

Vejbelysning

for mennesker og økosystemer



AF VICTOR SUENSON
Exlumi Consulting
victor@exlumi.dk



AF JOACHIM STORMLY HANSEN
jsh@ocutune.com

Internationalt ses en voksende bekymring for, at øget aftenlys, lysforurening og 'køligere' lyskilder negativt kan påvirke vores helbred og vores økosystemer (1,2). Bekymringen er opstået i takt med forskning og ny viden, som kendes primært fra den indendørs belysningsverden under HCL (Human Centric Lighting). HCL kan have mange definitioner, en af dem beskrives af lichte som;

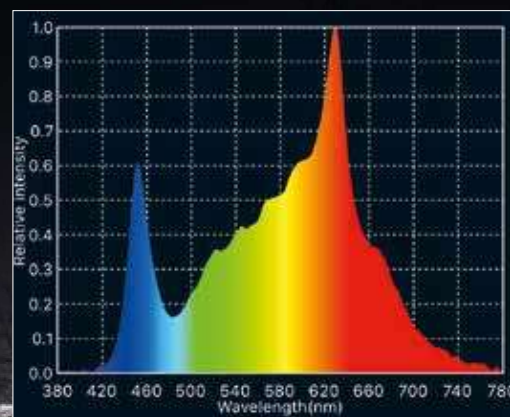
'Lys har forskellige påvirkninger, og er altid aktive-rende - visuelt, følelsesmæssigt og biologisk. Human Centric Lighting (HCL) har en specifik langsigtet påvirkning på vores helbred, trivsel og på ethvert menneskes produktivitet gennem helhedsplanlægning og implementering af lys rettet mod visuelle, følelsesmæssige og især biologiske påvirkninger.' (3)

HCL, med brugeren i centrum, tager blandt andet højde for, at lyset ikke modvirker vores naturlige hormonproduktion, der sker hen over døgnet og året.

Inden for vejbelysning har vi udelukkende set øjet som et billeddannende organ, men ligesom øret har to funktioner; 1) at høre og 2) at holde balancen, har øjet også to funktioner; 1) at kunne se og 2) at fortælle kroppen om tid og timing. Denne indsigt fik vi ved opdagelsen af Melanopsin Retinal Ganglion Cells (mRGC) omkring årtusindskiftet (4). Foruden øjets billeddannende system bæres 'lys-information' til vores 'døgnrytmesystem', som ofte er beskrevet gennem:

1. Lysets direkte nedsættelse af 'mørkehormonet' melatonin
2. At lyset kan 'fase-forskyde' døgnrytmen afhængig af timingen af lys.

»



Her ses den spektrale sammensætning af en typisk LED lyskilde ved 3000 Kelvin. LED lyskilden kendetegnes ofte ved at have et spike ved 450nm.

HCL er derfor et belysningskoncept, der ikke blot tager højde for de visuelle aspekter af lys, men også understøtter de biologiske behov og centrerer mennesket som bruger af lyset.

Melatonin er kroppens signal om 'nat' og årets skift gennem ændringer i mørkeperioder. Produktionen af melatonin sker nemlig i aftentimerne og frigives i blodet over natten, mens vi sover, og sikrer vores kvalitetssøvn. Det 'hvide lys' som bruges til vejbelysning såvel som indendørs belysning har typisk et højt indhold af korte blå bølgelængder, og det betyder noget. Lyset kan opleves visuelt meget 'ens', men de underlæggende spektre kan være meget forskellige. mRGC er mest sensitiv i den 'blålige' del af lysspektret omkring 480nm, som derfor giver en øget påvirkning af døgnrytmesystemet.

Vores arbejde med vejbelysningen har hidtil kun taget højde for øjets tappe og stave - altså de visuelle aspekter af lys (ser farver, bevægelse og rummelighed), men ikke at melanopsin (mRGC/ OPN4) som faciliterer melatonin suppression, fase-skift og akut vågenhed med videre.

Lysets betydning

Lys er vigtigt for vores sociale og fysiologiske adfærd samt velbefindende. Lys er bindeled mellem 'solens ur' (lys/mørke), vores 'indre ur' og mellem kulturelle, økonomiske funktioner i vores 24/7/365 samfund.

Over 50% af jordens befolkning lever i dag i byer (5). Som konsekvens skal fuld 'bæredygtig' vejbelysning udnytte og understøtte byens fulde potentiale. Når butikker og kontorer lukker, og aktiviteten flyttes ud, skal vejbelysningen formå at tage over. Den skal kunne favne en række funktioner, skabe sikkerhed, tryghed, skabe gode visuelle forhold, navigation og være en samlende kraft kulturelt og menneskeligt - og i stigende grad kunne rumme menneskers søvn og værne om dyr samt økosystemer.

I takt med byudviklingen har LED-teknologien overtaget, transformeret vores byer og veje og bredt sig til steder, hvor der aldrig har været andet lys end måneskin i nattetimerne.

