

A man and a woman are jogging on a dirt path through a sunlit forest. The woman is in the foreground, wearing a dark blue jacket over a pink top and patterned leggings. The man is slightly behind her, wearing a blue long-sleeved shirt and black shorts. They are both wearing earphones. The background shows tall trees and dense foliage, with warm sunlight filtering through the leaves.

PHILIPS

Människo-
centrerad belysning

White paper

De biologiska effekterna av belysning

De biologiska effekterna av belysning

Arbetsgivare inser alltmer att människor är deras största tillgång, inte endast deras högsta utgift. För att framgångsrikt attrahera och behålla talang har anställdas hälsa och välbefinnande hög prioritet – de vet att anställda som trivs är vad som driver en blomstrande verksamhet. Eftersom 90% av företagskostnader är personalrelaterade kan investeringar i komfort vara ett av de snabbaste sätten att öka effektivitet. På grund av detta är många organisationer ivriga att förbättra trivselen på arbetsplatsen, och använda byggnadscertifikat för hälsa- och välbefinnande som vägledning och bevispunkter.





Vad är människocentrerad belysning?

Belysning har en stark påverkan på människor och ljus är avgörande för vår cirkadiska rytm. Ljus har visuella, biologiska och emotionella fördelar. Detta är grunden för människocentrerad belysning för människors hälsa och välbefinnande.

Att investera i människocentrerad belysning är ett smart affärsval, eftersom friska och engagerade medarbetare bidrar positivt till produktiviteten. DecisionWise, ett ledande företag inom medarbetarupplevelser, uppskattade att oengagerade anställda i genomsnitt kostar organisationer drygt 35 000 kr (3,400 USD) per år för varje ca 103 600 kr (10,000 USD) i årslön¹. De som är känslomässigt och mentalt engagerade i en organisation kommer sannolikt prestera bäst på jobbet och kommer att missa 20% färre arbetsdagar².

På Signify har vi en djup förståelse av de effekter ljus kan ha på människor, och det tekniska kunnandet för att leverera kvalitetslösningar som förbättrar visuell komfort, välbefinnande och prestation. Människocentrerade belysningsapplikationer tar fart och vi har expertisen för att leverera ett brett utbud av högkvalitativa belysningslösningar. Byggnadsinnehavare, anläggningschefer och installatörer kan använda dessa för att skapa mer inkluderande och tillfredsställande arbetsplatser. Ljus har en visuell påverkan (se bättre), en emotionell påverkan (må bättre) och en biologisk påverkan (prestera bättre).



Ljus för att se bättre

En bra ljusdesign stödjer belysningen av objekt i den centrala delen av synfältet med balanserad belysning i synfältets periferi, för att främja optimal komfort för ögonen. Ljus som stödjer människors syn skapar den precis rätta balansen mellan klarhet och komfort och tar samtidigt hänsyn till de specifika användarbehoven i avsedd miljö. Idag är åldrande en utmaning i vårt samhälle och därmed även på arbetsplatser. Ögat börjar försämrats redan vid 45³ års ålder, vilket innebär att ungefär en tredjedel av den eventuellt arbetande befolkningen redan har nedsatt syn. Signify har utfört forskning som bekräftar detta och fann att synskärpa och upplevd komfort kan förbättras genom att öka ljusnivåerna⁴. Detta är betydande eftersom det rapporterats att syntrötthet- och obehag är relaterat till ergonomiska besvär som smärta i nacke och axlar^{5,6}. Annan forskning tyder på att oavsett åldersgrupp tenderar människor att föredra högre ljusnivåer för mer krävande uppgifter^{7,8}, medan lägre ljusnivåer ofta upplevs som mer avslappnande för ögonen⁹. Vad som är rätt ljus beror på den aktuella uppgiften, men det är tydligt att en främjande arbetsmiljö och bekväma synförhållanden är beroende av en välbalanserad ljusdesign.



