



SYSTEMOMSTÄLLNING OCH
TJÄNSTEINNOVATION
SUSTAINABLE BUSINESS



Hållbarhetseffekter av ljus som tjänst

Emma Rex, Lukas Hallquist, Bodil Karlsson, Haben
Tekie, Carolina Hiller, Peter Algurén

RISE Rapport : 2022:91

ISBN: 978-91-89711-31-0

Innehåll

Förord.....	4
Sammanfattning.....	5
1 Ljus som tjänst.....	6
1.1 Affärsmodellen "Ljus som tjänst".....	6
1.2 Olika sätt att verka för cirkulär belysning.....	7
1.3 Ljus som tjänst enligt Brighteco.....	8
1.4 Upplägg av rapport.....	8
2 Miljömässiga effekter.....	9
2.1 Minskat energibehov med LED.....	9
2.2 Resursbehov och livslängd.....	10
2.2.1 Teknisk livslängd vs. faktisk livslängd.....	10
2.3 Totalbehov och anpassningar.....	11
2.4 Affärsmodellens påverkan på miljömässiga effekter.....	11
2.5 Miljöpotential - exempel.....	14
2.5.1 Beräkningsexempel klimatpåverkan.....	15
2.5.2 Materialbehov och avfallsmängder.....	16
2.5.3 Scenarier miljöpotential.....	17
2.6 Summering miljömässiga effekter.....	18
2.6.1 Affärsmodellens påverkan.....	18
2.6.2 Exempel Brighteco.....	19
3 Välbefinnande.....	21
3.1 Regelverk för belysning.....	21
3.2 Mer ljus är inte alltid bättre.....	22
3.3 Olika personer har olika ljusbehov.....	23
3.4 Initial design och kontinuerlig anpassning.....	23
3.4.1 Byggnadsanpassning.....	24
3.4.2 Lokalanpassning.....	24
3.4.3 Aktivitetsanpassning.....	24
3.4.4 Egenanpassning.....	24
3.4.5 Riskfaktorer.....	25
3.5 Belysning är mer än en teknisk fråga.....	25
3.5.1 Kvantifierbara krav vanliga – kvalitativa, visuella, värden svårare.....	26
3.6 Affärsmodellens påverkan på välbefinnande.....	26
3.7 Potential välbefinnande, exempel.....	28
3.7.1 Scenarier välbefinnande.....	29
3.8 Summering välbefinnande.....	30

3.8.1	Affärsmodellens påverkan.....	31
3.8.2	Exempel Brighteco.....	31
4	Ekonomisk potential – direkta och indirekta kostnader.....	33
4.1	Lägre energikostnad med LED.....	33
4.2	Från inköpskostnad till livscykelkostnad.....	33
4.3	Affärsmodellens påverkan på ekonomisk potential.....	34
4.3.1	Stora prisvariationer finns	34
4.4	Ekonomisk potential, exempel.....	35
5	Kostnader i ett helhetsperspektiv.....	39
5.1	Sociala kostnader	39
5.2	Miljökostnader.....	39
5.3	Transaktionskostnader.....	40
5.4	Rekyleffekter – nyttan äts upp i mer konsumtion?	40
5.5	Kostnader i ett helhetsperspektiv – Exempel	40
5.5.1	Exempel kontor	41
5.5.2	Exempel skola.....	42
5.5.3	Scenario kostnader	43
5.6	Sammanfattning ekonomisk potential.....	44
5.6.1	Affärsmodellens påverkan.....	44
5.6.2	Exempel Brighteco.....	45
6	Ljus som tjänst – potential till ökad hållbarhet	47
6.1	Verktyg som stöd i effektutvärdering.....	47
6.2	Värden för hållbarhet	48
6.3	I ett större perspektiv	49
	Referenser.....	50

Förord

Projektet ”Hinder och drivkrafter för cirkulär belysning” utfördes 2020-2022 i syfte att nå en djupare förståelse för varför kunder i många fall är tveksamma till att testa ljus som tjänst. En av frågeställningarna som vi stötte på i projektet var vilka hållbarhets-effekter som ett byte av affärsmodell från produktförsäljning till funktionsförsäljning kunde åstadkomma. Detta visade sig vara en fråga med många olika dimensioner, vilka vi tittar närmare på i denna rapport.

Rapporten vänder sig till personer som på olika sätt ansvarar för eller värnar om en hållbar belysningsmiljö i offentliga miljöer inomhus, exempelvis kontor och skolor. I rapporten går vi igenom olika hållbarhetsaspekter relaterade till belysning, såväl miljömässiga som sociala och ekonomiska, och hur de skulle kunna påverkas av ett skifte i affärsmodell från traditionellt linjärt produktköp till ljus som tjänst. Arbetet har haft fokus på allmänbelysning inomhus i skolor och kontor i Sverige och fokuserat på områden där ett skifte i affärsmodell skulle kunna ha inverkan på hållbarhet. Inom miljömässig hållbarhet har klimat och resursfrågor beaktats, men ej övrig påverkan såsom t.ex. biodiversitet eller toxicitet. Inom social hållbarhet har vi gjort avgränsningen välbefinnande hos brukarna.

För den som vill veta mer om forskningsprojektet i stort, och vilka hinder och drivkrafter som identifierats utöver otydliga hållbarhetseffekter, finns mer att läsa i rapporten *Hinder och drivkrafter för cirkulär belysning*, RISE rapport 2022:92.

Sammanfattning

Inom cirkulär ekonomi är funktionsförsäljning en affärsmodell som väntas ge incitament för tillverkare att göra produkter som håller längre och använder färre resurser över tid, och även säkerställer återbruk och återvinning vid end-of-life. Inom belysning kan detta exempelvis ta uttryck i att sälja ljus som tjänst.

Denna rapport går igenom olika hållbarhetsaspekter relaterade till belysning, såväl miljömässiga som sociala och ekonomiska, och hur de skulle kunna påverkas av ett skifte i affärsmodell från traditionellt linjärt produktköp till ljus som tjänst. Arbetet har haft fokus på allmänbelysning inomhus i skolor och kontor i Sverige och fokuserat på områden där ett skifte i affärsmodell skulle kunna ha inverkan på hållbarhet.

Det finns många olika strategier för att öka cirkularitet inom belysning, från cirkulärt anpassad hårdvara till ändrade affärsmodeller. I denna rapport används företaget Brightecos erbjudande av ljus som tjänst som exempel på en cirkulär affärsmodell, och diskuterar hur affärsmodellen kan påverka förutsättningar för hållbarhet relativt traditionellt linjärt produktköp.

De exempel som studerats indikerar att ljus som tjänst i dagsläget inte är företags-ekonomiskt fördelaktigt, sett till enbart kostnader för belysning. Ur ett större hållbarhetsperspektiv där även effekter på miljö, välbefinnande och samhällsekonomi räknas in, är det däremot troligen att föredra. De största miljövinster med Brightecos modell är dess potential att minska resursanvändning och avfall, stimulera teknikbyte till LED och minska risk för överinstallation av produkter. Samtidigt innebär affärsmodellen en ökad sannolikhet för att belysningsfrågor uppmärksammas och anpassningar görs för ökat välbefinnande hos användarna. Detta skulle kunna leda till betydande besparingar för såväl organisationer som samhälle, men det är effekter som är svåra att mäta och det råder således stor osäkerhet på storheterna.

De potentiella fördelar för ekonomi, miljö och välbefinnande som denna rapport pekat på när det gäller ljus som tjänst är möjliga att uppnå även på andra sätt, exempelvis genom en kombination av olika produkter och tjänster. Ljus som tjänst är dock en affärsmodell som ökar *förutsättningarna* för att denna typ av åtgärder blir av, inte minst i organisationer som kanske inte själva har stark belysningskompetens.

1 Ljus som tjänst

Mellan 1970 och 2017 har den årliga globala resursutvinningen tredubblats, och fortsätter växa. Cirka hälften av de totala utsläppen av växthusgaser och mer än 90 % av förlust av biologisk mångfald kommer av resursutvinning och bearbetning av material, bränslen och livsmedel (EU kommissionen, 2019a). För att klara Parisavtalets hållbarhetsmål, men även de svenska energi- och klimatmålen till 2030 som berör reducerade växthusgasutsläpp samt energieffektivisering, krävs ett systemskifte i vårt sätt att konsumera och förbruka världens resurser. En mekanism som lyfts för att åstadkomma detta är en omställning mot en mer cirkulär ekonomi, t.ex. i EUs Green deal och kommissionens handlingsplan för Cirkulär ekonomi (EU kommissionen, 2020).

Inom cirkulär ekonomi är funktionsförsäljning en affärsmodell som väntas ge incitament för tillverkarna att göra produkter som håller längre och använder färre resurser över tid, och även säkerställer återbruk och återvinning vid end-of-life. Inom belysning kan detta exempelvis ta uttryck i att sälja ljus som tjänst.

Marknaden för ljus som tjänst globalt upplever betydande tillväxt till följd av stora tekniska framsteg som introduktion av IoT-anslutna enheter och LED-belysningens utveckling. Världsmarknaden för ljus som tjänst värderades till cirka 60 miljarder dollar 2020 och beräknas nå cirka 136 miljarder dollar år 2028, vilket ger en genomsnittlig årlig tillväxttakt med 12 % från 2020 till 2028 (Grand view reaserch, 2021).

Sverige kan som en av pionjärerna inom ljus som tjänst vara med och driva den utvecklingen framåt. Utmaningarna är däremot fortfarande stora för att införa cirkulära affärsmodeller i stor skala. I dagsläget är det få organisationer som erbjuder och upphandlar ljus som tjänst.

Denna rapport undersöker vilka potentiella effekter ljus som tjänst skulle kunna ha av i de tre hållbarhetsdimensionerna miljö, ekonomi och välbefinnande. Genom rapporten använder vi företaget Brightecos erbjudande av ljus som tjänst som exempel på en cirkulär affärsmodell, och diskuterar på vilket sätt affärsmodellen kan påverka förutsättningar för hållbarhetseffekter relativt traditionellt linjärt produktköp.

1.1 Affärsmodellen "Ljus som tjänst"

Affärsmodellen "ljus som tjänst" innebär att kunden prenumererar på funktionen belysning, och där ägande och underhåll av armaturer, inklusive ljuskälla, kvarstår hos leverantören. Denna modell bygger på en logik där affärsvärde fångas genom att bevara de materiella resurserna så länge som möjligt och där hårdvara kan uppgraderas, anpassas och återanvändas mellan kunder. Konceptet har utvecklats och testats av pionjärer i bland annat Sverige (t.ex. Brighteco), Nederländerna (t.ex. Ledlease) och Finland (t.ex. GreenLED). Där uppmuntras beställaren att upphandla funktionen de vill uppnå, såsom god belysning till bästa kostnad, i stället för att upphandla armaturer utifrån industristandarder som CRI (Colour Rendering Index, Färgåtergivningningsindex) och lumen per watt (lm/W).

Genom att upphandla funktion i stället för en avgränsad teknisk specifikation tar leverantören ansvar för att uppfylla beställarens krav också över tid. Om ett pallstallage flyttas, en ny medarbetare eller elev kommer in med andra ljusbehov eller verksamheten i lokalen ändras, så justerar leverantören kontinuerligt ljuset därefter. I stället för att kunden köper rätt armatur för stunden, och behöver köpa ny vid ändrade behov, skapas ett samarbete där leverantör och beställare har en kontinuerlig dialog för att löpande ha rätt ljus på rätt plats, till en fast månadskostnad. Ett exempel på en sådan upphandling genomfördes av Bollnäs Kommun år 2018, den första upphandlingen där de i stället för att köpa lampor valde att köpa ljus som tjänst till kommunens skolor.

1.2 Olika sätt att verka för cirkulär belysning

Såväl ”ljus som tjänst” som ”cirkulär belysning” är inte entydiga begrepp för specifika erbjudanden, utan används för olika former av produktstrategier och affärsmodeller.

Cirkulär belysning kan syfta på **cirkulärt anpassad hårdvara**, såsom olika produktstrategier i syfte att minska behov av jungfruliga material, underlätta återbruk och återvinning, eller förlänga livslängd och användningsgrad. Exempel kan vara:

- Nyutvecklade armaturer anpassas designmässigt för ökad cirkularitet, exempelvis att ljuskällor kan bytas ut för ökad livslängd¹, samt att de är lätta att installera, byta, underhålla, demontera och sortera
- Armaturer som redan är tillverkade uppdateras med ny ljuskälla, t.ex. från traditionell teknik till LED (Borg, 2018), eller modifieras för att passa nya förhållanden².
- Armaturer ”nyttillverkas” med helt eller delvis återvunna råvaror och komponenter
- Utveckling och användning av uppkopplade armaturer och sensorer som gör det enkelt för installatör och/eller användare att justera belysningen på plats, utan tid och transport från leverantör

Cirkulär belysning kan också referera till **ändrade affärsmodeller**, såsom återtagstjänster eller funktionsförsäljning av ljus i form av ”ljus som tjänst”. Även ”ljus som tjänst” kan dock användas i olika betydelser. Exempel på affärsmodeller är:

- Kunden abonnerar på funktionen ljus där leverantören behåller ägandet och i sin tur står för installation, underhåll, anpassningar och avyttring mot en månadskostnad
- Kunden ”leasar” armaturer, på så sätt att kunden betalar en avgift per år under ett antal år. När denna tid löpt ut äger kunden armaturerna och står själv för underhåll och avyttring. Detta är i princip en typ av finansieringsmodell för att sprida ut investeringen i LED-armatur över tid.
- Leverantören byter ut belysningen till LED, och får betalt av kunden i efterhand baserat på den energibesparing som kunden får ”Pay as you save plan”³
- Leverantören erbjuder totalentreprenad på belysning, inklusive ljusdesign, projektering, installation och drift

¹ Att ljuskällor ska kunna bytas ut ingår även i kommande skärpta ekodesignkrav på belysning inom EU (Energimyndigheten, 2021)

² Underlättas av att ny teknik ofta tar mindre plats än gammal, dock kan fler drivdon behövas.

³ Philips, 2017

- Leverantören erbjuder återköp (take-back) av produkter när kunden inte längre vill ha dessa

I denna rapport använder vi företaget Brightecos erbjudande om ”ljus som tjänst” som exempel på en cirkulär affärsmodell där kunderna abonnerar på funktionen ljus och ägandet av produkterna kvarstår hos leverantören. Detta för att kunna diskutera kring olika effekter utifrån ett konkret exempel. Jämförelser som görs är i förhållande till en odesignad standardlösning för allmänbelysning idag. Som nämns ovan finns flera olika sätt att verka för cirkulär belysning och rapporten gör inte anspråk på att utröna vilken som är ”bäst” eller vilka effekter andra sätt att verka för cirkulär belysning kan ha.

1.3 Ljus som tjänst enligt Brighteco

Det svenska företaget Brighteco har utvecklat en armatur och cirkulärt koncept för allmänbelysning där ljus säljs per kvadratmeter och år. Belysningen anpassas efter lokalens utformning, färgsättning, inredning mm men även vilka personer som ska vistas där såsom ålder, synrelaterade problem etc. I tjänsten ingår även att belysningen kan uppgraderas och justeras om kunder får ändrade behov t.ex. förändrad planlösning, nytt syfte med lokalen eller justeringar i vilka personer som verkar där.

Brightecos hårdvara är delvis byggd av återbrukade plattskärmar. Därtill är företags armatur modulär, vilket medför att de enkelt kan byta ut enskilda komponenter, lägga till eller ta bort styrning, eller justera design efter kundkrav. Vid kontraktsslut, om kunden inte förlänger kontraktet, tar Brighteco ner lamporna, ser över dem och sätter upp dem hos en annan kund. På så sätt minimeras resursbehov och avfallsmängder.

För att jämföra hållbarhetseffekter mellan traditionell belysning och Ljus som tjänst har vi i denna rapport använt oss av data enligt Brightecos modell, och exemplifierar effekter utifrån två exempel:

- ett fiktivt kontor på 1 400 kvadratmeter med 88 anställda
- en fiktiv svensk skola som motsvarar det nationella genomsnittet

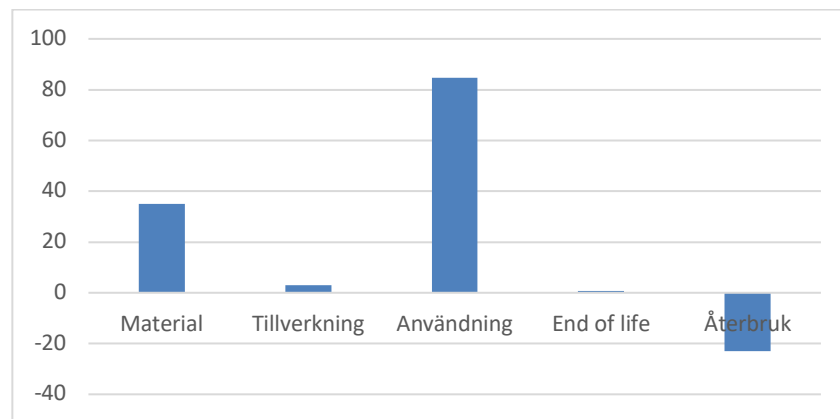
Uppskattningar av effekter är gjorda med hjälp av ett kalkylsverktyg som tagits fram inom projektet, baserat på antaganden ihop med leverantörer och kunder se *Kalkylverktyg – Hållbarhetseffekter av Ljus som tjänst* (Hallquist et al., 2022). Beräkningarna bygger på antaganden och ska ses om en indikation snarare än absoluta tal.

1.4 Upplägg av rapport

I avsnitt 2, o och o diskuteras hur miljö, välbefinnande och ekonomi påverkas av ljus som tjänst i ett avsnitt per område. I avsnitt o analyseras de totala effekterna av ljus av tjänst genom en ekonomisk kalkyl av de tre nämnda områdena. Slutligen i sammanfattas effekterna i avsnitt 6.

2 Miljömässiga effekter

Belysningens miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv har studerats i ett antal artiklar och rapporter (t.ex. Ljuskultur, 2016; Tähkämö et al. 2013a,b; Scholand och Dillon 2012; Welz et al. 2011). Studierna visar att miljöpåverkan från belysning till övervägande del orsakas av elförbrukning under användning. Därför har också energieffektiva ljuskällor, generellt sett, en lägre miljöpåverkan än de som har större energiförbrukning under drift. Vilken el som används (t.ex. fossil eller förnybar) får då också stor inverkan på det totala miljöavtrycket. Andra aspekter som spelar in är exempelvis behov av material, livslängd och avfallshantering för själva armaturen, se Figur 1.



