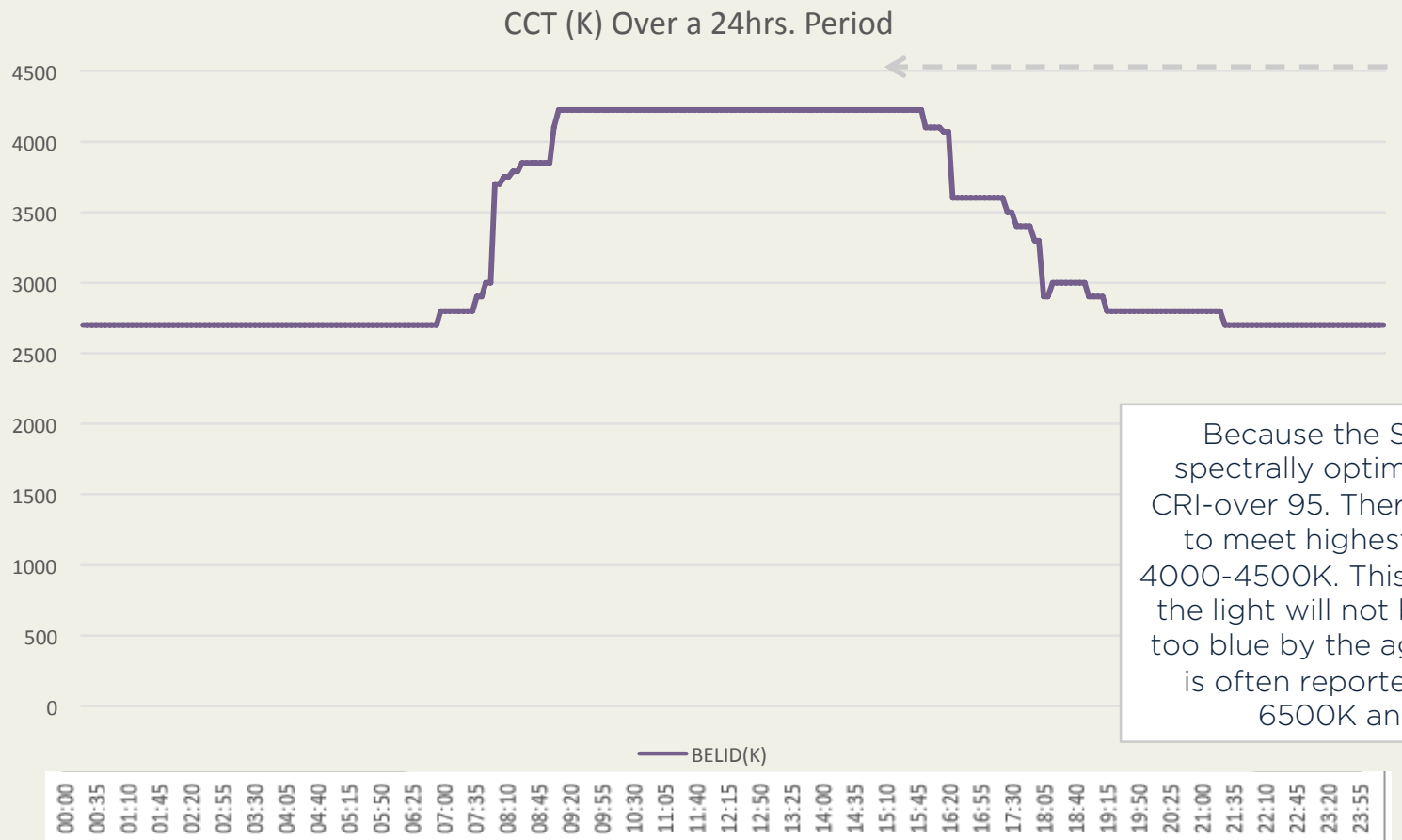
*MEDI(D65) alpha-opic-EDI

Generic light Curve for Solmate Alfa-opic-EDI (MDEI – 32 Yrs.).



*MEDI(D65) alpha-opic-EDI

Generic light Curve for Solmate (CCT K).

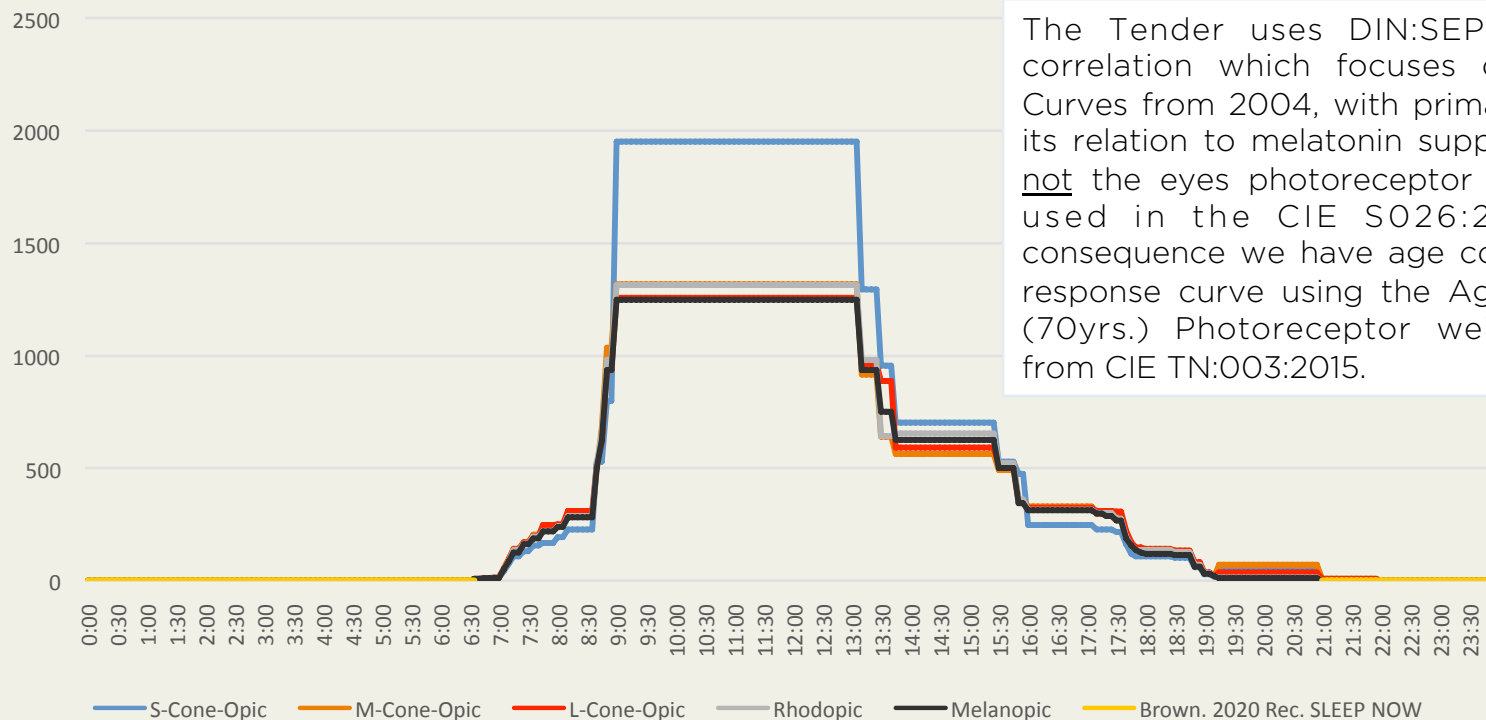


Because the Solmate uses spectrally optimized LED with CRI-over 95. There is a possibility to meet highest MDEI Within 4000-4500K. This also means that the light will not be perceived as too blue by the ageing eye which is often reported when using 6500K and above.

Suggestion for Age-correlated Response curve based (Receptor-weighted) Upon CIE-TN003:2015 (MDEI – 70Yrs).

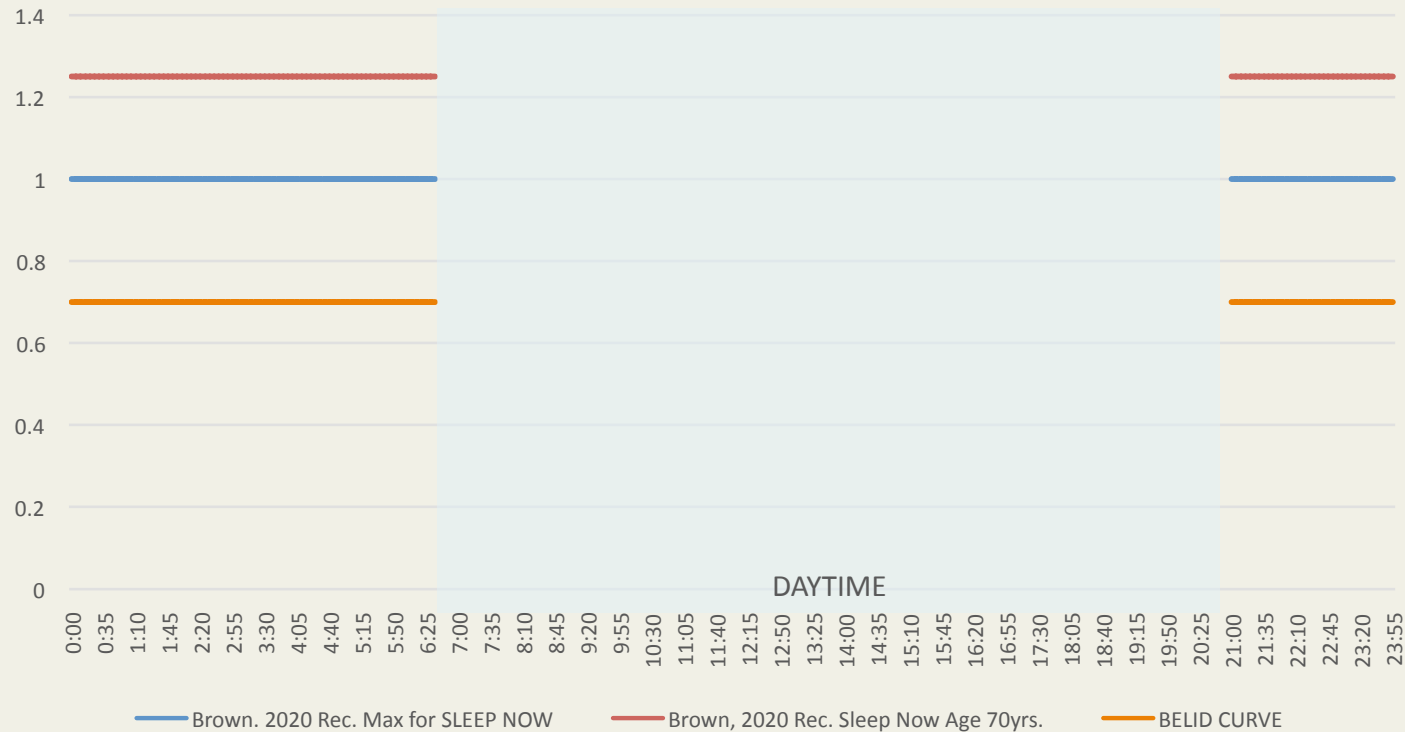
FROM TENDER MATERIAL "**) mEDI-værdier er min. værdier og gældende for en 32-årig person, jf. pkt, 2.1.5. Grundet målgruppens variation kan de endelig værdier være højere, men kan ikke fastlægges endeligt, fordi lyset opfattes og optages meget forskelligt. Det skal indgå som en del af afprøvningen i innovationsforløbet. "

Alfa-opic-EDI (CIES026:2018) Age-Cor 70yrs. TN003:2015



MAX. Melanopic EDI for Sleep -> Based upon Brown, et.al. 2020 guidelines for 1 MEDI.

MAX. Melanopic EDI for Sleep -> Based upon Brown, et.al. 2020 guidelines for 1 MEDI.

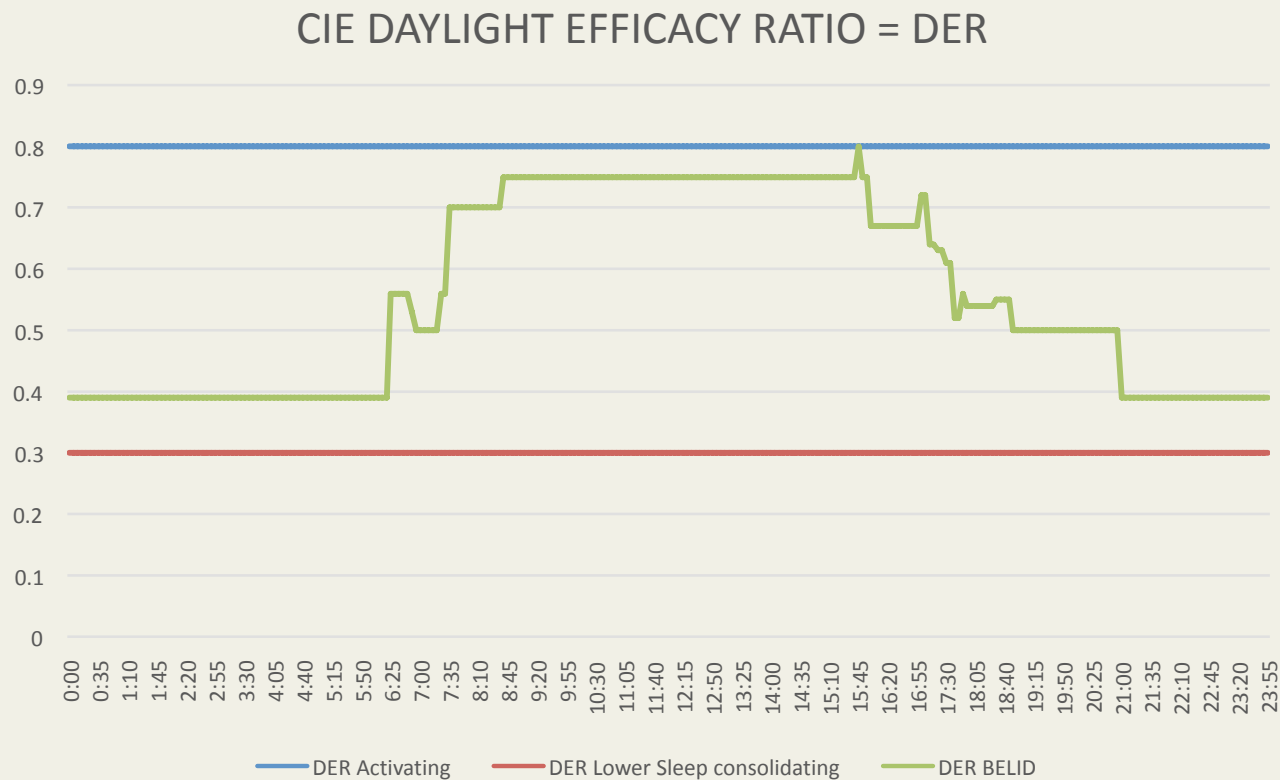


CIE DAYLIGHT EFFICACY RATIO = DER

The Melanopic/ Photopic ratio to estimate rough non-visual light

DER is used to give a rough estimation to the relative non-visual stimuli of a light Source while maintaining good visual comfort (CIE S026:2018)

- Higher ratio, Higher melanopic content, Activating
- Lower ratio, Lower Melanopic content, Sleep Consolidating



TIME ABOVE TRESHOLDS (TAT) (Reid, KJ. 2014)

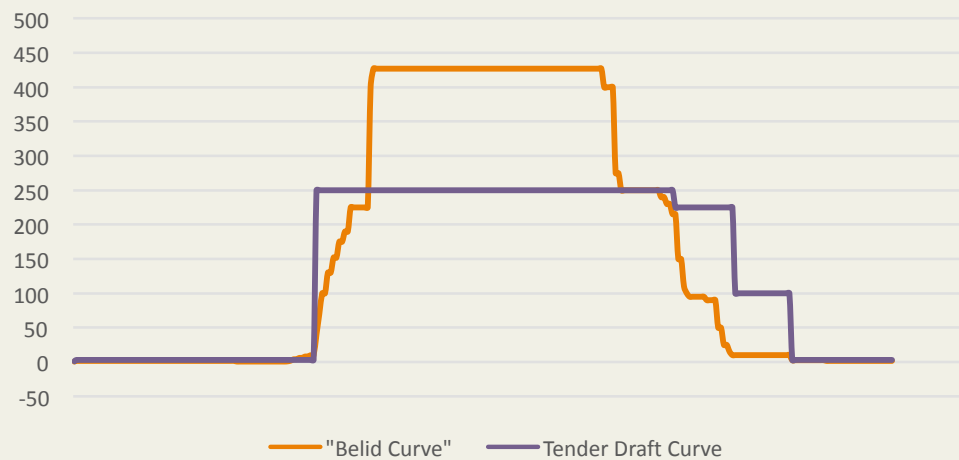
Using the data/ and method from Reid et. al 2014

Time EPOCS within 24hr. Thresholds' on night and day.

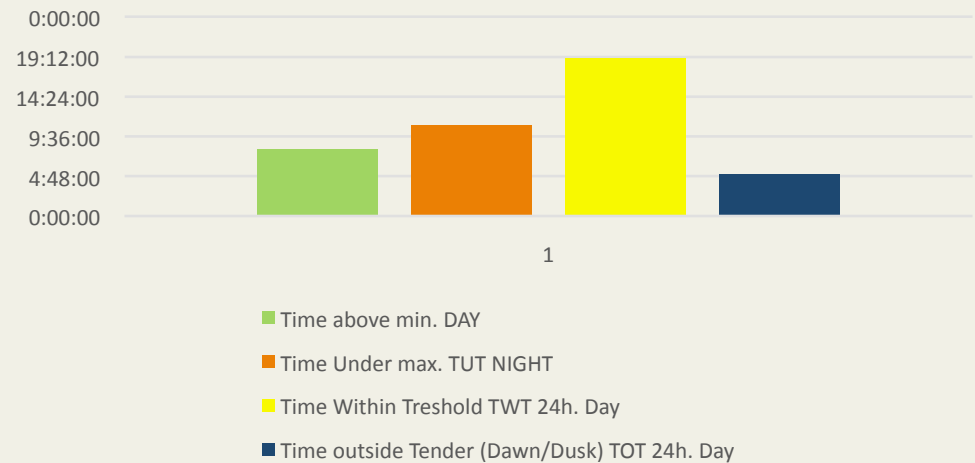
Only time outside, is on dawn dusk, Where The Belid Curve

Follows the PRC from Revell 2012 adjusted for Individuals (Tau).

24h. TOT Histogram



Daily Tresholds/ Recommendations



*MDEI, TIME Over the 24hr. From Midnight to midnight.

Approximations.

Dusk Wake 6.16 - Wake. (6.40)-7.00

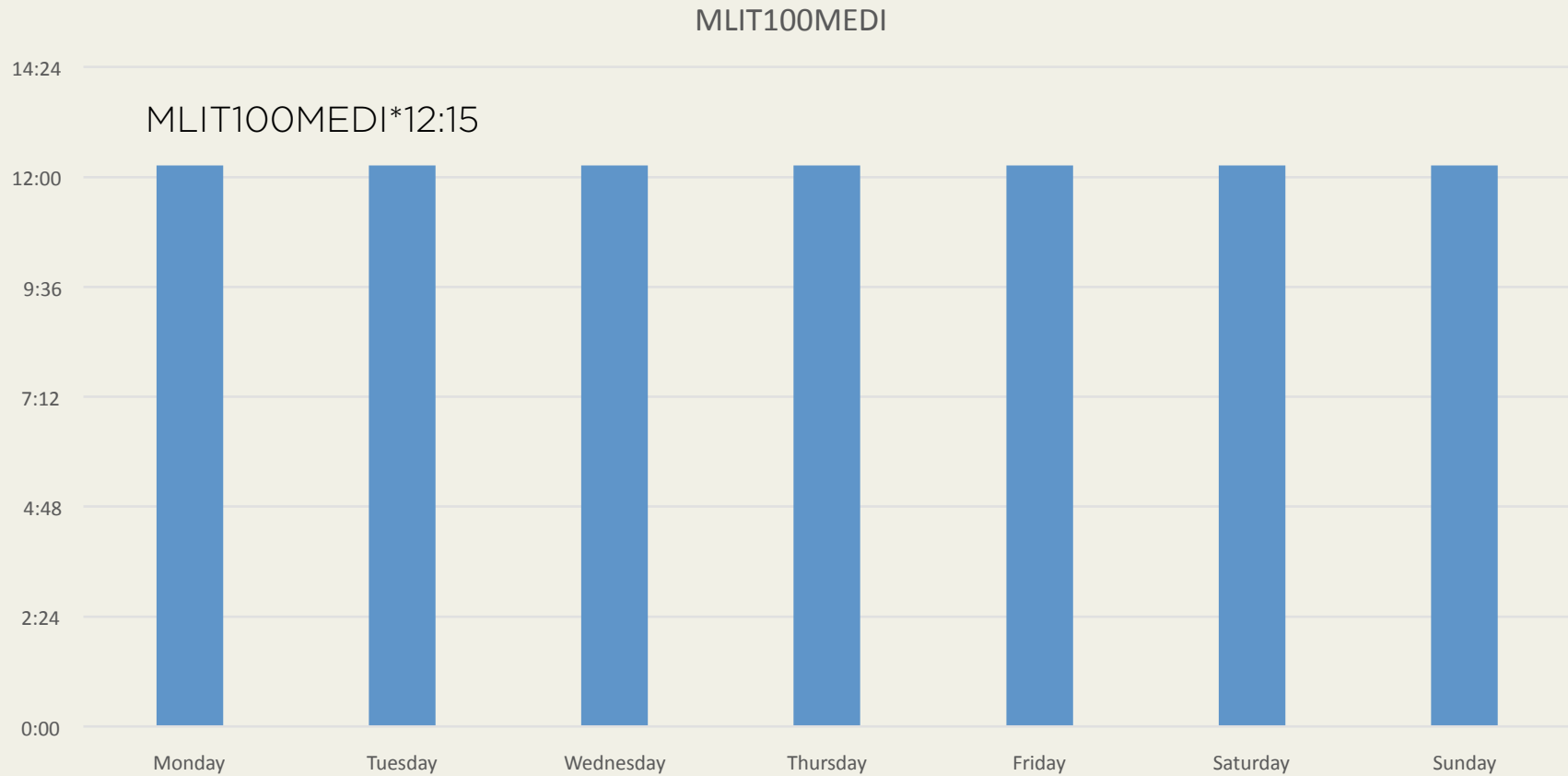
Eftermiddag 17.30

Reduce Blue Before sunset Sunset. 19.15

Night Mellem (21.00-22.00) Ramp for sleep 21.00

TIME ABOVE TRESHOLDS (MLIT) (Reid, KJ. 2014)

Using the data/ and method from Reid et. al 2014 MLIT Mean Light Intensity Timing MLIT100MDEI, is plotted over a 7 Day Week to give an indication of when the Timing of more “activating light” is centred. This indicate highest Mean Light exposure around midday good for alertness and zeitgeber build up.



LIGHTING INTERVENTIONS FOR MEALS

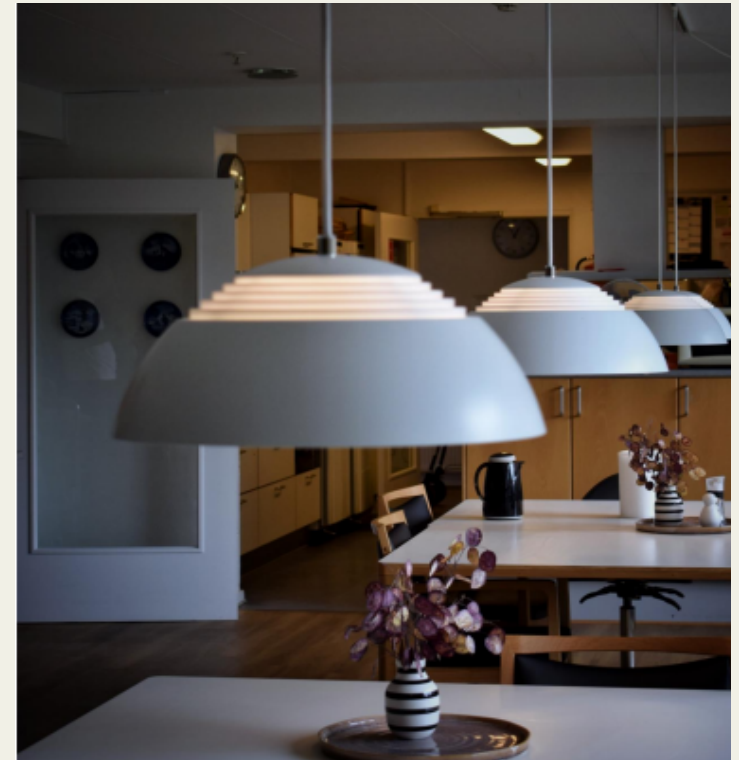
Based upon interviews with several Elderly Care Facilities
Breakfast (approx. 07.35-08.35); Lunch (approx. 12.00-13.00);
Dinner (Approx 17.30-18.30)

-> However these timings can be adjusted, as schedules' will vary.

-> Responses have been designed to meet the tender requirements of Min. 150-225 MEDI CCT 3500-4500K.

-> Lighting will follow min. national Lighting Guideline and recog., With Glare Free Lighting, and High CRI Over 95, so individuals can achieve ideal visual acuity. Being able to experience the right Color and color rendering of meals and the reading of faces and expressions of other individuals.

-> Pendants with dimmers, will allow increased lighting for visibility on a horizontal level; eg. Regard to the recommendations' from Good Light Group 2020, on a horizontal level for a >75 year old eye (150-200-500-1500 lux.)



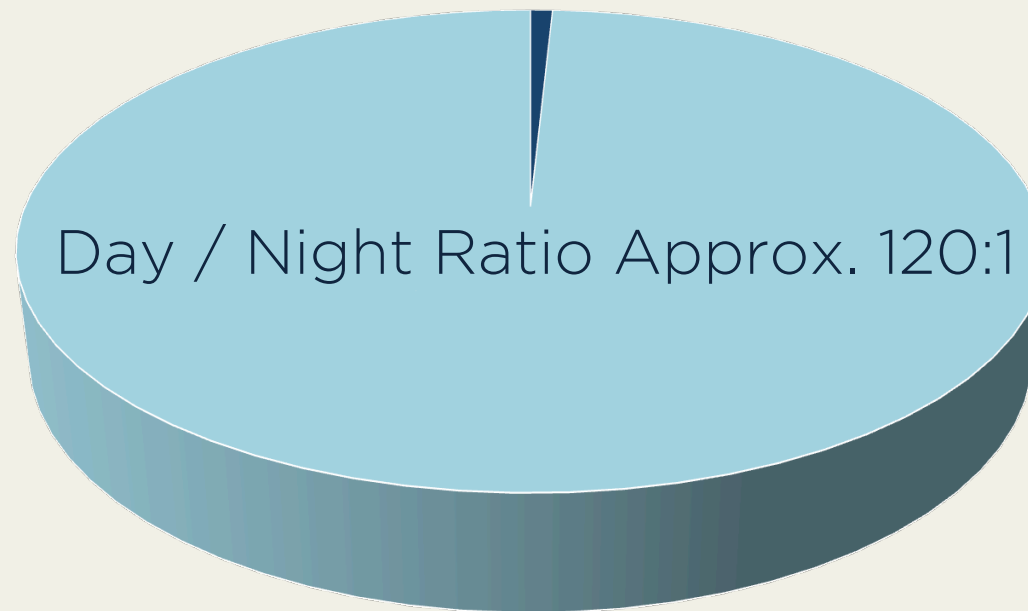
Please note!

During Dinner the visual requirements described will be met. However Due to the results of the circadian Cycle derived by the PRC (Phase-response Curve), and the transition of dusk; increased lighting at cornea of the of 150-225 MEDI. Will pose a high likelihood of phase-delaying Individuals and impact Sleep Onset. As a consequence in part of this lighting ramp. Levels at cornea will be lower than the tender guidelines, however all visual requirements on a horizontal table will meet ALL requirements with HIGH_CRI (Over 95).

Light history Day-/ Night Ratio

Knowing the light-/ Dark-exposure over til the 24hrs. day (The "Biological" Light-/ Dark ratio) is important. The ratio describe the "Zeitgeberstrength" of light exposure vs. 'biological Night'. A higher ratio can give an indication of the important distinct patterns of light and dark, which gives a stronger more robust input to the circadian system.

Day vs. Night Ratio

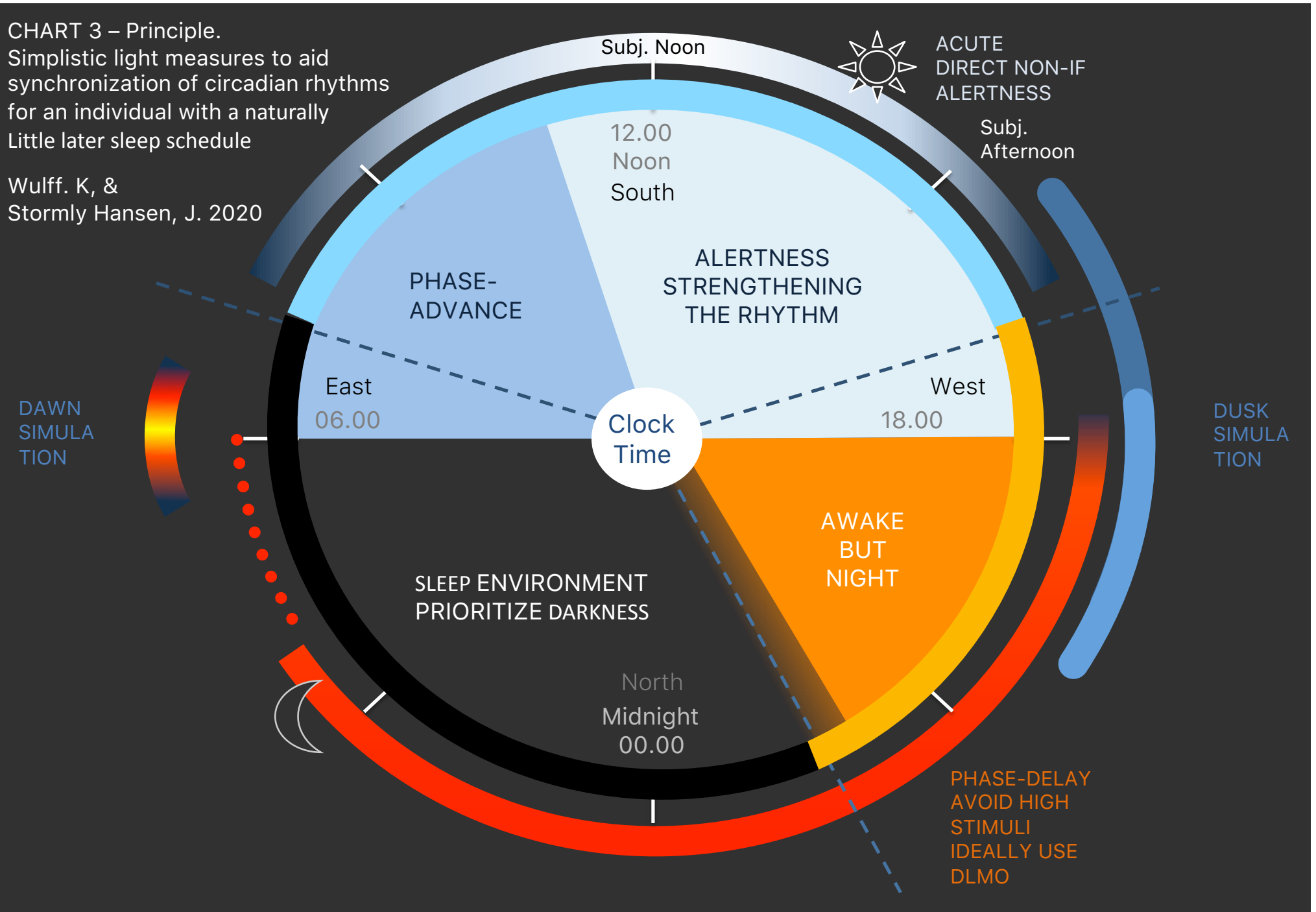


**DESTINCT LIGHT EPISODES
AND DECISIONS WITHIN THE
CURVE**



CHART 3 – Principle.
Simplistic light measures to aid
synchronization of circadian rhythms
for an individual with a naturally
little later sleep schedule

Wulff, K, &
Stormly Hansen, J. 2020



Subj. Noon



ACUTE
DIRECT NON-IF
ALERTNESS

12.00
Noon
South

Subj.
Afternoon

PHASE-
ADVANCE

ALERTNESS
STRENGTHENING
THE RHYTHM

East
06.00

West
18.00

Clock
Time

AWAKE
BUT
NIGHT

SLEEP ENVIRONMENT
PRIORITIZE DARKNESS

DUSK
SIMULA
TION

DAWN
SIMULA
TION

North
Midnight
00.00

PHASE-DELAY
AVOID HIGH
STIMULI
IDEALLY USE
DLMO

The Belid Response curve has been designed from the following important principles within 'circadian' biology, and divided into Episodes which makes up the response curve over the 24 hr. day.

Dawn-simulation

Dawn simulation to mimic a Winter photo-period (*Summer can be adapted to system via different timings of the curve*), to provide a seasonality light input. Light for Dawn-simulation and light to phase-advance the circadian clock is implemented. A dawn-simulation mimics the natural transition from darkness and starlight glow (night) to an attenuated sunrise and awake state (morning). Steadily increasing white light can bring a sleeping person round to waking up slowly. The dawn period should be of sufficient duration to be effective (min. 30-60min). This gradual transition in light leads to waking up spontaneously and gives greater subjective alertness after waking up (Terman, et. al. 2012)

Light to phase advance the circadian clock

Sufficient light in the morning facilitates this daily phase advance by transitioning spontaneous wake up to occur a bit earlier the next morning than scheduled by the internal circadian phase, hereby entraining to the environmental light-dark cycle. Combining the circadian rhythm Tau/ DLMO (DimLightMelatoninOnset). The timing of Phase-advance from The PRC of Revell 2012 and Khalsa 2003 Suggest, that from Early to mid-morning sufficient daylight/ light (with higher Melanopic-edi) can serve as fase-shifting (approx. 7.00-11.00) with a peak advance around) 9.00 Note that about 75% of the population have an intrinsic period longer than 24 hrs, which require a phase advance to entrain.

Midday light exposure - light's potential to establish Zeitgeber strength, subjective alertness.

From Phipps-nelson 2003, daytime exposure were found to have a lower threshold of circadian eq. Alertness' 190 lux D65. (So daytime must be over). The Increase (curve around 430 MDEI, could hence suggest a more robust entrainment of the circadian system to counterbalance the sensitivity of the circadian system to light in the evening, make the circadian lighting more effective in compressing and expanding the internal day. This is also where activity and training is often used.

Curve reaches MDEI MAKS at solar noon around 13.06, which matches the MLIT100EDI at Around 12.15. To build up strength of the circadian rhythm, and circadian timing.

Dusk simulation

While warm white light should support visual performance and visual experience of the environment when we need to see properly in the evening, while maintaining dusk simulation, to prepare the body for sleep onset later in the evening. Lighting is set, to provide good visual navigation, with high CRI over 95. And a MDEI Threshold Proposed by Brown et. al. 2020 and The goodlight Group Around 10MDEI-15MDEI, Pending Age Correlation. This is adapted throughout the evening, so that visual acuity is kept ideal.

Bedtime (Sleep Promotion)

Around bedtime the light should be of warmer white lighting ramping down for sleep. with reduced lighting intensity to allow for visibility that supports minimum vision. Individual variability in pre-sleep arousal or fatigue may use the fixture which is easy to use for individuals on an 1:1 level and easy to move around.

Night sleep period - dark sleep environments (navigation only). The Sleep Threshold is under the 3MDEI as mentioned in the tender, however a button on the lamp will activate a SLEEP mode of MAX 1MDEI if individuals want to go to sleep earlier than the curve suggest. This is important because sleep timing might vary, and if one should enforce control over lighting during the night sleep period. Darkness during night sleep should be the priority. This also means the the lamp will adhere to the latest guidelines from Brown et. al. 2020 of Sleep environments of Max 1MDEI.

Note - A version of the curve have been Age-correlated using the CIE TN:003:2015 Receptor weighed input of a 70yrs. Old.

Light history

The circadian photoreception system exhibits adaptation to prior light exposure in determining the response to a current stimulus. This means that an individual's light history plays an important role in the preparation of a response of the system. To provide a strong day/ night and light/ dark-ratio throughout the 24-hour day. The aim would be to reduce the night time 'sensitivity' to light and its consequences of a weak circadian system. See how the strength is build up on slide describing light history Ratio.

APPENDIX

- Within Attached document you will find Enclosed responsecurves.

CONTACT



OCUTUNE ApS.
BLOXHUB
Bryghusgade 8³
1473 København
Denmark

jsh@ocutune.com



Indholdsfortegnelse

1	Generelt.....	1
2	1 – Potentiale for helhedsløsning.....	1
2.1	1a Innovativ helhedsløsning.....	1
2.2	1b Anvendelse i plejeboliger og øvrige arealer.....	2
2.3	1c Anvendelse af de 6 målgrupper.....	3
2.3.1	Målgruppe 1 – borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.....	3
2.3.2	Målgruppe 2 – borgere med nedsat appetit.....	3
2.3.3	Målgruppe 3 – borgere, der vandrer om natten.....	3
2.3.4	Målgruppe 4 – borgere, der er immobile og plejekrævende.....	4
2.3.5	Målgruppe 5 – borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.....	4
2.3.6	Målgruppe 6 Øvrige arealer.....	5
2.4	1d Fleksibel kombination og sammensætning.....	6
2.5	1e Få enkelte løsninger.....	6
3	2 Potentiale for biologisk effekt.....	6
3.1	2a Biologisk effekt for målgrupperne.....	6
3.1.1	Døgnrytmelamperne.....	7
3.1.2	Natlamperne.....	12
3.1.3	Effekt for målgrupperne.....	13
3.2	2b levetid på 50.000 timer.....	14
3.3	2c Levetid på 100.000 timer.....	15
3.4	2d Levetid på 10 år.....	15
3.5	2e Dokumentation ved 3. part.....	15
4	3 Potentiale for brugervenligt design.....	16
4.1	3a Løsning skal kunne slukkes.....	16
4.2	3b Hjemligt design.....	17
4.3	3c Brugervenligt design.....	18
4.3.1	Døgnrytmelamperne.....	19
4.3.2	Natlamperne.....	19
4.4	3d Nem og intuitiv at bruge.....	19
4.5	3e Særlige behov og hensyn hos målgrupperne.....	20
4.6	3f Let og logisk at ændre og tilpasse.....	30
4.7	3g Udvalg af lyskilder.....	30
4.8	3h Samspil med andre installationer.....	31
4.9	3i Supplerende effekter.....	32
4.10	3j Let og logisk at betjene.....	32
5	4 Potentiale for implementerbarhed.....	33
5.1	4a Flytbar.....	33
5.2	4b Rengøring.....	33
5.3	4c Installering, montering og tilpasning.....	34

5.4	4d Databehandleraftale	34
5.5	4e Reservedele	35
5.6	4f Let og logisk at installere og flytte	35
5.7	4g Miljø- og klimavenlig – eksisterende armaturer.....	35
5.8	4h Miljø- og klimavenlig - genanvendelige materialer	35
5.9	4i Miljø- og klimavenlig – energioptimering	36
6	Udviklingsmuligheder	36
6.1	Lysprofiler	37
6.2	Diverse justeringer.....	37
6.3	Helhedsløsningen som basisbelysning	38
Bilag		
1.	Helhedsløsning	
2.	Montering på testplejehjem	
3.	Markedsanalyse	
4.	Biologisk lys	
5.	Teknisk dokumentation	
6.	Brugertest	
7.	Brugervejledninger	
8.	Hygiejnetest	
9.	Test af orienterings- og arbejdslys	
10.	PL Fokusgruppeinterview	
11.	Implementeringsplan	
12.	Ændringslog	
13.	Evalueringslogs 5.2, 5.3, 5.4	
14.	Evalueringslog 5.5	
15.	ISO 14000	

1 Generelt

Formålet med dette dokument er at beskrive det endelige koncept for biologisk lys på plejehjem og hvordan det imødekommer krav og ønsker som beskrevet i Kontraktbilag 1. Behovs- og Procesbeskrivelse og Kontraktbilag 1a. Teknisk grundlag for biologisk lys.

2 1 – Potentiale for helhedsløsning

2.1 1a Innovativ helhedsløsning

Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at være innovativ ift. eksisterende løsninger på markedet. Det kan være ved at sammensætte eksisterende elementer på nye måder, ved at koble nye elementer på eksisterende løsninger, ved at skabe markante forbedringer eller ved at tænke helt nyt ift. eksisterende løsninger.	MK
--	-----------

Forud for dette udbud havde Ordregiver screenet markedet, og det blev konstateret, at der ikke fandtes en eksisterende løsning, som kunne imødekomme Ordregivers krav og ønsker til biologisk lys på plejehjem. Leverandøren har i samarbejde med Ordregiver igennem et år udviklet og testet løsninger sammen med brugerne på de to testplejehjem, og resultatet er blevet en helhedsløsning, som i høj grad imødekommer de krav og ønsker, som udbudsmaterialet beskriver. Leverandøren har i fase 5.5 gennemført en markedsanalyse, som viser, at løsningen i relation til Ordregivers krav og ønsker er innovativ i forhold til eksisterende løsninger på markedet. Ref. Bilag 3 Markedsanalyse.

Helhedsløsningen adskiller sig fra eksisterende løsninger ved at være fleksibel og flytbar samt have et hjemligt design, der gør det muligt at placere løsningerne i borgernes boliger i tillæg til fællesarealerne. Løsningerne kan desuden placeres tæt på brugerne, i øjenhøjde. I samarbejde med brugerne er løsningerne tilpasset behovet og rutinerne på et plejehjem samtidig med, at de er biologisk effektive. Hver døgnrytmelampe har en selvstændig, integreret styring og kan betjenes af enhver på et simpelt betjeningspanel uden brug af mobiltelefon eller WiFi. Brugere kan selv skrue op og ned samt tænde og slukke, men lamperne sørger for automatisk at tænde og vende tilbage til døgnrytmelys, så de hele tiden hjælper brugerne til at få det mest hensigtsmæssige lys på de rigtige tidspunkter. Døgnrytmelamperne er stand-alone og skal ikke re-programmeres selv om strømmen afbrydes.

Helhedsløsningen er baseret på 3 designserier, som kan kombineres;

1. SolMate-serien, der består af SolMate Mobil, SolMate Plafond & SolMate Pendel
2. RoomMate-serien, der består af RoomMate Bord, RoomMate Gulv & RoomMate Plafond
3. Natlampe-serie, der består af NightMate og BathMate

SolMate Mobil, RoomMate Bord og RoomMate Gulv er mobile døgnrytmelamper, som dermed giver en stor fleksibilitet til en biologisk helhedsløsning på et plejehjem, som ikke er set før. Helt generelt kan man placere lamperne der, hvor borgere og personale opholder sig, og de kan flyttes efter behov.

SolMate-serien er designet med træ, som gør, at lamperne fremstår i et skandinavisk design, der giver noget varme i udtrykket. RoomMate-serien er designet med tekstilskærme, som gør, at lamperne i højere grad end SolMate Mobil ligner almindelige lamper. Tekstilskærmene giver et behageligt lys uden at blænde, hvilket er vigtigt, når vi gerne vil sikre, at lampen forbliver tændt hele døgnet. I begge serier giver designet mulighed for at integrere terapilyd, sensorer og anden elektronik uden at lampen fremstår teknisk.

SolMate mobil og RoomMate Bord kan placeres på en vandret flade, som f.eks. et bord, en hylde, en vindueskarm eller et gulv, men SolMate Mobil kan også hænges på væggen. RoomMate Gulv kan placeres på gulvet. Dette gør det muligt at få lyset ind i øjet i den optimale vinkel. Armaturerne tilsluttes en almindelig stikkontakt. RoomMate Plafond kan placeres i loftet i borgernes bolig. SolMate Plafond og Pendel placeres i loftet i fællesarealerne.

Armaturerne betjenes v.h.a. 3 knapper på armaturets betjeningspanel eller via en fjernbetjening. Der er integreret en styring med eget ur i armaturerne, så lyset kan simulere døgnrytmen som en uafhængig enhed. Styringen er udviklet specielt til disse døgnrytmelamper for at opnå en brugervenlig, enkel betjening og stabil performance, som er unik.

Der er defineret 2 forskellige lysprofiler, som er integreret i døgnrytmelamperne. De er baseret på den nyeste forskning inden for biologisk lys (Integrative Lighting) og er etableret i samarbejde med Joachim Stormly Hansen, Ocutune. Lysprofilen i SolMate Mobil, RoomMate Bord, RoomMate Gulv & RoomMate Plafond tager desuden hensyn til lysbehovet i boligerne. Lysprofilen i SolMate Plafond og Pendel tager hensyn til lysbehovet og rutinerne i fællesarealerne. Analyser har bekræftet, at disse lysprofiler giver en robust døgnrytme, med en høj day-/night ratio. Samtidig opnår vi de ønskede mEDI værdier uden det meget kolde lys ved at anvende fuldspæktrede dioder med en CRI på over 95 og ved at blande lyset fra de kolde og varme dioder, hvilket giver et mere behageligt lys. Ref. Bilag 4 Biologisk lys.

En eller flere døgnrytmelamper kan parres med en fjernbetjening, som kan placeres ved indgangen til et rum eller f.eks. på et sengebord hos en borger.

Helhedsløsningen indeholder også en natlampe-serie, der består af NightMate og BathMate, der kan bruges både hos borgerne og i fællesarealerne. Natlamperne giver orienterende og tryghedsskabende natlys og er flytbare. NightMate har en tekstilskærm ligesom RoomMate-serien, hvilket giver et hjemligt udtryk. Natlamperne styres v.h.a. mørke- eller bevægelsessensorer.

I tillæg til helhedsløsningens speciallamper tilbydes en standard pendel med en LED-lyskilde af høj kvalitet, der har en god farvegengivelse.

2.2 1b Anvendelse i plejeboliger og øvrige arealer

Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at kunne anvendes i både plejeboliger og øvrige arealer, evt. ved brug af en kombination af delløsninger	MK
---	-----------

Med de lysløsninger, som er vist i bilag 1, kan vi etablere biologisk lys i både private boliger og i fælleslokaler ved at kombinere dem. Bilag 1 viser også eksempler på indretning og kombinationer. Det skal bemærkes, at løsningerne er begrænset af et prisloft pr. målgruppe. Den konkrete montering i fællesarealer og plejeboliger i fase 5.4 og 5.5 fremgår af Bilag 2, Montering.

SolMate Mobil og RoomMate Bord/Gulv er mobile og placeres i plejeboligen der, hvor borgeren typisk opholder sig i kombination med RoomMate Plafond i loftet. I øvrige arealer kan de mobile døgnrytmelamper ligeledes placeres på borde, på hylde, i vindueskarne, på gulvet eller på væggen i kombination med SolMate pendel og plafond. I fællesarealerne kan man gruppere armaturerne i zoner med en fjernbetjening, som kan forbindes til op til ca. 20 armaturer. Fjernbetjeningen kan også bruges i plejeboligen til at betjene RoomMate Plafond eller de mobile døgnrytmelamper.

Natlamperne med mørke- eller bevægelsessensor placeres ved borgernes seng i boligen. I fællesarealerne anvendes natlamperne typisk på gangarealer eller trapper.

Badeværelseslamperne med mørke- eller bevægelsessensor anvendes i badeværelserne i både boliger og fællesarealer.

Standard pendel med LED-lyskilde anvendes hos borgere i gruppe 2.

2.3 1c Anvendelse af de 6 målgrupper

Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at kunne anvendes til alle 6 målgrupper beskrevet i Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse	MK
--	-----------

Der henvises til Bilag 1, Helhedsløsning og Bilag 2, Montering.

Den fleksible helhedsløsning kan bruges til alle 6 målgrupper, idet enhederne kan kombineres efter behov, og de mobile enheder kan nemt flyttes af plejepersonalet, hvis borgerens behov ændrer sig. De loftmonterede lamper kan også flyttes, men det vil typisk kræve fagpersonale, hvilket er accepteret af Ordregiver. Løsningerne er udviklet og testet sammen med personale og borgere i de 6 målgrupper i en periode på 1 år med 4 testfaser. Imellem hver testfase er løsningerne blevet forbedret på baggrund af tilbagemeldingerne fra brugerne. Ref. Bilag 6 Brugertest.

2.3.1 Målgruppe 1 – borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

En borger i gruppe 1 har behov for natlys, der kan skabe tryghed, hvis borgeren vågner. Løsning til borgeren i gruppe 1 er at anvende natlampen, som kan placeres på væggen ved siden af sengen. Natlampen lyser med dæmpet søvnkonsoliderende lys om natten og findes i to versioner – én med mørkesensor, og én med bevægelsessensor. Natlampen med mørkesensor tændes, når der er mørkt i rummet og giver et konstant dæmpet natlys til de borgere som har behov for det. Borgere i gruppe 1 kan også have glæde af natlampen med bevægelsessensor, som tænder, når borgeren træder ud af sengen. Natlampen tændes og slukkes i øvrigt manuelt på lampens drejeknap. Det er også muligt at skrue op og ned på natlampens drejeknap, hvis borgeren eller personalet har brug for at justere på lyset. Brugertest og interviews med borgere og personale har vist, at der er lys nok til at orientere sig om natten og arbejdslys nok til mindre plejeopgaver. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning.

2.3.2 Målgruppe 2 – borgere med nedsat appetit

En borger i gruppe 2 har behov for at få en lyskilde, der understøtter de bedste kontraster og farvegengivelse af måltidet. Hvis en borger fra gruppe 2 indtager måltiderne i den fælles spisestue, vil en eller flere SolMate pendler være placeret over spisebordet og belyse måltidet fra oven evt. i kombination med SolMate Plafond i loftet og SolMate Mobil og RoomMate Bord og Gulv lamper placeret rundt om i rummet. Døgnrytmelamperne lyser med en prædefinerede døgnrytme-lysprøfil med dioder som har en CRI på over 95, hvilket betyder, at farvegengivelsen af måltidet er god. Udbuddets prisloft begrænser mulighederne i boligen, men hvis en borger i gruppe 2 spiser i egen bolig, vil der mulighed for at placere en almindelig pendel over spisebordet med en lyskilde med god farvegengivelse og mulighed for at skrue op og ned. Hvis borgeren allerede har en pendel over spisebordet, kan pæren skiftes til en LED-pære som f.eks. MAS LEDBulb DT5.9-60W E27 927 A60 FR G, som vist i Bilag 5 Teknisk dokumentation. Brugertest og interviews med personale viser, at borgere i testperioderne har haft øget appetit og øget social interaktion samt opholder sig længere i den fælles spisestue. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning.

2.3.3 Målgruppe 3 – borgere, der vandrer om natten

En borger i gruppe 3 har behov for søvnkonsoliderende natlys, som kan skabe tryghed og guide borgeren til toilettet og tilbage igen til sengen. Løsning til borgeren i gruppe 3 er at anvende natlampen med bevægelsessensor, som kan placeres på væggen ved siden af sengen. Natlampen er som udgangspunkt slukket om natten, men bevægelsessensoren sørger for at lampen tændes, når

borgeren træder ud af sengen. Der er etableret en timer-funktion, som automatisk slukker natlampen igen efter 5 minutter. Det er muligt at skruer op og ned for lyset samt tænde og slukke manuelt på lampens drejeknap. I badeværelset monteres et badeværelsesarmatur med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor. Ref. bilag 1 Helhedsløsning. Natlamperne kan også placeres i gangarealerne, så borgeren vil opleve dæmpet natlys, hvis vedkommende bevæger sig der ud om natten. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at borgerne er glade for, at lyset tænder automatisk. Der er lys nok til at kunne orientere sig, og der er arbejdslys nok til mindre plejeopgaver. Personalet giver udtryk for, at det dæmpede natlys på gangene gør det nemmere for borgerne at forstå, at det er nat, hvis de skulle bevæge sig ud på gangen om natten. Personalet mener også, at natlampen er med til at forhindre fald og at alle borger kunne have glæde af en natlampe.

2.3.4 Målgruppe 4 – borgere, der er immobile og plejekrævende

En borger i gruppe 4 har ikke mulighed for selv at bevæge sig ud i fællesarealer eller udenfor, så der er behov for at forsøge at skabe en robust døgnrytme v.h.a. biologisk lyspåvirkning i selve plejeboligen, hvis det er her borgeren opholder sig mest. Der er derfor brug for så mange lyskilder, som muligt i plejeboligen. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lysprofil, der giver det ønskede energiboost om dagen og søvnkonsoliderende lys om natten. De mobile enheder som SolMate Mobil, RoomMate Bord og Gulv kan placeres på bordet, på gulvet eller på væggen i plejeboligen, hvor borgeren sidder eller ligger. RoomMate Plafond kan placeres i loftet med en fjernbetjening ved døren eller ved f.eks. sengebordet. Hvis døgnrytmelamperne bliver tændt om natten, vil de lyse med dæmpet natlys, så borgeren og plejepersonalet kan orientere sig uden at tænde kraftigt lys. Hvis plejepersonalet har brug for mere lys om natten, kan der skrues op for lysintensiteten på armaturenes betjeningspanel eller på fjernbetjeningen. Denne borger sover typisk i mørke, så der er etableret en funktion, hvor døgnrytmelampen kan slukkes om natten og automatisk starte døgnrytmelyset om morgenen kl. 7.00. Man kan placere flere mobile døgnrytmelamper i rummet på tidspunkter, hvor der er behov for et ekstra energiboost. Hvis plejepersonalet har brug for et mere intenst arbejdslys end døgnrytmelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skruer op for lyset. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lyset, vil døgnrytmelamperne automatisk vende tilbage til den prædefinerede døgnrytme efter 2 timer i tidsrummet kl. 7-22 og efter 15 minutter kl. 22-7. Brugeren kan også manuelt vende tilbage til døgnrytmelys. I badeværelset anvendes badeværelsesarmaturet med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor afhængigt af borgerens og personalets behov for natlys. Hvis borgeren opholder sig mest i fælles opholdsrum om dagen, vil vedkommende kunne få et lysboost fra en eller flere SolMate pendler, som er placeret over bordene i kombination med SolMate Plafond i loftet og SolMate Mobil og RoomMate Bord og Gulv lamper placeret rundt om i rummet. Interviews med personalet viser at borgere i denne gruppe har været mere trygge, mere sociale, mere rolige og har været i bedre humør i testperioderne. En borger i denne gruppe har kaldt markant mindre på personalet end normalt. Der har været nok arbejdslys til mindre og større arbejdsopgaver. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning.

2.3.5 Målgruppe 5 – borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

En borger i gruppe 5 har behov for at få etableret en robust døgnrytme v.h.a. biologisk lyspåvirkning, som kan understøtte aktivitet om dagen og ro om natten. Der er derfor brug for så mange døgnrytmelamper, som muligt i plejeboligen, hvis det er her borgeren opholder sig mest. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lysprofil, der giver det ønskede energiboost om dagen og søvnkonsoliderende lys om natten. De mobile døgnrytmelamper kan placeres på bordet, på gulvet eller på væggen i plejeboligen, hvor borgeren sidder eller ligger. RoomMate Plafond kan placeres i loftet med en fjernbetjening ved døren eller ved f.eks. sengebordet. Hvis døgnrytmelampen bliver tændt om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys, så borgeren og plejepersonalet kan orientere sig uden at tænde kraftigt lys. Hvis plejepersonalet har brug for mere lys om natten, kan der skrues op for lysintensiteten på armaturets betjeningspanel eller på fjernbetjeningen. Denne borger sover typisk i mørke, så der er etableret en funktion, hvor døgnrytmelampen kan slukkes om natten og automatisk starte døgnrytmelyset om morgenen kl. 7.00. Man kan placere flere mobile døgnrytmelamper i rummet på tidspunkter, hvor der er behov for et ekstra energiboost. Der kan aktiveres en lås af knapperne, så borgeren ikke vil kunne trykke på dem. Hvis plejepersonalet har brug for et mere intenst arbejdslys end døgnrytmelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skruer op for lyset. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lyset, vil

døgnrytmelamperne automatisk vende tilbage til den prædefinerede døgnrytme efter 2 timer i tidsrummet kl. 7-22 og efter 15 minutter kl. 22-7. Brugeren kan også manuelt vende tilbage til døgnrytmelys. Denne borger kan også have glæde af en natlampe med bevægelsessensor ved sengen, som tænder, hvis borgere træder ud af sengen om natten. I badeværelset anvendes badeværelsesarmaturet med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor efter behov. Natlamperne kan også placeres i gangarealerne, så borgeren vil opleve dæmpet natlys, hvis vedkommende bevæger sig der ud om natten. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at borgere i denne gruppe har været mere trygge, mere rolige og har været i bedre humør og har sovet bedre i testperioderne. Der er eksempler på markant bedre trivsel blandt borgere i denne gruppe, hvilket også er blevet bemærket af pårørende. En borger er begyndt selv at gå i seng om aftenen, når døgnrytmelamperne dæmper lyset og dermed signalerer, at det er sengetid. Der har været nok arbejdslys til mindre og større arbejdsopgaver. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning.

2.3.6 Målgruppe 6 Øvrige arealer

I bilag 1 & 2 vises specifikke eksempler på de mange forskellige løsninger i fællesarealerne.

Generelt placeres døgnrytmelamperne, hvor det er mest hensigtsmæssigt for at give brugerne det ønskede energiboost om dagen. Om natten vil armaturerne lyse med dæmpet natlys, der ikke forstyrrer nattesøvnen men giver tryghedsskabende og orienterende lys for både borgere og plejepersonale.

Målgruppe 6.1 - spisestue, opholdsrum og køkken

De mobile døgnrytmelamper, SolMate Mobil, RoomMate Bord & RoomMate Gulv kan placeres på bordene, andre vandrette flader, på gulvet eller på væggene, hvor borgere og personale opholder sig. SolMate Pendel kan hænge over bordene, og SolMate Plafond kan placeres i loftet. De loftmonterede døgnrytmelamper betjenes v.h.a en fjernbetjening, som kan placeres ved indgangen til rummet. I køkkener kan SolMate Plafond placeres i loftet med en fjernbetjening ved indgangen til rummet, eller en natlampe med mørke- eller bevægelsessensor kan placeres på væggen. Hvis brugerne har brug for mere eller mindre lys end døgnrytmelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skrue op eller ned for lyset på armaturets betjeningspanel eller på en fjernbetjening. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at det virker afstressende for personalet, at lyset tilpasser sig automatisk i løbet af døgnet. I de fleste tilfælde virker lyset passende, men hvis der er behov for det, kan der skues op eller ned. Det er dejligt med mere lys på bordet og gode farver. Det er observeret at borgere bliver siddende længere, er mere sociale og har en bedre appetit.

Målgruppe 6.2 - gange, opholdsniche & trapper

I gang- og trappearealer kan man placere SolMate Plafond i loftet med tilhørende fjernbetjening og/eller natlampen på væggen med en central timer, der automatisk tænder natlyset på et defineret tidspunkt om aftenen og slukker igen om morgenen. Brugertest viser, at brugerne er rigtig glade for det dæmpede natlys, som natlampen giver på gangene. Lyset opleves behageligt, og der er lys nok til at orientere sig. Ved behov for mere arbejdslys, kan der skrues op på en central dimmer.

Målgruppe 6.3 - kontor, personalerum

På kontoret kan SolMate Mobil og RoomMate Bord placeres på et skrivebord ved siden af PC'en eller på et mødebord. SolMate Mobil og RoomMate Bord kan suppleres med RoomMate Gulv på gulvet eller SolMate Plafond og Pendel i loftet med tilhørende fjernbetjening. Brugertest har vist, at kontorpersonalet er rigtig glade for SolMate Mobil på skrivebordet og der er markante eksempler på bedre trivsel, mere energi og mindre hovedpine. Denne gruppe sidder typisk i mange timer på samme plads med døgnrytmelampen i en optimal placeringen inden for 1 m. Personalet har også haft glæde af SolMate Pendel over mødebordet, der giver et godt arbejdslys.

Målgruppe 6.4 - personalet toilet

På personalet toiletterne placeres badeværelsesarmaturer med mørke- eller bevægelsessensor, som giver dæmpet natlys. Personalet har oplevet, at der var lys nok til at orientere sig.

2.4 1d Fleksibel kombination og sammensætning

Det vægter positivt, hvis de tilbudte delløsninger er eller kan udvikles til fleksibelt at kunne kombineres og sammensættes simpelt og enkelt til en helhedsløsning.	Ø
--	---

Helhedsløsningen består af 3 serier af mobile og flytbare lysarmaturer samt en fjernbetjening, som har samme designudtryk og klare synergier:

1. SolMate-serien, der består af SolMate Mobil, SolMate Plafond & SolMate Pendel
2. RoomMate-serien, der består af RoomMate Bord, RoomMate Gulv og RoomMate Plafond
3. Natlampe-serien, der består af NightMate og BathMate

Helhedsløsningen indeholder desuden en specialudviklet styring med betjeningspanel, som er gennemgående på både døgnrytmelamperne og fjernbetjeningen, så brugeren oplever en designmæssig helhed og en ensartet betjening. Der kan forbindes op til ca. 20 armaturer til en fjernbetjening, så man kan etablere zoner.

Enhederne er mobile, selvstændige enheder, som monteres i almindelig stikkontakt eller lampeudtag.

Bilag 1 viser de forskellige armaturer og kontrolenheder og eksempler på kombinationer af enhederne. Bilag 2 viser konkrete monteringer i fællesarealer og plejeboliger i fase 5.4 og 5.5.

2.5 1e Få enkelte løsninger

Det vægter positivt, hvis den tilbudte helhedsløsning består eller kan udvikles til at bestå af så få enkelte delløsninger som muligt frem for et kompliceret og komplekst setup.	Ø
---	---

Ved at kombinere armaturerne, som er vist i bilag 1, på forskellige måder, imødekommer helhedsløsningen mange forskellige behov med de samme 8 lysenheder & 1 styring.

Brugertest har vist et behov for at udvide sortimentet fra den oprindelige SolMate-serie til at inkludere RoomMate-serien, som i højere grad passer ind i borgernes boliger, fordi lamperne har tekstilskærm og derfor minder mere om almindelige lamper. I løbet af projektet har der også vist sig et behov for at definere to forskellige døgnrytme lysprofiler, fordi behovet for lys er meget forskelligt i fællesarealer og i borgernes boliger. Derfor indeholder helhedsløsningen én lysprofil, der er integreret i SolMate Pendel/Plafond, som tilgodeser lysbehov og rutiner i fællesarealerne, og en anden lysprofil, der er integreret i SolMate Mobil & RoomMate Bord/Gulv/Plafond, som tilgodeser lysbehov i borgernes bolig, men som også kan anvendes i fællesarealerne som supplement til SolMate Pendel/Plafond. En standard pendel er tilføjet konceptet for at tilgodeser borgere i gruppe 2, som spiser i egen bolig.

3 2 Potentiale for biologisk effekt

Den biologiske effekt af helhedsløsningens armaturer er målt i Belid Lightings laboratorium, som fremgår af Bilag 5, Teknisk dokumentation. Desuden har 3. part målt armaturerne i laboratorium og in situ på de to testplejehjem. Resultaterne fremgår af "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem" og viser, at helhedsløsningen lever op til de tekniske krav til biologisk effekt, der stilles i kontraktsbilag 1a, Teknisk grundlag for biologisk lys. Det videnskabelige grundlag for det biologiske lys (Integrative Lighting), som er integreret i helhedsløsningen døgnrytmelamper, fremgår af Bilag 4 Biologisk lys.

3.1 2a Biologisk effekt for målgrupperne

Den tilbudte helhedsløsning skal give eller kunne udvikles til at give biologisk effekt for målgrupperne i hele løsningens levetid, jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
---	-----------

Helhedsløsningen består af døgnrytmelamper og natlamper, der hver for sig eller i kombination kan imødekomme brugernes behov for biologisk lys og arbejdslys. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning.

3.1.1 Døgnrytmelamperne

Med døgnrytmelamperne ønsker vi at påvirke både de visuelle og de non-visuelle receptorinput i øjet, således, at lyset opfattes som behageligt samtidig med, at det er biologisk effektivt.

Døgnrytmelamperne imødekommer de lystekniske krav, som er beskrevet i Kontraktbilag 1a på følgende måde:

De anvendte dioder er fuldspektrum dioder med en angivet CRI på 95, der giver en god farvegengivelse, og som er meget tæt på naturligt lys. Ref. Bilag 5 Teknisk dokumentation.

Lysprofilerne er baseret på den nyeste forskning og de nyeste standarder inden for biologisk lys og er etableret i samarbejdet med Joachim Stormly Hansen, som er forsker og ekspert inden for biologisk lys (integrative lighting). Baseret på indsigter fra de gennemførte brugertest er der dog også taget hensyn til de daglige rutiner på plejehjemmet i fællesarealer og i boliger i de to lysprofiler.

Indsigter fra brugertest i fase 5.3 viste, at i praksis er der behov for to forskellige lysprofiler i døgnrytmelamperne for at tilgodese borgernes og personalets meget forskellige behov for lys især om morgenen. En typisk døgnrytme på et plejehjem ser ud som følger:

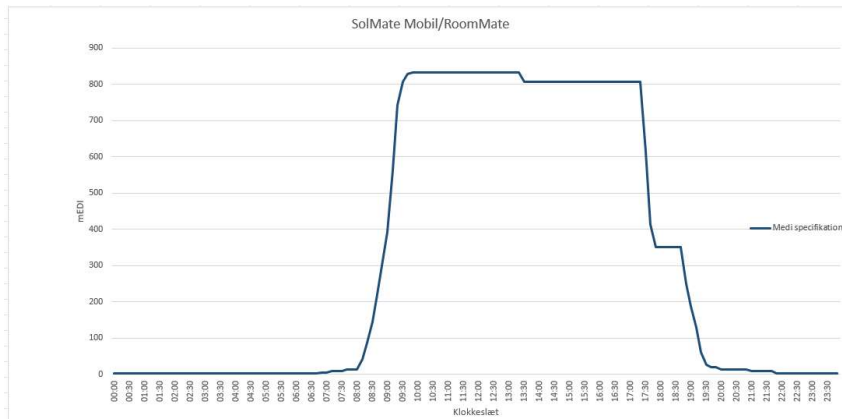
Aktivitet	Tidspunkt - Kastanjehusene	Tidspunkt – Fuglebakken
Morgenmad	7-10	7-10
Vækning	7-10	7-10
Aktiviteter	10-12	10-12
Frokost	12-13	12-13
Aktiviteter	14-16	-
Eftermiddagskaffe	14-15	14-15.30
Aftensmad	17.30-19	18-20
Sengelægning	20-22	20-23

Der er derfor defineret og testet to forskellige lysprofiler i fase 5.4 og 5.5.

I fase 5.4 er der lavet følgende justeringer af lysprofilen til SolMate Mobil/RoomMate for i højere grad at tage hensyn til de daglige rutiner på plejehjemmet inde hos borgerne:

- Der skal være ressourcer til at hjælpe borgerne ud af sengen, før de bliver for vågne, så lampen skal starte senere op.
- Lampen skal starte op kl. 7 med en langsom ramp-up om morgenen
- Der skal være lys i længere tid om eftermiddagen, før det dæmpes.
- Natlysets niveau skal hæves
- Integrering af sæsonvariation

Nedenstående profil er defineret i samarbejde med Joachim Stormly Hansen:

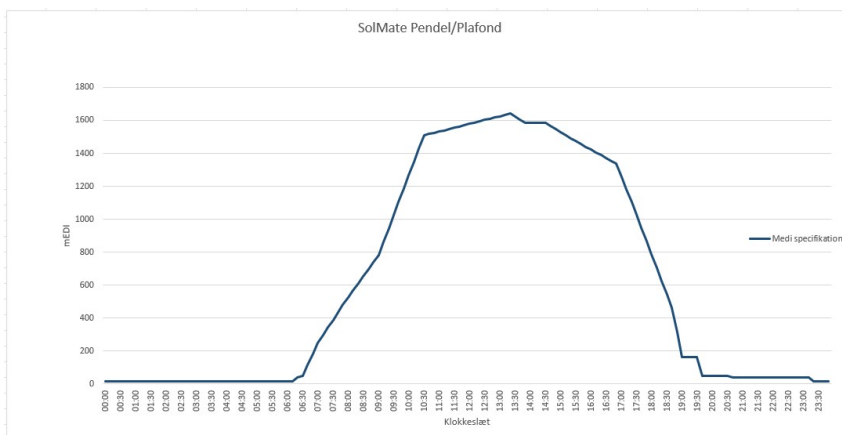


- Photoperiode-APRIL
- Faseforskydning Ca. 1 time (DLMO).
- S-coneresponset skal ligge under ca. 21 S-cone-EDI, da denne receptor bidrager aktivt til melatonin-responset i den indledende del af lyspåvirkningen hvorefter pRGC(Melatonin) tager over .
- For at opbygge Zeitgeberstyrke ses henover dagen også et højere melanoptisk respons.
- Starter op ca. kl. 7.00 (wake) med en langsom ramp-up frem til kl.10.00.
- Aftensmad i perioden ca. 17.30-20.00
- Måleafstand vinkelret på lyskilde 0,5m (i1Studio from x-rite)

I fase 5.4 er der lavet følgende justeringer af lysprofilen til SolMate Pendel/Plafond for i højere grad at give borgere og personale et lysboost samt tage hensyn til de daglige rutiner på plejehjemmet i fællesarealerne:

- Lampen skal starte op omkring kl. 6.
- Der skal være mere lys om morgenen, når dagvagten møder kl. 7
- Der skal være så meget lys som muligt midt på dagen uden at det virker ubehageligt
- Der skal være lys i længere tid om eftermiddagen, før det dæmpes
- Der skal være lys nok til aftensmåltidet
- Natlysets niveau skal hæves
- Integrering af sæsonvariation

Nedenstående lysprofil er defineret i samarbejde med Joachim Stormly Hansen:



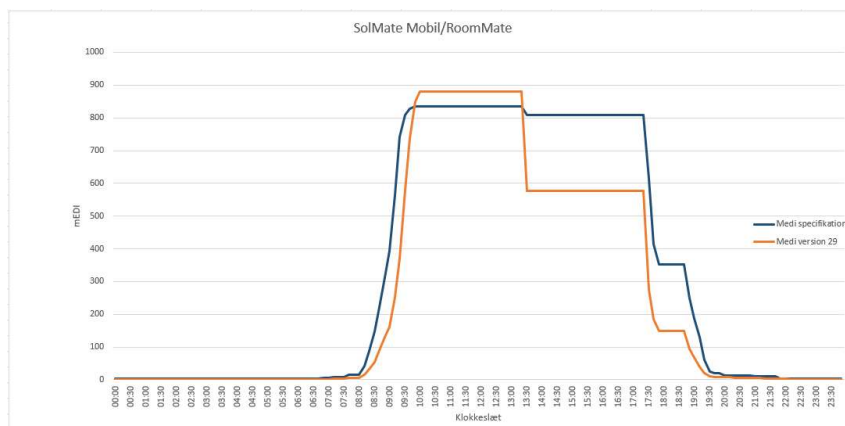
- Photoperiode-APRIL
- Faseforskydning Ca. 1 time (DLMO).
- Laveste Niveau hævet indtil 06.10 14,73 MEDl
- S-cone responset skal ligge under ca. 21 S-cone-EDI, da denne receptor bidrager aktivt til melatonin-responset i den indledende del af lyspåvirkningen hvorefter pRGC(Melatonin) tager over.
- For at opbygge Zeitgeberstyrke ses hen over dagen også et højere melanoptisk respons.
- Starter op ca. kl. 6.20 (wake).

- Aftensmad i perioden ca. 17.30-20.00
- Måleafstand vinkelret på lyskilde 0,5m (i1Studio from x-rite)

I fase 5.5 har Belid Lighting udført kontrolmålinger af lysprofilerne kl. 09.00, 10.00, 12.30, 14.30, 18.30 og 02.00, og der viste sig at være afvigelser i forhold til de specificerede kurver, som skyldes en fejl i programmeringen af software. Nedenstående grafer viser afvigelserne mellem de specificerede kurver og software Version 29, som er de kurver, der faktisk er blevet testet på de to plejehjem. 3. parts kontrolmålinger og analyser er derfor baseret på Version 29. Ref. "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem".

SolMate Mobil/RoomMate

- Blå kurve viser specifikationerne
- Orange kurve viser software version 29, som er det lys, vi har testet på de to plejehjem



Joachim Stormly Hansen har analyseret Version 29 lysprofilen til SolMate/RoomMate og har følgende vurdering:

- Ramp-up er forskudt 20 minutter, men i betragtning af, at vi tidligere forskød ramp up 1 time, så vurderes det ikke at have nogen mærkbar indflydelse.
- Midt på dagen i version 29 er der en øget mEDI på + 10%, hvilket er positivt.
- Ramp down er lavere end specifikationerne. Dette kan potentielt set have en indflydelse på zeitgeberstyrken om dagen, så den ikke er lige så stærk. Det vurderes dog, at vi ligger indenfor med tendens til højere i zeitgeberstyrke end udbudsmaterialet specificerer.
- Set i hele dagslængden (en højre Medi midt på dagen, lidt lavere zeitgeber om eftermiddagen) vurderes MLIT (mean light timing) (Reid et al 2014) stadig at centrere sig omkring middagstimerne, hvilket underbygger, at en høj mEDI hen over et 24 timers døgn centrerer omkring middag. Dette stemmer overens med anbefalingerne fra Good Light Group, som centrerer sig omkring 12.30.
- Aften. Version 29 har lavere mEDI end den specificerede, hvilket ud fra et biologisk synspunkt er positivt, men det er spørgsmålet om det er for lavt i praksis, fordi man stadig er vågen.
- Nat. Version 29 i forhold til natbelysning er lavere end den specificerede, hvilket betyder en øget grad af biologisk mørke om natten og en øget day/night ratio, hvilket betyder en forbedret lshistorik (balance mellem lys og mørke). Hvilket er positivt.

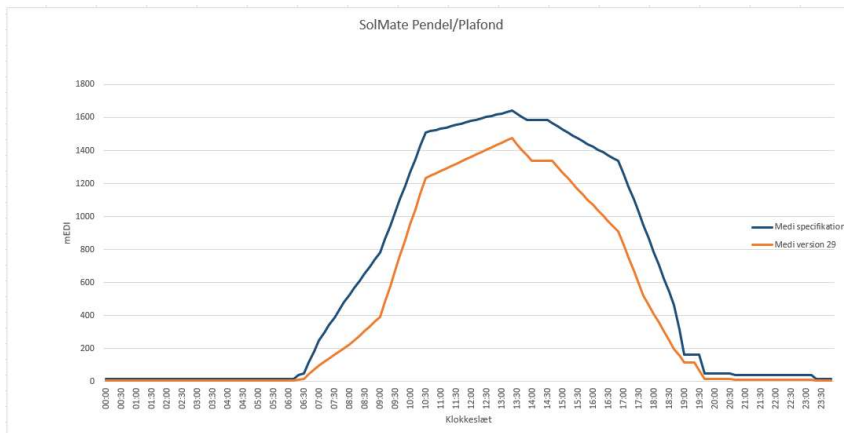
Anbefaling:

- Nat-belysningen kan hæves til 2-4 mEDI afhængig af alder, eftersom dette er inden for anbefalingerne af Good Light Group (glg 2021).