Ljus för att må bättre

En annan avgörande faktor för att få människor att må bättre är de känslomässiga fördelarna av naturligt ljus. Positiva effekter av ljus på vårt beteende, humör, tillfredsställelse och komfort har studerats intensivt under de senaste åren^{10,11}. En särskilt stark bidragande faktor till detta är konceptet biofil – praktiken att införliva natur och naturliga faktorer i den byggda miljön. Det har bevisats att biofil design mätbart minskar stress, förbättrar kognitiv funktion och kreativitet, höjer produktiviteten och ökar välbefinnandet¹². Specifikt har tillgång till naturligt ljus och en utsikt utomhus identifierats som den mest värdefulla egenskapen för miljön på arbetsplatsen¹³. På kontor med naturinslag, som växter och solljus, har det rapporterats en 15% högre nivå av välbefinnande, 6% högre nivå av produktivitet och 15% högre nivå av kreativitet¹⁴. Annan forskning

visar att exponering för starkt ljus via konstgjorda takfönster ger psykologisk komfort, ökad produktivitet och förmodad hälsa^{15,16}. Eftersom fördelarna med naturligt ljus, att se bättre, må bättre och prestera bättre är beroende av varandra så kommer försök till att påverka den ena alltid innebära en påverkan på de andra två.



Ljus för att prestera bättre

Ljus gör det möjligt för människor att prestera bättre. För att vara aktiv under dagen och sova bra på natten behöver vår kropp en stabil prediktiv cykel som är synkroniserad med den naturliga dagsrytmen. Framförallt på morgonen behöver människor höjd energi och ökat fokus för att prestera effektivt under dagen. Morgonljus spelar en viktig roll i att utlösa denna energiökning, och starkt ljus under dagen förbättrar dygnsrytmen och reglerar sömn-/vakencykeln. Traditionell arbetsplatsdesign fokuserar på ljus som är bra för synen och i linje med normerna i inomhusutrymmen: 300–500 lx. Naturliga dagsljusnivåer är dock mycket högre än dessa – från 10 000 till 100 000 lx. Exponering för högre belysningsnivåer på minst 1 000 lx inomhus har bevisats öka vakenhet och prestanda¹⁷.

Utöver ljuskvantitet uttryckt i intensitet, spelar ljus kvaliteten uttryckt i spektral distribution en viktig roll för människors hälsa och välbefinnande. Specifikt har berikat ljus i intervallet 450–530 nm visat sig vara en effektiv och kraftfull ljussignal för att reglera tid, robusthet och rytmik hos den biologiska klockan^{18,19,20}, vilket har en direkt påverkan på förmågan att hålla sig uppmärksam och fokuserad (för arbete eller lärande) under dagen, eller att somna (eller fortsätta sova) på natten. Människans spektrala känslighet för ljus i intervallet 450–530 nm har kopplats till specifika fotokänsliga gangliaceller i näthinnan och kallas även för melanopiskt ljus. Ljusets effektivitet för att reglera kroppens egen klocka beror dock inte bara på ljusets intensitet och spektrala sammansättning. Det påverkas också av exponeringens varaktighet, tidigare ljushistorik och tidpunkten för ljusexponeringen, såväl som individuell känslighet för ljus.



Ljuskörning och sömn-/vakencykeln

För att vara aktiv på dagen och sova bra under natten behöver vår kropp en stabil prediktiv cykel som talar om när den ska förvänta sig mörker eller ljus. Nucleus suprachiasmaticus (SCN), eller dygnsrytmkärnan är en liten del av hjärnan i hypotalamus, och är ansvarig för att kontrollera dygnsrytmer.

För de flesta människor har detta centrala rytmsystem i hjärnan sannolikt en klocka som är längre än 24 timmar²¹. Det innebär att om det saknas ett samspel med den externa ljus-/mörkercykeln kommer den snabbt börja bli osynkroniserad – även om ljusperioderna förblir konstanta. Det tar även tid att synkronisera SCN och andra klockor i kroppen. Detta är anledningen till att vi inte omedelbart anpassar oss till förändringar i ljus-/mörkercykeln och förklarar varför vi upplever jetlag^{22,23}. Den franske geologen Michel Siffre upplevde detta fenomen 1962, när han tillbringade två månader i en underjordisk