Figur 1. Exempel på klimatavtryck i kg CO₂-eq för en armatur över dess livstid om 20 år. Framställt utifrån EPD data för LED belysning Multilume Slim (Fagerhult 2021).

2.1 Minskat energibehov med LED

Som nämns ovan spelar energieffektiviteten under drift stor roll för miljöpåverkan från en armatur. En stor miljöbesparing uppstår därmed vid tekniskiftet från traditionell belysning till LED-belysning (Carlson, 2019). LED-belysning har längre livslängd och lägre energiåtgång jämfört med lågenergilampor och glödlampor, vilket i sin tur leder till minskade koldioxidutsläpp per använd tidsenhet. Flera studier visar på energibesparingar på mellan 20 och 80% vid övergång från traditionell belysning till LED (Vattenfall, 2021; JP Morgan Chase, 2021), troligen runt 50–70% (Belysningsbranschen 2018).

Trots denna stora besparing i energi finns den äldre tekniken fortfarande kvar i många lokaler. Energimyndigheten (2016) uppskattar att elanvändning för belysning skulle kunna halveras om den ineffektiva tekniken som fanns år 2016 skulle bytas ut mot energieffektiv teknik, motsvarande 5-6 TWh per år. En anledning till att många lokaler fortsatt har gammal teknik är på grund av att nya armaturer kräver investeringar. Att genomföra ett sådant byte kan kräva omfattande investeringar i ny utrustning, vilket kan vara ett hinder för att bytet genomförs.

Affärsmodellen ljus som tjänst hanterar investeringshindret genom att organisationer kan byta till energieffektiv belysning och betala en liten summa varje månad i stället för att göra stora investeringar på en och samma gång. Det finns även andra affärsmodeller som hanterar investeringshindret för belysning, såsom leasing.

2.2 Resursbehov och livslängd

Utöver energibehov under drift påverkar belysning också miljön genom den resursanvändning (material, energi) och de emissioner (t.ex. växthusgaser) som armaturer och ljuskällor ger upphov till vid tillverkning och avfallshantering. Hur stor påverkan är beror exempelvis på design, materialval, livslängd och återvinningsgrad. I takt med att belysning blir alltmer energieffektiv ökar också hårdvarans relativa betydelse för miljöpåverkan. Figur 1 ovan visar klimatpåverkan från en LED-armatur i olika delar av dess livscykel. I detta exempel står material, tillverkning och end-of-life för ungefär 1/3 av produktens totala klimatpåverkan (återbruk ej inräknat).

2.2.1 Teknisk livslängd vs. faktisk livslängd

Olika armaturer och ljuskällor har olika lång livslängd och därmed också olika resurseffektivitet i termer av resursbehov per given ”nytta”. En ökad livslängd på armaturen ger mindre påverkan från material och tillverkning ”per lystimme”.

Hur lång livslängden är i praktiken påverkas av både tekniska, ekonomiska och sociala faktorer. LED-lampor har som regel en betydligt längre teknisk livslängd än traditionella lysrör. Enligt Carlsson (2019) uppskattas LED-lampor ha en livslängd (”brinntid”) på cirka 50 000 timmar medan en traditionell lampa (T5-lysrör) uppskattas ha en livslängd på cirka 19 000 timmar. Se Tabell 1 för exempel på skillnaden i lystid mellan LED och traditionella lampor beroende på användning per dygn.

Tabell 1. Lystid (år) baserat på genomsnittlig användning (timmar per dygn), LED jämfört med traditionell lampa

Genomsnittlig användning (timmar/dygn)	Lystid LED (år)	Lystid traditionell lampa (år)
24	6	2
12	11,5	4
8	17	6,5

Exemplen ovan bygger på ljuskällans tekniska livslängd. I realiteten finns det många faktorer som påverkar huruvida en organisation, företag eller privatperson nyttjar den fulla tekniska potentialen. Exempelvis har armaturer vanligen en garantitid på två år. Skulle ett problem uppstå efter garantitidens slut finns risk att hela armaturen byts, även om brinntiden för ljuskällan inte är uppnådd.

På liknande sätt kan fullt brukbara produkter bli utdaterade om designen känns omodern eller nya lagkrav eller standarder införs. En annan viktig faktor för en produkts livslängd är hur den är designad och tillverkad. För många LED-armaturer är ljuskällan integrerad i armaturen och går inte att byta separat. Detta riskerar att öka miljö- och klimatpåverkan. En studie av Tyréns (2019) visar att utebelysningsarmaturer av aluminium där LED-lampan inte kan bytas ut kan ha upp till tre gånger så stor miljöpåverkan över en 25-årsperiod, jämfört med en armatur där ljuskällan kan bytas (Tyréns, 2019). Detta har dock uppmärksammats av kommissionen och i de nya kraven på ekodesign för ljuskällor (EU 2019/2020) finns numera ett krav på att ljuskällor och separata drivdon ska kunna bytas ut (om det inte går krävs en motivation om varför det inte är lämpligt) (Europeiska kommissionen, 2019c).

2.3 Totalbehov och anpassningar

För en totalbild av en belysningslösningens miljöpåverkan behöver man inte enbart se till påverkan per armatur utan även på det totala behovet av belysning i en lokal över tid. Detta så att exempelvis inte mer teknik och energi än nödvändigt för det aktuella behovet används.

Ett sätt att anpassa och effektivisera belysningen är genom sensorer. Det finns exempelvis sensorer och dataanalysfunktioner som ger både historiska data och realtidsdata om belysningsystemaktiviteter (t.ex. energiförbrukning och användning) och trender för att förbättra funktionalitet och underhåll (Signify, 2021). Dessa data kan användas för att justera belysningsinställningar eller förbestämma belysningsscheman baserat på planerade aktiviteter och operationer. Tjänsten kan fjärrstyras för att anpassa belysning och på så sätt även ge företaget insikter som hjälper dem att justera och förbättra belysningen. Olika form av styrning av lampor tar dock också material och energi i anspråk, så det är även viktigt att inte överinstallera teknik i onödan.

Olika typer av lokaler kan också behöva olika mycket ljus för sitt ändamål, exempelvis kan ett klassrum behöva högre ljusstyrka än en matsal. På samma sätt kan t.ex. ljussvaga personer behöva mer ljus än övriga medarbetare. För optimal belysning över tid behöver därför belysningen anpassas till rådande behov och lokalens användning.

2.4 Affärsmodellens påverkan på miljömässiga effekter

Som vi ser ovan är det många faktorer som påverkar den totala miljöpåverkan från belysningen såsom teknikval, design, livslängd och total ljusplanering och anpassning av en lokal. Val av affärsmodell kan påverka incitament och beteenden hos leverantör och kunder gällande alla dessa delar.

Traditionell linjär produktförsäljning har incitament för att sälja och installera många produkter, och olika rabattsystem i grossist och elinstallatörsled kan också vara styrande för val av produkter utifrån lönsamhet för den specifika leverantören.

LED-belysning innebär en betydligt högre inköpskostnad än exempelvis lysrör för samma ljusbehov. Det kan leda till att kunder inte byter ut tekniken och därmed inte heller gör möjliga energibesparingar under drift. Här kan en affärsmodell med leasing eller ljus som tjänst ge ökade förutsättningar för att teknikskiftet och därmed energibesparingen blir av i praktiken.

Affärsmodellen kan också påverka hur lång den faktiska livslängden armaturerna får. Det är exempelvis vanligt att detaljer såsom belysning ses över i samband med flyttar eller större renoveringar. En vanlig kontraktstid på en lokal är 3–4 år. Efter två kontraktstider brukar villkoren för byggnader och verksamheter förändras. Hyresgästen kan vilja justera lokalens planlösning för att möjliggöra ändrat antal kontorsplatser eller så kommer en ny hyresgäst in. I det läget kan kund eller hyresvärd välja att byta ut hela belysningen trots att den tekniska livslängden inte uppnåtts, särskilt om armaturerna redan är ekonomiskt avskrivna.

Vissa företag erbjuder leasing av ljus, vilket innebär att de hyr ut armaturer under en bestämd period. När leasingperioden är slut kan kunden, beroende på företag, välja att teckna ett nytt leasingavtal eller att få möjlighet att behålla armaturen och själv avgöra när den vill byta armatur. Avtalen kan sträcka sig mellan 5–10 år. Även detta skulle kunna ge incitament till att armaturen byts ut mot en ny, trots att den inte nått sin fulla tekniska livslängd. Leverantören har heller inget ekonomiskt incitament att armaturen har en längre livslängd än leasingavtalets tid.

Brighteco som tillhandahåller ljus som tjänst, och själv behåller ägandet över armaturen, uppskattar den faktiska livslängden för sina armaturer till 50 år och ljuskällan till 15 år (Carlson, 2019). Detta då de har arbetat aktivt för att få till en produkt med lång livslängd och värnar mycket om att återanvända armaturen i första hand och annars återbruka komponenter. Vid denna typ av funktionsförsäljning av ljus där ägandeskapet för armaturen kvarstår hos leverantören, blir garantitid irrelevant eftersom kunden köper funktionen ljus. Funktionsförsäljning med en adaptiv armatur ger också möjlighet för kunden att tillsammans med leverantören välja rätt armatur och justera och genomföra de uppgraderingar och anpassningar som behövs utan att det nödvändigtvis innebär ökat produktbehov på totalen. Vid utformning och installation görs en bedömning av vilken teknik som verkligen behövs för lokalen i dess olika delar, också för att minska risken för överinstallation av teknik. Som regel börjar man med relativt liten individstyrning mm, och kopplar på detta efter behov. Eftersom armaturen är modulär går det enkelt att utöka funktionalitet vid behov.

Givet nuläget förväntas den största klimatbesparingspotentialen för ljus som tjänst finnas i att affärsmodellen ökar förutsättningarna för att företag gör ett teknikskifte från traditionell belysning till LED-belysning. Denna miljöfördel som ljus som tjänst har kommer troligen försvinna på medellång-lång sikt till följd av ny EU-lagstiftning. Den nya lagen innebär att majoriteten av användningen av kvicksilver i lampor och lysrör kommer att förbjudas inom EU från och med 2023 (Energimyndigheten, 2022). Detta kommer skynda på teknikskiftet i och med att organisationer kommer behöva byta till energieffektiv belysning när den ineffektiva belysningen når sin tekniska livslängd.

Ljus som tjänst har däremot fortfarande potential att ha mindre miljöpåverkan än linjära affärsmodeller genom minskad resursförbrukning. Hur stor skillnad det innebär jämfört med linjär försäljning kan variera mycket beroende på vad för organisation som nyttjar belysningen.

Den största potentialen förväntas komma från att genom att ljus som tjänst-företaget äger produkten, kan de återanvända deras armaturer när en kund inte längre vill ha tjänsten. Det innebär att armaturerna kommer att användas till de nått sin tekniska livslängd och inte slängas i förtid som linjär belysning kan göras, exempelvis på grund av renoveringar eller kunders nya preferenser. Potentialen är troligen störst i kontorslokaler där renoveringstakten är hög för att möta nya hyresgästers preferenser, jämfört med exempelvis skolor eller andra offentliga byggnader som ofta har samma hyresgäster under flera decennier.

Vidare skapar en cirkulär affärsmodell där företag säljer en funktion ett incitament att producera produkter med lång livslängd. Företag som tjänar på att sälja fler och fler armaturer, har i stället ett incitament att skapa produkter som behöver bytas ut innan de nått sin tekniska livslängd, antingen genom sämre tekniska lösningar eller genom att skapa nya behov genom nya produkterbjudanden ("planned obsolescence"). Exempel på detta är den s.k. Phoebuskartellen som inkluderade bl.a. Osram, Philips, General Electric, som 1924 standardiserade en lystid hos glödlampor till 1 000 timmar, trots att lystiden för glödlampor vid tiden kunde vara upp till 2 500 timmar (Krajewski, 2014).

Genom att äga produkterna får cirkulära företag även ökad möjlighet att kunna använda fungerade beståndsdelar från uttjänade produkter som reservdelar, eller som insatsvaror i nya produkter, vilket minskar behovet på jungfruligt material.

Som följd av att LED är billigare i drift än ålderdomlig teknik finns det en risk att organisationer köper in mer belysning och använder den mer än vad de behöver. Det skulle kunna leda till att miljövinsten av LED jämfört med ålderdomlig teknik äts upp, en s.k. rekyleffekt. Genom ljus som tjänst minskar den risken eftersom nyttjaren av ljuset får hjälp av experter att hitta lämplig och tillräcklig nivå av belysning och produkter.

Effekter av olika aspekter och olika affärsmodeller diskuteras och summeras i Tabell 2.

Tabell 2 Exempel på miljöpotential för olika affärsmodeller

	Energibehov i drift	Resurser, livslängd	Totalbehov och anpassningar
Lysrör (T5, T8), linjär modell	Ca 70-100 lumen/watt (Wattväktarna, u.å.)	Ekonomiska incitament i leverantörsled att sälja många produkter. Teknisk livslängd ca 7 år ⁴ vid 8h användning per dag.	Anpassning /förändring innebär ny kostnad för inköp och installation. Risk att det inte görs och/eller leder till nyköp och kassering av tidigare armatur.
LED, linjär modell	Halverat energibehov mot lysrör.	Teknisk livslängd cirka 17 år. I dagsläget vanligen ej designade för förändring (men nya lagkrav på gång). Oklart om de kommer bytas "för säkerhets skull" om garanti gått ut/renovering ändå görs efter t.ex. 7 år.	Anpassning blir tillägg/ny kostnad. Risk att det inte görs och/eller leder till nyköp och kassering av tidigare armatur.
LED, leasing	Halverat energibehov mot lysrör.	Teknisk livslängd cirka 17 år. Avtal löper vanligen 5-10 år (Ledlease, 2021; Makumbe et al., 2016). Risk att armaturer kasseras i förtid då ekonomisk livslängd nås före teknisk.	Anpassning blir tillägg/ny kostnad. Risk att det inte görs och/eller leder till nyköp och kassering av tidigare armatur.
LED, ljus som tjänst	Halverat energibehov mot lysrör.	Livslängd enligt leverantör 50 år. Armaturer uppgraderas och återbrukas mellan kunder för väsentligen längre livslängd och hög återbruksgrad.	Leverantör har kontinuerlig dialog för anpassning vid ändrade behov samt att kund ej överanvänder ljus för sina behov.

2.5 Miljöpotential - exempel

Den potentiella miljöbesparingen som ljus som tjänst kan innebära beror vilken typ av belysning som är installerad i lokaler idag. Jämfört med belysningssystem såsom T5-lysror finns det stor miljöbesparing att hämta framför allt från längre livslängd och lägre energiåtgång. Carlson (2019) har gjort en jämförande livscykelanalys (LCA) mellan ljus som tjänst (funktionsförsäljning) med LED-lampor enligt Brightecos modell, och produktförsäljning av belysning (T5-lysror). Studien visade på mer än en halvering av miljöpåverkan av ljus som tjänst jämfört med produktförsäljning sett över fem olika miljöpåverkanskategorier, inklusive klimatpåverkan.

⁴ Enl. antaganden ovan om 19 000 h brinntid

2.5.1 Beräkningsexempel klimatpåverkan

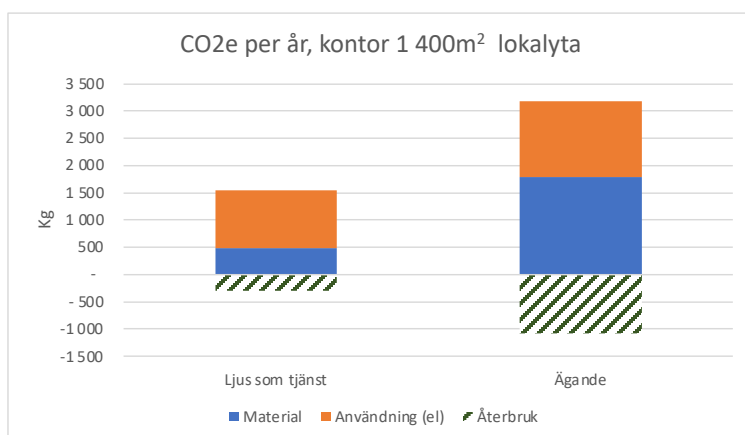
I projektet har en kalkylmodell tagits fram som stöd att uppskatta klimateffekter av ljus som tjänst under olika antaganden såsom andel LED, livslängd och återvinningsgrad av armaturer.

De potentiella effekterna påverkas om materialet i armaturerna helt, eller delvis, återbrukas när den slutar användas. I exemplet nedan antas cirka 20% av armaturens klimatpåverkan (CO₂e) kunna räknas bort genom att delar av materialet i armaturen kan återanvändas i nya produkter (Fagerhult, 2021), antagandet är samma för både ljus som tjänst och ägande. I figurerna nedan visas återbrukspotentialen som en miljöbesparing. Klimatkostnaden för användning (el) baseras på svensk energimix (Fagerhult, 2021).

Jämfört med redan installerad LED-belysning förväntas den potentiella miljöbesparingen komma från att ljus som tjänst nyttjar produkterna till sin faktiska tekniska livslängd. Vid eget ägande av LED, eller leasing, finns ökad risk att belysningen byts ut innan den har nått sin tekniska livslängd, se avsnittet 2.6.1.

Kontor

För ett fiktivt kontor med 1 400 m² lokalyta, som ursprungligt är belyst med 75% LED och 25% T5-lysrör kan ljus som tjänst med utbyte till LED leda till en minskning av klimatpåverkan med 838 kg CO₂e per år (-40%) inkluderat CO₂e-besparingar från återbruk.

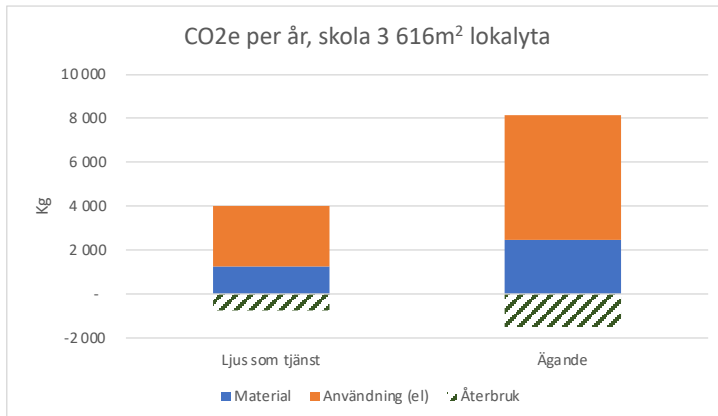


Figur 2. CO₂e-utsläpp per år för 1 400m² kontor, uppdelat på material, användning och återbruk.

