



# **LED-revolutionen**

## – utmaningar och möjligheter för Sverige

En underlagsrapport till Energimyndighetens uppdrag  
Belysningsutmaningen – en nationell kraftsamling inom  
belysningsområdet.

**Borg & Co AB** är baserat i Stockholm och grundades 1996 av ägaren och VD:n Nils Borg. Företaget är specialiserat på omvärlds-analys, information och projektsamordning med fokus på effektivare energianvändning. En mycket stor del av vår verksamhet bedrivs i internationella projekt.

Vi gör utredningar, analyser och leder projekt med tonvikt på institutionella frågor som lagstiftning, organisation och upphandling. Men vi tar också fram kravspecifikationer på energisnål teknik, särskilt belysning och hushållsprodukter. Här kombineras vårt kunnande inom journalistik, information och tillämpad energiteknik.

**Nils Borg** arbetar som Operating Agent for IEA 4E:s Solid State Lighting Annex, ett internationellt samarbete mellan åtta myndigheter från olika delar av världen.

*Denna rapport delgavs Energimyndigheten i december 2017.  
Den har uppdaterats inför publicering i mars 2018.*

## Förord

B ● R G ● C ●

Denna rapport är en underlagsrapport till Energimyndighetens regeringsuppdrag om en kraftsamling inom belysningsområdet som slutrapporterades den 15 mars 2018. Se *Belysningsutmaningen – Redovisning uppdrag om en nationell kraftsamling inom belysningsområdet (Energimyndigheten 2018, ER 2018:09)*.

Det har varit en fantastisk upptäcktsresa genom svenskt ljus- och belysningskunnande. Det började med en begränsad rapport som svällde med det enorma ämnet. Jag visste att det finns många fantastiska och kunniga personer på företag, myndigheter och forskningsinstitutioner, men att så mycket händer nu är verkligen inspirerande!

LED-tekniken innebär en revolution på många områden och potentialen för minskad energianvändning och positiva hälso- och miljöeffekter är mycket stor om vi bara utnyttjar möjligheterna. På många kontor finns armaturer som har suttit i årtionden och det är dags att byta ut dem nu! I denna rapport kartlägger vi dock inte potentialen i detalj. Det görs av andra inom Energimyndighetens regeringsuppdrag.

Jag önskar alla mycket nöje med läsningen och tar tacksamt emot synpunkter.

*Författarens tack till beställare, granskare, uppgiftslämnare och medarbetare.*

Jag vill tacka alla er som tagit sig tid att låta sig intervjuas för denna rapport och för att ni tog er tid att läsa igenom och lämna ytterligare uppgifter. Alla fel och missuppfattningar är dock mina. Jag är oändligt tacksam för er tid och ert engagemang!

Tack till Ali Ahmadian (Heliospectra), Staffan Annell (Annell), Myriam Aries (Ljushögskolan Jönköping), Peter Bennich (Energimyndigheten), Lars Bylund (Fristående konsult/Universitetet i Ljubljana) Mikael Castanius (Belysningsbranschen), Henrik Clausen (Fagerhult), Ronnie Eriksson (ÅF Lighting), Federico Favero (KTH Arkitektur), Mariana Figuero (Lighting Research Center), Åke Forslin (Deltalux), Henrik Gidlund (Trafikverket), Tommy Govén (Fristående konsult), Peter Granberg (Philips Ljus), Ulf Gustafsson, (Mondeverde), Fredrik Hagman (Auralight), Anders Hedlund (Trafikkontoret Stockholm Stad), Hillevi Hemphälä (Institutionen för Designvetenskap och aerosolforskning, LTH), Per Olof Hedekvist (SP/RISE), Jan Kristoffersson (SUST - Sustainable Innovation), Torbjörn Laike (Institution för arkitektur och Byggd miljö, LTH), Björn Nilsson (Swedish Standards Institute, SIS), Mats Nilsson (Tekniska Verken, Kiruna Stad), Fredrik Nordstrand (Nordstrands Elektriska), Per Nylén (Arbetsmiljöverket), Christer Högström (ateljé Lyktan), Arne Lowden (Stressforskningsinstitutet, Stockholms Universitet), Truls Löwgren (BrainLit), Jonas Pettersson (Energimyndigheten), Kai Piippo (ÅF Lighting), Mervi Rokka (Belysningsbranschen/Ljuskultur), Mark Rea (Lighting Research Center), Johan Röklander (Sweco Architects), Lars Samuelson (Nano Lab, Lunds Universitet), Christofer Silfvenius (Energimyndigheten), Klas Sjöberg (Skånes Universitetssjukhus/Lunds Universitet), Heini-Marja Suvilehto (Upphandlingsmyndigheten) och Ylva Swedenmark (Upphandlingsmyndigheten).

Till sist vill jag tacka uppdragsgivarna på Energimyndigheten, Peter Bennich och Lovisa Blomqvist för ert djupa engagemang och tålmod. Ett särskilt tack till min uppmärksamma medintervjuare och flyhänta faktainsamlare Jason Erwin.

Stockholm i mars 2018

*Nils Borg, Borg & Co AB*

# Innehållsförteckning

B ● R G ● C ●

1. Sammanfattning	5
Uppdrag och metod.....	5
Svenska styrkor och vikten att inte slå sig till ro .....	5
Ergonomi och hälsa: stark institutionell infrastruktur.....	5
Miljöaspekter .....	6
Mervärden .....	6
Utmaningar.....	6
Sammanfattning av framförda förslag .....	7
2. Belysning avgörande för klimat och välfärd	9
En rapport inom initiativet Belysningsutmaningen .....	9
Nya förutsättningar ändrar spelplanen i grunden .....	10
Uppdrag inför skrivandet av rapporten och val av metod.....	11
3. Snabb teknisk utveckling – LED och digitalisering	12
Effektiviteten ökar mycket snabbt .....	12
Digitalisering och uppkopplade produkter.....	14
Allt blir uppkopplat .....	14
Obegränsade tillämpningar .....	15
4. Marknaden ändras snabbt – nya produkter och affärsmodeller	16
Snabb marknadstillväxt – push eller pull? .....	16
Pressade tillverkare .....	16
Mättad marknad imorgon? .....	17
Konsolidering inom industrin.....	18
Från produkter till system och tjänster? .....	18
5. Belysningens miljömässiga utmaningar	21
Belysningens andel av världens elanvändning och koldioxidutsläpp .....	21
Livscykelanalyser.....	22
LED vinner i en livscykelanalys .....	22
Är lång livslängd alltid önskvärt? .....	23
Innovationshämmande livslängd? .....	24
Integrerade produkter eller modulbaserade system? .....	24
Ombyggnad av gamla armaturer .....	25
Retureffekter (rebound).....	25
Värdelöst ljus – Ljusnedsmutsning och störande ljus.....	25
Ny satellitstudie visar att ljusnedsmutsningen ökar .....	26
Störningar på djurlivet och störd nattsömn .....	26
6. Ljusets påverkan på människor, djur och växter	28
Ljus och människor.....	28
Icke-visuella aspekter i motsättning till synergonomi?.....	28
Bländning, belastningsproblem .....	28