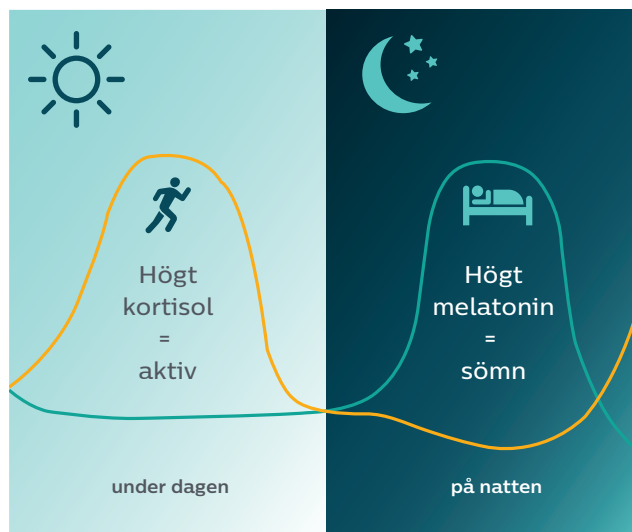
glaciär nära Nice. Utan tillgång till solljus, klockor eller kalendrar lät han sin kropp diktera hans sömn-/vakencykel. Hans anteckningar avslöjade senare att även om han tillbringade en tredjedel av sin tid med att sova som han normalt skulle gjort, var hans sömn-/vakencykel inte 24 timmar, utan i själva verket 24 timmar och 30 minuter. I brist på ljus hade Siffre börjat leva efter sin egen inre tid framför sin kroppsklocka, som styrs av solens uppgång och nedgång.

Kan vi se detta fenomen i vår vardag? Ja, det kan vi faktiskt. Idag finns en betydande förekomst av felställning i dygnsrytm hos den allmänna befolkningen. En svag och/eller oregelbunden dygnsrytm utgör en hälsorisk för människor: det kan leda till dålig sömn, depression, önskad viktökning och till och med cancer²⁴. Sömnbrist är förknippat med en ökad risk för fetma, diabetes, hjärt- och kärlsjukdomar och depression²⁵.