Skola

Kommunala grundskolor hade år 2009 cirka 16 m² lokalyta per elev, vilket läsåret 2019/20 motsvarade 3 616 m² för en genomsnittlig skola (Skolverket, 2009; Skolverket, 2020). Kommunala grundskolor skiljer sig jämfört med kommersiella fastigheter med att skolverksamheter brukar lokalerna under en längre tid än exempelvis privata företag som snabbare får nya behov. Offentliga fastigheter (2014) konstaterar att de flesta offentliga byggnader som är äldre än 30 år har ett renoveringsbehov. Följaktligen kan det antas att skolor har större potential att nyttja egenägd LED under hela dess tekniska livslängd, och att den största miljöbesparingen kommer från att byta från föråldrade belysningssystem till LED. För en genomsnittligt fiktiv skola med 3 616 m² lokalyta,

belyst med 10% LED⁵ och 90% T5-lysrör kan ljus som tjänst spara 3 402 kg CO₂e per år (-51%).

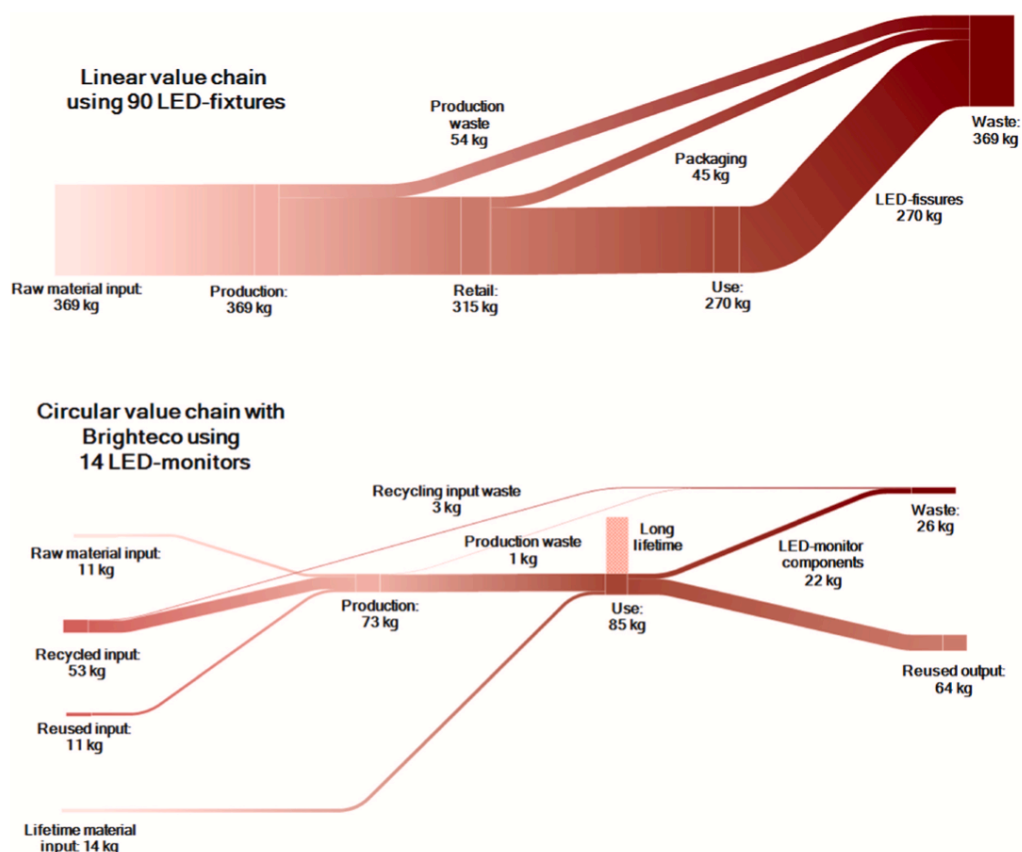


Figur 3. CO₂e-utsläpp per år för 3 616m² skola, uppdelat på material, användning och återbruk.

2.5.2 Materialbehov och avfallsmängder

Ovan exempel visar endast effekt på klimat. Brändström och Eriksson (2022) har gjort en beräkning av hur mycket jungfruligt material som går åt för belysning i ett klassrum under 45 år, och hur mycket avfall som bildas av material som inte återvinns (Material Input and Output) och kommit fram till att Brightecos modell minskade resursanvändningen (MIO) med 93%, från 738 kg i den linjära modellen till 51 kg i ljus som tjänst. I denna studie var jämförelsen en traditionell produktförsäljning av LED-lampor, där armaturerna antogs bytas ut helt vart 5:e år (baserat på garantitider). Armaturerna i ljus som tjänst kvarstod alla 45 år, med visst underhåll/utbyte av delar var 15:e år. Se illustration av materialflöden i Figur 4.

⁵ Genomsnitt hos 11 skolor från rapporten *Belysningsel i bostäder och lokaler* (Bring, 2018).



Figur 4. Materialflöden för belysning i en linjär respektive cirkulär modell i ett klassrum för 24 studenter över en tidsperiod om 45 år. Brändström och Eriksson (2022).

2.5.3 Scenarier miljöpotential

Baserat på kalkylverktyget som projektet har tagit fram (Hallquist et al., 2022) har ett antal scenarier tagits fram för att illustrera vilken potential som finns att minska CO₂ genom att byta till ljus som tjänst. Resultaten presenteras i Tabell 3.

Det går att utläsa från tabellen att det uppskattningsvis finns potential att minska CO₂-utsläppen med närmare 30 000 ton per år genom att byta från nuvarande belysningslösning till ljus som tjänst i Sveriges skolor och kontor. Dessa besparingar beror främst på ökad produktlivslängd och ökad användning av LED, vilket också går att uppnå med andra medel än affärsmodellen ljus som tjänst enligt Brightecos erbjudande, men ljus som tjänst ökar förutsättningarna för att dessa denna typ av åtgärder blir av.

Tabell 3. Scenarier miljöpotential utifrån olika antaganden i yta, andel LED och typ av el.

Lokal	Lokalyta, kvm	Andel LED i lokalen i dag	Typ av el	Minskning CO ₂ med ljus som tjänst, ton/år
Kontor	1 400	50%	Svensk energimix	1,1
Kontor	1 400	75%	Grön el	0,5
Alla Sveriges kontor	32 342 000	75%	Svensk energimix	11 800
Skola	3 616	10%	Svensk energimix	3,4
Alla Sveriges skolor	18 700 000	10%	Svensk energimix	17 600

Sett per anställd på ett kontor finns det potential att minska de årliga CO₂e-utsläppen med cirka 9 kg per anställd⁶, genom att byta till ljus som tjänst. Detta är i liknande storleksordning som att införa cirkulära möbelflöden. Bolin et al. (2017) har beräknat vilka miljöeffekter som går att uppnå genom att byta från en linjär till en cirkulär affärsmodell för bland annat kontorsstolar. Exempel där visar att det finns potential att minska CO₂e med 32% eller 4 kg per kontorsstol varje år.

2.6 Summering miljömässiga effekter

Hur stor miljömässig effekt ljus som tjänst har beror av *vilka incitament* det ger till ändrad praktik gällande fysiska flöden (t.ex. livslängd och återvinning av armaturer) och energibehov. Viktiga parametrar för att bedöma den miljömässiga hållbarheten (avseende klimat och resurser) är:

- **Energibehov** under drift, inklusive vilken typ av energi som används för att uppfylla detta behov. Här spelar byte av teknik till LED en stor roll för hur mycket energi som går åt för att uppfylla ett visst ljusbehov. Ljus som tjänst kan i vissa fall underlätta ett tekniskifte, och bidrar då till att energibehovet under drift också minskar.
- Behov av **naturresurser**, såsom material (och energi) för armaturens produktion och avyttring. Här är armaturens livslängd och faktiskt återbruk eller återvinningsgrad av stor betydelse.
- **Total användning** av belysning i lokalen, så att inte mer belysning eller teknik än nödvändigt används.

2.6.1 Affärsmodellens påverkan

Ljus som tjänst har i dag tre huvudsakliga kanaler som affärsmodellen kan minska miljöpåverkan på jämfört med en linjär affärsmodell. Det minskar resursförbrukning genom ökad produktlivslängd och ökad sannolikhet för återbruk och återvinning, ökar

⁶ Antaganden: 16 kvadratmeter lokalyta per anställd, svensk energimix, 75% LED i lokalen i dag, belysning vid ägande används i 8 år medan ljus som tjänst används i 25 år.

sannolikheten att ett tekniskifte från energikrävande belysning till energieffektiv belysning genomförs, och minskar incitament för överinstallation av hård- och mjukvara.

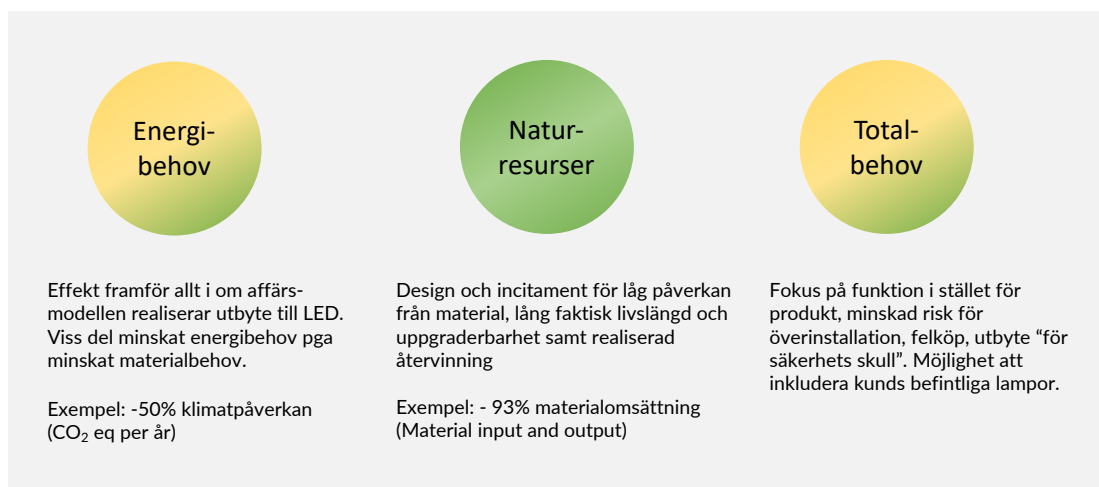
Ljus som tjänst kan på detta sätt öka *förutsättningar för*

- Öka produktlivslängd armatur
- Ökat återbruk armatur
- Tekniskifte till t.ex. LED
- Ökat fokus på rätt ljus i stället för mer belysning/produkter
- Minskad risk för överkonsumtion (felköp, överinstallation, utbyte i förtid)

Ljus som tjänst ger inte per automatik dessa fördelar, men logik och incitament i affärsmodellen ökar förutsättningarna att dessa effekter sker.

2.6.2 Exempel Brighteco

Sammantaget bedöms ljus som tjänst enligt Brightecos modell vara mer fördelaktigt ur ett miljöperspektiv genom att affärsmodellen premierar lång användningstid och återbruk, samt minskar risken för överinstallation av produkter. Detta väntas kunna ge betydande förbättringar när det gäller användning av naturresurser, men också möjlighet till minskat energibehov (särskilt om nuvarande belysning ej baseras på LED) och minskat totalbehov av belysning och belysningsprodukter för en lokal. En summering av uppskattade miljöeffekter relativt jämförelseläget ges i Figur 5.



Figur 5. Uppskattning av effekter av Brightecos modell av ljus som tjänst, där grönt indikerar troligen bättre, gul troligen likvärdig och rött sämre än jämförelseläget (en odesignad standardlösning för allmänbelysning).

Affärsmodellens påverkan på miljömässig hållbarhet kommer med både styrkor och svagheter och möter såväl möjligheter som hot i relation till framtida utveckling och intresse för området. Se exempel i Figur 6.



Figur 6. Exempel på styrkor, svagheter, möjligheter och hot för miljömässig hållbarhet med ljus som tjänst enligt Brightecos modell.

3 Välbefinnande

Ljus har stor betydelse för välbefinnande, social interaktion och prestation. Dålig belysning på arbetsplatsen är en vanlig orsak till både huvudvärk och koncentrationsproblem (Lindgärde 2020). En väl designad och anpassad belysning kan bidra till en attraktiv arbetsplats där människor trivs, mår bra och kan arbeta effektivt. Genom bra belysning kan man exempelvis minska muskelspänningar och sömnproblem, men också stödja ett bra samarbetsklimat.

I en studie från Belysningsbranschen (2018) uppgav 92 procent att belysningen på deras arbetsplats var viktig för välmående. Belysningen kan påverka på flera olika nivåer, från fysisk komfort och hur väl vi kan fullfölja våra uppgifter, till kreativitet och motivation (Steidle et al., 2014). Även om belysningens utformning har kopplats till såväl hälsa som välbefinnande och prestation (se t.ex. Boork et al., 2019; Steidle et al., 2014; WELL, 2022) saknas fortfarande mycket kunskap om exakt hur och i vilken grad. Vetenskapen om belysningens påverkan på människan utvecklas dock snabbt och nya upptäckter görs hela tiden. I dag vet vi att vårt behov av ljus varierar över dygnet och att det är möjligt att anpassa belysningen till dessa behov. Ljuset kan hjälpa till att styra vår dygnsrytm om vi erhåller rätt mängd vid rätt tillfälle.

Ljusets påverkan på oss människor sker till stor del omedvetet och det krävs tekniska och designmässiga kompetenser blandat med lyhördhet för individers olika upplevelser och behov för att skapa en väl fungerande och attraktiv belysningsmiljö. En väl fungerande belysningsmiljö är dessutom inte något statiskt, utan något som behöver anpassas i takt med organisationens förändringar, till exempel ny personal, förändrad lokalanvändning och nya arbetsuppgifter. Därför är det mycket viktigt att belysning planeras och designas redan i byggskedet men sedan också anpassas kontinuerligt till lokalen och vilken aktivitet och vilka personer som vistas där över tid.

3.1 Regelverk för belysning

Vad som är en bra belysning är en komplex fråga och ett samspel mellan person, plats och uppgift. Arbetsmiljöverket och Boverket har tagit fram riktlinjer och direktiv för belysningsplanering som är till god hjälp för hur man ska tänka (Boverket, 2020) såsom att ha tillräckligt ljus på rätt ställe, så lite bländande ljus som möjligt, ett jämnt ljus på arbetsytan och inte för stora kontraster mellan arbetsyta och omgivning (se exempelvis §§ 135-136 AFS 2020:1). Arbetsmiljöverket poängterar också att belysningen ska vara anpassad till *”de enskilda arbetstagarnas syn och övriga förutsättningar”*.

Det finns också en europeisk standard om *belysning av arbetsplatser inomhus*, (SS-EN 12464-1:2021, SIS), vilken har utvecklats för att säkerställa en minimal nivå av ljuskomfort. Standarden baseras huvudsakligen på fysikaliska mätningar och mätsystem, och definierar specifika rekommenderade värden för olika ytor och miljöer. I 2021 års version av standarden beaktas användarnas behov i större utsträckning än tidigare genom att exempelvis behovet av differentierade och justerbara ljusförhållanden lyfts fram.

Det finns olika mått för att mäta t.ex. ljusstyrka, färgåtergivning, flimmer, bländning, ljusfördelning och kontraster rent fysiskt vilket kan ge en fingervisning om vad som är lämpligt för det stora flertalet. Riktlinjer kan däremot inte ersätta designkompetens och är inte tillräckligt för att svara på om belysningen tillgodoser varje enskild brukares behov.

Arbetsplatsens utformning

135 § Arbetsplatser ska ha en belysning som är anpassad till verksamheten och de synkrav arbetsuppgifterna innebär, samt de enskilda arbetstagarnas syn och övriga förutsättningar. Belysningen ska göra det möjligt att förflytta sig säkert inom arbetsplatsen.

136 § Belysningen ska vara av god kvalitet, vilket innebär att man tagit hänsyn till

1. belysningsstyrka,
2. färgåtergivning anpassad till verksamheten,
3. besvärande flimmer,
4. bländfrihet,
5. ljusfördelning, och
6. kontraster.

Källa: Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2020:1 "Arbetsplatsens utformning"

3.2 Mer ljus är inte alltid bättre

Frågan hur belysning påverkar prestation har studerats länge, och då framför allt hur *ljusstyrkan* påverkar prestationen. Vid precisionsarbete som exempelvis lödning eller laboratoriearbete är tillräcklig ljusstyrka ett villkor för att undvika fel. Studier har visat att antalet fel och olyckor inom metallindustrin minskade när ljusstyrkan höjdes (Alasalmi, 2018). Det finns också studier som visar att högre ljusstyrka gör att personer ser bättre (Zakerian et al., 2018).

Det skulle kunna vara frestande att tänka att ökad ljusstyrka generellt ger en ökad produktivitet och mindre fel. Men för hög ljusstyrka i allmänbelysningen kan leda till bländningseffekter och orsaka huvudvärk. Ett enkelt sätt att testa om takbelysningen är bländande är det så kallade keptricket: Håll handen över ögonen som skärmen på en keps. Om du upplever lättnad med din "keps" är du sannolikt bländad och ljusstyrkan är för stark.

I ett rum som ska användas för möten som syftar till att bygga förtroende människor emellan kan belysning som ger en avslappnande atmosfär också vara viktigare än en viss ljusstyrka. Det har exempelvis visats vetenskapligt att människor bedömer kollegor som mer varma och kompetenta i en belysning som de tycker om, och mindre varma och kompetenta i en belysning som de inte tycker om (Kombiez och Ditel, 2019).

Ljusets intensitet och färginnehåll kan också påverka välmående, såsom människans sömncykel och kroppens stressnivå⁷. Ljus i det blå frekvensområdet bidrar till att öka kroppens aktivitetsnivå, men kan också bidra till en ökning av individens totala stressnivå. Blått ljus kan vara viktigt under dagtid för välbefinnande och vakenhetsgrad, men på kvällen leda till sömnstörningar (Wahl et al., 2019). De senaste åren har det också kommit fynd som tyder på att vissa typer av gröna ljusfrekvenser kan verka hälsofrämjande och bland annat lindra smärta, exempelvis för personer med migrän (Nosedá et al, 2016 och Nir et al. 2018).