Nattens lys for dyr og økosystemer

Forkert lys om natten er ikke kun et problem for mennesker. 60 % af alle dyr er nataktive. Mange fugle benytter refleksioner fra månen til at navigere, og man har set eksempler på, at uafskærmet lys ved strande har medført et fald i populationen af havskildpadder, da de ikke kan finde vej til havet. Et studie fra Nature har vist, at belysning på schweiziske enge stoppede insekters bestøvning af planter (6). Dertil kommer, at forskere fra University of Bern viser, at insekters bestøvning af planter faldt med en faktor på to til tre under lys om natten, og at planter producerede 13 % mindre frugt (2). Andre studier viser, at rugende sangfugle omkring 'hvidt lys' er rastløse, sover mindre, og de udviser metaboliske ændringer, som indikerer nedsat helbred (7). Lys er vigtigt for vores sociale og fysiologiske adfærd og velbefindende.

I dag har vi erstattet store dele af den konventionelle energikonsumerende belysning på de danske veje med LED armaturer. Store økonomiske investeringer til nye belysningsanlæg sikrer driftsmæssige gevinster hos kommunerne, da de på sigt har en lavere *Total Cost of Ownership* (TCO). De nye moderne vejarmaturer er nemlig konstrueret med et hav af optikker for teknisk at kunne levere den bedst rentable løsning med lange masteafstande og flest lux på vejbanen. Desuden har de op mod x10 bedre levetid, bedre farvegengivelse, driftssikkerhed og automatisk styring, som kommunens borgere får gavn af rent økonomisk. Digital styring sikrer nemlig, at lamperne på en vejstrækning kan dæmpes og øges efter en centralt styret, men

oftest statisk, lysprofil, der typisk tændes på baggrund af et astronomisk ur, der følger solnedgangstimerne og senere dæmpes i løbet af de sene nattetimer.

De nye tiltag

Erkendelsen af, at lys om natten ved implementeringen af ny teknologi ikke bare kan være et problem, men også en del af løsningen, har internationalt medført fornyet fokus på 'best lighting practices':

I verden omkring os har man i 18 amerikanske nationalparker sat krav til belysningsstyrke og afskærmning for at værne om dyreliv og nattehimmelen. Yosemite National Park begrunder tiltaget med følgende: *'Light pollution is not the inevitable side effect of progress, but is instead indicative of wasteful and inefficient outdoor lighting. The loss of the night sky is unnecessary. Protecting dark skies doesn't mean throwing civilization back into the dark ages; it simply requires that outdoor lights be used judiciously, respecting our human environment, wildlife, and the night sky that belongs to us all.'* (8)

New Zealand og Royal Society har publiceret vejledninger for at reducere 'harmful effects of light at night.' (9)

Frankrig har ved en national bekendtgørelse i 2019 sat en ny standard for 'beskyttelse af nattens mørke' ved skærpede krav til vej- og udendørsbelysning. Bestemmelserne omfatter:

1. En spærretid inden for hvilken lyset skal dæmpes eller slukkes.
2. Grænser for hvor meget lys der må udledes til nattehimmelen.
3. Krav til at nedsætte blanding.
4. Restriktioner for udledning af 'koldt lys'. Dette betyder, at der på intet tidspunkt må benyttes CCT over 3000K, og at CCT ikke overstiger 2700K i naturreservater og byers samt beskyttede områder (10).
5. At lys, der skinner ind i bygninger, er forbudt.

6. At belysning af åer og vandløb om natten generelt er forbudt.

I 2016 vedtog AMA (American Medical Association) nye vejledninger for at mindske 'skadelige' effekter af dårligt designet lys med 'høj' intensitet af 'kølig' belysning. Rapporten gennemgår evidensen for 'kølig belysning' i nattetimerne og koblingen til nedsat helbred, herunder relationen til dårlig søvn, døgnrytmeforstyrrelser, diabetes og kardiovaskulære sygdomme foruden miljømæssige hensyn. AMA kræver korrekt, velafskærmet udendørsbelysning og øget fokus på styring, der kan dæmpe eller slukke lyset og begrænser den korrelerede farvetemperatur (CCT) for udendørsbelysning til 3000 Kelvin (K) eller lavere (11,12).

Løsning

I Danmark har vi ofte en lidt anden tilgang til belysning og bruger ofte lyskilder med 3000K. Desuden oplyser vi som regel ikke monumenter eller bygninger i samme omfang, som man gør i udlandet. Men betyder det, at vores anlæg lever op til de skærpede krav som i udlandet?

Måden vi har beskrevet krav til et vej-belysningsanlæg er baseret på synsbetingelser, anlægs- og driftsøkonomi (energi) og bør i det mindste opdateres, så lysets påvirkning af øjets fotoreceptorer indarbejdes i kravspecifikationen. Dette betyder, at alle øjets fem typer af fotoreceptorer (alpha-opic-EDI) oplyses.