- Om eftermiddagen kan man 'rampe-ned' gradvist mod 'dusk', hvilket vil øge zeitgeberstyrken og gøre transitionen mellem middag og eftermiddag nemmere at adaptere til.
- Evt. følge den specificerede ramp-up kurve om morgenen, hvis brugerne oplever, at der er for lidt lys.
- Man kunne have flere årstidskurver, der tager højde for mere præcise fotoperioder, på et senere tidspunkt

SolMate Pendel/Plafond

- Blå kurve viser specifikationerne
- Orange kurve viser software version 29, som er det lys, vi har testet på de to plejehjem



Joachim Stormly Hansen har analyseret Version 29 lysprofilen til SolMate Pendel/Plafond og har følgende vurdering:

- Nat. I den eksisterende kurve (version 29) ligger vi markant lavere end specifikationerne, hvor vi tog udgangspunkt i aftenarbejde under gode visuelle forhold – anbefaling fra Good Light Group på 10 medi. Hvis de visuelle forhold opleves som gode, så vil Version 29 rent faktisk give et bedre døgnrytmerespons, da vi har en lavere Medi om natten.
- Ramp-up perioden om morgenen. Målingen tyder på, at lysniveauerne omkring kl. 7, hvor dagvagten møder, er til den lave side. Man kan med fordel skrue op for belysningen, hvis personalet oplever, at der er for lidt lys.
- Midt på dagen. Den eksisterende kurve (version 29) ligger i omegnen af 100 Medi under specifikationerne. Teoretisk set vil det betyde en lidt lavere zeitgeberstyrke, men i praksis – med et så højt niveau – vurderes det ikke at have nogen mærkbar indflydelse. Erfaringen fra test viser, at brugerne ikke vil acceptere et højere niveau.
- Ramp-down om eftermiddagen/aften. Den eksisterende kurve (version 29) ligger noget under specifikationerne. Anbefalingen er at spørge ind til, om belysningsniveauet er tilstrækkeligt under måltider. Men for den biologiske effekt vil det betyde, at transaktionen til biologisk mørke, teoretisk set, sker lidt tidligere, men erfaringsmæssigt under test vurderes belysningen at være fin. Hvis brugerne synes, der er for lidt lys, vil vi kunne øge belysningsniveauet uden at påvirke forberedelsen på DLMO (tidspunkt for introduktion af biologisk mørke).

Anbefaling:

- Man kan øge belysningen i fællesområderne om natten – holdes under 10 medi (varme lyskilder), eftersom de ældre sover; og at dette kan gøre det lettere for personalet at navigere i mørkere omgivelser med min. påvirkning af døgnrytmen (melatonin) og fase-skift (brown et. Al. 2022).
- Evt. øge belysningen om morgenen, hvis personalet oplever, at der er for lidt lys.

- Evt. øge belysningen om eftermiddagen/aften, hvis personalet oplever at der er for lidt lys.

Bilag 4 Biologisk lys beskriver det videnskabelige grundlag for lyskurverne, men det er værd at hæfte sig ved følgende:

- Lyskurverne har en høj day vs night ratio, hvilket viser at kurverne er robuste og har en stærk indvirkning på døgnrytmen, da de giver en såkaldt "Zeitgeberstyrke" i løbet af dagen.
- Den høje døgnrytmesynkronisering ses også ved, at mEDI værdierne ligger over TAT (Time Above Threshold), hvilket giver øget zeitgeberstyrke om dagen, og lidt under min. om aftenen TUT (Time Under Threshold) i størstedelen af døgnnet, så den biologiske effekt er dermed optimal i forhold til både de visuelle og non-visuelle receptorer i øjet.
- Lyskurverne er etableret på baggrund af indsigter på de to plejehjem omkring tidspunkter for måltider, aktiviteter og sengetider samt faserne Dawn-simulation, Light to phase advance the circadian clock, Midday light exposure - light's potential to establish Zeitgeber strength, subjective alertness, Dusk simulation og Bedtime (SleepPromotion)
- Lysprofilerne tager udgangspunkt i photoperiode april, og der er etableret sommer-/vintertid.
- Tilingen af lyset er afgørende for, hvordan de forskellige kronotyper påvirkes. Ved at ændre på tilingen af lyset kan man faseforskyde døgnrytmen. De etablerede kurver er baseret på de ca. 75%, som er B-mennesker. Man ville kunne give de få ekstreme A-mennesker, som står meget tidligt op, og som har svært ved at holde sig vågne ved aftensmaden, et lysboost ved manuelt at skrue op for lyset sen eftermiddag/aften.

Det er også vigtigt at bemærke følgende:

- Udbudsmaterialets krav til biologisk effekt er baseret på en person på 32 år. Helhedsløsningens lysprofiler imødekommer de definerede krav, og i størstedelen af døgnnet opnår vi bedre mEDI værdier end udbudsmaterialet kræver. Dette er vigtigt, da vi ønsker at opbygge robusthed i døgnrytmen (Zeitgeberstyrke, Roenneberg. et. al. 2004). Ældre mennesker har behov for mere lys for at opnå den samme effekt som én på 32 år, men lampen må heller ikke lyse så meget, at den bliver ubehagelig og blændende, for så slukker brugerne for den. Hvis man ønsker mere lys, kan man flytte lampen tættere på borgeren eller placere flere lamper ved borgeren for at opnå den ønskede effekt. Fordi lampen er flytbar, er det nemt for borgere og personale at gøre belysningen individuel for den enkelte borger.
- Det er muligt at skrue helt ned på laveste lysniveau og derved sikre, at 'biologisk mørke' kan aktiveres, hvis en borger f.eks. ønsker at gå tidligere i seng. Hvis borgeren sover i mørke, kan armaturet slukkes helt.
- Vi opnår en høj mEDI ved ca. 4200 Kelvin, hvilket gør, at armaturet har et behageligt lys samtidig med, at det er biologisk effektivt.
- Der kan skrues op for lyset med udgangspunkt i det aktuelle kelvin-niveau på det givne tidspunkt, så man sikrer, at brugeren f.eks. ikke udsættes for koldt lys om natten.

De definerede døgnrytme lysprofiler er designet til at give en optimal lyspåvirkning af brugerne uanset, hvornår de står op og går i seng, hvilket på længere sigt kan hjælpe dem til at få en mere aktiv dag og en bedre nattesøvn. Dette vil dog afhænge af brugernes adfærd. Det er selvfølgelig nødvendigt, at lamperne er tændt – gerne hele dagen, og den bedste effekt opnås, hvis lamperne er placeret så tæt på brugeren som muligt i øjenhøjde. Der er etableret automatisk tilbagevenden til døgnrytmyset, hvis brugeren har skruet op eller ned eller har slukket for lampen, så brugere hjælpes til at få det mest hensigtsmæssige lys på det rigtige tidspunkt. For at opnå en god biologisk effekt og accept af løsningerne er der i både fase 5.4 og 5.5 arbejdet med at opnå en god placering af løsningerne hos borgerne ved at inddrage personalet i at matche løsningerne med borgernes behov, lave vejledninger for anvendelse og placering, give personalet konkret og praktisk instruktion og information om døgnrytmylys samt at have en dialog med borgerne om placering og anvendelse af løsningerne. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 7 Brugervejledninger samt 3. parts målinger på de to plejehjem "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem".

Som de tekniske målinger viser, er døgnrytmelamperne biologisk effektive, og lyset opleves generelt behageligt og passende. I få tilfælde har der været behov for at skrue op eller ned. Lyset er testet med borgere og personale både forår, efterår og vinter, og tilbagemeldingerne viser, at brugerne oplever lyset skarpere i den mørke tid, hvor der er større kontraster end forår og efterår. Erfaringerne fra de to testplejehjem viser også, at selv om lyset til at begynde med kan opleves skarpt, vænner brugerne sig til det efter noget tid og giver udtryk for, at de er glade for at have fået mere lys. Disse erfaringer understøttes af andre studier ifølge Professor Paul Michael Petersen fra DTU Fotonik. Forskningen viser desuden, at der er stor forskel på, hvor følsomme mennesker er overfor lys, så der vil være forskel på, hvordan den enkelte påvirkes. Ref. Bilag 4, Biologisk lys, Bilag 6, Brugertest og Bilag 10, Fokusgruppeinterview.

Der stilles krav om 250 mEDI i naturlig afstand, men det er ikke defineret, hvad naturlig afstand er. Ifølge leverandørens laboratoriemålinger og 3. parts dokumentation lever døgnrytmelamperne op til min. 250 mEDI på 100 cm afstand, men i praksis kan det være vanskeligt at placere lamperne så tæt på brugerne på en naturlig måde. Det afhænger meget af den konkrete indretning. Brugertest viser, at både borgere og personale oplever lyset mere behageligt, når de mobile løsninger er placeret skråt til siden, i en større afstand end 1 m eller i et vindue eller et lyst rum, hvor kontrasterne ikke er så store. Joachim Stormly Hansen og andre eksperter indenfor biologisk lys (Integrative lighting) har ikke noget endegyldigt svar på, om brugerne får den samme effekt ud af længere eksponering ved en lavere mEDI, men brugertest på de to testplejehjem viser dog flere eksempler på positiv effekt hos brugerne, selv om lamperne ikke altid har været placeret optimalt. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 10 fokusgruppeinterview.

Indsigten fra testperioderne er, at mange af borgernes boliger er meget mørke, og ofte er det eksisterende lys af en ringe kvalitet. Antallet af døgnrytmelamper hos borgerne er begrænset af et prisloft i dette udbud, så en generel anbefaling er at sørge for god basisbelysning i boligerne samt ikke at begrænse det naturlige dagslys fra vinduer, som kan understøtte døgnrytmelamperne om dagen og mindske blænding. RoomMate Plafond i loftet, som blev testet hos borgerne i fase 5.5, bidrager til at lyse hele rummet op og derved reducere blænding. I tillæg til den nedadrettede effektive lys, belyses loft og vægge. Se eksempler på montering i Bilag 1 Helhedsløsning. Se også anbefalingerne i Bilag 4 Biologisk lys og "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem".

Borgere og personale opholder sig meget i den fælles spisestue/opholdsrum, så det er et velegnet sted at give brugerne det lysboost midt på dagen, som er særlig vigtigt for styrkelsen af døgnrytmen, da man her kan placere mange døgnrytmelamper i kombination; SolMate Plafond i loftet, som også bidrager med at lyse hele rummet op, SolMate Pendel højt over bordene, så de belyser bordene og brugernes ansigt. SolMate Mobil/RoomMate Bord/Gulv placeres rundt om i rummet i øjenhøjde.

3.1.2 Natlamperne

NightMate

Lysmålingerne viser, at NightMate understøtter døgnrytmen om natten, når den er dæmpet. Hvis der er brug for mere arbejdslys, kan der skrues op. Belids laboratoriemåling af NightMate fremgår af Bilag 5 Teknisk dokumentation. 3. parts måling af NightMate fremgår af "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem".

Personalet har observeret en øget trykthed om natten hos borgere, som har haft en NightMate med bevægelsessensor samt en bedre nattesøvn. Ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

På gangene med NightMate monteret på væggene oplever personalet, at der er lys nok til at orientere sig om natten, og at det dæmpede lys gør det nemmere at få borgerne ind i seng igen, hvis de skulle bevæge sig ud på gangen om natten. Personalet giver udtryk for, at det er fint, at man skal skrue op for lyset for at få arbejdslys. Ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Test af orienterings- og arbejdslys om natten

B&L/PL gennemførte en test af orienterings- og arbejdslys om natten, som viser, at natlampen giver lys nok til at udføre mindre plejeopgaver og i 3 ud af 4 tilfælde giver lys nok til at udføre en større plejeopgave om natten. Ved supplerende af lys fra SolMate Mobil var der lys nok til en større plejeopgave. Se Bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys. Dette betyder, at personalet kan udgå at tænde andre lyskilder, som ikke understøtter døgnrytmen, når de skal tilse borgerne om natten.

BathMate/natlampe m. plastskærm

Belids laboratoriemåling af BathMate fremgår af Bilag 5 Teknisk dokumentation. 3. parts laboratoriemålinger af BathMate fremgår af "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem". Indsigten fra fase 5.5 er at BathMate/natlampe med plastskærm med fordel kan lyse mindre.

BathMate/Natlampen med plastskærm anvendes på badeværelser hos borgerne og på personaletoiletter samt på trappen som natlys. Personale og borgere oplever, at der er lys nok til at orientere sig og synes det er rart, at lyset tænder/slukker automatisk.

3.1.3 Effekt for målgrupperne

Projektet har gennemført 4 faser med brugertest i et udfordrende testmiljø på plejehjem med en gruppe af ældre borgere som er udfordret fysisk og kognitivt i forskellig grad, som er vant til, at lyset skal være slukket om dagen, og som typisk gerne vil have, at tingene er, som de plejer at være. Og en personalegruppe, som skal håndtere mange udfordringer i det daglige. Det kan derfor være svært at have ressourcer til at have fokus på et projekt som dette. I testfase 5.4 har Kastanjehusene været ramt af sygdom og mangel på ressourcer, så belastningen har været ekstra stor. I testfase 5.5 har Fuglebakken været ramt af dødsfald og udskiftning i borgergruppen, hvilket muligvis har fjernet fokus fra test af lys. Det er muligvis derfor vi ser overraskende få refleksioner fra personalet på Fuglebakken i det afsluttende fokusgruppeinterview i fase 5.5. Vi ved fra fase 5.4 og samtaler med borgere og personale i løbet af fase 5.5, at flere af borgerne har haft effekt af de testede løsninger. Men det kan også skyldes, at løsningerne har været monteret så længe, at det er blevet det nye "normale", og at fokusgruppeinterviewet ikke blev gennemført som planlagt da testen var afsluttet, men en måned senere. Begge plejehjem har bedt om at få lov at beholde løsningerne, hvilket må anses for at være positivt.

Projektet har oplevet, at der kan være mange omstændigheder, som kan påvirke testresultaterne, og de skal ses i den kontekst:

- Kort testvarighed i fase 5.2, 5.3 & 5.4
- Kort udviklingsperiode mellem hver testfase
- Intenst forløb med mange aktiviteter, som griber forstyrrende ind i plejehjemets hverdag
- Personaleressourcer - mangel, sygdom, stress
- Vanskeligt at nå alt personale med information om projektet og løsningerne
- Kognitivt udfordrede borgere
- Kommunikation med borgerne kræver, at man skaber en relation/får hjælp fra personalet
- Vanens magt er stærk
- Skepsis overfor noget nyt
- Tekniske udfordringer

I løbet af testperioderne på de to testplejehjem er der i forbindelse med brugertest, interviews og samtaler med borgere, personale og pårørende registreret følgende effekter hos målgrupperne - ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview og Bilag 13 Evalueringslogs 5.2, 5.3, 5.4:

Gruppe 1 - borgere

- Natlyset gav tryghed
- Personalet oplever natlyset som godt "godnat-lys"

Gruppe 2 - borgere

- Mere appetit
- Mere ro omkring måltidet

- Borgere bliver siddende længere
- Mere social interaktion

Gruppe 3 - borgere

- Personalet mener at natlampen giver tryghed og mindsker risiko for fald
- Personalet mener at alle borgere kunne have gavn af natlampen
- Natlyset på gangene hjælper borgerne til at forstå at det er nat
- Natlyset forstyrrer ikke nattesøvnen – gør det lettere at falde i søvn

Gruppe 4 - borgere

- Borger er mere social, mere tryk, sover godt om natten og er mere vågen om dagen
- Borger er i bedre humør, smiler mere
- Borger har mere ro - mulig følelse af øget tryghed
- Færre kald på personalet

Gruppe 5 - borgere

- Personalet fornemmer at borger er mere rolig om natten
- Borger er glad for RoomMate lamperne i boligen. Pårørende og personale mærker markant bedring i trivsel hos borgeren.
- Borger er glad for RoomMate Gulv i boligen - har haft bedre humør, færre hallucinationer, mere ro og tryghed om natten
- Borger er begyndt at gå i seng om aftenen, når døgnrytmelamperne dæmper lyset - og sover igennem
- Natlys giver bedre orientering ved toiletbesøg
- Natlyset på gangene hjælper borgere til at forstå at det er nat
- Bedre nattesøvn

Gruppe 6 – Personale

- Mindre stress når lyset tænder/slukker og tilpasser sig automatisk
- Mere energi & bedre humør
- Bedre arbejdsmiljø
- Færre dage med hovedpine
- Tilstrækkeligt lys til pleje og orientering om natten
- Hygiejnisk og smart i.f.m. plejeopgaver at natlyset tænder og slukker automatisk
- Behageligt med dæmpet lys om aftenen og natten

3.2 2b levetid på 50.000 timer

Den tilbudte helhedsløsnings levetid skal være eller kunne udvikles til at være 50.000 timer eller mere for lyskilderne.	MK
--	-----------

De anvendte dioder og styringselektronik i enhederne har en garanteret levetid på minimum 50.000 timer, L70B50. Armaturernes konstruktion sikrer en god køling af dioderne, hvilket er et af de vigtigste kriterier for levetiden. Det er også vigtigt, at lyskilderne/LED drives med korrekt spænding og strøm, hvilket sikres ved konstruktionen samt verificering. Ved at teste TC punkter og Ta (ambient temperature) på og rundt om elektronikken i armaturerne, kontrollerer vi, at temperaturerne under drift ligger under de temperaturer, som er specificeret for dioderne og øvrig elektronik.

Livslængdeberegningerne udføres ved Ta=25 grader Celcius, hvilket anses som norm for indendørsbelysning. Den normale indendørs temperatur er sædvanligvis lavere end 25C, hvilket i praksis betyder, at livslængden ved L70B50 er >50.000h.

For at garantere armaturernes og lyskildernes livslængde måles hvert armatur med et maksimalt antal sensorer monteret i armaturet. Testene gennemføres ved max lyseffekt og ved overspænding for at skabe et worst case scenario. Resultaterne fra hver sensor analyseres og skal ligge under de temperaturniveauer, som er angivet for den respektive elektronik (LED, driver etc). Hvis temperaturen ligger over rating, kan livslængden ikke garanteres, og der må foretages en ændring af konstruktionen.

Alle temperaturmålinger dokumenteres for det respektive armatur. Ref. Temperaturmålinger i Bilag 5 Teknisk dokumentation.

Ordregiver har tilkendegivet at leverandøren gerne må anvende standard lyskilder, som ikke i sig selv lever op til kravet om 50.000 timer, hvis der blot medfølger en ekstra pære til lampen. Ref. Bilag 12 Ændringslog, ændring nr. 7.

3.3 2c Levetid på 100.000 timer

Det vægter positivt, hvis helhedsløsningens levetid er eller kan udvikles til at være 100.000 timer eller mere for lyskilderne.	Ø
---	---

Specifikationer fra underleverandører garanterer en levetid på 50.000 timer. Ud fra Belids foreliggende testresultater kan vi antage, at livslængden i produkterne overstiger 100.000h. Dette er bl.a baseret på, at dioderne er underspændte i størstedelen af tiden, f.eks. er de kolde dioder kun aktiverede i 8 timer i døgnet, hvilket betyder, at de på 10 år vil have brugt ca. 28.000 timer.

Da Belids måleresultater tydeligt viser, at produkterne har lavere temperaturer end kravspecifikation for respektive komponent ved 50.000h, kan vi præsentere disse resultater for underleverandører og få bekræftet, hvad den faktiske livslængde er. Dialogen med underleverandører for at få dette bekræftet er påbegyndt.

Ref. Temperaturmålinger i Bilag 5 Teknisk dokumentation.

3.4 2d Levetid på 10 år

Det vægter positivt, hvis helhedsløsningens levetid er eller kan udvikles til at være 10 år eller mere for armaturerne og andre elektroniske sliddele.	Ø
--	---

En levetid på 10 år er stort set det samme som at opnå 87.000 timers levetid på lyskilder. Folietastaturet har en specifikation med forventet levetid på mere end 10 år. Desuden kan et armatur altid repareres, og skærme kan udskiftes. Materialer og fremstillingsprocesser udvikles hele tiden. Eksisterende produkter opdateres løbende, efterhånden som relevante materialer/komponenter er tilgængelige til rimelige priser. Validering af nye materialer/komponenter bliver altid udført i et armatur under drift og dokumenteret. Ref. Bilag 5 Teknisk dokumentation og Bilag 11, Implementeringsplan.

3.5 2e Dokumentation ved 3. part

Det vægter positivt, hvis der foreligger en plan for dokumentation af den biologiske effekt ved uvildig 3. part som del af innovationsforløbet.	Ø
---	---

Uvildig 3. part har i fase 5.5 dokumenteret den biologiske effekt på følgende måde:

1. Lysmålinger i laboratorium, som verificerer leverandørens lysmålinger
2. In situ lysmålinger på plejehjem i København og Århus i fællesarealer og borgernes boliger
3. Dialux simuleringer
4. Evalueringsrapport, som dokumenterer den biologiske effekt i.h.t. kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys Aarhus Kommune og Københavns Kommune UDVIKLING, AFPRØVNING OG IMPLEMENTERING AF BIOLOGISK LYS PÅ PLEJEHJEM

3.parts rapport "Notat vedr. 3. part målinger og beregninger af biologisk lys på plejehjem" konkluderer følgende:

Af ovenstående målinger ses det, at der kan opnås tilstrækkelige niveauer af "biologiske lys" (uden dagslys og grundbelysning) i situationer, hvor borgerne er placeret nær pendler, eller hvor der er placeret et armatur på bordet lige overfor siddepladsen, eller hvor man har orientering lige umiddelbart foran en gulv-lampe. Denne serie af lamper er udviklet som en serie af modeller der i forbindelse med denne prøveophængning fortrinsvis anvendt som supplerende belysning i boliger mm. De vil derfor ikke sig i selv kunne give tilstrækkeligt lys til at opnå et Melanopic EDI niveau på 250 LUX om formiddagen. Særligt ikke hvis der korrigeres for ældres nedsatte optagelse af lys Jf. 2.1.5, Teknisk grundlag for biologisk lys.

Men suppleres der med den naturlige tilgang af dagslys stiger værdierne væsentligt, og når den eksisterende grundbelysning i de enkelte rum også tændes, er der generet meget bedre niveauer af biologisk lys.

Den udviklede serie af lamper er netop udviklet til at supplere den eksisterende grund-belysning, og det er en fordel hvis de enkelte borgere vil have mulighed for at beholde deres egne standerlamper mm. som ofte er placeret bag borgeren for f.eks. at kunne læse, og hvis belysningen i fællesområder generelt skal kunne overholde diverse krav jf. BR 18 til dagslysreguleringer og tilstedeværelsesfølere mm.

Der er nedenfor samlet et lille udpluk af praktiske erfaringer som kan indgå i efterfølgende retningslinjer som er oplistet her:

- Biologisk lys om dagen skal placeres foran borgerne, og så vidt det er muligt i øjenhøjde
- Det er ikke rart for borgerne at sidde kun med en lampe direkte foran sig, så flere lamper er en stor fordel
- Er man placeret, så det biologiske lys kommer meget skråt eller bagfra, har det kun en svag effekt
- Dagslys er den vigtigste kilde til Biologisk lys, (orientering mod et ikke tildækket vindue er en fordel)
- God almen belysning (grundbelysning), som automatisk kan dæmpes/slukkes om natten, er vigtig
- Biologisk lys om natten/aften skal helst ikke sidde direkte i synsvinklen (mørke er bedst)

Ved gennemgang af alle målingerne er der ikke registreret CRI (Ra) under 90 og CRI (R9) under 20(nat) og 40(måltider), som derfor anses som værende overholdt jf. krav fra afsnit 2.2.1 i Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.

Med hensyn til de på nuværende tidspunkt udviklede armaturer fra Lyhne og Belid, anses de angivne krav til den biologiske effekt ligeledes som værende overholdt, da armaturerne i sig selv ved laboratiemålinger kan afgive 250 Melanopic EDI (lx) i en meters afstand.

4 3 Potentiale for brugervenligt design

4.1 3a Løsning skal kunne slukkes

Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at kunne slukkes helt af den enkelte bruger, hvis dette ønskes midlertidigt eller permanent.	MK
--	-----------

Brugeren kan slukke døgnrytmelamperne ved et enkelt tryk på tænd/sluk knappen direkte på armaturets betjeningspanel eller på en fjernbetjening. Natlamperne kan slukkes på drejeknappen. Badeværelseslamperne skal ikke betjenes, da de styres med sensorer, men kan slukkes ved at afbryde strømmen. Brugertest viser, at både borgere og personale er i stand til at slukke lamperne. Ref. bilag 6, Brugertest.




4.2 3b Hjemligt design

Den tilbudte løsning skal have eller kunne udvikles til at have et hjemligt design.	MK
---	-----------

De lysarmaturer, der indgår i helhedsløsningen, har fået et hjemligt design ved at anvende naturlige materialer som træ og tekstil.

Projektet registrerede indsigter omkring designet i forbindelse med de gennemførte betjenings- og designtest og interviews med borgere og personale i alle testfaser og har løbende forbedret designet samt udvidet udvalget af lamper. Der er god accept af løsningerne, og generelt er holdningen blandt både borgere og personale, at det er meget individuelt, hvad man kan lide, og at det kommer an på sammenhængen. Det er derfor en styrke, at helhedsløsningen indeholder mange forskellige løsninger. Ref. Bilag 1, Helhedsløsning, Bilag 6, Brugertest og Bilag 13, Evalueringslogs.

	<p>SolMate Mobil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontorpersonalet kan godt lide designet og synes den passer godt på skrivebordet • De fleste borgere synes, SolMate Mobil er for moderne og mangler en lampeskærm • Enkelte borgere synes den er fin, fordi den giver meget lys • Plejepersonalet synes designet er moderne og elegant med naturlige farver, som kan passe mange steder • Passer bedre i fællesarealerne end hos borgerne
	<p>RoomMate Bord og Gulv</p> <ul style="list-style-type: none"> • Både borgere og personale kan godt lide designet • Det ligner en almindelig lampe • Passer godt ind hos borgerne • Stofskærmen er fin
	<p>RoomMate Plafond</p> <ul style="list-style-type: none"> • Designet passer fint ind hos borgerne • Harmonerer godt med RoomMate Bord/Gulv og natlampen, som også har tekstilskærm • Ikke så institutionsagtig – mere hjemlig
	<p>SolMate Pendel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Designet er fint og passer godt i spise-stuen • Blødt, behageligt design – natur, mindfulness

	<p>SolMate Plafond</p> <ul style="list-style-type: none"> • Passer godt ind i fællesarealer • Bliver accepteret uden kommentarer
	<p>Natlampen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Designet bliver accepteret i fællesarealer og i borgernes hjem • Passer fint ind p.g.a. det neurale design
	<p>Badeværelseslampen/trappebelysning</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bliver accepteret uden kommentarer
	<p>Spisestuerne</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det giver en hyggelig og hjemlig atmosfære, at der er placeret en kombination af forskellige lamper

Det er desuden værd at bemærke følgende feedback omkring lyset:

- SolMate Mobil opleves skarp på fuld styrke – men OK på kontoret
- RoomMate Bord og Gulv opleves behagelig. Det øgede lysniveau i fase 5.5 blev accepteret uden kommentarer.
- SolMate Pendel opleves generelt behagelig og passende, men i den mørke periode oplever enkelte den som skarp midt på dagen
- SolMate Plafond accepteres om dagen uden kommentarer
- NightMate opleves behagelig og passende om natten som orienteringslys
- Der er lys nok til mindre plejeopgaver og i 3 ud af 4 tilfælde til større plejeopgave
- Badeværelseslampen opleves tilstrækkelig om natten
- Natlyset opleves behageligt og passende som orienterende lys
- Behageligt og afstressende for personalet, at lyset tilpasser sig automatisk i løbet af dagen

Se Bilag 6 Brugertest, Bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys, bilag 10 PL fokusgruppeinterview og Bilag 13, Evalueringslogs.

4.3 3c Brugervenligt design

<p>Den tilbudte løsning skal have eller kunne udvikles til at have et enkelt og brugervenligt design, der gør det muligt for alle seks målgrupper at anvende løsningen.</p>	<p>MK</p>
---	------------------

Helhedsløsningen består af armaturer, der automatisk sørger for at give brugerne det rette lys på det rette tidspunkt. Det er også muligt at tænde/slukke eller regulere lyset manuelt v.h.a. en simpel betjening med kun 3 knapper på døgnrytmelamperne og en drejeknap på natlamperne. Brugerne har oplevet, at det er en god hjælp i hverdagen, at lyset tilpasser sig samt tænder og slukker automatisk. For plejepersonalet virker det afstressende og frigiver ressourcer til andet arbejde, samt at det er en meget hygiejnisk løsning, når de f.eks. udfører plejeopgaver hos borgerne om natten. Den høje grad af automatik har desuden den fordel, at det mindsker risikoen for fejlbetjening. Projektet har gennemført betjenings- og designstest i 4 faser med brugerne på de to testplejehjem for at sikre en så enkel og brugervenlig løsning som muligt. Se Bilag 6 Brugertest, bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys, bilag 10 PL fokusgruppeinterview.

4.3.1 Døgnrytmelamperne

De mobile døgnrytmelamper til bord, gulv og væg tilsluttes en almindelig stikkontakt og betjenes v.h.a. 3 lysende knapper direkte på armaturet; tænd/sluk, skru ned og op. De lysende knapper sikrer, at betjeningspanelet kan ses – også i mørke. De loftmonterede løsninger SolMate pendel/plafond og RoomMate Plafond betjenes v.h.a. en fjernbetjening med samme betjeningspanel som på de mobile døgnrytmelamper. Fjernbetjeningen kan forbindes med én eller flere enheder og kan placeres ved indgangen til et rum eller f.eks. på et sengebord hos en borger.

Døgnrytmelamperne har en integreret styring, som automatisk kører den prædefinerede døgnrytme-lysprofil. Armaturet bør være tændt hele døgnet, men hvis brugeren har slukket armaturet, kan man tænde for døgnrytmen igen ved at trykke på én knap og være sikker på at få det rette lys. Det er muligt at låse knapperne på de mobile døgnrytmelamper, hvis det skønnes at være relevant, f.eks. til gruppe 5, Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.

Der er etableret en automatisk tilbagevenden til den prædefinerede døgnrytme-lysprofil, hvis en bruger har skruet op eller ned for lyset manuelt. Dermed sikres det, at brugerne automatisk får den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning. Ca. 90% af borgerne sover i mørke, så der er etableret en funktion, hvor SolMate Mobil og RoomMate kan slukkes om natten og automatisk starte døgnrytmelyset om morgenen kl. 7.00. SolMate Pendel og Plafond i fællesarealerne starter automatisk op kl. 6.00, hvis de har været slukket. Brugere behøver dermed ikke at huske at tænde for lamperne.

Det er muligt at etablere zoner ved at forbinde op til ca. 20 armaturer med en fjernbetjening, der kan placeres på væggen. Etableringen af zoner er testet i fællesarealerne på de to plejehjem og har givet brugerne mulighed for at betjene pendler og plafonder i spisestuerne. Det er muligt at forbinde to fjernbetjeninge, som kan styre de samme armaturer, hvis der f.eks. er brug for en fjernbetjening i hver ende af en gang, hvilket er testet på gangen på det ene plejehjem i fase 5.4.

4.3.2 Natlamperne

Natlamperne styres af timere og sensorer, så de tænder og slukker automatisk. Hos borgerne placeres natlampen ved siden af sengen – enten med mørkesensor, så den giver konstant tryghedsskabende natlys - eller bevægelsessensor så den tænder, når borgeren træder ud af sengen og f.eks. skal på toilettet om natten. Lamperne slukker automatisk igen efter 5 minutter. På badeværelset styres natlyset ligeledes med en mørke- eller bevægelsessensor og skal ikke betjenes. På gang- og trappearealer kan natlamperne styres med en central timer, som sørger for automatisk at tænde og slukke for natlyset. Natlamperne kan også styres via Dali. På de to plejehjem har det fungeret godt at tænde natlyset kl. 22.00 og slukke det kl. 6.00. I tidsrummet kl. 6.00 – 22.00 har den eksisterende basisbelysning være tændt. Se Bilag 6 Brugertest, bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys, bilag 10 PL fokusgruppeinterview.

4.4 3d Nem og intuitiv at bruge

<p>Det vægter positivt, hvis den tilbudte løsning er eller kan udvikles til at være nem og intuitiv at bruge uden nævneværdig oplæring – både for medarbejdere og for borgerne.</p>	<p>Ø</p>
---	----------

Betjeningen af døgnrytmelamperne foregår v.h.a. de samme 3 knapper på armaturerne og på fjernbetjeningen, så man sikrer en ensartet måde at betjene enhederne på. Ved et enkelt tryk på "tænd" startes døgnrytmelyset med det korrekte lys på det pågældende tidspunkt på døgnet. Ønsker man selv at vælge en bestemt lysstyrke, kan man skrue ned eller op. Se en beskrivelse af knappernes funktion i bilag 1. Hvis en borger eller plejepersonalet har skruet op eller ned for lyset manuelt, vil armaturet automatisk vende tilbage til den prædefinerede døgnrytme-lysprofil efter et fastsat tidsrum.

Man vil også kunne genaktivere døgnrytmelyset manuelt ved at slukke og tænde igen – altså en genstart på samme måde som andet elektronik, hvilket virkede logisk for de fleste brugere. Hvis armaturet bliver slukket på betjeningspanelet, vil det automatisk tænde igen næste morgen.

Der er udarbejdet og testet informationsmateriale om døgnrytmelys og brugervejledninger for døgnrytmelamperne – en ganske simpel vejledning til borgere og pårørende i A5 format, som kun beskriver de grundlæggende funktioner. Betjeningstest og opfølgning hos borgere, som havde løsningerne monteret, viste, at de alle sammen kunne betjene døgnrytmelamperne. Knappernes funktioner og ikoner var logiske og intuitive for de fleste, men meget demente borgere kunne godt blive forvirrede. Plejepersonalet gav udtryk for, at de få knapper med enkle ikoner var gode til demente borgere.

I fase 5.4 og 5.5 gennemførte B&L sammen med PL betjeningstest på SolMate Mobil, RoomMate Bord og RoomMate Gulv. Resultaterne kan overføres til SolMate Plafond og Pendel, da de har samme betjeningspanel.

Resultaterne af betjeningstest med både borgere og personale var følgende:

- Nemt og intuitivt for personale og de fleste borgere at udføre de grundlæggende funktioner
- Alle lykkedes med at vende tilbage til døgnrytmelys – ofte v.h.a. brugervejledningen
- De fleste havde ingen problemer med at se knapperne
- En enkelt borger havde svært ved at se knapperne på SolMate Mobil p.g.a. blænding – det var lettere på RoomMate, hvor der er længere afstand fra lyskilden til tastaturet
- Svagtseende kunne føle sig frem til tastatur og knapper
- Knappernes ikoner blev af de fleste opfattet som logiske
- Nogle borgere blev forvirrede over ikonerne
- Nogle borgere havde vanskeligt ved at trykke på knapperne
- SolMate Mobils tastatur sidder tæt ved den flade, lampen står på, hvilket kan gøre det vanskeligt at trykke med pegefingern. Det er lettere med tommelfingern.
- RoomMate Bord og Gulv var lettere at betjene p.g.a. tastaturets placering
 - På RoomMate Bord er tastaturet placeret horisontalt, så det er nemt at trykke ned med pegefingern
 - På RoomMate Gulv er tastaturet placeret lodret på et beslag, der gør det nemt at holde om beslaget og trykke med tommelfingern.

Der er udarbejdet en mere udførlig vejledning til plejepersonalet, som inkluderer de mere avancerede funktioner, som parring med fjernbetjening og låsning af tastatur. Betjeningstest viste, at personalet var i stand til at udføre de grundlæggende funktioner uden vejledning og de avancerede funktioner v.h.a. vejledningen. Det kan ikke forventes, at personalet kan udføre de avancerede funktioner uden vejledning. Det er funktioner, som kun skal udføres sjældent – f.eks. i forbindelse med montering eller flytning af en løsning. Af driftsmæssige årsager er det heller ikke hensigtsmæssigt, at alle og enhver f.eks. kan de-aktivere parringen af en lampe med en fjernbetjening.

Natlampernes sensorer & timere sørger for automatisk at tænde og slukke lyset, når der er behov for lys. Betjeningstest viste, at både borgere og personale kunne betjene natlampen på drejeknappen uden vejledning.

Se Bilag 6 Brugertest, bilag 7 Brugervejledninger, bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys, bilag 10 PL fokusgruppeinterview.

4.5 3e Særlige behov og hensyn hos målgrupperne

<p>Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning lever op til eller kan udvikles til at leve op til så mange særlige behov og hensyn hos de 6 målgrupper som muligt beskrevet jf. Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse.</p>	<p>Ø</p>
--	----------

Helhedsløsningen imødekommer de 6 målgruppers behov på følgende måde:

Behov og hensyn	Beskrivelse af løsning
Styrkelse af døgnrytme/tidsstyret protokol	<ul style="list-style-type: none"> • Serien af døgnrytmelamper imødekommer behovet for at få styrket døgnrytmen v.h.a. en prædefineret lysprofil, der efterligner døgnets naturlige lysintensitet og farve. Døgnrytmelampen sørger dermed for at give det ønskede energiboost om dagen, der understøtter aktivitet, det dæmpede lys om aftenen, der forbereder brugerne til hvile og det søvnkonsoliderende natlys, der understøtter nattesøvnen. • Natlamperne understøtter døgnrytmen om natten.
Lysboost om dagen i øjenhøjde	<ul style="list-style-type: none"> • SolMate mobil & RoomMate Bord og Gulv lamperne er flytbare og kan placeres i øjenhøjde på en flade på en væg eller på gulvet der, hvor brugerne opholder sig. • SolMate Pendel placeres højt over bordene, så borgere og personale får lyset ind i øjnene i en vinkel. • SolMate Plafond & RoomMate Plafond placeres i loftet der, hvor brugerne opholder sig og bidrager til et generelt højt lysniveau i rummet midt på dagen. • En prædefineret lysprofil, der efterligner døgnets naturlige lysintensitet og farve sørger for at døgnrytmelamperne giver det ønskede lysboost om dagen
Tryghedsskabende/ Orienterende/guidende natlys	<ul style="list-style-type: none"> • Natlampe med bevægelsessensor kan placeres på væggen ved sengen og kan derved guide borgeren til toiletet om natten. • Natlampe med mørksensor kan placeres på væggen ved sengen derved give trygt orienterende lys hele natten. • Døgnrytmelamperne kan give det samme tryghedsskabende og guidende lys om natten. • Natlampen kan placeres på gang- og trappearealer og give orienterende natlys. • På toiletterne placeres et standard badeværelsesarmatur med dæmpet natlys, så borgere og personale kan orientere sig uden at forstyrre nattesøvnen. • Det dæmpede natlys fra både døgnrytmelamper og natlamper giver ro om natten. Natlyset hjælper desuden borgeren til at forstå at det er nat og tid til at gå i seng. Natlyset giver orienterende & guidende lys, som efter personalets opfattelse bidrager til at forhindre fald.
Natlys til toiletbesøg	<ul style="list-style-type: none"> • På toiletterne placeres et standard badeværelsesarmatur med dæmpet natlys og automatisk tænding via mørke- eller bevægelsessensor, så borgere og personale kan orientere sig uden at forstyrre nattesøvnen.
Belysning af måltid	<ul style="list-style-type: none"> • Dioderne i døgnrytmelamperne har en CRI værdi på ca. 95, således at farvegengivelsen bliver optimal og giver en god belysning af måltidet. • SolMate Pendel placeres over spisebordet i den fælles spisestue. • I borgerens bolig placeres en almindelig pendel over spisebordet med en LED pære med god farvegengivelse.
Mulighed for anvendelse af egne lamper	<ul style="list-style-type: none"> • Hvis borgeren har en eksisterende pendel over spisebordet i boligen, kan lyskilden skiftes til en LED pære med god farvegengivelse til belysning af måltidet.
Mulighed for at styre og regulere lyset samt slukke	<ul style="list-style-type: none"> • Plejepersonalet eller borgeren har mulighed for at skrue op og ned eller helt slukke lyset både på døgnrytmelamper og natlamper. • Døgnrytmelamperne kan også betjenes v.h.a. en fjernbetjening, som kan placeres ved indgangen til rummet.
Tilpasning til individuelle behov	<ul style="list-style-type: none"> • Serien af døgnrytmelamper består af SolMate mobil, SolMate Plafond og SolMate Pendel samt RoomMate Bord, RoomMate Gulv og RoomMate Plafond, som kan kombineres til de ønskede scenarier samt en specialudviklet uafhængig styring af lyset med to forskellige lysprofiler,

Behov og hensyn	Beskrivelse af løsning
	som er integreret i armaturerne. Der er dermed en stor fleksibilitet, som gør det muligt at tilpasse lyspåvirkningen til det individuelle behov.
Zoneopdeling	<ul style="list-style-type: none"> Der kan etableres zoner ved at forbinde døgnrytmelamperne med en fjernbetjening, som kan placeres på væggen.
Arbejdslys	<ul style="list-style-type: none"> Døgnrytmelampernes lysprofil i fællesarealer er tilpasset personalets behov for arbejdslys samtidig med, at det er biologisk effektivt. Plejepersonalet har mulighed for at skrue op for både på døgnrytmelamper og natlamper, hvis de har behov for mere arbejdslys både hos borgerne og i fællesrum, kontorer og personalerum. Om natten vil plejepersonalet have mulighed for at skrue op for natlysets intensitet både på døgnrytmelamperne og natlamperne, hvis der er behov for det til mindre eller større plejeopgaver.
Oplysning af vertikale flader	<ul style="list-style-type: none"> Både SolMate Plafond, RoomMate plafond og de mobile enheder RoomMate Bord og Gulv kan bidrage til at oplyse de vertikale flader i rummet.
Hjemligt design	<ul style="list-style-type: none"> Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt, og de synes lamperne passer godt ind. Se afsnit 4.2, Hjemligt design. Døgnrytmelamperne har en stor lysflade samt en max Kelvin på under 4200, som gør lyset så behageligt som muligt samtidig med at det er biologisk effektivt.
Simpel betjening	<ul style="list-style-type: none"> Helhedsløsningens lamper er designet, så bruger-interfacet er så simpelt som muligt. Dette er tilpasset i løbet af projektet, og brugertest viser, at alle brugergrupper kan betjene løsningerne. Ref. Brugertest i bilag 6 Høj grad af automatik
Flytbare løsninger	<ul style="list-style-type: none"> Døgnrytmelamper og natlamper tilsluttes en almindelig stikkontakt eller et lampeudtag og kan placeres der, hvor det er mest hensigtsmæssigt i.f.t. borgere, plejepersonale og andet inventar. De loftmonterede døgnrytmelamper skal monteres/afmonteres af el-teknisk personale, men dette er accepteret af Ordregiver.
Implementerbarhed	<ul style="list-style-type: none"> Løsningerne lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

1. Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser									
Behov					Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov Nat: - Behov for lyskilde med varmt rødt lys med få/ingen blå bølgelængder om natten - Lys til mindre plejeopgaver om aften/nat for personalet, så borger ikke vækkes					- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Lyset kan tændes og reguleres (op/ned) af medarbejdere, gerne ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer, fx bordlampe, standerlampe, lysstrip					Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Færre fald - Bedre arbejdsmiljø omkring borger ved færre kald og arbejdsopgaver om natten				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed					- Styrkelse af omsorg og pleje af borger ved godt arbejdslys for personale				
Anvendelse		Soveværelse Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkken Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her		X	X						

Biologisk effekt & hensyn

En borger i gruppe 1 har behov for natlys, der kan skabe tryghed, hvis borgeren vågner. Løsning til borgeren i gruppe 1 er at anvende natlampen, som kan placeres på væggen ved siden af sengen.

Natlampen lyser med dæmpet søvnkonsoliderende lys om natten og findes i to versioner – én med mørkesensor, og én med bevægelsessensor. Natlampen med mørkesensor tændes, når der er mørkt i rummet og giver et konstant dæmpet natlys til de borgere som har behov for det. Borgere i gruppe 1 kan også have glæde af natlampen med bevægelsessensor, som tænder, når borgeren træder ud af sengen. Brugertest og interviews med borgere og personale har vist, at der er lys nok til at orientere sig om natten og arbejdslys nok til mindre plejeopgaver.

Design- og brugsbehov

Natlampen tændes og slukkes manuelt på lampens drejeknap. Det er også muligt at skrue op og ned på natlampens drejeknap, hvis borgeren eller personalet har brug for at justere på lyset. Natlampen har et hjemligt design, som borgerne synes passer godt ind i boligen. Se afsnit 4.2, Hjemligt design.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

2. Borgere med nedsat appetit									
Behov					Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov					- Spiser oftere i fællesrum - Spiser i egen bolig, vekslende behov - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
- Lyskilde der understøtter bedste kontraster og farvegengivelse af måltidet									
Design - særlige brugsbehov					Værdiskabelse				
- Skal kunne lyse ned på maden, der hvor borgeren spiser sin mad					- Forbedret måltidsoplevelse - Øget appetit og næringsoptag - Vægtøgning				
- Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig									
- Hjemligt design hvis der opsættes/placeres nye lamper									
- Mulighed for at bruge egne lamper									
- Forskellige typer, fx bordlampe, standerlampe, wallwash, pendel									
Implementerbarhed - særlige									
- Behov for flytbar løsning									
- Enkel installation, montering og tilpasninger									
- Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed									
Anvendelse		Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her			x		x	x		(x)	
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her									

Biologisk effekt og hensyn

En borger i gruppe 2 har behov for at få en lyskilde, der understøtter de bedste kontraster og farvegengivelse af måltidet. Hvis en borger fra gruppe 2 indtager måltiderne i den fælles spisestue, vil en eller flere SolMate pendler være placeret over spisebordet og belyse måltidet fra oven evt. i kombination med SolMate Plafond i loftet og SolMate Mobil og RoomMate Bord og Gulv lamper placeret rundt om i rummet. Døgnrytmelamperne lyser med en prædefinerede døgnrytme-lysprøfil med dioder som har en CRI på over 95, hvilket betyder, at farvegengivelsen af måltidet er god. Hvis en borger i gruppe 2 spiser i egen bolig, placeres en almindelig pendel over spisebordet med en LED lyskilde med god farvegengivelse. Brugertest og interviews med personale viser, at borgere i testperioderne har haft øget appetit og øget social interaktion samt opholder sig længere i den fælles spisestue. Ref bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Design- og brugsbehov

Pendlerne belyser måltidet fra oven. Brugeren har mulighed for at regulere lyset både i spisestuen via en fjernbetjening og i egen bolig direkte på lampen. Borgere og personale vurderer, at SolMate Pendel har et design, som passer godt i spisestuen. Den almindelige pendel til borgerens bolig er et standard produkt målrettet hjemmets belysning. Hvis borgeren allerede har en pendel over spisebordet, skiftes pæren til en LED-pære med god farvegengivelse, som f.eks. Philips MAS LEDBulb DT5.9-60W E27 927 A60 FR G.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

3. Borgere, der vandrer om natten												
Behov					Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov					- Ofte kun lampeudtag på badeværelset - Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Plads til andet inventar f.eks. loftlift - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer							
Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder - Lys til mindre plejeopgaver om aften/nat - Lyskilder der tænder samtidigt og guider fra seng til badeværelse - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Hjemligt design af lamper - Forskellige typer, fx lysstrip, påbygningsarmatur												
Design - særlige brugsbehov					Værdiskabelse							
- Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed					- Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Bedre arbejdsmiljø omkring borger f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje af borger ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed							
Implementerbarhed - særlige behov												
Anvendelse					Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Kø.k.niche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her												
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her					x		x					

Biologisk effekt og hensyn

En borger i gruppe 3 har behov for søvnkonsoliderende natlys, som kan skabe tryghed og guide borgeren til toilettet og tilbage igen til sengen. Løsning til borgeren i gruppe 3 er at anvende natlampen med bevægelsessensor, som placeres på væggen ved siden af sengen. Natlampen er som udgangspunkt slukket om natten, men bevægelsessensoren sørger for at lampen tændes, når borgeren træder ud af sengen. Der er etableret en timer-funktion, som automatisk slukker natlampen igen efter 5 minutter. I badeværelset monteres et badeværelsesarmatur med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at borgerne er glade for, at lyset tænder automatisk. Der er lys nok til at kunne orientere sig, og der er arbejdslys nok til mindre plejeopgaver. Ref. Bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys og Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Natlampene kan også placeres i gangarealerne, så borgeren vil opleve dæmpet natlys, hvis vedkommende bevæger sig der ud om natten. Personalet giver udtryk for, at det dæmpede natlys på gangene gør det nemmere for borgerne at forstå at det er nat, og nemmere at få dem ind i seng igen. Personalet mener også, at natlampen er med til at forhindre fald.

Design- og brugsbehov

Det er muligt at skrue op og ned for lyset samt tænde og slukke manuelt på natlampens drejeknap. Natlampen har et hjemligt design, som borgerne synes passer godt ind i boligen. Badeværelseslampen bliver accepteret uden kommentarer. Se afsnit 4.2, Hjemligt design.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

4. Borgere, der er immobile og plejekrævende											
Behov				Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Plads til andet inventar f.eks. loftlift - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer							
Formiddag: - Tidstyret energiboost med fuldspekret lys (i øjenhøjde) Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder											
Design - særlige brugsbehov				Værdiskabelse							
- En eller flere lyskilder med godt arbejdslys til plej opgaver over døgnet - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Adgang til at styre og regulere lyset, for medarbejder fx ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer fx bordlampe, standerlampe, wallwash, pendel, lysstrip				- Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedre energiniveau - Forebyggelse døgnrytmeforstyrrelser - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og opgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed							
Implementerbarhed - særlige behov											
- Behov for flytbar løsning - Enkel installation, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed											
Anvendelse				Soveværelse	Stue	Bad	Køkken	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her											
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her				X		X					

Biologisk effekt og hensyn

En borger i gruppe 4 har ikke mulighed for selv at bevæge sig ud i fællesarealer eller udenfor, så der er behov for at forsøge at skabe en robust døgnrytme v.h.a. biologisk lyspåvirkning i selve plejeboligen, hvis det er her borgeren opholder sig mest. De mobile døgnrytmelamper som SolMate Mobil, RoomMate Bord og Gulv kan placeres på bordet, på gulvet eller på væggen i plejeboligen, hvor borgeren sidder eller ligger. RoomMate Plafond, som går fri af en lift, placeres i loftet med en fjernbetjening ved døren eller ved f.eks. sengebordet. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lysprøfil, der giver det ønskede energiboost om dagen, dæmpet lys om aftenen og søvnkonsoliderende lys om natten. Hvis borgeren opholder sig mest i fælles opholdsrum om dagen, vil vedkommende kunne få et lysboost fra en eller flere SolMate pendler, som er placeret over bordene i kombination med SolMate Plafond i loftet og SolMate Mobil og RoomMate Bord og Gulv lamper placeret rundt om i rummet.

Design- og brugsbehov

Både døgnrytmelamperne og natlamperne kan bruges som arbejdslys for personalet. Hvis døgnrytmelamperne bliver tændt om natten, vil de lyse med dæmpet natlys, så borgeren og plejepersonalet kan orientere sig uden at tænde kraftigt lys. Hvis plejepersonalet har brug for mere lys om natten, kan der skrues op for lysintensiteten på armaturenes betjeningspanel eller på fjernbetjeningen, som er placeret ved døren eller i nærheden af borgeren - f.eks. på sengebordet. Denne borger sover typisk i mørke, så der er etableret en funktion, hvor døgnrytmelampen kan slukkes om natten og automatisk starte døgnrytmelysen om morgenen kl. 7.00. Man kan placere flere mobile døgnrytmelamper i rummet på tidspunkter, hvor der er behov for et ekstra energiboost. Hvis plejepersonalet har brug for et mere intenst arbejdslys end døgnrytmelysen giver på et givent tidspunkt, kan man skrue op for lyset. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lyset, vil døgnrytmelamperne automatisk vende tilbage til den prædefinerede døgnrytme efter 2 timer i tidsrummet kl. 7-22 og efter 15 minutter kl. 22-7. Brugeren kan også manuelt vende tilbage til døgnrytmelysen. I badeværelset anvendes badeværelsesarmaturet med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor afhængigt af borgerens og personalets behov for natlys. Interviews med personalet viser at borgere i denne gruppe har været mere trygge, mere sociale, mere rolige og har været i bedre humør i testperioderne. Der har været nok arbejdslys til mindre og større arbejdsopgaver. Se eksempler på mulige kombinationer af løsninger i bilag 1 Helhedsløsning. Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt og hyggeligt. Se afsnit 4.2, Hjemligt design. Døgnrytmelamperne har en stor lysflade samt en Kelvin på under 4200, som gør lyset så behageligt som muligt.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

5. Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser									
Fysisk og psykisk urolige, depressive, svagtsende og gangbesværede									
Behov					Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov Formiddag: - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt - Morgenvækning med gradvis styrke af fuldspektralt lys - Energiboost med fuldspektralt lys (i øjenhøjde) Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølglængder uden der er mørkt i rummet Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølglængder					- Ingen eller få blå bølglængder om natten - Tag højde for andet inventar f.eks. loftlift - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys til plejopgaver over døgnet - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Adgang til at styre og regulere lyset, for medarbejder, fx ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer fx bordlampe, stænderlampe, walkwash, pendel, lysstrip					Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedre energiniveau - Forebyggelse døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Forebyggelse af agitation - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og opgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installation, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed									
Anvendelse		Soveværelse Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkken Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her		x	x	x	x	(x)	(x)		
(X) = Løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her									

Biologisk effekt og hensyn

En borger i gruppe 5 har behov for at få etableret en robust døgnrytme v.h.a. biologisk lyspåvirkning, som kan understøtte aktivitet om dagen og ro om natten. Der er derfor brug for så mange døgnrytmelamper som muligt i plejeboligen, hvis det er her borgeren opholder sig mest. De mobile døgnrytmelamper kan placeres på bordet, på gulvet eller på væggen i plejeboligen, hvor borgeren sidder eller ligger. RoomMate Plafond, som går fri af en evt. lift, placeres i loftet med en fjernbetjening ved døren eller ved f.eks. sengebordet. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lyspol, der giver det ønskede energiboost om dagen, dæmpet lys om aftenen og søvnkonsoliderende lys om natten. Hvis borgeren opholder sig mest i fælles opholdsrum om dagen, vil vedkommende kunne få et lysboost fra en eller flere SolMate pendler, som er placeret over bordene i kombination med SolMate Plafond i loftet og SolMate Mobil og RoomMate Bord og Gulv lamper placeret rundt om i rummet. Om natten lyser døgnrytmelamper og natlamper i fællesarealet med dæmpet natlys, der ikke forstyrrer nattesøvnen.

Design- og brugsbehov

Hvis døgnrytmelampen bliver tændt om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys, så borgeren og plejepersonalet kan orientere sig uden at tænde kraftigt lys. Hvis plejepersonalet har brug for mere lys om natten, kan der skrues op for lysintensiteten på armaturets betjeningspanel eller på fjernbetjeningen, som er placeret ved døren eller i nærheden af borgeren. Denne borger sover typisk i mørke, så der er etableret en funktion, hvor døgnrytmelampen kan slukkes om natten og automatisk starte døgnrytmelampelyset om morgenen kl. 7.00. Man kan placere flere mobile døgnrytmelamper i rummet på tidspunkter, hvor der er behov for et ekstra energiboost. Der kan aktiveres en lås af knapperne, så borgeren ikke vil kunne trykke på dem, hvis der er brug for det. Hvis plejepersonalet har brug for et mere intenst arbejdslys end døgnrytmelampelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skrue op for lyset. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lyset, vil døgnrytmelamperne automatisk vende tilbage til den prædefinerede døgnrytme efter 2 timer i tidsrummet kl. 7-22 og efter 15 minutter kl. 22-7. Brugeren kan også manuelt vende tilbage til døgnrytmelampelyset. Denne borger kan også have glæde af en natlampe med bevægelsessensor ved sengen, som tænder, hvis borgere træder ud af sengen om natten. I badeværelset anvendes badeværelsesarmaturet med dæmpet natlys, der aktiveres af enten en mørke- eller bevægelsessensor efter behov. Natlamperne kan også placeres i gangarealerne, så borgeren vil opleve dæmpet natlys, hvis vedkommende bevæger sig der ud om natten. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at borgere i denne gruppe har været mere trygge, mere

rolige og har været i bedre humør og har sovet bedre i testperioderne. Der er eksempler på markant bedre trivsel blandt borgere i denne gruppe, hvilket også er blevet bemærket af pårørende. Der er også eksempler på, at døgnrytmelamperne kan guide borgeren til at gå i seng om aftenen. Der har været nok arbejdslys til mindre og større arbejdsopgaver. Ref. Bilag 9 Test af orienterings- og arbejdslys og Bilag 10 Fokusgruppeinterview. Se eksempler på mulige kombinationer af løsninger i bilag 1 Helhedsløsning.

Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt og hyggeligt. Se afsnit 4.2, Hjemligt design. Døgnrytmelamperne har en stor lysflade samt en Kelvin på under 4200, som gør lyset så behageligt som muligt.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

Fællesrum med spisestue med plads til aktiviteter, opholdsrum samt afdelingskøkken										
Fællesarealer										
Behov			Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov Dag: - Energiboost med fuldspektralt lys (i øjenhøjde) - God farvegengivelse ved spisesituationer Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet - Nok lys til mindre arbejdsopgaver for personalet/borger om aftenen Nat: - Natlys med tænding af lys til synsopgaver for personalet om natten			- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Beboere spiser oftere i fællesrum - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Godt arbejdslys i køkkenet - Ældres forskellige funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer							
Design - særlige brugsbehov			Værdiskabelse							
- Tidsstyring for tænd/sluk - Zoneopdelt lys - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys - Adgang til at styre og regulere lyset ved indgang - Hjemligt design af lamper - Oplysning af vertikale flader - Mulighed for aktivering af akutlys - F.eks. bordlampe/standerlampe/wallwash/pendel			- Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Forebyggelse af agitation							
Implementerbarhed - særlige behov			- Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten samt større aktivitetsniveau - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed							
Implementerbarhed - særlige behov										
Implementerbarhed - særlige behov										
Anvendelse			Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her				(x)		(x)	x	(x)	(x)	
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov										

Biologisk effekt og hensyn

Borgere og personale opholder sig meget i fælles spisestue og opholdsrum, så det er her helhedsløsningen har mulighed for at give alle brugere en biologisk lyspåvirkning, som kan understøtte aktivitet om dagen og ro om natten samt give en god belysning af måltidet. De mobile døgnrytmelamper, SolMate Mobil. RoomMate Bord & RoomMate Gulv kan placeres på bordene, andre vandrette flader, på gulvet eller på væggene i øjenhøjde, hvor borgere og personale opholder sig. SolMate Pendel kan hænge over bordene og belys måltidet fra oven, og SolMate Plafond kan placeres i loftet. De loftmonterede døgnrytmelamper betjenes v.h.a en fjernbetjening, som kan placeres ved indgangen til rummet. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lysprøfil, der giver det ønskede energiboost om dagen, dæmpet lys om aftenen og søvnkonsoliderende lys om natten. Døgnrytmelamperne lyser med dioder, som har en CRI på over 95, hvilket betyder, at farvegengivelsen af måltidet er god.

Hvis plejepersonalet har behov for mere lys end døgnrytmelamperne giver om aftenen og natten, kan der skrues op for lyset på fjernbetjeningen ved indgangen til rummet.

I køkkener kan SolMate Plafond placeres i loftet med en fjernbetjening ved indgangen til rummet og bidrage med en biologisk lyspåvirkning samt det gode arbejdslys, eller en natlampe med mørke- eller bevægelsessensor kan placeres på væggen.

Design- og brugsbehov

Hvis brugerne har brug for mere eller mindre lys end døgnrytmelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skrue op eller ned for lyset på armaturets betjeningspanel eller på en fjernbetjening. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at det virker afstressende for personalet, at lyset

tilpasser sig automatisk i løbet af døgnet. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 10 Fokusgruppeinterview. I de fleste tilfælde virker lyset passende, men hvis der er behov for det, kan der skues op eller ned. SolMate Pedal lyser ned på bordene, SolMate Plafond oplyse hele rummet kombineret med de mobile døgnrytmelamper, som placeres på vandrette flader rundt om i rummet og kan bidrage til at oplyse de vertikale flader. Hvis der er brug for akutlys kan der skrues helt op for døgnrytmelamperne.

Der kan etableres zoner ved at forbinde døgnrytmelamperne med en fjernbetjening, som kan placeres på væggen ved indgange til rummet.

Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt og hyggeligt. Se afsnit 4.2, Hjemligt design. Døgnrytmelamperne har en stor lysflade samt en Kelvin på under 4200, som gør lyset så behageligt som muligt.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

Gange, opholdsniche og trapper								
Fællesarealer								
Behov				Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt Dag: - Energiboost med fuldspektralt lys (i øjenhøjde) - God farvegengivelse ved spisesituationer Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet - Nok lys til mindre arbejdsopgaver for personalet/borger om aftenen Nat: - Natlys med tænding af lys til synsopgaver for personalet om natten.				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Ældres forskellige funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - Tidsstyring for tænd/sluk - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys - Hjemligt design af lamper - Oplysning af vertikale flader - Mulighed for aktivering af akutlys - Lysniveauer guider borger og understøtter rumforståelse - Lamper der passer ind, f.eks. wallwash/pendel				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Forebyggelse af agitation - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten samt større aktivitetsniveau				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installation, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed				- Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed				
Anvendelse	Soveværelse	Stue	Bad	Køkken	Fællesrum	Gange & trapper	Personalerum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov					(x)	x		

Biologisk effekt og hensyn

I gang- og trappearealer kan man placere SolMate Plafond i loftet med tilhørende fjernbetjening, og i nicher kan der kombineres med mobile døgnrytmelamper. Døgnrytmelamperne er tændt hele døgnet og kører den prædefinerede døgnrytme-lyprofil, der giver det ønskede energiboost om dagen, dæmpet lys om aftenen og søvnkonsoliderende lys om natten.

I praksis har det vist sig, at gange og trapper ikke er det optimale sted at placere døgnrytmelamperne, for hverken borgere eller personal opholder sig her. De går igennem for at komme fra A til B og opholder sig i højere grad i fælles opholdsrum og boliger. Det er heller ikke rentabelt i forhold til den økonomiske ramme. Så for at opnå en god biologisk lyspåvirkning, er det bedre at placere døgnrytmelamperne der, hvor brugerne faktisk opholder sig. På gange og trapper fungerer natlamperne rigtig godt på væggen med en central timer, der automatisk tænder natlyset på et defineret tidspunkt om aftenen og slukker igen om morgenen. Når natlamperne erstatter eksisterende lys om natten, etableres der mulighed for at tænde akut-lys.

Design- og brugsbehov

Brugertest viser, at brugerne er rigtig glade for det dæmpede natlys, som natlampen giver på gangene. Lyset opleves behageligt, og der er lys nok til at orientere sig. Ved at placere lamperne på væggen oplyses de vertikale flader. Ved behov for mere arbejdslys, kan der skrues op på en central dimmer, eller der kan tændes akutlys. Personalet giver udtryk for, at det dæmpede natlys hjælper borgerne til at forstå, at det er nat og guider dem tilbage i seng. Ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview. Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt og hyggeligt. Se afsnit 4.2, Hjemligt design.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 3.3, Potentiale for implementerbarhed.

Kontor/personalerum									
Servicearealer									
Behov					Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt Dag: - Energiboost med fuldspektret lys (i øjenhøjde) Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få/ingen blå bølgelængder til arbejdsopgaver om aftenen Nat: - Lys med få/ingen blå bølgelængder til arbejdsopgaver om natten					- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Afstemt lys om natten - Tag højde for andet inventar - Godt arbejdslys				
Design - særlige brugsbehov - Tidsstyring for tænd/tryk - Punktelysning f.eks. ved arbejdsstation - Lyset kan tændes og reguleres ved indgang - Oplysning af vertikale flader - Hjemmeligt design - Lamper der passer ind, f.eks. wallwash/pendel bordlamper					Værdiskabelse				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed - Tilslutning til tobenstik eller lampeudtag					- Styrkelse af søvn og døgnrytme - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys				
Anvendelse		Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkken Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personalerum	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også benyttes her / målgruppen behov						(x)		x	

Biologisk effekt og hensyn

Plejepersonalet opholder sig i kontor og personalerum når der holdes møder, føres journal og holdes pause, så her giver det mening at give brugerne en biologisk lyspåvirkning med døgnrytmelamper, som kan understøtte energi og aktivitet om dagen og ro om natten i tillæg til den lyspåvirkning de får i fælles opholdsrum og hos borgerne. På kontoret kan SolMate Mobil og RoomMate Bord placeres på et skrivebord ved siden af PC'en eller på et mødebord. I personalerummene kan SolMate Mobil og RoomMate Bord suppleres med RoomMate Gulv på gulvet eller SolMate Plafond og Pendel i loftet med tilhørende fjernbetjening. Brugertest har vist, at kontorpersonalet er rigtig glade for SolMate Mobil på skrivebordet og der er markante eksempler på bedre trivsel, mere energi og mindre hovedpine. Denne gruppe sidder typisk i mange timer på samme plads med døgnrytmelampen i en optimal placeringen inden for 1 m. Personalet har også haft glæde af SolMate Pendel over mødebordet, der giver et godt arbejdslys. Ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Design- og brugsbehov

Hvis brugerne har brug for mere eller mindre lys end døgnrytmelyset giver på et givent tidspunkt, kan man skrue op eller ned for lyset på armaturets betjeningspanel eller på en fjernbetjening. Brugertest og interviews med borgere og personale viser, at det virker afstressende for personalet, at lyset tilpasser sig automatisk i løbet af døgnet. I de fleste tilfælde virker lyset passende, men hvis der er behov for det, kan der skues op eller ned. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 10 Fokusgruppeinterview. SolMate Pedel lyser ned på bordene, SolMate Plafond oplyser hele rummet kombineret med de mobile døgnrytmelamper, som placeres på vandrette flader rundt om i rummet og kan bidrage til at oplyse de vertikale flader. SolMate Pendel, SolMate Mobil og RoomMate Bord kan belyse arbejdsstationen.

Helhedsløsningens lamper er designet med materialer som træ og tekstil, der opfattes af brugerne som hjemligt og hyggeligt. Se afsnit 4.2, Hjemligt design. Døgnrytmelamperne har en stor lysflade samt en Kelvin på under 4200, som gør lyset så behageligt som muligt.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

Personalettoiletter									
Servicearealer									
Behov				Hensyn					
Biologisk effekt				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Afstemt lys om natten - Tag højde for andet inventar					
Aften:									
- Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder - Nok lys til toiletbesøg									
Nat:				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys					
Design - særlige brugsbehov									
- Lamper der passer ind, f.eks. påbygningsarmatur, wallwash, pendel									
Implementerbarhed - særlige behov				Anvendelse					
- Enkel installering, montering og tilpasninger									
- Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed									
		Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Kø.k.niche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov				(x)					x

Biologisk effekt og hensyn

På personalettoiletterne placeres badeværelsesarmaturer med mørke- eller bevægelses sensor, som giver dæmpet natlys. Personalet har oplevet, at der var lys nok til at orientere sig om natten. REF. Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Design- og brugsbehov

Løsningen på toiletterne er et standard badeværelsesarmatur med sensorer, som er blevet accepteret uden kommentarer om designet.

Implementerbarhed

Løsningen lever op til kravene om implementerbarhed. Se afsnit 5, Potentiale for implementerbarhed.

4.6 3f Let og logisk at ændre og tilpasse

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være let og logisk at ændre og tilpasse behovet for borger og medarbejdere.	Ø
--	---

Helhedsløsningens løsninger er flytbare og dermed er konceptet meget fleksibelt. Døgnrytmelamperne kører automatisk døgnrytme lysprofilen. Der kan skrues op og ned for lyset, hvis man ønsker et andet lysniveau end døgnrytmelyset giver på det givne tidspunkt på døgnet. De mobile døgnrytmelamper og natlampen kan tages ud af stikkontakten og flyttes derhen, hvor personalet eller borgeren har behov for det. Mængden af lys kan f.eks. øges ved at flytte de mobile døgnrytmelamper tættere på brugeren eller placere flere lamper ved brugeren. En fjernbetjening kan parres med én eller flere døgnrytmelamper og der kan etableres zoner. Fjernbetjeningen kan placeres på væggen eller tæt ved brugeren. Brugertest har vist, at det er let og logisk for personalet at tage en lampe ud af stikkontakten og flytte den. Personalet kunne også aktivere/deaktivere parring med en fjernbetjening v.h.a. brugervejledningen. Ref. Bilag 1, Helhedsløsning, Bilag 6, Brugertest, Bilag 7, Brugervejledninger og Bilag 11 Implementeringsplan.

4.7 3g Udvalg af lyskilder

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning har eller kan udvikles til at få et udvalg af lyskilder til brug i egne lamper.	Ø
---	---

Helhedsløsningen omfatter muligheden for at montere en almindelig pendel med en LED-lyskilde af god kvalitet som f.eks. Philips MAS LEDBulb DT5.9-60W E27 927 A60 FR G til borgere i gruppe 2. Løsningen kan leve op til de tekniske krav på 50.000 timers levetid ved at sørge for en udskiftning af lyskilden, hvilket er accepteret af Ordregiver. Det skal dog bemærkes at CRI ikke har den samme

kvalitet som de dioder, der anvendes i døgnrytmelamperne. Lyskilden kan også monteres i brugernes egne lamper. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning og Bilag 5 Teknisk dokumentation.

I løbet af testperioderne er det observeret, at borgernes boliger ofte er meget mørke og det eksisterende lys er ofte af meget ringe kvalitet, så det vil give god mening generelt at udskifte lyskilderne til en god LED-lyskilde som den ovennævnte.

4.8 3h Samspil med andre installationer

<p>Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning kan eller kan udvikles til at indgå i samspil med andre installationer og være open source.</p>	<p>Ø</p>
--	----------

Helhedsløsningen er udviklet som et supplement til eksisterende belysning. Døgnrytmelamperne er uafhængige lysenheder med en integreret styring, som betjenes direkte på enheden eller via en fjernbetjening, der kan placeres på væggen. Fjernbetjeningen kan styre én eller flere lamper uafhængigt af den øvrige belysning i rummet. Der kan etableres flere forskellige zoner i ét rum, som kan adskilles ved at placere fjernbetjeningen ved den relevante zone eller evt. markere tilhørsforholdet med tekst eller symboler. Natlamperne er styret af en mørkesensor eller en bevægelsessensor uafhængigt af den eksisterende belysning. Helhedsløsningen er dermed helt uafhængig og kan indgå som et supplement til den eksisterende belysning på eksisterende plejehjem samt i samspil med den i øvrigt planlagte belysning i forbindelse med nybyggerier uden integrering med avanceret styringsteknologi. Om natten vil det være nødvendigt v.h.a. en timer at slukke for de lyskilder, som ikke understøtter det biologiske lys for at opnå den ønskede søvnkonsoliderende effekt.

Døgnrytmelampenes styring er integreret i hver enkelt lampe og er ikke forbundet til nogen form for overordnet styring. Dette skyldes, at Ordregiver ønsker en fleksibel og flytbar løsning, der er nem at installere, og nem og intuitiv at anvende for både personale og borgere, samt at den ikke skal betjenes via en app eller WiFi. For at kunne garantere, at lamperne er driftssikre, har den ønskede brugervenlighed og giver den ønskede biologiske effekt er det nødvendigt at have fuld kontrol over, hvilken software programmering, der ligger på den enkelte lampe. Software-programmeringen i helhedsløsningen er specifikt tilpasset behovet på et plejehjem på baggrund af de gennemførte brugertest, hvor både borgere og personale har givet input. Hvis software-programmeringen skal ændres f.eks. på baggrund af ny viden indenfor biologisk lys, kontaktes leverandøren. Software vil altid kunne opdateres, så på den måde er konceptet fremtidssikret. Der er ingen udveksling af data eller forbindelse til servere, så der vil ikke være udfordringer med GDPR.

Helhedsløsningen er udviklet specifikt til plejehjem, men andre målgrupper, som f.eks. institutioner, kontormiljøer og hjemmet vil kunne bruge leverandørens døgnrytmelamper med standard døgnrytme-lyprofil, der ikke har de særlige funktionaliteter, som er målrettet plejehjemsmiljøets behov.

Hvis helhedsløsningens lamper skal erstatte basisbelysningen på et eksisterende plejehjem eller i forbindelse med nybyggeri, skal anlægget leve op til bygningsreglementet og dermed have tilknyttet dagslys- og tilstedeværelsessensor, hvilket vil være muligt at integrere med døgnrytmelampenes teknologi, der baserer sig på Bluetooth Mesh. Det vil også være muligt at integrere de fastmonterede døgnrytmelamper og natlamper med Dali-styring. I nybyggerier bruger man et CTS-anlæg til primært at styre ventilation og varme men også belysning, men lysstyringen er meget simpel, idet der kun er en tænd/sluk funktion. Der er en integration til Dali, hvor man skal bruge en Dali-interface til at lave døgnrytmelys, men det bliver en meget kompleks installation, da Dali-enheden skal programmeres manuelt. Derfor vil det være mest hensigtsmæssigt at montere Bluetooth Mesh dagslys- og bevægelsessensorer til styring af de intelligente døgnrytmelamper. Ref. Bilag 11 Implementeringsplan. Leverandøren ser det derfor som et muligt scenarie, at helhedsløsningen kan erstatte basisbelysningen.

4.9 3i Supplerende effekter

Det vægtes positivt, hvis helhedsløsningen giver eller kan udvikles til at give supplerende effekter i form af f.eks. wayfinding, nudging, demensforebyggelse, automatisk opsamling data eller lignende.	Ø
--	---

Døgnrytmelampernes automatiske tilbagevenden til døgnrytmelys hjælper brugerne til at få det rigtige lys på det rigtige tidspunkt. På samme måde sikrer den automatiske tænding af lamperne om morgenen, at brugerne har lyset tændt og ikke selv behøver at huske det. Den automatiske efterligning af døgnrytmen hjælper også borgerne til at forstå, hvilken tid på døgnnet, det er. Der er et godt eksempel fra testfase 5.5, hvor en borger i løbet af testperioden er begyndt at gå i seng om aftenen, fordi døgnrytmelamperne dæmpede lyset og dermed signalerede, at det var sengetid. Ref. Bilag 10, Fokusgruppeinterview.

Natlampe med bevægelsessensor har vist sig at fungere som en god wayfinder ved sengen. Ifølge personalet hjælper det dæmpede natlys borgere til at forstå, at det er nat, så de lægger sig til at sove igen, hvis de vågner, eller de går i seng igen, hvis de er stået ud af sengen. Døgnrytmelampernes dæmpede natlys i boligen har også hjulpet borgere til at finde ud på toilettet og tilbage i seng igen. Ref. Bilag 10 fokusgruppeinterview.

Natlamperne på gangene har ifølge personalet hjulpet borgerne med at forstå, at det er nat, og det har været lettere at få borgerne ind i seng igen.

Døgnrytmelamperne har plads til integrering af sensorer og anden elektronik til dataopsamling, kommunikation, styring, forebyggelse af demens o.s.v., så det er muligt at etablere, og teknologierne findes, men det ligger udenfor dette projekts økonomiske ramme.

4.10 3j Let og logisk at betjene

Det vægtes positivt, hvis den tilbudte løsning er let og logisk at anvende f.eks. i form af kontakter og knapper som er velkendte i udformning og størrelse som ældre hænder kan betjene, uden brug af øvrige hjælpemidler i form af apps eller fjernbetjening.	Ø
---	---

Døgnrytmelamperne kører en automatisk lysprofil, som er tilpasset plejehjemmets behov, så i de fleste tilfælde er det ikke nødvendigt at betjene armaturerne. De mobile døgnrytmelamper har et folietastatur med 3 knapper til manuel betjening, hvilket gør betjeningen så simpel selv om den bagvedliggende styring er kompleks. Knapperne har store lysende ikoner, der er velkendte og ofte anvendes af lignende produkter. Tænd/sluk ikonet er universalt, "lille sol" bliver ofte anvendt til funktionen skru-ned og "Stor sol" bliver ofte anvendt til funktionen skrue-op. Brugertest har vist at ikonerne er logiske for personalet og for de fleste borgere. Nogle demente borgere kunne godt blive forvirrede, men personalet giver dog udtryk for, at det er et spørgsmål om tilvænning og mener, at det simple tastatur med enkle ikoner er en god hjælp for de demente borgere. Erfaringerne fra fase 5.5 viser også, at alle borgere, som havde løsningerne i egen bolig, kunne betjene dem uden problemer. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

Der er etableret lys i knapperne, så de kan ses – også i mørke, selv om lampen er slukket på betjeningspanelet. Det er nødvendigt, at lampen er tilsluttet strøm for at have lys i knapperne. Størrelsen på knapperne er Ø20 mm, de er forhøjet så meget som muligt og der er en lille kant om hver knap for at gøre det muligt for brugerne at mærke knapperne. Folietastaturet er nedfældet i basen på bordlamperne og i gulvlampens betjeningspanel, og der er en teksturforskel på metallets malede overflade og folietastaturet, som kan føles af brugerne. Brugertest har vist, at især RoomMate Bord og Gulv er lette at betjene p.g.a. tastaturets placering. Enkelte borgere syntes, at der skulle trykkes hårdt på knapperne, og der skal trykkes på midten af knappen for at aktivere den. Det er et potentielt udviklingspunkt at øge det trykfølsomme område på knapperne. Folietastaturet er valgt fordi

det er let at rengøre, men der er en begrænsning for, hvor meget knapperne kan hæves fra basen. Ref. Bilag 6 Brugertest.