3.3 Olika personer har olika ljusbehov

Olika personer kan reagera olika på samma belysningsmiljö. För en person kan den orsaka spänningar i nacke och axlar och kanske trigga igång en migränattack medan en annan inte känner något speciellt (Nir, 2018). Synen förändras också med åldern, och barn i en skola har andra behov än äldre på ett ålderdomshem. Även upplevelsen av ljus förändras över tid. Laufer et al. (2009) fann t.ex. att äldre personer upplevde blåaktigt ljus som mer obehagligt än rödtonat.

För att få en väl fungerande ljusmiljö är det viktigt att vara lyhörd för individers behov och önskemål. Säger en person att denne har problem med ljuset är det sannolikt så. Det är dock inte alltid så att individen själv förstår att det är belysningen som orsakar deras upplevelse.

För att få en inkluderande ljusdesign kan det vara bra att tänka i termer av grundbelysning och specialbelysning, precis som det erbjuds specialkost i skolan. Specialbelysning kan bidra till bättre välmående, prestation och funktion, framför allt hos redan känsliga grupper. Exempel på grupper som är särskilt känsliga för belysningens påverkan är migräniker (Vanagaite, 1997) och personer ADHD (Kooij and Bijlenga, 2014).

3.4 Initial design och kontinuerlig anpassning

Vilken belysning som finns i en lokal och hur väl den fungerar för ändamålet och de som vistas där är ett resultat av flera delar i byggprocessen, vilken kompetens och engagemang som funnits för belysning i olika delar, och hur väl samverkan och kommunikation fungerat mellan aktörer för att anpassningar och justeringar ska ske. Anpassningar för en god ljusmiljö behöver ske av olika aktörer i olika tidsperspektiv: från byggnaden i stort till anpassningar av lokal och verksamhet, justeringar för olika aktiviteter och ända ner till daglig och stundlig justering av brukaren själv, vilket illustreras i Figur 7.

⁷ För en översikt om rubbningar i sömncykeln se t.ex. Tåhkämö et al., 2019

3.4.1 Byggnadsanpassning

Övergripande belysningsplanering görs när byggnaden uppförs eller vid stora planerade förändringar av hela lokalens utformning och syfte, t.ex. då ett ålderdomshem byggs om till skola. Tidsperspektivet på förändring är flera år eller kanske decennium.

3.4.2 Lokalanpassning

Lokalers belysning behöver anpassas till tilltänkta brukare och deras behov utifrån planlösning, färgsättning, tänkta aktiviteter etc. Ansvar för arbetsmiljön, inklusive arbetsplatsens belysning, ligger på hyresgästens organisation (Arbetsmiljöverket, 2020). Är brukaren initialt okänd projekteras vanligen en "grundbelysning" bestående av en allmän belysning som är en del av den färdiga belysningen. När det sedan är klart vem som är brukaren görs vid behov en anpassning av belysningen, ofta på hyresgästens bekostnad. Speciallösningar för belysningen ses också som en hyresgäst Anpassning som blir tillägg i hyreskontraktet.

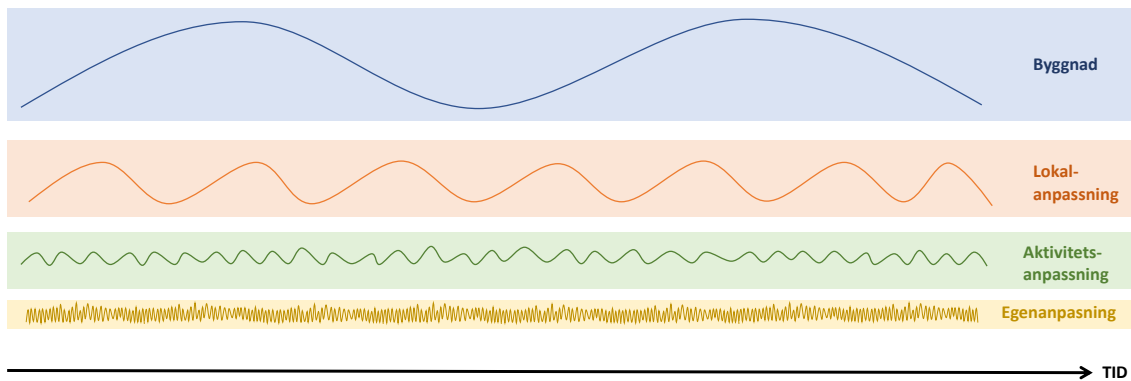
En anpassning av ljusmiljön bör inte bara ske när en helt ny hyresgäst flyttar in, utan kan även vara viktigt när ändringar sker i färgsättning, aktivitet, layout eller brukare. Planlösningar kan ändras, mötesrum börjar användas som fikarum, eller att en elev med särskilda behov börjar eller slutar i en klass. Tidsperspektivet här på förändring i ljusmiljön kan vara månader eller år.

3.4.3 Aktivitetsanpassning

Aktivitetsjustering kan handla om förändringar över dagen, t.ex. i skolan när eleverna växlar mellan att arbeta i boken, göra grupparbete, eller titta på tavlan. Dessa justeringar gör ofta brukarna själva genom att t.ex. slå på och av punktbelysning eller justera ljusstyrka över dagen i en lokal.

3.4.4 Egenanpassning

Individuell ljusmiljö består av en mikronivå av förändringstakt som handlar om minuter och sekunder, och till och med millisekunder t.ex. när solen tittar in genom ett fönster eller blicken växlar mellan arbetsuppgifter på en dator eller i samtal med en kollega.



Figur 7. Olika tidsperspektiv på en ljusmiljös anpassning.

3.4.5 Riskfaktorer

För en väl fungerande ljusmiljö behöver anpassningar kunna ske i alla dessa dimensioner. Dock kan rutiner, incitament och kunskap saknas för att detta ska ske på en eller flera nivåer.

Bristande kompetens, budget och tid i byggprojekt - Om tillräcklig belysningskompetens inte kommer in i byggprojekt kan bärande idéer om ljusmiljön gå förlorade, t.ex. genom att entreprenörer byter ut ljuslösningar och produkter mot vad som uppfattas som likvärdiga med avseende på de tekniska specifikationerna men som inte nödvändigtvis uppfyller de visuella ljuskvaliteterna (se t ex. Fridell Anter, 2012; Petersdottir, 2002).

Utebliven ljusdesign och lokalanpassningar - Många lokaler projekteras med en allmänbelysning som sedan behöver anpassas eller kompletteras för den tänkta lokalen och brukaren. Det finns dock stor risk att såväl ljusdesign som anpassningar inte sker, särskilt om hyresgästerna inte har kunskap eller medvetenhet att ställa (rätt) krav, eller om de inte är beredda att ta extrakostnader för detta.

Kunskap och förutsättningar för egenanpassning saknas - Viss anpassning behöver begäras eller genomföras av brukarna själva, men även här är ofta kompetensen och förutsättningarna bristfälliga. Ljusergonomi tycks inte alltid ha lika stort fokus som annan ergonomi på arbetsplatsen. En studie från Belysningsbranschen (2018) visade att 87 procent av alla som jobbar på kontor har en reglerbar stol, 73 procent ett höj- och sänkbart arbetsbord, och 32 procent ett ergonomiskt tangentbord. Men bara 20 procent av kontorsanställda kunde reglera belysningen eller ljusstyrkan på sin arbetsplats.

3.5 Belysning är mer än en teknisk fråga

I byggprojekt ses belysning ofta främst som en teknisk fråga, vilken ska samordnas med andra tekniska aspekter såsom VVS- och undertakslösningar (Pertola, 2012; Fridell Anter, 2012; Petersdottir, 2002; Enger, 2013). Det är vanligt att en elkonsult planerar och projekterar belysningssystemet utan hjälp av någon särskild belysningsexpert,

kanske med utgångspunkt från förslag direkt från armaturtillverkare (Pertola, 2012; Fridell Anter, 2012). Ofta håller den funktionella belysningen i form av arbetsplatsbelysning och allmänljus relativt god kvalitet (Pertola, 2012), medan det är vanligare med brister i hur man beaktar belysningen som helhet, där både tekniska och visuella aspekter omfattas (Petersdottir, 2002). Även om standarder och rekommendationer följs är det möjligt, och till och med vanligt, att ljusmiljöer ändå varken erbjuder bra visuell kvalitet eller har en tilltalande atmosfär (t ex Boyce & Wilkins, 2018; Dutson, 2010). Exempelvis ifrågasätts rekommendationerna, och även praxis, för belysningsstyrkan då de i många fall överstiger vad som är nödvändigt för att ge effektiv synlighet. Kvaliteter så som kontraster och ljusfördelning har också visat sig ha större inverkan på upplevelsen av rummet än belysningsnivåer (Fridell Anter, 2011; Küller et al., 2006; Flynn 1973).

Belysning är i stor utsträckning en gestaltungsfråga där den samspelar med inredning och färgsättning, och det är inte säkert att arkitekter och inredningsarkitekter har specialkunskap inom belysning, utan här kan en ljusdesigner vara "bryggan" då den både har teknisk och visuell förståelse för ljus och belysning (Fridell Anter, 2012; Petersdottir, 2002).

3.5.1 Kvantifierbara krav vanliga – kvalitativa, visuella, värden svårare

Krav kopplade till belysning handlar oftast om kvantifierbara aspekter, till exempel belysningsstyrkor (luxtal) för detaljseende och arbetsytor (Fridell Anter, 2012; Petersdottir, 2002). Men belysningsstandarder bör ses som ett *"ofullständigt instrument för att skapa goda ljusmiljöer"* (Enger, 2013) och behöver kompletteras för att täcka in även sinnliga upplevelser.

Att ställa tydliga kvalitetskrav på belysningen i en fastighet utöver de kvantifierbara kraven i standarderna är dock inte lika vanligt. De icke-tekniska värdena är svåra att mäta och arkitekter och inredningsarkitekter har ofta svårt att hävda upplevelsemässiga och estetiska värden i förhållande till ekonomiska och tekniska krav. Befintliga rekommendationer och guider säger lite om hur krav som inte uttrycks i siffror ska formuleras, förverkligas och följas upp (Fridell Anter, 2012; Petersdottir, 2002). Detta blir särskilt utmanande för aktörer som inte har stor egen kompetens inom ljusdesign och ljusergonomi, såsom många byggherrar, beställare och elkonsulter.

3.6 Affärsmodellens påverkan på välbefinnande

För att öka de positiva effekterna av belysning och minska de negativa behöver belysning inte bara ha tillräcklig teknisk kvalitet utan också anpassas till lokalernas rådande användnings-områden och individers respektive behov. Detta gör att anpassningar i lokalen kan behöva ske kontinuerligt. Här ser vi att olika affärsmodeller ger olika incitament till att en sådan anpassning också sker.

Traditionellt installeras en ”standardbelysning” enligt en linjär affärsmodell, vilken vanligtvis följer grundläggande riktlinjer men utan ytterligare gestaltning eller anpassning till hyresgäst eller enskilda brukare. En tilläggstjänst i form av ljusdesign kan göra mycket för ljusmiljön, men sker vanligen, om alls, vid en specifik tidpunkt såsom byte av hyresgäst.

Affärsmodellen ljus som tjänst är speciell på det sätt att den möjliggör en kontinuerlig dialog mellan kund och leverantör. Detta tillför grundläggande belysningskompetens vid installation och ger även incitament för kunden att uppdatera ljusmiljön när ändringar sker, eftersom konsultation och justeringar ingår i den fasta månadskostnaden och förmedlas via samma kontaktvägar som övriga belysningsfrågor. Detta ger lägre trösklar för kontinuerlig anpassning.

I skolmiljö t.ex. får barn med diagnoser ofta stöd i form av extra resurser såsom stödpersonal och även ibland i form av fysisk miljö, t.ex. ett eget lugnare rum. Det är dock än så länge ovanligt att gå in med specialbelysning för att hjälpa dessa grupper. Bidragande orsaker till detta kan vara att belysningen ofta är fast och integrerad i byggnaden, samt att det åtminstone delvis saknas kunskaper både hos individer och i forskarkollektivet om vilken belysning som gör att en viss individ ska kunna fungera bättre. När evidens saknas kan dock beprövad erfarenhet och individuella erfarenheter fungera som en fingervisning. Med belysning som tjänst finns en större möjlighet att pröva sig fram till vad som passar och att göra ändringar om något inte upplevs bra och därmed leta sig fram till beprövad erfarenhet.

Den största potentialen för ljus som tjänst när det gäller välbefinnande är troligen att anpassa belysningen efter rådande omständigheter för att de som brukar belysningen. Att anpassa belysning är inte unikt för ljus som tjänst utan går att åstadkomma exempelvis med hjälp av ljusergonomer. Sannolikheten att anpassningar blir av förväntas däremot vara högre om företag köper in ljus som tjänst snarare än egen belysning.

Olika tjänster och affärsmodeller har alltså olika förutsättningar att stötta anpassning i olika tidsaspekter av ljusanpassning. För optimal ljuskomfort kan man idag behöva kombinera olika erbjudanden, såsom en grundlig ljusdesign initialt, god teknisk kvalitet, återkommande konstulstation för kontinuerlig anpassning och utvärdering, samt tekniska förutsättningar och ökad kunskap hos brukarna att själv ”ställa in stolen”. Här har ljus som tjänst enligt Brightecos modell framför allt en fördel i att god teknisk kvalitet säkerställs samt i kontinuerlig lokalanpassning.

Tabell 4 nedan sammanfattar några exempel på funktioner hos ljus och belysningsdesign och i vilken grad dessa vanligen inkluderas i olika typer av affärsmodeller/erbjudanden för belysning.

Tabell 4. Hur olika belysningstjänster inkluderar olika delar av en god ljusmiljö.

	Teknisk kvalitet (enl AMF)	Gestaltad ljus-atmosfär	Lokal-anpassning	Brukar-anpassning	Aktivitets-anpassning	Egen-anpassning arbetsljus
Standardbelysning linjär modell	Viss mån, kan brista vid t.ex. pressat pris.	Nej	Nej, eller mycket grundläggande	Nej	Nej	Normalt ej
Ljusdesign utifrån verksamhetens och brukarnas behov	Normalt ja, kan brista om installatör väljer andra produkter	Ja	Ja utifrån initial lokal. Uppdateringar sker ej per automatik och kräver nytt uppdrag.	Normalt ej. Kräver nytt uppdrag.	Kan ge förutsättningar	Normalt ej
Ljus som tjänst enligt Brighteco	Ja	Nej	Ja initialt och även vid justeringar i färg, väggar mm	Ja, justeringar kan göras om tex. varaktig ny brukare ska vistas i lokalerna med särskilda behov	Normalt ej	Normalt ej
Ljusergonom				Ser över arbetsplats och kan rekommendera justeringar/-inställningar		Kan ge tips till brukare hur de kan agera och/eller rekommendera hjälpmedel

3.7 Potential välbefinnande, exempel

Ljus som tjänst, som det erbjuds av Brighteco, innebär att kunden får installation och underhåll av sin allmänbelysning mot en månadskostnad, men också anpassning av densamma vid förändrade behov såsom om lokalens planlösning ändras, om ett rum ska användas i andra syften eller om en person med andra ljusbehov regelbundet kommer vistas i lokalen. Detta kan särskilt vara av värde för företag och organisationer som inte har egen belysningskompetens eller fastighetsavdelning med fokus på att behovsanpassa verksamhetens lokaler.

Belysningen installeras i samråd med kunden, med hänsyn till lokalens utformning, färgsättning, användningsområden och vilka som ska vistas där. Vidare justering och anpassning av belysningen på lokalnivå ingår i månadskostnaden och föranleder därför

inte ytterligare kostnad. Tjänsten har ett fokus på allmänbelysning och inkluderar vanligen inte ljusdesign eller synergonomi.

Även om effekterna på välbefinnande och produktivitet är svåra att kvantifiera, vittnar kunder som använt ljus som tjänst om flera exempel där den typ av anpassning som ingår i tjänsten gett betydande positiva effekter på välmående på individ och gruppnivå.

Både elever och lärare tycker att ljuset är bättre nu än tidigare. Lärarna upplever ett annat lugn i klassrummet och många elever känner sig piggare. Många upplever att ljuset är väldigt starkt från början, men efter ett par dagar har de vant sig.

Bra ljus är viktigt för alla, men kanske extra viktigt för barn med särskilda behov. Ett flimrande lysrör är jobbigt för vem som helst, men för ett barn med ADHD kan det innebära att de inte orkar vara i skolan. Elever med dålig syn kan få en skraddarsydd lösning som underlättar för dem utan att störa barnen som sitter intill. Det är otroligt värdefullt.

Energisamordnare, Tierpsbyggen⁸

En tid efter att vi installerat belysning i en skola blev vi uppmärksammade på att det var hög ljudnivå i matsalen. Då bytte vi färgtemperatur i matsalsdelen – och barnen blev lugnare.

VD, Brighteco⁹

Man har kunnat se att barn på gymnasienivå helt plötsligt har presterat bättre. Barn längst bak i klassen har börjat få godkänt. De kan inte bevisa att det är på grund av ljuset men de tror att det är det.

Projektledare Inköp, Gävleborg¹⁰

3.7.1 Scenarier välbefinnande

Storleken på de effekter som rätt ljus kan ha på människors välbefinnande är som sagt mycket svårt att uppskatta och det råder stor osäkerhet i de belopp som redovisas i Tabell 5. Om vi antar att rätt ljus för rätt person kan minska migränbesvär för anställda i kontor och behovet av stödpersonal för elever med NPF med 5% skulle drygt 2,2 miljarder kronor kunna sparas per år i form av minskad produktionsförlust och ökad livskvalitet. Effekten om 5% är ett antagande som baseras på intervjuer som projektet har genomfört och är förenat med stor osäkerhet.

⁸ Kundcase, Brighteco, u.å.

⁹ Observation, 2020-12-03

¹⁰ Intressentworkshop 2022-06-08

Tabell 5. Scenarier välbefinnande utifrån olika antaganden om brukare och besvärsminskning.

Lokal	Antal brukare (anställda/elever) med extra behov ¹¹	Exempel minskning av besvär från rätt ljus	Social besparing, kr/år (minskade produktionsförluster, sjukvårdskostnader)
Kontor	12	5%	67 000
Alla Sveriges kontor	248 860	5%	1 430 940 000
Skola	13	5%	170 000
Alla Sveriges skolor	63 100	5%	821 440 000

Den sociala besparingen som redovisas i

Tabell 5 avser endast effekter för välbefinnande. Även om det exempelvis går att spara 821 miljoner i minskad produktionsförlust och sjukvårdskostnader för skolor så har ljus som tjänst en ökad företagsekonomisk kostnad (se avsnitt o). Sett till totalkostnaden, det vill säga summan av företagsekonomiska kostnader, miljökostnader och sociala besparingar, finns det potential att spara 377 miljoner genom att byta till ljus som tjänst för Sveriges skolor, givet ovan antaganden.