Den biologiska klockan och cirkadiska rytmer

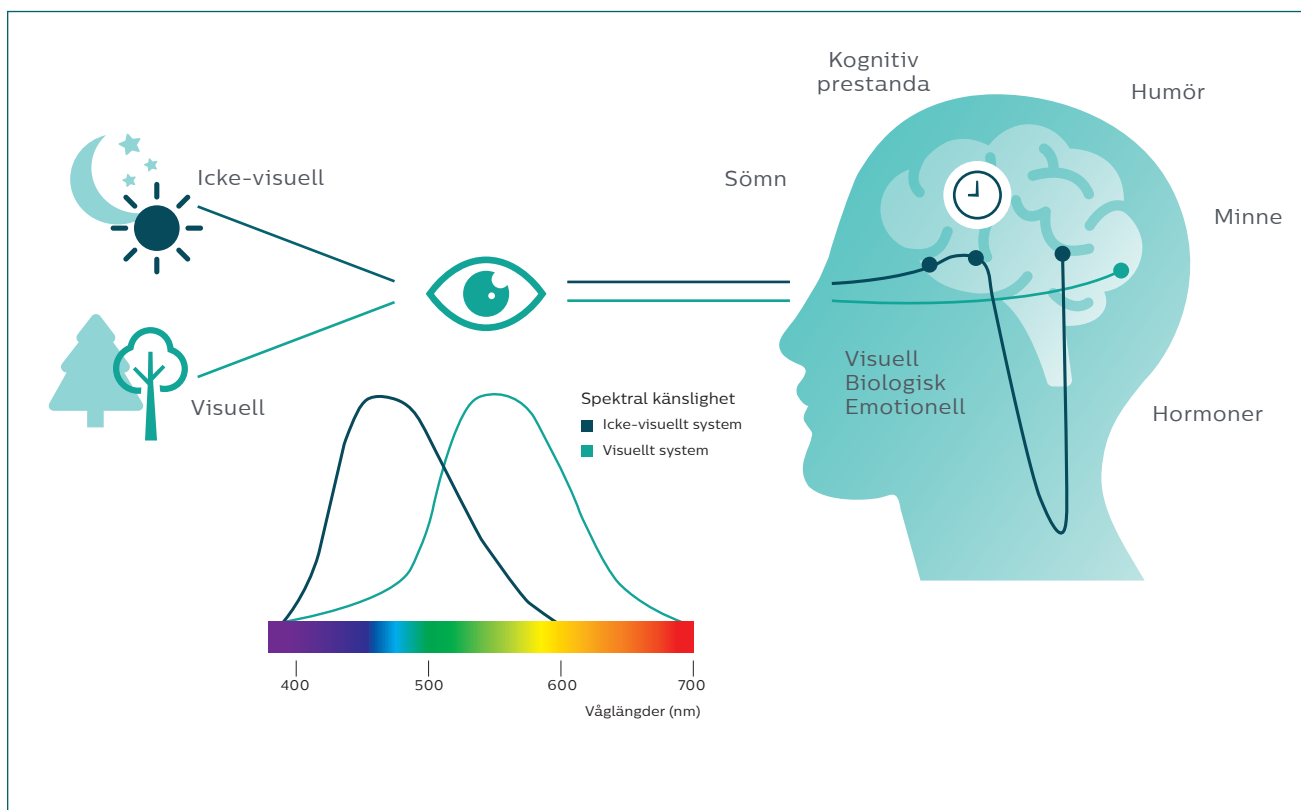
Nästan alla celler i människokroppen behöver input från omvärlden för att synkronisera med den dagliga ljus-/mörkercykeln. Den centrala rytm som är belägen i SCN, precis bakom ögonen^{26,27}, spelar en nyckelroll. I SCN finns cirka 20 000 neuroner uppdelade i en ljuskänslig del och en icke-ljuskänslig del^{28,22}. Den icke-ljuskänsliga delen driver våra inre dygnsrytmer utan någon extern input, och talar om för kroppen när den ska förvänta sig mörker eller ljus. Den ljuskänsliga delen (som får input från ögonen) anpassar däremot vår inre klocka efter skiften i yttre omständigheter såsom årstider, vilka påverkar längden på dagen. Nivåer av melatonin och kroppstemperaturen utlöser signaler från SCN till resten av kroppen för att ge den en uppskattning av den yttre ljus-/mörkercykeln²⁹. Dessa signaler driver en hel rad andra processer i kroppen med 24-timmarsrytmer, såsom hjärtfrekvens, blodtryck och frisättning av hormoner som kortisol och insulin³⁰ – som alla har en stark inverkan på sömn-/vakencykeln (Figur 1). Det finns ett flertal biologiska processer som påverkas av fotoreception från ipRGCs (ljuskänsliga ganglieceller). Forskare upptäckte exempelvis direkta banor till humör- och inlärningscentra i hjärnan³¹.

Ljus låter oss se världen omkring oss. Traditionellt sett var inomhusbelysning huvudsakligen drivet av



Figur 1: Den omväxlande närvaron av hormonerna kortisol och melatonin

visuella krav. en ny typ av fotoreceptor på den inre näthinnan upptäcktes, vilket i grunden utmanade denna traditionella tanke³². Vi vet nu att utöver att stimulera det visuella systemet så stimulerar ljus som infaller på näthinnan även andra biologiska funktioner – även kallade icke-visuella effekter (Figur 2). Ljus reglerar vår dygnsrytm och hjälper oss fungera och prestera bättre. Ljus skapar även atmosfär och påverkar vårt humör – det framkallar specifika känslor och hjälper oss må bättre.