Fjernbetjeningen har et folietastatur med samme layout og funktioner som døgnrytmelamperne, så der er sikret en genkendelighed og ensartet betjening.

Personale og borgere er i stand til at betjene drejeknappen på natlamperne til at skrue op og ned samt at slukke. Den manuelle betjening virkede logisk for brugerne. Natlamperne styres i øvrigt af sensorer, som gør manuel betjening unødvendig i de fleste tilfælde. Både borgere og personalet har i testperioden haft glæde af natlampen med bevægelsessensor ved borgerens seng, når f.eks. borgeren skal på toilettet, eller når personalet skal tilse borgere om natten. Ref. Bilag 6 Brugertest go Bilag 10, Fokusgruppeinterview.

Brugertest og interviews med borgere og personale viser, brugerne er glade for, at lyset automatisk tilpasser sig samt tænder og slukker. Det virker afstressende for personalet, at lyset tilpasser sig automatisk i løbet af døgnnet. I de fleste tilfælde virker lyset passende, Men der kan nemt skrues op eller ned. Det er også hygiejnisk, at personalet ikke skal røre ved knapper for at tænde/slukke lyset i.f.m. plejeopgaver. Ref. Bilag 6 Brugertest og Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

5 4 Potentiale for implementerbarhed

5.1 4a Flytbar

Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at være flytbar jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
---	-----------

Helhedsløsningen består af uafhængige enheder, som kan kombineres og flyttes efter brugernes behov. De mobile døgnrytmelamper og Natlampen kan tages ud af stikkontakten og nemt flyttes af plejepersonale og pårørende. Ref. Bilag 6 Brugertest. De loftmonterede døgnrytmelamper installeres i stikprop eller eksisterende udtag. Ordregiver accepterer, at løsninger opsat i loftsudtag uden stikdåse, vil kræve el-faglig baggrund. Badeværelsesarmaturerne kan monteres i stikkontakt eller lampeudtag.

5.2 4b Rengøring

Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at kunne rengøres med rengøringsklud med vand og rengøringsmiddel. jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
--	-----------

På baggrund af brugertest, rengøringstest og interview med Ordregivers hygiejneeksperter er helhedsløsningens enhederne tilpasset kravet om at kunne rengøres med vand og sæbe i dagligdagen samt i særlige tilfælde og ved overdragelse fra én bruger til en anden med sprit og chlor. Designet tager højde for forsvarlig forsegling af elektronik og ingen skarpe kanter. Den daglige rengøring følger kommunens overordnede retningslinjer og har primært fokus på kontaktflader samt at rengøre det, som trænger til rengøring. Daglig rengøring er testet på testplejehjemmet uden problemer. Ref. Bilag 8 hygiejnetest.

SolMate-serien har en træramme, metalbase, akryldiffuser og rengøringsvenligt tekstil på bagsiden, som ifølge hygiejneeksperterne uden problemer kan aftørres med en klud og rengøringsmiddel i.h.t. krav. Det samme gør sig gældende for badeværelseslamperne. Ref. Bilag 5, Teknisk dokumentation & Bilag 8, Hygiejnetest.

RoomMate-serien og natlamperne har tefloncoatede tekstilskærme, som kan aftørres med en klud og rengøringsmiddel. Leverandøren egne test viser, at tekstilet coating afviser væsker og fedtstof og kan aftørres ud at efterlade nævneværdige spor. Kun stærkt farvestof efterlader spor. 3. part's test viser, at tekstilet kan rengøres med de sprit- og chlorklude, som anvendes på plejehjem samt at tekstilet kan

aftørres 1500 gange uden at efterlade nævneværdige spor. Tekstilet er godkendt til brug i hospitalssektoren i Holland. I tilfælde, hvor synligt smuds eller nikotin ikke kan fjernes fra skærmene, kan de nemt skiftes. Ref. Bilag 5, Teknisk dokumentation & Bilag 8, Hygiejnetest.

På baggrund af den seneste debat om PFAS, har Belid Lighting undersøgt, om tekstilets coating indeholder PFAS, og det viser sig at være tilfældet. Derfor har Belid Lighting bedt leverandøren af tekstilet om at finde et alternativ. I februar 2023 har Det Europæiske Kemikalieagentur (ECHA) offentliggjort et forslag, der begrænser fremstilling, brug og markedsføring af mere end 10.000 PFAS-stoffer i EU - som enkeltstoffer, i blandinger og i artikler (tekstiler). Forslaget er udarbejdet af Danmark, Tyskland, Norge, Holland og Sverige. Det forventes at EU-kommissionen vil fremsætte det endelige forslag til regulering i 2025, men allerede nu bliver der arbejdet på at finde alternativer til PFAS samt metoder til affaldshåndtering. Se DanskErhvervs artikel: <https://www.danskerhverv.dk/presse-og-nyheder/nyheder/2023/februar/eu-forslag-om-pfas-forbud-offentliggjort/> og information om PFAS: <https://www.danskerhverv.dk/presse-og-nyheder/nyheder/2023/februar/qa-om-pfas-for-mode-og-tekstilvirksomheder/>

5.3 4c Installering, montering og tilpasning

Den tilbudte løsning skal i hele lysløsningens levetid, være eller kunne udvikles til at opfylde de lystekniske egenskaber og standarder i forhold til installering, montering og tilpasning jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
--	-----------

Helhedsløsningens armaturer er udviklet som et supplement til den eksisterende belysning og er konstrueret i.h.t. gældende standarder, så de kan monteres i enten almindelige stikkontakter, stikpropper eller i udtag. På plejehjemmene kræver det el-fagligt personale at montere løsninger opsat i loftsudtag uden stikdåse, hvilket Ordregiver har accepteret, ref. Konceptbeskrivelse 5.1. Helhedsløsningen kan således monteres på eksisterende plejehjem og i nybyggerier i både fællesarealer og i plejeboliger. Ref. Bilag 1 Helhedsløsning, Bilag 5 Teknisk dokumentation og Bilag 11, Implementeringsplan.

Med alle armaturer følger vejledning til installation og montering. Underlag og teknisk dokumentation kan indhentes via kontakt med leverandøren eller kan down-loades fra leverandørens hjemmeside. I tillæg kan det blive aktuelt med en QR-kode, som giver adgang til leverandørens tekniske information, specifikationer samt anbefaling til placering for hvert produkt. Ref. Bilag 11, Implementeringsplan.

Når helhedsløsningen er et supplement til den eksisterende belysning, betegnes den som særbelysning. Hvis helhedsløsningens lamper skal erstatte basisbelysningen på et eksisterende plejehjem eller i forbindelse med nybyggeri, skal installationen leve op til bygningsreglementet og dermed have tilknyttet dagslys- og tilstedeværelsessensor. Det er muligt at integrere dagslyssensor og tilstedeværelsessensor med døgnrytmelampernes teknologi, der baserer sig på Bluetooth Mesh. Det er også være muligt at integrere døgnrytmelamperne med Dali-styring. Ref. Bilag 11 Implementeringsplan.

5.4 4d Databehandlersaftale

Den tilbudte løsning skal overholde eller skal kunne udvikles til at kunne overholde databehandlersaftale for ordregiver jf. Kontraktbilag 6a: Udkast til databehandlersaftale (Aarhus Kommune) og Kontraktbilag 6b: Udkast til databehandlersaftale (Københavns Kommune).	MK
--	-----------

Helhedsløsning omfatter mobile, uafhængige lysenheder. Døgnrytmelampernes styring er integreret i hver enkelt lampe og er ikke forbundet til nogen form for overordnet styring, app eller Wifi. Der er således ingen udveksling af data.

5.5 4e Reservedele

Den tilbudte løsning skal eller skal kunne udvikles til at levere reservedele i 10 år eller mere fra helhedsløsningen er indkøbt og leveret.	MK
--	-----------

Belid Lighting AB er en stabil svensk producent af lysarmaturer, som fremstiller armaturerne på egen fabrik i Varberg, Sverige. Belid vil sikre reservedele og produktopdateringer for de armaturer, der er dækket af en rammeaftale i mindst 10 år. Ref. Bilag 11, Implementeringsplan.

5.6 4f Let og logisk at installere og flytte

Det vægter positivt, hvis den tilbudte løsning er eller kan udvikles til at være let og logisk at installere og flytte for borgere og medarbejdere, med brug af dansksproget enkel brugervejledning, herudover evt. video, animation eller lign.	Ø
--	----------

De mobile døgnrytmelamper og natlampen tilsluttes en almindelig stikkontakt. De kan tages ud af stikkontakten og kan flyttes af pårørende eller personale. Med hvert armatur følger en vejledning i installation og placering. I tillæg kan det blive aktuelt med en QR-kode på lampen, som giver adgang til leverandørens tekniske information, specifikationer samt anbefaling til placering for hvert produkt. ref. Bilag 11, Implementeringsplan og Bilag 7, Brugervejledninger. Brugertest har vist, at der ikke er behov for vejledning i forbindelse med flytning, ref. Bilag 6 Brugertest. Men der er behov for indsigt i hvilken løsning, der er optimal og vejledning i placering i forhold til brugeren. Her vil en video som den, der blev produceret i testperioden kunne anvendes, Ref. Video i Bilag 7 brugervejledninger, eller et vejledende værktøj til at matche brugerens behov med den rette løsning. Personalet giver udtryk for, at det vil give god mening, hvis personalet, som kender borgerne, deltager i processen med at matche løsning og bruger, ref. Bilag 10 Fokusgruppeinterview.

De loftmonterede enheder og badeværelsesarmaturerne installeres i stikkontakt, stikprop eller eksisterende udtag og kan monteres/flyttes af teknisk personale. Ordregiver accepterer, at løsninger opsat i loftsudtag uden stikdåse, vil kræve el-faglig baggrund. Med hvert armatur følger en installationsvejledning ref. Bilag 11, Implementeringsplan.

5.7 4g Miljø- og klimavenlig – eksisterende armaturer

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med genbrug af eksisterende armaturer.	Ø
--	----------

Helhedsløsning omfatter produkter, som bliver markedsført under alle omstændigheder, og dels et standard badeværelsesarmatur, som er tilpasset denne helhedsløsning med integrering af sensor- og timerstyring af lyset samt en standard plafond, som har fået døgnrytmelys integreret, og en standard pøndel.

5.8 4h Miljø- og klimavenlig - genanvendelige materialer

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med brug af genanvendelige materialer og er opbygget af så få komponenter som muligt samt er nem at adskille så komponenter kan udskiftes og repareres.	Ø
---	----------

Den tilbudte helhedsløsning omfatter en række armaturer, som er i familie, og derved opnås betydelige synergier. Der anvendes f.eks. de samme produktionsværktøjer og komponenter som f.eks. LED-boards, controllere, diffusere, tastatur, software.

Armaturerne er fremstillet af så få komponenter som muligt, og armaturerne kan skilles ad, så hver komponent kan genanvendes. Komponenterne består af træ, tekstil, aluminium, stål, plast, dioder, elektronik og driver. Med hvert produkt følger en vejledning til korrekt bortskaffelse under WEEF.

Tekstilskærmene på RoomMate Bord og Gulv kan nemt skiftes ved at skrue toppen, der fungerer som samlebeslag, af og erstatte skærmen med en ny. Tekstilskærmen på NightMate er ligeledes nem at skifte, da den er monteret med magneter.

Elektronikken vil kunne udskiftes og repareres af leverandøren.

Leverandøren, Belid Lighting, er ISO 14000 certificeret. Ref. Bilag 15 ISO 14000

5.9 4i Miljø- og klimavenlig – energioptimering

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med energioptimerende elementer og effekter.	Ø
--	---

Leverandøren anvender den seneste teknologi inden for dioder og drivere. Når døgnrytmelamperne kører den præ-programmerede døgnrytme-lysprofil, vil de bruge et minimum af energi. Natlamperne er styret af mørke- eller bevægelsessensorer og er derfor kun tændt, når det er mørkt, eller ved bevægelse. Ref. Bilag 5 Teknisk dokumentation.

Oversigt over lampernes strømforbrug pr. døgn ved en EI-pris på 4 kr.:

SolMate Mobil/RoomMate	kr./døgn
I alt	0,60
SolMate Pendel/Plafond	kr./døgn
I alt	1,22
NightMate m. bevægelsessensor - dæmpet til 10%	kr./døgn
I alt	0,01
NightMate m. bevægelsessensor - skruet op på 100%	kr./døgn
I alt	0,05
NightMate m. mørkesensor - dæmpet til 10%	kr./døgn
I alt	0,11
NightMate m. mørkesensor - skruet op på 100%	kr./døgn
I alt	0,49
Badeværelseslampe m. bevægelsessensor	kr./døgn
I alt	0,01
NightMate m. mørkesensor	kr./døgn
I alt	0,12

Producenten, Belid Lighting, er ISO 14000 certificeret. Ref. Bilag 15 ISO 14000.

6 Udviklingsmuligheder

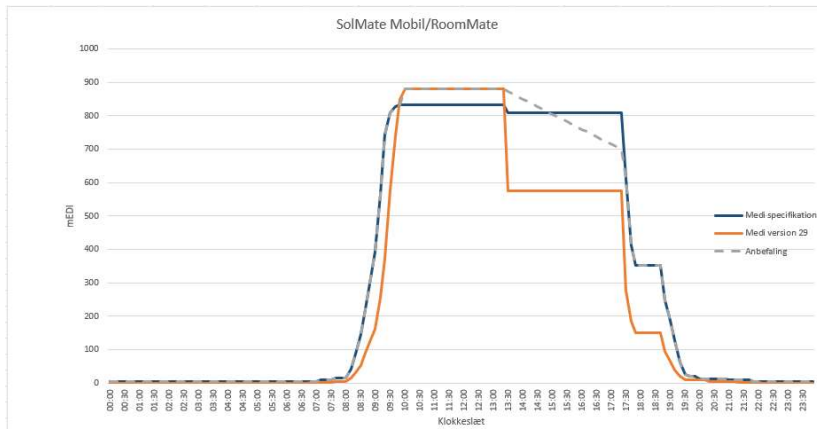
Døgnrytmelamperne er fremtidssikrede, så hvis videnskaben bliver klogere på biologisk lys eller andre teknologier, som det vil være relevant at integrere, vil man kunne opdatere softwaren i lamperne. Hvis der er behov for at etablere specifikke lysprofiler til andre målgrupper eller miljøer, er det også en mulighed. I begge tilfælde kontaktes leverandøren. I tillæg til de plejehjemsspecifikke lysprofiler, vil Leverandøren lancere standardprodukter med lysprofiler, som vil passe godt til kontormiljøer, skoler, institutioner og hjemmet.

På baggrund af de gennemførte test og analyser ønsker Leverandøren at forbedre følgende:

6.1 Lysprofiler

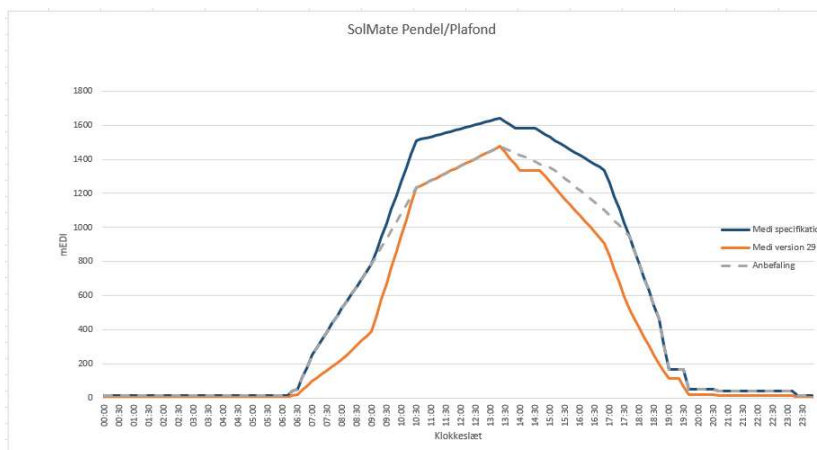
SolMate Mobil/RoomMates lysprofil justeres:

- Nat-belysningen kan hæves til 2-4 mEDI afhængig af alder, eftersom dette er inden for anbefalingerne af Good Light Group (glg 2021).
- Om eftermiddagen kan man 'rampe-ned' gradvist mod 'dusk', hvilket vil øge zeitgeberstyrken og gøre transitionen mellem middag og eftermiddag nemmere at adaptere til.
- Evt. følge den specificerede ramp-up kurve om morgenen, hvis brugerne oplever, at der er for lidt lys.



SolMate Pendel/Plafonds lysprofil justeres:

- Øge belysningen i fællesområderne om natten – holdes under 10 medi (varme lyskilder), eftersom de ældre sover; og at dette kan gøre det lettere for personalet at navigere i mørkere omgivelser med min. påvirkning af døgnrytmen (melatonin) og fase-skift (brown et. Al. 2022).
- Evt. øge belysningen om morgenen, hvis personalet oplever, at der er for lidt lys.
- Evt. øge belysningen om eftermiddagen/aften, hvis personalet oplever at der er for lidt lys.



6.2 Diverse justeringer

- RoomMate Bord's controller flyttes til en placering bag PCB'en, så højden på basen reduceres
- Knappernes trykfølsomhed forbedres, hvis det er teknisk muligt
- Opdatering af brugervejledninger

6.3 Helhedsløsningen som basisbelysning

Hvis helhedsløsningen skal kunne erstatte basisbelysningen på et eksisterende plejehjem eller indgå i nybyggerier som basisbelysning, er anlægget omfattet af bygningsreglementet, som kræver dagslyssensorer og bevægelsessensorer. For at imødekomme disse krav er der behov for følgende videreudvikling:

- Integrering af trådløs dagslys-/bevægelsessensor – enten centralt eller i hver lampe via Bluetooth Mesh
- Kraftigere driver i NightMate, så den også kan leve op til lyskravet om dagen



HHS Public Access

Author manuscript

Light Res Technol. Author manuscript; available in PMC 2019 January 01.

Published in final edited form as:

Light Res Technol. 2018 ; 50(1): 38–62. doi:10.1177/1477153517721598.

Non-visual effects of light: how to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness

MG Figueiro, PhD^a, R Nagare, MS^a, and LLA Price, MSci^b

^aLighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA

^bPublic Health England, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Chilton, Didcot, UK

Abstract

In addition to stimulating the visual system, light incident on the retina stimulates other biological functions, also referred to as non-visual responses. Among the most notable biological functions are human circadian rhythms, which are bodily rhythms that, in constant darkness, oscillate with a period close to, but typically slightly longer than 24 hours. Twenty-four-hour light–dark patterns incident on the retina are the major synchronizer of circadian rhythms to the local time on Earth. Entrainment of circadian rhythms has been implicated in health and well-being. Light can also elicit an acute alerting effect on people, similar to a “cup of coffee.” This review summarizes the literature on how light affects entrainment and alertness and how it can be used to achieve these aims.

1. Introduction

Light incident on the retina has a profound effect on our health and well-being because it sets the timing of our biological clock and promotes entrainment to the local time on Earth. This review begins with a discussion of the circadian system, the lighting characteristics that affect its outputs, and the analytical metrics that have been proposed to characterize those outputs in terms of their spectral and absolute sensitivities. Measurement devices and techniques for accurately quantifying the circadian system’s outputs in the field are then described, followed by a discussion of how they have been applied in practical, real-life settings. Recent applied and field research among various populations such as older adults, adolescents, and daytime office workers is then described. The review concludes with a discussion of possible research directions for the next 50 years, and how lighting research might be employed to maintain circadian entrainment, avoid circadian disruption, and continue to improve human health and well-being.

Address for correspondence: Mariana Figueiro, Lighting Research Center, 21 Union Street, Troy, NY 12180-3352, USA, figuem@rpi.edu.

2. Non-visual responses to light

2.1. Circadian rhythms

Nearly all creatures are exposed to 24-hour light–dark cycles to which they have adapted by developing biological rhythms, called circadian rhythms. In mammals, these rhythms are generated and regulated by the body’s biological clock, which is located in the suprachiasmatic nuclei (SCN) of the brain’s hypothalamus region. In humans, the biological clock oscillates with an average periodicity of about 24.2 hours in the absence of any external time cues. Daily light–dark patterns incident on the retina reset the biological clock and entrain its timing to match the local 24-hour light–dark pattern. When local light–dark patterns become asynchronous with a person’s activity–rest patterns, as can occur with travel across time zones or night-shift work, circadian disruption or misalignment may occur. Such disruption can lead to maladies like poor sleep and performance as well as increased risk for more serious diseases such as diabetes, obesity, and even cancer. In addition to entraining or phase shifting the timing of the biological clock, light can also acutely affect the biological clock’s outputs, such as hormone production (*e.g.*, melatonin and cortisol) and measures of performance and alertness. Much less is known about light’s acute effects on humans, but recent studies suggest the lighting characteristics that elicit these effects may differ from those that promote entrainment and phase shifting.^{1–3}

In 2002, Rea *et al.* proposed a new framework for lighting practice and discussed lighting characteristics affecting the circadian system, as measured by light’s ability to suppress the hormone melatonin.⁴ Prior to that time, few publications in *Lighting Research and Technology* had focused on light’s non-visual effects. In 1992, Stone reviewed the health effects of fluorescent lighting, specifically discussing hazards such as skin cancer and sick building syndrome along with other factors such as glare and flicker.⁵ Soon thereafter in 1993, Küller and Wetterberg investigated the impact of two light levels from daylight and warm-light fluorescent light sources on endocrine, neurophysiological, and subjective responses.⁶ Even though the spectral sensitivity of the circadian system was then unknown, this study nonetheless showed that light had an arousing effect on people and that a daylight source was more effective at eliciting that response.

Recent discoveries in this area of research have led to a series of studies investigating the lighting characteristics that affect the circadian system, mainly in respect to its spectral and absolute sensitivities. While the research consensus does not include the spectral weighting functions for any specific response to light, researchers and metrologists agree that the photopic luminous efficiency function, $V(\lambda)$, and commercially available light meters are inappropriate for specifying and measuring circadian-effective light. Some developments in metrology have occurred in the past few years with the introduction of new measurement devices as research tools. Finally, researchers have also started exploring applications that could benefit from implementing circadian-effective light, mostly in laboratory studies, although a growing number of field studies are now being published, as discussed below.

2.2. Lighting characteristics affecting the outputs of the circadian system

Current lighting technologies, standards, measurement devices, and applications generally have been based on the fovea's response to light stimulus. Some key differences between light's effects on vision and the circadian system must be considered, however, especially when specifying light's effects on the latter.^{7, 8} In 1980, Lewy *et al.* demonstrated that a two-hour exposure to high levels (2500 lux at the cornea from an incandescent light source) of light at night (LAN) significantly suppressed melatonin production in healthy subjects.⁹ Following this seminal publication, a series of studies were performed to better understand the absolute and spectral sensitivities of acute melatonin suppression by LAN exposure.¹⁰

2.2.1 Spectral characteristics—In terms of the circadian system's spectral sensitivity, a major discovery was made in 2002 by Berson *et al.*, who identified a new class of photoreceptor known as intrinsically photosensitive retinal ganglion cells (ipRGCs).¹¹ While not the retina's sole photoreceptor, the ipRGCs are the primary ones involved in circadian phototransduction, which is the process used by the retina to convert light into electrical signals for the SCN. This discovery confirmed earlier studies by Foster and Hankins,¹² among others,^{13–15} who showed that genetically manipulated rodents lacking functional rods and cones nonetheless acutely suppressed melatonin and phase shifted the onset of wheel running activity after a pulse of light. Subsequent research, however, has shown that the classical photoreceptors (rods and cones) and the ipRGCs are all involved in circadian phototransduction.^{16, 17} These studies have led to an agreement that the human circadian system, as measured by acute melatonin suppression and phase shifting of dim light melatonin onset (DLMO), is a “blue sky” detector with a peak spectral sensitivity close to 460 nm, while $V(\lambda)$, which is based on the responses of long- and middle-wavelength cones, peaks at the “yellow-green” (555 nm) region.

A crucial consideration when discussing the spectral sensitivity of the circadian system is that studies have shown that the circadian system's response to polychromatic light sources slightly differs from its response to narrowband light sources due to spectral opponent behavior resulting from color vision.^{18–21} Neurons in the retina's outer layer provide vertical and lateral connections between the photoreceptors and the ganglion cells, and thereby form the first step in spectral opponent colour vision in humans. In 2004, Figueiro *et al.* hypothesized that the human circadian system exhibited spectral opponent behavior.¹⁸ Subadditivity is a characteristic of the spectral opponent colour channels whereby the net response of these channels to polychromatic light cannot be predicted from summing responses to the fractional amounts of the component spectra. Therefore, an action spectrum developed using monochromatic light sources was not expected to predict the response of the circadian system to polychromatic light sources. As described in Rea *et al.*, three independent studies demonstrated that acute melatonin suppression exhibits a subadditive response to polychromatic light.^{18–20, 22}

Since the discovery of the ipRGCs, scientists, biologists, and metrologists have explored the development of a spectral efficiency function for the circadian system. While various spectral response functions for the circadian system have been proposed, none has been formally recognized. In 2009, soon after the seminal publications in this area by Brainard *et*

*al.*²³ and Thapan *et al.*,²⁴ the German Institute for Standardization released a prestandard DIN V 5031-100:2009-03 (revised and finalized in 2015)^{25, 26} defining an action spectrum for nocturnal melatonin suppression ($s_{ms}(\lambda)$) using the empirical Gall and Bieske function ($c(\lambda)$).²⁷ This function, however, did not take into account the neurophysiology and neuroanatomy of the retina nor the operating characteristics of the circadian system.

In 2014, Lucas *et al.* proposed a toolbox that would permit researchers to report the effective irradiance experienced by each of the photoreceptors (*i.e.*, rods, cones, and ipRGCs) involved in non-visual responses.⁷ While this toolbox can be used for equating the stimulus–response relationships employed in different studies, as well as for relating research findings to lighting conditions in the field, it unfortunately provides no indication of the circadian system’s response to light stimulus. In other words, although it can produce valuable data, reporting how light stimulus excites the five photoreceptors does not provide any insight into how that stimulus will affect clock outputs, such as the suppression of the hormone melatonin or circadian clock phase change.

Rea *et al.* have forwarded a model of human circadian phototransduction that is based on current knowledge of the neuroanatomy and neurophysiology of the human retina, while also taking into account that the relative contribution of each photoreceptor class to that process differs among species.^{22, 28} Using empirical, light-induced nocturnal suppression data from Brainard *et al.*²³ and Thapan *et al.*,²⁴ this model characterizes the absolute and spectral sensitivities of the human circadian system to light, as measured by acute melatonin suppression.

As noted above, the ipRGCs are central to circadian phototransduction but are not the sole photoreceptors involved. In the Rea *et al.* model, rods indirectly control the absolute threshold of the synthesized circadian phototransduction pathway through the AII amacrine neuron, which is the central neuron that controls rod *or* cone signals to the ganglion cells.²² When rods begin to saturate in response to higher light levels, cones become the dominant photoreceptor for photic input to the ganglion cells and, subsequently, to different parts of the brain. According to the model, cones participate in circadian phototransduction through the “blue versus yellow” (b-y) bipolar neurons. These spectrally opponent neurons can provide photic input to the circadian system through synapses with the ipRGCs, the axons of which form the retinohypothalamic tract that directly innervates the SCN. Functionally, only S-cones output can add to the ipRGC’s direct response to light. A second type of amacrine neuron restricts input to the ipRGCs only to the “blue” signal from the b-y spectrally opponent bipolar.

Thus, as the spectral power distributions of narrowband sources shift from short to long wavelengths, the bipolar switches its response from a “blue” signal that adds to the ipRGC response to a “yellow” signal that provides no contribution to circadian phototransduction. The model predicts the human circadian system’s response to broadband, polychromatic sources. Depending upon their spectral power distribution, the model also predicts a non-linear, sub-additive response to polychromatic light.^{18–20}

Two simpler, additive functions have been proposed to characterize the spectral sensitivity of the human circadian system. A spectral efficiency envelope peaking at 460 nm was proposed by Gall and Bieske in 2004,²⁷ and one based only upon the ipRGC's functional photopigment, melanopsin (an opsin identified by Provencio *et al.*²⁹), was proposed by Enezi *et al.* in 2010.^{30–32} As recently discussed by Rea and Figueiro in 2016, neither of these spectral efficiency functions cohesively represents the neurophysiology underlying circadian phototransduction.³³ The authors' quantitative comparison of these simplified functions, specifically concerning their ability to characterize the spectral sensitivity of nocturnal melatonin suppression using narrowband and polychromatic spectra, concludes that accuracy is lost when predicting light-induced nocturnal melatonin suppression by narrowband and broadband spectra.³⁴

Amundadottir *et al.* recently proposed a unified framework to evaluate the spectral effectiveness of light sources for stimulating the five known photoreceptors, along with the resulting physiological impacts.³⁵ Following Lucas *et al.*,⁷ the model assumes an equal-area normalization for the photoreceptors' spectral sensitivity functions, where the sensitivity curves are scaled to have equal areas under the curve. Studies have shown, however, that the model cannot accurately represent ocular light induced non-visual responses based on the participation of photoreceptors (whether just one alone or all in equal participation), and its practical application is therefore limited.^{17, 36} Furthermore, although the Amundadottir *et al.* model can evaluate photometric and radiometric responses (both relative and absolute) with respect to a light source's spectral effectiveness, it does not predict, *a priori*, the absolute biological responses. In other words, the model fails to address how a stimulated photoreceptor's response can functionally integrate and inherently affect any biological rhythm. Nor does the model factor in the dynamic participation of all photoreceptors with respect to changes in light stimulus, despite studies which have shown that the contribution of photoreceptors involved in phototransduction varies with light level and spectral power distribution.^{22, 28, 31, 37}

Attempting to characterize the human circadian response while at the same time simplify non-linear approaches such as the Rea *et al.* model for practical application, Bellia and Seraceni proposed an "intermediate" model that is based on the Gall and Bieske efficiency function and adheres to classical photometric principles.³⁸ This model evaluates circadian-effective light (CL_A) as a linear function of corneal illuminance by computing two unique constants (the circadian action factor [a_{cv}] and spectral opponency [opp]) based on the spectral power distribution of a given light source. Other constant parameter values were obtained by minimizing the mean square deviations between results obtained using the revised Rea *et al.*²⁸ model and the proposed simplified model. Similar to the Rea *et al.* model, the intermediate model encourages estimation of acute melatonin suppression as a surrogate for the impact of light on the circadian system. Thus, upon estimation of the CL_A , in order to predict absolute biological response, the authors recommended using the Rea *et al.*²⁸ model to evaluate the corresponding percent melatonin suppression expressed in terms of circadian stimulus (CS). Here, however, one must realise that even though this simplified model embodies a photometric approach and seems to partly match the response to the Rea *et al.* model's predictions, past studies have shown that the human circadian response to light stimuli is inherently subadditive.^{18–20} Although this model would be practical for use in

commercial applications, it is important to note that it is primarily mathematical and not based on biophysical response data. Hence, it is critical to assess whether this model can predict how circadian-effective light correlates to actual melatonin suppression. Moreover, this simplified model has not been used to predict response from monochromatic light sources.

2.2.2 Absolute characteristics—In addition to its spectral sensitivity, researchers also have investigated the human circadian system's absolute sensitivity by measuring acute melatonin suppression and phase shifting of the timing of DLMO. Laboratory studies have now demonstrated that light levels lower than those used by Lewy *et al.* can suppress melatonin and phase shift the onset of evening melatonin secretion.¹⁰ The absolute sensitivity of the human circadian system as measured by acute melatonin suppression, however, is still lower than the daytime absolute sensitivity of the human visual system as measured by flicker photometry. In other words, more light is required to affect night-time melatonin levels than is needed for one to read black text on white paper.⁸

In 1989, McIntyre *et al.* demonstrated the human circadian system's dose–response relationship to light, showing that as light levels increased, so did the circadian response, as measured by acute melatonin suppression.³⁹ Almost 10 years later, a laboratory study by Aoki *et al.* evaluated the minimum amount of light that is required to suppress nocturnal melatonin by exposing five subjects to light levels ranging from < 10 to 5000 lux of cool-white fluorescent light.⁴⁰ The results showed that for exposure durations of 30, 60, 90 and 120 minutes, the minimum amount of light needed to significantly suppress melatonin was 393, 366, 339 and 285 lux respectively.

Shortly thereafter in 2000, Zeitzer *et al.* assessed the effects of light exposures on acute melatonin suppression and phase shifting of core body temperature (CBT).¹⁰ Twenty-three participants were administered a 6.5-hour cool white light exposure between 3 and 9100 lux over the course of nine nights. The authors used a four-parameter logistic model to estimate the maximal response of the circadian system to a light pulse and the half-maximal phase shifting response was predicted to be between 80 and 160 lux. A four-parameter logistic model was also used to fit the acute melatonin suppression data and this model predicted a half-maximal response at approximately 50 to 130 lux.

More recently, West *et al.* evaluated narrowband short-wavelength light to determine whether it could induce dose-dependent melatonin suppression by exposing eight subjects to eight irradiance levels (0.1 to 600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ [0.09 to 562 lux]) of a 469 nm LED light and a control 4000 K white fluorescent light.⁴¹ They found that an irradiance of 20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (18.7 lux) of the same light resulted in significantly stronger melatonin suppression than the lower irradiances (0.1, 0.5, and 2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ [0.09, 0.47, and 1.87 lux, respectively]), and 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (9.4 lux) resulted in significantly stronger melatonin suppression than the lowest irradiance of 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (0.09 lux). For the 4000 K white fluorescent source, an irradiance of 40 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (85.4 lux) elicited melatonin suppression that was: (1) significantly lower than that recorded for the 300 and 600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (281 and 562 lux, respectively) of 469 nm LED light, (2) significantly higher than that for the lowest 469 nm LED irradiance of 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (0.09

lux), and (3) not significantly different from the LED irradiances of 0.5 through 75 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (0.47 through 70.2 lux, respectively).

Figueiro *et al.* measured the dose effectiveness of narrowband short-wavelength light (460–470 nm) for acute melatonin suppression and found significant main effects of corneal irradiance and exposure duration, as well as a significant interaction between the two variables.⁴² *Post hoc* t-tests revealed reliable suppression of melatonin by mean corneal irradiances as low as 2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (1.5 lux), but only after a 90-min exposure, whereas a mean corneal irradiance of 20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (14 lux) resulted in a significant suppression after a 15-min exposure.

To date, the Rea *et al.*^{22, 28} model is the only one that accounts for both the spectral and absolute sensitivities of the circadian system in quantifying CL_A and its relationship with CS. (The Lighting Research Center (LRC) at Rensselaer Polytechnic Institute has released a free online Circadian Stimulus Calculator to determine CS for any combination of source type and light level in photopic lux, available at <http://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/index.asp>)

In 2013, Rea and Figueiro investigated a working threshold for acute melatonin suppression from white light sources commonly used in indoor and outdoor architectural applications.⁴³ This study was also a test of the *a priori* prediction obtained using the Rea *et al.* model. In two laboratory studies, 28 subjects were administered (via LED light goggles) warm white light (2760 K) for one hour. The first study exposed subjects to targeted corneal illuminances of 8, 22, and 60 lux, and the second study exposed subjects to targeted corneal illuminances of 60, 200, and 720 lux. The authors sampled plasma melatonin before and immediately after the one-hour light exposure. While the first study's results showed no significant melatonin suppression from any of the lighting conditions, the second study's results showed significant post-exposure melatonin suppression from the 200 and 720 lux conditions compared to the dim light, control night.

Using a similar protocol, additional studies have been performed using a cool white light source (6400 K). In one of those studies, which is presently unpublished, subjects were exposed to one hour of targeted corneal illuminances of 115, 300, and 720 lux. Figure 1 shows the mean \pm standard error of the mean of the melatonin suppression values observed in this study and in the two above-cited warm white light source studies.⁴³ The solid line shows the model's predictions (note that it is *not* a curve fitting to the data); the actual melatonin suppression values obtained from subjects were very close to the model's predictions, especially at higher light levels. In respect to a working threshold, given the large individual differences in responses to light, the authors advised that a stringent working threshold was appropriate until more is known about all factors influencing light's effects on melatonin production. They proposed that 30 lux of a "warm" color polychromatic light source for 30 minutes should be used as a working threshold for acute melatonin suppression. It should be noted that if one is using short-wavelength (460–470 nm) light, the threshold for activation of the circadian system is much lower, as shown by Figueiro *et al.*⁴²

Although some of the model's predictions have been tested in laboratory conditions and in the field, as detailed below, Rea *et al.* are careful to note that future work will be required to extend the model to incorporate the various important attributes of circadian phototransduction mentioned earlier, including the impacts of duration of exposure, prior photic history, and potential changes in spectral sensitivity throughout the night.²⁸ It is not known, however, whether any of these proposed models can predict other outcomes of the circadian system, such as phase shifting of DLMO and acute alertness.^{10, 28, 38} Undoubtedly, this topic will continue to be explored.

2.2.3 Temporal characteristics—In addition to quantity and spectrum, the temporal aspects of light exposure (*i.e.*, timing and duration) are just as important for understanding light's impact on the circadian system. Although much less research has been conducted on how light's temporal characteristics may affect outputs of the circadian system, it is nonetheless known that if applied at different times, the same quantity and spectrum of light will have different effects on the circadian system. Moreover, the duration of exposure will also influence the efficacy of light treatment, as lower light levels at longer duration exposures can have the same effect on the circadian system as higher light levels of shorter durations.⁴⁴ In respect to timing, light exposure can advance or delay (*i.e.*, phase shift) the timing of the biological clock. Phase response curves have been constructed to estimate the direction and degree to which a given individual will phase shift in response to a light pulse. Earlier studies demonstrated that polychromatic white light received after waking will cause one to go to bed earlier and wake up earlier, while light applied before bedtime will cause one to go to bed later and wake up later.^{45, 46} While these studies also explored the notion that a “dead zone” or a photic insensitivity exists in the temporal response of the human circadian system, the results indicated that there are no times when light has *no effect* on the circadian system. Instead, it appears that light affects the human circadian system over the entire course of the 24-hour day, even though its maximum effect is close to the minimum CBT, which typically occurs two to three hours prior to natural waking.⁴⁷ Furthermore, one's prior history of light exposure over days and weeks is also crucial when considering light's temporal aspects, as that history appears to reduce the sensitivity of the circadian system in terms of acute and phase shifting responses.^{48–50}

2.3. Collecting and analysing light exposure data using field measurement devices

To better understand and quantify the human circadian system's response to light, there is a need for standards and practices that are replicable, translatable between studies, and readily employable in the field. Devices and techniques employed in the field, therefore, should consistently and accurately record and characterize the light stimulus as it may affect the circadian system (*i.e.*, amount, spectrum, timing, and duration) as well as the circadian system's outputs (*e.g.*, activity–rest patterns). Most commercial photometers, however, use $V(\lambda)$ to determine luminance (cd/m^2) or illuminance (lm/m^2 , or lux). The majority of circadian-related research conducted from 1980 to 2000 quantified light stimuli using commercially available light meters, which were a popular and inexpensive tool of choice for lighting and photographic professionals. The discovery that the circadian system, as measured by acute melatonin suppression and phase shifting of the timing of DLMO, is maximally sensitive to short wavelengths, however, has shown that: (1) quantifying light

stimuli in terms of $V(\lambda)$ is inadequate and (2) commercially available light meters have only limited accuracy in measuring light's effect on the circadian system.^{7, 8}

As discussed below, to address these limitations, the LRC has developed various versions of the Daysimeter, which have been used successfully in numerous studies to collect calibrated personal light exposures and activity–rest patterns.^{51–58} Also discussed below are techniques used to quantify circadian entrainment and disruption in the field using these devices.

2.3.1. Actigraphs—Actigraphs are small wearable autonomous devices that measure and record the activity–rest patterns of individuals over extended periods (*i.e.*, activity time series [ATS]). For circadian and sleep research, the actigraph is usually worn on the wrist and measures activity–rest patterns that can be used to estimate sleep parameters such as total sleep time, sleep efficiency, sleep onset latency, and wake after sleep onset. They typically use accelerometers and data loggers, but can also be designed to measure personal light exposure profiles (*i.e.*, irradiance time series [ITS]) with or without ATS. Some actigraphs also measure other time series, such as temperature and heart rate, and they all measure time (some better than others).

Studies have shown a strong correlation between actigraphy data and both melatonin and CBT rhythms.⁵⁹ Although polysomnography remains the “gold standard” method for evaluating sleep parameters, it often needs to be conducted in a laboratory or hospital setting. Actigraphy, on the other hand, is a useful tool for providing data about an individual's sleep in their own natural sleep setting, at home. As there is no standard of measurement in actigraphy, however, actigraphy reports cannot easily be compared between laboratories and the resulting data must be considered as qualitative.⁶⁰ In addition, the actigraph may not provide an accurate estimation of sleep onset latency and daytime sleeping.⁶¹ In view of this difficulty, it is common for researchers to ask study subjects to keep logs or diaries to verify sleep and wake times to supplement actigraphy data, but these self-reports are not always accurate and are therefore of limited use.

In a 2003 literature review, Ancoli-Israel *et al.* explored the validity of actigraphy and actigraphy-based technology.⁵⁹ The authors found actigraphy to be a reliable method for evaluating variations in sleep patterns and treatment effects on sleep, diagnosing circadian rhythm disorders such as delayed sleep phase syndrome, and evaluating sleep when polysomnography cannot be used. However, the actigraph may not provide accurate data when sleep becomes fragmented, and thus overestimates sleep times. Additionally, an accurate bedtime marker may be required in order to calculate sleep onset latency. Ancoli-Israel *et al.* suggested that some studies might need more than one week of actigraphy data collection for accurate analysis.⁵⁹

In respect to light measurements, actigraphs and other photometric devices that are typically used by researchers are not calibrated to measure light for the circadian system. In 2012, Price *et al.* assessed the performance of 16 Actiwatch Spectrum (Philips Respironics, Murrysville, Pennsylvania) devices for spectral response, directional response, and dynamic range, and proposed techniques for calibration, deployment, and data analysis for the use of these devices in studies assessing circadian rhythms.⁶² To determine their spectral

sensitivity and linearity, the devices were exposed to a variety of narrowband and broadband polychromatic illumination conditions, across a spectral range of 360 to 720 nm from 100 W (2900 K) halogen lamps. The devices were oriented both horizontally and vertically. In terms of spectral sensitivity, each of the red-green-blue (RGB) sensors showed a broadband response to light. The blue sensor had a peak response at 460 nm (full width at half maximum [FWHM] = 395 to 500 nm); the green sensor had a peak response at 500 nm (FWHM = 475 to 550 nm); and the red sensor had a peak response at 655 nm (FWHM 600 to 695 nm). Spectral response variability was generally high among all sensors. The cosine response errors ranged from 30 to 50% in the horizontal plane and 60 to 65% in the vertical plane. With regard to linearity, there was a non-linear, variable RGB response at low light levels; the actual response was much higher than expected at lower transmittances. The authors noted that the directional and non-linear responses of the blue sensor were higher than desired for short wavelengths. Price *et al.* cautioned that for individuals with aged, yellowed lenses, the shift toward longer wavelengths would be more difficult to analyse using these devices. In a 2013 evaluation of field measurement devices, Figueiro *et al.*⁶³ also found that the Actiwatch does not measure blue light well, which supported the findings of Price *et al.*

The principal difficulty associated with using a wrist-worn actigraph to measure light–dark exposures is the high likelihood that the device will be covered by clothing. Thorne *et al.* investigated light exposure across seasons and noted that some Actiwatch readings were zero.⁶⁴ The authors felt that the accuracy of the Actiwatch was limited due to the possibility that the wrist-worn device had been covered by garment sleeves, and thus the measured light levels were lower than they should have been.

In 2017, Price *et al.* quantified the spectral, angular, and dynamic performance of 11 actigraph models from eight manufacturers or research groups, including the Daysimeter and new Actiwatch Spectrum models.⁶⁵ Price and Lyachev also described a subsequent modification to the ActTrust device (Condor Instruments, Sao Paulo, Brazil), which is designed to match the spectral response of melanopsin.⁶⁶ As noted earlier, the spectral sensitivity of the human circadian system is not limited to the melanopsin response only, however, so the usability of such devices for circadian research may still be limited.

2.3.2. Daysimeter—The first version of the Daysimeter was developed by the LRC to fill a known gap in the ability to accurately obtain human circadian light exposure data.⁵¹ The Daysimeter-D was designed to be worn at a wide variety of locations on the body that experimenters and subjects might deem appropriate or comfortable. The Daysimeter-D's three light sensors are calibrated in terms of the retinal photic input to the human visual (*i.e.*, photopic) and circadian systems. Its three, orthogonally oriented, solid-state accelerometers are calibrated in terms of gravitational forces on the device. Not only do the continuous measurements provide quantitative light exposure and activity level data, but the recorded light–dark and activity–rest patterns make it possible, using phasor analyses (discussed below), to quantitatively assess the degree of circadian entrainment and disruption exhibited by the person (or animal) wearing the device.⁶⁷

In 2013, Figueiro *et al.* discussed the effectiveness of three light measurement devices used in the field: the Actiwatch Spectrum, Daysimeter-S, and Daysimeter-D.⁶³ Each device was designed to measure light exposure and activity levels over extended periods of time, and report photopic illuminance values in lux. To compare recorded light and activity measurements for all three devices, the research team recruited 12 test subjects to wear four Daysimeters (at the eye, on the wrist, as a pendant, and on the torso as a pin) and one Actiwatch Spectrum (on the wrist) simultaneously for seven consecutive days. Differences between the Actiwatch Spectrum and the Daysimeters were assessed by comparing photopic illuminance and activity levels when the devices were worn on the wrist. To determine the impact of the light sensor placement, data from the Daysimeter worn on the wrist, as a pendant, and as a pin were compared to those from the Daysimeter-D, which was worn at eye level. Figueiro *et al.* found that compared to a commercial-grade illuminance meter, significant photometric errors were recorded for common discharge light sources using the Actiwatch Spectrum. The Actiwatch Spectrum also produced significant errors in photopic sensitivity at both the short- and long-wavelength regions of the spectrum.

Figueiro *et al.* concluded that the Actiwatch Spectrum's added sensitivity outdoors $V(\lambda)$ could lead to large photometric measurement errors for some sources with significant radiant power in tails of $V(\lambda)$ (e.g., daylight).⁶³ For example, the device's outdoor light measurements showed values $> 150,000$ lux, a value 50% higher than the light actually available on the surface of Earth at noon under a clear sky. The device also produced significant photometric errors for common light sources, showing nearly complete insensitivity to fluorescent and high-intensity light discharge (570 to 600 nm) compared to a commercial illuminance meter. While the differences in CS measured with the Daysimeter at the eye and other locations were typically less than 10%, the magnitude of difference became quite large when comparing measurements of photopic illuminance (lux), illustrating the potential problem in measuring light exposures at the wrist as surrogates for corneal light exposure. The Daysimeter also showed better spatial sensitivities and a photopic response more similar to $V(\lambda)$ than the Actiwatch Spectrum. Figueiro *et al.* concluded that the absolute spectral and spatial calibrations of a light measurement device were important for drawing valid inferences in sleep and circadian rhythms research, noting that measurement devices' operating characteristics should be both clearly defined and explicitly related to visual and non-visual biological systems.⁶³

2.3.3. Estimating circadian disruption in the field using phasor analysis—In 2008, Rea *et al.* proposed a quantitative method for estimating circadian entrainment and disruption in the field.⁶⁸ Called *phasor analysis*, this method permits examination of the relationship between the 24-hour (circadian) light–dark exposure pattern, the stimulus, and the activity–rest pattern. The response is quantified in terms of the phase and magnitude of their *joint* circular correlation function. The joint circular correlation function is determined by calculating correlations (r , not r^2) between the entire, continuously repeating time series of light–dark exposure data and the entire, continuously repeating time series of activity–rest data as one time series is rotated with respect to the other. The circular correlation function is decomposed into its Fourier components from which the 24-hour frequency component can be represented by a vector, called a *phasor*. The vector length, or *phasor magnitude*,

represents the amount of circadian entrainment exhibited in the light–dark pattern and the associated activity–rest pattern; the greater the phasor magnitude, the stronger the correlation between the light stimulus and the activity response. The vector angle, or *phasor angle*, reflects the phase relationship between the 24-hour light–dark exposure pattern and the 24-hour activity–rest pattern.

The LRC has conducted several studies to evaluate phasor analysis as a measure of circadian entrainment or disruption in humans and nocturnal animals. The first study used phasor analyses to estimate circadian disruption in nurses and rats in the field and laboratory.⁶⁸ In the field, 43 day-shift and rotating-shift nurses wore a Daysimeter at work for two to three consecutive days. In the laboratory, individually housed rats experienced either a 12:12-hour light–dark pattern or a “jet-lagged” condition where that pattern was reversed every 48 hours. The field results showed a consistent relationship between activity–rest rhythms and light exposure in day-shift nurses, while rotating-shift nurses were less synchronized to their light–dark cycle. The cross-species laboratory comparison showed that the 12:12 light–dark pattern rats’ phasor magnitudes were similar to those of day-shift nurses, while the jet-lagged rats’ phasor magnitudes were similar to those of the rotating-shift nurses.

In a follow up study, Radetsky *et al.* compared ecological data from day-shift and rotating-shift nurses with data from mice that experienced light–dark patterns emulating those experienced by the nurses.⁶⁹ Special lighting systems were installed to ensure that the spectrum and amount of light inside the animals’ cages were tuned to the spectral and absolute sensitivities of the nocturnal murine circadian system. The results showed that individual phasor magnitudes were very similar for both species when exposed to light–dark patterns simulating either day-shift or rotating-shift schedules (Figure 2). The authors proposed that the high level of congruence between the mouse and human phasor magnitudes offered support for a bridge between ecological studies of light exposure in humans and controlled light exposures in animal models.

Most recently, Figueiro *et al.* exposed mice to lighting conditions mimicking light–dark exposures experienced by day-shift nurses, rotating-shift nurses working one night per week, and rotating-shift nurses working three nights per week.⁷⁰ After three weeks under these conditions, oral glucose tolerance tests (measured over 120 minutes) showed that glucose area under the curve (AUC) was significantly higher after animals experienced the simulated shift-work schedules compared to the day-shift schedule. More importantly, the results showed a significant negative correlation between phasor magnitude (a measure of circadian entrainment) and glucose AUC (Figure 3). A higher glucose AUC suggests a lower glucose tolerance, typically associated with higher risk for type 2 diabetes.

These studies are of utmost importance as they demonstrate how the discussion about light’s effect on human health needs to shift to the relationship between light–dark and activity–rest patterns, and not just focus on LAN exposure and its impact on circadian disruption. Phasor analysis provides a method for quantifying circadian disruption in field and laboratory settings, as well as a bridge between ecological measurements of circadian entrainment in humans and parametric studies of circadian disruption in animal models, including nocturnal rodents.

2.4 Acute alertness and light

The effects of light on alertness at night are well documented^{71–74} and have been associated with light's ability to suppress melatonin.⁷⁵ Earlier studies showed that high levels (> 2500 lux at the cornea) of white light were needed to affect objective and subjective measures of alertness.^{73, 74} As it has now been established that the spectral sensitivity of acute melatonin suppression^{23, 24} (a marker of the circadian clock) peaks close to 460 nm, researchers have also been investigating the impact of short-wavelength (blue) light on measures of alertness.⁷⁶ Research has shown that the light levels required to affect measures of alertness can be greatly reduced when low levels of blue light are used, rather than polychromatic white light.^{76, 77} These studies suggest that the ipRGCs mediate, at least in part, the alerting effects of light at night and that the suppression of melatonin may indeed play a role in eliciting alertness in humans by “fooling the body” into thinking that it is daytime.

Studies examining the effects of light on measures of alertness and performance have also been conducted during the daytime, when melatonin levels are low.^{78–80} Functional magnetic resonance imaging studies show that bright (> 7000 lux) white light as well as lower levels (7.5 lux) of short-wavelength (peak close to 473 nm) light were more effective at activating brain regions associated with alertness than either remaining in dim light or being exposed to higher levels (24.5 lux) of 527 nm light.^{81, 82} These results suggest that melatonin suppression is not needed to affect measures of alertness while nonetheless suggesting that the effects of light on measures of alertness during the daytime could still be mediated, at least in part, by the responses of the ipRGCs.

A new line of study, however, has demonstrated that long-wavelength (red, peak close to 630 nm) light can increase objective and subjective measures of alertness at night^{3, 83} and during the day.^{1, 2} Given that the ipRGCs are not sensitive to long-wavelength light, the results of these studies suggest that long-wavelength cones mediate red light's alerting effects.¹¹ While the spectral and absolute sensitivity functions for acute alertness have not been established, these results clearly suggest that the pathways in the brain associated with acute alertness differ from those associated with acute melatonin suppression. Several other studies using light that was filtered to remove short-wavelength content also showed that acute melatonin suppression is not needed to maintain subjective alertness.^{84, 85}

In addition to the well-known effects of spectral irradiance incident on the retina on physiological and endocrine processes, studies have claimed that colour itself can affect a range of physiological, psychological, and behavioral responses in humans.⁸⁶ The precise effect elicited by colour on humans, however, remains under debate. For example, while a few studies have claimed that the colour red is more arousing and alerting than the colour blue, other studies have not shown any significant difference between the physiological arousal elicited by the two colours.⁸⁷ Future studies investigating the effects of saturated coloured lights on humans, however, should take into account these possible psychological effects.

3. Using light to promote circadian entrainment and elicit alertness

Numerous and diverse populations are in a position to benefit from these advances in the study of light and its effects on the human circadian system. The majority of laboratory research and field studies published over the years include lighting for offices, older adults, and adolescents. While there is continuing debate in the field as to whether we are ready for applications, a number of studies have attempted to demonstrate the benefits of using higher circadian stimulation in buildings during the daytime. In some cases, this lighting solution has been combined with a reduction in circadian stimulation during evening hours. A few other studies also examined how light can be used to increase alertness, regardless of its impact on circadian phase. Based on the scientific research, this lighting scheme should promote entrainment, which in turn should result in better sleep, mood, and perhaps performance.

3.1. Older adults with and without dementia

Seniors residing in assisted living facilities are perhaps the best example of a population at risk for circadian disorders;⁸⁸ due to age-dependent reduced retinal light exposures and to fixed lighting conditions in their living environments, seniors are less likely to experience the necessary, robust 24-hour light–dark pattern needed for circadian entrainment. Exposure to bright white light (at least 3000 lux and as high as 8000 lux at the cornea) for at least one hour in the morning for a period of at least two weeks was found to improve or consolidate night-time sleep of individuals with Alzheimer’s disease and related dementias (ADRD).^{89, 90} Research demonstrated that, in ADRD patients, continuous, bright, indirect white light (at least 1000 lux at the cornea) during daytime hours consolidated activity–rest rhythms,⁹¹ attenuated cognitive deterioration, ameliorated depressive symptoms, and attenuated the increase in functional limitations over time.⁹² Recently, Figueiro *et al.* showed that much lower levels (400 lux at the cornea) of a high correlated colour temperature (CCT) light source (which emits more short-wavelength content) improved objective and subjective sleep and reduced agitation and depression in ADRD patients living in long-term care facilities.⁹³

Two landmark studies from the same research group in the Netherlands clearly showed the benefits of delivering a robust light–dark pattern to ADRD patients. In a 1997 article, Van Someren *et al.* explored the effects of increased levels of bright light during the day on 22 institutionalized older adults with severe ADRD.⁹¹ A ceiling-mounted luminaire containing high-intensity white fluorescent tubes was installed in the common areas where the patients spent most of their waking time. Patients received a mean \pm standard error of the mean of 1136 ± 89 lux from the new lighting, although the amount of light received ranged from 790 to 2190 lux depending on the patient’s position relative to a window. The results showed that bright light exposure over the course of a day could improve disturbed circadian activity–rest rhythms in older adults with severe dementia. Bright light treatment was most effective in patients with relatively unimpaired vision, as opposed to those with severe visual deficits. Interdaily stability, which is a measure of the consistency in activity–rest patterns over the course of many days, increased (*i.e.*, coupling of the rhythm to environmental *zeitgebers*, such as the time of meals), indicating a more steadfast organization of the circadian activity–

rest rhythm. This was the first field study demonstrating that light could improve activity–rest rhythms in ADRD patients.

In a follow up study, Riemersma-van der Lek *et al.* were the first to investigate the effect of long-term (maximum of 3.5 years) light exposure and melatonin pills in a study of 189 ADRD patients.⁹² Ceiling-mounted, fluorescent luminaires were installed in a common living room. The patients received either light or melatonin, light and melatonin in combination, or neither light nor melatonin. Melatonin pills were given before bed, and a light exposure of > 1000 lux at eye level was presented throughout the day. Results showed that the light exposure attenuated cognitive declines as measured by Mini–Mental State Examination scores, ameliorated depressive symptoms on the Cornell Scale for Depression in Dementia, and attenuated the increase in functional limitations, as measured by the activity of daily living scale, by 53%. Melatonin increased negative mood and withdrawn behavior, but shortened sleep latency and increased sleep duration. The authors concluded that as light improves cognitive and non-cognitive symptoms of dementia, and melatonin has an adverse effect on mood, melatonin should only be used in combination with light therapy.

In 2015, Sloane *et al.* used a tailored lighting intervention that delivered more short-wavelength content and reduced the light levels to 17 pairs of ADRD patients and caregivers living at home.⁹⁴ In a crossover, within-subjects design, subjects received a tailored and a placebo light in living spaces where they were most likely to spend their time during the day. Subjects experienced each condition for six weeks, separated by a four-week washout period. The tailored lighting intervention did not significantly affect actigraphic and self-reports of sleep measures in ADRD patients, but it did improve sleep and reduced strain in caregivers.

Figueiro *et al.* tested the effectiveness of a lighting intervention delivering a CS of > 0.3 during the day and < 0.1 in the evening in both residences and in more-controlled environments, showing that this lighting intervention implemented in the homes of ADRD patients and their caregivers reduced depression symptoms in patients.⁹⁵ They also showed that the tailored lighting intervention installed in nursing homes, where total light exposures are better controlled, increased sleep time and reduced depression and agitation scores in ADRD patients.⁹³ One of the biggest challenges is finding a practical method for effectively delivering the lighting intervention to the residents' eyes. Observing that ADRD patients spend a considerable portion of the day sitting around tables in common areas, Figueiro *et al.* built and tested the effectiveness of a light table delivering very high circadian stimulus (CS > 0.6) on sleep quality and mood in ADRD patients living in nursing homes.⁹⁶ Residents who sat at the light table for four weeks showed significantly increased sleep duration and reduced agitation and depression scores. The study was performed with a small subject sample and is currently being replicated in a larger sample.

A 24-hour lighting scheme has been proposed that delivers high circadian stimulation during the daytime hours, low circadian stimulation in the evening hours (Figure 4), and nightlights that provide perceptual cues to decrease falls risks at night without disrupting sleep.⁹⁷ Arguably, light therapy in assisted living facilities should be quite effective because it is

possible to fully control the 24-hour light–dark pattern, as residents spend the majority of their time indoors in a defined space.

3.2. Adolescents

Adolescents can be chronically sleep deprived because of their inability to fall asleep early in combination with fixed wake-up times on school days. According to the Centers for Disease Control and Prevention, more than 70% of school children get insufficient sleep—less than eight hours on school nights.⁹⁸ This type of restricted sleep schedule has been linked with depression, behavioral problems, poor performance at school, and automobile accidents.⁹⁹ There are a number of reasons why children and adolescents often do not retire early enough to sleep a minimum of eight hours before rising for school, ranging from academic pressures to engagement in electronic media (*e.g.*, tablets and video games) and endogenous circadian sleep disorders. Many schools begin classes quite early in the morning, particularly middle and high schools. When days are short, as is experienced during the winter months in the northern U.S., classes may start before sunrise. Furthermore, if young people spend the majority of their days indoors in exclusively dim lighting, the circadian system may not be able to synchronize with the solar day and thus their sleep, performance in school, and general health may decline.

Figueiro *et al.* conducted three studies investigating the impact of morning and evening light on DLMO, a well-known circadian marker in adolescents.^{57, 100, 101} In two of these studies, the use of orange-tinted glasses that removed short-wavelength light from waking until 3:00 p.m. for five consecutive days delayed DLMO by about 30 minutes.^{100, 101} There was a slight delay in bedtimes, but there were no observed effects of the intervention on mood and short-term performance. In the third study, Figueiro and Rea demonstrated that evening light exposure during spring months significantly delayed DLMO compared to winter months, when students were in circadian darkness during evening hours.⁵⁷ The results from these studies underscore the importance of controlling the entirety of 24-hour light–dark patterns to effectively promote circadian entrainment and reduce sleep restriction in adolescents. Consistently, Figueiro and Overington showed that adolescents who were exposed to self-luminous displays in the evening significantly suppressed melatonin after one- and two-hour exposures.¹⁰¹ More importantly, they demonstrated that adolescents will suppress significantly more melatonin than college students when exposed to the same circadian-effective light.

As it is unlikely that adolescents will stop using self-luminous displays prior to bedtime, the use of techniques such as software or filters for removing or reducing short-wavelength emission from these devices is becoming more common. Escofet and Bará reviewed the existing software applications and hardware filters and concluded that software applications seem to offer the best trade-off for controlling light spectra from self-luminous displays.¹⁰² While software applications that reduce emissions in the short-wavelengths can help to reduce circadian-effective light emitted by these devices, however, they also compromise colour. The authors showed that one very effective approach is to simply dim the devices without changing the display's spectral composition. Regardless, when developing lighting schemes for adolescents, it is important that both daytime and evening light be specified.

When designing lighting for schools, moreover, educational materials offering guidelines for evening light exposures should be made available to students and parents.

3.3. Daytime workers

Light can promote entrainment in daytime workers and elicit an acute alerting effect that may not affect circadian phase. Studies to date have mainly focused on the acute alerting effects of light, but more recently, studies have investigated the impact of short-wavelength light on entrainment and its impact on sleep and mood, as detailed below.

In 2015, Borisuit *et al.* compared self-reports of visual acceptance and alertness in two realistic office environments illuminated with daylight (without a view) and electric lighting (ceiling fluorescent lights).¹⁰³ Subjective glare was found to be lower under the daylight condition than under the electric lighting condition. Subjective alertness decreased over the course of the afternoon under both conditions, but less so under the daylight conditions.

In 2016, Figueiro and Rea collected circadian light exposures in office workers in Grand Junction, Colorado, during winter and summer months.¹⁰⁴ The office building used as a test site was designed to provide daylight availability in the space, and therefore was expected to provide good circadian stimulation to workers. Their overall hypothesis was that office workers would receive a significantly greater amount of circadian stimulation during summer than during winter months, leading to better sleep and mood during the summer. One interesting finding from this study was that the circadian stimulus received by the office workers was below 0.2 during both winter and summer months, suggesting that they were not receiving high amounts of circadian-effective light ($CS \geq 0.3$) during the day. The study also showed that circadian-effective light exposures were significantly higher in summer than in winter, resulting in greater sleep duration and sleep efficiency and reduced sleep onset latency, which suggested that receiving greater circadian-effective light exposures during the day was associated with better sleep at night. These results are consistent with a second, more recent study from the same research group showing that morning exposure to a circadian stimulus ≥ 0.3 , compared to an exposure ≤ 0.15 , was associated with better sleep quality and less depression in office workers.¹⁰⁵

Canazei *et al.* investigated the impact of a dynamic lighting system, which delivered approximately 1000 to 2000 lux from a light source varying from 4000 to 6500 K, over the course of the morning shift on alertness, mood, heart rate variability, sleep quality, and productivity among a group of Austrian workers.¹⁰⁶ Data were collected during winter and summer months. The authors showed that a dynamic lighting system during morning shift work had a calming effect (*i.e.*, increased high-frequency power heart rate variability and decreased subjective ratings of arousal) and improved productivity-related measures during winter months only. These seasonal effects could be expected, given that people working morning shifts arrive at work before sunrise in winter months, which deprives them of morning entraining stimulus. The results also showed decreases in anxiety, depression, and sleep onset latency after four weeks of exposure to the dynamic lighting intervention. The authors argued that the dynamic lighting intervention's greater short-wavelength emissions conferred greater benefits on morning shift workers than did a 4100 K source. The mechanisms through which this effect was achieved are not clear, however, given that the

control condition delivered 1000 lux at the cornea, which is close to saturation levels for activation of the circadian system.²²

Another field study reported positive outcomes from exposure to very high CCT light sources (17,000 K) compared to low CCT sources (2900 K) on office workers' concentration, level of fatigue, alertness, daytime sleepiness, and performance.¹⁰⁷ Yet another study, however, did not find any beneficial effect of dynamic lighting (500 to 700 lux; 3000 to 4700 K) on workers' need for recovery, vitality, sleep quality, mental health, headache and eyestrain, or subjective performance, even though the subjects expressed preference for the dynamic lighting system.¹⁰⁸

4. Where do we go next?

The past 50 years have witnessed a large body of research into how light affects human health and well-being, which has grown even more over the 15 years that have passed since the discovery of melanopsin and the ipRGCs. By and large, researchers have focused on the spectral sensitivity of the human circadian system, but this aspect is not the whole story. Additional work is required to better understand the temporal aspects of lighting. Indeed, the variables of timing and duration have not always been considered in lighting, and yet, they are key elements in specifying lighting for the circadian system.

Future studies should also determine the brain mechanisms associated with light's acute alerting effects. Recent research indicates that long-wavelength light, which is not as effective at suppressing melatonin, can elicit alertness, suggesting brain mechanisms that are different from those involved in acute melatonin suppression.¹⁻³

To date, most of the work investigating the impact of light on health and well-being has been performed in laboratory settings, although more recently, as discussed here, a growing number of field studies have been conducted and published. It is important that we continue to investigate the robustness of light's impacts on health and well-being outside laboratory conditions. It might also be important to start publishing negative results, as they may be just as revealing. It will be challenging to make these studies reproducible, but better specification of the stimulus and the use of calibrated field measurement devices will be key to successful studies.

5. Conclusions

It is well established that a regular 24-hour light–dark pattern minimizes circadian disruption, which in turn minimizes negative health and performance outcomes. Circadian disruption can be observed and become an issue when people travel across multiple time zones, use self-luminous displays in the evenings, spend most of their days in dim daytime interiors, stay up late to watch hockey, and move from building to building and space to space throughout the day. The 24-hour light–dark pattern is no longer regular and predictable.

The challenge for lighting researchers and professionals is that they have been so closely tied to thinking about a particular building—that is, a single place where one needs to see for

tasks and perceive ambience instantaneously. Circadian hygiene is not instantaneous, but cumulative. Today, because people have luminous displays and active lives that change their 24-hour pattern of light and dark, they do not have a single lighting entity that is responsible for total 24-hour light exposure patterns, and therefore cannot address 24-hour light exposure issues. As shown by Rea *et al.*,⁶⁸ however, it is the temporal relationship between the total circadian light–dark and activity–rest patterns that needs to be measured and controlled to reduce circadian disruption.

A new lighting profession needs to emerge, such as personal light and health coaching, or new software applications need to be developed to keep track of light–dark exposures and provide recipes for maintaining entrainment or correcting circadian disruption. This can already be accomplished in spaces where users do not change their living space across the 24-hour day (*e.g.*, senior living facilities and submarines). A new standard and practice can now be implemented in senior living facilities. Another area of research for real impact could be lighting for schoolchildren, who have a regular routine at school. The next steps would be to educate teachers and parents about the significance of a robust 24-hour light–dark pattern. Office spaces pose a greater challenge, but one could start envisioning the use of a “light oasis” (Figure 5), where workers could receive their circadian light exposures during the daytime with the aid of a circadian software application that informs them about what they need and when they need it. It is likely that people like airline pilots, flight attendants, and shift workers will never have an ideal lighted environment, but at least researchers can use phasor analyses and animal models to investigate ways to minimize disruption, and therefore, improve health and well-being.

Time will tell if lighting will indeed go through this transition. For now, the lighting community should celebrate all the great achievements that have been made in this area over the past 50 years.

Acknowledgments

Funding

The National Institute on Aging (R01AG034157), National Institute of Occupational, Safety and Health (NIOSH – R01OH01668), US General Services Administration, and Office of Naval Research funded this research.

The authors would like to acknowledge Mark S. Rea, David Pedler and Rebekah Mullaney for their technical and editorial support. The authors would also like to thank Dr. Peter Boyce, LR&T editor, for his insightful and helpful comments on the manuscript.

References

1. Sahin L, Figueiro MG. Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon. *Physiol Behav.* 2013; 116–117:1–7.
2. Sahin L, Wood B, Plitnick B, Figueiro MG. Daytime light exposure: Effects on biomarkers, measures of alertness, and performance. *Behav Brain Res.* 2014; 274:176–85. [PubMed: 25131505]
3. Figueiro MG, Sahin L, Wood B, Plitnick B. Light at night and measures of alertness and performance: Implications for shift workers. *Biol Res Nurs.* 2016; 18:90–100. [PubMed: 25697165]
4. Rea MS, Bullough JD, Figueiro MG. Phototransduction for human melatonin suppression. *J Pineal Res.* 2002; 32:209–13. [PubMed: 11982788]
5. Stone PT. Fluorescent lighting and health. *Light Res Technol.* 1992; 24:55–61.

6. Küller R, Wetterberg L. Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: Impact of two fluorescent lamp types at two light intensities. *Light Res Technol.* 1993; 25:71–81.
7. Lucas RJ, Peirson SN, Berson DM, et al. Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends Neurosci.* 2014; 37:1–9. [PubMed: 24287308]
8. Rea MS, Figueiro MG, Bullough JD. Circadian photobiology: An emerging framework for lighting practice and research. *Light Res Technol.* 2002; 34:177–87.
9. Lewy A, Wehr T, Goodwin T, Newsome D, Markey S. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science.* 1980; 210:1267–9. [PubMed: 7434030]
10. Zeitzer JM, Dijk D-J, Kronauer R, Brown EN, Czeisler CA. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *J Physiol.* 2000; 526:695–702. [PubMed: 10922269]
11. Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science.* 2002; 295:1070–3. [PubMed: 11834835]
12. Foster RG, Hankins MW. Non-rod, non-cone photoreception in the vertebrates. *Prog Retin Eye Res.* 2002; 21:507–27. [PubMed: 12433375]
13. Freedman MS, Lucas RJ, Soni B, et al. Regulation of mammalian circadian behavior by non-rod, non-cone, ocular photoreceptors. *Science.* 1999; 284:502–4. [PubMed: 10205061]
14. Lucas RJ, Freedman MS, Munoz M, Garcia-Fernandez JM, Foster RG. Regulation of the mammalian pineal by non-rod, non-cone, ocular photoreceptors. *Science.* 1999; 284:505–7. [PubMed: 10205062]
15. Lucas RJ, Foster RG. Neither functional rod photoreceptors nor rod or cone outer segments are required for the photic inhibition of pineal melatonin. *Endocrinology.* 1999; 140:1520–4. [PubMed: 10098483]
16. Panda S, Sato TK, Castrucci AM, et al. Melanopsin (Opn4) requirement for normal light-induced circadian phase shifting. *Science.* 2002; 298:2213–6. [PubMed: 12481141]
17. Hattar S, Lucas RJ, Mrosovsky N, et al. Melanopsin and rod-cone photoreceptive systems account for all major accessory visual functions in mice. *Nature.* 2003; 424:76–81. [PubMed: 12808468]
18. Figueiro MG, Bullough JD, Parsons RH, Rea MS. Preliminary evidence for spectral opponency in the suppression of melatonin by light in humans. *Neuroreport.* 2004; 15:313–6. [PubMed: 15076759]
19. Figueiro MG, Bullough JD, Bierman A, Rea MS. Demonstration of additivity failure in human circadian phototransduction. *Neuro Endocrinol Lett.* 2005; 26:493–8. [PubMed: 16264413]
20. Figueiro MG, Bierman A, Rea MS. Retinal mechanisms determine the subadditive response to polychromatic light by the human circadian system. *Neurosci Lett.* 2008; 438:242–5. [PubMed: 18479818]
21. Walmsley L, Hanna L, Mouland J, et al. Colour as a signal for entraining the mammalian circadian clock. *PLoS Biology.* 2015; 13:e1002127. [PubMed: 25884537]
22. Rea MS, Figueiro MG, Bullough JD, Bierman A. A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Res Rev.* 2005; 50:213–28. [PubMed: 16216333]
23. Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci.* 2001; 21:6405–12. [PubMed: 11487664]
24. Thapan K, Arendt J, Skene DJ. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *J Physiol.* 2001; 535:261–7. [PubMed: 11507175]
25. (DIN) DIfN. DIN V 5031-100: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik -Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen - Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren. Berlin: Deutsches Institut für Normung; 2009.
26. (DIN) DIfN. DIN V SPEC 5031-100: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik - Teil 100: Über das Auge vermittelte, nichtvisuelle Wirkung des Lichts auf den Menschen - Größen, Formelzeichen und Wirkungsspektren. Berlin: Deutsches Institut für Normung; 2015.
27. Gall D, Bieske K. Definition and measurement of circadian radiometric quantities. Proceedings of the CIE Symposium '04 on Light and Health; Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Éclairage; 2004. 129–32.