Flimmer .....	29
Icke-visuella aspekter .....	29
Individuellt anpassad belysning .....	30
Belysning inom djurhållning och växtodling .....	30
<b>7. Inte bara en lyktstolpe – offentliga aktörer en drivkraft för utvecklingen</b> .....	<b>32</b>
Öppna system och belysningsstolpar för andra tjänster .....	32
Elnätskoncessioner ofta hinder för utvecklingen .....	33
Risk för inlåsning i konkurrerande parallella system .....	33
Kompetensutveckling samt bättre och mer anpassad teknik efterlyses .....	33
Ska Trafikverket hantera belysning i flera kommuner? .....	33
Svenska städer bör satsa mer på övergripande belysningsprogram .....	34
<b>8. Lagkrav, standardisering och global harmonisering driver på utvecklingen</b> .....	<b>35</b>
Ekodesign och energimärkning – EU-gemensam lagstiftning .....	36
Ekodesignkrav och energimärkning på belysningsprodukter .....	37
Systemkrav i ekodesign? .....	37
Nationell lagstiftning och rekommendationer .....	37
Byggregler och krav på byggnaders energiprestanda .....	37
Arbetsmiljö .....	38
Tillsyn och marknadskontroll .....	38
Marknadskontroll av produkter .....	38
Problemsökning och tillsyn på arbetsplatser .....	38
Standarder .....	39
Produktstandarder .....	39
Standarder och rekommendationer för system och belysningsplanering, Ljus & Rum .....	39
Standarder allt viktigare i lagstiftning, upphandling och processer .....	40
Myndigheter behöver en bra standardiseringsstrategi .....	40
Upphandling, innovations- och teknikupphandling .....	41
Zhaga: internationell standard för modulers ”formfaktor” .....	41
Internationellt samarbete inom forskning och utveckling .....	42
International Energy Agency:s Technology Collaboration Programmes .....	42
Samarbete med Lighting Research Center i USA .....	42
<b>9. Forskning, utbildning och ljuskonsulter i Sverige</b> .....	<b>44</b>
Forskning som bas för nya lösningar .....	44
Forskning i gränlandet mellan teknik och biologi .....	44
Ljus och välbefinnande .....	45
Diversifiering och professionalisering .....	45
Grundutbildning och magisterprogram .....	45
Konsultföretagen .....	46
Branschen som helhet går mot ökad diversifiering och specialisering .....	46
För få möjligheter till vidareutbildning .....	46

10. Svenska leverantörer av utrustning och tjänster	47
Belysningsbranschen.....	47
Ljuskällor .....	47
Stora armaturtillverkare .....	47
Små armaturtillverkare.....	48
Nya innovationsdrivna företag.....	49
Svensk skepsis – Sälja belysning som en tjänst? .....	49
Byggprocessen är ett problem.....	49
11. Mervärden av ny belysningsteknik	51
IEA:s banbrytande rapport om mervärden.....	51
Konflikt mellan mervärden och energibesparingar?.....	52
Översikt över mervärden kopplande till ny belysningsteknik .....	52
12. Svenska styrkor i en föränderlig värld	55
Intresse för ljus, stor potential för planering och design.....	55
Starkt tekniskt kunnande, stort intresse för teknik.....	55
Bra kompetensförsörjning.....	56
Ljus och hälsa.....	56
Stark kompetens inom material- och teknisk forskning.....	56
Starkt fokus på energibesparingar och mervärden .....	56
Bra företagsstruktur.....	57
Bra samordning av resurser.....	57
13. Tjugo utmaningar. Förslag och önskemål från svenska aktörer	58
En generell och 19 specifika utmaningar .....	58
Systemaspekter och brukarfokus.....	58
Miljö, energi och välbefinnande.....	58
Digitalisering och allt mer uppkopplad belysning .....	59
Standarder, upphandling, tillsyn.....	60
Kompetensförsörjning och forskning.....	61
Framförda förslag.....	61
Samordning, projektledning och projektstöd .....	61
Mer forskning på ljus och välbefinnande samt kopplingen till energisystem.....	62
Provområden och testbäddar, ”living labs” .....	62
Satsa på utbildning .....	63
Programkrav, upphandling .....	63
Förändring i lagstiftning.....	63
Finansiella resurser.....	64
Bilaga 1 – Svenska resurser	65
Bilaga 2: Ekonomiska nyckeltal, exempel på leverantörer	70



# 1. Sammanfattning

## Uppdrag och metod

Rapporten är framtagen inom ramen för Energimyndighetens regeringsuppdrag kallat Belysningsutmaningen som i sig är en del av det globala initiativet *The Global Lighting Challenge* (GLC). Medan GLC har som mål att sprida 10 miljarder effektiva ljuskällor, har den svenska versionen *även som mål att öka kunskapen* om god och effektiv belysning bland svenska aktörer. Inför denna rapport fick vi tre frågeställningar att besvara:

1. Belysningsteknikens olika samhällsrelaterade nyttor.
2. Svenska styrkor inom forskning och innovation på belysningsområdet.
3. Funktions- och miljömässiga utmaningar med olika belysningstekniker.

Förutom litteraturstudier har djupintervjuer gjorts med över 30 aktörer från privat och offentlig sektor, samt akademi och andra organisationer.

## Svenska styrkor och vikten att inte slå sig till ro

Så gott som alla intervjuade nämner den svenska nyfikenheten och öppenheten för ny teknik, den höga tekniska mognaden och den starka kompetensen inom digital teknik som svenska styrkor.