Figur 2: Visuella och icke-visuella effekter av ljus på människor³³



Biologiskt aktivt ljus

Vid början av 2000-talet upptäcktes det att vissa ganglieceller i näthinnan är ljuskänsliga med högsta känslighet runt 480 nm (cyandelen av spektrat). Elektriskt ljus som aktiverar dessa celler är känt som biologiskt aktivt ljus eller cirkadiskt ljus. Detta kvantifieras genom att använda melanopisk dagsljus-effektivitetsförhållande (melanopisk DER). Det är detta förhållande tillsammans med mängden ljus som infaller på ögat som mäter hur bra en belysningsdesign stödjer människors biorytm. Morgonljus får oss att vakna och starkt ljus under dagen förbättrar vår dygnsrytm, som reglerar vår sömn-/vakencykel, engagemang under dagen och vårt humör. Under natten är det dock motsatsen. Djup och mer effektiv sömn är viktigt för hälsa och välbefinnande. Kortsiktigt hjälper det vakenhet, lärande och minne, förbättrar vår säkerhet, stärker återhämtning, förbättrar vårt humör och är del av en hälsosam livsstil. Långsiktigt hjälper det att utveckla ett aktivt immunförsvar, en hälsosam hjärna, och är nyttigt för vår kardiometaboliska hälsa. Under natten är det därför nödvändigt med låg aktivering i applikationer som patientrum på sjukhus eller miljöer som är aktiva dygnet runt, som larmcentraler.

Vad är melanopisk DER?

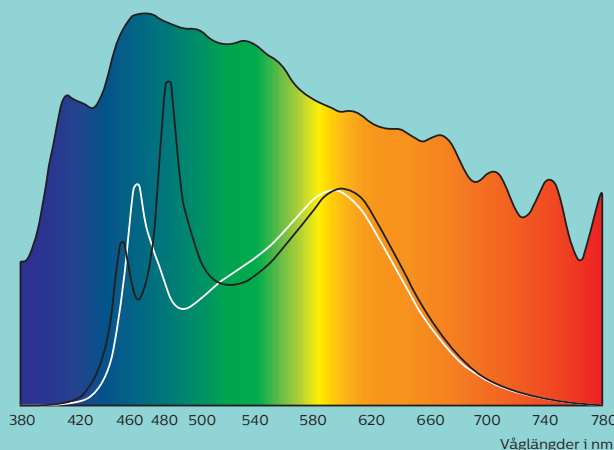
Melanopisk DER är ett spektralmått av den biologiska effekten av en artificiell ljuskälla jämfört med dagsljus (6500K). Som jämförelse är det melanopiska dagsljus-effektivitetsförhållandet för ett dagsljusspektrum 1. Generellt har artificiell belysning en lägre biologisk effekt än dagsljus, med en melanopisk DER under 1.

Ljusare kontorsbelysning

Vi vet att tillräcklig ljusnäring under dagen gör oss mindre känsliga för sent kvällsljus, för att främja god sömn och göra det enklare att vakna. Vi behöver dock även ljus som stödjer hur vi ser, mår och presterar på jobbet. Det kräver starkare kontorsbelysning - högintensiv, cyanförstärkt belysning som faller behagligt på ögonen. Lösningar med biologisk aktivt ljus, bekväm ljusstyrka och en hög aktivering under dagen erbjuder det mest effektiva sättet att skapa en hälsosam kontorsmiljö. Det innebär en utmaning - eftersom det inte är realistiskt eller effektivt att replikera de 10 000 till 100 000 lux som folk upplever utomhus i en inomhusmiljö. Människor föredrar också belysning som inte har en alltför kall färgtemperatur.

Philips BioUp-teknologi

Philips BioUp-teknologi förstärker LED-spektrumet med cyanljus. Detta ökar den biologiska effekten av ljuset. Med BioUp är melanopisk DER 42% högre jämfört med standarden för LED-spektrum. Det finns ingen förändring i visuellt färgintryck och ljuseffekt (4000K, CRI>80, R9>50). Grafen visar spektrat av standard LED (vit linje) och den nya BioUp (svart linje). Höjdpunkten i cyanljusets våglängd är tydligt märkbar.