28. Rea MS, Figueiro MG, Bierman A, Hamner R. Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Light Res Technol.* 2012; 44:386–96.
29. Provencio I, Jiang G, De Grip W, Hayes W, Rollag M. Melanopsin: An opsin in melanophores, brain, and eye. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1998; 95:340–5. [PubMed: 9419377]
30. Enezi JaRevell V, Brown T, Wynne J, Schlangen L, Lucas R. A “melanopic” spectral efficiency function predicts the sensitivity of melanopsin photoreceptors to polychromatic lights. *J Biol Rhythms.* 2011; 26:314–23. [PubMed: 21775290]
31. Lall GS, Revell VL, Momiji H, et al. Distinct Contributions of Rod, Cone, and Melanopsin Photoreceptors to Encoding Irradiance. *Neuron.* 2010; 66:417–28. [PubMed: 20471354]
32. Bailes HJ, Lucas RJ. Melanopsin and inner retinal photoreception. *Cell Mol Life Sci.* 2010; 67:99–111. [PubMed: 19865798]
33. Rea MS, Figueiro MG. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. *Light Res Technol.* 2016 In press.
34. Rea MS, Figueiro MG. Quantifying light-dependent circadian disruption in humans and animal models. *Chronobiol Int.* 2014; 31:1239–46. [PubMed: 25229212]
35. Amundadottir ML, Lockley SW, Andersen M. Unified framework to evaluate non-visual spectral effectiveness of light for human health. *Light Res Technol.* 2016 In press.
36. Panda S, Provencio I, Tu DC, et al. Melanopsin is required for non-image-forming photic responses in blind mice. *Science.* 2003; 301:525–7. [PubMed: 12829787]
37. Rea MS, Figueiro MG, Bierman A, Bullough JD. Circadian light. *J Circadian Rhythms.* 2010; 8:2. [PubMed: 20377841]
38. Bellia L, Seraceni M. A proposal for a simplified model to evaluate the circadian effects of light sources. *Light Res Technol.* 2014; 46:493–505.
39. McIntyre IM, Norman TR, Burrows GD, Armstrong SM. Human melatonin suppression by light is intensity dependent. *J Pineal Res.* 1989; 6:149–56. [PubMed: 2915324]
40. Aoki H, Yamada N, Ozeki Y, Yamane H, Kato N. Minimum light intensity required to suppress nocturnal melatonin concentration in human saliva. *Neurosci Lett.* 1998; 252:91–4. [PubMed: 9756329]
41. West KE, Jablonski MR, Warfield B, et al. Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *J Appl Physiol.* 2011; 110:619–26. [PubMed: 21164152]
42. Figueiro MG, Lesniak NZ, Rea MS. Implications of controlled short-wavelength light exposure for sleep in older adults. *BMC Res Notes.* 2011; 4:334. [PubMed: 21902824]
43. Rea MS, Figueiro MG. A Working Threshold for Acute Nocturnal Melatonin Suppression from “White” Light Sources used in Architectural Applications. *J Carcinog Mutagen.* 2013; 4:1000150.
44. Chang AM, Santhi N, St Hilaire M, et al. Human responses to bright light of different durations. *J Physiol (Lond).* 2012; 590:3103–12. [PubMed: 22526883]
45. Jewett ME, Rimmer DW, Duffy JF, Klerman EB, Kronauer RE, Czeisler CA. Human circadian pacemaker is sensitive to light throughout subjective day without evidence of transients. *Am J Physiol.* 1997; 273:R1800–9. [PubMed: 9374826]
46. Khalsa SB, Jewett ME, Cajochen C, Czeisler CA. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. *J Physiol.* 2003; 549:945–52. [PubMed: 12717008]
47. Figueiro MG. Disruption of circadian rhythms by light during day and night. *Curr Sleep Med Rep.* 2017; 3:76–84. [PubMed: 28845384]
48. Smith KA, Schoen MW, Czeisler CA. Adaptation of human pineal melatonin suppression by recent photic history. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004; 89:3610–4. [PubMed: 15240654]
49. Chang AM, Scheer FA, Czeisler CA. The human circadian system adapts to prior photic history. *J Physiol.* 2011; 589:1095–102. [PubMed: 21224217]
50. Hébert M, Martin SK, Lee C, Eastman CI. The effects of prior light history on the suppression of melatonin by light in humans. *J Pineal Res.* 2002; 33:198–203. [PubMed: 12390501]
51. Bierman A, Klein TR, Rea MS. The Daysimeter: A device for measuring optical radiation as a stimulus for the human circadian system. *Meas Sci Technol.* 2005; 16:2292–9.

52. Figueiro MG. Lessons from the Daysimeter: can circadian disruption in individuals with Alzheimer's disease be measured? *Neurodegener Dis Manag.* 2012; 2:553–6.
53. Rea MS, Figueiro MG, Jones GE, Glander KE. Daily activity and light exposure levels for five species of lemurs at the duke lemur center. *Am J Phys Anthropol.* 2014; 153:68–77. [PubMed: 24318943]
54. Higgins PA, Hornick TR, Figueiro MG. Rest-activity and light exposure patterns in the home setting: a methodological case study. *Am J Alzheimers Dis Other Dementias.* 2010; 25:353–61.
55. Sharkey KM, Carskadon MA, Figueiro MG, Zhu Y, Rea MS. Effects of an advanced sleep schedule and morning short wavelength light exposure on circadian phase in young adults with late sleep schedules. *Sleep Med.* 2011; 12:685–92. [PubMed: 21704557]
56. Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Appl Ergon.* 2013; 44:237–40. [PubMed: 22850476]
57. Figueiro MG, Rea MS. Short-wavelength light enhances cortisol awakening response in sleep-restricted adolescents. *Int J Endocrinol.* 2012; 2012:301935. [PubMed: 22899916]
58. Figueiro MG, Hamner R, Higgins P, Hornick T, Rea MS. Field Measurements of Light Exposures and Circadian Disruption in Two Populations of Older Adults. *J Alzheimers Dis.* 2012; 31:711–5. [PubMed: 22699845]
59. Ancoli-Israel S, Cole R, Alessi C, Chambers M, Moorcroft W, Pollak CP. The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms. *Sleep.* 2003; 26:342–92. [PubMed: 12749557]
60. Figueiro MG, Rea MS. New Tools to Measure Light Exposure, Activity, and Circadian Disruption in Older Adults. SLEEP 2011 25th Annual Meeting of the Associated Professional Sleep Societies, LLC; Minneapolis, MN. 2011;
61. Martin JL, Hakim AD. Wrist actigraphy. *Chest.* 2011; 139:1514–27. [PubMed: 21652563]
62. Price L, Khazova M, O'Hagan J. Performance assessment of commercial circadian personal exposure devices. *Light Res Technol.* 2012; 44:17–26.
63. Figueiro MG, Hamner R, Bierman A, Rea MS. Comparisons of three practical field devices used to measure personal light exposures and activity levels. *Light Res Technol.* 2013; 45:421–34. [PubMed: 24443644]
64. Thorne HC, Jones KH, Peters SP, Archer SN, Dijk DJ. Daily and seasonal variation in the spectral composition of light exposure in humans. *Chronobiol Int.* 2009; 26:854–66. [PubMed: 19637047]
65. Price LLA, Lyachev A, Khazova M. Optical performance characterization of light-logging actigraphy dosimeters. *J Opt Soc Am.* 2017; 34:545–57.
66. Price LLA, Lyachev A. Research Note: Modification of a personal dosimetry device for logging melanopic irradiance. *Light Res Technol.* 2017 In press.
67. Miller D, Figueiro MG, Bierman A, Schernhammer E, Rea MS. Ecological measurements of light exposure, activity and circadian disruption. *Light Res Technol.* 2010; 42:271–84. [PubMed: 23504497]
68. Rea MS, Bierman A, Figueiro MG, Bullough JD. A new approach to understanding the impact of circadian disruption on human health. *J Circadian Rhythms.* 2008; 6:7. [PubMed: 18510756]
69. Radetsky LC, Rea MS, Bierman A, Figueiro MG. Circadian Disruption: Comparing humans with mice. *Chronobiol Int.* 2013; 30:1066–71. [PubMed: 23866054]
70. Figueiro MG, Radetsky L, Plitnick B, Rea MS. Glucose tolerance in mice exposed to light–dark stimulus patterns mirroring dayshift and rotating shift schedules. *Sci Rep.* 2017; 7:40661. [PubMed: 28079162]
71. Dawson D, Campbell S. Bright light treatment: are we keeping our subjects in the dark? *Sleep.* 1990; 13:267–71. [PubMed: 2356398]
72. Daurat A, Foret J, Benoit O, Mauco G. Bright light during nighttime: effects on the circadian regulation of alertness and performance. *Biol Signals Recept.* 2000; 9:309–18. [PubMed: 11025337]
73. Cajochen C, Zeitzer JM, Czeisler CA, Dijk DJ. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav Brain Res.* 2000; 115:75–83. [PubMed: 10996410]

74. Badia P, Myers B, Boecker M, Culpepper J, Harsh JR. Bright light effects on body temperature, alertness, EEG and behavior. *Physiol Behav.* 1991; 50:583–8. [PubMed: 1801013]
75. Chellappa SL, Steiner R, Blattner P, Oelhafen P, Götz T, Cajochen C. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? *PLoS One.* 2011; 6:e16429. [PubMed: 21298068]
76. Cajochen C, Munch M, Koblalka S, et al. High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation and heart rate to short wavelength light. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005; 90:1311–6. [PubMed: 15585546]
77. Figueiro MG, Bullough JD, Bierman A, Fay CR, Rea MS. On light as an alerting stimulus at night. *Acta Neurobiol Exp (Warsz).* 2007; 67:171–8. [PubMed: 17691225]
78. Smolders KC, de Kort YA, Cluitmans PJ. A higher illuminance induces alertness even during office hours: findings on subjective measures, task performance and heart rate measures. *Physiol Behav.* 2012; 107:7–16. [PubMed: 22564492]
79. Rüger M, Gordijn MC, Beersma DG, de Vries B, Daan S. Time-of-day-dependent effects of bright light exposure on human psychophysiology: comparison of daytime and nighttime exposure. *Am J Physiol.* 2006; 290:R1413–20.
80. Phipps-Nelson J, Redman JR, Dijk DJ, Rajaratnam SM. Daytime exposure to bright light, as compared to dim light, decreases sleepiness and improves psychomotor vigilance performance. *Sleep.* 2003; 26:695–700. [PubMed: 14572122]
81. Vandewalle G, Baiteau E, Phillips C, et al. Daytime light exposure dynamically enhances brain responses. *Curr Biol.* 2006; 16:1616–21. [PubMed: 16920622]
82. Vandewalle G, Schmidt C, Albouy G, et al. Brain responses to violet, blue, and green monochromatic light exposures in humans: prominent role of blue light and the brainstem. *PLoS One.* 2007; 2:e1247. [PubMed: 18043754]
83. Figueiro MG, Bierman A, Plitnick B, Rea MS. Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night. *BMC Neurosci.* 2009; 10:105. [PubMed: 19712442]
84. Van de Werken M, Gimenez MC, de Vries B, Beersma DG, Gordijn MC. Short-wavelength attenuated polychromatic white light during work at night: limited melatonin suppression without substantial decline of alertness. *Chronobiol Int.* 2013; 30:843–54. [PubMed: 23705821]
85. Papamichael C, Skene DJ, Revell VL. Human nonvisual responses to simultaneous presentation of blue and red monochromatic light. *J Biol Rhythms.* 2012; 27:70–8. [PubMed: 22306975]
86. Elliot AJ, Maier MA, Moller AC, Friedman R, Meinhardt J. Color and psychological functioning: the effect of red on performance attainment. *J Exp Psychol Gen.* 2007; 136:154–68. [PubMed: 17324089]
87. O'Connor Z. Colour psychology and colour therapy: Caveat emptor. *Color Res Appl.* 2011; 36:229–34.
88. Luik AI, Zuurbier LA, Hofman A, Van Someren EJ, Tiemeier H. Stability and fragmentation of the activity rhythm across the sleep-wake cycle: the importance of age, lifestyle, and mental health. *Chronobiol Int.* 2013; 30:1223–30. [PubMed: 23971909]
89. Mishima K, Hishikawa Y, Okawa M. Randomized, dim light controlled, crossover test of morning bright light therapy for rest-activity rhythm disorders in patients with vascular dementia and dementia of Alzheimer's type. *Chronobiol Int.* 1998; 15:647–54. [PubMed: 9844752]
90. Yamadera H, Ito T, Suzuki H, Asayama K, Ito R, Endo S. Effects of bright light on cognitive and sleep-wake (circadian) rhythm disturbances in Alzheimer-type dementia. *Psychiatry Clin Neurosci.* 2000; 54:352–3. [PubMed: 11186110]
91. Van Someren EJ, Kessler A, Mirmiran M, Swaab DF. Indirect bright light improves circadian rest-activity rhythm disturbances in demented patients. *Biol Psychiatry.* 1997; 41:955–63. [PubMed: 9110101]
92. Riemersma-van der Lek RF, Swaab DF, Twisk J, Hol EM, Hoogendijk WJ, Van Someren EJ. Effect of bright light and melatonin on cognitive and noncognitive function in elderly residents of group care facilities: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008; 299:2642–55. [PubMed: 18544724]
93. Figueiro MG, Plitnick B, Lok A, et al. Tailored lighting intervention improves measures of sleep, depression and agitation in persons with Alzheimer's disease and related dementia living in long-term care facilities. *Clin Interv Aging.* 2014; 9:1527–37. [PubMed: 25246779]

94. Sloane P, Figueiro M, Garg S, et al. Effect of home-based light treatment on persons with dementia and their caregivers. *Light Res Technol.* 2015; 47:161–76. [PubMed: 26273229]
95. Figueiro MG, Hunter CM, Higgins PA, et al. Tailored lighting intervention for persons with dementia and caregivers living at home. *Sleep Health.* 2015; 1:322–30. [PubMed: 27066526]
96. Figueiro M, Plitnick B, Rea M. Research Note: A self-luminous light table for persons with Alzheimer’s disease. *Light Res Technol.* 2016; 48:253–9. [PubMed: 27171939]
97. Figueiro MG. A proposed 24 h lighting scheme for older adults. *Light Res Technol.* 2008; 40:153–60.
98. Centers for Disease Control and Prevention. Youth Risk Behavior Surveillance — United States, 2015. *Morb Mortal Weekly Rep.* 2016; 65:43–4.
99. McKnight-Eily LR, Eaton DK, Lowry R, Croft JB, Presley-Cantrell L, Perry GS. Relationships between hours of sleep and health-risk behaviors in US adolescent students. *Prev Med.* 2011; 53:271–3. [PubMed: 21843548]
100. Figueiro MG, Brons JA, Plitnick B, Donlan B, Leslie RP. Measuring circadian light and its impact on adolescents. *Light Res Technol.* 2011; 43:201–15. [PubMed: 23504437]
101. Figueiro MG, Overington D. Self-luminous devices and melatonin suppression in adolescents. *Light Res Technol.* 2016; 48:966–75.
102. Escofet J, Bará S. Reducing the circadian input from self-luminous devices using hardware filters and software applications. *Light Res Technol.* 2015 In press.
103. Borisuit A, Linhart F, Scartezzini J-L, Münch M. Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood. *Light Res Technol.* 2015; 47:192–209.
104. Figueiro MG, Rea MS. Office lighting and personal light exposures in two seasons: Impact on sleep and mood. *Light Res Technol.* 2016; 48:352–64.
105. Figueiro MG, Steverson B, Heerwagen J, et al. The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep Health.* 2017; 3:204–15. [PubMed: 28526259]
106. Canazei M, Dehoff P, Staggla S, Pohl W. Effects of dynamic ambient lighting on female permanent morning shift workers. *Light Res Technol.* 2014; 46:140–56.
107. Mills PR, Tomkins SC, Schlangen LJM. The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *J Circadian Rhythms.* 2007; 5:2. [PubMed: 17217543]
108. de Kort YA, Smolders KC. Effects of dynamic lighting on office workers: First results of a field study with monthly alternating settings. *Light Res Technol.* 2010; 42:345–60.

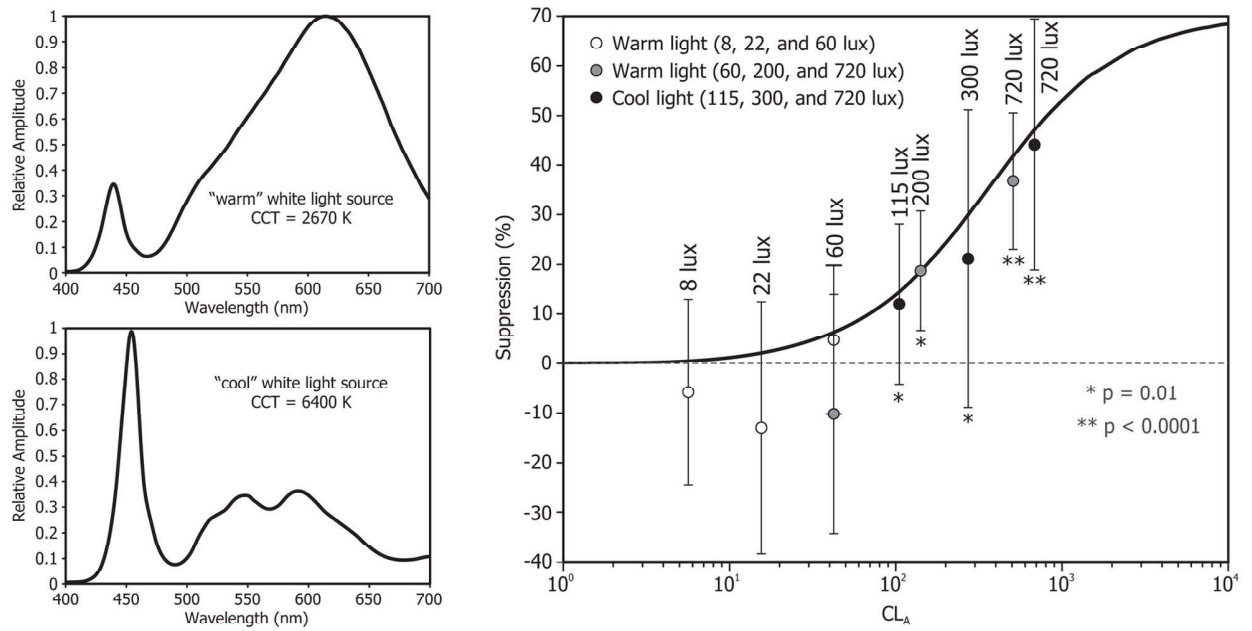


Figure 1.

Mean \pm standard error of the mean (SEM) nocturnal melatonin suppression from one-hour exposures to two warm white and cool white light polychromatic sources (spectral power distributions shown on left) as a function of CL_A. Photopic lux values are also shown for reference. The solid line shows the Rea *et al.* model's predictions (note that it is not a curve fitting to the data); the actual melatonin suppression values obtained from subjects were very close to the model's predictions, especially at higher light levels.

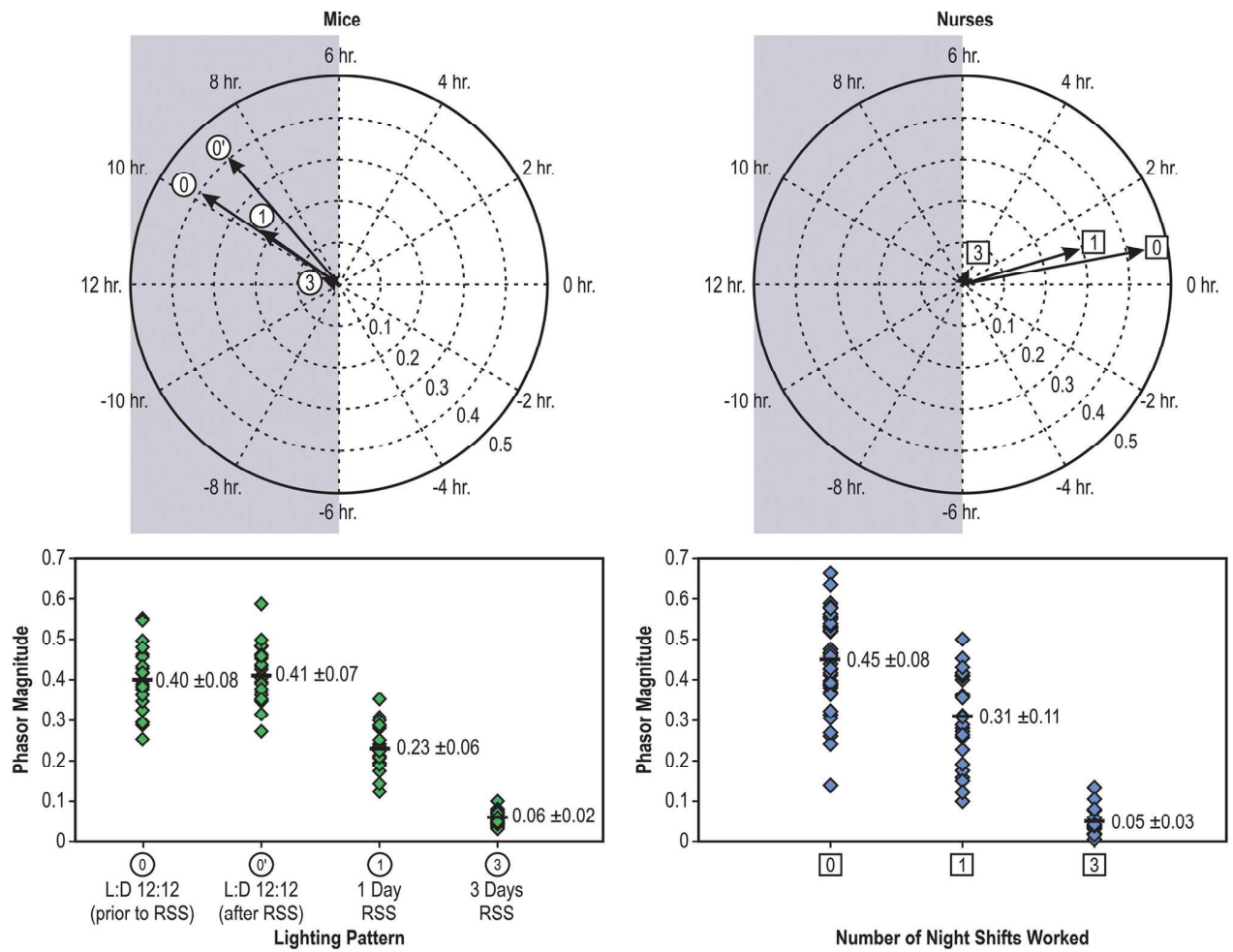


Figure 2. Circadian disruption for mice and for human nurses exposed to different light–dark patterns associated with shift work. Top Left: Phasor averages for mouse data for different light–dark (L:D) patterns; the first (0) and the second (0') 12:12-hour (12:12) light–dark pattern and the one-day (1) and the three-day (3) rotating shift schedule (RSS) patterns. Bottom Left: Individual mouse phasor magnitudes for the different light–dark patterns. Phasor magnitudes become statistically shorter with an increasing number of days of the rotating shift schedule. Top Right: Phasor averages for day-shift (0) and rotating-shift nurses who worked one (1) and who worked three (3) consecutive nightshifts during a week. Bottom Right: Individual nurse phasor magnitudes for three different light–dark patterns. As with the mouse data, phasor magnitudes for the nurses become statistically shorter ($p < 0.05$) as the number of nights worked during the week increased.

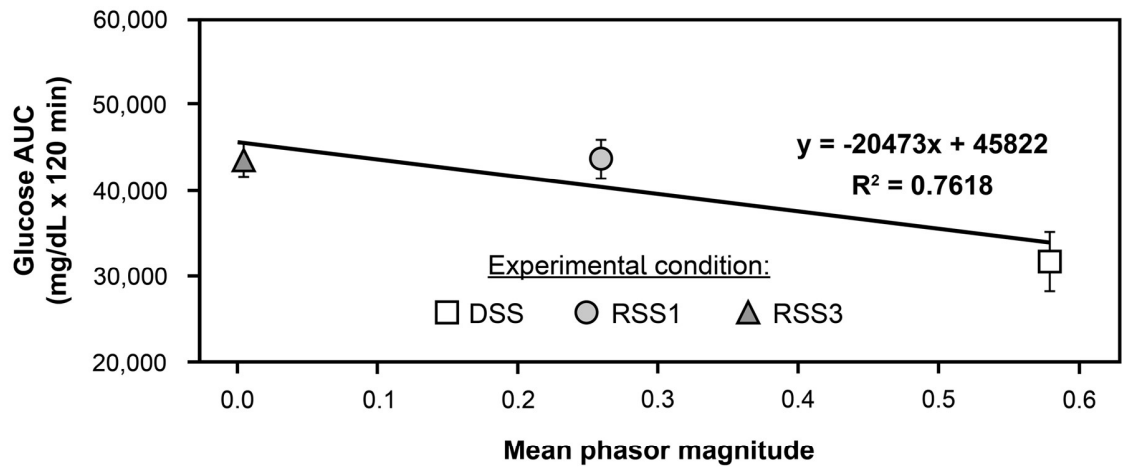


Figure 3. Mean glucose area under the curve (AUC) and phasor magnitudes for mice that experienced lighting schedules simulating day shift (DSS) and rotating shifts involving one night (RSS1) and three nights (RSS3) per week. Higher glucose AUC is associated with lower glucose tolerance. Glucose tolerance significantly ($p < 0.0001$) decreased after exposure to the lighting conditions that simulated rotating shift work schedules and was inversely correlated with phasor magnitude, which is a measure of circadian entrainment.



Figure 4.

The Lighting Research Center's 24-hour lighting scheme demonstration room provides cycled electric lighting delivering high circadian stimulus during the day (left) and low circadian stimulus in the evening (right). Construction of the room was made possible by the Light and Health Alliance: Acuity Brands; Cree; Current, powered by GE; Ketra; OSRAM; Philips Lighting; and USAI Lighting.



Figure 5. Light oases of varying configuration are practical solutions for providing circadian stimulus for office workers. Such oases could be used in conjunction with a personalized circadian application that informs workers about what light they might need and when they need it.

BMJ Open Quality Effect on nurse and patient experience: overnight use of blue-depleted illumination

Lorenzo Albala,^{1,2} Timothy Bober,^{1,3} Graham Hale,¹ Benjamin Warfield,⁴ Micaela Langille Collins,¹ Zak Merritt,¹ Eric Steimetz,¹ Shmuel Nadler,¹ Yair Lev,⁵ John Hanifin⁴

To cite: Albala L, Bober T, Hale G, *et al*. Effect on nurse and patient experience: overnight use of blue-depleted illumination. *BMJ Open Quality* 2019;**8**:e000692. doi:10.1136/bmjopen-2019-000692

Received 20 March 2019

Revised 19 August 2019

Accepted 27 August 2019



© Author(s) (or their employer(s)) 2019. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.

¹Sidney Kimmel Medical College, Thomas Jefferson University, Boston, Massachusetts, USA

²Department of Emergency Medicine, Massachusetts General Hospital/Brigham and Women's Hospital, Boston, Massachusetts, USA

³Department of Medicine, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pennsylvania, United States

⁴Department of Neurology, Thomas Jefferson University, Philadelphia, Pennsylvania, USA

⁵Department of Cardiology, Thomas Jefferson University, Philadelphia, Pennsylvania, USA

Correspondence to

Dr Lorenzo Albala;
lorenzoalbal@gmail.com

ABSTRACT

Background Typical hospital lighting is rich in blue-wavelength emission, which can create unwanted circadian disruption in patients when exposed at night. Despite a growing body of evidence regarding the effects of poor sleep on health outcomes, physiologically neutral technologies have not been widely implemented in the US healthcare system.

Objective The authors sought to determine if rechargeable, proximity-sensing, blue-depleted lighting pods that provide wireless task lighting can make overnight hospital care more efficient for providers and less disruptive to patients.

Design Non-randomised, controlled interventional trial in an intermediate-acuity unit at a large urban medical centre.

Methods Night-time healthcare providers abstained from turning on overhead patient room lighting in favour of a physiologically neutral lighting device. 33 nurses caring for patients on that unit were surveyed after each shift. 21 patients were evaluated after two nights with standard-of-care light and after two nights with lighting intervention.

Results Providers reported a satisfaction score of 8 out of 10, with 82% responding that the lighting pods provided adequate lighting for overnight care tasks. Among patients, a median 2-point improvement on the Hospital Anxiety and Depression Scale was reported.

Conclusion and relevance The authors noted improved caregiver satisfaction and decreased patient anxiety by using a blue-depleted automated task-lighting alternative to overhead room lights. Larger studies are needed to determine the impact of these lighting devices on sleep measures and patient health outcomes like delirium. With the shift to patient-centred financial incentives and emphasis on patient experience, this study points to the feasibility of a physiologically targeted solution for overnight task lighting in healthcare environments.

INTRODUCTION

Circadian rhythms are mediated through a complex network of hormonal and environmental cues. The production of melatonin, a key hormone in sleep-wake regulation, is regulated through 'doses' of light—composed of wavelength, intensity and the angle at which light enters the eye.¹ To better understand the way in which a light source affects

the production of melatonin in humans, we must first define its spectral power distribution (SPD) curve (as in figures 1 and 2). From the Illuminating Engineering Society Handbook, SPD is “a pictorial representation of the radiant power emitted by a light source at each wavelength or band of wavelengths in the visible region of the electromagnetic spectrum (360 to 770 nanometers)”.² Melatonin production is most affected through exposure to both high-intensity light as well as shorter light wavelengths that appear ‘blue’ to the naked eye,^{1,3} in other words, a light source with left-sided skew on the SPD curve. The authors will refer to these lights as inappropriate nocturnal photic stimuli. Disruption of melatonin production leads to sleep interruptions, unhinged sleep architecture, reduced sleep latency and lower subjective sleep satisfaction.^{4,5}

The effects of inappropriate nocturnal photic stimuli in humans is an area of increasing concern and may be linked to disease states.⁶ In the hospital setting, sleep-deprived patients have higher levels of stress hormones, and an increased risk for obesity, cardiovascular disease and diabetes.^{7–10} A recent study of healthy young adults showed that a single exposure to bright light (>500 lux) overnight increased non-esterified fatty acid, postprandial plasma glucose and insulin levels.¹¹ The disruption of circadian rhythms has been implicated in hospital delirium (accounting for up to US\$143 billion in healthcare expenditures annually), postoperative psychosis in surgical patients, and in the pathogenesis of neurodegenerative diseases like Parkinson's disease and Alzheimer's dementia.^{12–14}

Sleep-promoting lighting is becoming more readily available in the commercial sector but has not been adopted in the US healthcare system. Many healthcare institutions still use fluorescent tube light sources in patient

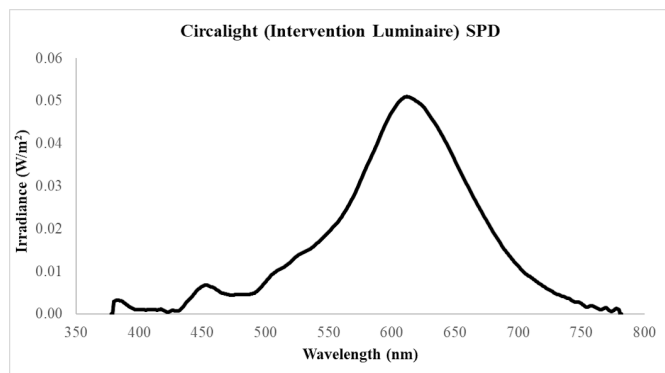


Figure 1 Spectral power distribution (SPD) of Circalux luminaire (at maximum intensity) used in study.

rooms, and even those that use LEDs will opt for ('bright' or 'daylight') short-wavelength irradiance that suppresses melatonin when switched on day *or* night.¹⁵ This is indeed the case in the institution discussed in this work (table 1). In the intensive care unit (ICU), where patient interactions occur up to eight times per hour, well-meaning providers often use flashlights and cellphone lights to complete tasks to avoid disturbing patients, not realising that most off-the-shelf torches or phone lights use disruptive bright-white (read: high-intensity, short-wavelength) LED chips.^{7 16–19} A 2016 survey found that 88% of over 1200 providers felt that poor sleep impacts the quality of patient healing, contributes to longer hospital stays and diminishes treatment responses.⁷ Of course, short-wavelength lighting is only part of the problem. Research in the area of patient sleep identifies different environmental factors that vary widely in their potential physiological impact and cost of implementation: from room temperature to the amount of natural daylight exposure.^{20–22} Physiologically neutral lighting systems exist and have been validated in the hospital—most notably the Philips HealWell suite (HealWell). Using LED lighting fixtures to attune correlated colour temperatures with circadian rhythms, HealWell improved patient sleep metrics after five nights in the hospital—including a 7.3% increase (29 min) in sleep duration.²³ Despite promising results,

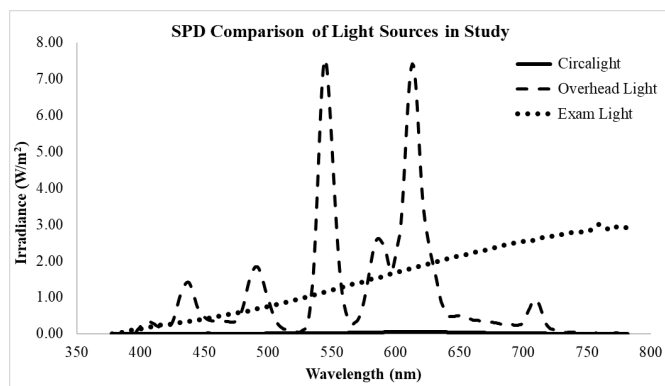


Figure 2 Spectral power distribution (SPD) of different light sources in the patient room studied in the authors' hospital. Note: the circalight curve is almost not visible at this scale.

Table 1 Illuminance levels (lux) as a comparison of the various light sources in the patient room, including the Circalux luminaire at full, half and lowest intensities (as determined by the distance of the electronic tag)

Light source	Illuminance at patient eye (lux)
Hospital room overhead light	1520
Hospital room examination light	950
Overhead light+examination light	2470
Circalight @ full (2 ft)	6
Circalight @ half (5 ft)	3
Circalight @ dimmest (8 ft)	1

many hospitals cannot afford to upgrade or retrofit all lighting systems, so it is not widely implemented.

Accordingly, there is a need to study and address the problem of poor sleep architecture in the hospital with new, cost-effective lighting solutions. This feasibility study sought to determine if a novel lighting system developed by the authors to minimise circadian rhythm disruption could be incorporated into existing hospital workflows and settings. Secondly, this study sought to gather preliminary data on the short-term effects of this lighting system on patient-reported quality, latency and duration of sleep, overall satisfaction with care, and Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) scores.

METHODS

This research complied with the tenets of the Declaration of Helsinki. All participants were informed of the objectives, risks and benefits of the study. Two populations were evaluated in this feasibility study: patients and their nurses on an intermediate-care medical floor at a large medical centre in Philadelphia, PA. All patient rooms were single-occupancy, private rooms with matching layouts. When a healthcare provider enters a patient room, he can toggle the light switch for one or both of the room lights (overhead and/or examination light), as shown in figure 3.

Pre-investigation observation

To gain a better understanding of overnight light disruptions in the hospital, the authors mapped the frequency and duration of overhead lighting use in intermediate-care patient rooms for two nights. These were cardiac observation patients who were not ultimately enrolled in the study. Since observation did not require entering a patient room or eliciting information, no informed consent was pursued. During this observation period, it was noted that the overhead lights were turned on between 5 and 25 times overnight and stayed on for duration of 1–15 min at a time between 21:00 and 07:00. Staff used task lighting to complete vital sign checks, exchange intravenous fluids, administer medications, and record patient inputs and outputs. Nurses and aides were also

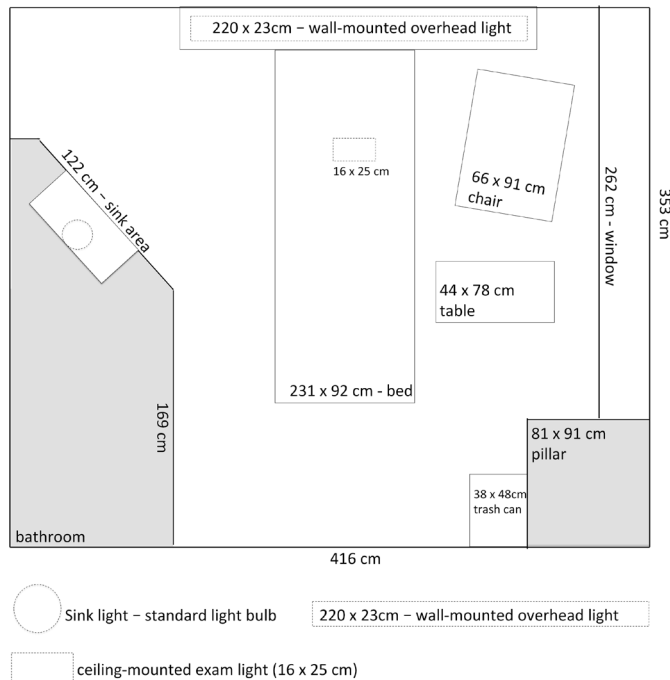


Figure 3 Schematic of hospital patient room at Thomas Jefferson University Hospital, with location of overhead fluorescent light source and examination light source.

observed to use flashlights and cell phones to complete their tasks as courteously as possible.

Pilot survey study

The authors also sought to evaluate the attitudes of hospital patients and their families regarding the current hospital night-time lighting environment. To this end, they conducted a small survey study of patients, families and nursing staff at Nemours Alfred I. DuPont Hospital for Children (Wilmington, DE). The authors chose this population so that a broad range of attitudes regarding sleep from minors (patients) and adults (parents) could be elicited. This pilot was approved by the DuPont Hospital Institutional Review Board, and informed consent was obtained from each participant. The surveys assessed attitudes about the impact of lighting on sleep, baseline sleep habits at home, sleep latency and quality at home and in the hospital, night-time awakenings at home and in the hospital, the source of night-time disturbances at home and in the hospital, impact of overnight lighting on views of hospital stay and interest in sleep-friendly lighting options in the hospital.

Intervention lighting study

Materials

Twelve light source devices and wearable tags as pictured in figure 4 were provided for this study (Circalux, Philadelphia, USA). The devices, known as ‘circalights’, illuminate when in the presence of the tags, emitting predominantly long-wavelength white light through LEDs mounted to a printed circuit board. The authors constructed an SPD curve using a detector placed 50 cm

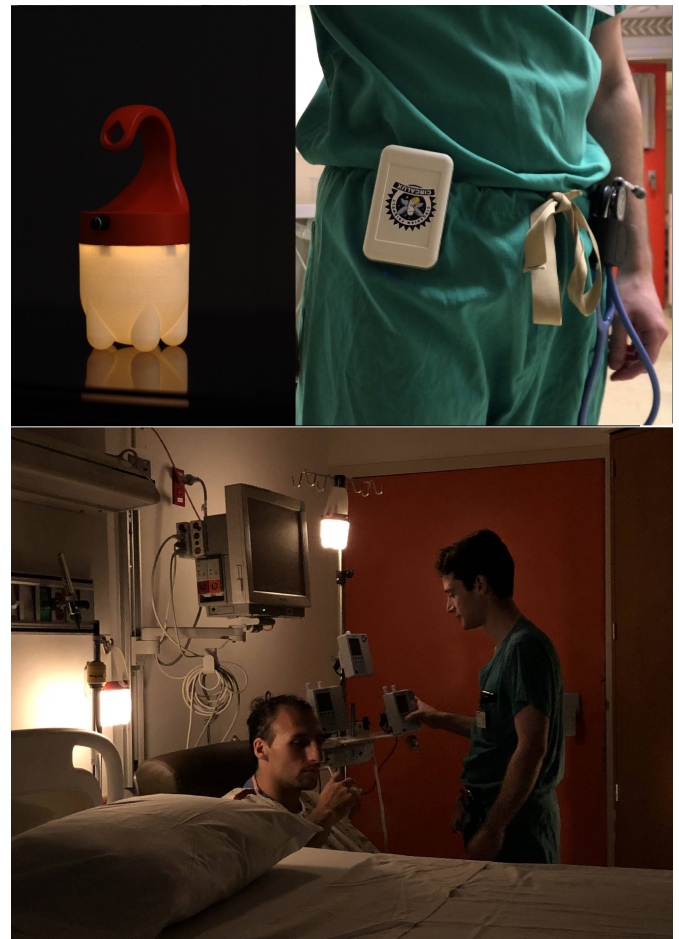


Figure 4 Device used (top left) and wearable transmitter that triggers light (top right). Actor depiction of usage at bottom.

from the circalights set to maximum intensity (figure 1). Maximum brightness emitted from the intervention luminaire used in the study was 6 lux at 50 cm. The devices contain a receiver that senses the distance to a wearable tag, and the maximum illuminance corresponds to the tag being within 2 feet of the light source. As the tag (ie, healthcare provider) moves further away, the luminaire is programmed to dim linearly and smoothly to zero lux at 8 feet (table 1). The dimensions of the device are 3 in. x 3 in. x 6 in. and the bottom half is 3 in. in height and the material is a prototype translucent nylon (Shapeways, New York, USA). The illuminance and SPD of these fully assembled prototype devices were measured.

The circalight exterior and printed circuit board was custom made. The pods could be cleaned with standard disinfection wipes used on hospital devices. The circalights are intended to provide healthcare providers a means to work by the illumination of a light with a flexible handle that can be placed or hung anywhere (powered by rechargeable battery) in the patient room and triggered by the proximity of the caregiver to the device (figure 4). Proximity sensing was enabled through an onboard ultrawide-band (UWB) radio transceiver, modulated by distance.

Light characteristics

Spectral irradiance and illuminance measures for this study were taken using a Sekonic C-7000 SpectroMaster Spectrometer (Sekonic, Tokyo, Japan) within a hospital room of the same layout as those used in the study. The shades were drawn and the door was closed to simulate a darkened/night-time scenario. The spectrometer was placed on the patient bed pillow facing upward towards the ceiling in order to replicate light exposure levels for the patient's eye. The Circalux luminaire (circalight) was hung on a fixed pole that placed it at a distance of 50 cm from the patient's eye, with the overhead fluorescent lighting at a distance of 60 cm and the overhead examination light at a distance of 1.4 m. As seen in [figure 2](#), even at maximum, the intensity of the circalight is barely visible above the horizontal axis when compared with the other light sources in the room. The SPD in [figure 1](#) provides increased magnification and more detail for the circalight spectral output. [Table 1](#) provides illuminance levels (lux) as a comparison of the various light sources in the patient room, including the circalight at full, half and lowest intensities (as determined by the distance of the electronic tag).

The study luminaire (circalight) is 2–3 orders of magnitude less bright (by illuminance measurement), and it emits fewer short-wavelengths peaks than the hospital room overhead light. The authors believe that these characteristics make it an acceptable model for a physiologically neutral light source.

Study cohorts and testing

Patient population

Twenty patients were selected for this feasibility study. Inclusion criteria for the patient population were a Glasgow Coma Scale of 15 and the ability to communicate with the researchers. Exclusion criteria included altered mental status limiting awareness of the previous night's sleep, disease acuity requiring ICU level of care or sleeping with the room lights on in the hospital. Participants experience two nights with standard hospital lighting and two nights with circalights. Patients completed surveys on sleep quality, sleep duration, sleep onset, sleep latency and overall satisfaction with their care experience—all ranked from 1 (lowest) to 10 (highest) on a Likert scale. Participants were made aware of the structure of the study including two nights with the standard lighting environment and two nights with circalights.

Patients also completed the HADS questionnaire—a widely studied and validated point-based psychological screening tool that assesses the severity of anxiety/depression and quality of life in response to disease states and treatment.^{24–26} The Verran and Snyder-Halpern Sleep Scale assesses more acute changes in sleep patterns over 3 days, but this had not been used in similar pilot studies of hospital lighting systems like the HealWell study. Patients completed HADS surveys after two nights with standard hospital lighting and again after two nights using the pods.

Nurse population

Nurses were consented and enrolled in the study if they were taking care of patients who elected to participate. They were instructed on the use of the devices prior to each full night shift. Nurses who did not work a full night with an enrolled patient or who were unable to use the pods were excluded from the study. These providers completed surveys rating how helpful automatic lighting pods were in clinical care, where they were positioned, proportion of shift used and whether it was sufficient lights for tasks—each parameter of which was rated on a 10-point Likert scale (1 being least helpful, 10 being most helpful). Nurses were also asked to provide general short-answer feedback on the devices.

Statistical analysis

Likert Scale data on care experience and HADS scores were paired with ordinal data and were compared with the Wilcoxon signed-rank test where the null hypothesis was that there was no difference between the medians. Estimates of sleep duration were compared using a paired t-test where the null hypothesis was that there would be no difference in the means. Estimates of sleep latency were compared with the Wilcoxon signed-rank test with a correction for the continuous nature of the data due to a significantly non-normal distribution.

An α of 0.05 was selected a priori. Results were analysed in R V.3.1.1 (R Foundation for Statistical Computing).

RESULTS

The DuPont survey results showed the following: 79% of patient survey respondents (n=122) believed that inappropriate nocturnal photic stimuli affects sleep, while 40% indicated that they got significantly less sleep in the hospital. Notably, estimated sleep duration was low for both the control and intervention periods. Inciting factors for sleep disruption included light alone (3%) as well as light and noise (42%). Forty-one per cent would like more sleep-friendly lighting, while 59% reported that a better lighting set-up would improve their opinion of their care at a hospital. Ninety-four per cent of nurses (n=16) agreed that poor sleep affects patient outcomes. The nurses entered patient rooms between four and eight times per night, administer care in almost complete darkness most of the time (44%) or half of the time (50%) to avoid bothering patients, and over 80% would be interested in an alternative solution.

Twenty-one patients were consented, enrolled in the study and completed two nights with lighting pods in addition to two nights with standard overhead lighting. Patients were admitted to a telemetry-monitoring floor in a large academic medical centre in an urban market and had been in the hospital for at least two nights at the time of enrolment. Patients were ages 42 to 84 with a female:male ratio of 1.4:1. As noted, anxiety and depression scores with standard hospital lighting did not meet thresholds for the HADS tool (8 points on a 21-point scale

Table 2 Sleep quality, overnight care quality, anxiety, depression and sleep latency characteristics of the post-intervention with blue-depleted lights compared with pre-intervention

Measure	N	Blue-depleted light	Standard lighting	Δ	P value	95% CI
Medians						
Sleep quality	21	6	5	1	0.138	(-3 to 1)
Overnight care quality	21	7	8	-1	0.895	(-1.5 to 1.5)
HADS—Anxiety	21	5	7	-2	0.004	(1.5 to 2.5)
HADS—Depression	21	3	5	-2	0.038	(0 to 2.5)
Sleep latency (min)	16	11.25	10	1.25	0.187	(-32 to 9)
Means						
Estimated sleep duration (h)	18	4.47	4.5	-0.29	0.3	(-0.8 to 1.4)

HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale.

deemed positive). Three patients did not report an estimate of their sleep duration for either set of nights, and five patients failed to report estimates of sleep latency. These results are summarised in [table 2](#).

A total of 33 nurses participated in the study with all participants completing the survey. The median satisfaction with the blue-depleted lights was 8 out of 10, and 82% responded that the pods provided sufficient light for overnight tasks. Sixty-seven per cent responded that the lights were superior to an existing alternative.

A statistically significant difference in both anxiety and depression, as measured by the HADS, was observed in patients using the pods. These results are illustrated in [figure 5](#). Use of lighting pods was associated with a median improvement of 2 points for both depression and anxiety ratings.

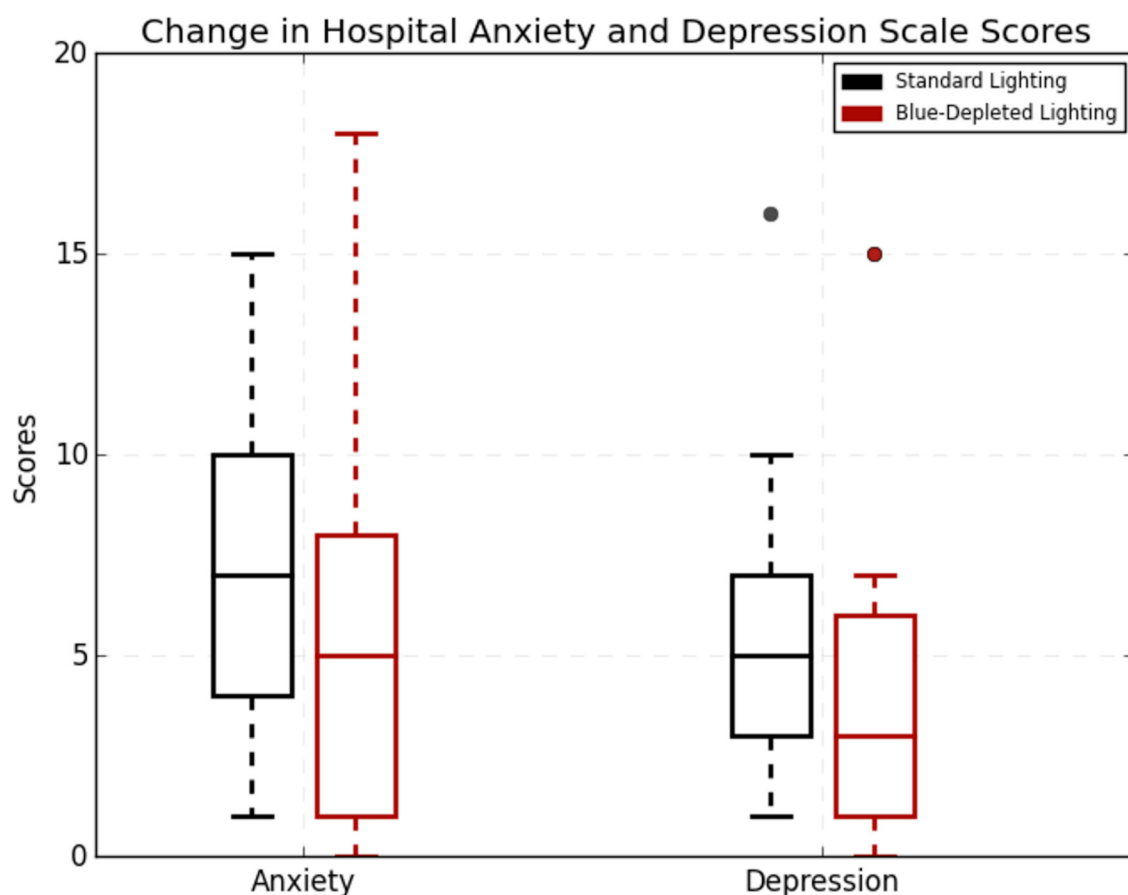


Figure 5 Comparing anxiety and depression pre-intervention and post-intervention with blue-depleted light. n=21, significant median improvement of 2 points for both anxiety and depression ($p < 0.005$, $p < 0.05$, respectively).



DISCUSSION

The DuPont study demonstrates that nurses have almost unanimous agreement on the effect of poor sleep on outcomes, likely credit to their experience as observer of countless patient experiences. It also exposes a disturbing statistic that is rarely discussed: nurses administer care in almost complete darkness most of the time (44%) or half of the time (50%) to avoid bothering patients. This does not inspire confidence, understandably, and providers are aware that this is indeed a problem, with the majority interested in an alternative.

The DuPont data also show an interesting discordance within the patient answers: although 79% believed inappropriate nocturnal photic stimuli affects sleep, only 3% believed that light alone was an inciting factor for sleep disruption. The authors believe that patients indeed recognise that sleep disruption in the hospital is multifactorial (eg, light, noise, pain, anxiety, etc combined). The authors place a significant amount of weight on the investigation for improved lighting because of two main reasons: First, the authors are cognisant of the literature that supports light as the primordial driver of human circadian rhythm, and retinal light sensors have a direct phone line, per se, to the melatonin-producing cells of the brain (not the case for auditory circuits). Second, hospital lighting is a physical element of the environment that can be altered quite easily. Fluorescent overhead lighting is a remnant of the industrial warehouse-style hospital care of the mid-20th century, and it is most cost-effective. However, depending on the resources of the institution, lighting can be made as finely tuned to the circadian rhythm of patients as possible (see Philips HealWell Suite). The goal of the authors is to determine if the light element can be affected through a more cost-effective and easily deployable approach.

The aim of this study was to assess the feasibility of proximity-activated and blue-depleted night lights in the hospital. Patients showed significant improvement in HADS scores after two nights with circalights but major changes in sleep duration or sleep perceptions. Surveyed providers found the lights to be helpful in their overnight care and superior to existing alternatives like flashlights, cell phone lights and overhead lighting.

The median provider satisfaction score was 8 out of 10, supporting the hypothesis that circalights could be useful in clinical workflow. Eighty-two per cent of surveyed providers indicated that the lighting pods provided adequate lighting for overnight care tasks, while 67% found circalights to be superior to existing lighting alternatives. Nurses described the lights as soothing and less disruptive to patients. Negative nurse feedback included inadequate battery life for busy 12-hour shifts, not having enough tags for all the healthcare staff (eg, EKG technicians, phlebotomists) and not nearly enough light for comfortable venipuncture.

Patients with circalights in their rooms showed a median 2-point improvement in HADS ratings. Although statistically significant, it is unclear if the data are of clinical

significance. However, data that point at non-inferiority inspire larger studies with blue-depleted lighting that explore clinical endpoints such as delirium and falls in patients. Mean estimated sleep duration was low for both the control and intervention arms. Clinical improvement with resolution of acute illness could impact improvements in anxiety and depression within a hospital stay. The authors were encouraged by the relatively low p-wave ($p=0.138$) observed in patient-reported sleep quality but acknowledge that this may reflect a placebo effect with circalights. There were no differences in patient-rated overnight care quality, sleep latency or estimated sleep duration. An unexpected use case: a deaf patient indicated that the proximity-sensing lights had the positive effect of alerting him to the presence of providers.

Inappropriate nocturnal photic stimuli may result in negative outcomes in patient care, increased healthcare costs and energy usage, and decreased staff efficiency.^{14 27–30} As value-based care and patient satisfaction metrics become increasingly incorporated into healthcare reimbursements, lighting alternatives that reinforce healthy sleep could represent an avenue to improve the hospital environment and overnight workflow. The cost to produce the device used in this study is approximately US\$80 per device/tag combo and would likely drop to US\$40–50 at scale. In addition, as a low-cost modality that does not interfere with other bandwidths, the UWB radio technology used in circalights could be used for real-time tracking, location of assets and ‘Internet-of-Hospital-Things’ applications.

Limitations of the study

Limitations of this feasibility study include use of non-validated custom surveys, inability to complete cross-over design, short duration of control and experimental periods, inability to factor in pre-existing sleep and psychiatric disorders, lack of objective sleep data, confounding mood improvement with clinical improvement and inability to effectively blind. In addition to inappropriate nocturnal photic stimuli, numerous factors affect sleep in the hospital including pain and noise. The authors were unable to provide tags to every member of the overnight care team (eg, EKG tech) so circalights could not be used for every single night-time care task. Since patient length of stay was so unpredictable on the observation unit, the organisers were not able to execute the planned

Key points

- ▶ Healthcare lighting design should mimic daylight–night to reinforce circadian physiology and optimise patient safety and outcomes.
- ▶ The vast majority of hospitals do not have illumination or workflow designed to reinforce circadian rhythms or to minimise visual circadian disruptions despite reports of poor sleep in hospitals.
- ▶ The authors implemented a standalone lighting device that helped providers to be more efficient in their care tasks and were less disruptive to patient sleep. They demonstrated feasible use in an intermediate-acuity hospital ward.

cross-over design. While validated and used in the Heal-Well study, the HADS questionnaire does differentiate between anxiety or depression.

Future research

There are several interesting avenues of research for task lighting tuned to circadian rhythms in the hospital. The clinical significance of improved HADS scores with circalights needs to be correlated over longer periods, studied with a larger sample size, and stratified according to patient age and comorbid conditions like sleep apnoea. Sleep metrics should be correlated with objective measures like serum melatonin measurements, polysomnography and wrist actigraphy. The authors will prospectively study the impact of physiologically neutral lighting on costly outcomes like delirium and falls in the hospital. Future developments will include fluorescent placebo lights, improved battery life and replacement of the physical tag with a phone application. The organisers will also allow providers to add more lights to patient rooms to maximise utility. The authors also hope to study other patient populations—including people in long-term care facilities, individuals with pre-existing sleep disorders and hearing-impaired individuals. Finally, there are numerous opportunities to explore the applications of UWB technology in the hospital.

The authors find several key implications of this work. A 2-day trial of blue-depleted overnight task lighting improves patient and provider satisfaction and possibly clinical measures. Notably, these aims can be accomplished in a cost-effective manner without an infrastructural overhaul. The authors recommend healthcare workflows that prioritise an 8-hour patient sleep window and minimising illumination in patient rooms during sleep hours by optimising care task timing. For task lighting in overnight care, the authors recommend lighting sources that minimise brightness and ‘blue’ wavelengths or alternative changes in workflow that shield patients from light altogether. Ultimately, the implementation of internal lighting that embraces its effect on circadian rhythms and healing requires validation and understanding by caregivers and also by patients, hospital administrators, financiers and designers.

CONCLUSION

Night-specific lighting pods are an efficient, cost-effective night-time lighting option for use in hospitals. This feasibility study provides information regarding the acceptability of the pods, and their ability to improve patient hospital experience via reduction in patient’s ratings of anxiety and depression while hospitalised. Lighting pods were well liked by care providers and helpful to complete their overnight care tasks. This study provided valuable information to guide lighting improvements and can stimulate development of more extensive studies on the use of these solutions in the hospital environment.

Acknowledgements The authors would like to thank George Brainard, Ph.D. of the Light Research Program of Thomas Jefferson University for expertise and advising. The authors would also like to thank Lisa Wus and the nurses on 5W and 5NW who helped with and participated in this study. Publication made possible in part by support from the Thomas Jefferson University + Philadelphia University Open Access Fund. This project would not be possible without the support of Dr. Bon Ku, Jeffsolves, Jefferson Health Design Lab, and the Jefferson Innovation Pillar.

Contributors LA planned the study, wrote the introduction, final editing, submission. TB created IRB protocol, wrote discussion and conclusion. ZM performed data analysis. MLC, ES and SN administered surveys and wrote materials section, maintained records. GH wrote results. YL organised nursing. BW provided illuminance and SPD data. JH worked with TB editing IRB protocol and manuscript editing.

Funding The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Competing interests Thomas Jefferson University (Jefferson) and Circalux Inc. (Circalux) have a license agreement whereas Jefferson has intellectual property pending and is licensing to Circalux. Some of the authors (TB, LA and GH) hold equity in Circalux, and are inventors of the intellectual property, and as such did not participate in data collection or analysis. These same individuals were enrolled as students at Jefferson during the study duration. There was no financial exchange between any of the authors, Circalux and Jefferson for the purposes of this study. YL and JH are employees of Jefferson.

Patient consent for publication Obtained.

Ethics approval Thomas Jefferson University IRB Control no. 17C.566 JeffTrial no. 11814.

Provenance and peer review Not commissioned; externally peer reviewed.

Data availability statement Data are available on reasonable request, for a period of 24 months after data collection.

Open access This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

REFERENCES

- Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, *et al*. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci* 2001;21:6405–12.
- DiLaura D, Houser KW, Misrtrick RG, *et al*. *The lighting handbook: reference and application*. Illuminating Engineering Society of North America. 120. 10th edn, 2011.
- Lockley SW, Brainard GC, Czeisler CA. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:4502–5.
- Chellappa SL, Steiner R, Oelhafen P, *et al*. Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. *J Sleep Res* 2013;22:573–80.
- Bedrosian TA, Nelson RJ. Influence of the modern light environment on mood. *Mol Psychiatry* 2013;18:751–7.
- Zielinska-Dabkowska KM. Make lighting healthier. *Nature* 2018;553:274–6.
- Kamdar BB, Knauert MP, Jones SF, *et al*. Perceptions and practices regarding sleep in the intensive care unit. A survey of 1,223 critical care providers. *Ann Am Thorac Soc* 2016;13:1370–7.
- Besedovsky L, Lange T, Born J. Sleep and immune function. *Pflugers Arch - Eur J Physiol* 2012;463:121–37.
- Haus EL, Smolensky MH. Shift work and cancer risk: potential mechanistic roles of circadian disruption, light at night, and sleep deprivation. *Sleep Med Rev* 2013;17:273–84.
- Miller MA, Cappuccio FP. Inflammation, sleep, obesity and cardiovascular disease. *Curr Vasc Pharmacol* 2007;5:93–102.
- Albreiki MS, Middleton B, Hampton SM. A single night light exposure acutely alters hormonal and metabolic responses in healthy participants. *Endocr Connect* 2017;6:100–10.
- Leslie DL, Inouye SK. The importance of delirium: economic and societal costs. *J Am Geriatr Soc* 2011;59 Suppl 2:S241–S243.
- Bourne RS, Mills GH. Melatonin: possible implications for the postoperative and critically ill patient. *Intensive Care Med* 2006;32:371–9.



14. Wennberg AMV, Wu MN, Rosenberg PB, *et al.* Sleep disturbance, cognitive decline, and dementia: a review. *Semin Neurol* 2017;37:395–406.
15. Cajochen C, Münch M, Kobiacka S, *et al.* High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. *J Clin Endocrinol Metab* 2005;90:1311–6.
16. Nelson RJ, DeVries AC. Medical hypothesis: light at night is a factor worth considering in critical care units. *Adv Integr Med* 2017;4:115–20.
17. Dunn H, Anderson MA, Hill PD. Nighttime lighting in intensive care units. *Crit Care Nurse* 2010;30:31–7.
18. Freedman NS, Kotzer N, Schwab RJ. Patient perception of sleep quality and etiology of sleep disruption in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:1155–62.
19. Bernhofer EI, Higgins PA, Daly BJ, *et al.* Hospital lighting and its association with sleep, mood and pain in medical inpatients. *J Adv Nurs* 2014;70:1164–73.
20. Beauchemin KM, Hays P. Sunny hospital rooms expedite recovery from severe and refractory depressions. *J Affect Disord* 1996;40:49–51.
21. Park MY, Chai C-G, Lee H-K, *et al.* The effects of natural daylight on length of hospital stay. *Environ Health Insights* 2018;12:117863021881281.
22. Huisman ERCM, Morales E, van Hoof J, *et al.* Healing environment: a review of the impact of physical environmental factors on users. *Build Environ* 2012;58:70–80.
23. Giménez MC, Geerdinck LM, Versteyleen M, *et al.* Patient room lighting influences on sleep, appraisal and mood in hospitalized people. *J Sleep Res* 2017;26:236–46.
24. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand* 1983;67:361–70.
25. Bjelland I, Dahl AA, Haug TT, *et al.* The validity of the hospital anxiety and depression scale. An updated literature review. *J Psychosom Res* 2002;52:69–77.
26. Herrmann C. International experiences with the Hospital Anxiety and Depression Scale—a review of validation data and clinical results. *J Psychosom Res* 1997;42:17–41.
27. Dalke H, Little J, Niemann E, *et al.* Colour and lighting in hospital design. *Opt Laser Technol* 2006;38:343–65.
28. Martin J, Marler M, Shochat T, *et al.* Circadian rhythms of agitation in institutionalized patients with Alzheimer's disease. *Chronobiol Int* 2000;17:405–18.
29. Saidur R, Hasanuzzaman M, Yogeswaran S, *et al.* An end-use energy analysis in a Malaysian public hospital. *Energy* 2010;35:4780–5.
30. Stevens RG, Brainard GC, Blask DE, *et al.* Adverse health effects of nighttime lighting: comments on American Medical Association policy statement. *Am J Prev Med* 2013;45:343–6.

Bilag 2
Helhedsløsning 5.6

Revision	Dato	
0	17-04-23	








Indholdsfortegnelse










1	Generelt	1
2	Armaturer og kontrolenheder	3
2.1	SolMate Mobil	3
2.2	SolMate Plafond	5
2.3	SolMate Pendel	6
2.4	RoomMate Bord	7
2.5	RoomMate Gulv	8
2.6	RoomMate Plafond	9
2.7	Fjernbetjening	10
2.8	RoomMate Væg	11
2.9	BathMate	12
2.10	Almindelig pendel	12
2.11	PIR- og dagslyssensor	13
3	Helhedsløsning – anvendelse hos målgrupperne	13
3.1	Målgruppe 1 – borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser	13
3.2	Målgruppe 2 – borgere med nedsat appetit	13
3.3	Målgruppe 3 – borgere, der vandrer om natten	14
3.4	Målgruppe 4 – borgere, der er immobile og plejekrævende	15
3.5	Målgruppe 5 – borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser	18
3.6	Gruppe 6 - Øvrige arealer	21
3.6.1	Fælles spise- og opholdsrum og afdelingskøkken	21
3.6.2	Gange, opholdsnicher & trapper	26
3.6.3	Kontor & personale rum	28
3.6.4	Personaletoaletter	30
3.6.5	Eksempler på zoner i fællesarealer	31

1 Generelt

Projektets helhedsløsning er baseret på følgende:

- SolMate-serien, der består af SolMate Mobil, SolMate Plafond & SolMate Pendel
- RoomMate-serien, der består af RoomMate Bord og RoomMate Gulv
- RoomMate Væg i 4 versioner
 - Version 1 - RMV night uden sensor
 - Version 2 - RMV night m. PIR sensor
 - Version 3 - RMV night m. Mørkesensor
 - Version 4 - RMV night & day (m. Dali driver)
- BathMate i 4 versioner
 - Version 1 - BM uden sensor
 - Version 2 - BM m. PIR sensor
 - Version 3 - BM m. mørkesensor
 - Version 4 - BM night & day (m. Dali driver)
- Fjernbetjening
- En standard E27 pendel
- PIR- og dagslyssensor

PRODUKTER INSTALLATION & ANVENDELIGHED									
Produkt navn		SolMate mobil	SolMate Pendel	SolMate Plafond	RoomMate gulv	RoomMate bord	RoomMate Plafond	Fjernbetjening	PIR-/dagslyssensor
Type		Døgnrytmelampe	Døgnrytmelampe	Døgnrytmelampe	Døgnrytmelampe	Døgnrytmelampe	Døgnrytmelampe	Fjernbetjening	Sensor
Montage		Ledning til stikkontakt	Lampeudtag i loft	Lampeudtag i loft	Ledning til stikkontakt	Ledning til stikkontakt	Lampeudtag i loft	Ledning til stikkontakt	Tilsluttes 230V
Særlige krav til eksisterende installation (uden for rammeaftale)			Central timer, der slukker evt. eksisterende lys f.eks. Kl. 22-6	Central timer, der slukker evt. eksisterende lys f.eks. Kl. 22-6					
Rum	Målgruppe	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed
Boelig	Borger								
Toilet	Målgruppe 1 (milde søvn)								
Toilet	Målgruppe 3 (nattevand.)								
Toilet	Målgruppe 4 (immobile)								
Toilet	Målgruppe 5 (søvn/døgnryt)								
Soveværelse	Målgruppe 1 (milde søvn)								
Soveværelse	Målgruppe 3 (nattevand.)								
Soveværelse	Målgruppe 4 (immobile)	V			V	V	V	V	
Soveværelse	Målgruppe 5 (søvn/døgnryt)	V			V	V	V	V	
Stue	Målgruppe 1 (milde søvn)								
Stue	Målgruppe 2 (nedsat appetit)								
Stue	Målgruppe 3 (nattevand.)								
Stue	Målgruppe 4 (immobile)	V			V	V	V	V	
Stue	Målgruppe 5 (søvn/døgnryt)	V			V	V	V	V	
Fællesrum	Borger og personale								
Spisestue	Borger og personale	V	V	V	V	V		V	V
Gange	Borger og personale			V				V	V
Opholdsnicher på gange	Borger og personale	V	V	V	V	V		V	V
Trapper	Borger og personale			V				V	V
Kontor/personalerum	Personale	V	V	V	V	V		V	V
Køkken	Personale			V				V	V
Personalet toilet	Personale								

PRODUKTER INSTALLATION & ANVENDELIGHED										
Produkt navn		RoomMate Væg m. mærkesensor	RoomMate Væg m. PIR-sensor	RoomMate Væg u. sensor	RoomMate Væg m. Dali driver	BathMate m. mærkesensor	BathMate m. PIR-sensor	BathMate u. sensor	BathMate m. Dali-driver	Ezy Pendel
Type		Natlampe	Natlampe	Natlampe	Nat- og dag lampe	Natlampe	Natlampe	Natlampe	Nat- og dag lampe	Alm lampe
Montage		På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	På væg i stikkontakt/ lampeudtag	Lampeudtag i loft
Særlige krav til eksisterende installation (uden for rammeaftale)				Central timer/dimmer, der skifter eksisterende lys og tænder natlys f.eks. Kl. 22-6	Dali controller & 4-flede kabler til hver lampe el. Master Casambi enhed & Casambi enhed i lampene			Central timer/dimmer, der skifter eksisterende lys og tænder natlys f.eks. Kl. 22-6	Dali controller & 4-flede kabler til hver lampe el. Master Casambi enhed & Casambi enhed i lampene	
Rum	Målgruppe	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed	Anvendelighed
Bolig	Borger									
Toilet	Målgruppe 1 (milde søvn)									
Toilet	Målgruppe 3 (nattevand.)					V	V			
Toilet	Målgruppe 4 (immobile)					V	V			
Toilet	Målgruppe 5 (søvn/døgnytt)					V	V			
Soveværelse	Målgruppe 1 (milde søvn)	V	V							
Soveværelse	Målgruppe 3 (nattevand.)	V	V							
Soveværelse	Målgruppe 4 (immobile)	V	V							
Soveværelse	Målgruppe 5 (søvn/døgnytt)	V	V							
Stue	Målgruppe 1 (milde søvn)	V								
Stue	Målgruppe 2 (nedsat appetit)									V
Stue	Målgruppe 3 (nattevand.)	V								
Stue	Målgruppe 4 (immobile)	V								
Stue	Målgruppe 5 (søvn/døgnytt)	V								
Fællesrum	Borger og personale									
Spisestue	Borger og personale	V								
Gange	Borger og personale	V		V	V					
Opholdsrækker på gange	Borger og personale	V		V	V					
Trapper	Borger og personale							V	V	
Kontor/personalerum	Personale									
Køkken	Personale					V	V	V	V	
Personalet oiet	Personale					V	V			

2 Armaturer og kontrolenheder

2.1 SolMate Mobil



Beskrivelse

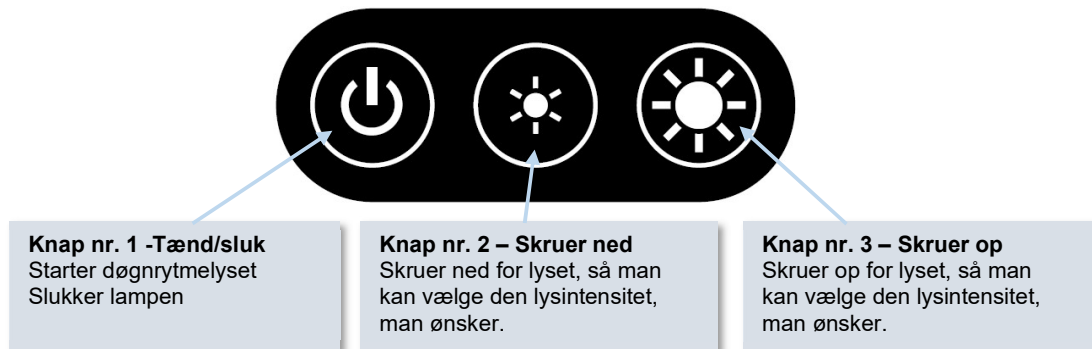
SolMate er en mobil døgnrytmelampe med uafhængig, integreret styring, som kan placeres på en vandret flade eller hænges på væggen.

SolMate har en træramme, der er fastgjort på en metal fod. Et LED-board er placeret bagerst i armaturet, og lyset diffuserer igennem hvid akryl, hvilket giver en stor lysende flade med effektivt men behageligt lys. Bagsiden er beklædt med tekstil, som er monteret på en ikke-transparent plade. Lysprofilen er prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning uanset hvornår på døgnet lampen tændes. Om dagen vil den give det ønskede lysboost, og om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Der skal ikke gøres andet end at tænde for lampen. Det vil dog være muligt at skrue op og ned for lysstyrken, hvorefter lampen automatisk vender tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 15 minutter om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på betjeningspanelet, vil det automatisk starte op igen næste morgen kl. 07.00. Tastaturet kan låses, hvis man ikke ønsker, at der skal trykkes på knapperne.

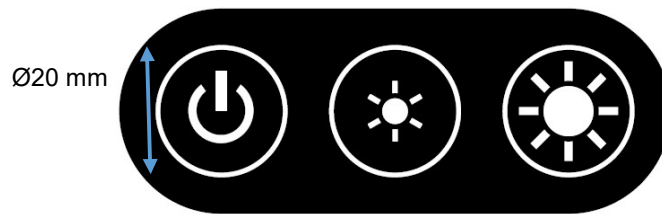
SolMate Mobil kan parres med en fjernbetjening og derefter betjenes både på fjernbetjeningen og på selve lampen.



Betjeningspanel



Hvis man har trykket på knap nr. 2 eller 3, kan man vende tilbage til døgnrytmelys ved at trykke på knap nr. 1. Alternativt vender armaturet selv tilbage til døgnrytmelys efter et fastsat tidsrum. Tastaturet låses ved at holde knap nr. 1 og 3 nede samtidig i 2 sekunder. Låsen deaktiveres ved på samme måde at holde knap nr. 1 og 3 nede samtidig i 2 sekunder.



Der er lys i knapperne og en lille kant omkring hver knap, så de kan føles og ses – også i mørke.

2.2 SolMate Plafond



Beskrivelse

SolMate Plafond er en loftslampe med døgnrytmelys.

SolMate Plafond har en træramme, der er fastgjort på en konstruktion af metal. Dioderne er placeret på et LED-board, og lyset diffuserer igennem hvid akryl, hvilket giver en stor lysende flade med effektivt men behageligt nedadrettet lys.

Lysprofilen er prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning i løbet af døgnet. Om dagen giver lampen det ønskede lysboost, og om natten vil lampen have dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Det vil dog være muligt at skrue op for lysstyrken v.h.a. en fjernbetjening, som er placeret på væggen. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lysstyrken, vil lampen automatisk vende tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 1 time om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på fjernbetjeningen, vil den automatisk starte op igen næste morgen kl. 06.00.

SolMate Plafond kan tilsluttes stikkontakt, lampeudtag eller stikprop og skal have fast fase.

2.3 SolMate Pendel



Beskrivelse

SolMate Pendel er en pendel med døgnrytmelys.

SolMate Pendel har en træramme, der er fastgjort på en konstruktion af metal samt et loftophæng i metal. Dioderne er placeret på et LED-board, og lyset diffuserer igennem hvid akryl, hvilket giver en stor lysende flade med effektivt men behageligt nedadrettet lys.

Lysprofilen er prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning i løbet af døgnet. Om dagen giver lampen det ønskede lysboost, og om natten vil lampen have dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Det vil dog være muligt at skrue op for lysstyrken v.h.a. en fjernbetjening, som er placeret på væggen. Hvis brugeren har skruet op eller ned for lysstyrken, vil lampen automatisk vende tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 1 time om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på betjeningspanelet, vil det automatisk starte op igen næste morgen kl. 06.00.

SolMate Pendel kan tilsluttes stikkontakt, lampeudtag eller stikprop og skal have fast fase.

2.4 RoomMate Bord



Beskrivelse

RoomMate Bord er er mobil og har samme styring som SolMate Mobil og samme betjeningspanel. Skærmen er en tekstilskærm ligesom natlampen. Foden er metal. Betjeningspanelet er placeret på foden. Lampen samles med et lille metal skrue-beslag i toppen. LED-boardet er placeret inde i lampeskærmen og lyser fremadrettet. Der vil dog være en del lys, som reflekteres på skærmen og kastes bagud. Lampeskærmen er flad, så man kan få maksimal effekt af Led-boardet, og så lampen fylder så lidt som muligt på et bord. Der vil således være en forside og en bagside på lampen, men placeringen af betjeningspanelet og forskellen på lysstyrken på den flade skærms for- og bagside hjælper brugeren til at placere lampen med forsiden vendt mod brugeren/udad i rummet.

Ligesom SolMate Mobil er lysprofilen prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning uanset hvornår på døgnet lampen tændes. Om dagen vil den give det ønskede lysboost, og om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Der skal ikke gøres andet end at tænde for lampen. Det vil dog være muligt at skrue op og ned for lysstyrken, hvorefter lampen automatisk vender tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 15 minutter om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på betjeningspanelet, vil det automatisk starte op igen næste morgen kl. 07.00. Tastaturet kan låses, hvis man ikke ønsker, at der skal trykkes på knapperne.

Lampen kan parres med en fjernbetjening og derefter betjenes både på fjernbetjeningen og på selve lampen. Fjernbetjeningen kan placeres på væggen eller tæt ved borgeren.

2.5 RoomMate Gulv



Beskrivelse

RoomMate Gulv er mobil og har samme styring som SolMate Mobil og samme betjeningspanel. Skærmen er en tekstilskærm ligesom natlampen. Foden er metal. Betjeningspanelet er placeret på stangen under skærmen, så det er nemt at nå for brugeren. Lampen samles med et lille metal skruebeslag i toppen, som også kan fungere som håndtag, når lampen skal flyttes. LED-boardet er placeret inde i lampeskærmen og lyser fremadrettet. Der vil dog være en del lys, som reflekteres på skærmen og kastes bagud. Der vil således være en forside og en bagside på lampen. Gulvlampen tilfører en stor fleksibilitet til helhedsløsningen, da den kan placeres hvor som helst på gulvet.