Nästan hela värdekedjan finns på plats i Sverige. Här finns allt från avancerad materialforskning till innovativa, praktiska tillämpningar inom elektronik och sensorteknik, biologisk och miljöpsykologisk forskning, ledande ljusdesigners samt ett gott entreprenörsklimat med hög innovationsförmåga. Utbildningen av nya ljusdesigners anses ha hög kvalitet och möta behoven. Trots avsaknad av inhemsk LED-produktion idag är det ändå angeläget att behålla den höga kompetensen inom material- och diodforskning eftersom hög teknisk och fysisk kompetens och förståelse behövs inom alla övriga led i värdekedjan.

Digitaliseringen och uppkopplingen av produkter blir allt viktigare och tyngdpunkten i värdekedjan håller på att flytta mot just tillämpningarna. Sverige med flera företag inom styr- regler- och sensorteknik skulle kunna bli ledande på styrning av ljus. Här finns den största potentialen till energibesparing (tillsammans med mer effektiva lysdioder). Hög kompetens inom IT och programmering kan dock inte åstadkomma detta på egen hand. Värdet ligger i kombinationen av funktionella krav och förmåga att omsätta dessa krav i styr- och reglerlösningar.

Sverige kan även vara ledande på design av armaturer för den nya tekniken. Dessa tillverkare kan leverera system till kvalitetsmedvetna kunder.

## Ergonomi och hälsa: stark institutionell infrastruktur

Sverige anses ha engagerade och resursstarka myndigheter och relativt miljömedvetna köpare som driver krav på energihushållning och god arbetsmiljö. Erfarenheten är att offentlig och privat samverkan fungerar väl och att förtroendet mellan de olika aktörerna är starkt. Att Energimyndigheten har ett eget laboratorium med högt kvalificerad personal framförs som ett föredöme.

Energimyndigheten drev tidigt frågan om högfrekvensdon för lysrör genom en teknikupphandling på tidigt 90-tal och HF-don blev tidigare standard i Sverige än någon annanstans. Program med energikrav och projekteringsriktlinjer kopplade till mervärden och hälsa (bland annat flimmerforskning) blev viktiga för att driva utvecklingen och etablera en inställning att energikrav inte var skadligt för företagen utan snarare gynnade dem på den internationella marknaden. Några av de som

intervjuats påminner dock om att utvecklingen går mycket fort och att Sverige tappat det försprång som etablerades under 90-talet.

Samarbetet mellan olika forskningsinstitutioner anses vara en viktig styrka som borde utvecklas mer. Täta internationella samarbeten håller på att växa fram. Flera av forskarna är också inblandade i innovationsprojekt med ambitionen att kommersialisera grundforskning och innovationer. Vidare framhålls vår starka lagstiftning kring arbetsmiljö och hälsa som en möjlig kraft för att driva omställningen till energieffektiv och god belysning. Sverige anses ha mycket stark arbetsmiljöforskning.

### **Miljöaspekter**

Belysningen i sig står för cirka 15 % av världens samlade elanvändning. Elanvändningen för belysningsändamål globalt antas minska med LED-tekniken, men nya tjänster och ogenomtänkta tillämpningar kan leda till att elanvändningen ökar, eller åtminstone inte minskar så mycket som egentligen är möjligt.

Med allt lägre energianvändning kommer en större andel av produkternas miljöbelastning utgöras av material och energi i tillverkning och transporter. Det är generellt bra med produkter som har lång livslängd; på så sätt minskar miljöbelastningen vid tillverkning och transport. Lång livslängd är dock ett problem där lampor och armaturer riskerar bytas innan de tjänat ut, och frågan om hur långt produkter ska integreras har därför stort intresse. Kan modulbaserade produkter tillåta att produkterna uppgraderas istället för att helt bytas ut? Samtidigt måste effektiv återvinning av LED-produkter prioriteras. Förbättrade och nya LED-produkter som använder mindre nyckelråvaror bör också ha hög prioritet.

### **Mervärden**

Mervärden för användarna skapas i stort sett i varje tillämpningsområde där LED-tekniken gör sitt intåg, kombinerat med styrning och digitalisering. Det kan gälla hälsa, skolresultat, positiva energisystemeffekter, ökad försäljning, högre kvalitet i industrin, o s v. De flesta mervärdena kan vi dock ännu inte kvantifiera, varken för den enskilda aktören eller för samhället som helhet. Rapporten diskuterar vidare risken att energianvändningen *ökar* om vi ensidigt fokuserar på mervärden. Få av dem vi intervjuat hade funderat specifikt på mervärden som begrepp, även om många indirekt hänvisade just till mervärden när de diskuterade fördelarna med ny teknik. Medvetenheten om möjliga konflikter mellan mervärden och energibesparingar var låg.

### **Utmaningar**

Rapporten avslutas med ett antal utmaningar följda av förslag från dem som intervjuats:

- *Utmaningar gällande miljö, energi, ergonomi och hälsa*  
Här nämns bland annat risken för att vi slösar med belysning när den blir allt billigare i drift, men även att det är angeläget att begränsa den energianvändning som följer av nya, välmotiverade tillämpningar och tjänster. Rapporten summerar också utmaningar gällande ergonomi och hälsa, t ex den ökade risken för bländning som följer med allt mer ljusstarka dioder och flimmer och behovet av bättre kriterier för vad god belysning är. Vikten att hitta ”recept” på belysning som positivt påverkar dygnsrytm och välbefinnande pekas också ut. Behovet att bevara mörka utomhusmiljöer och minska ljusnedsmutsning anses vara en stor men angelägen utmaning.
- *Utmaningar som följer av digitaliseringen*  
Digitaliseringen innebär stora möjligheter att styra och anpassa belysning för



att uppnå energibesparingar. Men digitaliseringen i sig riskerar också driva upp energianvändningen. Personlig integritet och IT-säkerhet är också viktiga aspekter.

- *Utmaningar gällande standarder, upphandling och tillsyn*  
Internationellt standardiseringsarbete är viktigt men lider av resursbrist. Nya typer av integrerade produkter utmanar traditionella produktdefinitioner och försvårar reglering och marknads kontroll. Det är också allt viktigare att hitta metoder för att definiera energikrav på systemnivå.
- *Utmaningar gällande försörjning och utveckling av kompetens*  
Många av de vi intervjuat pekar på behovet av vidareutbildning av bland andra projektörer, arkitekter, inredare, beställare och installatörer. Det behövs också fler kvalificerade forskare.