3.8 Summering välbefinnande

Även om det är svårt att kvantifiera finns det mycket som tyder på att belysning kan spela stor roll för vårt välmående och indirekt också produktivitet och arbetsro på arbetsplatser och i skolor. Belysningen påverkar både genom de tekniska lösningarnas kvalitet, som hur ljusmiljön är utformad och vilka anpassningar som görs till den lokal, den verksamhet och de individer som vistas i miljön. Viktiga aspekter för välbefinnande är därför:

- **Teknisk kvalitet** – i form av tex. Ljusstyrka, flimmer, färgåtergivning etc.
- **Atmosfär/ljusmiljö** - i form av en väl gestaltad och designad ljusmiljö med hänsyn till funktion, estetisk och trivsel. I vilken mån detta inkluderas kan skilja sig mellan olika leverantörer och erbjudanden.
- **Anpassningar** – i form av justeringar av belysning utifrån förändringar i planlösning, brukare, aktivitet eller arbetsuppgift.

¹¹ Avser anställda med migrän för kontor och antal elever med åtgärds-program för skolor.

3.8.1 Affärsmodellens påverkan

De stora fördelarna med affärsmodellen ljus som tjänst gällande välbefinnande är troligen att det ger förutsättningar för en kontinuerlig dialog mellan kund och leverantör i belysningsfrågor. Det säkerställer en grundläggande belysningskompetens vid installation men också att anpassningar vid förändringar i lokal eller brukare mer sannolikt blir av.

Ljus som tjänst kan på detta sätt *öka förutsättningar för*

- God grundkvalitet: ljusstyrka, flimmer, färgåtergivning etc
- Att grundläggande belysningskompetens och översyn kommer till kunden tillhanda
- Att avstämning och anpassning på lokalnivå löpande blir av
- Att brukarna känner sig uppmärksammade i sin arbetsmiljö

Ovan punkter kan ske även på andra sätt, exempelvis genom medvetna produktval, god egen belysningskompetens och kontinuerlig avstämning av ljusdesigners och synergonomer. Men om kunden inte har eget intresse eller kompetens ökar risken att det inte blir av.

3.8.2 Exempel Brighteco

I ljus som tjänst enligt Brightecos modell läggs vikt vid att ge en god teknisk kvalitet utifrån varje lokals syfte, och att justeringar görs vid behov. Tjänsten har normalt inte fokus på gestaltning och atmosfärljus. Affärsmodellens upplägg ger ökade förutsättningar till avstämning och anpassning på lokalnivå genom att förändringar av t.ex. ny färgsättning, ändrad planlösning, brukare som vistas med mera blir av. Däremot skiljer sig modellen inte tydligt från traditionellt köp när det gäller anpassningar i byggnad, aktiviteter eller egenanpassningar.



Figur 8. Uppskattning av effekter på välbefinnande av Brightecos modell av ljus som tjänst, där grönt indikerar troligen bättre, gul troligen likvärdig och rött sämre än jämförelseläget (en odesignad standardlösning för allmänbelysning).

Affärsmodellens påverkan på välbefinnande kommer med både styrkor och svagheter, liksom möjligheter som hot relativt till framtida utveckling och intressen hos intressenter. Se exempel i Figur 9.

Styrkor

God teknisk grundkvalitet inom ljusstyrka, flimmer, färgåtergivning etc

Grundläggande belysningskompetens kommer till kunden: initialt och kontinuerligt.

Löpande kundkontakt som ingår gör att anpassningar blir av och lärande kan ske hos leverantör och kund

Brukarna känner sig uppmärksammade i sin arbetsmiljö

Svagheter

Ett fokus på allmänbelysning är en begränsad del av totalfunktionen belysning.

Anpassning behövs på fler nivåer än lokalen för en god total ljusmiljö.

Svårt att beräkna och bevisa sociala effekter kvantitativt och monetärt.

Möjligheter

Ökat fokus bland arbetsgivare på välbefinnande och välmående hos brukare, tex att tillhandahålla trivsamma kontor, bevara personal etc.

Nya mått på hur man mäter belysning och välmående utvecklas/diskuteras?

Nya forskningsrön om ljusets betydelse för välmående skapar mer fokus på detta

Ökad allmän medvetenhet om ljusets betydelse för hälsa

Hot

Välbefinnande är inte alltid i fokus vid beslut om ljus idag

Tillgängliga "standarder" ger sken av att det räcker med viss teknisk nivå av belysning.

Belysningens påverkan på välbefinnande reduceras till en ekonomisk fråga (om tex produktivitet)

Figur 9. Exempel på styrkor, svagheter, möjligheter och hot inom välbefinnande med ljus som tjänst enligt Brightecos modell.

4 Ekonomisk potential – direkta och indirekta kostnader

Vad belysning ”kostar” beror av förutsättningar och vad som inkluderas i kalkylen. Kostnader kan uppstå vid anskaffning, såväl som vid drift (t.ex. energi), underhåll och avveckling.

4.1 Lägre energikostnad med LED

Genom övergång till LED kan stora besparingar i energi göras, och därmed kan också energikostnaden sänkas. Som exempel installerades cirka 49 miljoner LED-lampor i USA under 2012, och dessa bidrog till besparingar på cirka 675 miljoner dollar på ett år. Genom att helt byta till LED-lampor under kommande två decennier skulle USA kunna spara 250 miljarder dollar i energikostnader, minska elförbrukningen för belysning med nästan 50 % och undvika 1 800 miljoner ton koldioxidutsläpp, vilket indikerar att det finns enorma besparingspotentialer (Zeb et al., 2016). Även i Sverige är sparpotentialen stor, enligt Belysningsbranschen (2018) kan den vara så mycket som sex miljarder kronor per år bara genom att byta ut föråldrad belysning. Enligt FESlightning (2021) sparar deras kunder mer än 60 % i energikostnader till följd av teknikskiftet. Liknande resultat går att hitta från flera företagscase såsom Elight (elight, 2021) och Stouchlighting (Stouchlighting, 2016).

Inköp av LED innebär ofta en högre initial investering än motsvarande belysning med äldre teknik (Carlsson, 2019), men tack vare minskade energiförbrukning och underhållskostnaderna går det ganska snabbt att spara pengar (Svenskbygggtidning, 2018). Studier har dock visat att kortsiktiga ekonomiska fördelar ändå väger mer än långsiktigt hållbara och energieffektiva lösningar (Pertola 2012). Enligt samma studier är det endast ett fåtal byggprojekt som tar hänsyn till långsiktiga lönsamhetskalkyler (livscykelkalkyler), i stället är det framför allt investeringskostnaden som är avgörande för val genom hela processen. Det kan leda till att investeringar inte görs även om de är lönsamma på sikt.

4.2 Från inköpskostnad till livscykelkostnad

Ett sätt att beräkna kostnader över en produkts hela användningstid är livscykelkostnadsanalys (LCC). I en LCC beaktas den totala kostnaden för en produkt, tjänst eller investering under dess livslängd. Till skillnad från traditionell kalkyl utgör då inköpspriset bara ett av kostnadselementen i hela processen. Förutom inköpspris inkluderas kostnader för installation, användning, underhåll men även hantering av avfall och återvinning. Om så önskas kan även externa kostnader för till exempel miljöpåverkan räknas in. LCC tillämpas i allt högre grad av offentliga organisationer inom hela EU och inom en rad olika sektorer. Europiska Kommissionen (2019b), liksom Upphandlingsmyndigheten (2021a) har även tagit fram olika LCC-kalkyler för belysning med tillhörande guide som organisationer kan använda sig av i samband med upphandling.

4.3 Affärsmodellens påverkan på ekonomisk potential

Ekonomiskt skiljer sig Ljus som tjänst från traditionell linjär modell både i de initiala kostnaderna och i kostnader för drift, underhåll, anpassning och avyttring. I stället för att bekosta den initiala investeringen, betalar kunden en fast avgift varje månad per kvadratmeter där service, reservdelar, anpassningar och nedmontering ingår i månadsavgiften. Kunden slipper också eventuella kostnader för felköp. Energiförbrukningen betalar kunden sin elleverantör som vanligt.

På samma sätt som energiförbrukning av belysning har stor inverkan på belysningens klimatpåverkan, har energiförbrukningen också stor inverkan på de företagsekonomiska kostnaderna för belysning. Därmed gör även här att övergång från traditionellt ljus till LED-ljus ger betydande besparingar. LED har dock en högre investeringskostnad än äldre ljuskällor, vilket kan göra att vissa kunder drar sig för att göra detta tekniskifte. Här kan val av affärsmodell spela roll.

En leasingmodell kan göra att tekniskiftet blir av, genom att investeringskostnaden då fördelas över flera år. Genom att en leverantör byter ut gammal belysning mot energieffektiv belysning minskar kunden sina energikostnader och kan använda energibesparingarna för att betala leverantören. Även ljus som tjänst fördelar kostnaderna jämnare över tid för kunden, och kunden slipper ta en stor investeringskostnad för byte till LED.

Vilka besparingar eller vilket merpris som ljus som tjänst innebär företagsekonomiskt beror mycket på vilket sätt tekniklösningen ändras och hur kostnader för personalens tid hanteras. Ljus som tjänst innebär dock vanligen en högre direkt kostnad till leverantören än traditionellt ägande. Jacobson et al (2021) fann i en jämförande studie att ljus som tjänst i det då studerade fallet ledde till cirka 25% högre kostnader jämfört med traditionellt inköp (restvärde inkluderat).

4.3.1 Stora prisvariationer finns

Marknaden för ljus som tjänst är ännu relativt outvecklad, och stora prisvariationer förekommer. Under 2018 genomförde Bollnäs kommun en funktionsupphandling som innebär att förskolor och skolor i Bollnäs kommun hyr ljus som tjänst (Inköp Gävleborg, 2018a). Kommunen har traditionellt sett köpt belysning genom att köpa armaturer och ljuskällor, men identifierade ett behov av ökad flexibilitet där ljuset i ett rum kunde ändras beroende på vilken verksamhet som bedrevs där och beroende på behoven hos de personer som vistades i lokalen. Detta utan att för den skull göra alltför stora ändringar i den belysning som installeras teknik (Inköp Gävleborg, 2017).

Kommunen bestämde sig därför för att pröva ett nytt sätt att köpa ljus, där leverantören har ett helhetsåtagande för att uppfylla ett antal funktionsrelaterade krav inom en given ram, och där kommunen, utöver detta inte ställer specifika krav på utförandet. Således var det upp till respektive anbudsgivare att utforma sin lösning och använda relevant teknik.

Den övergripande målsättningen i kommunens upphandling av ljus som tjänst var att uppnå bästa möjliga kvalitet på belysning/ljus i offentliga miljöer inom Bollnäs kommun. Man ville också effektivisera det interna arbetet och skapa hållbara lösningar. Vidare hade upphandlingen följande målsättning (Inköp Gävleborg 2017):

1. Ökad modularitet/flexibilitet i kommunens lokaliteter.
2. Ökad hänsyn till miljöaspekter beträffande återvinningsbarhet och energiåtgång.
3. Kunskapshöjande insatser för helhetslösningar där arbetsmiljöfrågor beträffande belysning/ljus på allmännivå samt på individnivå var bärande delar.

I syfte att uppnå detta gavs mervärdesavdrag för exempelvis flexibilitet och återvinningsbarhet. I de tre inkomna anbuderna var det en stor spridning över kostnaderna för att tillhandahålla tjänsten. Från cirka 75–190 SEK per kvadratmeter och år (Inköp Gävleborg, 2018b). Detta indikerar att ljus som tjänst är en relativt omogen marknad och att beräkningsmodeller, prissättning och/eller förutsättningar att tillhandahålla en optimerad tjänst kan skilja mycket mellan olika leverantörer.

4.4 Ekonomisk potential, exempel

I nedan exempel har de företagsekonomiska livscykelkostnaderna beräknats för ljus som tjänst enligt Brightecos modell och jämförts med traditionellt produktköp.

För en rättvisande jämförelse här behöver inte bara anskaffningspris jämföras utan även kostnader för arbete som behöver göras i en lokal när man har köpt och äger sin ljuslösning (indirekta kostnader). Det kan vara arbete som uppkommer vid varje ny upphandling såsom installation, efterjusteringar, hantering och lagerhållning av gammal hårdvara. Det kan också vara löpande arbete som diverse klagomål som flimmer, justeringar av belysning vid flytt av platser eller avdelningar, hantering av överbliven hårdvara m.m. Allt detta ingår i ljus som tjänst men man får göra det själv om man äger sina armaturer. I nedan exempel har detta räknats med som kostnadsposter uttryckta i värde av arbetstid med antagen lönekostnad¹².

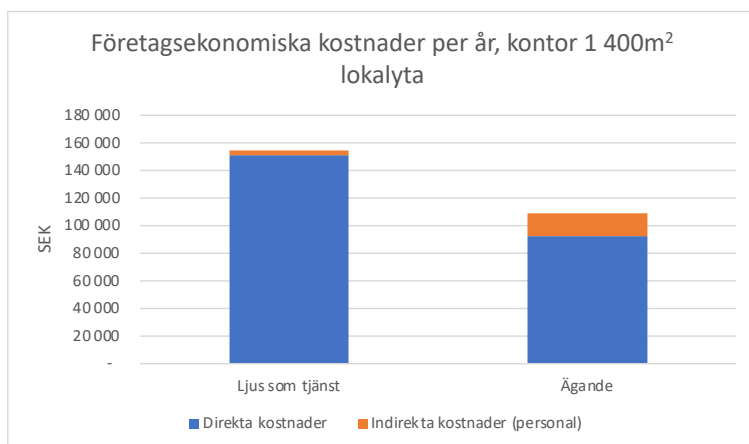
Enligt Brighteco kostar deras ljus som tjänst-modell under 2021 cirka 95kr/m² per år. Till detta kommer kostnader för egen personal motsvarande cirka 2 kr/m² per år för att bl.a. upphandla belysningen, justera ev. el, och hantera överbliven hårdvara enligt RISE undersökning. Som jämförelse uppskattas traditionell produktionsförsäljning ha en årlig total företagsekonomisk kostnad på ungefär 62kr/m² med direkta och indirekta kostnader summerat¹³.

¹² Se Kalkylverktyg – Hållbarhetseffekter av Ljus som tjänst (Hallquist et al., 2022) för mer information om beräkningar och antaganden.

¹³ Beräknad med antagande att direkta kostnader för belysning är 50kr/m² och indirekta kostnader beräknas uppgå till 12kr/m² för kontor. Se Hallquist et al. (2022) för detaljerad beräkning.

Exempel kontor

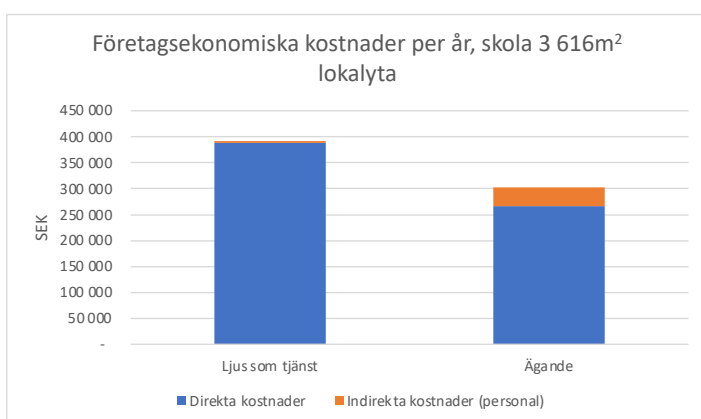
Den totala företagsekonomiska kostnaden för belysning för ett kontor om 1 400 kvadratmeter illustreras i Figur 10. Vid ljus som tjänst skulle den totala företagsekonomiska kostnaden bli 154 000 kr per år, varav 3 500 kr utgörs av indirekta kostnader. För eget ägande uppskattas kostnaden uppgå till 109 000 kr, varav 16 800 kr utgörs av indirekta kostnader.



Figur 10. Företagsekonomiska kostnader för ljus som tjänst och ägande, uppdelat på direkta och indirekta kostnader, 1 400m² kontor.

Exempel skola

Den totala kostnaden för direkta inköp och arbetstid för en skola om 3 616 kvadratmeter illustreras i Figur 11. Den totala företagsekonomiska kostnaden för ljus som tjänst beräknas till 392 000 kr per år, varav cirka 3 000 kr utgörs av indirekta kostnader. Motsvarande kostnad för det linjära alternativet är 302 000 kr totalt, varav 35 000 kr utgörs av indirekta kostnader.

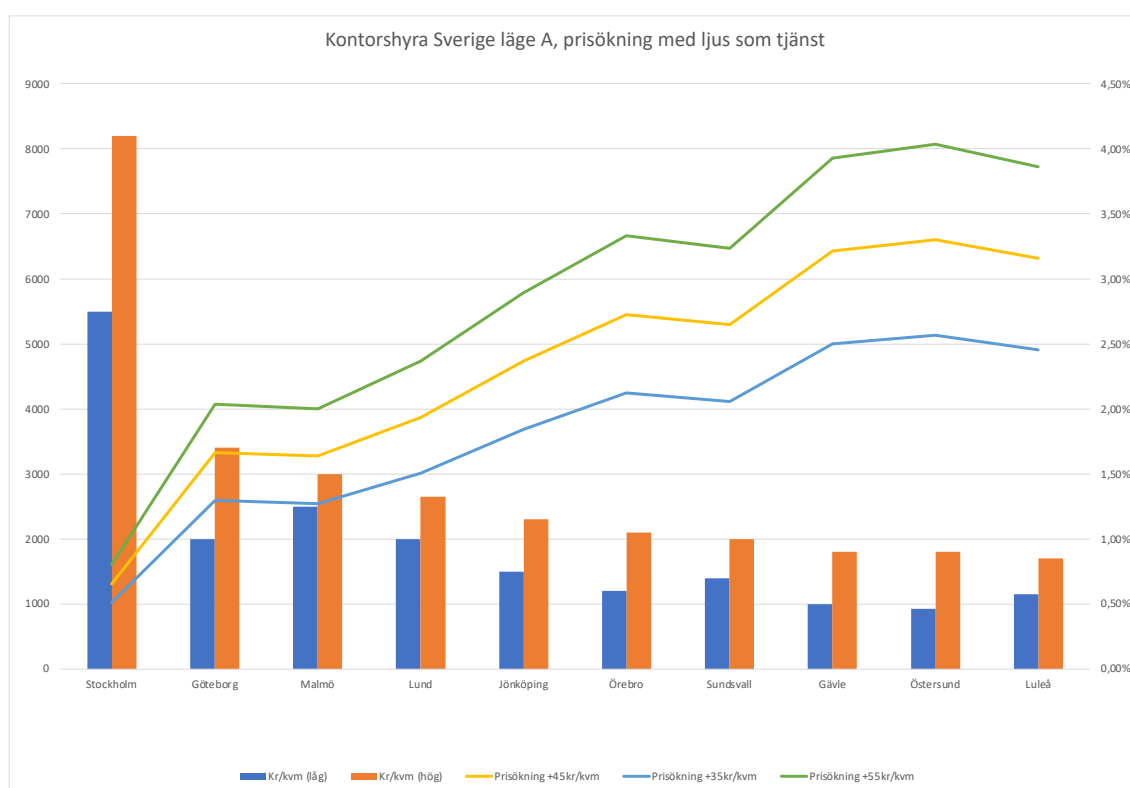


Figur 11. Företagsekonomiska kostnader för ljus som tjänst och ägande, uppdelat på direkta och indirekta kostnader, 3 616m² skola.