Ligesom SolMate Mobil er lysprofilen prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning uanset hvornår på døgnet lampen tændes. Om dagen vil den give det ønskede lysboost, og om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Der skal ikke gøres andet end at tænde for lampen. Det vil dog være muligt at skrue op og ned for lysstyrken, hvorefter lampen automatisk vender tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 15 minutter om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på betjeningspanelet, vil

det automatisk starte op igen næste morgen kl. 07.00. Tastaturet kan låses, hvis man ikke ønsker, at der skal trykkes på knapperne. Lampen kan parres med en fjernbetjening og derefter betjenes både på fjernbetjeningen og på selve lampen. Fjernbetjeningen kan placeres på væggen eller tæt ved borgeren.

2.6 RoomMate Plafond



Beskrivelse

RoomMate Plafond er monteret i loftet i borgerens bolig. Den har samme styring som SolMate Mobil men betjenes via en fjernbetjening, som kan placeres på væggen eller tæt ved borgeren. Skærmen er en tekstilskærm ligesom RoomMate Bord, RoomMate Gulv og NightMate. Lampen har direkte nedadrettet lys og indirekte opadrettet lys. Dioderne er placeret på et LED-board, og lyset diffuserer igennem hvid akryl, hvilket giver en stor lysende flade med effektivt men behageligt nedadrettet lys.

Lysprofilen er prædefineret til at simulere døgnets lys, så brugeren vil blive udsat for den mest hensigtsmæssige lyspåvirkning uanset hvornår på døgnet lampen tændes. Om dagen vil den give det ønskede lysboost, og om natten vil lampen lyse med dæmpet natlys og vil derved fungere som vågelys/orienteringslys. Der skal ikke gøres andet end at tænde for lampen. Det vil dog være muligt at skrue op og ned for lysstyrken, hvorefter lampen automatisk vender tilbage til døgnrytmelyset efter 2 timer om dagen (kl. 7-22) og efter 15 minutter om natten (kl. 22-7). Eller man kan manuelt genaktivere døgnrytmelyset. Hvis brugeren har slukket lampen på fjernbetjeningen, vil det automatisk starte op igen næste morgen kl. 07.00.

RoomMate Plafond kan tilsluttes stikkontakt, lampeudtag eller stikprop og skal have fast fase.

2.7 Fjernbetjening



Knap nr. 1 -Tænd/sluk
 Starter døgnrytmelyset
 Slukker lampen

Knap nr. 2 – Skruer ned
 Skruer ned for lyset, så man
 kan vælge den lysintensitet,
 man ønsker.

Knap nr. 3 – Skruer op
 Skruer op for lyset, så man
 kan vælge den lysintensitet,
 man ønsker.

Beskrivelse

Den trådløse fjernbetjening placeres et hensigtsmæssigt sted på væggen og kan bruges til at styre lyset i døgnrytmelamperne SolMate Mobil, SolMate Plafond, SolMate Pendel, RoomMate Bord, RoomMate Gulv & RoomMate Plafond. Fjernbetjeningen har samme layout og funktionalitet som betjeningspanelet på lamperne. Fjernbetjeningen kan styre én eller flere døgnrytmelamper, så det vil være muligt at gruppere armaturerne i et rum eller etablere zoner i et rum. Fjernbetjeningen vil gøre det muligt at betjene armaturerne ved indgangen til et rum. Den kan også placeres ved en borger, som ikke selv er mobil eller kan nå lampen – f.eks. på et sengebord. Der er lys i knapperne og en lille kant omkring hver knap, så de kan føles og ses – også i mørke. Fjernbetjeningen tilsluttes en stikkontakt, lampeudtag eller stikprop.

I fase 5.5 er fjernbetjeningen testet med en elektronik, som er baseret på Bluetooth teknologi. Controlleren er den samme som i døgnrytmelamperne, og betjening og funktionalitet vil være den samme som døgnrytmelampernes. Dette set-up gjorde det muligt at afprøve konceptet med brugerne uden at det var forbundet med store udviklingsomkostninger og tidsmæssige konsekvenser for projektet. Efter testen i fase 5.5 vil leverandøren kunne igangsætte udviklingen af elektronikken baseret på Bluetooth Mesh teknologi, som vil betyde, at controlleren bliver mindre og mere simpel, men funktionaliteten vil være identisk med den, brugerne har oplevet i fase 5.5 testen. Med en mindre controller vil det være muligt at reducere størrelsen af fjernbetjeningens housing, men betjeningspanelet vil ikke forandre sig. Så for brugeren vil der ikke være nogen forskel på oplevelsen. Bluetooth Mesh er kendt teknologi, som er stabil. Bluetooth Mesh teknologien vil desuden give mulighed for at koble flere armaturer til en zone, og den giver mulighed for, at man kan koble 2 fjernbetjeninger til de samme armaturer – f.eks. i hver sin ende af et rum.

I forbindelse med produktmodningen af det endelige produkt, vil parringen mellem fjernbetjeningen og SolMate Pendel/Plafond & RoomMate Plafond blive forenklet, så der bliver én parringsknap på armaturerne og én parringsknap på fjernbetjeningen.

Nedenstående er en oversigt over hvordan den endelige fjernbetjening adskiller sig fra den fjernbetjening, der testes i fase 5.5:

Fjernbetjening			
	Fase 5.5	Endelig fjernbetjening	Endelig fjernbetjening adskiller sig på følgende måde
Teknologi	Bluetooth	Bluetooth Mesh	Mindre og mere simpel controller Mulighed for at tilkoble flere armaturer Mulighed for at koble 2 fjernbetjeninger til 1 armatur
Betjening	Betjeningspanel med 3 knapper	Betjeningspanel med 3 knapper med lys	Evt. mulighed for at øge det trykfølsomme område på knapperne
Grundlæggende funktioner	Samme som døgnrytmelamper	Samme som døgnrytmelamper	
Avancerede funktioner	Samme som døgnrytmelamper	Samme som døgnrytmelamper	Mulighed for at etablere en nemmere parring med én knap på fjernbetjeningen og én knap på Pendel/Plafond
Tilslutning	230V	230V	
Housing	stor, rund Boks	Designet boks	Mindre controller giver mulighed for en mindre housing

Design af fjernbetjeningens housing er testet med brugerne i fase 5.5 for at finde den rette form og Dimensioner. Den viste housing var den, borgere og personale bedst kunne lide, og den lå bedst i hånden:



2.8 RoomMate Væg



Beskrivelse

RoomMate Væg findes i 4 versioner:

- Version 1 - RMV night uden sensor
- Version 2 - RMV night m. PIR sensor
- Version 3 - RMV night m. Mørkesensor
- Version 4 - RMV night & day (m. Dali driver)

RMV night m. PIR sensor & RMV night m. mørkesensor er natlamper. De kan placeres på væggen ved siden af sengen hos en borger. RMV med mørkesensor tænder automatisk, når det er mørkt og dermed giver konstant dæmpet natlys. RMV med bevægelsessensor tændes automatisk, når den registrerer bevægelse. Lampen er tændt i 5 minutter og slukker derefter automatisk. Lampen har en drejeknap, så brugeren manuelt kan skrue op og ned for lyset samt tænde og slukke. RMV night uden sensor er en natlampe, som kan monteres som en del af et anlæg på gangarealer som supplement til basisbelysning, hvor lyset kan styres af en central timer og eller dimmer, så lyset på gangen er ensartet. RMV night & day m. Dali driver kan monteres på gangarealer som en del af et anlæg, der

fungerer som basisbelysning. Lampen indstilles til at give kraftigt lys om dagen, dæmpet aftenlys om aftenen og natlys om natten. RoomMate Væg har en metalbase og en tekstilskærm, der er monteret v.h.a. magneter, så den nemt kan skiftes.

2.9 BathMate



Beskrivelse

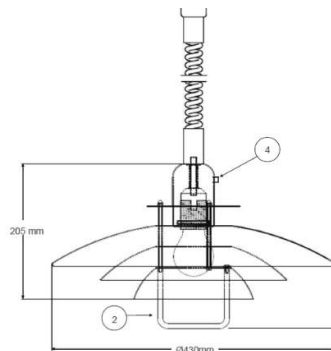
BathMate er en IP44 lampe, som er velegnet til badeværelser, køkkener og trappearealer. BathMate findes i 4 versioner:

- Version 1 - BM uden sensor
- Version 2 - BM m PIR sensor
- Version 3 - BM m. mørkesensor
- Version 4 - BM night & day (m. Dali driver)

BM m. PIR sensor og mørkesensor er natlamper. BM med mørkesensor tænder automatisk, når det er mørkt og dermed giver konstant dæmpet natlys. BM med PIR sensor tændes automatisk, når den registrerer bevægelse. Lampen er tændt i 5 minutter og slukker derefter automatisk.

Badeværelsesarmaturet kan tændes og slukkes på eksisterende afbryder. BM uden sensor er en natlampe, som kan monteres som en del af et anlæg på trappearealer som supplement til basisbelysning, hvor lyset kan styres af en central timer og eller dimmer, så lyset er ensartet. BM night & day m. Dali driver kan monteres på trappearealer som en del af et anlæg, der fungerer som basisbelysning. Lampen indstilles til at give kraftigt lys om dagen, dæmpet aftenlys om aftenen og natlys om natten. BathMate har en metalbase og en akrylskærm.

2.10 Almindelig pendel



Beskrivelse

En almindelig E27 pendel med LED pære er tilføjet konceptet. Man kan tænde/slukke samt skrue op og ned for lyset på lampens drejeknap.

2.11 PIR- og dagslyssensor

For at helhedsløsningen skal kunne erstatte basisbelysningen på et eksisterende plejehjem eller indgå i nybyggerier som basisbelysning, er der tilføjet en PIR- og dagslyssensor til konceptet. PIR- og dagslyssensoren forbindes til Døgnrytmelamperne via Bluetooth Mesh.

Det anbefales at placere sensoren ved dagslysfald og udelukkende forbinde den til de SolMate Plafond armaturer i rummet, som er tættest på vinduerne.

3 Helhedsløsning – anvendelse hos målgrupperne

Herunder ses eksempler på, hvordan løsningerne kan kombineres og placeres hos de 6 målgrupper.

3.1 Målgruppe 1 – borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

Teknologi

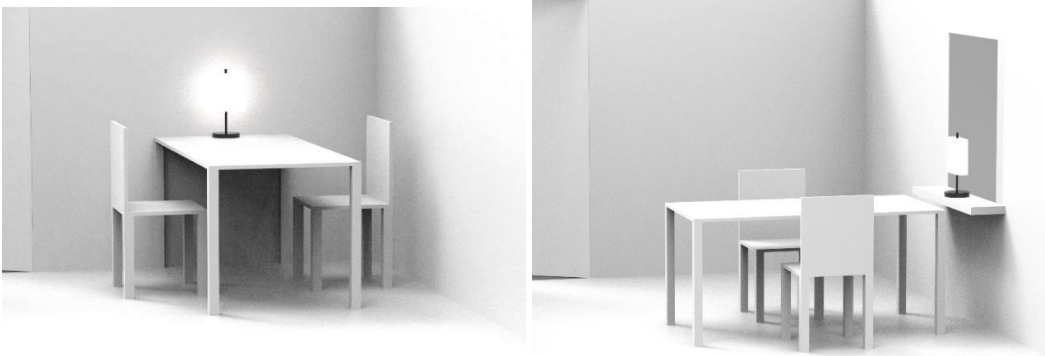
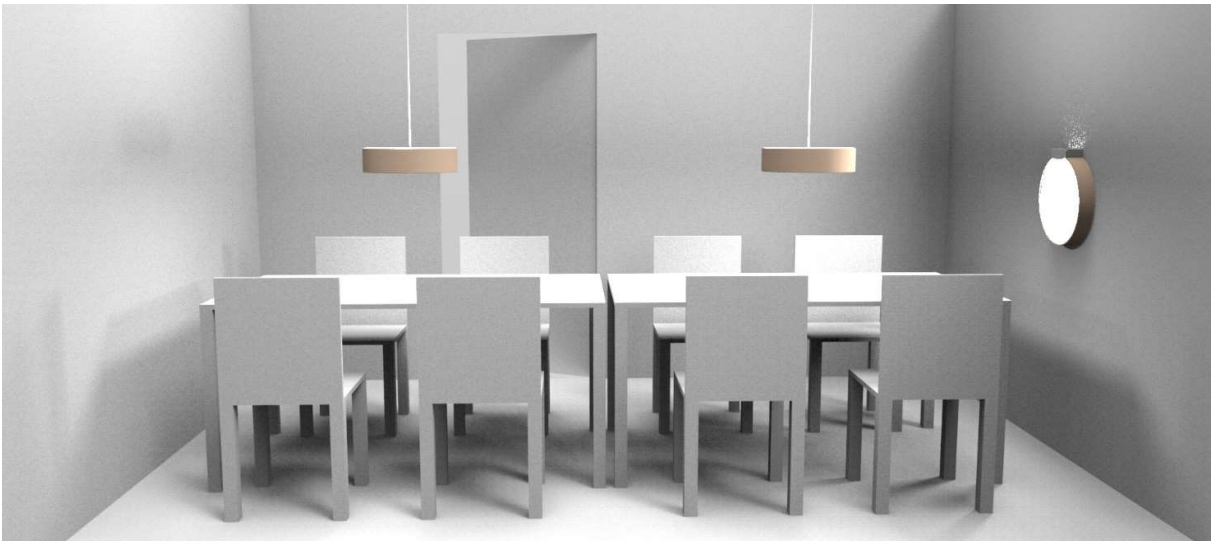
- RoomMate Væg m. mørkesensor eller bevægelsessensor



3.2 Målgruppe 2 – borgere med nedsat appetit

Teknologi

- Pendel/bordlampe i bolig med god LED-pære
- SolMate Pendel i fælles spise-stue

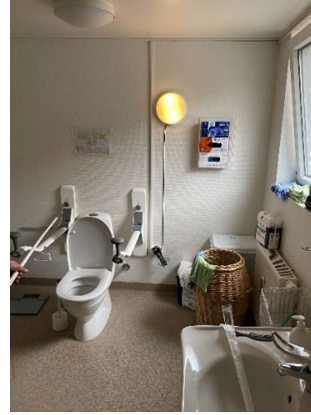


3.3 Målgruppe 3 – borgere, der vandrer om natten

Teknologi

- RoomMate Væg med bevægelsessensor
- Badeværelseslampe med mørke- eller bevægelsessensor
- Døgnrytmelamper i fællesarealer

- Natlamper i fællesarealer



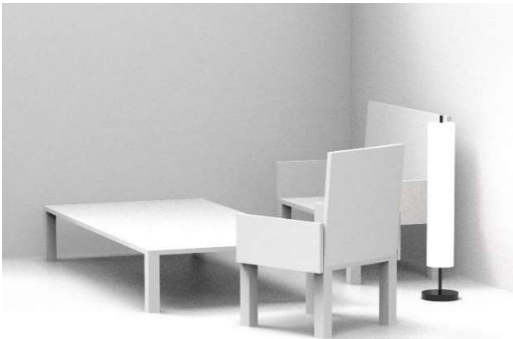
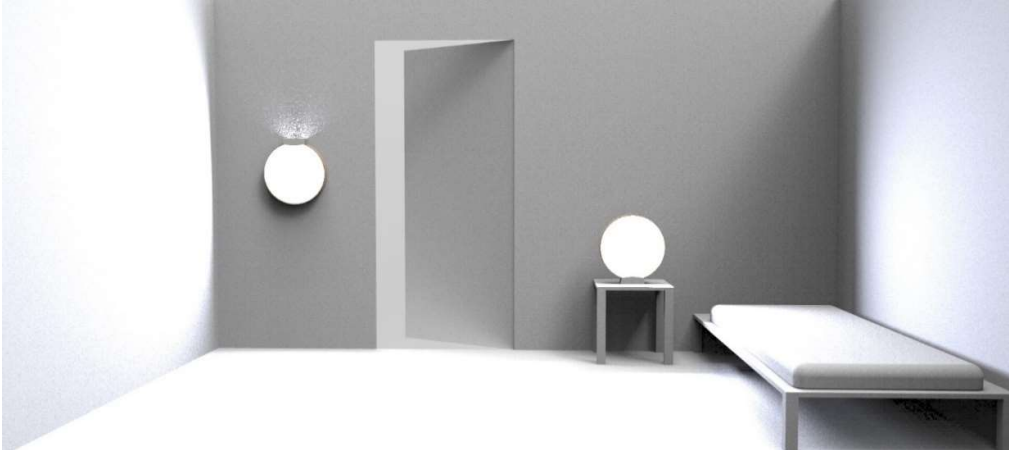
3.4 Målgruppe 4 – borgere, der er immobile og plejekrævende

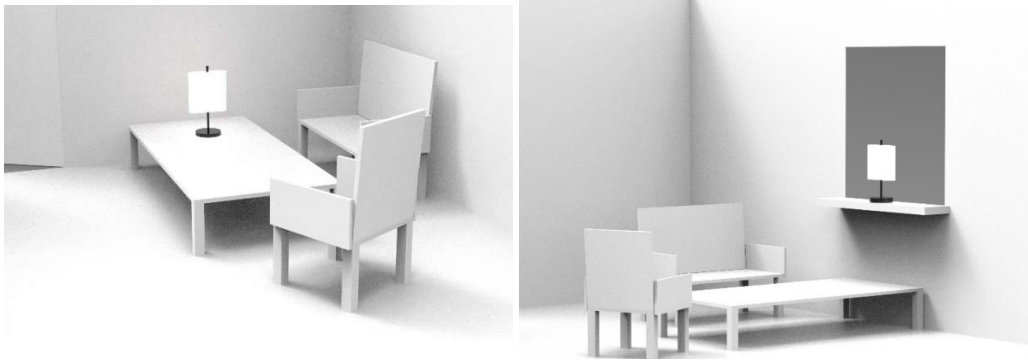
Teknologi

- SolMate Mobil i bolig
- RoomMate Bord/Gulv/Plafond i bolig
- RoomMate Væg med mørke- eller bevægelsessensor i bolig
- SolMate Pendel/Plafond i fællesarealer
- SolMate Mobil/RoomMate i fællesarealer





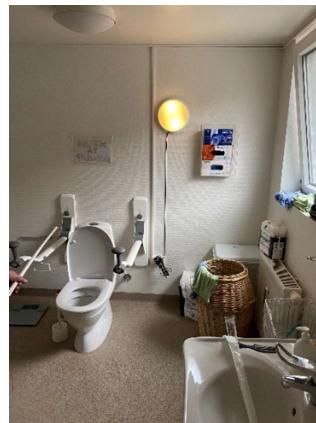




3.5 Målgruppe 5 – borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

Teknologi

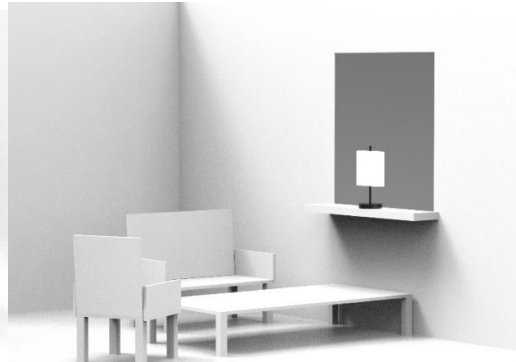
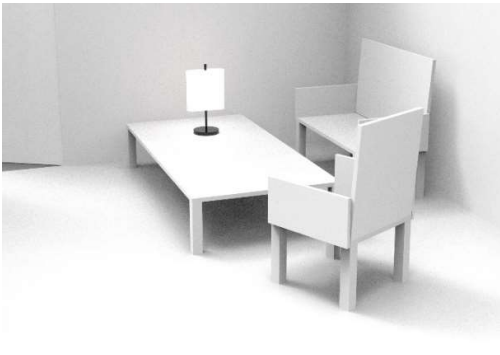
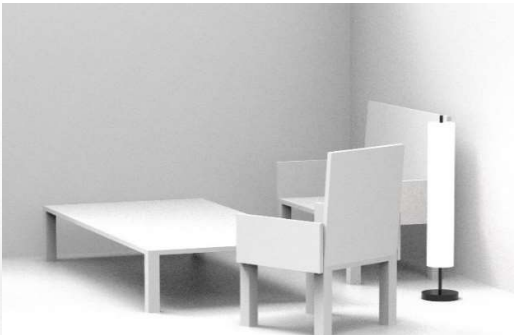
- SolMate Mobil i bolig
- RoomMate Bord/Gulv/Plafond i bolig
- RoomMate Væg med mørke- eller bevægelsessensor i bolig
- Badeværelseslampe med natlys i bolig
- SolMate Pendel/Plafond i fællesarealer
- SolMate Mobil/RoomMate i fællesarealer







Natlys



3.6 Gruppe 6 - Øvrige arealer

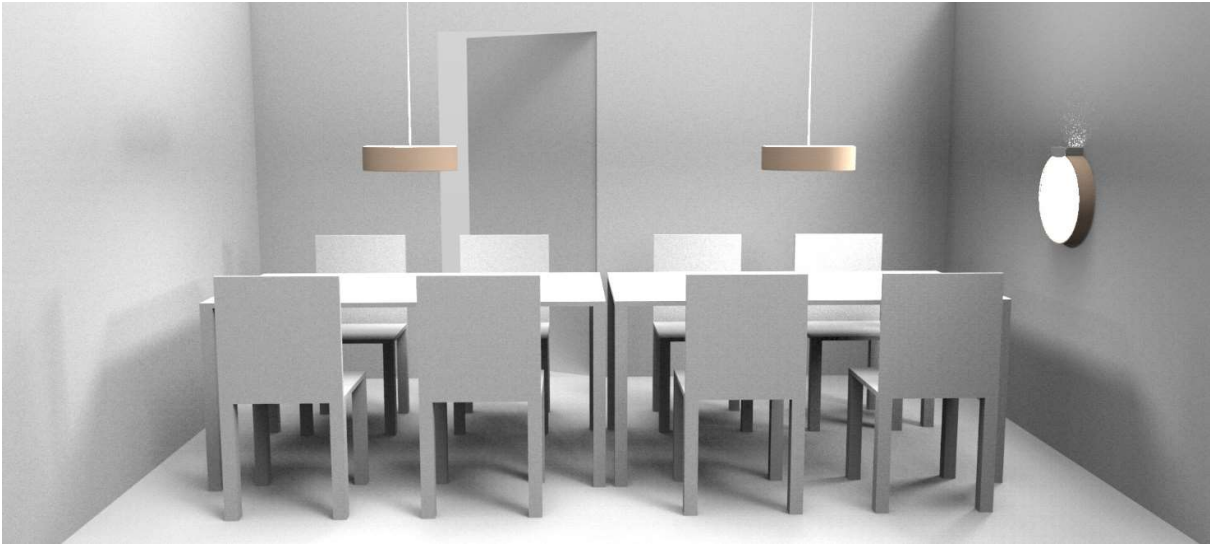
3.6.1 Fælles spisestue, opholdsrum og afdelingskøkken

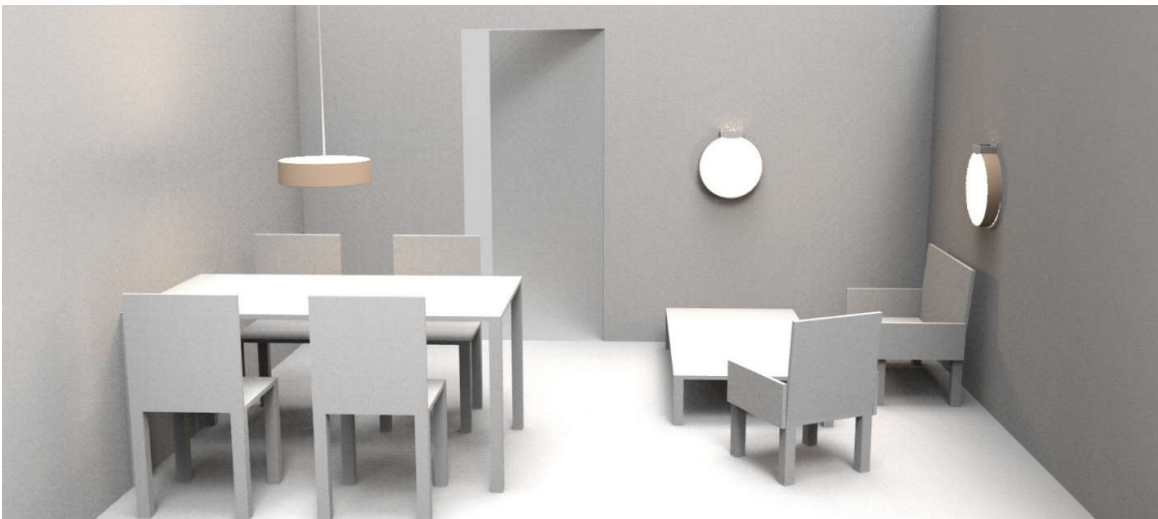
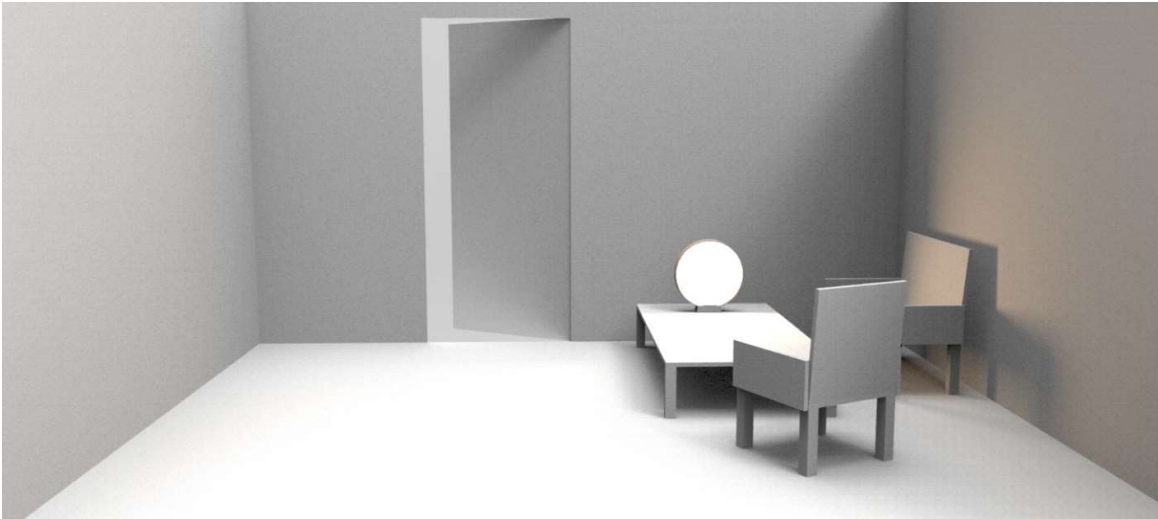
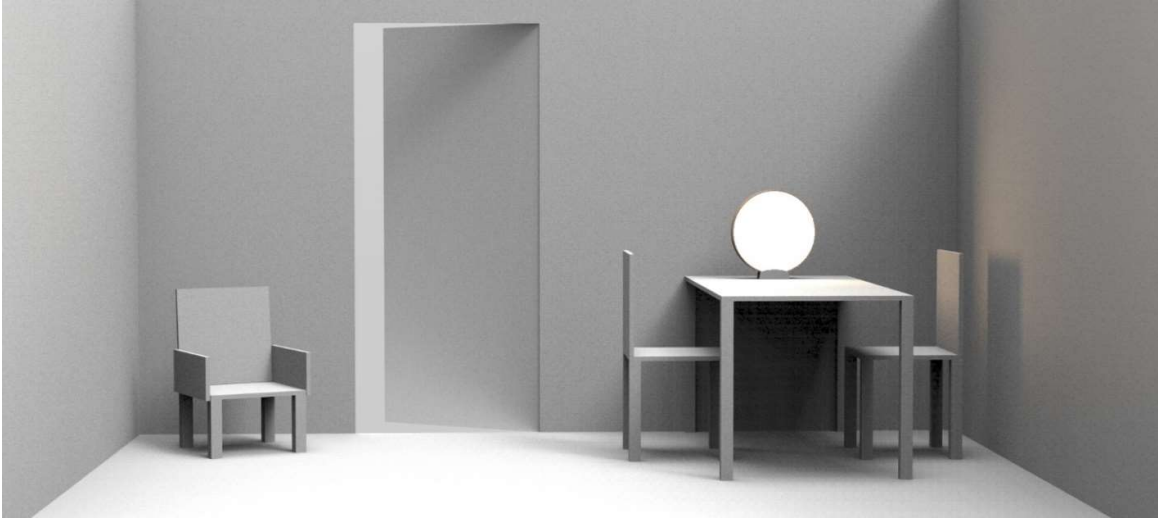
Teknologi

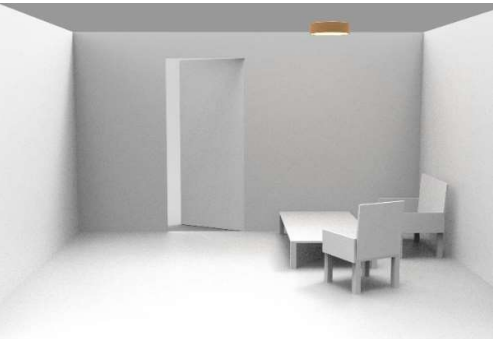
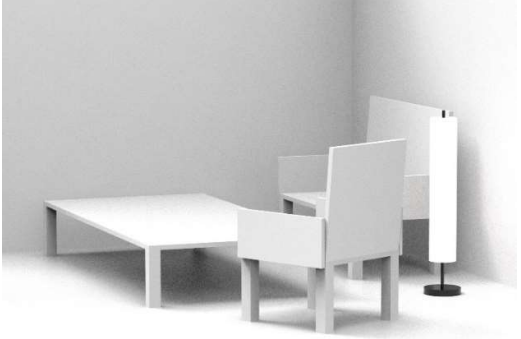
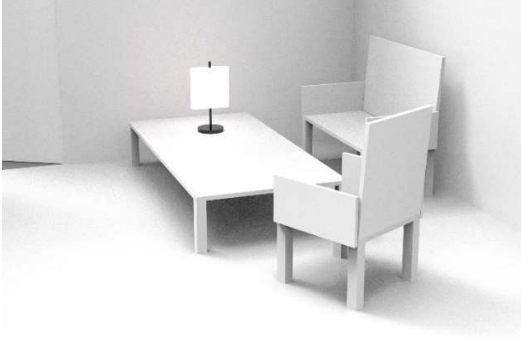
- SolMate Mobil
- RoomMate Bord/Gulv
- SolMate Pendel/Plafond
- PIR- og dagslyssensor







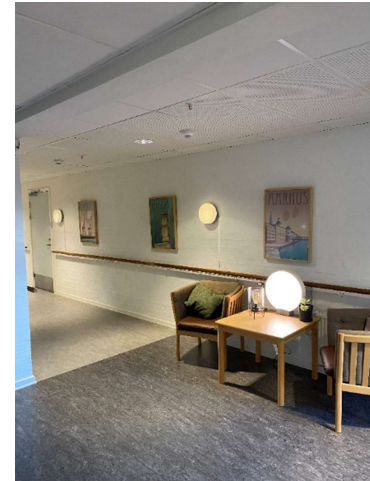
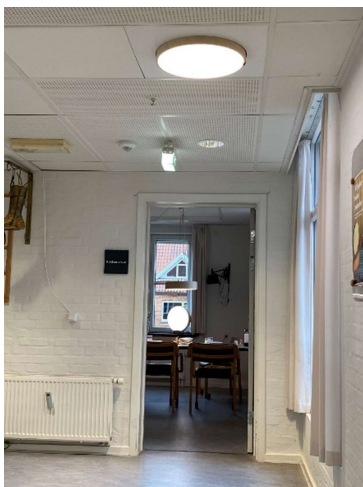
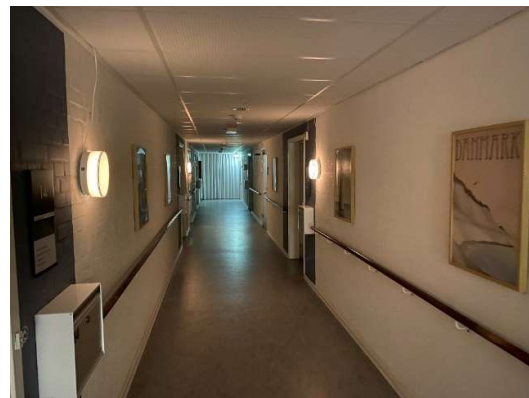




3.6.2 Gange, opholdsnicher & trapper

Teknologi

- SolMate Mobil
- RoomMate Bord/Gulv
- SolMate Pendel/Plafond
- RoomMate Væg m. mørke- eller bevægelsessensor, u. sensor el. m. Dali driver
- BathMate m. mørkesensor eller bevægelsessensor, u. sensor el. m. Dali driver
- PIR- og dagslyssensor



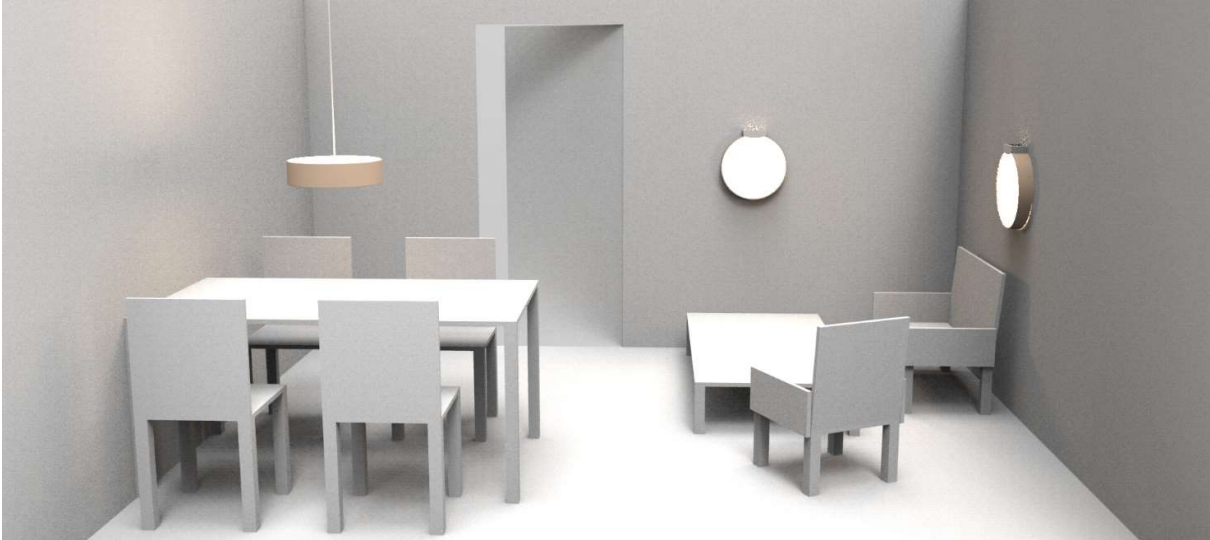


3.6.3 Kontor & personale rum

Teknologi

- SolMate Mobil
- RoomMate Bord/Gulv
- SolMate Pendel/Plafond
- PIR- og dagslyssensor

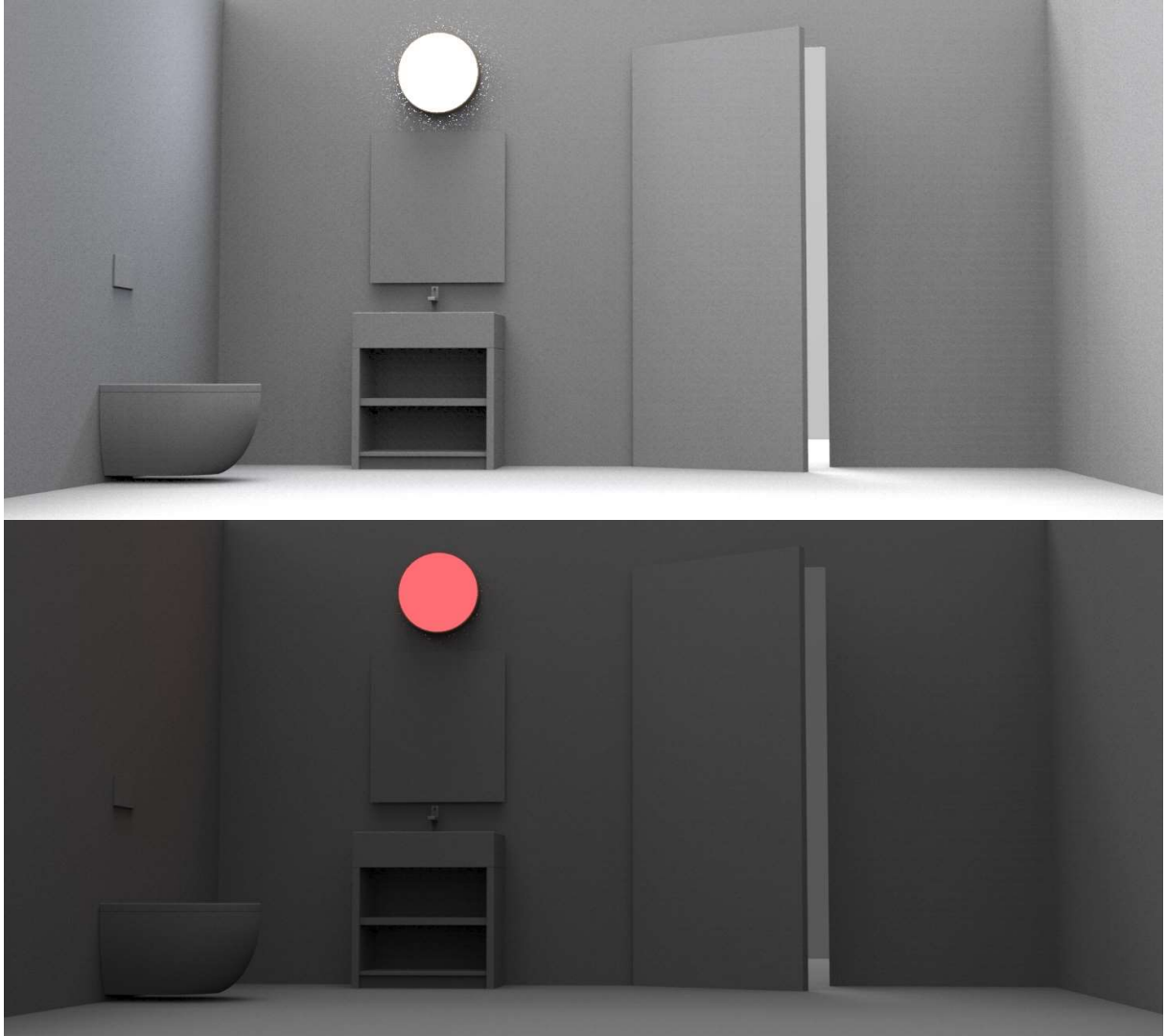




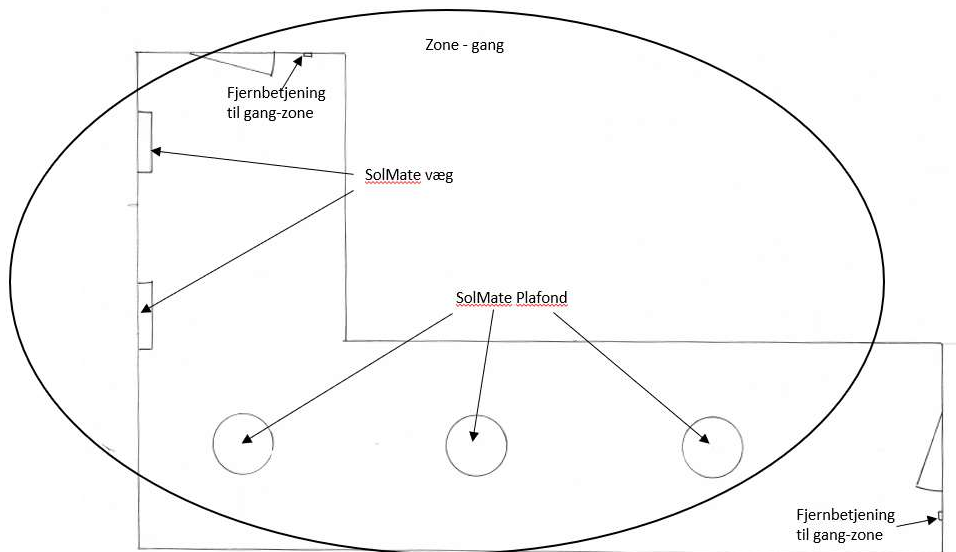
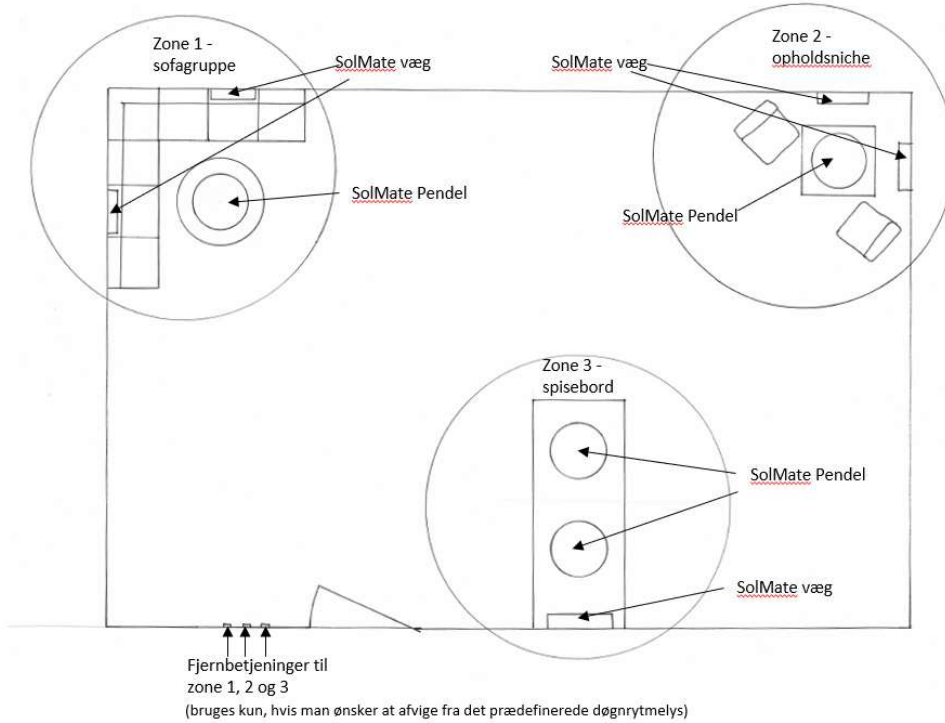
3.6.4 Personalettoiletter

Teknologi

- Badeværelseslampe med natlys & bevægelsessensor



3.6.5 Eksempler på zoner i fællesarealer



Der kan kobles to fjernbetjening til de samme armaturer, hvilket vil være nødvendigt på f.eks. gangarealer.



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Kvalificering af Døgnrytmelysteknologi i Plejehjem

Xylakis, Emmanouil; Triantafyllidis, Georgios; Mullins, Michael

Published in:
Lys

Publication date:
2019

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Xylakis, E., Triantafyllidis, G., & Mullins, M. (2019). Kvalificering af Døgnrytmelysteknologi i Plejehjem. *Lys*, 31(2), 38-39.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

KVALIFICERING AF DØGNRYTMELYSTEKNOLOGI I PLEJEHJEM

Nyt forskningsprojekt har undersøgt virkningen og kvaliteten af en række bærbare LED-armaturer på det danske marked, som anvendes til at understøtte ældres døgnrytme. Projektet viser, at valget af armatur samt indstillingen af det er afgørende for resultatet

AF EMMANOUIL XYLAKIS, GEORGIOS TRIANTAFYLIDIS OG MICHAEL FINBARR MULLINS, AAU

VIDEN OM LYS

Lighting Design Research-gruppen på AAU har i partnerskab med Københavns og Aarhus Kommuner evalueret forskellige løsninger og teknologier, der kan sikre mere effektiv døgnrytmebelysning for ældre mennesker. Hvad angår lysets ikke-visuelle virkning, var der imidlertid store forskelle og en stor variation mellem målingerne for "Circadian Stimulus", ikke kun fra armatur til armatur, men også ved brug af samme armatur med forskellige indstillinger.

Introduktion

Opgaven gik ud på at kvalificere 15 mobile armaturer, som skal indgå i test på plejehjem i Københavns og Århus Kommune. Formålet var at sikre at skrøbelige ældre i plejeboliger og hjemmeboende, på en fleksibel og omkostningseffektiv måde, optager den rette mængde og type lys og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn, daglig energi, samt fysisk og psykisk helbred.

Nærmere bestemt sigtede projektet på at:

- anvende en nyligt indført vurdering af døgnbelysning ("Circadian stimulus calculator" se www.lrc.rpi.edu/csccalculator/)
- evaluere eksisterende lysløsninger med hensyn til forberedelsen af en liste over parametre for visuelle og ikke-visuelle kvaliteter ved hjælp af relevante målinger og målinger med specialudstyr
- fremstille generiske scenarier til døgnrytmebelysning, der passer til ældre beboere ved hjælp af bærbare armaturer

Metoder

I projektet vurderede forskningsgruppen effektiviteten af 15 bærbare armaturer med hensyn til deres visuelle og ikke-visuelle effekt i forhold til et døgnrytmebelysningsscenarie (Tabel 1), der passer til de ældres behov.

Generisk døgnrytmebelysningsscenarie

Klokkeslet	Lux	Kelvin
1.00	3	2500
2.00	3	2500
3.00	3	2500
4.00	3	2500
5.00	3	2500
6.00	3	2500
7.00	50	2500
8.00	200	3000
9.00	500	6500
10.00	500	6500
11.00	400	4500
12.00	200	4500
13.00	200	4500
14.00	200	4500
15.00	200	4500
16.00	200	3500
17.00	200	3000
18.00	200	2700
19.00	150	2700
20.00	100	2700
20.30	50	2500
21.00	3	2500
22.00	3	2500
23.00	3	2500
24.00	3	2500

Tabel 1 Skema for døgnrytmebelysning [1]

Udvælgelsen af armaturer var baseret på deres tilstedeværelse på det europæiske marked. Målingerne fandt sted i uge 9, 10 og 11 i 2019 i Lighting Design Laboratoriet på Aalborg Universitets københavn-ske Campus.

Armaturerne blev grupperet i følgende seks kategorier:

1. Bordlamper
2. Natbordslamper
3. Pendler
4. Gulvlamper
5. Væg- eller loftlamper
6. Lyskilder

For hver af de testede armaturer blev der foretaget målinger af deres karakteristika (se tabel 2) på det vertikale plan i øjenhøjde. Målet var at finde ud af, hvad det lys de "intrinsically photosensitive retinal ganglion cells" (ipRGCs) i øjet modtager. Disse ganglioceller er nøglen til styring af vores cirkadiske rytmer, og den ikke-visuelle virkning af belysningen.

Der blev sat specielt fokus på en "circadian stimulus calculator" (CSC) udviklet af Lighting Research Center ved Rensselaer Polytechnic Institute [2]. Denne værdi bruges til at vurdere den ikke-visuelle virkning af belysningen og er baseret på den grundlæggende viden om retinal fysiologi, såvel som de målte driftsegenskaber ved cirkadisk fototransduktion – den proces, hvormed nethinden omdanner lys til neurale signaler for kredsløbssystemet – fra responsgrænsen til responsmætning. Seks tidligere udførte feltundersøgelser med CSC har empirisk indikeret, at en "circadian stimulus" (CS) leveret i dagtimerne større end eller lig med en værdi på 0,3 er forbundet med bedre søvn, bedre humør og mindre risiko for depression [3]. Et højst interessant resultat var, at tre af disse feltundersøgelser viste, at Alzheimers patienter, som blev eksponeret med et CS større end eller lig med 0,3 i dagtimerne og mindre end 0,1 om aftenen, konsekvent og signifikant fik øget deres søvn, forbedret deres søvnkvalitet, og reduceret deres symptomer på depression og agitation [3].

Målinger af visuelle effekter	Målinger af Ikke-visuelle effekter	Andre
<ul style="list-style-type: none"> • Vertikale belysningsniveauer (lux) fra en afstand på 20, 50, 100 cm • Farvetemperatur (Kelvin) • Spektral strømfordelingskurve (SPD) • Flimmer 	<ul style="list-style-type: none"> • Circadian stimulus kalkulator (CSC) 	<ul style="list-style-type: none"> • CE-mærke / medicinsk produkt • Blænding • Tiltænkte brugs- og installationsbehov

Tabel 2 Målinger af armaturers visuelle og ikke-visuelle karakteristika

Derudover, blev følgende kvalitative kriterier brugt i evalueringen af armaturerne:

De skal give den rette type og mængde af lys.

- De skal kunne tilpasse den enkelte ældre borgers særlige behov (dårligere lysoptag, fysiske og mentale vanskeligheder, sengeliggende, etc.).
- De skal være mobile, så de kan følge med borgere, der flytter fra privat hjem til lejlighed.
- De skal kunne fungere som et enkeltstående produkt og ikke være afhængig af store bagvedliggende it-systemer.
- De skal kunne være et supplement til eksisterende døgnrytmeløsninger, som typisk installeres i gange og fællesrum på plejehjem.

Resultater

Målingerne viser, at alle de undersøgte bærbare armaturer er af høj kvalitet i forhold til de målte visuelle effekter. Hvad angår lysets ikke-visuelle virkning, var der imidlertid store forskelle og en stor variation mellem målingerne for CS, ikke kun fra armatur til armatur, men også ved brug af samme armatur med forskellige indstillinger. Dette viser, nødvendigheden af at vælge det rigtige armatur, som kan tilvejebringe den nødvendige CS. Det viser også, at effektiviteten af et cirkadisk belysningsdesign er stærkt afhængig af den faktiske indstilling af sådanne armaturer. De skal indstilles på en måde, der sigter mod at tilbyde den optimale CS til mennesker.

Diskussion

De teknologier, der anvendes til CS-belysningen, kan grupperes i to kategorier: En RGBW LED, hvor de fleste farver og hvid kan fremstilles.

En indstillelig hvid ("tunable white") LED, med et specifikt udvalg af CCT (f.eks. 2700 til 6500 Kelvin). RGBW-løsningen giver lysdesigneren flere muligheder, som for eksempel at skabe rødt lys uden blå til natlys. Nyere projekter har imidlertid vist, at indstilleligt hvidt lys også kan tilbyde lignende fordele, når det anvendes i en døgnrytmebelysningskontekst (f.eks. lavt CCT, dæmpet natlys) ved at have den ekstra fordel at undgå det ubehag, der kan skabes af en farvet belysning.

En anden gruppering kan laves ud fra den anvendte teknologi, hvilket kan resultere i forskellige anvendelighedsproblemer blandt de ældre. Med hensyn til denne specifikke karakteristika er kategorierne: Automatiseret lys, der er programmeret til at tilbyde døgnrytmebelysning og ikke har brug for nogen specifik handling fra brugeren for at betjene den.

Lys, der kræver brugervenlighed. F.eks. mulighed for på en kontakt at kunne vælge den rigtige forudindstillede / tilstand for at få det ønskede lys.

Dette projekt havde til formål at undersøge effektiviteten af de bærbare armaturer, der er tilgængelige på det danske marked, i forhold til deres anvendelse som supplement til døgnrytmelys i ældreplejen. Ikke overraskende var produktets

testresultater meget varieret, og ikke alle blev fundet egnede til deres annoncerede funktioner. Det er derfor lysdesignerens ansvar at undersøge nøje, hvilke armaturer der anvendes, og hvordan de anvendes for at følge retningslinjerne for CS og således optimere effekten af døgnrytmebelysningen.

Forfatterne til artiklen ønsker at takke for projektsamarbejdet og input fra Lene Vad Jensen, projektleder, afdeling for velfærdsinnovation, Københavns Kommune; samt Søren Holm Pallesen, projektleder, og Lotte Lucia Jernes, sygeplejerske fra Center for Frihedsteknologi, Aarhus Kommune.

Referencer

1. Schledermann KM, Bech-Larsen P, Flyholm A, Mullins MF (2019) Entrainment and Disruption: Lessons Learned from Implementing Circadian Rhythm Lighting. *Proceedings of Architecture Research Care & Health*, Polyteknisk Boghandel og Forlag, In Press.
2. Rea M, Figueiro M, Bierman A, et al (2012) Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Light Res Technol* 44:386–396. <https://doi.org/10.1177/1477153511430474>
3. Figueiro M, Nagare R, Price L (2018) Non-visual effects of light: How to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness. *Light Res Technol* 50:38–62.

Udbudsbetingelser

Aarhus Kommune og Københavns Kommune

**UDBUD AF AFTALE OM INNOVATIONSPARTNERSKAB OM UD-
VIKLING, AFPRØVNING OG IMPLEMENTERING AF
BIOLOGISK LYS PÅ PLEJEHJEM**

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Indledning.....	4
2.	Baggrund	4
3.	Udbudsmaterialet.....	5
4.	Tidsplan for udbuddet.....	6
5.	Nærmere om innovationspartnerskaberne	7
5.1	Udbud	7
5.2	Innovationsforløb	8
5.3	Eventuelt indkøb af udviklede løsning(er)	8
6.	Ordregivers forhold	9
6.1	Den juridiske person.....	9
6.2	Kontaktperson.....	10
7.	Tilbudsgivers forhold	10
8.	Fortrolighed	11
9.	Kontakt indtil tilbudsafgivelsen.....	11
9.1	Kommunikation.....	11
9.2	Spørgsmål om udbuddet	11
9.3	Informationsmøde.....	12
9.4	Ændringer af udbudsmaterialet	12
10.	Udelukkelse, egnethed og udvælgelse	13
10.1	Udelukkelsesgrunde.....	13
10.2	Krav til egnethed	13
10.3	Udvælgelse	16
11.	Ansøgning om prækvalifikation	17
11.1	Formkrav og ESPD.....	17
11.2	Ansøgningsfrist for prækvalifikation.....	19
12.	Tilbudsevalueringen	19
12.1	Tildelingskriterium, underkriterier og delkriterier	19
12.2	Evaluerings.....	23
13.	Afgivelsen af projektforslag	25
13.1	Formkrav	25

13.2	Projektforslagets indhold og omfang.....	25
13.3	Aflevering af Indledende Projektforslag	27
13.4	Tilbudsåbning	27
13.5	Vedståelsesfrist.....	27
13.6	Alternative og sideordnede tilbud.....	28
14.	Deltagelse i forhandlinger og afgivelse af endeligt tilbud.....	28
14.1	Forhandlingsfaser	28
14.2	Afklarende spørgsmål.....	29
15.	Forbehold.....	29
16.	Vederlag for tilbudsafgivelse og deltagelse i pilotprojektet	30
17.	Indhentelse af supplerende dokumentation for egnethed mv.	31
18.	Underretning om tildelingsbeslutningen	31
18.1	Retsvirkning	31
18.2	Aflysning	31

1. Indledning

Disse udbudsbetingelser gælder for udbud af en til to innovationspartnerskabsaftaler om udvikling, afprøvning og implementering af biologisk lys til plejehjem, jf. nærmere nedenfor. Udbuddet gennemføres som et innovationspartnerskabsudbud efter § 73 i udbudsloven (lov nr. 1564 af 15/12/2015).

Nærværende udbud gennemføres i fællesskab af Aarhus Kommune og Københavns Kommune, jf. udbudslovens § 123. Disse kommuner benævnes herefter i fællesskab "Ordregiver".

Herudover har visse øvrige kommuner mulighed for at udnytte en købsoption om at indkøbe de løsninger, der bliver udviklet, og disse kommuner/ordregivere er derfor også anført i udbudsbekendtgørelsen, jf. afsnit 6.1.

Aarhus Kommune, agerer som tovholder for Ordregiver. Indtil underskrivelse af innovationspartnerskabsaftalen/innovationspartnerskabsaftalerne varetages al kommunikation vedrørende udbuddet således af Aarhus Kommune.

Kun prækvalificerede tilbudsgivere har ret til at afgive tilbud. Processen efter prækvalifikation indebærer, at tilbudsgiver indleverer et indledende tilbud i form af et innovationsprojektforslag (benævnes heri efterfølgende det "Indledende Projektforslag"), der efterfølgende gøres til genstand for forhandling med henblik på afgivelse af et endeligt tilbud (herefter "Endeligt Projektforslag") og kontraktindgåelse, jf. nærmere nedenfor.

Ordregiver er ansvarlig for, at udbuddet gennemføres i overensstemmelse med udbudsloven, herunder at de grundlæggende principper om gennemsigtighed, ligebehandling og proportionalitet respekteres under udbudsprocessen.

2. Baggrund

Aarhus Kommune og Københavns Kommune er gået sammen om at efterspørge nye innovative løsninger til biologisk lys på plejehjem. Aarhus Kommune og Københavns Kommune har i en årrække arbejdet med biologisk lys som værktøj til at støtte ældre og fremme livskvalitet og trivsel på kommunale plejehjem. Eksisterende løsninger har dog primært været nagelfaste installationer bygget ind i eksisterende eller nybyggede plejehjem. Derudover har de to kommuner testet 17 flytbare løsninger. Disse løsninger lever ikke i tilstrækkelig grad op til de særlige behov i fremtidens plejehjem.

De to kommuner ønsker derfor at igangsætte et eller to innovationspartnerskaber med indkøbsoption med leverandører om udvikling, afprøvning og implementering af biologisk lys på plejehjem. Der ønskes udvikling af en helhedsløsning, der kan bestå af en eller flere delløsninger, der lever op til ønsker og krav om biologisk effekt, brugervenligt design, implementerbarhed, robusthed samt pris, som Ordregiver efterfølgende har mulighed for at indkøbe.

Formålet med en innovationsorienteret udviklingsproces og implementering er at sikre, at ældre på plejehjem på en simpel, fleksibel og omkostningseffektiv måde optager den rette mængde og type lys på rette tidspunkt, og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn samt fysisk og psykisk helbred.

De to kommuner ønsker selv aktivt at medvirke til udvikling og/eller tilpasning af rette løsning(er). Kommunerne stiller blandt andet plejehjem til rådighed for iterativ afprøvning og brugertilpasning af løsninger. De op til to innovationspartnerskabsaftaler omfatter innovation, udvikling og test af tilbudsgivernes løsninger på min. 1 plejehjem i hver af de to deltagende kommuner. Hvis der kun indgås aftale med én leverandør, testes på min. 1 plejehjem pr. deltagende kommune med samme løsning. Hvis der indgås aftale med mere end én leverandør, fordeler Ordregiver testmuligheder på plejehjem.

Der ydes et vederlag på i alt 500.000 kr. pr. leverandør, der indgås innovationspartnerskabsaftale med. Dette er dog forudsat, at de i udbudsmaterialets angivne milepæle opfyldes samt godkendes af Ordregiver. Der henvises til afsnit 16 i nærværende dokument samt til punkt 3.5 i Udkast til Innovationspartnerskabsaftale for en nærmere beskrivelse heraf.

Som en del af Innovationsforløbet etableres testlejligheder med tilbudsgivernes løsninger på pilotprojektniveau, for derigennem at gennemføre såvel brugertests som tekniske tests af de udviklede idéer.

Der ønskes udviklet en fremtidssikret løsning, der fleksibelt og omkostningsvenligt kan tilpasses løbende ændringer i behov, jf. Behovs- og Procesbeskrivelsen (bilag 1).

Ud over Aarhus Kommune og Københavns Kommune har 8 kommuner udtrykt interesse for også at indkøbe de(n) udviklede løsning(er) i den udstrækning, løsninger lever op til de beskrevne behov. Det bemærkes, at såvel Ordregiver som øvrige kommuner ved aftaleindgåelse opnår en option på – og ikke en pligt til – løsningsindkøb. Disse øvrige kommuner er oplistet i afsnit 6.1. Der henvises til beskrivelsen af forventninger til indkøb og implementering i afsnit 8 Kontraktbilag 1. Behovs- og procesbeskrivelse.

Udbuddet er ikke opdelt i delkontrakter. Årsag til manglende opdeling af kontrakten er, at den udbudte genstand er et innovationsprojekt, som vedrører en samlet løsning, som kan bestå af flere delløsninger. Disse delløsninger kan ikke defineres på forhånd. Desuden udbydes et til to innovationspartnerskabsaftaler under nærværende udbud.

3. Udbudsmaterialet

Ud over udbudsbekendtgørelsen udgøres udbudsmaterialet for udbuddet af følgende bestanddele:

ESPD til udfyldelse i Ethics

Nærværende udbudsbetingelser inklusive følgende udbudsbilag:

- Udbudsbilag 1: Konsortieerklæring

- Udbudsbilag 2: Støtteerklæring
- Udbudsbilag 3: Skabelon til angivelse af forbehold og forslag til forhandlingstemaer

Innovationspartnerskabsaftale med tilhørende bilag (herefter samlet ”Innovationspartnerskabsaftalen”):

- Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse med følgende underbilag:
 - Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys
 - Kontraktbilag 1b: Udkast til Innovationsforløb
 - Kontraktbilag 1c: Plantegning over et plejehjem
 - Kontraktbilag 1d: Mobil og personlig belysning, rapport, 2018
 - Kontraktbilag 1e: Mobil og personlig belysning, markedsdialog, 2018
 - Kontraktbilag 1f: Mobil og personlig belysning, AAU’s Evaluering, 2018
- Kontraktbilag 2: Plan for Innovationsforløb (*indleveres af tilbudsgiver som en del af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget og udskilles derefter til kontraktbilag 2: Plan for Innovationsforløb.*)
- Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget
 - Kontraktbilag 3a: Tilbudsliste
- Kontraktbilag 4: Samarbejdsorganisation
- Kontraktbilag 5a: CSR kontraktbilag (Aarhus Kommune)
- Kontraktbilag 5b: CSR og Arbejdsklausul (Københavns Kommune)
- Kontraktbilag 6a: Udkast til databehandleraftale (Aarhus Kommune)
- Kontraktbilag 6b: Udkast til databehandleraftale (Københavns Kommune)
- Kontraktbilag 7: Udkast til rammeaftale

Tilbudsgiver bedes udfylde materialet på følgende måde:

Fase i tilbudsskrivning	Udfyld
Prækvalifikation	ESPD i Ethics
Tilbudsgivning	Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslag inkl. fremsendelse af øvrige efterspurgte dokumenter Kontraktbilag 3a: Tilbudsliste Udbudsbilag 3: Forslag til forhandlingstemaer
Aftaleindgåelse	Innovationspartnerskabsaftale med bilag

Tilbudsgiver opfordres til at sikre sig, at tilbudsgiver er i besiddelse af et fuldstændigt eksemplar af udbudsmaterialet.

4. Tidsplan for udbuddet

Udbuddet forventes at forløbe i overensstemmelse med nedenstående foreløbige tidsplan:

29.06.2021	Frist for ansøgning om prækvalifikation kl. 10.00
08.07.2021	Meddelelse om udvalgte ansøgere, der opfordres til at afgive Indledende Projektforslag samt afslag
01.09.2021	Frist for afgivelse af Indledende Projektforslag kl. 12.00

Uge 37	Forhandlinger mellem Ordregiver og tilbudsgiverne
04.10.2021	Frist for afgivelse af revideret Indledende Projektforslag kl. 12.00 på grundlag af justeret udbudsmateriale
Uge 43	Forhandlinger mellem Ordregiver og tilbudsgiverne.
08.11.2021	Frist for afgivelse af Endeligt Projektforslag kl. 12.00
Uge 46	Meddelelse om den eller de vindende tilbudsgivere (Herefter afholdes standstillperiode på minimum 10 kalenderdage regnet fra dagen efter den dag, hvor Ordregiver har afsendt samtidig underretning)
Uge 48	Forventet underskrivelse og ikrafttræden af innovationspartnerskabsaftalen/innovationspartnerskabsaftalerne

Der tages forbehold for at ændre tidsplanen, herunder antallet af forhandlingsrunder, jf. også beskrivelsen i afsnit 13. Eventuelle ændringer i tidsplanen vil blive meddelt via Ethics.

Såfremt tidsplanen måtte blive forsinket som følge af indgivelse af klager til Klagenævnet for Udbud, har Ordregiver ret til at kræve, at innovationspartnerskabsaftalen/innovationspartnerskabsaftalernes ikrafttræden (og dermed tilbudsgivers påbegyndelse af innovationsprojektet) uden ekstra omkostninger for Ordregiver udsættes med det antal dage, som klagesagen måtte vare; dog maksimalt seks måneder. Tidsplanen for aftalegennemførelsen forskydes med et tilsvarende antal dage. Vedståelsesfristen for de afgivne tilbud forlænges tilsvarende.

5. Nærmere om innovationspartnerskaberne

Ved nærværende udbud ønsker Ordregiver at indhente tilbud på udvikling, afprøvning og implementering af løsninger til biologisk lys på plejehjem.

Innovationspartnerskabet(erne) gennemføres i tre etaper:

- (1) Udbud
- (2) Innovationsforløb (også omtalt som innovationsprojekt og projekt)
- (3) Eventuelt indkøb af udviklede løsning(er).

Hver af faserne beskrives nærmere herunder.

5.1 Udbud

Udbuddet forventes gennemført i overensstemmelse med tidsplanen i afsnit 4 med henblik på, at Ordregiver indgår op til to innovationspartnerskabsaftaler.

I første omgang vil der være en prækvalifikationsrunde, hvor potentielle tilbudsgivere ansøger om prækvalifikation. Det vil således kun være prækvalificerede tilbudsgivere, der vil få mulighed for at afgive tilbud.

De prækvalificerede tilbudsgivere vil under udbuddet konkurrere på grundlag af tildelingskriteriet 'bedste forhold mellem pris og kvalitet', som er nærmere beskrevet i afsnit 16, hvortil der henvises.

5.2 Innovationsforløb

Formålet med innovationsforløbet er inden for den fastsatte tidsramme og i overensstemmelse med Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse at få udviklet en helhedsløsning, der kan bestå af en eller flere delløsninger, til biologisk lys i ældreplejen.

Ordregivers udkast til Innovationsforløbet er struktureret i faser med tilhørende proces, leverancer og milepæle, det fremgår af Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse samt Kontraktbilag 1b: Udkast til Innovationsforløb, som skal betragtes som vejledende.

Det endelige Innovationsforløb fastlægges på baggrund af dialog med den/de valgte leverandører med udgangspunkt i projektforslag, udbudsforhandlinger og opstartsmøde. Forslagene vil indgå i forhandlingerne under udbuddet.

Innovationsforløbet afsluttes med, at Ordregiver i overensstemmelse med Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 3.3.6 godkender, at den udviklede løsning opfylder produktmålene, dvs. kravene til det udviklede produkt, som nærmere beskrevet i udbudsmaterialet. Efter godkendelse afsluttes innovationsforløbet med indgåelse af en rammeaftale, der danner grundlag for de evt. efterfølgende indkøb.

Ordregiver kan efter hver fase i udviklingsprocessen beslutte at bringe alle eller enkelte Innovationspartnerskabsaftaler til ophør. De nærmere vilkår for, hvordan og under hvilke omstændigheder Ordregiver kan beslutte at bringe kontrakterne til ophør, fremgår af Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 3.4.

5.3 Eventuelt indkøb af udviklede løsning(er)

Ordregiver og de øvrige i udbudsbekendtgørelsen og afsnit 6.1 nævnte offentlige ordregivere har ret (men ikke pligt) til at erhverve de tilbudte løsninger på de vilkår, der fremgår af Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 5 om indgåelse af rammeaftaler som grundlag for ordregivernes indkøb af løsningen (købsoption) samt i overensstemmelse med vilkårene i rammeaftalen, der indgås.

Hvis kun én tilbudsgiver har opfyldt produktmålene og færdigudviklet en løsning, kan aftaler om levering af yderligere løsninger tildeles tilbudsgiveren ved direkte tildeling, jf. Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 5.3.

Hvis mere end én tilbudsgiver har opfyldt produktmålene og færdigudviklet en løsning, kan aftale om levering af yderligere løsning(er) tildeles tilbudsgiveren ved direkte tildeling, hvis objektive kriterier tilsiger valg af en tilbudsgivers løsning fremfor andre tilbudsgiveres løsninger. Hvis ikke objektive kriterier tilsiger valg af en tilbudsgivers løsning fremfor andre tilbudsgiveres løsninger, tildeles aftaler om levering af yderligere projekter på baggrund af miniudbud, der afholdes i overensstemmelse med Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 5.2.

6. Ordregivers forhold

6.1 Den juridiske person

Ordregiver for så vidt angår Innovationspartnerskabsaftalen under dette udbud er:

Københavns Kommune
Sjællandsgade 40
2200 Kbh N
CVR: 649 422 12

Aarhus Kommune
Center for Frihedsteknologi
Grøndalsvej 2
8260 Viby
CVR: 551 330 18

Øvrige ordregivere omfattet af købsoptionen, jf. Innovationspartnerskabsaftalen, pkt. 5, er:

- Aalborg Kommune
- Ballerup Kommune
- Gladsaxe Kommune
- Halsnæs Kommune
- Helsingør Kommune
- Hørsholm Kommune
- Odense Kommune
- Vejle Kommune

(herefter tilsammen benævnt "Øvrige Ordregivere")

De Øvrige Ordregivere har efter Innovationsfasens afslutning ret, men ikke pligt, til at erhverve de tilbudte løsninger på de vilkår, der fremgår af Innovationspartnerskabsaftalen, pkt. 5.

Ordregiver (dvs. Københavns Kommune og Aarhus Kommune) er ansvarlig for udbuddets tilrettelæggelse og gennemførelse på vegne af samtlige de involverede ordregivere. De enkelte ordregivere er hver især ansvarlige

for de efterfølgende indkøb af de tilbudte løsninger, herunder at ordrer tildeles i overensstemmelse med vilkårene i Innovationspartnerskabsaftalen.

6.2 Kontaktperson

Alle henvendelser forud for tilbudsafgivelsen om yderligere oplysninger, dokumentation mv. skal rettes til den af Ordregiver udpegede kontaktperson, der er:

Marianne Dauding, udbudskonsulent
Indkøb & Udbud, Aarhus Kommune
dmaha@aarhus.dk

Henvendelser skal ske skriftligt via Ethics.

Opstår der uoverensstemmelser mellem Ordregivers skriftlige angivelser og mundtlige udsagn, skal de skriftlige angivelser til enhver tid gælde forud.

Ordregiver kan på et hvilket som helst tidspunkt under udbuddet udpege en anden kontaktperson.

7. **Tilbudsgivers forhold**

Tilbudsgiver skal være den af Ordregiver prækvalificerede juridiske person. Tilbudsgiver kan ikke lade sig erstatte af en anden juridisk person, og dette gælder også eventuelle koncernforbundne virksomheder.

Hvis prækvalifikationen har omfattet et konsortium bestående af flere ansvarlige tilbudsgivere, skal det være netop disse juridiske personer – hverken færre eller flere – der afgiver tilbud. Der skal angives en fælles befuldmægtiget, som Ordregiver med bindende virkning for konsortiet kan indgå aftaler med.

Inden for udbudsreglernes rammer kan ordregiver i visse særlige tilfælde tillade forandringer hos den eller de prækvalificerede, herunder prækvalificerede konsortier, jf. udbudslovens § 147. Ordregiver er ikke forpligtet til at tillade forandringer, og eventuel forandring skal altid forudgående tillades skriftligt af Ordregiver.

Hvis den vindende tilbudsgiver er en sammenslutning af økonomiske aktører, for eksempel et konsortium, kan den endelige kontraktpart være et selskab, der efter tildelingen stiftes af den vindende tilbudsgiver. Projektselskabets ydelser til Ordregiver skal dog basere sig på ydelser fra den vindende tilbudsgiver. Ordregiver kræver, at den vindende tilbudsgiver (i tilfælde af konsortier) påtager sig solidarisk hæftelse for projektselskabets opfyldelse af samtlige forpligtelser i medfør af Innovationspartnerskabsaftalen, herunder at de udviklede løsninger kan produceres i det omfang, som Rammeaftalen i givet fald evt. måtte resultere i.

8. Fortrolighed

Ordregiver vil så vidt muligt sikre fortroligheden af oplysninger i tilbudsgivers tilbud, som angår tilbudsgivers fortrolige forretningsmæssige forhold, jf. udbudslovens § 5, stk. 1.

Fortrolighedstilsagnet viger i den udstrækning, hvor lovgivningen forpligter Ordregiver til at videregive oplysninger til tredjemand, herunder i forbindelse med sager om aktindsigt.

I forbindelse med et eventuelt krav om aktindsigt vil en særlig procedure træde i kraft, jf. Offentlighedslovens regler om aktindsigt.

Ordregiver er til enhver tid berettiget til at anvende oplysninger i den udstrækning, hvor dette er til berettiget varetægelse af Ordregivers interesser under en rets- eller klagesag med tilknytning til udbuddet.

Ordregiver er i forbindelse med tildelingen af partnerskabsaftalen(erne) forpligtet til at begrunde valg og fravalg af tilbudsgivere. Det betyder, at Ordregiver, over for de fravalgte tilbudsgivere, er forpligtet til at angive navnene på de vindende tilbudsgivere samt beskrive de vindende tilbuds karakteristika og fordele set i forhold til de afviste tilbud. Tilbudsgivers opmærksomhed rettes på at visse oplysninger i den forbindelse, vil blive oplyst til øvrige tilbudsgivere i forbindelse med tildelingen.

9. Kontakt indtil tilbudsafgivelsen

9.1 Kommunikation

Udbudsmaterialet og efterfølgende supplerende oplysninger vil være tilgængeligt på Ethics.

Tilbudsgiverne er selv pligtige til at holde sig opdaterede om udbuddets forløb via ovenstående.

9.2 Spørgsmål om udbuddet

Alle henvendelser og spørgsmål vedrørende udbuddet skal være skriftlige, på dansk og sendes via udbudssystemet, Ethics.

Spørgsmål og svar vil i anonymiseret form blive offentliggjort via Ethics.

Forud for ansøgningsfristen kan ansøgere stille spørgsmål til udbuddet; dog kun vedrørende forhold, der er direkte relevante for udarbejdelsen af ansøgningen. Spørgsmål vil blive besvaret skriftligt.

Alle spørgsmål, der stilles senest 14 dage før ansøgningsfristen, vil blive besvaret.

Spørgsmål, der stilles senere end 14 dage før ansøgningsfristen, vil alene blive besvaret i det omfang, besvarelse kan afgives senest seks dage før ansøgningsfristen. Spørgsmål, der stilles senere end seks dage før ansøgningsfristen, kan ikke forventes besvaret. I særlige tilfælde kan Ordregiver vælge at besvare senere indkomne spørgsmål mod samtidig fristudsættelse.

Efter ansøgningsfristen kan de prækvalificerede tilbudsgivere til brug for deres afgivelse af Indledende Projektforslag, henholdsvis det reviderede Indledende Projektforslag og det Endelige Projektforslag skriftligt stille spørgsmål om udbudsmaterialet.

Ordregiver opfordrer tilbudsgiver til at stille afklarende spørgsmål løbende og hurtigst muligt, såfremt tilbudsgiver er i tvivl om forståelsen af krav i udbudsmaterialet, herunder udkastet til Innovationspartnerskabsaftalen. Tilbudsgiver opfordres desuden til at gøre Ordregiver opmærksom på eventuelle forhold i udbudsmaterialet, der giver anledning til tvivl om, hvorvidt tilbudsgiver kan/vil afgive tilbud.

Alle spørgsmål, der stilles senest 14 dage før fristen for afgivelsen af det pågældende projektforslag vil blive besvaret.

Spørgsmål, der stilles senere end 14 dage før fristen for det pågældende projektforslag vil alene blive besvaret i det omfang, besvarelse kan afgives senest seks dage før fristen. Spørgsmål, der stilles senere end seks dage før fristen, kan ikke forventes besvaret. I særlige tilfælde kan Ordregiver vælge at besvare senere indkomne spørgsmål.

9.3 Informationsmøde

Ordregiver har afholdt et online informationsmøde den 08.04.2021 via Teams, hvor der er blevet givet en præsentation af udbuddet.

Referat fra dette møde kan findes på det oprettede projekt-site, som kan tilgås via [Biologisk lys København](#) og [Biologisk lys Aarhus](#).