B ● R G ● C ●

### Sammanfattning av framförda förslag

De som intervjuades framförde många förslag. De har grupperats tematiskt och kan kort sammanfattas enligt följande:

- *Mer resurser till samordning krävs på alla plan*  
Stärk samordningen mellan olika myndigheter och forskningsinstitutioner. Bland annat föreslås ett forskar- och expertforum inom ljusdesign för samarbete mellan disciplinerna.
- *Stärk och skärp programkrav, byggnormer och upphandling*  
Bilda en beställargrupp för (offentlig) utomhusbelysning som kan stödja utvecklingen. Kriterier, stöd och kompetens inom upphandling behöver utvecklas och stärkas. Byggnormer, standarder och programkrav måste tydligare länka ihop krav på ergonomi, goda ljusmiljöer och energianvändning.
- *Satsa på dagsljus i arkitekturen*  
Detta gäller allt från forskning till programkrav, arbetsmiljökrav och byggnormer.
- *Satsa på forskning och metodutveckling*  
Större långtidsstudier med slumpmässigt urval behövs för att stärka sambanden mellan ljus och hälsa. Förenklade metoder behövs för utvärdering på plats av installationer ur synergonomiskt perspektiv. Mer forskning på mät- och sensorteknik är viktigt. Forskningen på kopplingen mellan ljus och byggnadsenergi behöver stärkas.
- *Inrätta provområden och testbäddar*  
Dessa behövs inom lokaler, offentlig belysning och jordbruket. Viktigt att det finns tillgängligt på flera orter.
- *Öka utbildningsnivå och kompetens*  
Stärk vidareutbildning för yrkesaktiva inom nyckelområden, men det är också angeläget att säkra stabil finansiering för utbildning på grund-, magister- och forskarnivå.
- *Kombinera vidareutbildning med bra verktyg och beställarstöd*  
Stöd yrkesaktiva och vidareutbildningarna med verktyg och beställarstöd.

Detta hjälper beställare att hantera det massiva LED-utbudet och säkerställa kvalitén.

- *Ändra ellagen för städernas belysningsanläggningar*  
Ändra ellagen så att städerna kan använda sina belysningsnät som plattform för andra tjänster.
- *Stöd forskning och export*  
Bilda en fond liknande cancerfonden som stöder forskning om ljus och välbefinnande. Några företag pekar på behov av exportstöd.

B ● R G ● C ●

## 2. Belysning avgörande för klimat och välfärd

Den nätbaserade tidskriften LuxMagazine skriver i december 2017 om tio stora belysningstrender inför året som kommer. Som trend nummer ett nämner de att vi nu går från energibesparing till full digitalisering av LED-tekniken med allt vad det innebär av osäkerhet och omvälvningar i industrin:

*The big themes of digital disruption and uncertainty will continue into next year, but there'll be lots of micro trends from human-centric lighting to Li-Fi. --- Lighting is changing, and the next 12 months will be a defining period in the sector as we move away from an energy-saving offer to fully embrace all things digital.<sup>1</sup>*

Ska vi se detta som ett oroande tecken på att energibesparing från LED-tekniken nu får lägre prioritet medan alla de kringtjänster som erbjuds genom digitalisering hamnar i fokus? Eller ska det tolkas som en bredare värdering av den nya belysningsteknikens alla möjligheter?

Dessa frågor är inte nya. Denna konsultrapports syfte är att diskutera och värdera de utmaningar – och möjligheter – som kommer med den nya belysningstekniken.

### En rapport inom initiativet Belysningsutmaningen

Rapporten är framtagen inom ramen för Energimyndighetens regeringsuppdrag kallat Belysningsutmaningen<sup>2</sup> (BU), som i sig är en del av det globala initiativet *The Global Lighting Challenge* (GLC)<sup>3</sup>. Medan GLC har som mål att sprida 10 miljarder effektiva ljuskällor, har den svenska versionen (BU) inte bara som mål att sprida bra och effektiva ljuskällor och belysningslösningar utan även att öka *kunskapen* om god och effektiv belysning bland alla möjliga aktörer. Genom att byta ut gammal, dålig och ineffektiv belysning till modern, bra och effektiv belysning uppnås miljö- och resursmässiga fördelar samt goda effekter på allas vårt välbefinnande, vare sig det är inomhus eller utomhus; i hem, skolor, kontor och affärer; eller på vägar, gator och torg – god belysning är en grundläggande förutsättning för alla tänkbara mänskliga aktiviteter. Belysning är även viktigt i djurhållning, fiskodling och växt- och grönsaksodling, där nya och bättre lösningar håller på att utvecklas. LED-tekniken har också en viktig användning i t ex skärmar och signaler, men dessa områden diskuteras inte i denna rapport.

I Sverige liksom i den övriga ekonomiskt och industriellt utvecklade delen av världen har elektriskt ljus varit tillgängligt sedan början av förra seklet, medan många i utvecklingsländerna fortfarande väntar på att få tillgång till samma nytta<sup>4</sup>. Sverige har därför en lång tradition av tillverkning och utveckling av både ljuskällor och armaturer samt hur belysningen ska användas på ett bra sätt.

Elanvändningen till belysning har länge varit relativt stor i den utvecklade delen av världen: Enligt uppskattningar från 2010<sup>5</sup> användes i Sverige ungefär 14 TWh/år, eller 10 % av den totala elanvändningen till belysningsändamål. Globalt sett uppskattades

<sup>1</sup> <http://luxreview.com/article/2017/12/10-big-lighting-trends-for-2018>

<sup>2</sup> <http://www.energimyndigheten.se/belysningsutmaningen/>

<sup>3</sup> <http://www.globallightingchallenge.org/>

<sup>4</sup> Enligt World Resources Institute saknar 1,2 miljarder människor tillgång till elektrisk belysning. <http://www.wri.org/blog/2017/03/12-billion-people-lack-electricity-increasing-supply-alone-wont-fix-problem>

<sup>5</sup> Energimyndigheten, intern uppskattning. Personlig kommunikation Peter Bennich.

motsvarande siffra 2016<sup>6</sup> till nästan 3000 TWh/år. Att detta innebär både stora kostnader och stor påverkan på miljön har länge uppmärksammats och strävan efter en effektivare belysning har funnits där under lång tid.