Hvis vi tager udgangspunkt i ikke at påvirke melatonin-suppressionen (13), vil vi holde os inden for et 'acceptabelt' niveau ved udelukkende at gøre brug af 2700 og 3000 Kelvin lyskilder. Men ikke 4000K lyskilden (afhængig af lysintensitet på øjet). Man bør derfor overveje at minimere lysrigt på bølgelængder omkring 450-480nm (der kan aktivere mRGC), der uanset intensitet kan forstyrre hjerneaktivitet (alpha-bølger) forbundet med søvn (14).

En korrekt tilpasset lysstyring kan være vigtig - især i byerne, idet et nyere studie påviste forskelle mellem solhøjde (tid på dagen) i landzone sammenlignet med en byzone med høj lysforurening. Her fandt man, at de spektrale forhold var ens op til nautisk skumring ($-12^\circ < \theta < -6^\circ$), hvorefter den dominerende belysningskilde i byzonen blev overtaget af det kunstige lys, som indeholdt flere af de korte bølgelængder. Denne lysforurening forkortede skumringsperioden på et tidspunkt, hvor døgnrytmesystemet er yderst aktivt i forhold til lys (15).

Derfor kunne der med god grund indgå flerfarvede eller fuldspektrede LED'er (Sun-like), som ved hjælp fra styring kan kontrolleres jævnt over tid på døgnet, året, intensitet og spektralkomposition i forhold til økosystemerne og vores døgnrytme. Forskning viser, at varme/orangevægtede lyskilder bedre kan facilitere døgnrytmesystemet efter solnedgang (9).

Nedenfor er eksempler på nogle af de iagttagelser, man kunne overveje:

1. At vi ikke kan antage, at lyset kan beskrives ens hen over døgnet, og at vi skal være bedre til at samle data og at kunne styre lyset over tid. Her kan der hentes et stort potentiale i smart city lighting og styring af udendørsarmaturer.
2. At halvrummelige lux, farvetemperatur og uniformitet på vejen ikke formår at beskrive alle kvaliteterne ved et vej-belysningsanlæg. Idet store dele af en eventuel døgnrytmerespons på såvel dyr som mennesker udebliver. Dette kræver engagement, ny viden og nye målemetoder, herunder 'alpha-opic EDI, gennem CIE
3. At vi bliver nødt til at samle data fra udendørsbelysningen ud fra, hvorledes lyset aktiverer alle øjets fem fotoreceptortyper (16) på baggrund af spektraldata fra lyskilder og med fokus på økosystemer.

I takt med implementeringen og udviklingen af vores nye belysningsanlæg må vi ikke glemme at iagttage, hvilke konsekvenser de har på vores helbred og økosystemer. Det er ikke for sent at evaluere og justere på anlæggenes funktioner for at opnå bedre resultater, som både tager hensyn til visuelle og ikke visuelle aspekter af belysningen for mennesker (HCL) samt dyr og planter omkring os. ●

Litteratur

1. Impacts of artificial blue light on health and the environment – Evidence summary. Royal Society 2018. ISBN 978-1-877317-31-6.
2. The Dark side of light, Aisling Irwin. NAT U R E | VO L 553. Pp. 268-270. 18JANUA RY 2018.
3. Licht.de licht.wissen 21 - Guide to Human Centric Lighting (HCL).
4. Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. 2002; 295:1070-1073.
5. Report 'Cities Alive Lighting booklet' by ARUP, 2015.
6. Knop, E. et al. Nature 548, 206-209 (2017).
7. Ouyang, J. Q. et al. Glob. Change Biol. 23, 4987-4994 (2017).
8. <https://www.nps.gov/yose/learn/nature/upload/Lighting-Guidelines-05062011.pdf> pp.5.
9. Czeisler, C.A. 'Casting light on sleep deficiency' (2013), NAT U R E VOL. 497 p.13.
10. Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des
11. https://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/AMA_Report_2016_60.pdf
12. <https://www.ama-assn.org/press-center/press-releases/ama-adopts-guidance-reduce-harm-high-intensity-streetlights>
13. Ámundadóttir, M. L., Light-driven model for identifying indicators of non-visual health potential in the built environment, THÈSE (NO 7146), EPFL Suisse 2016.
14. Rahman SA, St Hilaire MA, Lockley SW. The effects of spectral tuning of evening ambient light on melatonin suppression, alertness and sleep. Physiol Behav. 2017 Aug 1;177:221-229.
15. Spitschan, M., Aguirre, G., Brainard, D. et al. Variation of outdoor illumination as a function of solar elevation and light pollution. Sci Rep 6, 26756 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep26756>
16. CIE S 026/E:2018; CIE SYSTEM FOR METROLOGY OF OPTICAL RADIATION FOR IPRGC-INFLUENCED RESPONSES TO LIGHT. DOI: 10.25039/S026.2018.