9.4 Ændringer af udbudsmaterialet

9.4.1 Ændringer inden Indledende Projektforslag

Ordregiver kan senest seks dage før fristen for indlevering af de indledende projektforslag offentliggøre rettel-
sesblade om eventuelle ændringer af udbudsmaterialet via Ethics. Ordregiver forbeholder sig i særlige tilfælde
ret til at kunne offentliggøre ændringer senere end seks dage før fristen mod forlængelse af fristen.

Såfremt tilbudsgiver bliver opmærksom på fejl eller mere betydende uhensigtsmæssigheder ved udbudsmaterialet, bedes tilbudsgiver straks gøre Ordregiver opmærksom herpå, således at Ordregiver får mulighed for at afhjælpe forholdet gennem offentliggørelse af rettelsesblad.

Det bemærkes dog, at Ordregiver ikke kan foretage ændringer af grundlæggende elementer i udbudsmaterialet.

9.4.2 Ændringer efter indlevering af de Indledende Projektforslag

Ordregiver kan efter indlevering af de indledende projektforslag offentliggøre rettelsesblade om eventuelle ændringer af udbudsmaterialet via Ethics.

Rettelsesblade vil blive offentliggjort i rimelig tid og senest seks dage inden, at tilbudsgiverne skal indlevere endeligt projektforslag.

10. Udelukkelse, egnethed og udvælgelse

Ordregiver vil prækvalificere fem ansøgere (såfremt der er fem egnede ansøgere), der alle vil blive opfordret til at afgive et Indledende Projektforslag.

Ordregiver forbeholder sig ret til på et hvilket som helst tidspunkt under udbudsforretningen at indhente dokumentation for, at ansøgernes oplysninger om egnethed og udelukkelse er korrekte.

10.1 Udelukkelsesgrunde

Ansøgere, der befinder sig under omstændigheder, eller på et hvilken som helst tidspunkt under udbuddet bliver omfattet af, omstændigheder som anført i udbudslovens §§ 135-136 og § 137, stk. 1, nr. 2, er udelukket fra at deltage i udbuddet, medmindre den pågældende inden for en af Ordregiver fastsat rimelig frist fremlægger dokumentation, der viser tilbudsgiverens pålidelighed, jf. udbudslovens § 138.

Ansøger skal i ESPD'et i Ethics angive, hvorvidt ansøger er omfattet af ovennævnte udelukkelsesgrunde.

Der henvises til afsnit 11.1. Udfyldelse af elektronisk Fælles Europæisk Udbudsdokument (ESPD).

Ansøgninger, der ikke indeholder de efterspurgte oplysninger, kan Ordregiver afvise som ukonditionsmæssige. Alternativt kan Ordregiver vælge at indhente supplerende oplysninger i henhold til udbudslovens § 159 stk. 5.

10.2 Krav til egnethed

10.2.1 Økonomisk og finansiel formåen

Ansøger bedes i ESPD angive nedenstående nøgletal for de seneste to afsluttede regnskabsår.

Det er et krav, at ansøgers egenkapital er positiv ved udløbet af seneste afsluttede regnskabsår, jf. udbudsbe-
kendtgørelsens pkt. III.1.2.

Det er et krav, at ansøger har haft et positivt resultat før skat i mindst et ud af de seneste to afsluttede regnskabsår.

Det er et krav, at ansøger har haft en omsætning på minimum 1 mio. kr. årligt før skat i mindst et ud af de seneste
to afsluttede regnskabsår.

Ansøger kan basere sig på andre enheders finansielle kapacitet for at opfylde ovenstående krav. Se nærmere om
ansøgers mulighed for at basere sig på andre enheders finansielle kapacitet i pkt. 10.2.3.

10.2.2 Teknisk og faglig formåen

I ESPD skal ansøger beskrive mindst én reference og højst fire referencer for relevante forsknings- og/eller
innovationsprojekter, der er udført inden for de seneste tre år. Såfremt der angives mere end fire referencer, vil
det kun være de første fire referencer, der tages i betragtning. Et forsknings- og/eller innovationsprojekt er ”re-
levant”, hvis det:

- Er udført af ansøger med egne ressourcer og har resulteret i, at ansøger har lanceret et innovativt produkt
eller innovativ løsning på markedet, eller
- Er udført af ansøger delvis for egne ressourcer, delvis for tredjemands ressourcer (støttemidler eller
kundebetalinger) og har resulteret i tilblivelsen af et innovativt produkt eller en innovativ løsning, eller
- Er udført for tredjemands ressourcer (støttemidler eller kundebetalinger) og har resulteret i tilblivelsen
af et innovativt produkt eller en innovativ løsning.

Det er endvidere et krav, at minimum én af referencerne skal vedrøre installation og udførelse af lysprojekt(-er)
med en samlet kontraktsum på minimum kr. 250.000,- ekskl. moms.

Ved ”udført” inden for de seneste tre år menes, at referencen enten er afsluttet eller under udførelse inden for de
seneste tre år regnet fra ansøgningsfristen.

Referencerne beskrives i ESPD.

I ESPD’et (Del IV) bedes følgende fremgå for hver af referencerne:

- Beskrivelse af referencen, dvs. navn og adresse på kunden samt kontaktperson. Desuden en kort og
konkret beskrivelse af projektet, herunder innovationsproces og faser, projektets varighed, projektets
resultat herunder graden af implementering, og ansøgers egen rolle og leverede ydelser i projektet.
Desuden bedes beskrevet hvorvidt referencen har resulteret i konkret salg af det udviklede produkt.

Tilbudsgiver bedes i sin beskrivelse af referencerne være opmærksom på de i afsnit 10.3 beskrevne udvælgelsesparametre.

- Referencens/kontraktens værdi
- Dato (start- og slutdato)

Hver reference under punktet ”Beskrivelse” ses gerne maximalt at fylde 10.000 tegn (inkl. mellemrum mv.).

Ansøger kan basere sig på andre enheders tekniske kapacitet for at opfylde ovenstående krav. Se nærmere om ansøgers mulighed for at basere sig på andre enheders tekniske kapacitet i pkt. 10.2.3.

Ordregiver forbeholder sig ret til på et hvilket som helst tidspunkt under udbudsforretningen at indhente dokumentation for, at ansøgernes oplysninger om egnethed og udelukkelse er korrekte.

10.2.3 Baserer sig på andre enheders kapacitet

Hvis ansøger i forbindelse med afgivelse af en ansøgning baserer sig på andre enheders finansielle og økonomiske formåen og/eller tekniske og/eller faglige formåen, skal ansøger angive dette samt omfanget heraf i ESPD under Del II: ”Oplysninger om den økonomiske aktør”, C: ”Oplysninger om udnyttelse af andre enheders kapacitet”.

Den enhed, hvorpå virksomheden baserer sig skal ligeledes udfylde et ESPD, men skal i denne del af ESPD sætte kryds i ”nej”.

Enheden/enhederne bedes underskrive deres ESPD, hvilket kan ske digitalt i Ethics.

Såfremt ansøger baserer sig på andre enheders økonomiske og finansielle formåen, anvendes følgende metode til vurderingen af, hvorvidt kravene til økonomisk og finansielle er opfyldt:

De finansielle nøgletal for ansøger og den/de andre enheder summeres. Ansøger og den/de andre enheder skal således samlet set opfylde kravene til økonomisk og finansielle formåen.

Såfremt ansøger baserer sig på andre enheders formåen, angives referencer som efterspurgt i afsnit 10.2.2 Teknisk og/eller faglig formåen i ESPD for den enhed, som referencen tilhører. Kravene til antal referencer i afsnit 10.2.2 Teknisk og/eller faglig formåen gælder ansøger og den/disse andre enheder samlet set. Der skal således ikke angives minimum én og højst fire referencer pr. enhed.

Opmærksomheden henledes på, at såfremt ansøger baserer sin tekniske og faglige formåen på andre enheder, skal den/de pågældende enheder udføre den del af aftalen, som enhedens formåen relaterer sig til.

Såfremt ansøger baserer sig på andre enheders finansielle og økonomiske formåen, hæfter ansøger og de pågældende enheder solidarisk og direkte i forhold til Ordregiver.

I forbindelse med indhentning af dokumentation for oplysninger afgivet i ESPD, vil den enkelte enhed, hvis formåen ansøger baserer sig på, skulle udfylde og underskrive en erklæring, hvori det bekræftes, at enheden stiller sine ressourcer til rådighed i forbindelse med opgaven. Erklæring for dette er vedlagt som udbudsbilag 2 (Støtteerklæring) til orientering, og skal således ikke udfyldes i forbindelse med ansøgningen.

10.2.4 Ansøgninger fra konsortier

Afgives ansøgning af en sammenslutning af ansøgere (konsortium) udfyldes et ESPD pr. konsortiedeltager. Det vil dog i forbindelse med vurderingen være det samlede konsortiums oplysninger, der vurderes. De enkelte deltagere i konsortiets ydelser/roller skal angives, så det fremgår med hvilken konsortiedeltager, Ordregiver med bindende virkning for konsortiet, kan føre afklarende drøftelser og indgå aftaler. Konsortiedeltagerne bedes underskrive deres ESPD, hvilket kan ske digitalt i Ethics.

Såfremt ansøgning afgives af et konsortium, angives referencer som efterspurgt i afsnit 10.2.2 Teknisk og/eller faglig formåen i ESPD for den enhed, som referencen tilhører. Kravene til antal referencer i afsnit 10.2.2 Teknisk og/eller faglig formåen gælder hele konsortiet samlet set. Der skal således ikke angives minimum én og højst fire referencer pr. konsortiedeltager.

Deltager virksomheden i udbudsprocessen som en del af et konsortium, udfyldes spørgsmålet ”Deltager den økonomiske aktør i udbudsprocessen sammen med andre?” i ESPD under del II: ”Oplysninger om den økonomiske aktør” bekræftende, og alle konsortiedeltagere skal således besvare denne del af ESPD bekræftende.

Konsortiedeltagerne afgiver tilbud i fællesskab og hæfter solidarisk og direkte i forhold til Ordregiver. I forbindelse med indhentning af dokumentation for oplysninger afgivet i ESPD, vil konsortiedeltagerne skulle udfylde og underskrive en konsortieerklæring, hvori konsortiets sammensætning og hæftelse bekræftes. Erklæring for dette er vedlagt som udbudsbilag 1 (Konsortieerklæring) til orientering, og skal således ikke udfyldes i forbindelse med ansøgningen.

10.3 Udvælgelse

Såfremt Ordregiver modtager mere end fem konditions-mæssige ansøgninger, vil Ordregiver ud fra nedenstående kriterier udvælge, hvilke fem ansøgere der vil blive prækvalificeret og dermed få adgang til at afgive et indledende projektforslag, jf. også udbudsbekendtgørelsens pkt. II.2.9.

Ordregiver vil udvælge fem ansøgere ud fra ansøgernes indsendte referencer for forsknings- og innovationsprojekter, jf. pkt. 10.2.2 og evt. den vedlagte beskrivelse af ansøgers sammensætning blandt evt. flere virksomheder.

Det vægtes positivt, at:

- Ansøger med de fremsendte referencer illustrerer at have erfaring med alle faser i et innovationsforløb, og således illustrerer at have udviklet en innovativ løsning fra ide til salg med tilhørende innovationsfase, produktudvikling, test, produktmodning til marked, lancering, salg og implementering og leveringsrobusthed.
- Ansøger med de fremsendte referencer illustrerer indgående erfaring med udvikling, installation og udførelse af dokumenteret biologisk lys og døgnrytmebelysning.
- Ansøger med de fremsendte referencer illustrerer kapacitet og erfaring med gennemførelse af forsknings- og innovationsprojekter med en høj grad af brugerinddragelse til afprøvning af idéer i praksis.
- Ansøger med de fremsendte referencer illustrerer erfaring med at udvikle et produkt med fokus på brugervenligt design
- Ansøger med de fremsendte referencer illustrerer erfaring med gennemførelse af projekter på sundheds- og ældreområdet

Udvælgelsen vil være baseret på en helhedsvurdering ud fra ovenstående parametre af referencerne.

11. Ansøgning om prækvalifikation

11.1 Formkrav og ESPD

Ved ansøgning om prækvalifikation vil ansøgere alene skulle aflevere et udfyldt ESPD, som *foreløbig* dokumentation for opfyldelse af egnetheds-, udelukkelses- og udvælgelseskriterierne.

For *konsortiedeltagere* og ansøgere, der *baserer sig på andre enheders økonomiske og finansielle formåen og/eller tekniske og faglige formåen*, udfyldes et ESPD for hver økonomisk aktør, jf. beskrivelsen i afsnit 10.2.3 og afsnit 10.2.4. Tilbudsgiver bedes underskrive ESPD, hvilket kan ske digitalt i Ethics.

De efterspurgte oplysninger i henhold til ESPD udfyldes direkte i Ethics udbudssystem i forbindelse med afgivelse af tilbud. Se evt. Ethics vejledning til tilbudsgivere: <https://www.ethics.dk/public/instructions/ETHICS.EO.vejledning.pdf> samt Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens videovejledning vedr. udfyldelse af ESPD: <https://www.kfst.dk/udbud/udbudsregler/espd/>.

De oplysninger, der skal fremgå af ESPD vedrører afsnit 10.2 om egnethed samt afsnit 10.1 om udelukkelsesgrunde.

Den/de tilbudsgiver(e), som Ordregiver forventer at indgå aftale med, skal fremsende dokumentation for ESPD inden for en passende frist, der meddeles af Ordregiver. I det omfang dokumentationen omfatter en serviceattest,

accepteres denne, såfremt den er maksimum 6 måneder gammel. Der gøres opmærksom på, at der kan forventes op til 2 ugers behandlingstid ved udstedelse af serviceattester.

Serviceattesten kan kun indeholde oplysning om, hvorvidt virksomheder eller ledelsespersoner er dømt og/eller har vedtaget bødeforlæg for strafbare forhold, hvis de har givet samtykke til, at Erhvervsstyrelsen indhenter straffeattest. Vær derfor opmærksom på, at der aktivt skal gives dette samtykke i forbindelse med rekvirering af serviceattesten.

Den straffeattest, som Erhvervsstyrelsen har beføjelser til at indhente (til offentligt brug), dækker dog kun de seneste to år, og ikke de foreskrevne fire år. Derfor skal ledelsespersonerne også på tro og love erklære, at de ikke er dømt og/eller har vedtaget bødeforlæg for forhold, som ikke er indeholdt i den indhentede straffeattest. I praksis kan tilbudsgiver indgive både samtykkeerklæring samt tro og love-erklæring ved at anvende den skabelon hertil, som findes på Erhvervsstyrelsens hjemmeside.

Såfremt tilbuddet er afgivet fra virksomheder, der er udenlandske og hjemmehørende i EU, indhentes der dokumentation i henhold til E-Certis. Hvis tilbudsgivers land ikke har angivet oplysninger om dokumentation i E-Certis, anvendes fremgangsmåden i udbudslovens § 153.

Såfremt tilbuddet er afgivet fra virksomheder, der er udenlandske og ikke hjemmehørende i EU, anvendes fremgangsmåden i udbudslovens § 153.

Tilbudsgiver skal være opmærksom på, at hvis dokumenter eller certifikater ikke udstedes af den pågældende medlemsstat eller land eller ikke er dækkende for udelukkelsesgrunden, kan de erstattes af en erklæring under ed. I lande, hvor edsafleggelse ikke anvendes, kan en erklæring på tro og love accepteres. Den skal opfylde en af følgende betingelser:

- Afgivet for en kompetent retslig eller administrativ myndighed
- Afgivet for en notar
- Afgivet for en kompetent faglig organisation i hjemlandet eller et senere opholdsland.

Referencelisten fra ESPD'et betragtes som endelig dokumentation. Der vil således ikke blive indhentet yderligere dokumentation for referencerne fra den tilbudsgiver, som Ordregiver forventer at indgå aftale med. Ordregiver forbeholder sig ret til at kontakte de oplyste referencer.

Med hensyn til dokumentation for økonomisk og finansiel formåen skal følgende fremlægges som endelig dokumentation, når Ordregiver anmoder herom:

Tilbudsgivers årsregnskaber eller uddrag heraf, for de seneste to regnskabsår, hvis offentliggørelse af årsregnskaber er lovpligtigt i det land, hvor Tilbudsgiver er etableret.

Tilbudsgiver kan godtgøre sin økonomiske og finansielle formåen ved ethvert andet dokument, som Ordregiver vurderer passende, hvis Tilbudsgiveren af en gyldig grund ikke er i stand til at fremlægge de dokumenter, som Ordregiveren forlanger.

Kravene til dokumentation for pålidelighed af de oplysninger, der er afgivet i ESPD gælder ligeledes konsortiedeltagere samt enheder, hvis formåen tilbudsgiver baserer sig på.

11.2 Ansøgningsfrist for prækvalifikation

Ansøgning om prækvalifikation skal indleveres elektronisk til Ordregiver via Ethics. Ansøgning skal være Ordregiver i hænde senest 29.06.2021, kl. 10.00.

Ansøgninger, der modtages efter ansøgningsfristens udløb, vil ikke blive taget i betragtning.

Ordregiver forbeholder sig retten til at anmode ansøgerne om at supplere, præcisere eller fuldstændiggøre ufuldstændige eller fejlbehæftede ansøgninger ved at indsende relevante oplysninger eller dokumenter i overensstemmelse med de generelle EU-retlige principper om ligebehandling og gennemsigtighed.

Ordregiver vil herefter straks orientere alle berørte ansøgere, når beslutningen om, hvilke fem ansøgere, der opfordres til at afgive tilbud, er truffet.

12. Tilbudsevalueringen

12.1 Tildelingskriterium, underkriterier og delkriterier

Som anført i udbudsbekendtgørelsen identificeres de økonomisk mest fordelagtige tilbud ved anvendelse af tildelingskriteriet bedste forhold mellem pris og kvalitet.

Ordregiver vil anvende følgende under- og delkriterier med den for hvert underkriterium anførte vægtning:

Underkriterier	Samlet vægtning	Delkriterier	Vægtning
Kvalitet	90 %	Potentiale for helhedsløsning	20 %
		Potentiale for biologisk effekt, brugervenligt design og implementerbarhed	60 %
		Robust projektgennemførelse	20 %
Pris	10 %	Pris	100 %

12.1.1 Kvalitet

Potentiale for helhedsløsning	Mindste krav/ønske
Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at være innovativ ift. eksisterende løsninger på markedet. Det kan være ved at sammensætte eksisterende elementer på nye måder, ved at koble nye elementer på eksisterende løsninger, ved at skabe markante forbedringer eller ved at tænke helt nyt ift. eksisterende løsninger.	MK
Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at kunne anvendes i både plejeboliger og øvrige arealer, evt. ved brug af en kombination af delløsninger	MK
Den tilbudte helhedsløsning skal være eller kunne udvikles til at kunne anvendes til alle 6 målgrupper beskrevet i Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse	MK
Det vægter positivt, hvis de tilbudte delløsninger er eller kan udvikles til fleksibelt at kunne kombineres og sammensættes simpelt og enkelt til en helhedsløsning.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte helhedsløsning består eller kan udvikles til at bestå af så få enkelte delløsninger som muligt frem for et kompliceret og komplekst setup.	Ø

Potentiale for biologisk effekt	Mindste krav/ønske
Den tilbudte helhedsløsning skal give eller kunne udvikles til at give biologisk effekt for målgrupperne i hele løsningens levetid, jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
Den tilbudte helhedsløsnings levetid skal være eller kunne udvikles til at være 50.000 timer eller mere for lyskilderne.	MK
Det vægter positivt, hvis helhedsløsningens levetid er eller kan udvikles til at være 100.000 timer eller mere for lyskilderne.	Ø
Det vægter positivt, hvis helhedsløsningens levetid er eller kan udvikles til at være 10 år eller mere for armaturerne og andre elektroniske sliddele.	Ø
Det vægter positivt, hvis der foreligger en plan for dokumentation af den biologiske effekt ved uvildig 3. part som del af innovationsforløbet.	Ø

Potentiale for brugervenligt design	Mindste krav/ønske
Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at kunne slukkes helt af den enkelte bruger, hvis dette ønskes midlertidigt eller permanent.	MK
Den tilbudte løsning skal have eller kunne udvikles til at have et hjemligt design.	MK
Den tilbudte løsning skal have eller kunne udvikles til at have et enkelt og brugervenligt design, der gør det muligt for alle seks målgrupper at anvende løsningen.	MK
Det vægter positivt, hvis den tilbudte løsning er eller kan udvikles til at være nem og intuitiv at bruge uden nævneværdig oplæring – både for medarbejdere og for borgerne.	Ø

Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning lever op til eller kan udvikles til at leve op til så mange særlige behov og hensyn hos de 6 målgrupper som muligt beskrevet jf. Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være let og logisk at ændre og tilpasse behovet for borger og medarbejdere.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning har eller kan udvikles til at få et udvalg af lyskilder til brug i egne lamper.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning kan eller kan udvikles til at indgå i samspil med andre installationer og være open source.	Ø
Det vægtes positivt, hvis helhedsløsningen giver eller kan udvikles til at give supplerende effekter i form af f.eks. wayfinding, nudging, demensforebyggelse, automatisk opsamling data eller lignende.	Ø
Det vægtes positivt, hvis den tilbudte løsning er let og logisk at anvende f.eks. i form af kontakter og knapper som er velkendte i udformning og størrelse som ældre hænder kan betjene, uden brug af øvrige hjælpemidler i form af apps eller fjernbetjening.	Ø

Potentiale for implementerbarhed	Mindste krav/ønske
Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at være flytbar jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
Den tilbudte løsning skal være eller kunne udvikles til at kunne rengøres med rengøringsklud med vand og rengøringsmiddel. jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
Den tilbudte løsning skal i hele lysløsningens levetid, være eller kunne udvikles til at opfylde de lystechniske egenskaber og standarder i forhold til installering, montering og tilpasning jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.	MK
Den tilbudte løsning skal overholde eller skal kunne udvikles til at kunne overholde databehandleraftale for ordregiver jf. Kontraktbilag 6a: Udkast til databehandleraftale (Aarhus Kommune) og Kontraktbilag 6b: Udkast til databehandleraftale (Københavns Kommune).	MK
Den tilbudte løsning skal eller skal kunne udvikles til at levere reservedele i 10 år eller mere fra helhedsløsningen er indkøbt og leveret.	MK
Det vægter positivt, hvis den tilbudte løsning er eller kan udvikles til at være let og logisk at installere og flytte for borgere og medarbejdere, med brug af dansksproget enkel brugervejledning, herudover evt. video, animation eller lign.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med genbrug af eksisterende armaturer.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med brug af genanvendelige materialer og er opbygget af så få komponenter som muligt samt er nem at adskille så komponenter kan udskiftes og repareres.	Ø
Det vægter positivt, hvis den tilbudte lysløsning er eller kan udvikles til at være miljø- og klimavenlig med energioptimerende elementer og effekter.	Ø

Robusthed i projektgennemførelse	Mindste krav/ønske
Til den tilbudte lysløsning skal der være en fyldestgørende beskrivelse af, hvordan Tilbudsgiver vil løse de beskrevne udfordringer, behov, hensyn og værdiskabelse.	MK
Det vægter positivt, at Tilbudsgiver med de fremsendte CV'er kan tilbyde medarbejdere med kompetencer indenfor biologisk effekt, brugervenligt design, implementerbarhed og evne til at gennemføre innovationsprojekter.	Ø
Det vægter positivt, hvis Tilbudsgiver fremviser en plan for innovationsforløb, der anskueliggør en høj grad af brugerinddragelse, brug af metoder til oversættelse af brugerbehov til løsningsudvikling og evne til at færdiggøre en implementeringsklar løsning inden for den afsatte tidsramme.	Ø
Det vægter positivt, hvis Tilbudsgiver fremviser en produktionsplan, der anskueliggør opretholdelse af leveringssikkerhed og mulighed for skalering efter endt løsningsudvikling.	Ø

12.1.2 Pris

Prisloft og prissætning:

Der er beregnet et evalueringsteknisk samlet prisloft for indkøb af lysløsning. Det samlede prisloft er beregnet som delpriser pr. lysløsning for hver målgruppe og for hver type øvrige arealer for et referenceplejehjem med 246 boliger, jf. nedenfor under Fig. 1.

Tilbudsgiver skal udfylde alle delpriser i et tilsvarende prisskema, jf. Kontraktbilag 3a: Tilbudsliste, idet tilbudsgiver således skal påtage sig at udvikle en løsning, der kan indkøbes til disse delpriser (eller lavere delpriser) inklusive styring, service, uddannelse m.v. som en fuldt færdig funktionsdygtig lysløsning. Summen af tilbudsgivers delpriser beregnet for referenceplejehjemmet, jf. Fig. 1, udgør tilbudsgivers samlede tilbudspris.

Prisloftet og dermed mindstekravet har to dele:

- 1) Den enkelte delpris må maksimalt overstige prisloftet for den pågældende delpris, jf. Fig 1, med 20 %
- 2) Den samlede tilbudspris må ikke overstige det samlede prisloft på kr. 2.834.200 ekskl. moms.

Priseksempel 246 plejeboliger inkl. øvrige lokaler		Delpris pr. løsning / kr.	Behov / stk.	I alt
Målgruppe	1. Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser	1.000,00 kr.	28	28.000
	2. Borgere med nedsat appetit	1.500,00 kr.	67	100.500
	3. Borgere der vandrer om natten	1.500,00 kr.	23	34.500
	4. Borgere der er immobile og plejekrævende	6.000,00 kr.	34	204.000
	5. Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser	10.000,00 kr.	45	450.000
Øvrige arealer	Fællesrum pr. borger	3.500,00 kr.	246	861.000
	Gang pr. borger	3.500,00 kr.	246	861.000
	Personalekontor pr. borger	800,00 kr.	246	196.800
	Personalet toilet pr. borger	400,00 kr.	246	98.400
Total				2.834.200

Fig. 1 viser priseksempel på installation af biologisk lys på 246 plejeboliger samt øvrige arealer. Priseksemplet er fremkommet ved behovsafdækning på tre forskellige plejehjem, hvor målgruppers behov for antal lysløsninger er identificeret. Prissætningen for øvrige arealer bygger på den typiske arealfordeling på plejehjem.

Der gøres opmærksom på, at det ovenfor angivne samlede prisloft er et evalueringsteknisk prisloft for at kunne evaluere prisen. Evt. efterfølgende indkøb på en rammeaftale vil således kunne variere alt efter Ordregivers konkrete behov, dog således at delpriserne som afgivet af tilbudsgiver er udtryk for maximumpriser, som den færdigudviklede delløsning vil kunne indkøbes til via rammeaftalen gældende for Ordregiver og de købsberettigede kommuner, og således dækkende et større geografisk område.

Der henvises desuden til Kontraktbilag 1. Behovs- og procesbeskrivelse, afsnit 8, vedrørende beskrivelsen af den forventede volumen til indkøb og implementering for de respektive kommuner, der har option på at købe Produktet(erne).

Det bemærkes endvidere, at der i Innovationsforløbet vil være testboliger i hhv. København og Aarhus, jf. beskrivelsen i Kontraktbilag 1b. Udkast til Innovationsforløb. Der er således lagt op til, at Innovationsforløbet skal foregå både i Aarhus og i København.

12.2 Evaluering

Evaluering af projektforslagene sker ud fra bedste forhold mellem pris og kvalitet, idet pointtildelingen for kvalitet vægtes med 90 % og pointtildelingen for pris vægtes med 10 %.

Pointtildelingen for kvalitet beregnes med to decimaler som det vægtede gennemsnit af pointgivningen for de 3 delkriterier, jf. nedenfor under pkt. 12.2.1. Pointgivningen for pris beregnes med to decimaler som anført nedenfor under pkt. 12.2.2.

Innovationspartnerskabsaftalerne tildeles således til den/de tilbudsgiver(e), der med denne vægtning opnår flest points opgjort med to decimaler.

Vinderen/vinderne af Innovationspartnerskabsaftalen(erne) vil blive udpeget blandt de tilbudsgivere, der afgiver de bedste tilbud, og som har opnået et samlet point på minimum 6,00 for underkriteriet Kvalitet.

Udslagsgivende for, om Ordregiver udpeger to vindere er således, om der er modtaget mindst to tilbud, der hver især har fået minimum 6,00 points for underkriteriet Kvalitet.

Såfremt der er flere end to tilbud, der har fået minimum 6,00 points for underkriteriet Kvalitet, vil vinderne af Innovationspartnerskabsaftalerne blive udpeget blandt de tilbudsgivere, der afgiver de bedste tilbud. Ved de bedste tilbud forstås tilbuddet med den højeste, samlede pointscore og tilbuddet med den næsthøjeste, samlede pointscore, og som begge har opnået et samlet point på minimum 6,00 for Kvalitet.

12.2.1 Evaluering af kvalitet (90 %)

Evaluering af kvalitet baseres på tilbuddenes opfyldelse af de kvalitative delkriterier – og med den vægtning - som er beskrevet under punkt 12.1. ovenfor. Hvert enkelt delkriterium vurderes efter følgende pointskala og tildeles points fra 0-10 uden decimaler:

10	Gives for det fremragende projektforslag, som bedst muligt opfylder kriteriet med ingen eller få uvæsentlige undtagelser
9	Gives for projektforslag med en meget god opfyldelse af kriteriet
8	Gives for projektforslag med en god til meget god opfyldelse af kriteriet
7	Gives for projektforslag med en god opfyldelse af kriteriet
6	Gives for projektforslag med en tilfredsstillende til god opfyldelse af kriteriet
5	Gives for projektforslag med en tilfredsstillende opfyldelse af kriteriet
4	Gives for projektforslag med en mindre tilfredsstillende til tilfredsstillende opfyldelse af kriteriet
3	Gives for projektforslag med en mindre tilfredsstillende opfyldelse af kriteriet
2	Gives for projektforslag med en utilfredsstillende til mindre tilfredsstillende opfyldelse af kriteriet
1	Gives for projektforslag med en meget utilfredsstillende opfyldelse af kriteriet
0	Gives for projektforslag der slet ikke opfylder af kriteriet

Tilbud skal vedrørende den samlede evaluering af kvalitet opnå minimum 6,00 evalueringspoint. Ved opnåelse af mindre end 6,00 evalueringspoint for kvalitet vil tilbuddet ikke indgå i prisevalueringen og den efterfølgende samlede evaluering, og vil dermed ikke komme i betragtning.

12.2.2 Evaluering af Pris (10%)

Prisevaluering foretages ved en lineær pointmodel, hvor der sker omregning af priser til points.

Prisevaluering sker ved pointgivning fra 0,00 til 10,00 (med to decimaler) for tilbudsgivers samlede tilbudspris, jf. punkt 12.1.2. En samlet tilbudspris svarende til det samlede prisloft på kr. 2.834.200 tildeles 0,00 point. En

samlet tilbudspris på kr. 1.834.200 tildeles 10,00 point. Samlede tilbudspriser derimellem tildeles points med to decimaler mellem 0,00 og 10,00 ved lineær interpolation.

Hvis der indgives (mindst) et endeligt konditionsmæssigt projektforslag med en samlet tilbudspris, der er mindre end kr. 1.834.200, vil modellen blive anvendt med følgende modifikationer til evalueringen af Pris:

I tilfælde af, at der indgives et endeligt konditionsmæssigt projektforslag, som er mindre end kr. 1.834.200 og således er det tilbud med den laveste samlede tilbudspris, vil dette tilbud tildeles 10,00 point, mens øvrige tilbudspriser tildeles points med to decimaler mellem 0,00 og 10,00 ved lineær interpolation mellem kr. 2.834.200 og den laveste samlede tilbudspris.

Beregningen vil således være med tilsvarende fremgangsmåde, som den ovenfor beskrevne model, blot vil hældningsgraden blive ændret ved gradvist at ændre hældningsgraden svarende til (fradrag af) 50.000 kr. ad gangen med udgangspunkt i de kr. 1.834.200 indtil alle tilbudspriser kan rummes i pointmodellen.

Bemærk: Et projektforslag med en højere samlet tilbudspris end kr. 2.834.200 – eller som indeholder delpriser, som overstiger prisloftet for den enkelte delpris med mere end 20 % - afvises som ukonditionsmæssigt.

13. Afgivelsen af projektforslag

De prækvalificerede ansøgere vil blive bedt om at indsende tilbud i form af projektforslag.

13.1 Formkrav

Det Indledende Projektforslag (og alle senere projektforslag) skal være på dansk.

Et projektforslag skal udarbejdes ved udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget. Det kan vedlægges tekniske specifikationer og øvrige underbilag i relevant omfang. Eventuelle bilag omfattende tekniske specifikationer, tekniske beskrivelser eller lignende må dog gerne være på engelsk, svensk eller norsk, såfremt dokumentationen ikke foreligger på dansk.

Projektforslagets nærmere indhold og omfang er beskrevet nedenfor i pkt. 13.2. Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget, indeholder nærmere instrukser til, hvordan projektforslaget udformes.

Ordregiver opfordrer tilbudsgiverne til at formulere sig så kortfattet som muligt og til kun at vedlægge det relevante.

Der kan kun afleveres 1 (ét) Endeligt Projektforslag.

13.2 Projektforslagets indhold og omfang

13.2.1 Helhedsløsning

Tilbudsgiver skal, via udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget, beskrive den tilbudte løsnings potentiale for helhedsløsning. Tilbudsgivers opmærksomhed henledes på evalueringsparametrene for helhedsløsning, som beskrevet under afsnit 12.1.

13.2.2 Potentiale for biologisk effekt, brugervenligt design og implementerbarhed

Potentiale for biologisk effekt

Tilbudsgiver skal via udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget, beskrive den tilbudte løsnings potentiale for effekt i form af virkning på den beskrevne udfordring bestående i sikring af biologisk lys på plejehjem, herunder i hvilket omfang løsningen opfylder/kan udvikles til at opfylde de i Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse opstillede krav og ønsker til biologisk effekt. Se nærmere instruks om udfyldelse i kontraktbilag 3, Innovationsprojektforslaget. Tilbudsgivers opmærksomhed henledes på evalueringsparametrene for potentiale for biologisk effekt, som beskrevet under afsnit 12.1.

Beskrivelsen kan vedlægges et eller flere oplæg til konceptskitser for og/eller tekniske illustrationer af løsningen.

Brugervenligt Design:

Tilbudsgiver skal via udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget beskrive den tilbudte løsnings potentiale for brugervenligt design, herunder i hvilket omfang løsningen opfylder/kan udvikles til at opfylde de i Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse opstillede krav og ønsker til biologisk effekt. Se nærmere instruks om udfyldelse i kontraktbilag 3, Innovationsprojektforslaget. Tilbudsgivers opmærksomhed henledes på evalueringsparametrene for potentiale for brugervenligt design, som beskrevet under afsnit 12.1.

Implementerbarhed:

Tilbudsgiver skal via udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget beskrive den tilbudte løsnings potentiale for implementerbarhed, herunder i hvilket omfang løsningen opfylder/kan udvikles til at opfylde de i Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse opstillede krav og ønsker til helhedsløsning, brugervenligt design og fleksibel implementerbarhed. Se nærmere instruks om udfyldelse i Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget.

13.2.3 Robusthed i Projektgennemførelsen

Tilbudsgiver skal via udfyldelse af Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget beskrive tilbudsgivers projektgennemførelse. Se nærmere instruks om udfyldelse Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget.

Tilbudsgiver skal herudover vedlægge CV'er for de nøglepersoner, der bliver tilbudsgivers centrale ressourcer under udviklingsforløbet. Der kan vedlægges CV'er for op til 5 nøglepersoner. Hvert CV kan være maksimalt 2 sider langt.

13.2.4 Pris

Projektforslaget skal indeholde alle de i Fig. 1 under punkt 12.1 anførte delpriser og en samlet pris for projektforslaget. Priserne skal ligge under det i punkt 12.1 beskrevne prisloft for delpriser og for det samlede prisloft.

Kontraktbilag 3: Innovationsprojektforslaget indeholder en tilbudsliste (Kontraktbilag 3a: Tilbudsliste) svarende til Fig. 1, hvori tilbudsgivers delpriser skal udfyldes.

Tilbudsgivers projektforslag evalueres på den samlede pris.

Delpriserne i tilbudsgivers projektforslag er bindende for tilbudsgiver. Efter innovationsforløbet kan der således ikke indgås rammeaftale om tilbudsgivers salg af lysløsningen til priser, der overstiger de i projektforslaget anførte delpriser for indkøb af det udviklede produkt som en fuldt færdig funktionsdygtig lysløsning inklusive styring m.v. i henhold til udbudsmaterialet og projektforslaget.

Derimod kan der godt efter innovationsforløbet indgås rammeaftale om lavere delpriser, hvis tilbudsgiver ønsker det.

13.2.5 Forbehold og forhandlingstemaer

Tilbudsgiver kan i udbudsbilag 3, Skabelon til angivelse af forbehold og forslag til forhandlingstemaer anføre eventuelle forbehold over for udbudsmaterialet, ligesom tilbudsgiver opfordres til at anføre temaer, som tilbudsgiver foreslår inddrages i forhandlingsfasen under udbuddet.

Vedrørende forbehold henledes Tilbudsgivers opmærksomhed på afsnit 14.

13.3 Aflevering af Indledende Projektforslag

13.3.1 Tilbudsfrist

Indledende Projektforslag skal fremsendes til Ordregiver via Ethics. Tilbud skal være uploadet i Ethics senest den 01.09.2021 kl. 12.00.

Tilbud, der uploades efter tilbudsfristens udløb, vil ikke blive taget i betragtning.

13.4 Tilbudsåbning

Tilbudsgiverne har ikke adgang til at overvære åbningen af de afgivne Indledende Projektforslag.

13.5 Vedståelsesfrist

Både Indledende Projektforslag og Endelige Projektforslag skal være bindende i 6 måneder fra fristen for modtagelse af endeligt tilbud. Tilbudsgiver er dog kun forpligtet til at vedstå det til enhver tid senest afgivne konditionsmæssige tilbud/projektforslag.

13.6 Alternative og sideordnede tilbud

Tilbudsgiver er hverken berettiget eller forpligtet til at afgive alternative eller sideordnede tilbud.

14. Deltagelse i forhandlinger og afgivelse af endeligt tilbud

14.1 Forhandlingsfaser

Beskrivelsen af forløbet nedenfor udgør den foreløbige planlægning af forhandlingerne, som Ordregiver forbeholder sig adgang til senere at ændre:

14.1.1 Første forhandlingsrunde

Første forhandlingsrunde omfatter en forhandling på grundlag af tilbudsgiveres Indledende Projektforslag. Under forhandlingerne vil Ordregiver give den enkelte tilbudsgiver oplysning om sit syn på det Indledende Projektforslags relativt stærke og svage egenskaber. Forhandlingerne kan omfatte alle forhold i projektforslagene og forventes i hvert fald at omfatte følgende:

- a. Stærke og svage sider ved tilbudsgiverens projektforslag, herunder den tilbudte løsning.
- b. Tekniske muligheder og begrænsninger i udviklingsfasen
- c. Faser og delmål i udviklingsfasen.
- d. Roller og ansvarsfordeling i udviklingsfasen.
- e. Regulering af immaterielle rettigheder og betalinger af licensafgift (se Innovationspartnerskabsaftalens pkt. 6.6).
- f. Maksimalpriser for tilbudsgivernes løsninger.
- g. Projektorganisationen i forhold til de øvrige ordregivere og deres inddragelse under udviklingsfasen.
- h. Temaer som anført af tilbudsgiverne i udbudsbilag 3.

Efter forhandling med tilbudsgiverne opfordrer Ordregiver ved opfordringsskrivelse tilbudsgiverne til at afgive *enten* opdaterede projektforslag *eller* Endeligt Projektforslag inden for en af Ordregiver fastsat frist.

14.1.2 Efterfølgende forhandlingsrunder

Hvis Ordregiver har afsluttet første forhandlingsrunde med at opfordre tilbudsgiverne til at afgive opdaterede projektforslag, gennemfører Ordregiver endnu en forhandlingsrunde. Forhandlingerne gennemføres i overensstemmelse med pkt. 14.1.1.

Ordregiver kan gentage fremgangsmåden med at opfordre tilbudsgiverne til at afgive opdaterede projektforslag med efterfølgende forhandling heraf, indtil Ordregiver skønner, at det er hensigtsmæssigt at opfordre de tilbageværende tilbudsgivere til at afgive Endelige Projektforslag.

Ordregiver forbeholder sig ret til at tildele partnerskabsaftale(er) på baggrund af det opdaterede Projektforslag.

14.1.3 Endelige Projektforslag

Udbuddets sidste fase omfatter opfordring fra Ordregiver til tilbudsgiverne om at afgive Endelige Projektforslag, der evalueres af Ordregiver ved angivelse af det for udbuddet fastsatte tildelingskriterium. Ordregiver er inden for udbudsreglernes rammer efter tildelingsbeslutningen berettiget til at gennemføre afsluttende forhandlinger med de valgte tilbudsgivere.

14.2 Afklarende spørgsmål

Tilbudsgiver bør sikre, at tilbudsgivers Endelige Projektforslag er fuldstændigt, klart og entydigt, så der ikke vil være behov for yderligere kontakt mellem tilbudsgiver og Ordregiver før efter underretningen om tildelingsbeslutningen.

I tiden mellem modtagelsen af Endeligt Projektforslag og frem til Ordregiver giver underretning om tildelingsbeslutningen, kan tilbudsgiverne ikke påregne, at der vil være kontakt med Ordregiver, og eventuel kontakt vil ske på foranledning af Ordregiver, og i givet fald kun for at opnå afklaring af eventuelle tvivlsspørgsmål.

Ordregiver er inden for udbudsrettens grænser berettiget til at kontrollere oplysninger givet i Endelige Projektforslag, herunder er tilbudsgiver forpligtet til hurtigst muligt at yde rimelig bistand i anledning af henvendelsen fra Ordregiver i dette øjemed.

15. Forbehold

I *Indledende Projektforslag* tillader Ordregiver ethvert forbehold overfor udbudsmaterialet, idet det Indledende Projektforslag anses som tilbudsgivernes oplæg til forhandling. Det bemærkes, at der ikke vil blive ført forhandling om mindstekrav, og eventuelle forbehold over for mindstekrav skal derfor frafalde senest i det Endelige Projektforslag.

For tilbudsgivernes *Endelige Projektforslag* gælder, at Ordregiver er berettiget til at afvise ethvert Endeligt Projektforslag med forbehold til udbudsmaterialet, medmindre der er tale om et åbenbart bagatelagtigt forbehold.

Ordregiver er forpligtet til at afvise et Endeligt Projektforslag med forbehold overfor grundlæggende elementer i udbudsmaterialet eller andre forbehold, der ikke af Ordregiver kan prissættes med den fornødne sikkerhed eller er bagatelagtigt.

Mindstekrav anses altid for grundlæggende elementer, hvorfor Endelige Projektforslag med forbehold over for mindstekrav afvises som ukonditionsmæssige.

Tilbudsgiver opfordres til ikke at tage forbehold i Endelige Projektforslag, da forbehold indebærer betydelig risiko for, at det Endelige Projektforslag ikke vil blive taget i betragtning. Hvis tilbudsgiver alligevel vælger at tage forbehold, bedes tilbudsgiver udtrykkeligt angive forbeholdet og redegøre for, hvorfor forbeholdet er taget.

I stedet for at overveje forbehold opfordres tilbudsgiver til tidligst muligt under spørgsmål/svar-runderne og forhandlingsforløbet at henlede Ordregivers opmærksomhed på eventuelle uhensigtsmæssige krav af betydning i udbudsmaterialet, så forbehold i videst muligt omfang kan undgås.

Det understreges, at faglige forbehold, såsom branche standardforbehold eller egne/standardiserede salgs- og leveringsbetingelser, for grundlæggende elementer i udbudsmaterialet medfører, at Ordregiver har pligt til at se bort fra tilbuddet, jf. ovenstående. Tilbudsgiver opfordres til ikke uovervejete at vedlægge standarddokumenter i form af standard leveringsbetingelser mv., idet sådanne dokumenter kan indeholde utilsigtede forbehold.

16. Vederlag for tilbudsafgivelse og deltagelse i pilotprojektet

De(n) tilbudsgiver(e), som Ordregiver indgår en innovationspartnerskabsaftale med, får en fast betaling på maksimalt i alt 500.000 kr. ekskl. moms for gennemførelsen af innovationsfasen, fordelt som følger:

Milepæl 1: Udvikling af løsningskoncept: godkendelse af koncept og plan for afprøvning	kr. 50.000 ekskl. moms
Milepæl 2: Pilottest, teknisk lejlighed: godkendelse af prototype på helhedsløsning og plan for videreudvikling	kr. 50.000 ekskl. moms
Milepæl 3: Pilottest, plejebolig: godkendelse af prototype på helhedsløsning, biologisk effekt samt plan for videreudvikling	kr. 50.000 ekskl. moms
Milepæl 4: Iterativ videreudvikling: godkendelse af prototype på helhedsløsning, biologisk effekt samt plan for test af endelig løsning	kr. 150.000 ekskl. moms
Milepæl 5: Test af endelig løsning: godkendelse af endelig helhedsløsning	kr. 100.000 ekskl. moms
Milepæl 6: Evaluering: Godkendelse af evalueringsmateriale	kr. 100.000 ekskl. moms

Denne betaling dækker samtlige ydelser under innovationsfasen, indtil denne er afsluttet i overensstemmelse med pkt. 5.2 ovenfor samt som beskrevet i bilag 1b: Udkast til innovationsforløb - Innovation, udvikling, test og evalueringsfasen. Da bilaget er et udkast til innovationsforløbet, og den endelige innovationsfase fastlægges under forhandlingsrunderne, vil betaling for gennemførelsen af innovationsfasen tilpasses de endeligt vedtagne faser.

Betalingen for faserne/milepælene forudsætter, at disse er godkendt af Ordregiver.

17. Indhentelse af supplerende dokumentation for egnethed mv.

Efter tilbudsevalueringen agter Ordregiver at indhente den ovenfor i afsnit 10.2.1-10.2.2 og afsnit 11.1 fastsatte, relevante dokumentation for, at de vindende tilbudsgivere ikke er omfattet af udelukkelsesgrunde og i øvrigt er egnede.

Ordregiver forbeholder sig endvidere at indhente denne supplerende dokumentation (eller dele heraf) for så vidt angår en eller flere ansøgere eller tilbudsgivere på et hvilket som helst tidspunkt under udbudsforretningen, hvis Ordregiver skønner det relevant.

18. Underretning om tildelingsbeslutningen

18.1 Retsvirkning

Alle deltagere i udbudsforretningen vil hurtigst muligt og samtidig få skriftlig underretning om tildelingsbeslutningen.

Underretning om tildelingsbeslutningen til den/de vindende tilbudsgiver(e) er ikke et løfte om at ville indgå kontrakt. Der er ingen kontrakt eller løfte herom, før eventuel kontrakt er underskrevet af alle parter. Kontrakt kan først indgås efter udløbet af standstill-perioden, jf. Lov om Klagenævnet for Udbud § 3.

Ordregivers underretning om tildelingsbeslutningen fritager ikke forbigåede tilbudsgivere fra forpligtelserne efter det endelige tilbud, der fortsat er bindende i overensstemmelse med pkt. 13.5.

18.2 Aflysning

Indtil udbuddet er afsluttet med indgåelse af kontrakt, vil udbuddet af Ordregiver kunne aflyses, hvis Ordregiver har grund til aflysning, der ikke er usaglig eller i strid med ligebehandlingsprincippet.

Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse Innovationspartnerskab

Aarhus Kommune og Københavns Kommune

**UDVIKLING, AFPRØVNING OG IMPLEMENTERING AF
BIOLOGISK LYS PÅ PLEJEHJEM**

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Formål.....	3
2. Projektets baggrund, biologisk lys til ældre på plejehjem	3
3. Potentiale og forventet værdi.....	4
4. Plejehjem, målgrupper og øvrige arealer.....	4
4.1 Plejehjem	4
4.2 Målgrupper	5
4.2.1 Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.....	6
4.2.2 Borgere med nedsat appetit	6
4.2.3 Borgere, der vandrer om natten	7
4.2.4 Borgere, der er immobile og plejekrævende.....	8
4.2.5 Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.....	9
4.6 Øvrige arealer	9
4.6.1 Medarbejdere på plejehjem på tværs af vagtlag og arbejdsopgaver	9
5. Nuværende løsninger og innovationsmuligheder	12
6. Krav og ønsker til færdig løsning	13
6.1 Helhedsløsning	14
6.2 Biologisk effekt	14
6.3 Brugervenligt design.....	14
6.4 Implementerbarhed.....	15
7. Forventninger til Innovationsforløb.....	15
8. Forventninger til indkøb og implementering	16

BILAGSFORTEGNELSE

Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelse med følgende underbilag:

- Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys
- Kontraktbilag 1b: Udkast til Innovationsforløb
- Kontraktbilag 1c: Plantejning over et plejehjem
- Kontraktbilag 1d: Mobil og personlig belysning, rapport, 2018
- Kontraktbilag 1e: Mobil og personlig belysning, markedsdialog, 2018
- Kontraktbilag 1f: Mobil og personlig belysning, AAU's Evaluering, 2018

1. Formål

Københavns Kommune og Aarhus Kommune samarbejder om at udvikle og indkøbe nye innovative lysløsninger til biologisk lys til ældre på plejehjem. Kommunerne ønsker at indgå i et innovationspartnerskab med en til to leverandører om udvikling af rette løsning(er) samt option på et efterfølgende indkøb af de(n) udviklede løsning(er).

Formålet er at sikre, at ældre på plejehjem på en simpel, fleksibel og omkostningseffektiv måde optager den rette mængde og type lys til rette behov og tidspunkt og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn samt fysisk og psykisk helbred.

2. Projektets baggrund, biologisk lys til ældre på plejehjem

Lyset har stor betydning for menneskets velbefindende og sundhed. Lyset påvirker hormonproduktion og immunforsvar; lykkehormonet serotonin aktiveres og søvnhormonet melatonin fremmes af mørke. Det omtales som lysets biologiske effekt eller de non-visuelle effekter. Lyset har således ikke kun en visuel effekt ift. indtryk og opfattelse af omgivelser, mennesker, genstande etc. men spiller også en væsentlig rolle i menneskers naturlige regulering af døgnrytme, mental sundhed og niveau for aktivitet. Forskning har påvist, at den rette type og mængde lys på rette tidspunkter af dagen, kan påvirke ældres søvnmønster, styrke døgnrytmen, modvirke depression og forbedre energiniveauet.

Biologisk lys er i den sammenhæng kunstigt lys, som genskaber det naturlige sollys med tilhørende kvaliteter og effekter. Biologisk lys påvirker mennesket psykisk og fysisk. Det kan f.eks. være via god farvegengivelse, som fremhæver kontraster og farver i måltidet eller via den hormonelle påvirkning, som lyset har på forskellige tidspunkter af døgnet.

Døgnrytmelys er lys, der først og fremmest understøtter den naturlige døgnrytme ved at tilpasse lysintensitet og farvespektrummet over hele døgnet. Begrebet biologisk lys adskiller sig herfra ved at give lysintensitet og farvespektrum på specifikke tidspunkter af døgnet og til specifikke behov.

Københavns Kommune og Aarhus Kommune har i en årrække arbejdet med biologisk lys som værktøj til at støtte ældre og fremme livskvalitet og trivsel på kommunale plejehjem. Således har begge kommuner implementeret løsninger i form af nagelfaste installationer bygget ind i nybyggeri og i eksisterende byggeri samt etableret mindre flytbare lysløsninger. Begge kommuner ønsker at fortsætte og udvide fokus på biologisk lys som redskab til øget trivsel og livskvalitet blandt ældre på plejehjem.

Mange ældre på plejehjem er fysisk eller mentalt svækkede. Det kan være almindelig alderssvækkelse eller demens og andre kognitive udfordringer. Samlet betyder det, at den ældre opholder sig mere indendørs og kommer mindre ud i almindeligt sollys. Primært ældre plejehjem er indrettede med et lille naturligt lysindfald, hvilket betyder at det lys, den ældre udsættes for, kan være begrænset i løbet af dagen. Samtidig er en gradvis forværring af øjnernes funktion med til at mindske optaget af særligt det blå lys, så den ældre skal have mere lys end yngre mennesker, for at opnå samme biologiske effekt.

Også medarbejderne kan have gavn af at optage den rette mængde og type lys på rette tidspunkt. Test af biologisk lys i plejesektoren viser, at installation af de rigtige lysløsninger kan øge medarbejdernes trivsel, føre til mindre magtanvendelse og færre sygedage. Derudover ses det, at medarbejderne er mere aktive, imens de er på arbejde. Nattevagten har desuden færre nødkald og tilhørende arbejdsopgaver.

På baggrund af erfaringerne med mindre mobile lysløsninger og nagelfaste helhedsløsninger til døgnrytmebelysning har Københavns Kommune og Aarhus Kommune foretaget en dybdegående afdækning af behov for fremtidigt biologisk lys på kommunernes plejehjem. Kommunerne har testet et udvalg af lysløsninger for at afdække funktionalitet, effekter og brugbarhed. Endelig er der foretaget en omfattende markedsafdækning for at kategorisere og evaluere bredden og mulighederne i markedets eksisterende lysløsninger, lige som der også er gennemført markedsdialog med en række leverandører på området. Se Kontraktbilag 1d -1f for nærmere introduktion til brugerbehov og markedsafdækning. Konklusionen er, at ingen af de nuværende løsninger på markedet vurderes at leve op til de særlige behov hos ældre på plejehjem i Københavns Kommune og Aarhus Kommune.

Der er behov for at nytænke biologisk lys til brug på plejehjem, og der er behov for at udvikle nye lysløsninger, der lever op til de særlige behov hos ældre på plejehjem. Lysløsningerne skal kunne give dokumenteret,

biologisk effekt, have hjemligt design og brugervenlig styring, være lette at implementere samt være prismæssigt tilgængelige, for derved at hjælpe borgere og medarbejdere til større trivsel og livskvalitet.

3. Potentiale og forventet værdi

Det forventes, at den/de rette biologiske lysløsning(er) vil kunne bidrage til et godt hverdagsliv for borgere og medarbejdere, med henblik på at skabe livskvalitet og trivsel. Det skal opnås gennem styrkelse af søvn og døgnrytme, mere tryghed og mindre angst, færre fald, øget appetit, forebyggelse af depression, forbedre energiniveau, mv. Det er forventningen, at en optimal lysløsning også vil kunne skabe bedre arbejdsmiljø for medarbejdere med henblik på at styrke omsorg og pleje i det daglige.

I projektet forventes det at udvikle helhedsløsninger, der prismæssigt vil være på et mere overkommeligt niveau, end de nuværende løsninger på markedet, så det bliver muligt at implementere lysløsninger på flere plejehjem, end det er muligt i dag.

København Kommune råder dags dato over 40 eksisterende plejehjem med plejeboliger til i alt 3.300 beboere. Frem til 2030 lukkes de ældste plejehjem, og der bygges nye plejeboliger til 1.400 borgere som erstatning. Pga. den demografiske udvikling planlægges ydermere at udvide kapaciteten med 7-10 plejehjem i perioden frem til 2030 svarende til yderligere 1.200 borgere, så den samlede kapacitet kommer op på 4.500 plejeboliger.

Københavns Kommune tilstræber at nybyggede plejehjem som minimum kan huse 80-100 plejeboliger.

Aarhus Kommuner råder over 52 eksisterende plejehjem med 2.274 plejeboliger. Det forventede samlede kapacitetsbehov i 2033 er 2.892 plejeboliger.

Begge kommuner forventer i de kommende år at få behov for biologiske lysløsninger både ift. nybyggeri og i eksisterende plejehjem. Det gælder i de individuelle plejeboliger såvel som i øvrige arealer. Hvis den rette helhedsløsning kan udvikles til den rette pris, forventer begge kommuner at indkøbe løsningen, ikke kun umiddelbart efter udvikling, men også i en årrække fremover. Det samme gælder en række andre kommuner, som har ønsket option på indkøb og/eller deltager i følgegruppe til projektet. Samlet er der aktuelt tilsagn fra otte yderligere kommuner samt fra Socialforvaltningen i Københavns Kommune som ligeledes ønsker at købe ind på rammeaftalen.

4. Plejehjem, målgrupper og øvrige arealer

4.1 Plejehjem

Plejehjem i Københavns Kommune og Aarhus Kommune er karakteriseret ved at være af meget forskellig alder og beskaffenhed med meget forskelligt lysindfald, og hvor typen af de tekniske installationer varierer. Plejehjemmene er typisk ejet af kommunerne selv eller af almennyttige boligselskaber. Fælles for plejehjemmene er, at de består af borgerens private boliger samt øvrige arealer:

Plejebolig:

- Plejeboligen er borgerens private bolig. Denne indeholder typisk bad, soveværelse og opholdsstue inkl. spiseplads og køkkenniche; der kan forekomme et mindre gangareal.

Øvrige arealer består typisk af:

- Fællesarealer, der er opholdssted for både borgere og medarbejdere. Der er typisk et fællesrum med spisestue med plads til aktiviteter; opholdsrum med tv og siddemøblement samt et afdelingskøkken.
- Gange og trapper er forbindelsesled mellem plejeboliger, fællesarealer og etageadskillelser. Gange kan indeholde mindre opholdsniche.
- Kommunens servicearealer er administrative kontorer/personalerum, personaletoaletter, medicinrum og rengøringsrum. Herudover er der ofte produktionskøkken, caféfunktion, træningssale, aktivitetsrum, frisør, fod- og tandpleje.

En plejebolig på et plejehjem er typisk mellem 65 – 67 m². Arealfordelingen pr. plejebolig er ofte som følgende:

- Plejeboligareal: 40 - 45 m²
- Fællesareal: 14 - 20 m²
- Gangareal: 6 - 7 m²

Typisk vil der for hver 12 borgere være ét fællesrum, én gang, ét personalekontor og ét personaletoiilet.

Plantegning over en etage på et typisk kommunalt plejehjem:

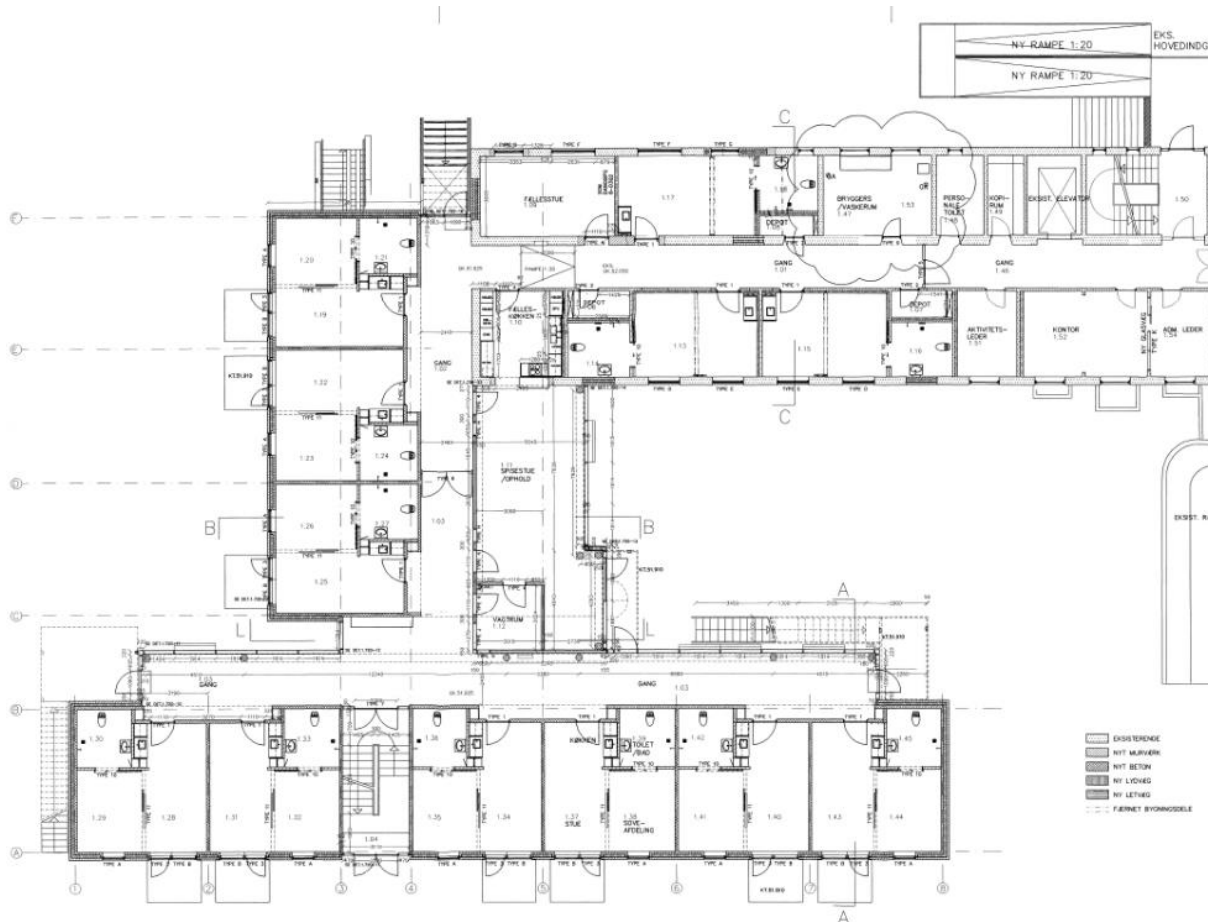


Fig. 1 viser en plantegning over en etage på et typisk kommunalt plejehjem i Aarhus Kommune og Københavns Kommune.

Se Kontraktbilag 1c: Plantegning over et plejehjem for en detaljeret plantegning over et typisk plejehjem i Aarhus Kommune og Københavns Kommune.

4.2 Målgrupper

Ældre beboere på plejehjem er forskellige og har forskellige behov for biologisk lys. Deres handle- og brugsmønstre varierer, og deres behov for funktionalitet og indretning af en lysløsning er ikke ens. Den gode lysløsning til plejehjem skal derfor kunne tilpasses forskellige målgrupper, enten ved mulighed for individualisering eller ved brug af forskellige standardindstillinger/-opsætninger pr. målgruppe. Samtidig skal der, i den gode lysløsning, tages hensyn til, at ældre beboere har forskellige funktionsniveauer både fysisk (f.eks. beboere som er mobile, sengeliggende, gangbesværede, kørestolsbrugere, svagtseende, mv.) og mentalt (herunder f.eks. beboere med almindelig alderssvækkelse, demens og andre kognitive udfordringer). Endelig har også medarbejdere på plejehjem glæde af biologisk lys, hvor den gode lysløsning fremmer sundt og godt arbejdsmiljø, der skaber trivsel og livskvalitet.

Følgende målgrupper for biologisk lys er identificeret på de kommunale plejehjem:

1. Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser
2. Borgere med nedsat appetit

3. Borgere, der vandrer om natten
4. Borgere, der er immobile og plejekrævende
5. Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser, fysisk og psykisk urolige, depressive, svagtseende samt gangbesværede
6. Medarbejdere på plejehjem på tværs af vagtlag og arbejdsopgaver

Målgruppernes behov for biologisk lys er beskrevet nedenfor. Der gælder særlige lysbehov ift. biologiske effekt, behov ift. design og brugervenlighed, og behov ift. implementering/opsætning og drift af en løsning. Det fremgår også, hvor på et plejehjem den enkelte målgruppe særligt vil have behov for en tilpasset lysløsning. Endelig fremgår særlige hensyn og den forventede værdiskabelse for hver målgruppe. For hver af de seks målgrupper forekommer en case beskrivelse.

4.2.1 Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

Disse borgere har særligt behov for at få styrket søvn og døgnrytme for derved at skabe tryghed og mindre angst. De har specielt behov for den rette lysløsning om natten:

1. Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser											
Behov				Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov				Værdiskabelse							
Nat: - Behov for lyskilde med varmt rødt lys med få/ingen blå bølgelængder om natten - Lys til mindre plejeopgaver om aften/nat for personalet, så borger ikke vækkes											
Design - særlige brugsbehov - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Lyset kan tændes og reguleres (op/ned) af medarbejdere, gerne ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer, fx bordlampe, standerlampe, lysstrip											
Implementerbarhed - særlige behov				- Bedre arbejdsmiljø om kring borger ved færre kald og arbejdsopgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje af borger ved godt arbejdslys for personale							
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed				Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
Anvendelse											
X = Løsningen bruges her											
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her											

Fig. 2 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for målgruppe 1. Borgere, med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser.

Case 1. Borgere med milde søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

Magda er psykotisk og mørket gør hende bange. Hun sover uroligt, vågner angst og uroen i kroppen får hende til at tage bleen af om natten. Medarbejderne kigger ofte ind for at sikre sig, at Magda er OK. Ved bleskift tændes loftslampen og hvidt lys oplyser rummet, hvilket gør Magda mere oprevet.

Magda har behov for et konstant svagt, rødt vågelys om natten. Herved kan hun orientere sig når hun vågner og falde trygt i søvn igen. Lampen er genkendelig og tryk, måske er det hendes egen. Når medarbejderne kommer hver nat for at tjekke bleen, kan de skrue lidt op for det røde natlys, så der er nok lys til opgaven uden at vække Magda. Når bleen skal skiftes og Magda vaskes, skruer medarbejderne ekstra op for lyset.

4.2.2 Borgere med nedsat appetit

Disse borgere har særligt behov for en forbedret måltidsoplevelse for derved at få øget appetit og næringsoptag. De har specielt behov for denne rette lysløsning i måltidssituationen:

2. Borgere med nedsat appetit												
Behov					Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov					- Spiser oftere i fællesrum - Spiser i egen bolig, vekslende behov - Med bestemt mælse/ selvbestemt mælse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer							
- Lyskilde der understøtter bedste kontraster og farvegengivelse af måltidet - Skal kunne lyse ned på maden, der hvor borgeren spiser sin mad - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Hjemligt design hvis der opsættes/placeres nye lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer, fx bordlampe, standerlampe, wallwash, pendel												
Design - særlige brugsbehov					Værdiskabelse							
- Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed					- Forbedret måltidsoplevelse - Øget appetit og næringsoptag - Vægtøgning							
Implementer barhed - særlige												
Anvendelse					Sovevær. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her						x		x	x		(x)	
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her												

Fig. 3 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for målgruppe 2. Borgere med nedsat appetit.

Case 2. Borgere med nedsat appetit

Elin er en lille, tynd dame, og det kniber generelt med appetitten. Hun spiser almindeligvis et mindre måltid ved spisebordet i spisestuen sammen med sine naboer. Efter Elin er kommet hjem fra hospitalet, er hun træt og har derfor lyst til at spise inde hos sig selv. Her nipper hun til maden ved stuebordet i sofaen imens hun ser fjernsyn.

Elin har behov for god belysning under måltidet. Når måltidet ser appetitvækkende ud og maden fremstår med gode farver og stemningen er hyggelig, får hun lyst til at sidde længere, og nyde maden, både i spisestuen og hjemme i plejeboligen. Elins dagligstue er lidt mørk om aftenen, så hun har lyst til at skruer op for lysstyrken, så hun bedre kan se sin mad ved stuebordet.

4.2.3 Borgere, der vandrer om natten

Disse borgere har særligt behov for forebyggelse af ambulering (nattevandring) via styrket søvn- og døgnrytme. De har specielt behov for den rette lysløsning om natten.

3. Borgere, der vandrer om natten												
Behov					Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov					- Ofte kun lampeudtag på badeværelset - Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Plads til andet inventar f.eks. loftlift - Med bestemt mælse/ selvbestemt mælse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer							
Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder - Lys til mindre plejeopgaver om aften/nat												
Design - særlige brugsbehov					Værdiskabelse							
- Lyskilder der tænder samtidigt og guider fra seng til badeværelse - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Hjemligt design af lamper - Forskellige typer, fx lysstrip, påbygningsarmatur					- Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse døgnrytme forstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Bedre arbejdsmiljø om kring borger f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje af borger ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed							
Implementer barhed - særlige behov												
- Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed												
Anvendelse					Sovevær. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her					x		x					
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her												

Fig. 4 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for målgruppe 3. Borgere, der vandrer om natten.

Case 3. Borgere, der vandrer om natten

Per har demens, er lidt usikker på benene og er faldet et par gange den seneste tid. Han vågner tit om natten og skal på toilettet, men søger ud på gangene, da lejligheden er mørk og lyset fra døren tiltrækker ham. Her vækker han sine naboer, da han ikke kan finde hjem i seng igen. Nogle gange forsøger han at følge nattevagten rundt, når vedkommende tilser de andre borgere. Det forstyrrer arbejdet. Medarbejderne guider ofte Per tilbage i seng, hvor han har svært ved at falde i søvn igen.

Per har behov for, at der automatisk tændes lys ved sengen og på badeværelset, når han står ud af sengen om natten. Derved kan han selv finde på toilettet og tilbage i seng igen uden at falde og uden at skulle hjælpes. Lyset ude på gangen er dæmpet og rødt, så Per ikke søger mod døren og gangen, men i stedet til sit eget toilet, hvor lyset lyser en anelse kraftigere.

4.2.4 Borgere, der er immobile og plejkrævende

Disse borgere har særligt behov for et energiboost der styrker søvn og døgnrytmen, for derved at modvirke depression og øge energiniveauet. Derudover har de behov for natlys.

4. Borgere, der er immobile og plejkrævende											
Behov				Hensyn							
Biologisk effekt - særlige lysbehov				<ul style="list-style-type: none"> - Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Plads til andet inventar f.eks. loftlift - Medbestemmelse/ selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer 							
Formiddag: - Tidstyret energiboost med fuldspekret lys (i øjenhøjde) Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder											
Design - særlige brugsbehov											
<ul style="list-style-type: none"> - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys til plejeopgaver over døgnet - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Adgang til at styre og regulere lyset, for medarbejder fx ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer fx bordlampe, standerlampe, wallwash, pendel, lysstrip 				Værdiskabelse							
Implementerbarhed - særlige behov				<ul style="list-style-type: none"> - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedre energiniveau - Forebyggelse døgnrytme forstyrrelser - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og opgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed 							
Implementerbarhed - særlige behov				<ul style="list-style-type: none"> - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed 							
Anvendelse				Soveværelse	Stue	Bad	Køkken	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter
X = Løsningen bruges her				X		X					
(X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her											

Fig. 5 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for målgruppe 4. Borgere, der er immobile og plejkrævende.

Case 4: Borgere, der er immobile og plejkrævende

Anna er delvist lammet, er energiløs og udviser depressive tegn. Hun tilbringer op til 18 timer i sengen, hvor hun sover uroligt. Anna står først op ved 10-tiden om morgenen, hvor hun liftes over i sin komfortkørestol. Hun tilbringer det meste af tiden i sin lejlighed, men spiser måltiderne i spisestuen sammen med naboerne. Anna har tidligere haft en terapilampe, som gav et meget kraftigt lys om formiddagen, men den blændede Anna, og hun slukkede derfor lampen. Anna har et tryksår og bliver vendt om natten, hvor loftliften også nogle gange er i brug.

Anna har behov for en hjemligt udseende lampe, som giver automatisk morgenvækning og et energiboost i sengen om morgenen og om formiddagen. I dagtimerne tilser medarbejderne Annas tryksår, og har derfor behov for godt arbejdslys. Om aftenen tænder medarbejderne et gyldent lys i stuen, så Anna kan læse lidt inden hun liftes i seng. Om natten tænder medarbejderne det røde orienteringslys ved døren når de kommer ind i boligen, for ikke at vække Anna. De tjekker Annas ble løbende, og når den skal skiftes skrues medarbejderne gradvis op for lysstyrken ved sengen så de har nok arbejdslys. Nogle gange sker der et større uheld, og Anna skal vaskes på badeværelset om natten. Liften kommer i brug og lyset skrues op på fuld styrke indenfor protokollen.

4.2.5 Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser

Disse borgere har særligt behov for at få styrket søvn og døgnrytmen, for generelt bedre trivsel og livskvalitet. De har behov for den rette lysløsning med tidsstyret protokol hele døgnet:

5. Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser									
Fysisk og psykisk urolige, depressive, svagtsende og gangbesværede									
Behov					Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov Formiddag: - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt - Morgenvækning med gradvis styrke af fuldspektret lys - Energiboost med fuldspektret lys (i øjenhøjde) Eftermiddag: - Aftagende blåt lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder					- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Tag højde for andet inventar f.eks. loftlift - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/selvbestemmelse - Forskelligt fysisk og psykisk funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys til plejeopgaver over døgnet - Adgang til at styre og regulere lyset, hvor borger opholder sig - Adgang til at styre og regulere lyset, for medarbejder. fx ved indgang - Hjemligt design af lamper - Mulighed for at bruge egne lamper - Forskellige typer fx bordlampe, standerlampe, wall wash, pendel, lysstrip					Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedre energiniveau - Forebyggelse døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulerung - Forebyggelse af agitation - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og opgaver om natten - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed									
Anvendelse	Soveværelse Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkken Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personale rum	Personale toiletter	
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen har behov her	x	x	x	x	(x)	(x)			

Fig. 6 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for målgruppe 5. Borgere med svære søvn- og døgnrytmeforstyrrelser, fysisk og psykisk urolige, depressive, svagtsende og gangbesværede.

Case 5. Borgere med svære søvn, og døgnrytmeforstyrrelser

Jens er modløs og træt. En svær alzheimers får ham til at reagere aggressivt overfor medarbejderne og pludselige ændringer og sansepåvirkninger i hverdagen gør ham urolig. Han sidder inde hos sig selv hele dagen og deltager ikke i de fælles aktiviteter. Han rumsterer om natten, er forvirret, piller ved alt og har svært ved at orientere sig i tid og rum. Jens er en ældre mand, han ser dårligt, og har loftslyset tændt det meste af døgnet. Jens bliver tilset af en medarbejder om natten, da han har kateter og posen skal tømmes. Her tænder medarbejderne loftslyset og Jens vågner.

Jens har behov for, at lyset i hans hjem følger døgnet med automatisk lysstyring i hele plejeboligen. Han har brug for morgenvækning og at få et godt energiboost, når han sidder i lænestolen ved formiddagsfjernsynet. Jens har det skidt med nye ting, så han har behov for at lampen ved lænestolen ligner hans gamle lampe. Jens piller ofte ved knapper og kontakter og slukker for lyset, så der er behov for at det ikke er let at ændre lysindstillingerne. Når medarbejderne kommer for at tilse Jens om natten, tænder de det røde natlys lige inden for døren så de kan orientere sig. Henne ved sengen skruer de lidt op for det røde natlys, så der er nok lys til at tjekke kateteret, uden at vække Jens.

4.6 Øvrige arealer

4.6.1 Medarbejdere på plejehjem på tværs af vagtlag og arbejdsopgaver

Medarbejderne har også behov for at få styrket søvn og døgnrytme. Det gælder særligt medarbejdere på nattevagt og medarbejdere med skiftende arbejdstider over døgnet. De har specielt behov for den rette lysløsning i personaleområder. Derudover deler de behov med de ældre borgere i fællesområder på plejehjem:

Fællesrum med spisestue med plads til aktiviteter, opholdsrum samt afdelingskøkken								
Fællesarealer								
Behov				Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov Dag: - Energiboost med fuldspektret lys (i øjenhøjde) - God farvegengivelse ved spisesituationer Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet - Nok lys til mindre arbejdsopgaver for personalet/ borger om aftenen Nat: - Natlys med tænding af lys til synsopgaver for personalet om natten				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Beboere spiser oftere i fællesrum - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/ selvbestemmelse - Godt arbejdslys i køkkenet - Ældres forskellige funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - Tidsstyring for tænd/sluk - Zoneopdelt lys - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys - Adgang til at styre og regulere lyset ved indgang - Hjemligt design af lamper - Oplysning af vertikale flader - Mulighed for aktivering af akutlys - F.eks. bordlampe/ standerlampe/ wallwash/ pendel				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Forebyggelse af agitation				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed				- Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten samt større aktivitetsniveau - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed				
Anvendelse	Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov		(x)		(x)	x	(x)	(x)	

Fig. 7 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for medarbejdere og borgere i fællesrum med spisestue med plads til aktiviteter, opholdsrum samt afdelingskøkken.