Länge har dock utvecklingen gått ganska långsamt och med få tekniksprång: ljuskällorna har antingen varit av glödtrådstyp (glöd- och halogenlampor) eller baserade på gasurladdningstekniker som lysrör, lågenergilampor, natrium- eller metallhalogen. Armaturerna har i sin tur haft i princip samma utformning under flera decennier, och med få möjligheter till annat än basala möjligheter till styrning (främst dimring eller enbart av och på). Möjligheterna till mer avancerad ljussättning eller riktigt effektiv belysning i alla sektorer och för alla användningsområden har därför varit begränsad.

B ● R G ● C ●

### **Nya förutsättningar ändrar spelplanen i grunden**

Fyra trender de senaste 10–15 åren håller på att ändra den tidigare ganska långsamma utvecklingen på ett snabbt och genomgripande sätt:

- Utveckling av ljuskällor baserade på LED-teknik, som både är mycket effektivare och med ett ljusflöde och ljusspektrum som går att styra på ett helt annat sätt än tidigare;
- Digitalisering och *Internet of Things*, som ger möjlighet till helt nya belysningslösningar och belysningsystem;
- Nya rön som ökat förståelsen för och kunskapen om ljusets påverkan på människor, djur och växter;
- Samt ett ökat fokus på klimatfrågan och hur effektivare energianvändning är en del av lösningen på denna.

Ny teknik och kunskap innebär nya möjligheter men också risker, om de inte används på rätt sätt. Som beställare finns stora möjligheter att få tillgång till betydligt bättre och effektivare belysning, men först efter att noga ha satt sig in i vilka nya krav som i så fall ska ställas och hur de ska verifieras.

Som tillverkare och leverantör finns helt nya möjligheter att utveckla och sälja nya lösningar, men för att bli leverantör av kvalitetslösningar krävs gedigen kunskap om den nya tekniken och förståelse för vad belysningens biologiska påverkan innebär. Nya aktörer har dykt upp på marknaden, aktörer utan historia eller erfarenhet av belysning, men samtidigt inte heller belastade av investeringar i produktion av gammal teknik. De etablerade aktörerna utsätts för hård konkurrens.

Gamla affärsmodeller baserade på försäljning av ljuskällor och armaturer utmanas också, möjligen till förmån för försäljning av belysning som en funktion eller tjänst, eller paketerade med andra produkter eller tjänster. Ljusdesigners och kunniga belysningsplanerare får i det sammanhanget antagligen en betydligt viktigare roll än tidigare.

Som lagstiftare, slutligen, är utmaningen att ställa krav i form av bland annat ekodesignkrav (där ineffektiva produkter fasas ut från marknaden), eller byggnormer och systemkrav på ett sådant sätt att utvecklingen av bra och energieffektiv belysning förstärks och accelereras. En trovärdig energimärkning hjälper konsumenter att välja de bästa produkterna. Rätt utformade krav och energimärkningssystem gynnar dessutom duktiga och innovativa företag.

<sup>6</sup> UNEP. 2016. En.lighten: Efficient lighting for developing and emerging countries. Paris, France: United Nations Environment Programme. Besökt 7 december 2016. <http://www.enlighten-initiative.org/>

## Uppdrag inför skrivandet av rapporten och val av metod

Inför denna rapport fick vi tre frågeställningar att besvara:

1. Belysningsteknikens olika samhällsrelaterade nyttor.
2. Svenska styrkor inom forskning och innovation på belysningsområdet.
3. Funktions- och miljömässiga utmaningar med olika belysningstekniker.

B ● R G ● C ●

Intervjuer har gjorts med drygt trettio forskare, myndighetsrepresentanter, stora offentliga beställare, ljusplanerare och leverantörer av utrustning och tjänster. Bilaga 1 ger en sammanställning över myndighets-, forsknings- och andra allmännyttiga resurser. Dessutom bygger rapporten på litteraturstudier och granskning av rapporter.

Under de intervjuer som genomfördes under oktober, november och december 2017 ställde vi ett flertal frågor. Frågorna varierade något beroende på typen av aktör men var i stort sett samma för alla intervjuade. Frågorna grupperades i teman för att låta respondenten ge sin syn på utvecklingen som varit, vad vi kan förvänta oss och hur deras arbete påverkats. Vi ställde också frågor om svenska styrkor och svagheter på belysningsområdet, samt frågade om mervärden och miljöaspekter på belysningen.

Respondenterna förde fram några stora teman som diskuterades utifrån olika utgångspunkter:

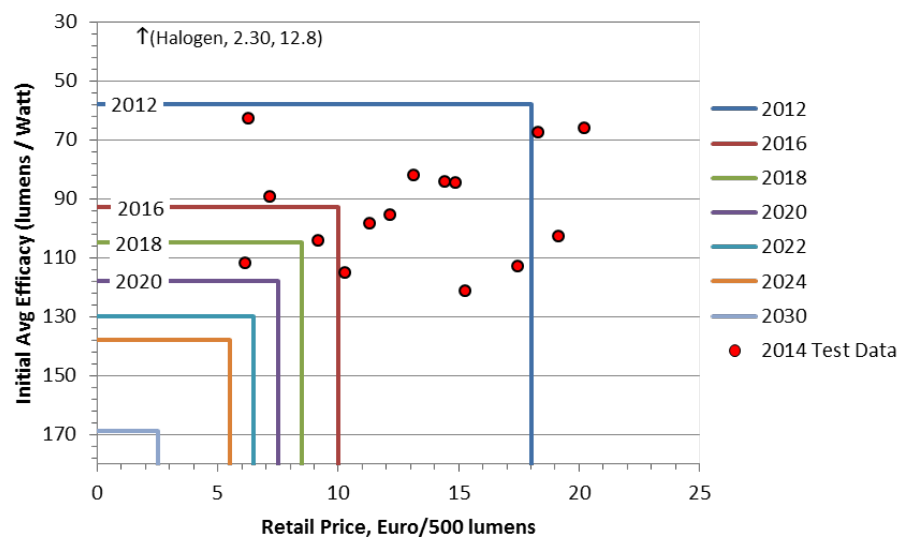
- Digitalisering och uppkoppling
- Energieffektivisering och energivinster
- Ljus och välbefinnande, god ergonomi
- Miljöaspekter och social hållbarhet (diskuterades dock i mindre omfattning)