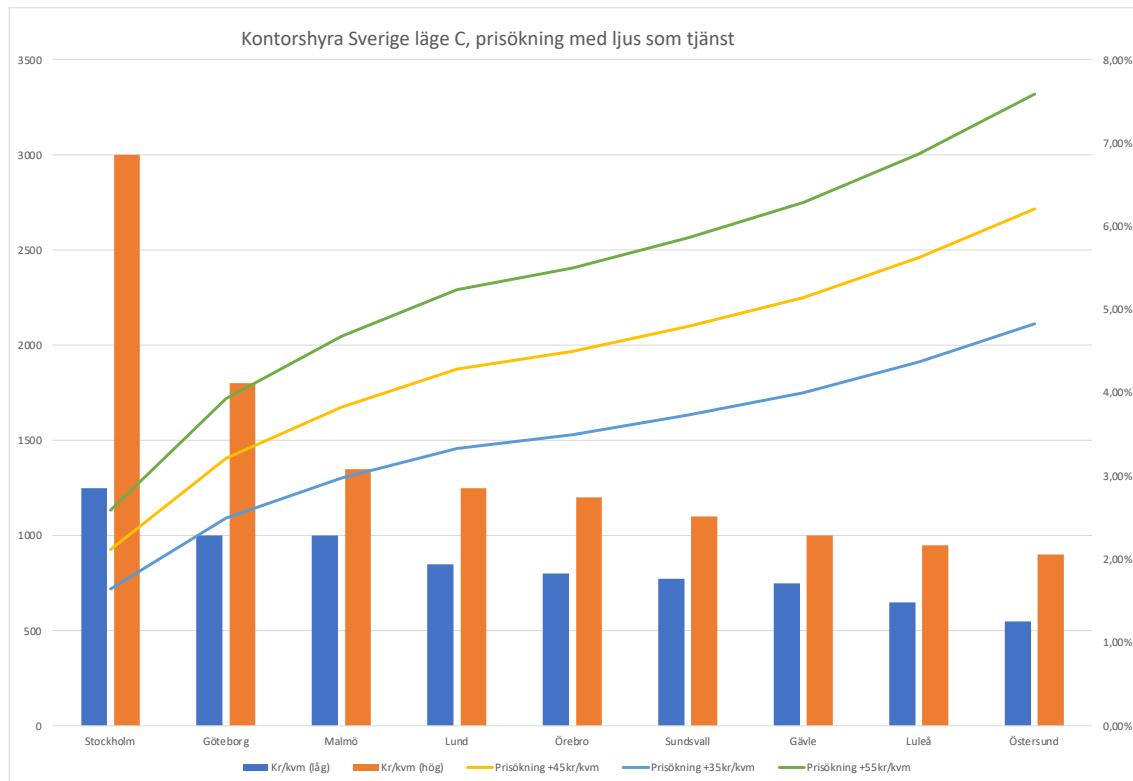
Av beräkningarna framgår det att eget ägande innebär större kostnader för egen personal, men att totalkostnaden ändå är högre för ljus som tjänst sett till företagsekono-

miska kostnader. Om en organisation har egen personal för att hantera de indirekta kostnaderna som är kopplade till belysning kommer personalkostnaden troligen också kvarstå även vid ett byte till ljus som tjänst, eftersom en vaktmästare knappast går ner ett par procent i arbetstid bara för att hen får mindre att göra. Det finns ändå ett värde då personen kanske får mer tid till annat eller man slipper anställa en till, personer kan gå ner på deltid etc.

Samtidigt är det värt att tillägga att även om det cirkulära ljuset är dyrare är differenserna ganska små relativt hyreskostnaden i sin helhet, se Figur 12 och Figur 13. För ett attraktivt läge i Stockholm där kontorshyran ligger runt 5 000-8 000 kr/m² (Objektvision, u.å.) innebär ljus som tjänst en prisökning på mindre än 1%. I mindre attraktiva lägen kan prisökningen bli runt 3%. Utanför Stockholm är kontorspriserna lägre vilket gör att ljus som tjänst i exempelvis Luleå beräknas ge en merkostnad om ca 3-6 % på hyran beroende på läge.



Figur 12. Prisökning ljus som tjänst, kontor läge A. Källa: Objektvision, u.å., RISE



Figur 13. Prisökning ljus som tjänst, kontor läge C. Källa: Objektvision, u.å., RISE

5 Kostnader i ett helhetsperspektiv

Utöver företagsekonomiska kostnader, alltså de kostnader som syns direkt i en verksamhets resultaträkning, är det också intressant att se till de totala kostnader som en aktivitet eller investering ger upphov till, inklusive indirekta kostnader för samhälle och företag, för att kunna jämföra resultat på ett rättvist sätt med hänsyn till ekonomiska, sociala, och miljömässiga kostnader. Belysning medför miljömässiga kostnader för exempelvis utarmning av resurser och klimatpåverkan, och kan ha sociala kostnads-effekter utifrån hälsa och välbefinnande.

5.1 Sociala kostnader

Som vi sett i tidigare kapitel kan olika typer av ljus påverka människors psyke och välmående och bidra till symptom som migrän, stress, sömnproblem och koncentrationssvårigheter. Belysning tycks också kunna påverka symptom vid medicinska besvär. Migrän kan vara mycket kostsamt för ett samhälle och i Sverige uppskattas 13,2 % av den svenska befolkningen drabbas av migrän (Hjalte et al., 2019).

Sociala kostnader av migrän uppstår som direkta kostnader i form av kostnader av sjukvård och behandling, och indirekta kostnader i form av produktionsbortfall och försämrad livskvalitet. För Sverige beräknar Hjalte et al. (2019) att samhällskostnaden för migrän i genomsnitt uppgår till €10 790 per person med migrän och år (motsvarande cirka SEK 115 000 år 2022), och att ungefär 80 % av dessa utgjordes av indirekta kostnader såsom produktionsbortfall.

Även i skolmiljöer kan ljus påverka elevers välmående och produktivitet. Fotofobi, eller ljuskänslighet, är ett vanligare symptom hos personer med neuropsykiatriska funktionsnedsättningar (NPF) än hos personer utan NPF. Ungefär 10 % av alla barn i Sverige har någon form av NPF (Lära, 2017). En av de vanligaste funktionsnedsättningarna är ADHD (Riksförbundet Attention, u.å.). Kooij och Bijlenga (2014) visar att 69 % av vuxna med ADHD lider av ljuskänslighet (jämfört med 28 % av vuxna utan ADHD). Statistik på ljuskänslighet hos andra typer av NPF än ADHD har inte hittats.

Ljus som tjänst antas öka förutsättningarna för att anpassa ljus efter brukares behov och därmed kunna bidra till samhällsbesparingar. För företag kan det innebära ökad produktivitet på arbetsplatsen och minskat antal frånvarodagar från personer med t.ex. migrän. Inom skolor skulle det kunna leda till minskat behov av stöd för vissa typer av elever.

5.2 Miljökostnader

Miljökostnader är när ekonomiska aktiviteter, produktion av varor och tjänster, leder till en negativ miljöpåverkan, till exempel utsläpp av växthusgaser (Upphandlingsmyndigheten, 2021b). Dessa effekter uppstår "utanför marknaden" och betalas ej av någon i dagsläget, och kallas därför för externa kostnader. För att uppskatta de externa miljökostnaderna och ta med dem i en totalkostnads-kalkyl har vi använt oss av den

svenska koldioxidskatten, som uppgår till cirka 1 200 kronor per ton koldioxid-ekvivalenter (Finansinspektionen, 2021). Priset på koldioxid beaktar dock endast klimatutsläpp och inte andra potentiella miljökostnader såsom luftkvalitet, utarmning av resurser eller vattenföroreningar.

Enligt RISE beräkningar sänker ljus som tjänst enligt Brightecos modell den årliga klimatkostnaden med 0,7-1,1 kr/m².

5.3 Transaktionskostnader

Utöver kostnader för sociala och miljömässiga effekter, kan det även finnas indirekta kostnader i t.ex. att ändra beteende som organisation. För att agera cirkulärt som kundorganisation krävs en omställning till nya sätt att planera, organisera och styra sin verksamhet och också ökad kunskap och nya rutiner (Cirkularitet.se, 2019). Inköpare i såväl offentlig som privat verksamhet saknar ofta kunskap och metoder för att kunna och våga gå över från att köpa produkt till att köpa tjänst eller funktion vilket gör att upphandlingsförfarandet den första gången kan ta längre tid och upplevas mer besvärligt. Allt detta leder till transaktionskostnader för kunden, speciellt första gången ljus som tjänst ska upphandlas.

5.4 Rekyleffekter – nyttan äts upp i mer konsumtion?

Ett antal studier har studerat den så kallade rekyleffekten som kan uppstå i samband med att tekniken utvecklas och belysningen blir mer effektiv (Berkhout et al. 2000). Med rekyleffekt avses att en positiv effekt av en åtgärd motverkas av sekundära effekter som ger konsekvenser i negativ riktning. Ett exempel kan vara att ekonomiska besparingar av energieffektiv belysning kan leda till att man installerar och använder mer belysning (direkt rekyl) och/eller att den ekonomiska besparingen används för att konsumera andra varor och tjänster (indirekt rekyl) (Borenstein 2013; Hertwich 2005). Flera studier däribland Hicks och Theis (2014) och Saunders och Tsao (2012), finner att rekyleffekten för belysning, i vissa fall, kan urholka alla de energibesparingar som sker. Med ljus som tjänst finns dock incitament för leverantören att ha en dialog med kunden så att ljusbehovet inte ökar över tid om det inte är nödvändigt för att upprätthålla funktionen.

5.5 Kostnader i ett helhetsperspektiv – Exempel

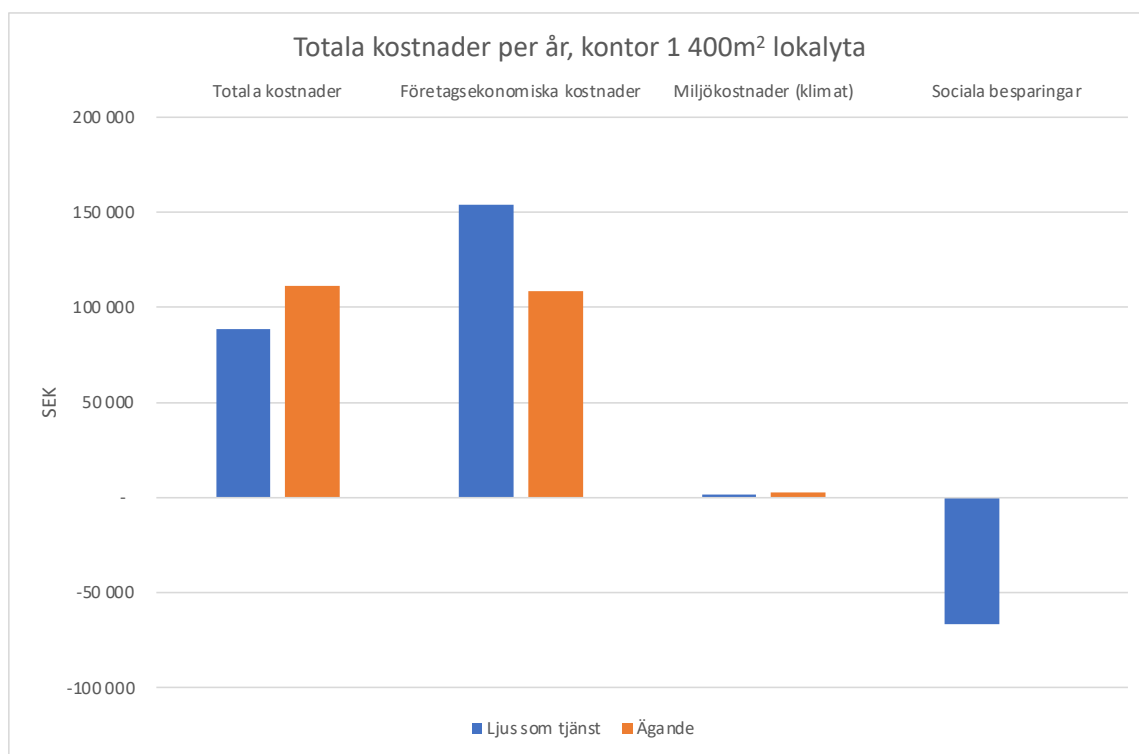
För att konkretisera hållbarhetseffekterna i ett helhetsperspektiv jämför vi här traditionell belysning med ljus som tjänst enligt Brightecos modell utifrån ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter räknat i direkta och indirekta kostnader. För förklaring av de företagsekonomiska kostnaderna, se sektion 4.4.

5.5.1 Exempel kontor

Ljus som tjänst förväntas innebära minskade miljömässiga kostnader dels av att produkterna används hela sin tekniska livstid, dels att LED förbrukar mindre energi i de fall de ersätter mer ålderdomlig belysning, såsom T5-lysrör. I vårt exempelkontor på 1 400m² medför ljus som tjänst miljökostnader om 1 514 kr per år medan traditionell produktionsförsäljning medför miljökostnader om 2 520 kr per år.

Ett kontor har i genomsnitt en anställd per 16 kvadratmeter, vilket innebär att ett kontor på 1 400m² har 88 anställda. Om 13,2% av befolkningen har migrän kan vi anta att 12 anställda har migrän. Om vi antar att ljus som tjänst kan mildra anställdas migrän med 5% innebär det i exemplet kostnadsbesparingar om 66 792 per år, givet en samhällskostnad om cirka 115 000 kr per migräniker och år. Rätt belysning är inte unikt för ljus som tjänst utan går även att uppnå vid traditionella produktionsförsäljning, exempelvis med hjälp av ljusergonomer. Antagandet är att sannolikheten att anpassning av ljus genomförs är större vid ljus som tjänst än vid ägande.

Skillnaden för företagsekonomiska- och miljökostnader är 44 285 kr mellan ljus som tjänst och ägande. Med 12 anställda med migrän har kontoret ett årligt produktionsbortfall om 1 335 840 kr. För att skiftet till ljus som tjänst ska vara lönsamt behöver ljusanpassningarna leda till att produktionsbortfallet från migrän minskar med 3,3%.

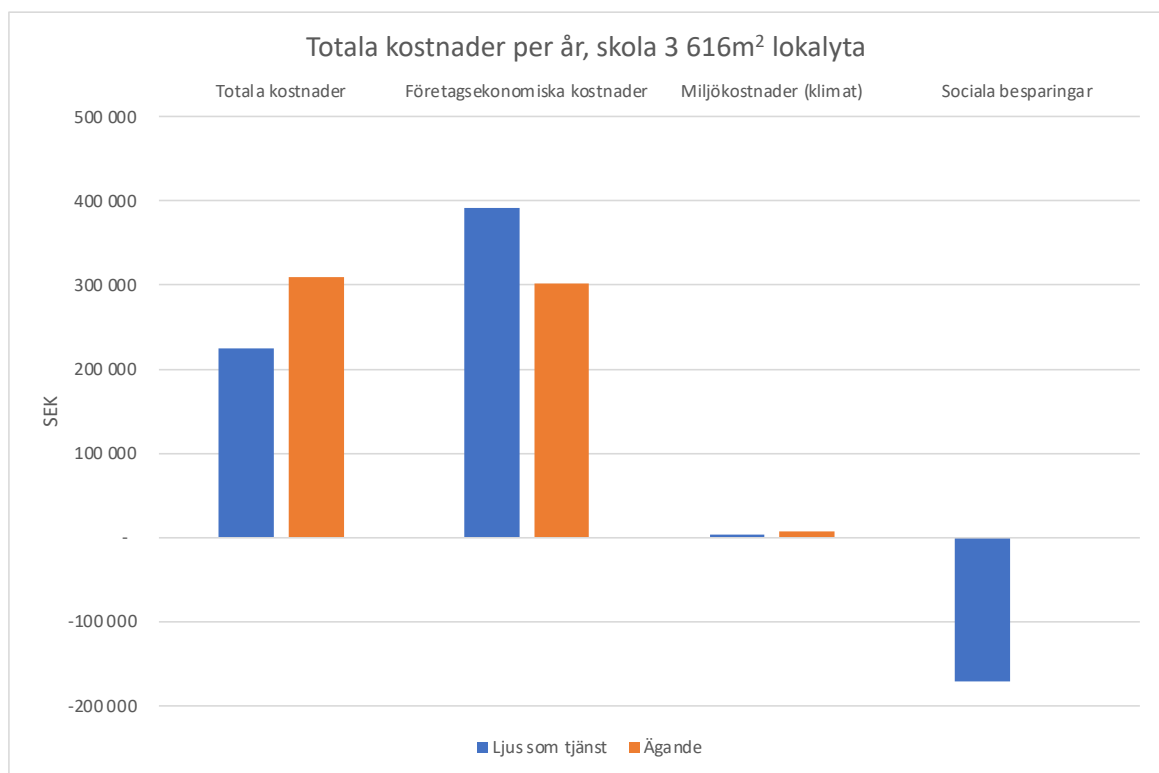


Figur 14. Exempel på kostnader för ljus i ett helhetsperspektiv för ljus som tjänst relativt traditionellt ägande, kontor 1400m² lokalyta.