Gange, opholdsniche og trapper								
Fællesarealer								
Behov				Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt Dag: - Energiboost med fuldspektret lys (i øjenhøjde) - God farvegengivelse ved spisesituationer Eftermiddag: - Aftagende blå lys Aften: - Lys med få eller ingen blå bølgelængder uden der er mørkt i rummet - Nok lys til mindre arbejdsopgaver for personalet/ borger om aftenen Nat: - Natlys med tænding af lys til synsopgaver for personalet om natten.				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Understøttelse i faste rutiner for borgerne - Medbestemmelse/ selvbestemmelse - Ældres forskellige funktionsniveau herunder demens og andre kognitive udfordringer				
Design - særlige brugsbehov - Tidsstyring for tænd/sluk - En eller flere lyskilder med godt arbejdslys - Hjemligt design af lamper - Oplysning af vertikale flader - Mulighed for aktivering af akutlys - Lysniveauer guider borger og understøtter rumforståelse - Lamper der passer ind, f.eks. wallwash/ pendel				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Tryghed og mindre angst - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytmeforstyrrelser - Færre fald - Forebyggelse af ambulering - Forebyggelse af agitation - Bedre arbejdsmiljø f.eks. færre kald og arbejdsopgaver om natten samt større aktivitetsniveau				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed				- Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys - Øget uafhængighed, frihed og selvstændighed				
Anvendelse	Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov					(x)	x		

Fig. 8 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for medarbejdere og borgere i gange, opholdsniche og trapper.

Kontor/ personale rum								
Servicearealer								
Behov				Hensyn				
Biologisk effekt - særlige lysbehov - Tidsstyret protokol for sikring af biologisk effekt Dag: - Energiboost med fuldspektret lys (i øjenhøjde) Eftermiddag: - Aftagende blåt lys Aften: - Lys med få/ingen blå bølgelængder til arbejdsopgaver om aftenen Nat: - Lys med få/ingen blå bølgelængder til arbejdsopgaver om natten				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Afstemt lys om natten - Tag højde for andet inventar - Godt arbejdslys				
Design - særlige brugsbehov - Tidsstyring for tænd/tryk - Punktbelysning f.eks. ved arbejdsstation - Lyset kan tændes og reguleres ved indgang - Oplysning af vertikale flader - Hjemmeligt design - Lamper der passer ind, f.eks. wallwash/pendel bordlamper				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytme forstyrrelser - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys				
Implementerbarhed - særlige behov - Behov for flytbar løsning - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed - Tilslutning til tobenstik eller lampeudtag								
Anvendelse	Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov					(x)		x	

Fig. 9 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for medarbejdere i kontor/personalerum.

Personalet oiletter								
Servicearealer								
Behov				Hensyn				
Biologisk effekt Aften: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder - Nok lys til toiletbesøg Nat: - Varmt rødt lys med få eller ingen blå bølgelængder - Nok lys til toiletbesøg				- Ingen eller få blå bølgelængder om natten - Afstemt lys om natten - Tag højde for andet inventar				
Design - særlige brugsbehov - Lamper der passer ind, f.eks. påbygningsarmatur, wallwash, pendel				Værdiskabelse - Styrkelse af søvn og døgnrytme - Forebyggelse af depression og forbedret energiniveau - Forebyggelse af døgnrytme forstyrrelser - Mindre magtanvendelse og færre sygedage - Styrkelse af omsorg og pleje ved godt arbejdslys				
Implementerbarhed - særlige behov - Enkel installering, montering og tilpasninger - Let rengøring, vedligehold og god driftssikkerhed								
Anvendelse	Sovevæ. Plejebolig	Stue Plejebolig	Bad Plejebolig	Køkniche Plejebolig	Fællesrum	Gange & trapper	Personaler um	Personalet oiletter
X = Løsningen bruges her (X) = løsning kan potentielt også kan benyttes her / målgruppen behov			(x)					x

Fig. 10 beskriver behov, hensyn, anvendelse og værdiskabelse for medarbejdere på personalet oiletter.

Case 6. Medarbejdere

Linda er SOSU-hjælper på et mindre plejehjem, hun går derfor på tværs af etager og afdelinger og har både dag-, aften- og nattevagter. Hun har en travl arbejdsdag, hvor hun hjælper beboerne med deres personlige behov, hun yder omsorg og håndterer bl.a. måltider, medicin og velfærdsteknologi. Derudover registrerer Linda løbende beboerobservationer i kommunens omsorgssystem på den bærbare computer på kontoret. Linda er ikke teknologikyndig, hun har en simpel afdelingstelefon i lommen, men ikke adgang til smartphone eller tablet i arbejdstiden. Linda har ofte hovedpine, er træt og har alligevel svært ved at falde i søvn efter en nattevagt, da lyset på gange, trapper, kontorer og toiletterne lyser kraftigt om natten.

Linda har behov for, at det er nemt at give beboerne den hjælp og omsorg, de har brug for. I plejeboligerne skal hun kunne udføre sit varierende arbejde i en god arbejdsbelysning målrettet arbejdsgangen, og da hun ikke har tid til at læse lange brugsanvisninger, skal teknologi være intuitiv og let at bruge. I løbet af dagen har Linda behov for at kunne ændre på typen og styrken af lyset i rummene afhængig af, hvilken aktivitet der foregår. I spise-stuen under måltidet kan behovet være klart lys over bordene og dæmpet hyggebelysning i krogene. Om aftenen kan behovet være at lyset ændres til hyggelys over bordene til et brætspil. Om natten har Linda behov for at sidde i dæmpet belysning i fællesstuen med den bærbare computer og lave kontorarbejde. Når Linda har ændret ved lyssætningen, har hun brug for at lyset automatisk går tilbage til lysprotokollen efter en rum tid, da hun har travlt og ikke brug for at bekymre sig, om borgerne får den rigtige belysning på rette tidspunkt.

Når en beboer går bort, hjælper Linda med at rengøre og flytte lysløsninger til en anden beboer. Her hjælper hun med at tilpasse lamperne til den nye beboers identificerede behov.

Samlet har de forskellige målgrupper varierende behov, som særligt i de enkelte plejeboliger, vil skulle opfyldes individuelt. En god løsning vil skulle tage hensyn til dette og på nye og innovative måder finde veje til at tilfredsstille de forskellige behov og målgrupper bedst muligt.

5. Nuværende løsninger og innovationsmuligheder

Københavns Kommune og Aarhus Kommune har identificeret en række udfordringer ved nuværende løsninger på markedet gennem tidligere test og evalueringer jf. Kontraktbilag 1d-1f.

Udfordringer ved brug af eksisterende lysløsninger på plejehjem		
	Nagelfaste helhedsløsninger	Flytbare løsninger
Biologisk effekt	Den biologiske effekt er ofte ikke dokumenteret	
	Der opleves divergens mellem leverandørers specifikationer og målt output	
	Den biologiske effekt aftager over produktets levetid	
	Der kan forekomme flimrer fra lysløsningerne, særligt i dæmpet tilstand	
		Den biologisk effekt er typisk ikke tilstrækkelig
Brugervenligt design	Design af armaturer er ofte institutionelle og ikke hjemlige og opfattes derfor som et fremmed element i hjemmet	
	Betjening er ofte ikke brugervenlig, hverken for svagtseende, kognitivt svækkede borgere eller for medarbejderne	
	Borgers egne lamper kan ikke benyttes	Lyset kan ofte ikke reguleres og individualiseres; det er for kraftigt eller for svagt og dermed opleves ubehagelige for den ældre
Implementerbarhed	Det er ikke muligt at flytte lyset ved ændret behov eller ved fra-/indflytning	Løsningerne kan være for komplekse i opsætning, installation og drift
	Den overordnede styring sker ofte centralt og er svær at ændre og tilpasse til den enkelte beboer	Løsningerne har typisk ikke en lysprotokol eller timer, hvorved der er risiko for fejlbrug

	Løsningerne er komplekse i opsætning, installation og drift og indeholder elementer, som ikke er tilpasset behov på plejehjem	
	Kompleksitet af løsning følges ofte ikke op af brugerguides, hvorved fejlbrug eller undladelse af brug af løsning ofte forekommer	
Pris	Løsningerne er for omkostningstunge til at implementere ift. behov	

Fig. 11 illustrerer udfordringer ved brug af eksisterende nagelfaste og flytbare lysløsninger på plejehjem

Det er forventningen, at der vil være behov for enten nyudvikling eller innovativ tilpasning af eksisterende løsninger for at skabe den rette innovative, biologiske lysløsning til ældre på plejehjem.

Det kan være helhedsløsninger på markedet, som vil kunne sammensættes på nye måder. Det kan være eksisterende løsninger koblet med helt nye delelementer. Det kan også være helt nye muligheder for at ramme behov på alternative måder med alternative, tekniske løsninger, alternative løsningskoncepter, alternative servicekoncepter mv. Eksempler på innovative elementer kan fx være:

- Simplificering og prioritering af funktionalitet og innovativ nytænkning for lavere prissætning
- Kobling af eksisterende delelementer i ny helhedsløsning
- Nye lysløsninger, der kan reguleres mekanisk og uden brug af opkobling til trådløse netværk
- Nye lysløsninger, der kan bruges som enkeltstående produkter, og som kan kobles/parres med andre lysløsninger til en helhed f.eks. uden brug af WiFi
- Nye løsninger på flytbarhed og muligheder for at tage løsninger ned/ændre løsninger i de enkelte plejeboliger
- Nyskabende løsningstyper, som kan indstilles til delmålgrupper eller bruges på tværs af flere målgrupper og forskellige arealer
- Brug/udvikling/kobling af forskellige lyskilder og lampetyper fx bordlampe, standerlamper, wall-wash, pendler, lysstrips etc.
- Nye servicekoncepter, der sikrer nem installering, flytning og fleksibilitet i den løbende brug af løsningen samt oplæring af skiftende medarbejdere
- Brug af nye teknologier fx nyeste batteri- og solcelleteknologi som energikilde
- Enkle og genkendelige løsninger til betjening, tryk, stemmestyring, brugerinterface og evt. central styring
- Brug af eksisterende lamper og boligelementer for hjemlighed og brugervenlighed
- Etc.

Københavns Kommune og Aarhus Kommune ønsker aktivt at bidrage til en fælles udviklingsproces sammen med den/de valgte leverandører for ved afprøvning og samudvikling at finde frem til bedst mulige løsning.

Der er indikationer i markedet på, at en række leverandører allerede er i gang med udviklingsprojekter for at forbedre og tilpasse deres løsninger. Det skyldes, at markedet er i kraftig udvikling, og den tekniske innovation går meget stærkt.

Det er derfor forventningen, at et sådan udviklingsforløb vil kunne gennemføres inden for en tidsperiode på ca. et år set i lyset af den allerede igangværende tekniske udvikling på markedet og viden i kommunerne.

6. Krav og ønsker til færdig løsning

Kommunerne ønsker at få udviklet en (eller flere) helhedsløsninger, der giver den ønskede biologiske effekt, har et hjemligt design og samtidig er simpel og let at anvende samt tilpasset de særlige behov, der er på plejehjem og hos de centrale målgrupper. Der ønskes en prisoptimeret løsning, der på en innovativ og nytænkende måde imødeser flest mulige af de beskrevne behov.

Der vil være nogle minimumskrav til en brugbar lysløsning. Derudover er der en række ønsker til den optimale løsning, der bedst muligt rammer et størst muligt behov på plejehjem.

Nærværende dokument opsummerer de mindstekrav og ønsker til en lysløsning, som angivet i Udbudsbetingelser, for så vidt angår følgende delkriterier, som indgår i underkriteriet kvalitet:

- Potentiale for helhedsløsning
- Potentiale for biologisk effekt, brugervenligt design og implementerbarhed

6.1 Helhedsløsning

Der ønskes udviklet en helhedsløsning, som gør det muligt for kommunerne at indkøbe en samlet løsning til biologisk lys for et plejehjem.

Løsningen **skal**:

- Være innovativ ift. eksisterende løsninger på markedet. Det kan være ved at sammensætte eksisterende elementer på nye måder, ved at koble nye elementer på eksisterende løsninger, ved at skabe markante forbedringer eller ved at tænke helt nyt ift. eksisterende løsninger.
- Kunne anvendes i både plejeboliger og øvrige arealer, eventuelt ved brug af en kombination af delløsninger.
- Kunne anvendes til alle seks hovedmålgrupper beskrevet i afsnit 4 ovenfor.

Løsningen **må også meget gerne**:

- Være simpelt og enkelt sammensat, så man nemt og fleksibelt kan vælge til og fra, hvor meget af løsningen man anvender på forskellige tidspunkter.
- Bestå af så få enkelte lysløsninger som muligt frem for et kompliceret og komplekst setup.

6.2 Biologisk effekt

Det er en forudsætning for brug og implementeringen af løsningen, at den giver en biologisk effekt for målgrupperne, målt i forhold til naturlig afstand og brug af lysløsningerne.

Løsningen **skal**:

- Give biologisk effekt for målgrupperne i hele løsningens levetid, jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.
- Have en levetid på 50.000 timer eller mere for lyskilderne.

Løsningen **må også meget gerne**:

- Have en levetid på 100.000 timer eller mere for lyskilderne.
- Have en levetid på 10 år eller mere for armaturerne og andre sliddele.
- Have en plan for dokumentation af den biologiske effekt af en uvildig 3. part som del af innovationsforløbet.

6.3 Brugervenligt design

Løsningen **skal**:

- Kunne slukkes helt af den enkelte bruger, hvis dette ønskes midlertidigt eller permanent.
- Have et hjemligt design.
- Have et enkelt og brugervenligt design, der gør det muligt for de seks målgrupper at anvende løsningen.

Løsningen **må også meget gerne**:

- Være nem og intuitiv at bruge uden nævneværdig oplæring både for medarbejdere og for borgere.
- Leve op til så mange særlige behov og hensyn hos de seks målgrupper som muligt, jf. afsnit 4.
- Være let og logisk at ændre og tilpasse for borgere og medarbejdere.
- Have et udvalg af lyskilder til brug i egne lamper.
- Kunne indgå i samspil med andre installationer og være open source.
- Give supplerende effekter f.eks. i form af wayfinding, nudging, demensforebyggelse, automatisk opsamling af data eller lignende.
- Være let og logisk at anvende f.eks. i form af kontakter og knapper, som er velkendte i udformning og størrelse, som ældre hænder kan betjene, uden brug af øvrige hjælpemidler i form af apps eller fjernbetjening.

6.4 Implementerbarhed

Løsningen **skal**:

- Være flytbar jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.
- Skal kunne rengøres jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.
- Skal i hele lysløsningens levetid opfylde de lystekniske egenskaber og standarder i forhold til installation, montering og tilpasning jf. Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys.
- Overholde databehandleraftale for ordregiver jf. Kontraktbilag 6a: Udkast til databehandleraftale (Aarhus Kommune) og Kontraktbilag 6b: Udkast til databehandleraftale (Københavns Kommune).
- Skal kunne levere reservedele i 10 år eller mere, fra helhedsløsningen er indkøbt og leveret.

Løsningen **må også meget gerne**:

- Være let og logisk at installere og flytte for borgere og medarbejdere med brug af dansksproget enkel brugervejledning, herudover evt. video, animation eller lign.
- Være miljø- og klimavenlig med genbrug af eksisterende armaturer.
- Være miljø- og klimavenlig og energioptimerende brug ved genanvendelige materialer. Løsningen må gerne være opbygget af så få komponenter som muligt samt er nem at adskille så komponenter kan udskiftes og repareres.
- Være miljø- og klimavenlig med energioptimerende elementer og effekter.

7. Forventninger til Innovationsforløb

Der forventes indgået op til to innovationspartnerskaber om udvikling af en helhedsløsning til plejehjem. Borgere og medarbejdere vil blive inddraget i udvikling, test og evaluering af løsningerne. Udviklingsmuligheder vægtes i et samarbejde mellem leverandør og kommuner ud fra hensyn til økonomi, tekniske forhold samt brugerbehov. Kommunerne forventer at leverandørerne indgår som aktive og ligeværdige partnere under Innovationsforløbet. Kommunerne forventer at bidrage til udviklingsfasen med viden og ressourcer i form af tid og adgang til test på to udvalgte plejehjem. Kommunerne forventer desuden at inddrage praksismedarbejdere, borgere og udviklingsmedarbejdere i projektet som samudviklingspartnere for leverandøren. Derudover bidrager kommunerne finansielt med en betaling på maksimalt i alt 500.000 kr. ekskl. moms for gennemførelsen af Innovationsforløbet. Denne betaling dækker godkendte milepæle jf. Udbudsbetingelserne.

Projektet forventes gennemført med følgende faser, og nedenstående skema skal ses som et eksempel på, hvordan et Innovationsforløb kunne se ud:

Udkast til Innovationsforløb				2022												2023	
Fase	Proces	Leverancer	Milepæle	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Forår	Efterår
5.0	Opstartsmøde	Etablering af projektgruppe samt plan for sam udvikling	Detaljeret projektplan incl. mødeplan og opgavefordeling														
5.1	Udvikling af løsningskoncept	Designsprint	Konceptbeskrivelse														
5.2	Pilottest, teknisk testlejlighed	Udvikling af prototype og test i teknisk testlejlighed	Minimum én prototype udvikles på samlet løsning pr. målgruppe samt øvrige arealer														
5.3	Pilottest, plejebolig	Test i 10 plejeboliger samt øvrige arealer	Minimum én prototype udvikles på samlet helhedsløsning pr. målgruppe samt øvrige arealer														
5.4	Iterativ videreudvikling af helhedsløsning ved løbende afprøvning og sam udvikling	Iterativ udvikling og test i op til 50 plejeboliger samt øvrige arealer	Minimum én prototype udvikles og testes på samlet løsning pr. målgruppe samt øvrige arealer														
5.5	Test af endelig løsning	Test af endeligt løsning i 50 plejeboliger samt øvrige arealer	Test af endeligt samlet løsningsforslag pr. målgruppe samt øvrige arealer														
5.6	Evaluering	Samlet evaluering af endelig helhedsløsning, proces erfaringsopsamling og dokumentation til formidling	Evalueringmateriale og videre plan for indkøb														
6	Produktion og indkøb	Produktion af produkt herunder CE-mærkning	Klargøring til salg af implementeringsmodent produkt														
7	Implementering	Aftaler om indkøb	Levering af implementeringsmodent produkt såfremt kommuner ønsker at bruge indkøbsoption														

Fig. 13 er et eksempel på udkast til innovation, udvikling, test og evalueringsfase.

Det endelige Innovationsforløb fastlægges på baggrund af dialog med den/de valgte leverandører med udgangspunkt i projektforslag, udbudsforhandlinger og opstartsmøde. I Kontraktbilag 1b: Udkast til Innovationsforløb kan ses en nærmere forklaring på hver fase og bud på indhold og aktiviteter.

Der er indlagt milepæle i Innovationsforløbet, hvor fremdrift og resultater vurderes, leverancer godkendes, og det videre forløb aftales. Hvis kommunerne vurderer, at leverandøren ikke opfylder leverancerne, og det skønnes, at der ikke er fremdrift i Innovationsforløbet, kan samarbejdet afsluttes. Det gælder også, hvis kommunerne undervejs efter fx afprøvninger eller tekniske vurderinger må konstatere, at løsningen ikke vil kunne bringes til at opfylde mindstekrav samt de løbende prioriterede ønsker. De nærmere betingelser for godkendelse og betaling i hver enkelt fase fastlægges på baggrund af den endelige plan for innovationsforløbet, jf. Kontraktbilag 2: Plan for Innovationsforløb.

Det er en forudsætning for indkøb, at effekten af den udviklede lysløsning er dokumenteret ved en uvildig 3. part. Udgifter til denne dokumentation afholdes med 50% af leverandør og 50% af ordregiver.

8. Forventninger til indkøb og implementering

Det er forventningen, at Københavns Kommune og Aarhus Kommune samt otte kommuner efterfølgende vil ønske at indkøbe og implementere den/de udviklede helhedsløsninger. På nogle plejehjem vil der være mulighed for etablering af en fuld helhedsløsning, fx ifm. nybyggeri, på andre plejehjem vil der være behov for installering af dele eller elementer af en helhedsløsning.

I forbindelse med afslutning af innovationsforløbet fastlægges en endelig referencepris. Denne må ikke overstige det ved projektopstart aftalte prisloft. Det påhviler derfor leverandøren undervejs i innovationsforløbet at gøre opmærksom på, hvis nogle af innovationsønskerne ikke kan realiseres inden for den maksimale økonomiske ramme. Der føres log-bog undervejs, hvor både leverandør og kommunerne løbende tager stilling til forbedrings-/innovationsønsker for at vurdere konsekvenser for den færdige løsning.

Det er forventningen, at begge de deltagende kommuner umiddelbart efter endt innovationsforløb vil indkøbe løsninger til en begyndelse på 2,25 mio. kr., hvis de ønsker at gøre brug af deres indkøbsoption. De øvrige otte kommuner på indkøbsoption vil have samme muligheder for indkøb. Den maksimale forventede ramme, som Aarhus Kommune og Københavns Kommune og de otte øvrige kommuner efter endt innovationsforløb udgør 160 mio. kr. over en periode på op til fire år. Disse forventes at fordele sig som følger: Aalborg Kommune 3,1%, Aarhus Kommune 21,0%, Ballerup Kommune 0,5%, Gladsaxe Kommune 0,6%, Halsnæs Kommune 0,4%, Helsingør Kommune 4,4%, Hørsholm Kommune 0,3%, Københavns Kommune 33,2%, Odense Kommune 31,4% og Vejle Kommune 5,0%. Det bemærkes, at såvel ordregiver som øvrige kommuner ved aftaleindgåelse opnår en option på, og ikke en pligt til, at indkøbe løsningerne. Det er på nuværende tidspunkt usikkert hvor stort et træk der vil være på evt. efterfølgende indkøb, idet flere forhold vil være udslagsgivende herunder den udviklede løsning, politiske beslutningsprocesser, budget mm.

Ifm. opstart af indkøbsperioden udarbejdes en plan for løsningslevering, hvor der tager hensyn til leveringsønsker og leveringskapacitet og leveringssikkerhed på tværs af de deltagende kommuner.

Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys

Aarhus Kommune og Københavns Kommune

**UDVIKLING, AFPRØVNING OG IMPLEMENTERING AF
BIOLOGISK LYS PÅ PLEJEHJEM**

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Indledning.....	3
2.	Biologisk effekt	3
2.1	Begreber til forståelse af biologisk lys	3
2.1.1	Øjets fotoreceptorer	3
2.1.2	Farvespektrum	4
2.1.3	CIE Toolbox	4
2.1.4	mEDI	4
2.1.5	Beregningseksempel af mEDI.....	5
2.2	Kvalitetskrav til værdier for biologisk effekt	6
2.2.1	Kvalitetskrav til biologisk lys.....	7
3.	Generelle krav til indendørs belysning.....	7
3.1	Kvalitetskrav til belysningsstyrke og farvegengivelse	8
3.2	Korreleret Farvetemperatur (CCT).....	8
3.2.1	Kvalitetskrav til farvetolerance.....	9
3.3	Belysningsstyrke.....	9
3.3.1	Kvalitetskrav til belysningsstyrke.....	9
3.4	Luminans	9
3.5	Flimmer (TLA).....	9
3.5.1	Kvalitetskrav til flimmer.....	10
3.6	Blending.....	10
3.6.1	Kvalitetskrav til blanding.....	11
3.7	Farvegengivelse	11
3.7.1	Kvalitetskrav til farvegengivelse	11
4.	Brugervenligt design.....	11
4.1	Betjening.....	11
4.2	Hjemligt design.....	12
4.3	Belysningsarmaturer og lyskilder	12
4.4	Lysstyring	13
5.	Implementerbarhed.....	14
5.1	Flytbare løsninger	14
5.2	Installering, montering og tilpasning.....	14
5.3	Rengøring	14
5.4	Drift og vedligeholdelse	14
5.5	Energieffektivitet.....	15
6.	Dokumentation	16
6.1	Målinger.....	16
6.2	Beregninger	16
6.3	Levetider.....	16
6.4	Garanti og miljø.....	16
7.	Gældende standarder, regulativer og retningslinjer.....	17

1. Indledning

Dette dokument er teknisk grundlag til Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelsen, hvor der kan hentes og søges informationer om begreber, definitioner samt specificeringer af krav og ønsker for de tilbudte løsninger. Det skal sikre de biologiske effekter, generelle krav til belysning, brugervenligt design, implementerbarhed og dokumentation, samt at de gældende regulativer, standarder og kvalitetskrav, som fremgår af dette dokument, følges.

De forskellige tilbudte lysløsningerne skal udføres på grundlag af de beskrevne målgrupper, som fremgår af Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelsen.

2. Biologisk effekt

Biologisk lys er kunstigt lys, som genskaber det naturlige sollys med tilhørende kvaliteter og effekter. Biologisk lys påvirker mennesket psykisk og fysisk. Det kan f.eks. være via god farvegengivelse, som fremhæver kontraster og farver i måltidet eller via den hormonelle påvirkning lyset har på forskellige tidspunkter af døgnet.

Lyset skal understøtte døgnrytmen, så den rette type og mængde lys gives på rette tidspunkt ud fra en foruddefineret lysprotokol til det behov hver enkelt målgruppe har, jf. Kontraktbilag 1: Behovs- og Procesbeskrivelsen. Nedenfor fremgår de egenskaber lyset skal have i de enkelte perioder over døgnet:

Morgen/formiddag:	Morgenvækning med lys og energiboost med fuldspektret lys
Eftermiddag:	De blå bølgelængder i lyset er aftagende
Aften:	Belysningsniveauer, med varmt lys og minimalt indhold af blå bølgelængder
Nat:	Varmt, rødt lys, vågelys eller orienteringslys hvor der er behov, uden/få blå bølgelængder
Måltider:	Lys der fremhæver kontraster og farver i måltidet

2.1 Begreber til forståelse af biologisk lys

2.1.1 Øjets fotoreceptorer

Nethinden i øjet har fem fotoreceptorer, som alle har følsomhed for forskellige farvespektrere. Fotoreceptorerne har alle et forskelligt sensitivitetsspektrum ved en given bølgelængde jf. nedenstående spektrum illustreret i figur 1:

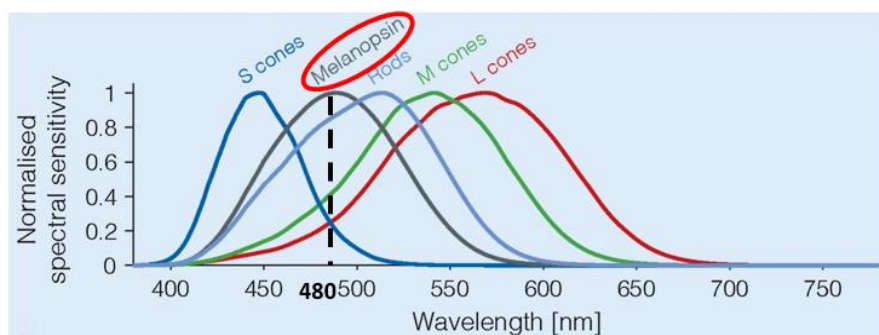


Fig. 1: Relativ sensitivitet (følsomhed) af de fem forskellige fotoreceptorer i nethinden ift. lysets spektrum (bølgelængde).

Den vigtigste fotoreceptor for biologisk lys er intrinsically photosensitive retinal ganglion cell (ipRGC) og på dansk 'iboende lysfølsomme retinale ganglioncelle', som indeholder Melanopsin. ipRGC har et sensitivitetsspektrum på 480 nm., hvilket betyder, at den er særlig sensitiv over for blå lys. Alle fem fotoreceptorer bidrager til den biologiske eller non-visuelle respons af lys, dog er det Melanopsin, der hovedsageligt styrer menneskets døgnrytme. Melanopsin kontrollerer blandt andet søvnhormonet Melatonin. Melatonin-produktionen hæmmes af lys og fremmes af mørket. God døgnrytme

kan etableres gennem meget lys om morgenen så hormonproduktionen hæmmes og mindre lys eller mørke om aftenen, så hormonproduktionen fremmes. Derfor er det essentielt, at man som menneske udsættes for det rigtige lys på de rigtige tidspunkter.

Signalstoffet serotonin findes også naturligt i hjernen, det bidrager til at sende nerveimpulser mellem nervecellerne. Det er kendt, at serotonin påvirker humøret. Når dagslys går gennem øjnene og rammer nethinden, stimulerer det produktionen af serotonin.

2.1.2 Farvespektrum

Både solens lys og lyset fra kunstige lyskilder indeholder elektromagnetiske bølger i det synlige spektrum. Farvespektret har relevans for en lyskildes biologiske virkning, dens lysfarve samt de farvegengivende egenskaber. Disse egenskaber afhænger af dens spektrale sammensætning. Lyskilder med fuldt spektrum såsom dagslys, giver det bedste lys.

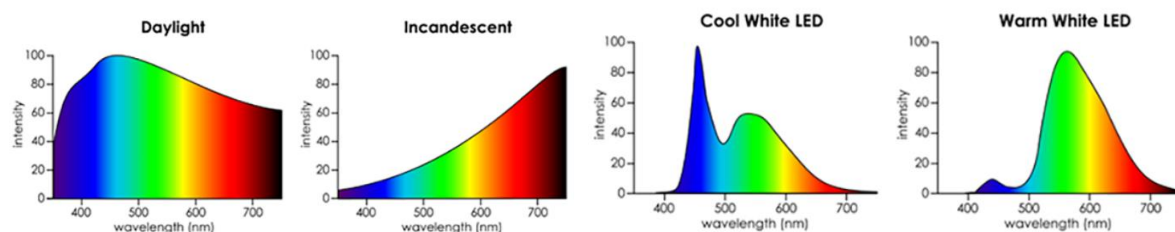


Fig. 2: Spektralfordelinger A: Dagslys (D65) B: Glødepærer C: LED Kold D: LED Varm hvid

Spektralfordeling er en opdeling af elektromagnetisk stråling efter bølgelængde. På figur 2 kan man se, at dagslys har glidende overgange og ingen pludselige spring, hvilket for borgeren er det bedste udgangspunkt.

2.1.3 CIE Toolbox

International Commission on Illuminance (CIE) er den internationale kommission inden for belysning. De har udarbejdet en toolbox, der skal gøre det lettere og mere tilgængeligt at beregne de non-visuelle responser af lys. Se link: [Launch of CIE S 026 Toolbox and User Guide | CIE](#). De non-visuelle responser af lys beregnes på baggrund af lyskildens spektrum, og resultatet er faktorer for hver af de fem fotoreceptorer. Eksempler på lyskilder kan findes i Toolboxen, ellers kan man som f.eks. leverandør indsætte målte værdier for et spektrum, med bølgelængder for hver 5. nanometer.

Herefter indtastes en given lux værdi, hvorefter Toolboxen beregner faktorer for hver af de fem fotoreceptorer. I denne kontekst, vil der som nævnt være fokus på Melanopsin.

Den interessante faktor i denne forbindelse er α -opic EDI, da denne repræsenterer det fotometriske system, altså måling af øjets opfattelse af lyset.

α -opic EDI for	α -opic equivalent daylight (D65) illuminance, lx				
	S-cone-opic	M-cone-opic	L-cone-opic	Rhodopic	Melanopic
My calculation	61.88	88.40	99.78	69.85	63.24
Daylight (D65)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fig. 3: Eksempel beregning af α -opic belysningsstyrke (illuminance) for en elektrisk lyskilde sammenlignet med standard dagslys på 6500K (D65)

Hvis lyskilden skal benyttes om aftenen, skal faktoren for Melanopsin være lav, da man ikke ønsker at undertrykke melatonin produktionen.

2.1.4 mEDI

Melanopic Equivalent Daylight D65 Illuminance (mEDI) eller på dansk Melanopisk ækvivalent dagslysbelysningsstyrke. Ækvivalent betyder 'noget, der svarer til', det vil sige, at i denne kontekst ønskes det at efterligne dagslyset D65, således en stimulering af fotoreceptoren Melanopsin kan finde sted.

Der tages udgangspunkt i Melanopsin fotoreceptoren i nedenstående gennemgang:

De faktorer, der er essentielle i denne kontekst er:

- Den Fotopiske belysningsstyrke ved øjet og måles i lux
- Daylight Efficacy Ratio (DER) er dagslyseffektivitetsforhold f.eks. har en lyskilde med en korrelerede farvetemperatur på 6500K (D65) har et DER på 1.0
- D65 er standardreferencen af dagslys med en CCT på 6500 K og har en spektralfordeling, der svarer til en overskyet himmel.
- mEDI af en lyskilde måles i lux

Forholdet er: $mEDI = \text{fotopisk belysningsstyrke ved øjet} * DER$

Man kan se mEDI som værende en værdi af selve lyskildens spektrum kombineret med den fotopisk belysningsstyrke målt vertikalt ved øjet og med DER som en faktor.

2.1.5 Beregningseksempel af mEDI

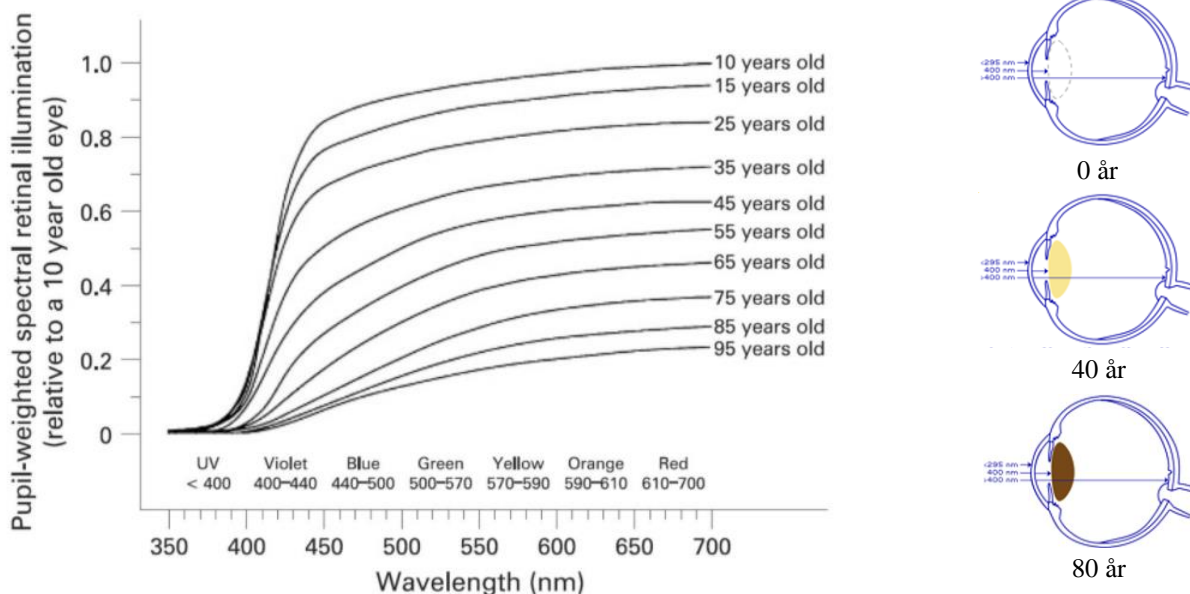
Hvis lyskilden giver en fotopisk belysningsstyrke svarende til 100 lux, og DER for selve lyskilden er 0.76, vil man for melanopsin, beregne mEDI til 76 lux ($100 * 0.76 = 76 \text{ lux}$).

Nedsat transmission gennem øjet

En essentiel faktor for ældre er den aldersrelateret nedsat transmission af lyset gennem øjet. Jo ældre man bliver, jo mindre lys vil der komme igennem øjet til nethinden. Derfor kan den nedsatte transmission gennem øjet medtages, ved beregning af hvilken belysningsstyrke en given borger har brug for ind i øjet.

En 80-årigs lystransmission gennem øjet er 55 % af en 32-årigs. Detaljerede værdier og referencer for dette, findes i en tysk standard: Din Spec 5031-100: 2015. Dette understøttes af forskellige studier af den menneskelige linses fotobiologi.

Nedenstående figur viser relative værdier for forskellige alder ift. en 10-årig samt grafik over aldring af linsen ved en 40-årig og 80-årig ift. en 0-årig:



Figur 4: Den menneskelige linses spektrale transmission. Kilde: Turner et al. 2008 samt Joan E. Roberts.

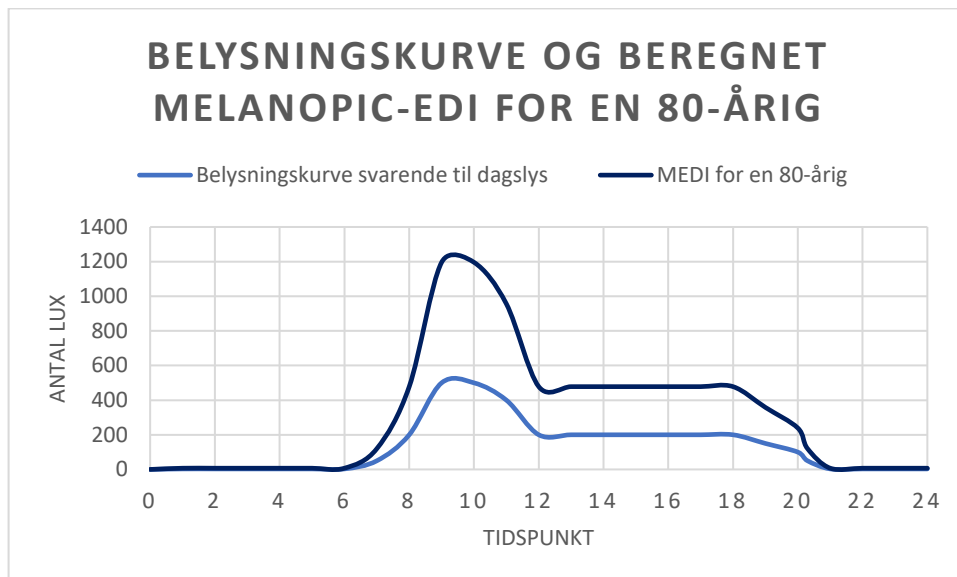
Praktisk beregningseksempel

Det ønskes at borgeren får 200 mEDI lux ved øjet om dagen. Lyskilden har en DER på 0.76, hvilket f.eks. kunne være en LED lyskilde med 4000 K:

$200 \text{ lux} / 0.76 = 263 \text{ lux}$, dette divideres med 0.55 (transmission gennem øjet for en ældre person på 80 år)

Hvilket betyder at $mEDI = 478 \text{ lux}$, når den nedsatte transmission gennem øjet er medregnet. Det vil sige, at for at få 200 mEDI lux, skal lyskilden yde 478 lux, når der korrigeres for lyskildens DER og den reducerede transmission gennem øjet.

Et eksempel på en belysningskurve svarende til dagslys og for en 80-årig er skitseret i nedenstående figur:



Figur 5: Kurvene viser ønsket melanopic belysningsstyrke mEDI lux hen over døgnet. Lyseblå kurve viser den ønskede melanopic belysningsstyrke fra standard dagslysreferencelyskilde (D65); Mørkeblå kurve viser Tilsvarende melanopic ækvivalente dagslys- belysningsstyrke mEDI lux fra en LED lyskilde med en DER på 0.76 og en nedsatte lystransmission gennem øjet for en 80-årig borger.

Kurven på Figur 5 er skitseret på baggrund af en LED-lyskilde, som har en DER på 0.76 og der er korrigeret for den nedsatte lystransmission gennem øjet. Kurven viser, at ved en dagslysværdi på 500 lux kl. 10.00, skal man som 80-årig borger have en melanopic ækvivalent dagslysbelysningsstyrke på næsten 1200 lux fotopisk belysningsstyrke ved øjet, for at opnå samme effekt.

2.2 Kvalitetskrav til værdier for biologisk effekt

De enkelte målgrupper har behov for lyseksponering på forskellige tidspunkter af døgnet og med forskellige formål for at opnå biologiske effekter af lyset. For at opnå dette skal lysløsningerne opfylde kriterier og belysningsniveauer for biologisk effekt som fremgår af nedenstående tabel 1.

2.2.1 Kvalitetskrav til biologisk lys

Biologisk effekt på borgere		Belysningskrav *)	
Morgen/formiddag	<p>Morgenvækning med lys: Rolig opstartsperiode Mulighed for tidsindstilling Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p> <p>Energiboost med kraftigt fuldspektret lys i øjenhøjde: Mulighed for valgfrit supplement af ekstra lys, primært rettet mod øjne på den ældre Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p>	Min. 250 mEDI lux CCT 2.700 - ca. 6.000 K	CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
Eftermiddag	De blå bølgelængder i lyset er aftagende	150 – 225 mEDI lux CCT 3.500 - ca. 6.000 K	
Aften	Gode belysningsniveauer, med varmt lys med få blå bølgelængder	25 – 100 mEDI lux CCT 2.700 - ca. 3.500 K	
Nat	Vågelys, natlys, orienteringslys uden/få blå bølgelængder	Maks. 3 mEDI lux CCT 1.800 – 2.700 K.	
Måltider	Lys der skaber kontraster og farvegengivelse	150 – 225 mEDI lux CCT 3500 - ca. 4.500 K	
<p>Ved behov for lyseksponering på flere forskellige tidspunkter af døgnet skal der være bløde overgange mellem de enkelte lysscenerier. mEDI lux måles vertikalt i øjenhøjde for en siddende person med en øjenhøjde på 120 cm. CCT: Korreleret Farvetemperatur CRI (Ra): Farvegengivelses-indeks. Gennemsnitlig værdi af CRI(R1) – CRI(R8) CRI(R9): Farvegengivelses-indeks for rød, mættet farve *) mEDI-værdier er min. værdier og gældende for en 32-årig person, jf. pkt. 2.1.5. Grundet målgruppens variation kan de endelig værdier være højere, men kan ikke fastlægges endeligt, fordi lyset opfattes og optages meget forskelligt. Det skal indgå som en del af afprøvningen i innovationsforløbet. Vær opmærksom på spektralfordeling, der skal være mulighed for at justere farvetemperatur. Protokollen skal kunne reguleres indenfor et interval.</p>			

Tabel 1: Biologisk lys. Skema med krav til belysningsniveauer og farvegengivelse, samt eksempler på funktioner hen over døgnet.

3. Generelle krav til indendørs belysning

Samtidigt med krav til biologisk lys, skal det være muligt for personalet at supplere med tilstrækkeligt lys, så der er gode betingelser for at udføre skiftende arbejdsopgaver hen over døgnet, uden at arbejdslyset generer eller blander borgeren unødigt.

For at opnå dette **skal** lysløsningerne opfylde kriterier, dels med hensyn til belysningsniveauer og farvegengivelse som fremgår af nedenstående tabel 2, dels med hensyn til øvrige væsentlige lystekniske parametre, som det fremgår efterfølgende afsnit.

3.1 Kvalitetskrav til belysningsstyrke og farvegengivelse

Krav til arbejdsbelysning for medarbejdere		Belysningskrav
Morgen/ Formiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt.	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft.	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
Eftermiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes af grund/basisbelysning + (dagslys sommer).	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt.	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft.	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0
Aften	Alle opholdsrum: Mindre plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning, som ikke blænder borgeren unødigt.	150 - 200 lux
	Alle opholdsrum: Omfattende plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt.	300 - 500 lux
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning.	50 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0
Nat	Mindre plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning som ikke blænder borgeren unødigt.	5 - 200 lux
	Omfattende plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt.	100 - 300 lux
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning.	10 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0

Tabel 2: Arbejdslys. Skema med krav til belysningsniveauer og farvegengivelse, og eksempler på funktioner over døgnet.

3.2 Korreleret Farvetemperatur (CCT)

Den korrelerede farvetemperatur af lyset måles i Kelvin (K). Dette begreb repræsenterer således lysets farve med kolde eller varme farvetemperaturer.

- Koldt lys repræsenterer det mere blålige lys, og har normalt en værdi over 5.000 K.

- Neutralt lys ligger på en farvetemperatur der ligger mellem 3.300 og 5.000 K
- Det varme lys, som blandt andet repræsenterer det mere rødlige lys, har en værdi på omkring 1.800- 3.300K eller derunder.

Til sammenligning har en gammeldags glødepære f.eks. en farvetemperatur på 2.700K og opleves derfor som varmt lys.

Mange typer lyskilder ændrer deres farvetolerance med tiden, og to af samme type lyskilde leveres ofte med visse farveforskelle. Forskellen i forventet farveændring og farvehomogenitet angives i n-trin i MacAdam. Disse MacAdam trin angiver for stor en farveforskel (og dermed kvalitet) man kan forvente på lyskilderne. Jo flere trin jo mere synlig farveforskel vil man kunne se. Værdier på MacAdam ellipsen angives i SDCM-værdier (Standard Deviation Colour Matching).

3.2.1 Kvalitetskrav til farvetolerance

Følgende SDCM (nyværdi/vedligeholdet værdi) skal kræves:

Anvendelse	Krav til farvetolerance (nyværdi/vedligeholdet værdi)
Plejebolig	SDCM \leq 3 / 4
Fællesrum	SDCM \leq 3 / 4
Gange og trapper	SDCM \leq 4 / 5
Personalerum	SDCM \leq 3 / 4
Personaletoaletter	SDCM \leq 3 / 4

Tabel 3. Krav til farvetolerance

Leverandøren af lyskilder skal levere dokumenterede oplysninger om lyskildernes korrelerede farvetemperatur (CCT) og SDCM (i MacAdam).

3.3 Belysningsstyrke

Belysningsstyrken er et mål for, hvor meget lys, der rammer en given flade. Den måles i lux. Belysningsstyrken for arbejdsbelysning skal måles i en arbejdshøjde på 0,85 meter og for biologisk lys måles cylindrisk, vertikalt i øjenhøjde. For at se små detaljer og gode kontraster, kræves der mere lys, dvs. en højere belysningsstyrke, end hvis der er tale om mere grove detaljer og svage kontraster (f.eks. udendørs om aftenen).

I DS/EN 12464-1 stilles der ikke kun krav til belysningsstyrker på horisontale flader, men også entydige krav til belysningsniveauer på vertikale flader og lofter mm, ligesom der er krav til den cylindriske belysningsstyrke, der skal sikre en god visuel kommunikation og genkendelse af objekter i et rum.

3.3.1 Kvalitetskrav til belysningsstyrke

Man finder kvalitetskrav til belysningsstyrke i tabel 2.

3.4 Luminans

Luminans er et udtryk for, hvor lys en flade er. Luminans måles i candela per kvadratmeter (cd/m^2), og luminansen er afhængig af en kombination af belysningsstyrke på en flade og fladens reflektans.

Denne enhed har stor indflydelse på syns- og blændingsforhold (se bl.a. afsnit 4.5 om blænding).

3.5 Flimmer (TLA)

Flimmer (flicker) benævnes Temporal Light Artefacts (TLA). Med udtrykket "Flimmer" mener man, at lyset tænder og slukker helt eller delvist med en meget hurtig frekvens (modulering af lys).

Flimmer er lysmodulationer over tid og kan vise sig på 3 forskellige måder:

1. Flimmer (<80 Hz)
2. Stroboskopisk effekt for roterende genstande
3. Array-effekt, blinkende, lyse punkter i synsfeltet, når man drejer hovedet.

Flimmes er med andre ord, hurtige svingninger i lysintensiteten, og kan resultere i både psykisk og fysisk ubehag hos mange mennesker, og skal derfor undgås.

Særligt i lysinstallationer, såsom LED, hvor driver og lysstyring kombineres kan der opstå problemer med flimmer.

Derfor skal der være ekstra fokus på at den færdige belysning fremstår flimmer-fri, også i alle dæmpede niveauer.

Dette er vigtigt, i forbindelse med installationer af LED belysningsanlæg, hvor både dæmpning, indstilling af Tunable white (varm og kold hvid) og døgnrytmebelysning (RGB, A, W) kan fremstå med en del TLA.

Der findes i øjeblikket to målestandarder, og det er PstLM (short term Light Metric) for flimmer og SVM (Stroboscopic Visibility Measure) for stroboskopiske effekter.

Flimmer kan føre til flere uønskede effekter, såsom en reduceret visuel komfort, reduceret evne til koncentration, træthed og/eller hovedpine. Flimmer har desuden flere sundhedsmæssige bivirkninger, det kan f.eks. føre til belastning af øjne, migræne, angst, fotoepilepsi, og kan forværre uønsket adfærd blandt personer med autisme. Følgerne af et belysningsanlæg med flimmer (TLA) kan derfor forårsage mere skade end de fordele, som opnås ved den biologiske belysning.

3.5.1 Kvalitetskrav til flimmer

Krav til flimmer er i henhold til [Ecodesign EU-forordning 2019/2020 af 1. oktober 2019](#)

Følgende værdi for flimmerfri drift **skal** kræves:

- $Pst\ LM \leq 1,0$. (PstLM er forkortelsen for Short-term Light Modulation)

Følgende værdi for at undgå stroboskopisk effekt **skal** kræves:

- $SVM \leq 0,4$. (SVM er forkortelsen for Stroboscopic Visibility Measure)

Den samlede belysningsløsning med alle komponenter skal fremstå 'flimmerfri' indenfor grænseværdierne, også ved alle lysdæmpningsværdier.

3.6 Blænding

Blænding skal ses i relation til kontraster på alle overflader i den enkelte bruger synsfelt. Blænding kan optræde, hvis luminanskontrasterne (forskelle i lyshed) i synsfeltet bliver for store. Dette kan medføre at borgeren har svært ved at orientere sig i rummet eller f.eks. se ansigtsudtryk. Blænding skal begrænses for at undgå fejl, træthed og ulykker.

Man skelner hovedsageligt mellem to former for blænding:

- Synsnedsættende blænding; Synsnedsættende blænding fremkaldes af en lysstrøm i retning mod øjet som nedsætter øjets følsomhed og kontrastfølsomhed, hvilket resulterer i forringede synsbetingelser. Det skyldes en slørende spredning i øjet og at pupillen instinktivt lukker sig.
- Ubehagsblænding; Ubehagsblænding er en fornemmelse af ubehag eller irritation, der fremkaldes, fra lysgivere (lysarmaturer eller lysreflekterende flader (som f.eks. et blankt ugeblad) i synsfeltet, hvis luminans (lyshed) er høj i forhold til en mørkere baggrund.

Blænding kan bestemmes ved en beregning ved anvendelse af den såkaldte UGR metode (UGR = Unified Glare Rating), hvor man finder blændingstallet R_{UGL} . I DS/EN 12464-1 finder man anbefalede grænseværdier for R_{UGL} , som skal sikre at der ikke forekommer ubehagsblænding.

En pludselig overgang fra små til store luminanser (lysforskelle) eller omvendt, samt store spring mellem luminanser i synsfeltet, kan også medføre blænding eller nedsat syn. En afstemt variation med jævnt forløbende luminansovergange, både i rummet og i arbejdsfeltet, er væsentlig.

Grundet aldersrelaterede forandringer i øjet, vil øjet med tiden blive mere sensitiv over for blænding. Derfor er det essentielt, at forskellen i luminansniveauet synsfeltet, er minimal. F.eks. har en ældre svært ved at se hvem der træder ind i deres stue, hvis kontrast og blændingsforholdene ikke er gode. Dette kan skabe grobund for utryghed og uro.

3.6.1 Kvalitetskrav til blænding

Følgende værdier for R_{UGL} skal kræves:

Anvendelse	Krav til blændingstal
Plejebolig, soveværelse og stue	$R_{UGL} \leq 19$
Plejebolig, bad	$R_{UGL} \leq 19$
Plejebolig, køkkenniche	$R_{UGL} \leq 19$
Fællesrum	$R_{UGL} \leq 19$
Gange og trapper	$R_{UGL} \leq 22$
Personalerum	$R_{UGL} \leq 19$
Personaletoaletter	$R_{UGL} \leq 22$

Tabel 4. Krav til blænding

3.7 Farvegengivelse

Farvegengivelse relaterer sig til lysets evne til at gengive farver. Farvegengivelsesindekset for en lyskilde bestemmes som minimum ud fra 8 umættede reference-farver. CRI-indekset er senere blevet udvidet med yderligere 7 referencefarver (6 mættede farver og 1 lys hudlignende farve), som dog ikke normalt indgår i det CRI-indeks der opgives af producenterne. Farvegengivelsen angives ved et farvegengivelsesindeks, også kaldet R_a -indeks, som ligger mellem 0 og 100, hvor 100 er bedst.

Indendørs er der krav til en R_a -værdi på minimum 80 i sekundære rum. I den forbindelse skal det nævnes, at selvom to lyskilder ser ens ud med hensyn til deres lysfarve og farvetemperatur, behøver de ikke at gengive farver på samme måde pga. forskellig sammensætning af spektralfordelingen (god/dårlig gengivelse af forskellige farver).

F.eks. har hvide LED-lyskilder, baseret på en fosforesceret blå LED, generelt problemer med at gengive røde farver, hvorfor det generelle CRI-indeks suppleres med krav til indekset R9 (for den mættede røde farve).

Man vil gerne opnå bedst mulig farvegengivelse for de ældre borgere, dette hænger sammen med det ændredes syn og vil blandt andet kunne bidrage til at gøre måltiderne mere attraktive.

3.7.1 Kvalitetskrav til farvegengivelse

Kravet til R_a -værdi i rum/områder med kontakt mellem mennesker skal derfor være minimum 90.

Man finder kvalitetskrav til farvegengivelse i tabel 1 og tabel 2.

4. Brugervenligt design

4.1 Betjening

Lys skal kunne slukkes helt i den enkelte plejebolig og i øvrige arealer, hvis borgeren eller medarbejderne ønsker dette. Hvis regulérbare betjening har flere indstillinger, skal hver indstilling have en hakindstilling og tydelig markering f.eks. i form af piktogrammer eller ikoner. Hvis der anvendes kontakter og knapper, så kan disse med fordel være trådløse og være placeret på logiske steder, tydelige for brugerne, velkendte i udformning og i en størrelse, som ældre hænder kan betjene samt med minimalt behov for- eller ingen introduktion.

Løsningsne skal være enkle og brugervenlige, dvs. de skal være lette, logiske og intuitive at anvende og betjene for borgerne og medarbejderne og leve op til anbefalinger for universel design jf. SBI-tiltagspakke - Universel Design.

Borgere og medarbejdere skal have medbestemmelse til styring og regulering af lyset i rummet eller hvor de kommer ind i plejeboligen. Borgere skal kunne styre lyset, hvor de primært opholder sig f.eks. i deres seng, ved lænestole mm., hvilket understøtter den enkelte borgers selvstændighed og mulighed for at klare sig bedst muligt på egen hånd. Ved f.eks. plejeopgaver på badeværelse eller ved seng skal medarbejdernes betjening tilgodeses.

Hvis der anvendes lave belysningsniveauer, så skal der være mulighed for at kunne tænde yderligere belysning f.eks. akutlys i forbindelse med et fald eller omfattende plejeopgaver. Her vil lyset med fordel roligt kunne reguleres op uden blændingsgener. Dette kunne f.eks. være i form af overstyring eller trinvis regulering på en drejelig knap.

4.2 Hjemligt design

Definitionen af et hjem varierer fra person til person, fra familie til familie og fra en tid, til en anden. Hjemlighed for borgerne i plejeboliger er derfor karakteriseret ved at være individuelt, men fælles er det genkendelige, velkendte og trygge. Hjemlighed for borgeren indbefatter, at indretningen understøtter opretholdelse af vaner og måder, borgeren har boet tidligere i sit liv; her spiller en hjemlig indretning, lys, stemning og atmosfære en stor rolle. Hjemlighed består blandt andet i, at hjemmet indeholder det kendte og fortrolige, med interiør som borgeren selv har været med til at købe og placere; ting, beboeren genkender, fordi de har indgået i hans eller hendes hverdagsliv i mange år.

Lysløsningerne skal fremstå i et hjemligt design, ikke institutionelt, dvs. den samlede fremtoning skal styrke oplevelsen af hjemlighed, være i velkendt udformning og derved understøtte brugerens accept af løsningen ved at være en naturlig del af interiøret. Designet skal have en æstetisk fremtoning med valg af materialer og formgivning som integreres naturligt i det private hjem. Designet skal være genkendeligt og ikke institutionelt, der skal være fokus på valg af materialer, farver, overflade (taktilitet), akustik og genkendelige lampetyper, som man forventes naturligt at kunne finde i målgruppens private hjem.

Designet skal være robust og stabilt i kvalitet, da håndteringen i hverdagen typisk sker med varierende følsomhed af borgere og medarbejdere.

Funktionaliteten skal understøtte flere slags brugsscenarier f.eks. ved spisesituation, ved sengen, medarbejdernes medicinhåndtering og sårpleje. Ved arbejdsstationer som f.eks. kontorarbejdsplads skal medarbejderne have mulighed for punktbelysning f.eks. i form af arbejdslamper.

Lysløsningerne kan med fordel udvikles i designserier hvilket skaber sammenhæng i designet, forenkler udtrykket og giver visuel ro i forhold til brugere. Designserien kan med fordel varieres med forskelligt udtryk via farver og materialer, så der er mulighed for at kunne indpasses i forskellige miljøer og så borgere og medarbejdere kan have medbestemmelse til hvilke lysløsninger der opsættes.

Hvis der udvikles løsninger, hvor borgerne har mulighed for at anvende egne lamper til lyskilder, så skal der tages hensyn til, at disse lamper typisk vil have en fatning E27 og E14. Løsningerne vil med fordel også kunne anvendes i plejehjemmets eksisterende armaturer.

4.3 Belysningsarmaturer og lyskilder

Som udgangspunkt er det muligt at anvende alle typer armaturer og lyskilder, som i praksis lever op til gældende standarder og krav for belysning på plejehjem. Det kan f.eks. være pærer, pendler, standerlamper, sengelamper, downlights, wallwasher, loftsls og lysstrips mv.

Hvis lysløsninger kan integrere basisbelysning eller supplerer med basisbelysning, så skal den enkelte lysløsning og den samlede belysning overholde kravene til arbejdsbelysning og god orientering i givende situationer, jf. DS/EN 12464-1.

Armaturerne skal kunne indgå med andet inventar i plejeboligerne. Det kunne f.eks. være loftlifte, andre hjælpemidler og skabe.

Ved løsninger til borgere med nedsat appetit (målgruppe 2) skal armaturer eller lyskilder kunne belyse det bord eller flade, hvor borgeren indtager sin mad.

Ved belysning af vertikale flader kan øjets perception udnyttes, hvorved rummet opleves lysere og tryggere med lys på vægfladerne, end hvis de er oplyst med nedadrettet lys uden nævneværdigt lys på vægfladerne. Det vil kunne skabes med wallwasher eller diffuse lyskilder, hvor lyset rammer vægge og vægflader. Det kan anvendes over hele døgnet og særligt ved behov for lavere belysningsniveauer om f.eks. aften og natten.

Belysningsarmaturer og lyskilder vil med fordel kunne anvendes i flere forskellige situationer og rumanvendelser på tværs af målgrupper.

4.4 Lysstyring

De forskellige belysningsløsninger etableres i forskellige plejehjem i borgernes plejeboliger og i fællesarealer. Derfor er det vigtigt at styringerne til de nye løsninger kan indgå, som en naturlig del af den daglige betjening af belysningen i de forskellige arealer.

Hvis lysløsningen til biologisk lys indeholder lysstyring, så skal lysstyringen som minimum kunne indstilles til et forprogrammeret årstidsscenario for lysintensitet (mEDI lux) og farvetemperatur (Kelvin) over døgnet og gerne to: ét scenarie for vinterhalvåret og ét scenarie for sommerhalvåret.

Lysstyring skal, hvor det er relevant, have forudindstillede lysscenerier med mulighed for frit at ændre tidsintervaller samt lysintensitet fra 0-100% indenfor protokollen. Det kan f.eks. være ift. hvornår borgeren står op.

Hvis lysløsningen er en del af grundbelysningen, så skal der udføres dagslysstyring samt tilstedeværelsesdetektering, jf. BR18. Dagslysstyringer/regulering skal have en indstillelig hysteres, som sikrer en stabil drift ved skiftende dagslysniveauer. Der udføres dagslysregulering med passende zoneopdeling i gange, opholds- og arbejdsrum hvor der er dagslystilgang. I rum med begrænset dagslysadgang kan dagslysregulering dog udelades.

I fællesrum skal der være mulighed for at opdele lyset i forskellige zoner, f.eks. med hyggebelysning ved spisesituationer og aktivitetslys til læsning eller lignende.

Hvis lysløsningen indeholder behov for lysstyring, så kan denne med fordel integreres i selve produktet så produktet fremstår, som en stand-alone løsning uden behov for opkobling til eksterne styringssystemer.

Hvis der er en brugergrænseflade til lysstyring, så skal den være intuitiv og let at betjene med ingen eller minimal introduktion til brugerne.

Hvis lysløsningen indeholder lysstyring, så skal denne udføres så lyset let kan afpasses efter aftalte brugsmønstre i samspil med det øvrige lys i de enkelte områder eller rum.

Hvis lysløsningerne indeholder lysstyring, så skal der leveres en brugervejledning (én brugervejledning pr. lysstyringsløsning). Det er vigtigt for brugerens accept, at der er udført en god brugervejledning skrevet til den enkelte slutbruger. Vejledningen skal:

- Være skrevet på danske i et let forståeligt sprog
- Beskrive det lokale systems komponenter
- Beskrive de automatiske funktioner
- Fortælle om brugerens muligheder for overstyring
- Oplyse om muligheder for henvendelse til en teknisk kontaktperson

På plejehjem findes mange forskellige velfærdsteknologier og tekniske installationer f.eks. nødkaldsanlæg, søvnmonitoringsteknologier, fald alarmer, tablets og omsorgssystem. Helhedsløsningerne vil med fordel kunne indgå i samspil og korrespondere med disse installationer.

Hvis der anvendes et IT-element, så skal det være open source med fuld åben adgang til software protokoller med mulighed for at fortage løbende ændringer, justeringer, omprogrammeringer og videreudvikling.

Lys har mange forskellige funktionaliteter, kan benyttes i mange forskellige sammenhænge og give supplerende effekter f.eks. i form af wayfinding, nudging, demensforebyggelse, automatisk opsamling af data eller lignende. Det kan med fordel være en integreret del af helhedsløsningen.

5. Implementerbarhed

5.1 Flytbare løsninger

Installationen af løsningerne vil særligt i plejeboligerne, blive skiftet jævnlige i forhold til ændring af personlige behov for de enkle borgere samt ved ind- og udflytning. Derfor er det vigtigt at belysningen let kan flyttes fra en bolig til en anden, uden at efterlade synlige og usædvanlige spor, der kræver reparation, som ikke kan sammenlignes med sædvanligvis forekommende udbedringer. Desuden skal løsningerne på en enkel måde kunne tilsluttes en strømkilde. En lysløsning er altså flytbar, hvis den ikke er nagelfast, dvs. den monteres med en almindelig ledning som f.eks. kan trækkes på væggen og udbedring efter nedtagelse ikke udgør mere end almindelig udbedring, f.eks. efter 2 x 6 mm skruer fra lampeophæng.

Det er hensigtsmæssigt at løsningen kan flyttes af borgeren selv, af pårørende eller af plejepersonalet.

Hvis lysløsningen udvikles med ekstern energiforsyning (til almindeligt ledningsnet), så kan der med fordel anvendes 230 V stikprop til stikkontakter og/eller tilsluttes i tilgængelige lampeudtag i de enkelte plejeboliger. I øvrige arealer kan lysløsningerne med fordel tilsluttes i tilgængelige lampeudtag.

5.2 Installering, montering og tilpasning

Belysningsløsningerne skal kunne installeres og monteres af plejehjemsmedarbejdere uden nævneværdig forudgående kendskab til produktet og ikke kræve el-faglig baggrund jf. [lægmand](#).

Lysløsningerne skal kunne etableres både i eksisterende plejehjem og plejeboliger, samt i nybyggeri.

For at sikre at løbende tilpasning samt drift og vedligeholdelse af helhedsløsningerne skal der kunne leveres reservedele i 10 år eller mere, fra helhedsløsningen er indkøbt og leveret.

5.3 Rengøring

Den tilbudte løsning skal kunne rengøres med rengøringsklud med vand og rengøringsmiddel. Desuden skal den kunne desinficeres med desinfektionsmiddel indeholdende 70-85% ethanol (alkohol) eller tilsvarende desinfektionsmiddel med dokumenteret effekt jf. [link](#).

Tilbudsgiver kan selv oplyse en rengøringsplan som belysningsanlægget vil indgå i.

5.4 Drift og vedligeholdelse

For at mindske unødigt slid og sikre kvaliteten af belysningen skal der, som en del af planlægningen af belysningen, udarbejdes en drift- og vedligeholdelsesplan. Belysningen forringes gradvist over tid. Lysmængden vil aftage grundet et naturligt slid når lyskilden er tændt. Snavs, støv og fedt vil kunne sætte sig på armaturer og lyskilder og forringe belysningen. Der er ligeledes risiko for, at lyskilden bliver defekt grundt forskellige påvirkninger som varme, slag, rystelser

eller hyppige tændinger. En drift- og vedligeholdelsesplan skal sikre kontrol, service, rengøring, udskiftninger og justering af belysningsløsningerne.

Løsløsningerne kan derfor med fordel være lette at vedligeholde og rengøre med få sprækker og revner samt indeholde få komponenter som kan udskiftes og repareres. Det skal tydeligt fremgå af hvem, hvordan og hvornår instruktioner og tiltag gennemføres.

Indhold af en drift- og vedligeholdelsesplan kan bl.a. være:

- Instruktion og uddannelse af relevante medarbejdere.
- Instruktionsmateriale og brugervejledning skal have enkle pædagogisk og tydelig instruktion f.eks. i form af billeder, illustrationer, forklarende tekst, videoer, animationer mm. Der fremmer budskabet. Alt materialet skal være på dansk og skal kunne forstås af både borgere, pårørende og medarbejdere. Materialet bør formuleres på et tidligt tidspunkt og indgå under pilottest i Innovationsforløbet.
- Funktionsafprøvning af fast installeret belysning jf. krav fra Bygningsreglementet [BR18 \(bygningsreglementet.dk\)](#) Bygningsreglementet BR18 Energiforbrug (§ 250 - § 298), Vejledning til funktionsafprøvning, pkt. 4.4 Styring af elektriske belysningsanlæg
- En serviceplan med gennemgang, service og kontrol af lyskilder, armaturer og lysstyring evt. genindregulering af to omgange, efter aftalt tidsperiode.
- Rengøringsvejledning for lyskilder, armaturer og overflader.
- Information ifm. udskiftning og genanskaffelser af lyskilder og armaturer og andre sliddele og komponenter, information om leverandører og evt. vejledning.
- Terminer for hver af elementerne skal tydeligt fremgå.

Det er vigtigt at drift og vedligeholdelse tilrettelægges så den påvirker borgerne mindst muligt.

I forbindelse med udvikling og implementering af løsningerne på de enkelte plejehjem udarbejdes der et skema med beskrivelse/oversigt over funktioner og tidsstyring for hvordan de enkelte lysscenerier kan anvendes.

Skemaet skal opbygges i samarbejde med borgerne og medarbejderne, efter erfaringer med behov, hensyn, anvendelse og tidligere udfordringer. Det skal være muligt at tilføje, tilrette og ændre i protokollerne i løbet af innovationsforløbet og efterfølgende. Det skal ligeledes sikres at ordregiver involveres i og har forståelse for processen, og funktionerne er ledelsesmæssigt og driftsmæssigt forankret.

5.5 Energieffektivitet

Kommunerne vil sikre den bedst mulige belysningskvalitet med de bedst mulige energieffektive løsninger, der sikrer et fornuftigt energiforbrug i hele produktets levetid. Efter endt Innovationsforløb skal produkterne kunne dokumenteres ved brug af Energistyrelsens Indkøbsvejledning, hvor totalomkostninger (TCO) indgår jf. [link](#).

Jf. bygningsreglementets krav til elektrisk belysning (BR18 § 382 - § 384) skal arbejdsrum og fællesadgangsveje, med tilknyttede baderum og toiletter, forsynes med energieffektiv belysning og styringer. Kravene gælder også i forbindelse med udskiftning af lysarmaturer.

Der stilles derfor krav til alle energiforbrugende elementer i belysningsanlægget:

- For alle armaturer/lyskilder oplyses effektiviteten, i effektive lumen/W (fra armatur/lyskilde). Denne enhed kan ikke direkte sammenlignes, men vil kunne give mulighed for at sammenligne energi/effektiviteten på de enkelte løsninger.
- Energiforbruget til diverse lysstyringsenheden oplyses ligeledes.

Da flere løsninger er beregnet til nat/vågelys og placeres forholdsvist nær ved borgeren, vil de nødvendige lumen/W ikke skulle have samme niveau som armaturer/lyskilder der bruges til energiboost morgen/formiddag (se tabel 1).

Energiforbrug til lysstyring: Under drift bør forbruget maksimalt udgøre 0,5W pr. rum eller pr. 20 m².

Det anbefales at standby forbruget maksimalt udgør 0,3 W pr. enhed.

6. Dokumentation

6.1 Målinger

Kontrolmålinger af lysløsninger under Innovationsforløbet foretages af uvildig 3. part, evt. udført på et uafhængigt målelaboratorium (Standard CIE). Kontrolmålinger af implementerede lysløsninger foretages ved stikprøvekontrol årligt af leverandøren eller af uvildig 3. part.

For at sikre lysløsningernes kvalitet skal følgende kontrolmålinger omfatte:

- Kontrol og vurdering af den biologiske effekt igennem produktets levetid/garantiperiode samt vurdering af mEDI belysningsniveauer for biologisk effekt / (Duv), α -opic EDI (D65).
- Kontrol af leverandøren/armaturproducentens dokumenterede oplysninger CCT, lumen/W, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimmer og SDCM (MacAdam).
- Kontrol af lysstyringsenheders standby-forbrug. Oplysninger skal indgå i producentens samlede data.

6.2 Beregninger

Ved beregninger skal der fremgå oplysninger om bl.a. overfladereflektanser, vedligeholdelsesfaktorer, lysstrømsnedgang over tid, som verificeres af lysarmaturproducent, samt hensyn til tilsmudsning og den beskrevne rengøringsplan for brugeren.

Der anvendes følgende overfladereflektanser:

- Loft: 0,7
- Vægge: 0,5
- Gulve: 0,2

Der anvendes som rengøringsinterval 1,0 år for omgivelser og belysningsarmaturer.

Der kan ikke anvendes randzoner ved vægge i beregninger.

6.3 Levetider

Leverandøren skal udarbejde dokumentation for levetiden på armaturer eller andre elektroniske sliddele, der skal leveres med en levetid på minimum 10 år, hvilket i denne sammenhæng svarer til ca. 100.000 timers samlet driftstid.

Leverandøren skal udarbejde dokumentation for levetiden på lyskilder, der skal leveres med en levetid på minimum 5 år, hvilket i denne sammenhæng svarer til en nominel levetid på 50.000 timer.

Følgende oplyses af leverandøren jf. DS/ISO/CIE TS 22012:2019, afsnit 6.3.3:

- Median Useful Life (L_x, h). (antal timer, som går før lysudbyttet af 50 % af en gruppe af LED-produkter er faldet X procent af det oprindelige)
- Fejlrate, driver, er relevant for vurdering af samlet levetid.
- Fejlrate, LED, er relevant for vurdering af samlet levetid.

6.4 Garanti og miljø

Leverandøren anbefales og opfordres til at sikre produkternes materialer og komponenter er optimale i forhold til miljø, bortskaffelse og genanvendelighed (livscyklus). Dette kan f.eks. ske ved anvendelse af løsninger i et design, der kan adskilles på komponentniveau eller genbrug af eksisterende armaturer.

6.5 EMC-krav

Generelt skal lysarmaturer og lyskilder overholde EU's EMC-direktiv (Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive).

Overholdelse af EMC-direktivet skal sikre, at der ikke optræder elektromagnetiske forstyrrelser, som kan resultere i fejl-funktioner og farlige.

6.7 Bortskaffelse, WEEE.

Lysarmaturer og lyskilder er omfattet af WEEE-direktivet (Waste from Electrical and Electronic Equipment), i Danmark administreres det af DPA-System (Dansk Producentansvars-system). Det skal sikres at leverandøren er tilmeldt hos DPA-system.

7. Gældende standarder, regulativer og retningslinjer

De enkelte belysningsløsninger skal være i overensstemmelse med følgende retningslinjer, regler og standarder:

- Bygningsreglementet BR18 Lys og udsyn (§ 377 - § 384), [BR18 \(bygningsreglementet.dk\)](#)
- [Bygningsreglementet BR18 Vejledning om funktionsafprøvning pkt. 4.0 – 4.4](#)
- DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser, rev. udgave 2021(udkommer, jf. DS-hæfte 58:2021: Branchevejledning – Til den kommende DS/EN 12464-1:2021 Lys og belysning).
- CE-mærkning jf. DS Dansk Standard: [Miljøvenligt design på energirelaterede produkter \(ECO-design\) - 2009/125/EF - Dansk Standard \(ds.dk\)](#)
- [Ecodesign EU-forordning 2019/2020 af 1. oktober 2019](#) (gældende fra 1. september 2021)
- DS/ISO/CIE TS 22012:2019 Lys og belysning – Bestemmelse af vedligeholdsfaktor – Arbejdsmetode [DS/ISO/CIE TS 22012:2019 - Webshop Dansk Standard](#)
- DS/EN 62717:2017: LED-moduler til almindelige belysningsformål – Krav til ydeevne; [DS/EN 62717:2017 - Webshop Dansk Standard](#)
- DS/EN 62722-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 1: Generelle krav, [DS/EN 62722-1:2016 - Webshop Dansk Standard](#)
- DS/EN 62722-2-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 2-1: Særlige krav til LED-belysningsarmaturer, [DS/EN 62722-2-1:2016 - Webshop Dansk Standard](#)
- [DS/HD 60364-7-718:2013 - Webshop Dansk Standard](#)
- [DS/HD 60364-7-718:2013/A11:2017 - Webshop Dansk Standard](#)
- [DS/HD 60364-7-718:2013/A12:2017 - Webshop Dansk Standard](#)
- CIE S 026:2018 CIE System for Methodology of Optical Radiation for ipRGC-influences responses to Light (Non-visual effects new standard) [CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light | CIE](#)
- DIN SPEC 5031-100:2015-08 Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra, [DIN SPEC 5031-100:2015-08 \(normadoc.com\)](#)
- Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra, [DIN SPEC 5031-100 : Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Melanopic effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra \(ihs.com\)](#)
- Overfladedesinfektionsmidler: <https://hygiejne.ssi.dk/ydelsers-og-vurderinger/vurderinger> [Vurderinger \(ssi.dk\)](#)

Det anbefales og der opfordres til at de enkelte belysningsløsninger er i overensstemmelse med følgende retningslinjer, anvisninger, regler og standarder:

- SBI-tiltagspakke - Universel Design, 7 principper, 8 mål [Arkitektur for alle: introduktion til universelt design — Rumsans](#)

- SBI-anvisning 220, 1. udgave 2008: Lysstyring, [Lysstyring \(sbi.dk\)](#)
- SBI-anvisning 222, 2. udgave, 2010 Tilgængelige boliger: Tilgængelige boliger (sbi.dk) [Tilgængelige boliger \(sbi.dk\)](#)
- SBI-anvisning 250, 2. udgave, 2017 Tilgængeligt byggeri generelt: [Tilgængeligt byggeri generelt - indledende spørgsmål \(sbi.dk\)](#)
- SBI-anvisning 263, 2019: Plejeboliger for personer med demens – detaljer og eksempler: [Plejeboliger for personer med demens – detaljer og eksempler \(sbi.dk\)](#)
- SBI-anvisning 272, 2. udgave 2020, behandler tilgængelighedsforhold i BR18. [Anvisning om Bygningsreglement 2018 - BR18 \(sbi.dk\)](#)
- DS-håndbog 186:2017 Vejledning – Tilgængelighedskrav i BR18 – holdt op mod DS/ISO 21542. [DS-håndbog 186:2017 - Webshop Dansk Standard](#)
- DS/EN 12182:2012 Hjælpe midler til personer med funktionsnedsættelse - Generelle krav og prøvningsmetoder. [DS/EN 12182:2012 - Webshop Dansk Standard](#) (Standarden er under revision i internationalt (ISO) regi. Seneste udgave ISO/CD 21856 Assistive products— General requirements and test methods)
- DS/ISO 17049:2013 Tilgængeligt design - Anvendelse af blindeskrift på skilte, udstyr og apparater. [Søgning - Webshop Dansk Standard \(ds.dk\)](#)
- DS/EN ISO 21801-1:2021, Kognitiv tilgængelighed – Del 1: Generel vejledning [DS/EN ISO 21801-1:2021 - Webshop Dansk Standard](#)
- DS/EN 62386-serien: Grænseflade for digital lysstyring (DALI), [Søgning - Webshop Dansk Standard \(ds.dk\)](#)
- CIE 218:2016 CIE research Roadmap – Healthful interior lighting applications, [CIE 218:2016 \(tech-street.com\)](#)
- Partnerskab_offentlige grønne indkøb TCO, [TCO-værktøj - Belysning - Den ansvarlige indkøber \(csr-indkob.dk\)](#)
- Energistyrelsens Indkøbsvejledning, [vejledning](#)
- Nationale Infektionshygiejniske Retningslinjer for rengøring i hospitals- og primærsektoren, herunder dagtilbud og skoler (ssi.dk) [Nationale Infektionshygiejniske Retningslinjer for rengøring i hospitals- og primærsektoren, herunder dagtilbud og skoler \(ssi.dk\)](#)

Mobilt & personligt lys

Et samarbejde mellem Aarhus & Københavns Kommune



Indholdsfortegnelse

Resumé	3
Indledning	4
Formål	5
Teknologi	6-7
Metode	8-9
Materiale	10
Resultater	11-20
Diskussion	21-22
Cases	23
Konklusion	24-25
Anbefalinger	26
Tidslinje	27
Bilag	28

Ressourcer

Aarhus Kommune
Center for Frihedsteknologi



Ivan Kjær Lauridsen
Velfærdsteknologichef

Søren Holm
Projektleder
sohp@aarhus.dk

Lotte Lucia Jelnes
Velfærdsteknologisk
ressourceperson
llj@aarhus.dk

Københavns Kommune
Afdeling for Velfærdsinnovation



Nanna Skriver
Innovationschef

Lene Vad Jensen
Projektleder
g52h@kk.dk



Resumé

Formål

Test og kvalificering af et udvalg af eksisterende mobile og personlige belysningsløsninger, der kan være med til at sikre at svage ældre i plejeboliger, på en fleksibel og omkostningseffektiv måde, optager den rette mængde og type lys, og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn samt fysisk og psykisk helbred.