### 3. Snabb teknisk utveckling – LED och digitalisering

B ● R G ● C ●

#### Effektiviteten ökar mycket snabbt

LED-tekniken har utvecklats dramatiskt de senaste 10–15 åren, och utvecklingen går snabbare än vad många trodde var möjligt för bara några år sedan. 2015 publicerade Energimyndigheten och Belgiens federala miljömyndighet tillsammans med de två europeiska frivilligorganisationerna eceee och CLASP en rapport baserad på Energimyndighetens tester av LED-lampor för hushållsbruk<sup>7</sup>. Testerna utfördes på lampor inköpta hösten 2014. Resultaten jämfördes med EU-kommissionens prognoser från 2012<sup>8</sup> gällande pris och energieffektivitet, på vilka revideringen av ekodesignförordningen för LED-lampor för hushållsbruk baserades. Rapporten konstaterade att de bästa testade LED-lamporna från 2014 redan hade nått prognoserna för 2018 avseende ljusutbyte per energienhet (lumen per watt). Vad gällde pris per lumen var den bästa testade lampan redan framme vid prognosen för 2022 (Figur 1).<sup>9</sup>



**Figur 1:** Utvecklingen går snabbare än vi trodde: Testresultat från 2014 i förhållande till EU-kommissionens prognoser från 2012 för framtida prestanda och pris/prestanda.

Utvecklingen har inte stannat av. Priserna sjunker och effektiviteten ökar. Philips så kallade ”Dubai Lamp” uppgavs sommaren 2017 vara världens mest energieffektiva kommersiellt tillgängliga lampa. Den har ett nominellt ljusutbyte på över 200 lumen

<sup>7</sup> Test Report – Clear, Non-Directional LED Lamps. A test report prepared for the European Commission and the Consultation Forum on the performance of clear LED lamps in the European Market in the third quarter of 2014. Updated to reflect 1000 hours testing and with a detailed discussion on LightingEurope’s comments on this report. <https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/domestic-lighting/testingclearledlamps1000htestupdatefinal.pdf>

<sup>8</sup> Underlagsrapport från VHK till Kommissionen 2012.

<sup>9</sup> Test Report – Clear, Non-Directional LED Lamps. A test report prepared for the European Commission and the Consultation Forum on the performance of clear LED lamps in the European Market in the third quarter of 2014. Updated to reflect 1000 hours testing and with a detailed discussion on LightingEurope’s comments on this report. <https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/domestic-lighting/testingclearledlamps1000htestupdatefinal.pdf>

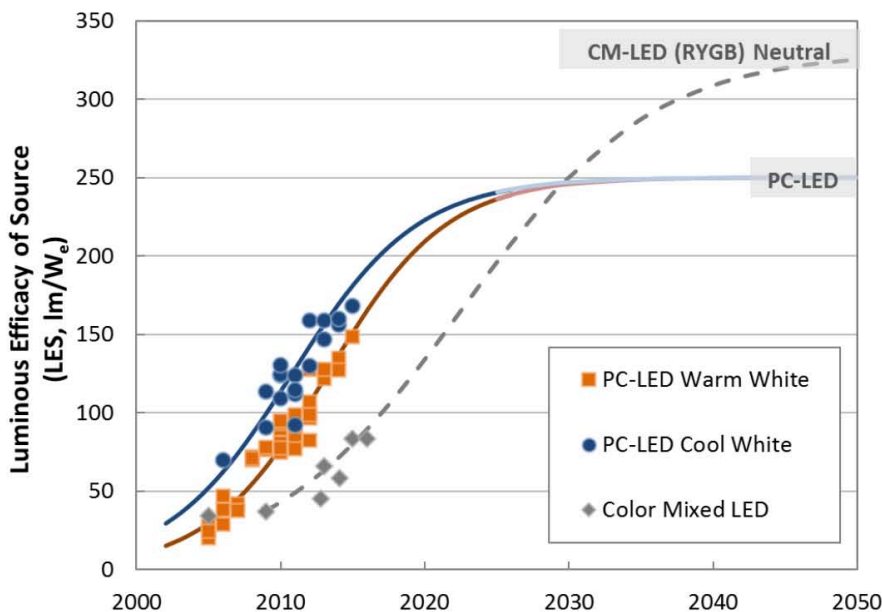


per watt, nästan 15 gånger bättre än en traditionell glödlampa<sup>10</sup>. Nivån 200 lumen per watt fanns inte ens med i EU-kommissionens prognos som sträckte sig fram till 2030!

Amerikanska DOE har noga följt LED-teknikens utveckling och gjort prognoser för framtida effektivitet. *Figur 2* visar tydligt att utvecklingen mot allt effektivare ljuskällor förväntas fortsätta länge än. Grafen visar historisk och förväntad utveckling av ”paketerade” LED-chip och får inte förväxlas med en lampas eller armaturs effektivitet.

B ● R G ● C ●

**Figur 2:** Ljusutbyte LED-chip, uppmätt prestanda och prognos. Nya generationens



Note:

Blue = cool white (5700K) data (circles) and logistic fit (line); orange = warm white (3000K) data (squares) and logistic fit (line). Year 2016 commercial products reach approximately 160 lm/W for cool white and approximately 140 lm/W for warm white. Approximate long-term-future potential efficacies of the pc-LED white light architecture are their values after saturation, depicted as beginning in the years 2020-2025. The long-term-future potential efficacy of the red, yellow, green and blue (RYGB) cm-LED architecture is shown as the dashed grey curve. As discussed in the text, as with many “disruptive innovations,” the cm-LED architecture currently has lower performance than the current dominant pc-LED architecture, but it has the potential in future years to leapfrog beyond.