Figur 3: Spektral effektfördelning av en standard 4000K LED-källa (vit linje) och den i Philips BioUp (svart linje)

Hitta den rätta balansen

Att använda optisk design för att förbättra belysningsfördelning kan även bidra till ögonkomfort, genom att öka förhållandet mellan ljus som faller på vertikala och horisontella ytor. När detta kombineras med Philips BioUp-teknologi kan LED förse biologiskt aktivt ljus som förstärker ljusrelaterad tillfredsställelse på arbetsplatsen, och skapar en anknytning till dynamiken av naturligt ljus.

Vilket är då det bästa sättet att uppnå det? Ett sätt är att öka de horisontella fotopiska luxnivåerna på ett arbetsbord till runt 1000 lux. Detta skulle dock behöva extra investeringar och förbruka två gånger så mycket energi. Ett bättre sätt att få mer ljus att infalla på ögat är att använda spektral finjustering och byta till kontorsarmaturer med Philips BioUp-teknologi. Detta kommer att ha samma fördelar som att lägga till högre ljusnivåer samtidigt som du använder mindre energi, och fortfarande aktivera gangliocellerna med en positiv inverkan på dygnsrytmen.

Philips PowerBalance med BioUp-teknologi är en kvalitativ lösning för kontorsarmaturer som kan hjälpa dig uppnå det:

- Neutralvit färgtemperatur, vanligt i kontorsapplikationer
- CRI >80, R9>50
- Biologiskt aktivt ljus med en hög melanopisk DER (+42% jämfört med standard LED-spektrum)
- Aktivering som liknar naturligt dagsljusspektrum
- Överrensstämmer med kontorsstandarder som LEED och BREEAM
- Hjälper att uppnå minst 4 WELL-punkter för belysning.

Otaliga möjligheter

Som banbrytare i denna nya era av ljus för välbefinnande tror vi att en hel svärm av möjligheter kommer öppnas upp för människocentrerad belysning. Philips lösning kan omvandla ljus från ett medel för att se till ett kraftfullt sätt att upprätthålla människors hälsa och välbefinnande - och i slutändan deras tillfredsställelse och prestation på jobbet.

För att lära dig mer om kraften av människocentrerad belysning för ditt företag, kontakta din lokala Philips-representant eller besök oss online.