Metode

17 eksisterende mobile belysningsløsninger er teknisk undersøgt og valideret for deres visuelle og non-visuelle kvalitet. Heraf er ni lysløsninger testet på plejehjem i henholdsvis Aarhus og Københavns Kommune på samlet 26 borgere med en gennemsnitsalder på 78,5 år. Før- og efter målinger er foretaget på de fysiologiske parametre; søvn, træthed, angst og depression via scoringsskalaer over fem uger. Brugeroplevelsen er afdækket gennem fire fokusgruppeinterviews med medarbejdere samt spørgeskema til borgere, medarbejdere og pårørende.

Resultater

Intensivt lys har vist delvist effekt for borgerne og en kort afstand mellem lyskilde og borger er afgørende.

Natlys har været enkelt og intuitivt. Alle fire borgere med natlys har haft en positiv oplevelse og effekt.

Lysguidning om natten har haft særlig positiv effekt for urolige borgere, i form af færre kald og mindre arbejde for nattevagterne.

Døgnlys kombineret med lysguidning og standerlampe giver fleksibilitet og mobilitet samt effekt til alle tre borgere med denne løsning.

Konklusion

På markedet findes der få fleksible og omkostningseffektive belysningsløsninger der kan tilpasses den enkelte borgers behov. Evaluering i plejeboliger i Aarhus og Københavns kommune har vist stort potentiale indenfor kategorierne intensivt lys, natlys og døgnlys.

Der er grundlag for videre implementering og/eller videreudvikling af produkter der matcher borgernes individuelle behov, men det kræver en yderligere markedsafdækning for at afdække løsninger som er hjemlige, mobile, intuitive og lavteknologiske.

Diskussion

De ni belysningsløsninger er testet på 26 borgere, hvilket giver en lille population til hver løsning. Resultaterne kan være influeret af, at forskellige medarbejdere har udfyldt før- og eftermålinger for den enkelte borgere med lav reliabilitet til følge. De fysiologiske parametre skal derfor tages med forbehold. Evalueringen bygger således overvejende på resultaterne af den teknologiske undersøgelse og brugerundersøgelse.

Indledning

Opmærksomheden på lys og belysning i sundhedssektoren er steget markant inden for de seneste år. Alle offentlige steder er gamle lyskilder ved at blive skiftet ud med LED lys. Det giver i sig selv en kommunal energibesparelse. Derudover er der fokus på lysets betydning for borgernes sundhed. Regionerne har flere steder etableret døgnrytmebelysning på psykiatriske afdelinger og fødegange med beroligende effekt for patienter og medarbejdere.

Både Københavns Kommune (KK) og Aarhus Kommune (AAK) har etableret fuldautomatisk døgnrytmebelysning på flere plejecentre. Disse løsninger er omfattende installationer med specielle armaturer og styresystemer, og er økonomisk meget dyre at implementere.

Projektet om mobil og personlig belysning har derfor taget afsæt i et fælles ønske fra KK og AAK om at undersøge, hvad vi kan gøre for borgernes sundhed og hverdag med mindre, billigere og mere personlige belysningsenheder.

Projektet tager afsæt i litteraturstudier, behovs- & markedsafdækning (Bilag I), dialogmøder med eksperter samt erfaringer indsamlet fra hhv. AAK og KK's egen brug af døgnrytmebelysning.

Test og kvalificering af mobilt og personligt lys handler om at få forståelse for målgruppen, lysløsningernes design og anvendelighed samt borgernes og personalets håndtering af lav- og højteknologiske løsninger.

Ekskluderet fra test er brug i hjemmeplejen, samt lysets effekt på medarbejdere. Trods ønsket om at finde billigere alternativer til nuværende døgnrytmebelysning, er der i evalueringen ikke fokus på de økonomiske effekter. Testen er foretaget på to plejecentre i hhv. AAK og KK.

Rundskuedagens Plejecenter

ligger på Vesterbro i København. Plejecentret huser 37 beboere fordelt på fire etager. 1. og 2. sal fungerer som et almindeligt somatisk plejehjem og har installeret døgnrytmebelysning på gange, fællesarealer og køkken samt i to lejligheder pr. etage. Fem borgere har deltaget i test fra 1.+2. etage. De to øverste etager er allokeret til borgere med alkoholrelateret demens. I alt har otte borgere deltaget i test fra 3. + 4. etage.

Ceres Huset

ligger ved Aarhus Å tæt ved midtbyen. Ceres Huset har 72 plejeboliger fordelt på 6 etager med 12 boliger på hver etage. Alle boligerne er normale plejeboliger. Ceres Huset blev indviet i 2011 og har store, moderne og lyse boliger.

Formål

Formålet er at sikre, at svage ældre i plejeboliger på en fleksibel og omkostningseffektiv måde optager den rette mængde og type lys, og dermed styrkes i egen døgnrytme, søvn samt fysisk og psykisk helbred.

Mål

Eksisterende mobile og personlige belysningsløsninger skal tilpasses den enkelte borgers behov gennem test og kvalificering af teknologiske og fysiologiske parametre samt brugeroplevelse for at give et validt beslutningsgrundlag for videre implementering i praksis og/eller videreudvikling af løsninger.



Delmål

- Tekniske parametre skal undersøges og måles for specifikt udvalgte belysningsløsninger for at matche det rigtige lys til den enkelte borger.
- Borgernes søvnscore skal forbedres med 15 % over 5 ugers interventionsperiode.
- Borgernes score for træthed skal reduceres med 10 % over 5 ugers interventionsperiode.
- Borgernes symptomer på depression skal reduceres med 10 % over 5 uger interventionsperiode.
- Borgernes symptomer på angst skal reduceres med 10 % over 5 uger interventionsperiode.
- Brugeroplevelsen af belysningsløsningerne hos borgerne, medarbejderne og pårørende skal undersøges for oplevelse, betjening, design og effekt for borgerne i afslutningen af interventionsperioden.

Teknologi

Udvælgelsen af teknologier bygger på en grundig markedsafdækning i samarbejde mellem AAK og KK

- Evaluering af døgnrytmelys på Plejehjemmet Rosenvang, Aarhus Kommune
- Evaluering Egebo, Københavns Kommune
- Markedsdialog med 40 deltagere forskningsinstitutioner, designere, producenter, rådgivere samt medarbejdere fra praksis i Københavns Kommune.
- Markedsanalyse af op imod 139 forskellige aktører og interessenter
- Screening og produktanalyse af 17 forskellige mobile belysningsløsninger



Kriterier for udvælgelse

På baggrund af markedsafdækningen blev 17 belysningsløsninger udvalgt til videre teknologisk undersøgelse (jf. metode).

Af de 17 forskellige løsninger blev der udvalgt ni mobile belysningsløsninger til test på plejecentrene (se tabel 1).

Fælles var at de alle adskilte sig fra den almindelige daglige belysning.

De valgte løsninger blev udvalgt ud fra følgende kriterier:

Bedste tekniske værdier
Mobile løsninger
Intuitiv betjening
Plug & Light med automatisk styring
Hjemligt design
Mulighed for individuelle tilpasninger
Pris

Teknologi

Mobile belysningsløsninger udvalgt til test




Intensivt lys

Formålet er at give borgeren kraftigt intensivt lys med en circadian stimulus factor (CS-faktor) > 0,3 over en kort, intens periode på 30-60 min/dag. Lyset gives i perioden kl. 7-11. Én timer forhindrer brug udenfor anbefalet tidsrum.

VIRKSOMHED	PRODUKT	FOTO	KILDE
1.	Innolux	Rondo 400	 https://www.lysterapi.dk/shop/in nolux-rondo-400-835p.html
2.	Innolux	Aurora dim	 https://www.lysterapi.dk/shop/in nolux-aurora-dim-465p.html
3.	IKEA	Floalt	 https://www.ikea.com/dk/da/catalog/products/10302969/




Natlys

Formålet er give borgeren dæmpet rødt lys med en CS-faktor < 0,1 om aftenen og natten, så borgere kan orientere sig og være trygge. Desuden at undgå hvidt kraftigt lys.

VIRKSOMHED	PRODUKT	FOTO	KILDE
4.	Glød IVS	Glød	 https://www.gloedarhus.dk/
5.	Philips	Scene Switch	 https://www.lampeguru.dk/philips-scene-switch-led-paerer.html
6.	Philips	Lys strip	 https://www.lampeguru.dk/philips-hue-lightstrip-plus-2meters-startsaet.html

Døgnlys

Formålet er at sikre borgeren har belysning igennem hele døgnet med intensivt lys om morgen/formiddag samt dæmpet rødt lys om aftenen og natten.

VIRKSOMHED	PRODUKT	FOTO	KILDE
7.	MotoMuto	Solhylde	 http://www.motomuto.com/
8.	Philips / IKEA	HUE Starter Kit White ambiance E26 / Sollefteå	 https://www.lampeguru.dk/philips-hue-farvet-starter-kit.html
9.	Waldmann	VIVAA FREE	 https://www.waldmann.com/home/health-care/products/free-standing-luminaires/vivaa-free-6f.en.html

Tabel 1.

Se bilag 2 for lysteknologi udvalgt til test.

Metode

Der blev testet på plejehjemmene fra d. 18. marts – 26. april 2019.

Indledningsvist blev der foretaget en gennemgang af litteraturen. Der blev søgt på både dansk og engelsk på emneordene; døgnrytmelys, lys, demens, søvn, træthed, depression, angst, hørtræte variabilitet, melatonin, cortisol, serotonin, lysstyrke, farvespektrum og circadian stimulus factor.

Efterfølgende blev der afholdt sparringsmøder med både tekniske og sundhedsfaglige personer fra forskellige videns-institutioner.

De inkluderede borgere gav samtykke til deltagelse på baggrund af informeret eller stedfortrædende samtykke. (Bilag 3)

Metodisk har det været vigtigt at evaluere teknologierne med både kvantitative og kvalitative data. Ydermere er der i designet fokus på evidens og objektivitet i evaluering af belysningsløsninger.

Teknologisk undersøgelse

Aarhus og Københavns Kommune har indgået et samarbejde med Aalborg Universitet, Department of Architecture, Design and Media Technology om teknologisk undersøgelse og evaluering af 17 udvalgte belysningsløsninger.

Lysløsningerne er evalueret og valideret på deres visuelle og non-visuelle kvaliteter, samt via målinger med specialudstyr i et lyslaboratorie. Lysstyrke og CS-faktor blev målt ved en afstand på hhv. 20, 50 og 100 cm. Resultaterne er præsenteret i rapport "Evaluating portable circadian lighting market" (Bilag 4) samt artikel "Kvalificering af døgnrytmelys" (Bilag 5).

Alle teknologier blev målt på følgende parametre:

Lysstyrke (LUX)

Farve temperatur (Kelvin)

Døgnrytme/Circadian stimulus faktor (CS-faktor)

Flicker (Flimmer)

CRI (Farvegengivelsesindeks)

GAI (Farvemætning)

Glare (Blænding)

CS-faktor

CS-faktoren har været den primære vurderingsparameter. CS-faktoren bruges til at vurdere den ikke-visuelle virkning af belysningen og er baseret på grundlæggende viden om øjets fysiologi samt den proces hvormed nethinden omdanner lys til neurale signaler for kredsløbssystemet fra responsgrænsen til responsmætning.

Seks tidligere udførte feltundersøgelser med CS-faktor har indikeret, at en circadian stimulus leveret i dagtimerne større end eller lig med en værdi på 0,3 er forbundet med bedre søvn, bedre humør og mindre risiko for depression.

Herunder viste det sig at Alzheimer patienter som blev udsat for en CS-faktor på 0,3 om dagen og mindre end 0,1 om aften øgede deres søvnmængde, bedre søvnkvalitet og reducerede deres symptomer på depression og agitation.

En CS-faktor på 0,3 om dagen og mindre end 0,1 om aften og nat anvendes som vurderingsparametre for den videre afprøvning af belysningsløsningerne i test.

Metode

Generic Circadian Lighting Levels

Time	Lux	Kelvin
1	3	2500
2	3	2500
3	3	2500
4	3	2500
5	3	2500
6	3	2500
7	50	2500
8	200	3000
9	500	6500
10	500	6500
11	400	4500
12	200	4500
13	200	4500
14	200	4500
15	200	4500
16	200	3500
17	200	3000
18	200	2700
19	150	2700
19.30	150	2700
20	100	2700
20.30	50	2500
21	3	2500
22	3	2500
23	3	2500
24	3	2500

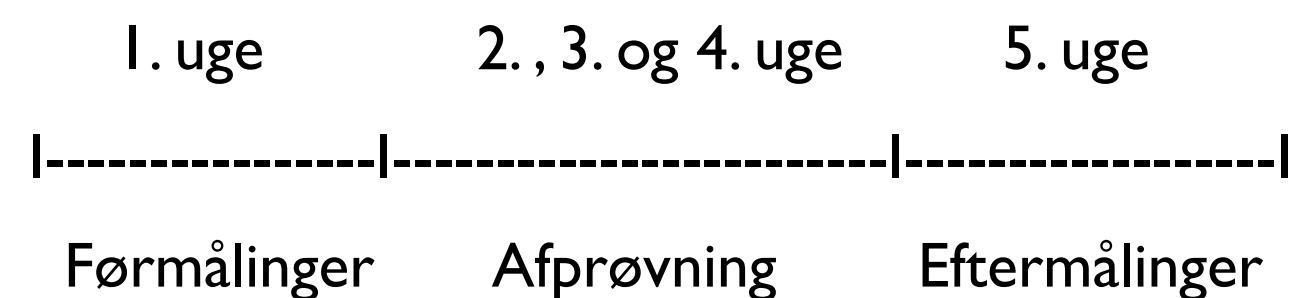
Tabel 2 viser en generisk lysanbefaling til ældre udviklet af AAU.

Fysiologisk undersøgelse

I udvælgelse af fysiologiske parametre er den aktuelle litteratur gennemgået og der har været tæt dialog med tre sundhedsfaglige forskere inden for fysiologisk effekt af lys. Det har ført til vurdering af fire parametre via standardiserede medicinske scoringsskemaer (Bilag 6):

- Søvn The Sleep Disorder Inventory
- Træthed Epworth Sleepiness Scale
- Angst Geriatric Anxiety Scale
- Depression Geriatrisk Depressionsskala

Scoringsarkene er blevet oversat til dansk. De fire scoringsskemaer blev udfyldt af medarbejdere med kendskab til den enkelte borger. Der blevet foretaget før- og eftermålinger over de fem uges periode med udgangspunkt i nedenstående model:



Metodisk har der været fokus på tre overordnede undersøgelsesområder: teknologisk-, fysiologisk- og brugeroplevelse.

Brugerundersøgelse

De forskellige belysningsløsninger blev drøftet i fire fokusgruppeinterviews i henholdsvis Aarhus og København i den sidste del af interventionsperioden. Løsningerne blev vendt ift. oplevelse, betjening, design, effekt og ønsker. Desuden blev der givet en score fra 1 til 5, hvor 5 er det højeste.

Fokusgruppeinterviewene havde repræsentanter fra både dag-, aften- og nattevagten. Interviewene blev foretaget med afsæt i en interviewguide (Bilag 7.)

Den kvalitative brugerundersøgelse blev suppleret med et spørgeskema med de overordnede parametre: betjening, design, lyset og effekt.

Spørgeskemaer blev udleveret i den sidste del af afprøvningen. Borgere, pårørende og medarbejdere havde alle mulighed for at udfylde spørgeskemaet (Bilag 8).

Materiale

Målgruppen for projektet var borgere i plejeboliger. Grundet aldersforandringer i øjet har ældre en nedsat evne til at optage dagslys. Plejehjemsbeboere har ofte begrænset mobilitet og kommer mindre udenfor, hvilket disponerer dem for at være i underskud af et tilstrækkeligt lysindtag.

I alt deltog 26 borgere i test. I Københavns Kommune på Plejehjemmet Rundskuedagen blev der inkluderet 13 borgere i test.

I Aarhus Kommune på Plejehjemmet Ceres Huset blev der inkluderet 13 borgere i test.

I undersøgelsen skelnes der mellem tre typer af plejehjemsborgere i forhold til mobilitet og bevægemønstre:

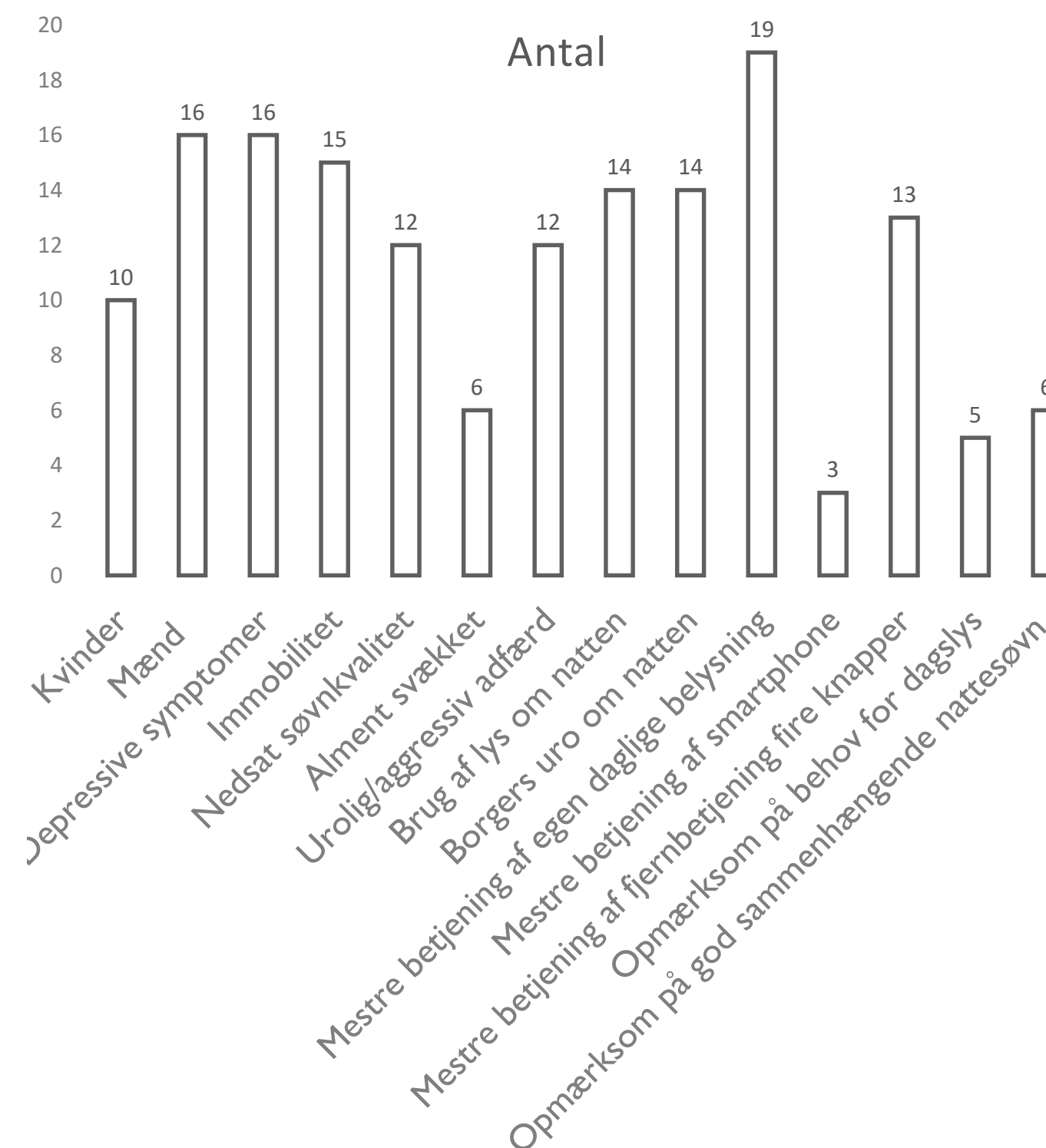
Immobil borgere - sengeliggende

Borgere med nedsat mobilitet - opholder sig primært i egen bolig

Mobile borgere - opholder sig primært i fællesrum

Alle borgere har deltaget på baggrund af et informeret eller stedfortrædende samtykke. Alt data er blevet håndteret i overensstemmelse med Københavns og Aarhus Kommunes retningslinjer for IT-sikkerhed.

Nedenstående tabel illustrerer en samlet baseline status på de 26 inkluderede borgere. (Bilag 9)



For målgruppen blev der opstillet en række in- og eksklusionskriterier som kontaktpersonen på de to test steder benyttede til udvælgelse af borgere:

Inklusionskriterier

Demens og andre kognitive udfordringer:

- Depressiv og nedtrykt adfærd
- Udadreagerende og aggressiv adfærd
- Vrede
- Initiativløshed
- Utryghed og angstpræget adfærd

Nedsat søvnkvalitet:

- Træthed
- Manglende sammenhæng i søvn
- Mange vågne perioder om natten
- Borgere med svær indslumring
- Følelse af håbløshed

Eksklusionskriterier

- Svær diabetes
- Stærkt nedsat syn
- Grå stær
- Epilepsi

Resultaterne for de enkelte belysningsløsninger findes på de efterfølgende sider i følgende tre kategorier; intensivt lys, natlys og døgnlys.

Intensivt lys Rondo



Beskrivelse

Rondo fra Innolux, er en lysterapilampe hvis formål er at give intensiv lyspåvirkning i en afgrænset periode på 30-60 min/dag. Lyset gives i perioden kl. 7-11. En timer blev i testfasen opsat for at forhindre brug udenfor anbefalet tidsrum.

Pris 1.795,-

Konklusion & Anbefaling

Score 1,5 / 5

Manglende accept af lampen samt kognitiv udfordring medførte at borgerne ingen gavn havde af lyset. For at sikre effekt, bør lyset bruges som intensiv behandling med styring fra medarbejder.

Det anbefales at være meget opmærksom på lampens placering og afstand til borger og opstille lampen indenfor en radius af 1 m. for ønsket effekt.

Det anbefales at benytte intensivt lys hvis design ligner en almindelig lampe for at højne accepten af lampens tilstedeværelse i rummet.

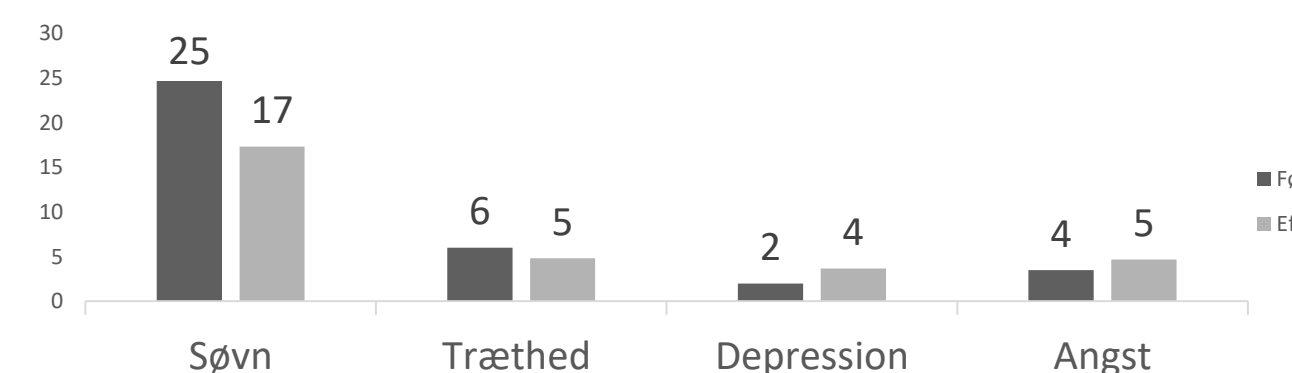
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20	50	100
Vertical Illuminance from distance(Lux)	4160	1193	453
Color Temperature Avg(Kelvin)	4000		
Circadian stimulus value(CS)	0,641	0,487	0,302

Fysiologisk undersøgelse

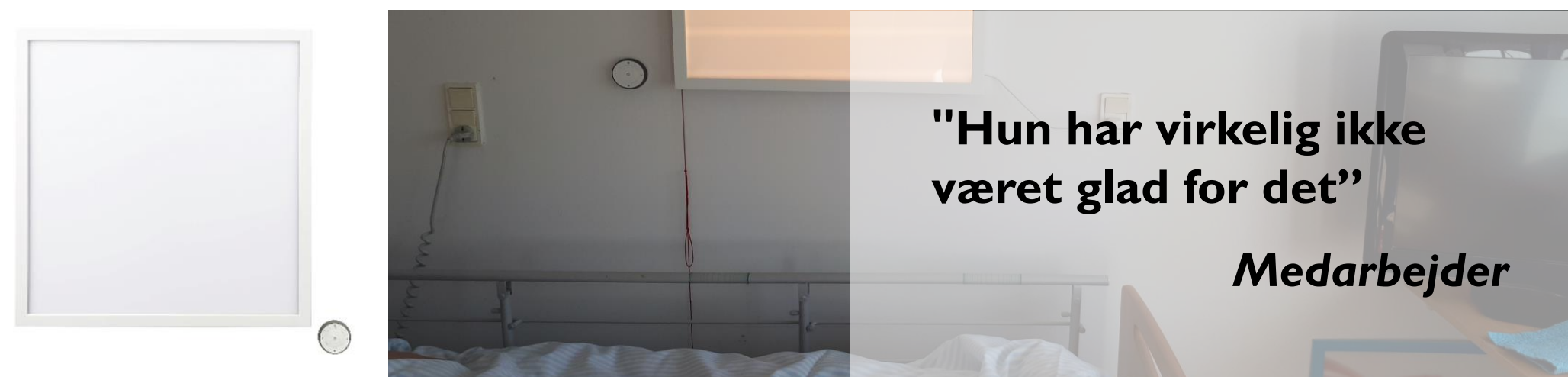
Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 4 borgere:



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Borgerne fandt ingen mening med lyset. De syntes det var for kraftigt.
- Betjening: Lampen lyste automatisk grundet timerfunktion. Borgerne betjente således ikke lampen selv.
- Design: 50% mente lampen passer ind, 50% mente ikke den passer ind.
- Effekt: Lampen havde ikke effekt på borgerne. Borgerne opholdt sig ikke nok i egen lejlighed til at få effekt af lyset.

Intensivt lys Floalt



Beskrivelse

Floalt fra Ikea, er en væghængt lysskærm hvis formål er at yde lysterapi om formiddagen og aktivitetsbaseret lys henover dagen. Bruges sammen med medfølgende trådløs lys dæmper. Skærmen har tre farveindstillinger og kan ydermere reguleres i lysstyrke. Floalt kan kobles til Hue app.

Pris 1.028,-

Konklusion & anbefaling

Score 1 / 5

Der er ikke opnået den ønskede effekt da alle borgerne mente at skærmen og lyset var unaturligt og derfor slukkede.

Det anbefales at benytte en mobil lampe som virker hjemlig for at højne accepten af lyset som intensiv behandling med styring fra medarbejder.

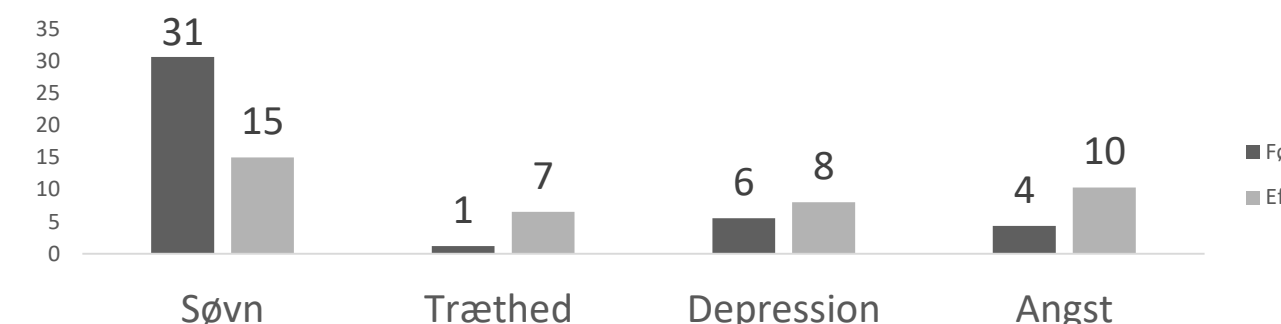
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50			100		
3 CCT presets	Cold	Mid	Warm	Cold	Mid	Warm	Cold	Mid	Warm
Vertical Illuminance from distance(Lux)	8183	7208	6604	3517	3111	2843	1174	1035	954
Color Temperature Avg(Kelvin)	4149	2757	2246	4134	2758	2252	4115	2756	2246
Circadian stimulus value(CS)	0,68	0,67	0,66	0,64	0,64	0,60	0,51	0,52	0,45

Fysiologisk undersøgelse

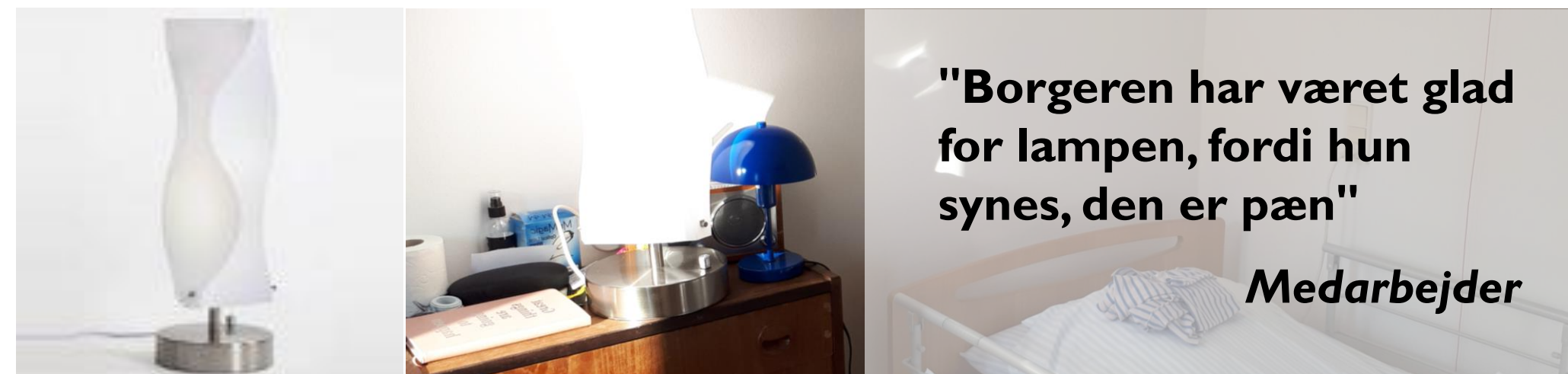
Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 3 ud af 4 borgere:



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Lysstyrken oplevedes som kraftig og unaturlig, hvorfor Floalt var slukket det meste af tiden. Borgerne ser ikke pointen med lyset og alle fire borgere har fået taget lyset ned før tid. Én borger udviste aggressiv adfærd efter opsætning af lyset.
- Betjening: Betjeningen fungerede fint, borgerne slukkede dog for lyset.
- Design: 50% mener skærmen passer ind, 25% mener den skæmmer og 25% ved ikke. Lampen virker unaturlig og voldsom, lyset blænder og generer.
- Effekt: Ingen effekt pga. manglende brug og accept af lampen.

Intensivt lys Aurora



Beskrivelse

Aurora fra Innolux, er en lysterapilampe hvis formål er at give intensiv lyspåvirkning i en afgrænset periode på 30-60 min/dag. Lysstyrken kan reguleres med en drejeknap så produktet både kan variere i lysstyrke fra meget kraftig til meget svag og kan derfor bruges både som terapilampe og almindelig rumbelysning. Lyset gives i en periode mellem kl. 7-17. Én timer blev opsat for at forhindre brug udenfor anbefalet tidsrum.

Pris 1.795,-

Konklusion & Anbefaling

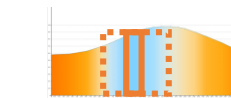
Score 3,5 / 5

Accept af lampens design medfører at borger accepterer lyset og lampens tilstedeværelse.

Det anbefales at være meget opmærksom på lampens placering og afstand til borger og opstille lampen indenfor en radius af 1 m. for ønsket effekt.

Aurora anbefales som intensivt lys grundet design, accept samt CS-faktor, forudsat at den bruges og opstilles som anbefalet.

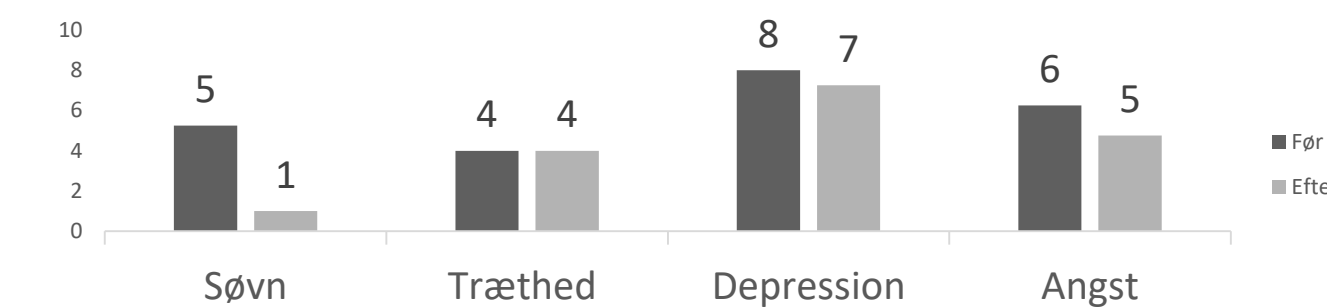
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50			100		
1 static Color Temperature over 3 dimming levels	High	Mid	Low	High	Mid	Low	High	Mid	Low
Vertical Illuminance from distance(Lux)	3813	1948	116	952	542	35	543	123	21
Color Temperature Avg(Kelvin)	4189								
Circadian stimulus value(CS)	0,634	0,561	0,092	0,439	0,325	0,027	0,325	0,097	0,016

Fysiologisk undersøgelse

Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 4 borgere:



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Aurora er blevet meget positivt modtaget. Lyset er behageligt.
- Betjening: Lampen har lyst automatisk grundet timerfunktion, dette fungerede fint.. Borgerne har således ikke betjent lampen selv.
- Design: 100 % mener lampen passer ind i borgers hjem. Lampen er pæn og passer ind, derfor glad for lyset.
- Effekt: Delvist effekt oplevet. Borgers eksponering overfor den rette mængde lys er tvivlsomt grundet lampen placeret for langt fra borgerne samt at borgerne ikke nok i eget hjem.

Natlys Glød



"Hun giver mere udtryk for, at hun egentlig gerne vil ned i egen bolig. Hvor hun før i tiden blev meget vred, men også blev lidt utryg af at være dernede. Nu finder hun lidt mere ro dernede."

Medarbejder

Beskrivelse

Pris 750,-

Glød, er en lampe, hvis formål er at yde dæmpet rød natbelysning. Lampen kan også skifte til hvidt lys. Lysstyrken kan reguleres med en drejeknap så produktet kan variere i lysstyrke.

Glød er testet med én timer i 50% af scenarierne. Lampen lades op via USB og har 30 timers batteritid.

Konklusion & Anbefaling

Score 5 / 5

Der er oplevet god effekt hos alle borgere. Positive resultater på effekt, design, betjening og oplevelse. Borgerne oplever tryghed ved rødt lys hele natten.

Natbelysning er interessant at gå videre med pga. enkel opsætning, betjening og mobilitet.

Potentiale for brug af Glød's hvide lys som arbejdsbelysning er ikke udfoldet. Der er potentiale i en lampe som både kan lyse rødt og hvidt.

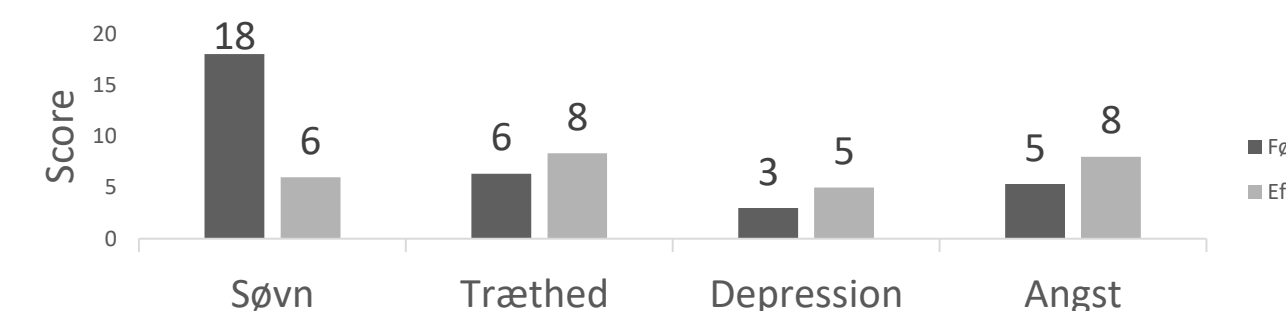
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20	
2 colors presets	Red	Warm white
Vertical Illuminance from distance(Lux)	2	3
Color Temperature Avg(Kelvin)	-	1747
Circadian stimulus value(CS)	0,01	0,04

Fysiologisk undersøgelse

Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 3 ud af 4 borgere:



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Rødt lys giver tryghed om natten. Rødt lys ikke kraftigt nok til, at personalet kan arbejde i det om natten.
- Betjening: Det oplevedes som positivt at man kunne justere lysstyrken.
- Design: 100% mener lampen passer ind. Fint, diskret design.
- Effekt: Nattevagt oplever at borgeren sover og har færre kald om natten. Borger oplever ro, tryk nat og er ikke længere dørsøgende om natten. En borger der normalvis tager ble og natdragt af om natten, gør ikke længere dette. Sover bedre og er ikke længere psykotisk om morgenen.

Natlys Scene Switch



Beskrivelse

Pris 99,95

Scene Switch er en pære som betjenes via almindelig kontakt, enten på væg eller på lampe. Pæren har tre lysindstillinger som betjenes v. hhv. 1, 2 eller 3 klik på kontakten.

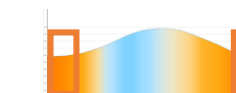
Under test er Scene Switch indsat i Phillips armatur i borgers hjem.

Konklusion & Anbefaling

Ingen score

Scene Switch's svageste lyseffekt er for kraftig til natbelysning. Pæren vil muligvis kunne bruges som arbejdsbelysning, dette kræver introduktion til medarbejderne.

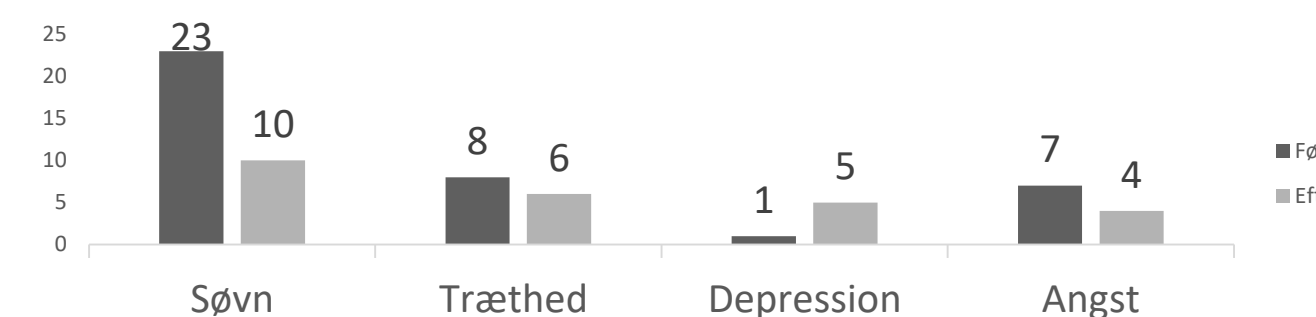
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50		
3 CCT presets	2300	2500	2700	2300	2500	2700
Vertical Illuminance from distance(Lux)	58	252	748	20	88	250
Color Temperature Avg(Kelvin)	2229	2579	2768	2214	2584	2783
Circadian stimulus value(CS)	0,05	0,23	0,45	0,02	0,1	0,02

Fysiologisk undersøgelse

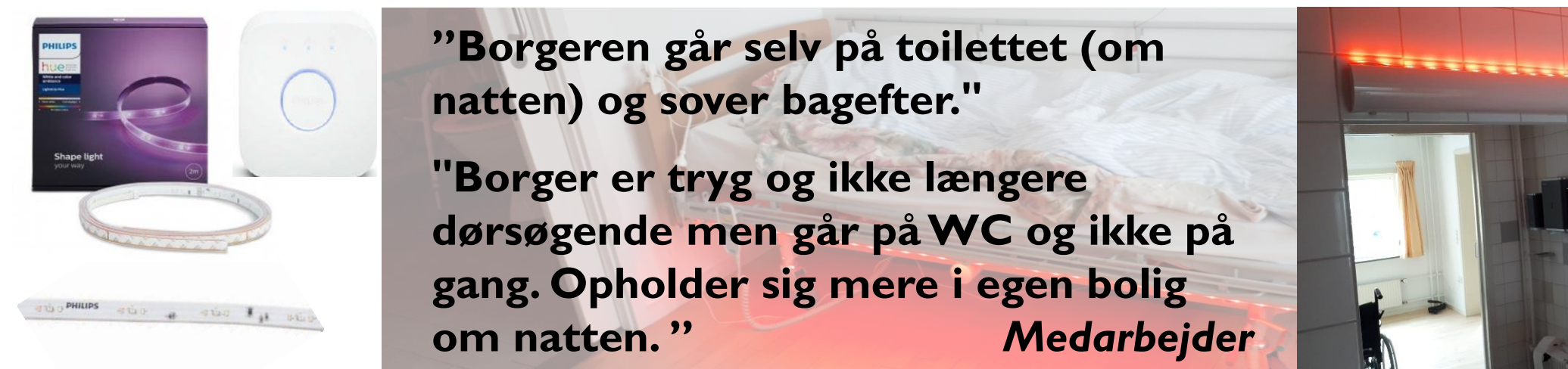
Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 1 borger.:



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Scene Switch opleves som havende for skarpt lys om natten til natbelysning og den er derfor ikke brugt meget, hverken af borger eller medarbejdere.
- Betjening: Betjening sker på kontakt på lampe, dette er uproblematisk. Medarbejdere har ikke været opmærksomme på de tre 3 forskellige lyssætninger.
- Design: 100% mener lampen passer ind.
- Effekt: Der er ikke set effekt, da lampen har været slukket meget.

Natlys Hue Strip



"Borgeren går selv på toiletet (om natten) og sover bagefter."

"Borger er tryk og ikke længere dørsøgende men går på WC og ikke på gang. Opholder sig mere i egen bolig om natten."
Medarbejder

Beskrivelse

Hue strip fra Phillips, er en intelligent lysstrip som monteres i boligen. Formålet er at yde dæmpet rød natbelysning og natguidning.

Pris 2.099,75

Lyset aktiveres via bevægelsessensor under sengen. Sensoren tænder simultant en strip under seng og strip på badeværelse.

Lyset indstilles via app og opsætning kræver en bridge samt wi-fi.

Konklusion & anbefaling

Score 5 / 5

Meget positiv effekt hos alle borgere. Der er positive resultater på effekt, design og oplevelse.

Guidet natbelysning som tændes automatisk ved bevægelsessensor anbefales.

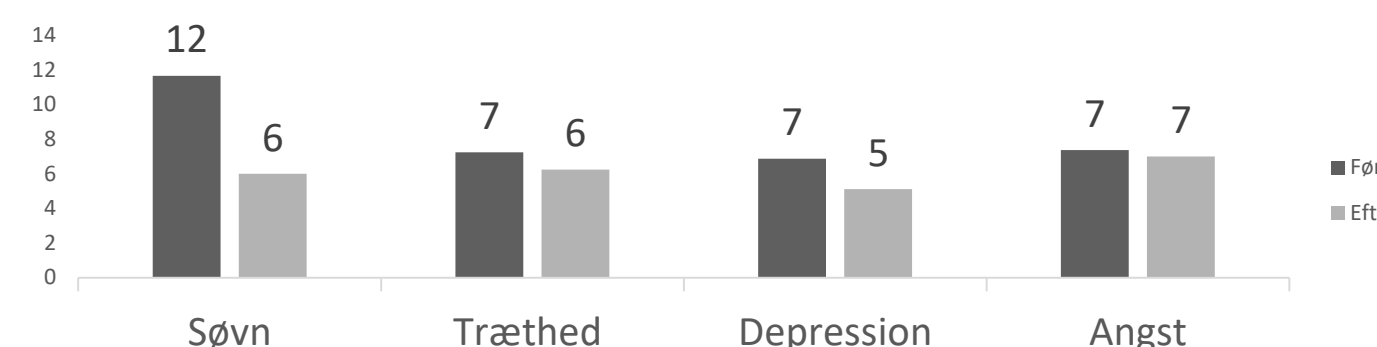
Træning af medarbejdere i brug og opsætning af Hue Strip er nødvendig.

Teknologisk undersøgelse

Ikke undersøgt

Fysiologisk undersøgelse

Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 1 borger. :



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Hue lysguidning opleves som "forrygende" og meget positivt. Borgere kommer ikke længere på gangene og er mindre aktive om natten. Både RGB rødt lys og "Relax" har været nok til arbejde med at tømme kateter, men kræver mere lys ved fx bleskift. Godt med placering under seng og på badeværelse. Både medarbejdere og borgere har været begejstrede for automatisk tænding med bevægelsessensor.
- Betjening: Løsningen er kompleks i opsætning og installation, da den er afhængig af wifi, smartphone, app samt bridge. Lyset ophører hvis strømmen afbrydes og wifi skal kobles til for at lysætningen genfinder oprindelig opsætning.
- Design: 100% mener lampen passer ind. Lyset opleves som flot, blødt og behageligt.
- Effekt: Der er oplevet meget god effekt, borgernes natteuro er reduceret, der opleves bedre søvn og mindre angst. Medarbejderne oplever færre kald og derfor mindre arbejde om natten.

Døgnlys Floalt + Hue Strip



Beskrivelse

Floalt fra Ikea, er en væghængt lysskærm hvis formål er at yde lysterapi om formiddagen og aktivitetsbaseret lys henover dagen.

Lyssceneriet er suppleret med Hue strip opsat i bad og under seng. Se yderlig beskrivelse slide Hue Strip.

Pris 3.097,-

Konklusion & Anbefaling

Der ses en tendens til at der med kombinationen af lysguidning og intensivt lys kan der opnås god effekt.

Floalt virker dog voldsom og er ikke mobil, hvorfor andre løsninger er mere relevante.

Score 4 / 5

Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50			100		
3 CCT presets	Cold	Mid	Warm	Cold	Mid	Warm	Cold	Mid	Warm
Vertical Illuminance from distance(Lux)	8183	7208	6604	3517	3111	2843	1174	1035	954
Color Temperature Avg(Kelvin)	4149	2757	2246	4134	2758	2252	4115	2756	2246
Circadian stimulus value(CS)	0,68	0,67	0,66	0,64	0,64	0,60	0,51	0,52	0,45

Fysiologisk undersøgelse

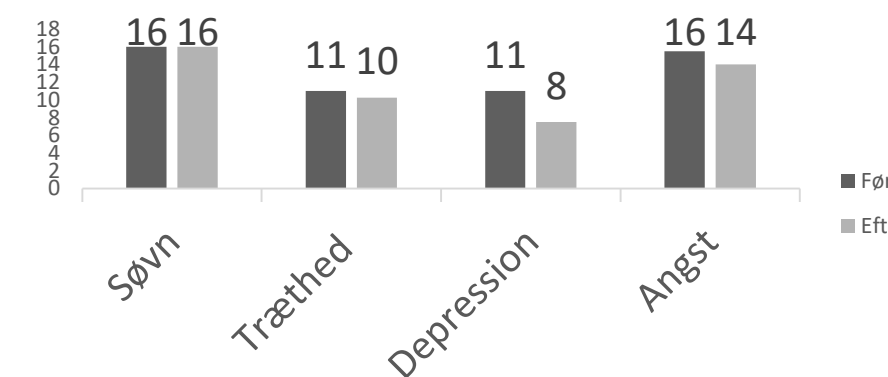


Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 2 borgere ud af 3. En borger er ekskluderet fra målingerne da denne har reageret meget aggressivt og destrueret lysopsætningen.

Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Der har været divergerende oplevelser af lysskærmen; enten en accept eller at den ikke passer ind i boligen eller til borgerens funktionsniveau. Skærmen er ikke mobil og kan derfor ikke let flyttes hvis borger ændre vaner. Én borger nød lyset fra Hue Strips.
- Betjening: Betjening af lysskærm fungerer fint. Lysstyrke er blevet nedtonet om natten under test. Betjening af Hue strip fungerer fint. Én borger har oplevet hvidt lys om natten.
- Design: 50% mener lyset passer ind, 50% mener ikke det passer ind.
- Effekt: Én borger oplever at være tryk i egen hjem, bedre søvn og lettere ved at falde i søvn. Borgeren kan nu til tider sove i egen seng frem for på sofaen. De pårørende oplever, at borgeren mere positiv. To borgere har ikke oplevet effekt.

Døgnlys Solhylde + Hue Strip



Beskrivelse

Solhylden fra Moto Muto er en væghængt lysskærm med integreret hylde, hvis formål er at yde lysterapi om formiddagen og aktivitetsbaseret lys henover døgnet.

Skærmen har i test haft fire farveindstillinger. Betjenes via kontakt på væg. Solhylden har tunable white og RGB. Lyssceneriet er suppleret med Hue strip opsat i bad og under seng.

Pris 16.944,-

Konklusion & Anbefaling

Der ses en tendens til at der med kombinationen af lysguidning og intensivt lys kan der opnås god effekt.

Designet af solhylden er god, den skal dog kunne styres automatisk.

Score 5 / 5

Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50			100		
	Cold	High Lux	warm	Cold	High Lux	warm	Cold	High Lux	warm
3 CCT presets									
Vertical Illuminance from distance(Lux)	9056	13204	701	4320	6294	332	1674	2442	128
Color Temperature Avg(Kelvin)	7612	4541	1879	7510	4521	1881	7310	4463	1879
Circadian stimulus value(CS)	0,693	0,691	0,433	0,682	0,678	0,29	0,644	0,632	0,14

Fysiologisk undersøgelse

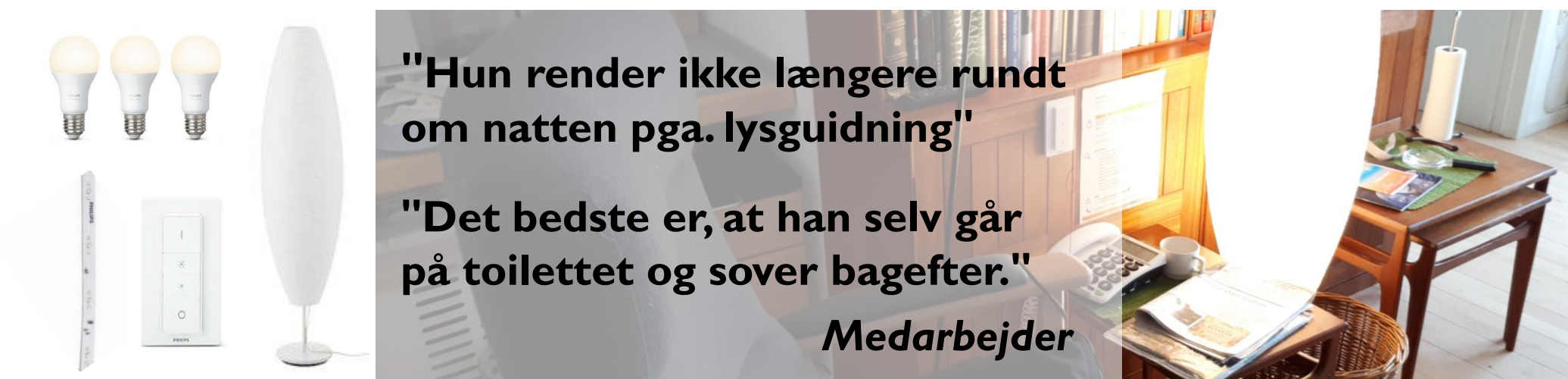
Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 2 borgere.



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Skærmen er ikke mobil og kan derfor ikke let flyttes hvis borger ændrer vaner. Opleves som positivt at skærmen kan hjemliggøres ved at sætte personlige ting på hylden. Én borger oplever skærmens røde lys som for kraftigt.
- Lyset fra Hue Strip er godt til guidning og tilsyn. Ved bleskift o.a. er der generelt behov for mere arbejdsbelysning.
- Betjening: Det opfattes generelt negativt at solhylden ikke styres automatisk. Medarbejderne glemmer at slukke den om aftenen, så nattevagten har oplevet kraftigt lys om natten. Lysguidning har været rigtig god. Én borger har styret systemet 100% autonomt i forhold til manual med 4 x skift dagligt.
- Design: 100% mener lampen passer ind. Solhylden opleves som stor, dog gør designet med hylden at solhylden accepteres.
- Effekt: Der er opnået god effekt. Borgere oplever bedre og dybere søvn, roligere morgener samt er mindre aktive om natten. En borger oplever reduceret natte uro: nu uro én af 11 nætter, før 4/7 nætter.

Døgnllys Hue white ambiance + Sollefteå + Hue Strip



Beskrivelse

Pris 3.827,-

Hue white ambiance pære fra Phillips, er en intelligent pære som integreres i eksisterende lamper. I test er tre pærer installeret i Sollefteå lampe fra Ikea. Formålet er at yde lysterapi om formiddagen og aktivitetsbaseret lys henover døgnet.

Lyset reguleres via app og opsætning kræver en bridge samt wi-fi. Appen har fire forudindstillinger og kan reguleres i lysstyrke. Betjenes via batteridrevet kontakt på væg. Hue strip opsat i bad og under seng. Se yderlig beskrivelse side 16 Hue Strip. Sokkeladapter fra E14-E27 er brugt.

Konklusion & Anbefaling

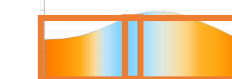
Score 5 / 5

Ved kombinationen af lysguidning og intensivt lys, matchet med borgerens behov, kan der opnås god effekt.

Designet af standerlampen er god, den er hjemlig og accepteres af borger.

Princip standerlampe er godt at arbejde videre med grundet signal om hjemlighed og mobilitet.

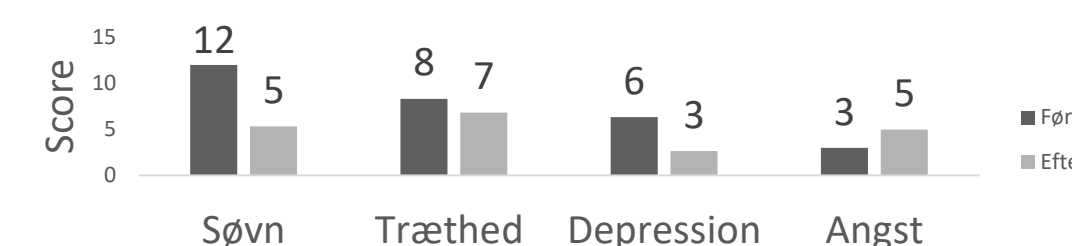
Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20				50			
	Relax	Read	Concentrate	Energize	Relax	Read	Concentrate	Energize
4 CCT presets								
Vertical Illuminance from distance(Lux)	317	514	622	393	149	243	289	176
Color Temperature Avg(Kelvin)	2341	2975	4378	6221	2340	2967	4368	6312
Circadian stimulus value(CS)	0.25	0.40	0.39	0.40	0.13	0.25	0.24	0.25

Fysiologisk undersøgelse

Illustration af scoren for hhv.: søvn, træthed, depression og angst for 3 borgere.



Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Mørkeræd borger som tidligere tissede i sengen, kan nu selv gå på toilettet om natten. Svært at accepterer at lys er tændt hele tiden, spild af energi. Rødt lys om natten har fungeret og været nok til arbejde som at tømme kateter, men kræver mere lys ved fx bleskift. Lyset fra Hue Strip er godt til guidning og tilsyn.
- Betjening: Lampen lyser automatisk. Borger slukker selv standerlampen efter behov.
- Design: 100% mener lampen passer ind. Lampen er fin og ser dyr ud.
- Effekt: Alle tre borgere har oplevet god effekt. Borgerne oplever mindre nattevandring, vågner tryggere, kan selv gå på toilettet samt oplever mindre angst. Tidligere kraftigt lys kan holdes slukket om natten. Pårørende er positive.

Døgnlys Viva Free



"Lampen passer godt ind i arealerne. Lampeskærmene skal være hvide og ikke sorte, fordi det anbefales, at man ikke bruger sorte farver til personer med demens." *Medarbejder*

Beskrivelse

Pris 10.312,-

Viva Free fra Waldmann's, er en standerlampe med integreret automatisk døgnrytmelys. Formålet er at yde lysterapi om formiddagen og aktivitetsbaseret lys henover døgnet. Tændes og slukkes via kontakt på lampe. Viva Free har tunable white.

Konklusion & Anbefaling

Score 5 / 5

Designet opfattes som god.

Lampen bør opsættes i et fællesområde, hvor der er aktivitet på tværs af døgnet.

Borger bør sidde lige under lampen for at opnå effekt.

Teknologisk undersøgelse



Distance(cm)	20			50		
	3000	4300	6500	3000	4300	6500
3 custom CCT						
Vertical Illuminance from distance(Lux)	252	247	258	141	138	146
Color Temperature Avg(Kelvin)	3124	4264	6492	3123	4262	6467
Circadian stimulus value(CS)	0,26	0,23	0,34	0,17	0,14	0,23

Fysiologisk undersøgelse

Viva Free var under test opsat i fællesrum, derfor findes der ingen fysiologiske data.

Brugerundersøgelse

- Oplevelse: Lampen opleves som passende godt ind i miljøet. Dagslys og en opak skærm gør at medarbejderne har været i tvivl om lampen har været tændt.
- Betjening: Lampen lyser automatisk 24/7.
- Design: 100% mener lampen passer ind.
- Effekt: Der er ikke oplevet effekt, da lampen har været opstillet i fælles arealer for langt fra borger.

Diskussion

Match mellem borger og løsning er essentiel

Match mellem løsning og borger

Overordnet har målet været at kvalificere eksisterende personlige belysningsløsninger tilpasset den enkelte borger. En forudsætning for at personificere løsningen har været at matchet mellem løsninger og borgere blev truffet på et korrekt grundlag.

En kontaktperson på de enkelte plejecentre har, via dialog med de forskellige vagtlag, udvalgt borgerne til test. Kontaktpersonerne har dog ikke haft det fornødne kendskab til de enkelte belysningsløsninger til, i alle tilfælde at kunne lave det rigtige match. Således er der borgere der er blevet inkluderet, hvor løsninger ikke har matchet borgerens behov og forudsætninger. Tilsvarende kunne inklusionskriterierne præciseres og forbedres.

Kontaktpersonerne kunne med fordel været klædt bedre på med kendskab til teknologierne bl.a. ved at have haft mulighed for se og teste dem.

Borgerne kunne med fordel være screenet systematisk ud fra et screeningsark før matchet med teknologi.

Mængden af lys

Evalueringsdesignet giver ikke mulighed for at måle mængden af lyset som borgerne opholder sig i. Det har ikke været muligt at måle hvor borgerne opholder sig og om de har fået den rigtig mængde og type lys på det optimale tidspunkter.

Ligeledes oplevede medarbejderne at lyset enkelte steder ikke altid fulgte protokol og skulle programmeres om.

”Udvælgelsen af borgere kunne foregå på tværfaglige møder med aften- og nattevagterne.”

Medarbejder

Teknologisk undersøgelse

Den teknologiske undersøgelse er foretaget i et tæt samarbejde med Aalborg Universitet, Dept. of Architecture, Design and Media Technology. Deres ekspertise har bevirket en stor troværdighed af den teknologiske evaluering af belysningsløsningerne.

Den tætte dialog har givet god sparring og udvælgelse af teknologierne i en tidlig fase og inden test i praksis. Der kunne med fordel have været etableret en testlejlighed med de forskellige belysningsløsninger til demonstration, afprøvning, test, programmering og etablering af lyset.

Den teknologiske udvælgelse af lysløsningerne bygger overvejende på målinger af CS-faktoren og AAU ekspertvejledning. Der er i forskningsmiljøet diskussion om denne CS-faktoren er en 'god nok' parametre til at vurdere ud fra. Valget er truffet ud fra nuværende viden og forskning på området.

Diskussion

Fysiologisk undersøgelse

Målet var at teste flere forskellige eksisterende belysningsløsninger. Det har bevirket, at der har været en lille population til de forskellige belysningsløsninger.

Generelt er før- og eftermålingerne er fortaget af forskellige medarbejdere og enkelte steder har borgere selv været med til at score på de fysiologiske parametre. Der er således været forskellige udgangspunkt og syn på udfyldning af scoren. Ikke alle medarbejderne har fået den fornødne undervisning til at udfylde skemaerne. Det resulterer i lav validitet og reliabilitet.

Medarbejdernes motivation for udfyldning af skemaerne har været størst i forhold til før-målingerne og det har været svært at få eftermålingerne indsamlet.

Det har været svært for medarbejderne at udfylde scoringsarket for søvn. Tilbagemeldingerne har været at skemaerne var for komplekse. Det blev løst ved at projektlederne vejledte medarbejderne til at udfylde skemaerne. I AAK blev før- og eftermålingerne for søvn udfyldt af samme

medarbejdere fra nattevagten. I KK blev skemaerne udfyldt af nattevagten. De fysiologiske data kan således tages med forbehold og bruges til at se tendens og retninger til den videre proces. Søvn, træthed, angst og depression er alle relevante parametre at vurdere lysets betydning ud fra. Fremadrettet kan der med fordel anvendes automatiseret data opsamling.

Evalueringen er et eksempel på udfordringer ved at bygge et testmiljø i praksis med høj validitet og reliabilitet.

Data for de forskellige løsninger bygger flere steder kun på data fra en til to borgere.

Brugerundersøgelse

Brugerundersøgelsen bygger på både kvantitativ og kvalitativ data. De kvantitative data med spørgeskema er udfyldt af både borgere, medarbejdere og pårørende.

Data for de forskellige løsninger bygger flere steder kun på data fra en til to borgere. Det er en meget lille population at vurdere løsninger på. Data fra spørgeskemaet indgår derfor kun enkelte steder i resultaterne.

Medarbejderne har i fokusgruppeinterview bidraget med stort engagement og feedback på de enkelte løsninger. Her har været deltagelse fra de forskellige vagtlag. Det er således lykket at få mange meninger og bred repræsentation af medarbejdere. Medarbejderne har desuden haft mulighed for at give feedback, kommentarer og meninger via logbøger.

”Vi skal ikke have en hel masse at pille ved. Det skal bare virke.”

Medarbejder

Cases

Case Intensivt lys

Hjemlighed

Anne er alderssvækket og træt. Hun sover dårligt og tilbringer generelt megen tid i sengen.

Under test har Anne haft intensivt lys ved Floalt. Lampen har tændt automatisk ved timer.

Lysstyrken oplevedes som kraftig, blændende og generende, hvorfor Floalt var slukket det meste af tiden.

Anne ser ikke pointen med lyset og accepterer ikke lampen, da den virker unaturlig og voldsom og ville have foretrukket en almindelig lampe.

Case Natlys

Tryk nat

Magda er psykotisk og tager ble og natdragt af om natten. Hun sover uroligt og vågner angst. Medarbejderne kigger ofte ind for at sikre sig at hun er OK. Ved bleskift tændes loftslampen og hvid lys oplyser rummet, hvilket gør Magda mere oprevet.

Under test har Magda haft natlys ved lampen Glød til at lyse med konstant svagt rødt lys om natten. Nu oplever nattevagten, at Magda normalvis ikke tager ble og natdragt af længere. Hun sover bedre og er ikke længere psykotisk om morgenen.

Case Døgnyls

Lysguidning

Per er dement. Han vågner tit om natten og skal på toilettet, men søger ud på gangene, da lejligheden er mørk og lyset fra døren tiltrækker ham. Medarbejderne guider ofte Per tilbage i seng, her har han svært ved at falde i søvn igen.

Under test har Per haft døgnyls v. skærm i kombination med lysguidning om natten, aktiveret ved bevægelsessensor. Lysguidning tændte med svagt rødt lys under sengen, når Per svingede benene ud over sengekanten. Derved tændtes simultant ligeledes rødt dæmpet lys på badeværelset, og Per kan nu for det meste finde på toilettet uden hjælp.

Nattevagten oplever mindre natterend, at Per er mere tryk og har lettere ved at falde i søvn. De pårørende oplever, at Per er mere positiv.

Konklusion

Overordnet konklusion

Der er indledningsvist testet 17 potentielle belysningsløsninger i samarbejde med Aalborg Universitet og muliggjort en tidlig selektion inden test af løsninger hos borgerne. Et valid beslutningsgrundlag førte til videre test af ni fleksible og omkostningseffektive belysningsløsninger, der blev tilpasset den enkelte borgers behov. Den videre afprøvning i praksis på plejecentre i Aarhus og Københavns kommune har vist stort potentiale indenfor katogierne intensivt lys, natlys og døgnlys. Det har givet et grundlag for videre implementering og/eller videreudvikling af produkter, der matcher borgernes individuelle behov.

Teknologisk undersøgelse

Den teknologiske undersøgelse blev foretaget i samarbejde med Aalborg Universitet og viste, at der var stor variation på målingerne af CS-faktoren på de forskellige belysningsløsninger. Det var således nødvendigt at lave en tidlig selektion af ni forskellige belysningsløsninger inden test i praksis, for at kunne sikre den rigtige type lys til borgernes behov.

Det er helt afgørende at have fokus på oplevelsen, betjening, design samt effekten for at imødekomme borgernes individuelle behov.

Fysiologisk undersøgelse

Data og resultaterne fra de fysiologiske undersøgelser af træthed, angst og depression giver ikke noget entydigt billede grundet metoden. Det kan dermed ikke konkluderes at belysningsløsninger har den ønskede effekt med 10% reduktion på disse parametre.

Metodisk er indsamling af data for søvn mere valid. Her ses i AAK en samlet reduktion på 32%.

På baggrund af de kvalitative resultater er der mange interessante udsagn og cases, som bakkes op af de fysiologiske data på enkelte af belysningsløsningerne. Det vil være relevant at undersøge videre i en større evaluering, hvor der anvendes objektive og mere automatiserede dataindsamlingsmetoder på ovenstående fysiologiske parametre.

Brugerundersøgelse

Resultaterne af brugerundersøgelsen af de tre kategorier har i høj grad kvalificeret mobile og personlige belysningsløsninger. Det er helt afgørende at have fokus på oplevelsen, betjening, design samt effekten for at imødekomme borgernes individuelle behov.

”Han ambulerer ikke længere om natten og tisser heller ikke længere i potteplanterne om natten.”

”Pårørende giver udtryk for at hun er mere klar om dagen.”

Medarbejder

Konklusion

Intensivt lys

Der har været testet tre forskellige løsninger i denne gruppering.

Aurora var design- og lysmæssigt bedst egnet til borgerens behov for intensivt lys.

Der er været delvis effekt hos borgerne. Placering inden for kort afstand til borgeren er afgørende.

Ressourcer

Samarbejdet mellem AAK og KK har resulteret i allokering af ressourcer til nærværende evaluering. Det har bl.a. resulteret i en stor og bred markedsafdækning af eksisterende mobile belysningsløsninger.

Der har i hele forløbet været en god dialog, sparring og diskussion som har styrket projektet.

Natlys

Til natlys blev der testet tre forskellige produkter.

Natlys ved lampen Glød med timer, har været enkel, intuitiv og mobil. Alle fire borgere har haft positiv effekt og oplevelser samt den er nem at betjene og passer ind i borgernes hjem.

Lysguidning med Philips Hue strips og bevægelsessensor har givet positive effekter for borgerne.

Hue Strips har været udfordrende i opsætning og installation. Men har efterfølgende været en god oplevelse for urolige borgere om natten i form af færre kald og mindre arbejde for nattevagterne. Designmæssigt har lyset været flot, blødt og behageligt.

”Hun er ikke længere psykotisk om morgenen.”

Medarbejder

Det er afgørende at belysningsløsningen er mobil og individualiseres til den enkelte borgeres behov.

Døgnylys

I kategorien har der været kombineret forskellige produkter. Disse kombinationer muliggør, at borgerne kan få fuld lyspåvirkning i løbet af dagen.

Hue strips har været gennemgående i alle kombinationerne. Der har generelt være positive tendenser.

Designet med kombination af Philips Hue White Ambiance, Hue strip og lampen Sollefteå har givet de bedste oplevelser.

Kombination af lysguidning og et design med standerlampe giver en fleksibilitet og mobilitet samt effekt for alle tre borgere.

Det er afgørende af belysningsløsningen er mobil og individualiseres til den enkelte borgeres behov.

Anbefaling

Tendenserne i resultaterne af døgnlys viser, at der godt kan være alternativer til store døgnrytmelys løsninger.

Evalueringsdesign

I kommende evalueringsdesign anbefales følgende:

- Match mellem teknologier og borgere f.eks. via screeningsark
- Vurdering og måling af mængden af lys ved observation eller tracking
- Inddrage vidensinstitution i processen for at kvalificere løsningerne teknologisk
- Test af færre løsninger med større population både ift. fysiologiske parametre og brugerundersøgelse
- Automatisk dataopsamling eller oplæring i udfyldning af skemaer og samme person, der laver før- og eftermålinger

Det anbefales at løsninger er hjemlige, mobile, intuitive, og lavteknologiske for at holde kompleksitetsniveau og risiko for fejlhåndtering minimal med bedre implementering for øje.

Intensivt lys

For at få de ønskede effekter er lysløsningens placering tæt på borgeren afgørende. Dertil at designet er hjemligt, mobilt og ligner en normal lampe. Lyset kan med fordel suppleres med belysningsløsninger, hvor borgerne opholder sig som f.eks. i dagligstuen.

For borgerne med kognitive udfordringer vil intensivt lys kræve høj grad af styring fra personalet.

Natlys

De positive tendenser der er set med natlys er interessante at gå videre med. Det er en fordel med en løsning som kan skifte mellem rødt natlys og arbejdslys samt reguleres i lysstyrke, da disse kan bruges både til konstant natbelysning for borgeren samt arbejdsbelysning til medarbejderen. Designet bør være hjemligt.

Lysguidning der tændes med bevægelsessensorer og guider borgerne til toilet har vist meget positive tendenser.

Det er relevant arbejde med rødt eller neddæmpet lys under seng og på toilet som tænder simultant.

En lavteknologisk løsning anbefales for at holde kompleksitetsniveau og fejkilde minimal.

Døgnlys

Tendenserne i resultaterne af døgnlys viser, at der godt kan være alternativer til store døgnrytmelys løsninger. Løsningen kan være en kombination af lysguidning og intensivt lys samt evt. supplement på fællesarealer.

Idealet er en lampe, der er mobil og designmæssigt er som standerlampe der automatisk kan give det rigtige lys på rigtige tidspunkt og kombineres med lysguidning. Det skal kunne opsættes og programmeres meget simpelt og intuitivt.

Overordnet anbefaling

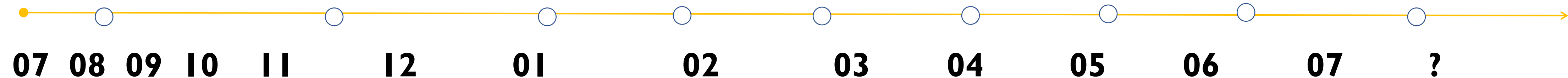
Med udgangspunkt i ovenstående ønsker og krav til de enkelte kategorier kan det anbefales at foretage en mere dybdegående markedsafdækning med potentielt indkøb til følge.

Derudover anbefales det at inddrage effekt for medarbejdere samt økonomiske gevinster samt udforske perspektiv til installation i hjemmeplejen.

Tidslinje

2018

2019



Behov	Marked	Scoping	Screening	Test	Evaluering	Next Step
Behovsafklaring Workshop Evaluering Døgnrytmelys Rosenvang Aak	Samarbejde Aarhus & Københavns Kommune Markedsdialog med 40 deltagere; Virksomheder, praksis, vidensinstitutioner	Markedsafdækning - 139 aktører Litteraturgennemgang I:I møder eksperter Behovsanalyse Målgruppe Projektdesign	Teknologi screening AAU partner Teknologisk undersøgelse af 17 produkter	Rundskuedagens Plejecenter, KK Cereshuset, AAK Informationsmøder m. personale Plakat, Infofolder Test af 10 scenarier 26 borgere Baseline Søvn Angst Depression Træthed Interview Spørgeskema	Databehandling Teknologisk undersøgelse Fysiologisk undersøgelse Brugerundersøgelse Rapportskrivning Feedback leverandører Artikel: Kvalificering af Døgnrytmelys teknologi i Plejehjem, Center for Lys, AAU	Markedsscreening Leverandørmøder I:I AaK, Implementering i Katalog for aktivitet og urodæmpning (natlys og lys guidning) IOT-evaluering af Døgnlys på helt Plejecenter med AAU KK, Test af lys ifb. med kobling til sanseteknologi for demente (natlys og lysguidning)



Bilag

- 1 Markedsafdækning
- 2 Lysteknologi_udvalgt
- 3 Samtykke
- 4 Evaluating portable circadian lighting market
- 5 Kvalificering af døgnrytmelys_Center for Lys
- 6 Medicinske skemaer
- 7 Interviewguide_Fokusgruppe
- 8 Spørgeskema_Brugevenlighed og anvendelighed
- 9 Baseline