**Figure 4.4 Efficacies of Commercial LED Packages Measured at 25 °C and 35 A/cm<sup>2</sup> Input Current Density**

*färgmixade RYGB (röd, gul, grön, blå) LED (ljusgrå linje) har sämre prestanda idag men har potentialen att nå mycket högre än den teknik som dominerar idag. US DOE.<sup>11</sup>*

Enligt International Energy Agency (IEA) har energieffektiv belysning spelat en avgörande roll för att bromsa utbyggnaden av ny elproduktionskapacitet. LED-produkternas snabba prisfall och deras ökade effektivitet ledde till en global besparing på 120 terawattimmar (TWh) år 2015, enligt IEA<sup>12</sup>. Ett typiskt kolkraftverk med 500

<sup>10</sup>[http://www.ecat.ae/upload/brochures/63628277501298151636282098355750964Datasheet\\_DubaiLampPhilips.pdf](http://www.ecat.ae/upload/brochures/63628277501298151636282098355750964Datasheet_DubaiLampPhilips.pdf)

<sup>11</sup> Efficacies of Commercial LED Packages Measured at 25°C and 35 A/cm<sup>2</sup> Input Current Density DOE SSL Program, “2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context,” edited by James Brodrick, Ph.D., page 61.

<sup>12</sup> International Energy Agency. 2016. Energy Efficiency Market Report 2016: Digital Snapshot. Paris, France. Besökt 7 december 2016 <http://www.iea.org/eemr16/>.

megawatts (MW) effekt producerar knappt 4 TWh el årligen enligt UNEP<sup>13</sup>. LED-tekniken hade alltså 2015 sparats in 30 normalstora kraftverk. Enligt IEA motsvarade besparingarna hälften av den nya elproduktionskapacitet som togs i drift 2015.

## Digitalisering och uppkopplade produkter

B ● R G ● C ●

Vi går mot en uppkopplad värld på alla områden där belysning allt mer integreras med andra produkter och system. Konsekvenserna för energiförbrukning och utsläpp av växthusgaser kan bli enorma. Enligt en ännu ej publicerad rapport kommer internet och uppkopplad teknik år 2025 stå för en femtedel av jordens samlade elanvändning. Om tio år kommer uppkopplade produkter att stå för 3,5 % av jordens samlade utsläpp av växthusgaser och 14 % av utsläppen år 2040<sup>14</sup>. För att möta denna utmaning måste åtgärder ske på varje teknikområde och i de system där olika tekniker integreras och kommunicerar.

### Allt blir uppkopplat

Digitalisering är ett tema som lyfts fram överallt i internationell fackpress och av dem vi intervjuat för denna rapport, oavsett i vilket område de är verksamma. Digitalisering är ett något vagt begrepp men innebär att allt fler processer automatiseras samtidigt som helt nya funktioner blir möjliga. Några kännetecken är ökad processorkraft, minneskapacitet, uppkoppling samt användande av sensorer. Detta har lett till en stark trend där värdet av hårdvaran minskar och värdet av tjänster och information ökar. På belysningsområdet är ”Smart lighting” ett nyckelord som sammanfattar dessa trender.

Digitaliseringen berör självfallet inte bara belysning (se till exempel *International Energy Agency: Digitalization and Energy 2017*<sup>15</sup>). En sak är klar. Med digitaliseringen av belysning kommer oändliga möjligheter till nya tjänster och funktioner, men vi har ännu begränsad kunskap om *hur* vi ska utnyttja möjligheterna på ett sätt som gynnar brukarna och som inte leder till att energianvändningen för belysningsändamål pekar uppåt igen. Det är även oklart vilka av alla nya möjliga tjänster som verkligen blir intressanta för slutanvändarna och för vilka tjänster de vill betala.

Lysdiodstekniken (LED) är en halvledarteknik som lättare kan integreras med andra system än vad som var möjligt med konventionell teknik. Digitalisering öppnar helt nya möjligheter för styrning av ljuset – både genom tråd och radiovågor. LED-tekniken kan relativt lätt integreras med sensorer och reglerutrustning, och själva armaturerna eller lamporna kan också lättare återkoppla till styr- och reglersystem. Tidigare sköttes styrning i regel av en central enhet som fick signaler från givare eller tidur – idag kan armaturen själv ha en stor del av sina styrinstruktioner inbyggda och/eller återkoppla till en central styrenhet.

IoT – Internet of Things – är en självklar referens för många av dem vi intervjuat och IoT återkommer i nästan varje artikel och marknadsanalys som diskuterar marknaden för LED-produkter. Allt blir uppkopplat och så även belysningen. Till vardags kanske vi föreställer oss en app som styr några av hemmets lampor. Uppkopplingen sker dock i en mycket större skala och mer konsekvent i stora belysningsanläggningar där

<sup>13</sup> UNEP presentation. Webbplatsen besökt 21 december.  
[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/eneff/IEEForum\\_Tbilisi\\_Sept13/Day\\_1/s2/Afanador\\_17.09.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/eneff/IEEForum_Tbilisi_Sept13/Day_1/s2/Afanador_17.09.pdf)

<sup>14</sup> ‘Tsunami of data’ could consume one fifth of global electricity by 2025. Publicerad 11 dec 2017, Webbplat besökt 21 dec 2017. <http://www.climatechangenews.com/2017/12/11/tsunami-data-consume-one-fifth-global-electricity-2025/>

<sup>15</sup> IEA:s webbplats, sidan besökt 21 december 2017 <http://www.iea.org/digital/>

enskilda armaturer eller grupper av armaturer kan styras men också aktivt återkoppla med information om omgivningen eller om något fallerar. I vissa fall byggs isolerade nätverk som helt saknar en central styrenhet men där varje enskild armatur, t ex i en stolpe på en cykelväg, agerar relativt självständigt men kan meddela armaturen i nästa stolpe att en cyklist eller fotgängare närmar sig och att den därför behöver dimras upp.

Autonoma belysningsystem håller även på att utvecklas i byggnader: Genom sensorer som mäter tillgången till dagsljus samt närvaro av människor i lokalen, kan ljusstyrka och ljusspektrum styras automatiskt. Om byggnaden även har intelligenta värme- och ventilationssystem, kan dessa samarbeta med belysningsystemet och optimera behovet av värme och friskluft. Cisco och Philips är ett exempel på två aktörer som tillsammans utvecklar denna typ av ”smart buildings”<sup>16</sup>.

Digitaliseringen möjliggör också dynamisk och personlig styrning av belysning, ofta beskrivet under den kommersiellt lanserade termen ”Human Centric Lighting”. Återigen är det oklart hur detta ska tillämpas i praktiken, vilka tekniska utmaningar som detta medför och vad det innebär för brukarna. Detta diskuteras vidare under avsnittet om ljus och välbefinnande.