5.5.2 Exempel skola

Med samma resonemang som för kontor har vi beräknat miljökostnaderna för en skola på 3 616m² till 3 910 kr per år samt 7 993 kr per år för ljus som tjänst respektive traditionell produktionsförsäljning.

För en genomsnittlig skola har vi räknat ut tidigare att om ljus som tjänst kan minska behovet av stödpersonal med 5%, kan de sociala besparingarna motsvara runt 170 600 per år. Om rätt ljus kan minska en ljuskänslig elevs behov av stödpersonal med 5%, kan en genomsnittlig skola spara 170 641 kronor per år. Att behovet för stödpersonal minskar med 5% innebär inte nödvändigtvis att personalen går ner 5% i tjänst, i stället kan summan motsvara en samhällsnytta, genom att personalen kan ge bättre stöd till övriga elever.



Figur 15. Exempel på kostnader för ljus i ett helhetsperspektiv för ljus som tjänst relativt traditionellt ägande, skola 3 616m² lokalyta.

Sammantaget visar beräkningar att ljus som tjänst enligt Brightecos modell har en högre företagsekonomisk kostnad än traditionell affärsmodell men lägre total kostnad om man tittar på alla dimensioner av hållbarhet.

I fallet med sociala kostnader har det gjorts ett antagande att ljus som tjänst kommer öka förutsättningarna för rätt belysning för utsatta grupper (i detta fall förknippat med migrän och elever som omfattas av åtgärdsprogram), i sådan omfattning att de sociala kostnaderna minskar med 5%. Författarna till denna rapport har inte hittat någon forskning om hur stor effekt rätt ljus kan ha för migräniker och exempelvis elever med NPF, och därmed är storleken på de sociala kostnaderna förknippade med stor

osäkerhet. Samtidigt bör även personer utan migrän eller NPF få ut fördelar av rätt ljus, såsom ökad produktivitet och ökad livskvalitet.

Sett till de totala kostnaderna står miljökostnaderna för en mycket liten del och beräkningarna visar att det marginalnyttan av den ökade företagskostnaden är låg ur ett klimatperspektiv. För cirka 35 kronor extra i företagskostnad/kvm får företaget ungefär 1 krona i miljönytta per kvadratmeter. De miljömässiga kostnaderna utgår ifrån CO₂-ekvivalenter per armatur och ett antagande om 1 armatur per 4,5m². I exemplet ingår endast beräkningar kopplat till CO₂, men det finns ytterligare miljöeffekter som belysning bidrar till, såsom försurning, övergödning, fotokemisk oxidation och uttunning av ozonlagret (Carlson, 2019). Externa kostnader av toxicitet, resursuttag och avfall är heller inte med i denna beräkning, vilket innebär att miljökostnaderna sannolikt är underskattade.

Transaktionskostnaderna för en organisation att övergå till annan affärsmodell är höga, i form av nya rutiner, processer, kompetenser och relationer. Detta försvårar ett byte av affärsmodell. Med erfarenhet av funktionsupphandling inom ett område kommer dock transaktionskostnaderna för nästa produktkategori att minska.

5.5.3 Scenario kostnader

Kostnadsuppskattningar har presenterats löpande i rapporten för både ljus som tjänst och ägande. I

Tabell 6 sammanfattas ett scenario på kostnadsskillnader mellan de två affärsmodeller som diskuterats, inklusive en ”baklängesräkning” som visar hur mycket produktiviteten på ett kontor skulle behöva öka utav rätt ljus för rätt person (se mer i kapitel 3) för att motivera den ökade företagsekonomiska kostnaden utav ljus som tjänst.

Tabell 6. Scenario kostnader, vid jämförelse mellan ljus som tjänst enligt Brightecos modell och en odesignad standardlösning för allmänbelysning

Kostnadstyp	Storlek
Företagsekonomisk kostnad	+35kr/m ² (+0,5–7,6% av hyran)
Klimatkostnad för belysning	Minskning av klimatkostnad mellan 40%-51%
Nödvändig produktivetsökning från rätt ljus för att motivera kostnadsökningen	+3,3%

5.6 Sammanfattning ekonomisk potential

För att utvärdera skillnader mellan traditionell produktionsförsäljning av ljus och funktionsförsäljning i ljus som tjänst bör kostnaderna bedömas i ett helhetsperspektiv. Det innebär att utöver att jämföra anskaffningskostnaden för belysningen, även inkludera indirekta företagsekonomiska effekter, miljöeffekter och sociala effekter i analysen.

- **Företagsekonomisk kostnad** i ett livscykelperspektiv inkluderar kostnader för anskaffning, men även tid för underhåll, avveckling mm.
- **Klimatkostnad** är den kostnad det skulle innebära för kunden OM en klimatskatt (idag motsvarande 1200 kr per ton CO₂) infördes på den klimatbelastning belysningen ger upphov till under produktion, användning och avfallshantering. Klimat är bara en aspekt av miljömässig hållbarhet men en av få där ett monetärt värde används i vissa sektorer.
- **Social kostnad** inkluderar kostnader för t.ex. sjukvård, produktionsbortfall eller försämrad livskvalitet. Storleken på besparing genom sociala effekter av ljus som tjänst är mycket osäkra, men potentiellt också stora, till exempel genom att medarbetare får mindre migrän eller elever behöver minskat stöd i skolan. Dessa effekter kan uppnås även på andra sätt av en väl avvägd belysning, men ljus som tjänst som affärsmodell väntas ge större sannolikhet än linjärt produktköp att belysningskompetens tas in och anpassningar görs.

Hur konstaderna blir i det enskilda fallet kommer att variera mellan olika organisationer, och de kan också både öka och minska även med andra typer av affärsmodeller.

5.6.1 Affärsmodellens påverkan

I dagsläget är det troligt att de företagsekonomiska kostnaderna kommer att vara högre för ljus som tjänst än om organisationen själv köper in och sköter underhåll av sin belysning. Samtidigt ger affärsmodellen potential till besparingar inom olika områden. Sammantaget väntas ljus som tjänst *öka förutsättningar för*

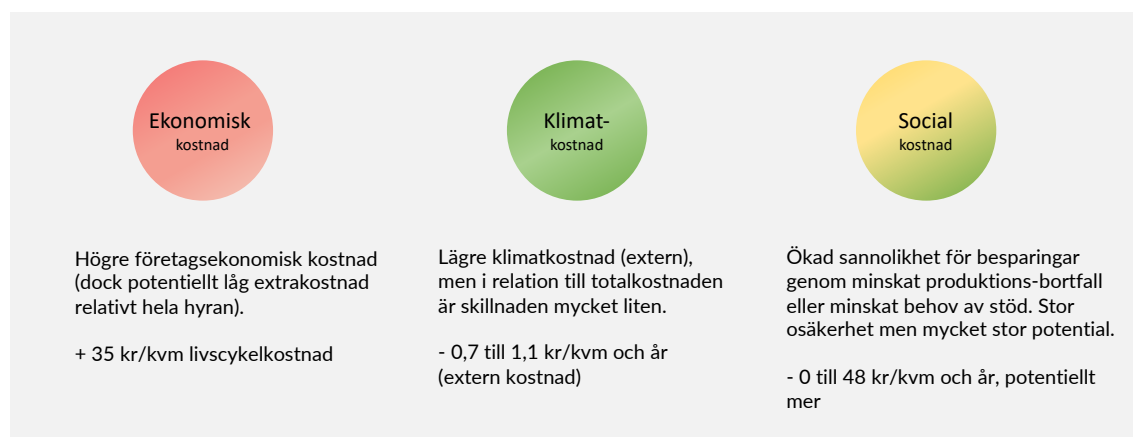
- Lägre energikostnad om byte till LED/minskad totalanvändning
- Lägre investeringskostnad, förbättrat kassaflöde, frigjort kapital
- Minskade kostnader för egen personal såsom administration och service
- Minskad risk för överinstallation, felköp, och utbyte "för säkerhets skull"
- Anpassningar som leder till ökat välmående/minskat produktionsbortfall
- Minskade miljökostnader

De företagsekonomiska kostnaderna väntas sammantaget troligen bli högre för ljus som tjänst än för traditionell produktionsförsäljning. Medan den totala samhällskostnaden för ljus som tjänst troligen kan bli lägre än för traditionell produktionsförsäljning. Den största faktorn som påverkar är de potentiella sociala effekterna som förväntas ske av *rätt* ljus. För exempelvis ljuskänsliga personer kan fel ljus leda till samhällskostnader om cirka 115 000 per år i genomsnitt, varav majoriteten kommer från förlorad produktivitet. Storleken av de sociala effekterna bygger dock på flera grova antaganden och omges av stor osäkerhet.

Klimatkostnaden är lägre för ljus som tjänst men i relation till totalkostnaden är skillnaden liten, dvs. klimateffekter påverkar inte totalkalkylen nämnvärt. För organisationer med egenproducerad el eller med gröna elavtal blir skillnaden ännu mindre, när det kommer till kostnaden för utsläpp av CO₂e. Det innebär att även om affärsmodellen kan minska klimatpåverkan från belysningen markant, blir kostnaden per reducerad klimatbelastning hög och troligen svår att motivera om klimateffekten är den enda effekt som ska hänföras till kostanden. Det finns däremot andra miljöeffekter att ta hänsyn till när det kommer till affärsmodellen ljus som tjänst, såsom beskrivits i avsnittet ”Miljömässig påverkan”, samt effekter på välmående enligt ovan.

5.6.2 Exempel Brighteco

Ser man till kostnader i ett helhetsperspektiv så är ljus som tjänst enligt Brighteco i dagsläget troligen ”dyrare” i anskaffning och drift jämfört med linjärt produktköp. De exempelberäkningar som gjorts pekar på en kostnadsökning om cirka 42% mer per kvadratmeter för själva belysningen för kontor och 30% för skolor. Sett över hela hyran är det en ökning om 0,5-6% beroende på läge. Miljökostnader i form av klimat väntas bli lägre, men är en liten andel av totalkostnaden. Det som avgör om kostnaderna i ett helhetsperspektiv blir högre eller lägre är om tjänsten också leder till besparingar i sociala kostnader.



Figur 16. Uppskattning av effekter på ekonomi av Brightecos modell av ljus som tjänst, där grönt indikerar troligen bättre, gul troligen likvärdig och rött troligen sämre än jämförelseläget (en odesignad standardlösning för allmänbelysning).

Affärsmodellens påverkan på ekonomi kommer med både styrkor och svagheter, liksom möjligheter som hot relativt till framtida utveckling och intressen hos intressenter. Ovan bedömning bygger exempelvis på nuvarande kostandsstrukturer. På sikt kan detta komma att ändras och leda till bättre ekonomiska fördelar för ljus som tjänst, t.ex. genom osäker eller minskad tillgång av komponenter råmaterial, högre miljökostnader (klimat och resurs) och lägre kapitalkostnad för leverantören. Exempel på styrkor, svagheter, möjligheter och hot visas i Figur 17.

Styrkor Ingen risk för felköp Frigjort kapital Minskade kostnader för administration och service Potentiellt låg extrakostnad sett till hela hyran Bättre ljusmiljö kan leda till minskat produktionsbortfall	Svagheter Högre kostnader Utmanar rådande rutiner inom ekonomisystem/ekonomihantering Höga transaktionskostnader vid bytet av affärsmodell (därefter potentiellt lägre). Faktiska direkta och indirekta kostnader svåra att hitta och jämföra – för såväl traditionellt köp som ljus som tjänst Hög marginalkostnad om den bara ska ses som ett sätt att minska klimatavtryck. Merkostnaden behöver också beaktas utifrån social nytta – vilken dock är mycket svårkvantifierad.
Möjligheter Minskade kapitalkostnader vid tex längre kontrakt eller ändrade finansieringsvillkor Ökad internalisering av miljökostnader (klimat, resurser) Ökade råvaru- och komponentpriser	Hot Incitament för försäljning av produkter i rådande värdekedja (tex rabatt, säljbonus mm) Kortsiktig lönsamhet överordnat, externa effekter i miljö och sociala faktorer beaktas ej Låg mognadsgrad i finansiella och ekonomiska systemet att hantera cirkulära affärsmodeller

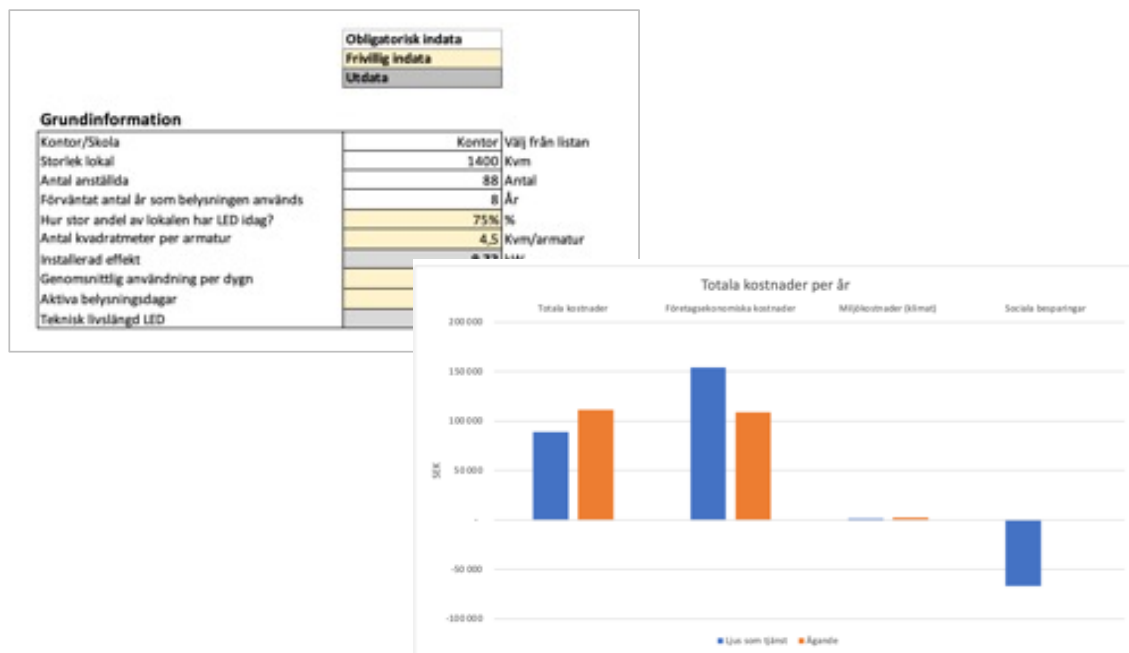
Figur 17. Exempel på styrkor, svagheter, möjligheter och hot inom ekonomisk potential med ljus som tjänst enligt Brightecos modell.

6 Ljus som tjänst – potential till ökad hållbarhet

Ljus som tjänst är en relativt okänd affärsmodell för många kunder. Även om många kunder har visat sig bli nyfikna på konceptet när de introduceras till affärsmodellen, hålls intresset tillbaka av att hållbarhetseffekterna inte upplevs som tydliga (Rex et al. 2022). En anledning till denna otydlighet är att vilka effekterna blir är en fråga med många dimensioner. Som vi sett i denna rapport kan effekter finnas i allt från klimat och resurser till välbefinnande och ekonomi. Hur stora förväntade effekter blir inom alla dessa delar beror också på vad som används idag, vilken teknik, produkter och beteenden som kommer att ändras, och vilka antaganden som görs där data saknas.

6.1 Verktyg som stöd i effektutvärdering

För att ge stöd i att uppskatta effekter inom olika kategorier av hållbarhet, och för olika förutsättningar på lokaler och nuvarande praktik, har projektet tagit fram ett kalkylverktyg för kontor och skolor (Hallquist et al., 2022). I verktyget kan organisationer simulera vilka effekter som skulle uppnås om de byter från deras nuvarande belysningslösning till Brightecos ljus som tjänst. Grunddatan i verktyget utgår ifrån den datainsamling som gjorts inom detta projekt men de som använder verktyget kan justera datan efter deras unika organisation för att få en så bra uppskattning som möjligt. Verktyget illustrerar effekterna för skillnader vad gäller företagsekonomisk kostnad, miljökostnad (klimat) och sociala effekter liksom vad totalkostnadseffekten blir.



Figur 18. Skärmbild av kalkylverktyg som tagits fram i projektet

6.2 Värden för hållbarhet

Värdet med ljus som tjänst, och om det bedöms fördelaktigt eller ej, kommer att vara olika för olika verksamheter, beroende på dess förutsättningar och prioriteringar. Några gynnsamma förutsättningar ges i Figur 19.

Ljus som tjänst enligt Brightecos modell är i dagsläget inte företagsekonomiskt bättre, sett till enbart kostnader för belysning, men ur ett större hållbarhetsperspektiv där även effekter på miljö, välbefinnande och samhällsekonomi räknas in, är det troligen att föredra.

De exempelberäkningar som gjorts i denna rapport, utifrån företaget Brightecos modell för ljus som tjänst, visar att största miljövinster är dess potential att minska resursanvändning och avfall, stimulera teknikbyte till LED och minska risk för överinstallation av produkter. Samtidigt innebär affärsmodellen en ökad sannolikhet för att belysningsfrågor uppmärksammas och anpassningar görs för ökat välbefinnande hos användarna. Detta skulle kunna leda till betydande besparingar för såväl organisation som samhälle, men är också osäkra effekter som är svåra att mäta.

De potentiella fördelar för ekonomi, miljö och välbefinnande som denna rapport pekat på när det gäller ljus som tjänst är möjliga att uppnå även med andra affärsmodeller. Exempelvis genom att köpa cirkulärt anpassade och adaptiva produkter av god kvalitet, upphandla tjänster för att planera och kontinuerligt anpassa ljusmiljön till brukarnas behov, och säkerställa egna rutiner för att säkra lång livslängd och hög återvinningsgrad hos produkterna. Ljus som tjänst är dock en affärsmodell som ökar förutsättningarna för att denna typ av åtgärder blir av, inte minst i organisationer som kanske inte själva har stark belysningskompetens.

Gynnsamma förutsättningar för Ljus som tjänst

- ☐ För verksamheter som önskar minska sin användning av naturresurser
- ☐ I lokaler där välbefinnande hos brukarna särskilt värdesätts
- ☐ Om det möjliggör att äldre typ av belysning byts ut till LED
- ☐ I lokaler i bra lägen i storstadsregioner
- ☐ I lokaler där lokalens layout eller vilka som normalt vistas där justeras över tid om månader till år
- ☐ I lokaler där särskild belysningsexpertis inte finns hos fastighetsförvaltare och/eller kund.