Referenser

1. <https://decision-wise.com/show-me-the-money-the-roi-of-employeeengagement>.
2. Herman Miller, 2008.
3. Sagawa K., Ujike, H., Sasaki T., Legibility of Japanese characters and sentences as a function of age. *Proceedings of the IEA 2003*, 7 p.496-499.
4. Schlangen, et al., Workplace illumination effects on acuity, cognitive, performance and well-being in older and young people, *Proceedings of the 28th CIE SESSION*, Vol1, Part 1, 2015.
5. Helland M., et al. Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators after moving to an ergonomically designed office landscape, *Applied ergonomics*, 2008, 39 p.284-295.
6. Blehm C., et al. Computer vision syndrome: A review, *Surv Ophthalmol*. 2005, 50 p.253-262.
7. B. Manav, An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance. *Build Environ*. 2007, 42 p.979-983.
8. V. Berrutto, M. Fontoynt, P. Avouac-Bastie, Importance of wall luminance on users satisfaction: pilot study on 73 office workers. *Proceedings of the 8th European Lighting Conference Lux Europe 1997*, p.82-101.
9. S. Chraïbi et al., Satisfying light conditions: A field study on perception of consensus light in Dutch open office environments. *Build Environ*. 2016, 105 p.116-127.
10. J.A. Veitch, M.G.M. Stokkermans, G.R. Newsham. Linking lighting appraisals to work behaviors, *Environ Behav*. 2011, 45 p. 198-214.
11. J.H. Choi, J. Moon. Impacts of human and spatial factors on user satisfaction in office environments. *Build Environ*. 2017, 114 p.23-35.
12. Browning et al., 14 Patterns of Biophilic Design, Terrapin Bright Green, LLC, New York, 2014.
13. 1614 office employees interviewed, "The Employee Experience", Future workplace, 2016.
14. Chief Wellbeing Officer by Steven MacGregor, 2018
15. Canazei et al., *Lighting Research and Technology* 2015, 48 p.
16. Canazei et al., *Gerontology* 2017, 63 p.
17. Smolders et al., *Physiology & Behavior* 2012, 107(1) p. 7-16.
18. Brown, T.M, Melanopic illuminance defines the magnitude of human circadian light responses under a wide range of conditions, *Journal of Pineal Research* 2020, 61 (1) e12655.
19. Prayag, A. S., Najjar, R. P., & Gronfier, C., Melatonin suppression is exquisitely sensitive to light and primarily driven by melanopsin in humans. *Journal of Pineal Research* 2019, 66(4) e12562.
20. Schlangen LJM and Price LLA, The Lighting Environment, Its Metrology, and Non-Visual Responses, *Front. Neurol*. 2021 | <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624861>.
21. Czeisler, C.A., Duffy, J.F., Shanahan, T.L., Brown, E.N., Mitchell, J.F., Rimmer, D.W., Ronda, J.M., Silva, E.J., Allan, J.S., Emens, J.S., et al. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science* 284, 2177-2181.
22. van Ee, R., Van de Cruys, S., Schlangen, L.J.M., and Vlakamp, B.N.S. (2016). Circadian-Time Sickness: Time-of-Day Cue-Conflicts Directly Affect Health. *Trends Neurosci*. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166223616301151> [Accessed October 10, 2016].
23. Vosko, A.M., Colwell, C., and Avidan, A.Y. (2010). Jet lag syndrome: circadian organization, pathophysiology, and management strategies. *Nat. Sci. Sleep* 2, 187-198.
24. Chaves et al. 2019; Van Dycke et al., 2015.
25. Czeisler, C. A. (2013).
26. Hastings, M.H., Reddy, A.B., and Maywood, E.S. (2003). A clockwork web: circadian timing in brain and periphery, in health and disease. *Nat. Rev. Neurosci*. 4, 649-661.
27. Partch, C.L., Green, C.B., and Takahashi, J.S. (2014). Molecular architecture of the mammalian circadian clock. *Trends Cell Biol*. 24, 90-99.
28. Taylor, S.R., Wang, T.J., Granados-Fuentes, D., and Herzog, E.D. (2017). Resynchronizing Dynamics Reveal that the Ventral Entrain the Dorsal Suprachiasmatic Nucleus. *J. Biol. Rhythms* 32, 35-47.
29. Brown, G.M. (1994). Light, Melatonin and the Sleep-Wake Cycle. *J. Psychiatry* 19, 345-353.
30. Schulz, P., and Steimer, T. (2009). Neurobiology of Circadian Systems: *CNS Drugs* 23, 3-13.
31. Fernandez et al., 2018). Fernandez, D. C., Fogerson, P. M., Lazzerini Ospri, L., Thomsen, M. B., Layne, R. M., Severin, D., . . . Hattar, S. (2018). Light Affects Mood and Learning through Distinct Retina-Brain Pathways. *Cell*, 175(1), 71-84 e18. doi:10.1016/j.cell.2018.08.004
32. Berson D.M., Dunn F.A., Takao M., Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 2002, 5557 p.1070-1073.
33. Lucas, R. J., Peirson, S. N., Berson, D. M., Brown, T. M., Cooper, H. M., Czeisler, C. A., . . . Brainard, G. C. (2014). Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends. Neurosci*, 37(1), 1-9. doi:10.1016/j.tins.2013.10.004.



© 2023 Signify Holding. Alla rättigheter förbehålls. Informationen som tillhandahålls i detta dokument kan komma att ändras. Signify lämnar ingen garanti gällande tillförlitligheten eller fullständigheten i informationen som ingår här och avsäger sig allt ansvar för konsekvenser som kan följa på användning av den här publikationen. Informationen i denna dokumentation är inte avsedd som ett kommersiellt erbjudande och utgör inte en del av något anbud eller kontrakt, om inget annat har avtalats med Signify. Philips och Philips Shield Emblem är registrerade varumärken som tillhör Koninklijke Philips N.V. Alla övriga varumärken tillhör Signify Holding eller deras respektive ägare.

www.lighting.philips.se