Figur 19. Exempel på förhållanden då ljus som tjänst kan vara särskilt intressant.

6.3 I ett större perspektiv

Belysning är bara en del av många i en byggnad, och en aspekt av flera för en god arbetsmiljö i kontor och skolor. Varför ska det då alls beaktas om prislappen blir högre?

Sett i relation till total påverkan av ett fastighetsbolag t.ex. är belysningens andel av klimat eller resurser mycket liten. Samtidigt består summan av många mindre delar, och vi kan inte fortsätta förbruka material och påverka klimatet på det sätt som vi gör idag. Åtgärder behövs på alla områden för att hålla oss inom planetens gränser. Att byta affärsmodell inom ett område kan också bana väg för ändrade synsätt, normer och rutiner, vilket möjliggör förändringar också i andra områden på sikt.

När det gäller välbefinnande finns många indikationer på att ljus och belysning har stor inverkan på vår hälsa, och att största hållbarhetseffekten ut ett ekonomiskt perspektiv kan ligga här. Det är dock svårt att belägga exakt på vilket sätt och vad effekterna blir. Det saknas idag bra terminologi, kunskap och mätetal för att kravställa och följa upp vad som är ett bra ljus. Standarder och rekommendationer ger vägledning men är inte tillräckligt för att säkerställa en god ljusmiljö som också täcker in kvalitativa och visuella värden. Osäkerheterna är mycket stora i hur stor effekt som kan härledas till belysning och dess affärsmodell. Samtidigt har dessa antaganden mycket stor påverkan på resultatet.

De beräkningar som gjorts i denna rapport bygger på flera grova antaganden. Dock är det ändå rimligt att tro att det är en konservativ bedömning av de fördelar som visas i miljö och sociala kostnader eftersom endast en liten del av effekterna beräknats (t.ex. enbart klimat inom miljö, och enbart migrän/fotofobi hos elever som omfattas av åtgärdsprogram, inom social kostnad). Ytterligare positiva effekter finns troligen på kostnader för företag och samhälle, såsom minskat behov av jungfruligt material, minskat avfall och att även personer utan extra ljuskänslighet ökar sin produktivitet och välmående med bättre anpassat ljus¹⁴.

Det är också viktigt att inte reducera belysning till en produktivetsfråga utan se det i ett bredare perspektiv av trivsel och allas möjlighet att må bra och komma till sin rätt i skolor och arbetsplatser. Belysning som tjänst kan här vara ett sätt att skaffa sig erfarenhet och dialog mellan leverantör och kund kring välmående och belysning som linjära affärsmodeller har svårare att fylla.

Sammantaget är det kanske just i "partnerskapet" de stora effekterna finns i att ha en tjänstelösning i stället för ett traditionellt produktköp. Där kund och leverantör tillsammans och kontinuerligt ger varandra kunskap och förutsättningar att minska påverkan på klimat och resurser, och öka välbefinnandet för brukarna.

¹⁴ Belastningsbesvär i Sverige beräknas exempelvis orsaka kostnader om 2% av BNP, där en del av detta kanske skulle kunna minskas genom bättre anpassad belysning (Borg, 2018).

Referenser

- Alasalmi, M. (2018). *Rätt belysning ger många fördelar hos ett företag*. Valtavalo. <https://valtavalo.fi/sv/yritys/blogi/ratt-belysning-ger-manga-fordelar-hos-ett-foretag/>.
- Arbetsmiljöverket. (2020). Arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1), föreskrifter. <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-afs-20201-foreskrifter/>.
- Belysningsbranschen. (2018). *Rätt ljus för människa och miljö*. https://belysningsbranschen.se/wp-content/uploads/2018/11/ratt-ljus-for-manniska-och-miljo_final_low.pdf.
- Berkhout, P. H. G., Muskens, J. C., & Velthuijsen, J. W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy Policy*, 28(6–7), 425–432. doi: 10.1016/S0301-4215(00)00022-7.
- Boork, M., Enger, J., Hiller, C., & Wending, K. (2019). *Bright Communication: Belysningskommunikation med fokus på perception och energi* (RISE Rapport: 2019:34).
- Borenstein, S. (2013). A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications. *NBER Working Papers* 19044, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Borg, N. (2018). *LED-revolutionen-utmaningar och möjligheter för Sverige*. www.borgco.se.
- Boverket. (2020). *Dagsljus, solljus och belysning i byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ljussolljus/>.
- Boyce, P. R. & Wilkins, A. (2018). Visual discomfort indoors. *Lighting Research and Technology*, Vol. 50(1), pp. 98–114. doi: 10.1177/1477153517736467.
- Brighteco. (2022). *Brighteco - framtidssäkrat ljus*. <https://www.brighteco.se/>.
- Brighteco. (u.å). *Rätt ljus ger lugna klassrum med piggare elever*. <https://www.brighteco.se/2021/02/13/418/>.
- Bring, J. (2018). *Belysningsel i bostäder och lokaler*. <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/belysningsutmaningen---portal/rapporter/belysningsel-i-bostader-och-lokaler-statisticon-2018-underlagsrapport-belysningsutmaningen.pdf>.
- Brändström, J. & Eriksson, O. (2022). How circular is a value chain? Proposing a Material Efficiency Metric to evaluate business models. *Journal of Cleaner Production* 342 (2022) 130973
- Carlson, A. (2019). Funktionsförsäljning inomhusbelysning: Ekonomiska och miljömässiga effekter. *Linköping University Electronic Press*, p. 58. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-169082>.
- Cirkularitet.se (2019). *Den cirkulära kunden, populärvetenskaplig sammanställning*. <https://cirkularitet.se/wp-content/uploads/2019/09/Den-cirkulära-kunden.pdf>. Besökt 2022-06-27
- Dutson, C. (2010). *Light volumes, Dark matters*. Helen Hamlyn Centre, Royal College of Art, London.
- eLight. (2021). *Case studies*. https://elight.com/case_studies/.

- Energimyndigheten. (2016). *Belysningsutmaningen*.
<http://www.energimyndigheten.se/belysningsutmaningen/>.
- Energimyndigheten. (2021). *Ny energimärkning och skärpta krav på belysning*.
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/ny-energimarkning-och-skarpta-krav-pa-belysning/>.
- Energimyndigheten. (2022). *Nu ska lampor och lysrör med kvicksilver bort*.
<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/nu-ska-lampor-och-lysrör-med-kvicksilver-bort/>.
- Enger, J. (2013). *Slutrapport Viavision. Guide för effektiv belysningsplanering genom förståelse för visuell perception*. Vinnovas program Var dags IT.
- European Commission. (2019a). Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions -The European Green Deal.
- European Commission. (2019b). *User guide to the Life Cycle Costing Tool for Green Public Procurement of Indoor Lighting*.
https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/EC_LCC_IndoorLighting_guide_final.pdf
- European Commission. (2019c). *Kommissionens förordning (EU) 2019/2020*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2020&from=SV>
- European Commission. (2020). *Circular economy action plan*.
https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Fagerhult. (2021). *Multilume Slim. Environmental product declaration*. EPD registration number: S-P-03105
- FESlightning. (2021). *Benefits*. <https://www.feslighting.com/lighting-as-a-service/benefits>
- Finansinspektionen. (2021). *Internpris på koldioxid – vad och varför?*
<https://www.fi.se/contentassets/a252e77c5bea47adbdb95156890c3374/fi-analys-30-internpris-pa-koldioxid.pdf>
- Flynn, J. E., Spencer, T. J., Martyniuk, O. & Hendrick, C. (1973). Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3(1), 87-94. doi: 10.1080/00994480.1973.10732231.
- Fridell Anter, K. (2011). *SYN-TES Rapport 1: OPTIMA. Metodstudie om färg, ljus och rumsupplevelse*. www.konstfack.se/SYN-TES
- Fridell Anter, K. (2012). *Om belysningsprojektering. En undersökning om arkitekters och andra konsulters arbete och kunskapsbehov*. Arkus Rapport #2/2012.
- Grand view research. (2021). *Market analysis report*. <https://www.grandviewresearch.com/>.
- Hallquist, L., Algurén, P. & Rex, E. (2022). Kalkylverktyg – Hållbarhetseffekter av Ljus som tjänst
- Hertwich, G. E. (2005). Consumption and the rebound effect: An industrial ecology perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 9: 85-98. <https://doi.org/10.1162/1088198054084635>

- Hicks, A. L. & Theis, T. L. (2014). An agent based approach to the potential for rebound resulting from evolution of residential lighting technologies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(2): 370–376. doi: 10.1007/s11367-013-0643-8.
- Hjalte, F., Olofsson, S., Persson, U. & Linde, M. (2019). Burden and costs of migraine in a Swedish defined patient population – a questionnaire-based study. *The Journal of Headache and Pain* 20(65). doi: 10.1186/s10194-019-1015-y.
- Inköp Gävleborg. (2017). *Upphandlingsdokument*. Kommers Annons Inköp Gävleborg 2017-11-27
- Inköp Gävleborg. (2018a). *Ljus som tjänst i Bollnäs skolor*. <http://www.inkopgavleborg.se/ljus-som-tjanst-i-bollnas-skolor/>.
- Inköp Gävleborg. (2018b). *Utvärderingsprotokoll/Beslut. Funktionsupphandling ljus*. 2018-02-18
- JPMorgan Chase & Co. (2021). *Chase and Current, powered by GE, Collaborate to Cut Energy Use in Branches Across the U.S.* <https://www.jpmorganchase.com/news-stories/current-ge-jpmc-collaboration>.
- Kombeiz, O., & Dietl, E. (2019) Light as a positive situational cue at work. Satisfaction with light relates to judgments of others warmth and competence. *Ergonomics*, 62, 995-1007
- Krajewski, M. (2014). The great lightbulb conspiracy: the Phoebus cartel engineered a shorter-lived lightbulb and gave birth to planned obsolescence. *IIIE spectrum*, Vol. 51, issue 10, S. 56-61. doi: 10.1109/MSPEC.2014.6905492
- Kooij, J. J. & Bijlenga, D. (2014). High prevalence of self-reported photophobia in adult ADHD. *Frontiers in neurology*, 5, 256. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00256>
- Küller, R., Ballal, S. G., Laike, T., Mikellides, B. & Tonello, G. (2006). The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*, 49(14), 1496-1507. doi: 10.1080/00140130600858142.
- Laufer, L., Láng, E., Izsó, L. & Németh, E. (2009). Psychophysiological effects of coloured lighting on older adults. *Lighting Research & Technology*. 41(4), 371-378. doi:10.1177/1477153509336803.
- LedLease. (2021). *Benefits*. <http://www.ledlease.com/en/Benefits.aspx>.
- Lindgärde. (2020). *Flimrande LED-lampor ger oss huvudvärk*. Nyheter Lunds Universitet. <https://www.lu.se/artikel/flimrande-led-lampor-ger-oss-huvudvark>. Besökt 2022-07-01.
- Ljuskultur. (2016). *Ljus & rum - Miljöpåverkan*. https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/04/ljus-och-rum_miljopverkan.pdf.
- Lära. (2017). *Osynlighetsrapporten*. https://lara.se/wp-content/uploads/2021/12/Osynlighetsrapporten_170529-1.pdf.
- Makumbe, P., Weyl, D. K., Eil, A. & Lie, J. (2016). Proven Delivery Models for LED Public Lighting: synthesis of six case studies, Energy Sector Management Assistance Program, World Bank Group, Washington, D.C.. Lease-to-Own Delivery Model in Guadalajara, Mexico.

- Nir, R-R., Lee, A. J., Huntington, S., Nosedá, R., Bernstein, C. A., Fulton, A. B. Bertisch, S. M., Hovaguimian, A., Buettner, C., Borsook, D. & Burstein, R. (2018). Color-Selective Photophobia in Ictal vs. Interictal Migraineurs and in Healthy Controls. *Pain*, 159(10), 2030-2034. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001303.
- Nosedá, R., Bernstein, C., Nir, R-R, Lee, A. J., Fulton, A. B., Bertisch, S.M., Hovaguimian, A., Cestari, D. M., Saavedra-Walker, R., Borsook, D., Doran, B., Buettner, C. & Burstein, R. (2016). Migraine photophobia originating in cone-driven retinal pathways. *Brain*, 139(7), 1971-1986. doi: 10.1093/brain/aww119.
- Objektvision. (u.å.). Hyresnivåer. <https://objektvision.se/marknadsstatistik/hyresniv%C3%A5er>
- Offentliga fastigheter. (2014). Energieffektiviserande renovering. <https://skr.se/download/18.45167e4317e2b341b24aa307/1642661129543/7585-150-1.pdf>
- Pertola, P. (2012). *Belysningsfrågor i byggprocessen: Orsaker till brister och förslag till förbättrad process*. TRITA-FOB-LIC-2012:1, Avd. för Bygg- och Fastighetsekonomi Inst. För Fastigheter och Byggnad Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm, och Högskolan i Jönköping.
- Petersdottir, L. (2002). *Nya utgångspunkter för belysningsplanering. Modeller för beställning av belysning*. Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Philips. (2017). *LaaS*. https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/PDFs/ODL_I20180105-UPD_en_AA-LaaS_Brochure_Office1.pdf
- Rex, E., Hallquist, L. & Algurén, P. (2022) *Hinder och drivkrafter för cirkulär belysning*. RISE Rapport : 2022:92 ISBN: 978-91-89711-32-7
- Riksförbundet Attention. (u.å.). *NPF-diagnoser*. <https://attention.se/npf/>.
- Saunders, D. H. & Tsao, Y. J. (2012). Rebound effects for lighting. *Energy Policy*, 49, 477-478. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.050>.
- Signify. (2021). *Connected Lighting and Light as a Service in Manufacturing* [White paper].
- SIS. (2021). *Ljus och belysning – Belysning av arbetsplatser – Del 1: Arbetsplatser inomhus* (SS-EN 12464-1:2021). Svenska institutet för standarder, Stockholm.
- Scholand, M. & Dillion, H. E. (2012). Life-cycle assessment of energy and environmental impacts of LED lighting products—Part 2: LED manufacturing and performance. Richland, WA, USA: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Skolverket. (2009). *Kostnader Kommunal nivå – Jämförelsetal om förskoleverksamhet, skolbarnsomsorg, skola och vuxenutbildning. Del 2, 2009*. <https://www.skolverket.se/publikationsserier/rapporter/2009/kostnader-kommunal-niva---del-2-2009>
- Skolverket. (2020). *Elever och skolenheter i grundskolan läsåret 2019/20*. <https://www.skolverket.se/download/18.6b138470170af6ce9149d0/1585039519111/pdf6477.pdf>.
- Steidle, A., Werth, L., de Boer, J. & Sedlbauer, K. (2014). How to create sustainable lighting for users? Psychological mechanism underlying lighting effects. *Proceedings Experiencing*

light 2014: international conference on the effects of light on wellbeing, Eindhoven, The Netherlands, 10-11 November, 2014.

- Stouchlighting. (2016). *Commercial LED Lighting Case Study & Considerations*. <https://www.stouchlighting.com/blog/commercial-led-lighting-case-studies-considerations>.
- Svenskbygggtidning. (2018). *Många missar fördelarna med LED-lysrör*. <https://www.svenskbygggtidning.se/2018/02/27/manga-missar-fordelarna-med-led-lysror/>
- Tyréns. (2019). *Jämförande livscykelanalys armaturer utebelysning LED*. Villaägarna. https://www.villaagarna.se/globalassets/dokument/produktgranskning/led_produktgranskning_rapport_2019_10.pdf.
- Tähkämö, L., Bazzana, M., Ravel, P., Grannec, F., Martinsons, C. & Zissis, G. (2013a). Life cycle assessment of light-emitting diode downlight luminaire—A case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(5): 1009– 1018. doi: 10.1007/s11367-012-0542-4.
- Tähkämö, L., Bazzana, M., Zissis, G., Puolakka, M. & Halonen, L. (2013b). Life cycle assessment of fluorescent lamp luminaire used in industry premises—A case study. *Lighting Research and Technology*, 46(4): 453–464. doi: 10.1177/1477153513480518.
- Tähkämö, L., Partonen, T. & Pesonen A. K. (2019). Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiol Int.* 36(2):151-170. doi: 10.1080/07420528.2018.1527773.
- Upphandlingsmyndigheten. (2021a). *LCC-verktyg*. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsiktigt-hallbara-inkop/lcc-verktyg/>.
- Upphandlingsmyndigheten. (2021b). *Externa effekter och offentliga inköp*. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsiktigt-hallbara-inkop/externa-effekter-och-offentliga-inkop/>.
- Vanagaite, J., Pareja, J., Støren, O., White, L., Sanc, T. & Stovner, L. (1997), Light-induced discomfort and pain in migraine. *Cephalalgia*. 17(7) 1997. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2982.1997.1707733.x>
- Vattenfall. (2021). *Minska elkostnaderna med ny belysning*. <https://www.vattenfall.se/foretag/services-tjanster/energieffektivisering/belysning/>.
- Wahl, S., Engelhardt, M., Schaupp, P., Lappe, C. & Ivanov, I. V. (2019) The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *Journal of Biophotonics*, 12(12):e201900102. doi: 10.1002/jbio.201900102.
- Wattvaktarna (u.å.). *LED Lysrör*. <https://www.wattvaktarna.se/belysning/led-belysning/led-lysror/>.
- WELL. (2022). *Light*. <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/light>.

- Welz, T., Hischer, R. & Hilty, L. M. (2011). Environmental impacts of lighting technologies—Life cycle assessment and sensitivity analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 31(3): 334– 343. doi: 10.1016/j.eiar.2010.08.004.
- Zakerian, S. A., Yazdanirad, S., Gharib, S., Azam, K. & Zare, A. (2018). The effect of increasing the illumination on operators' visual performance in the control-room of a combined cycle power plant. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 20(56). doi: 10.1186/s40557-018-0267-3.
- Zeb, A., Marcelo de Andrade, R., Baiguskarov, D., Aitbayev, S. & Strelets, K. (2016). LED Lightbulbs as a Source of Electricity Saving in Buildings. *MATEC Web of Conferences*, 73(1). doi:10.1051/matecconf/20167302004.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidsäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB Box 857, 501 15 BORÅS Telefon: 010-516 50 00 E-post: info@ri.se , Internet: www.ri.se	Sustainable Business RISE Rapport : 2022:91
---	--