### **Obegränsade tillämpningar**

Vi går inte in i detalj på alla olika tillämpningar av LED-tekniken för belysningsändamål i denna rapport. I följande kapitel om Sverige och svenska erfarenheter kommer vi att diskutera några områden i detalj där det är motiverat.

Det kan ändå vara på sin plats att påminna om de många och varierade tillämpningar där lysdioder (LED) och i viss mån organiska lysdioder (OLED) nu tar över: utomhusbelysning (vägar, gångvägar, bangårdar), hembelysning, belysning i kontor, sjukhus, handel och skola är självklara exempel med stor total volym. Hotell, och industri är också stora sektorer.

”Smarta” belysningsystem på vägar och i byggnader är, som nämndes i förra avsnittet, ett område som utvecklas snabbt.

Bakgrundsbelysta skärmar och skyltar är andra områden där LED och nu även OLED visat sig vara synnerligen väl lämpade. Nödbelysning, fordon och signaler är andra viktiga nischer. Andra mindre tillämpningar är också intressanta: ficklampor, cykellampor, samt dekorativ belysning.

Belysning i solesystem kanske ses som ett särfall, men globalt är det mycket viktigt. Drygt en miljard människor saknar tillgång till el<sup>17</sup> och här erbjuder handhållna solcellsdrivna lampor eller solesystem för ett helt hushåll möjligheten till ett bra ljus för arbete och studier utan det höga pris och de skadliga effekter på hälsan som följer av fotogenlampor och andra liknande bränslebaserade ljuskällor.

Belysning som inte ansluts till elnätet utan drivs av solceller förutsätter visserligen inte LED-lampor, men LED borde vara det självklara valet här. Idag har kompaktyrör fortfarande en mycket stor marknad i solesystem för enskilda hushåll. LED håller dock på att slå igenom eftersom de genom sin högre effektivitet erbjuder lägre systemkostnad då det går åt mindre yta solcellspanel för att försörja en ljuspunkt med jämförbart ljusflöde. I mycket små, handhållna solcellslampor är LED redan nu den dominerande tekniken.

<sup>16</sup> Presentation av Cisco på konferensen LED Forum 2017 i Lyon, 13-14 december 2017.

<sup>17</sup> Enligt World Resources Institute saknar 1,2 miljarder människor tillgång till elektrisk belysning. <http://www.wri.org/blog/2017/03/12-billion-people-lack-electricity-increasing-supply-alone-wont-fix-problem>

## 4. Marknaden ändras snabbt – nya produkter och affärsmodeller

B ● R G ● C ●

### Snabb marknadstillväxt – push eller pull?

LED-marknaden växer stadigt. Boston Consulting Group förutspår ett värde på runt 130 miljarder dollar 2020 och en årlig marknadstillväxt på 3 %<sup>18</sup>. Belysningsbranschen är ändå relativt liten i förhållande till många andra branscher. Enligt Deloitte's "Technology Fast 500"-lista 2015 var dock flera belysningsföretag bland de mest snabbväxande företagen<sup>19</sup>.

LED-tekniken har redan tagit över marknaden. 2016 beräknades LED-teknik stå för 45 % av marknaden och 2020 förväntas LED-andelen ha stigit till minst 70 % enligt konsultföretaget McKinsey<sup>20</sup>. Europa anses ha den högsta andelen LED i nyförsäljning, följt av USA och Kina.

Många bedömare anser att den starka tillväxten för LED drivits fram av policy-beslut och omvärldshändelser. De nämner bland annat utfasningen av glödlampor i Europa, Kina och i många andra länder. Fukushima-katastrofen i Japan med elransoneringar som följd och kärnkraftsavvecklingen i Tyskland har också drivit på introduktionen av den nya tekniken. Andra bedömare framhåller samtidigt den mycket starka oberoende tekniska utvecklingen inom material och mikroelektronik och menar att detta är en nog så viktig förklaring till LED-teknikens tekniska och marknadsmässiga genombrott.

Att styrmedel spelar en avgörande roll är klart. International Energy Agency skriver i sin *Energy Efficiency Market Report 2016* att styrmedel för energieffektivisering (*energy efficiency policies*) har gjort så att energieffektiviseringstrenden i världen fortsatt trots mycket låga energipriser: "Policy has ... protected the efficiency market from declining energy prices" sammanfattar rapporten.<sup>21</sup>

### Pressade tillverkare

Den snabba utvecklingen för med sig stora utmaningar för marknadsaktörer. Detta gäller såväl leverantörer, som beställare och konsulter.

Leverantörer av utrustning är under stor press eftersom priserna sjunker och många nya aktörer etablerar sig. En lampfabrik krävde tidigare stora investeringar i processteknik som smältugnar för glas och hantering av metaller och kemikalier. Tröskeln för att ta sig in på marknaden var hög. De stora lampfabrikanterna levde i en relativt stabil värld där verkligt nya produkter och system sällan lanserades. Istället gällde vård av varumärken och marknadsandelar, gradvisa förbättringar av produkterna, samt att alltid leverera med hög och bibehållen kvalitet.

Idag är det möjligt att producera LED-lampor och armaturer med en mycket hög grad av automation. Kapitalinsatsen för produktionen är relativt liten jämfört med tidigare teknik. Flera stora globala leverantörer som Osram och Philips förlorade pengar på sin

<sup>18</sup> <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/process-industries-how-to-win-transforming-lighting-industry/>

<sup>19</sup> <https://www.ies.org/lda/lighting-companies-among-the-fastest-growing-on-deloitte-list/>

<sup>20</sup> McKinsey "Lighting the Way" report, 2012. Notera dock att rapporten är från 2012 och om något har sannolikt utvecklingen av LED-marknaden gått snabbare än som förutspåddes 2012.

<sup>21</sup> IEA Energy Efficiency Market Report 2016, sid 14ff. [https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016\\_WEB.PDF](https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016_WEB.PDF)

tillverkning av LED-chip och har nu sålt av sina produktionsenheter och köper istället in de komponenter som behövs från kvalitetsleverantörer som specialiserat sig på tillverkning av LED-komponenter tidigt i värdekedjan.<sup>22 23</sup> Istället satsar de stora tillverkarna nu på att utveckla produkter högre upp i värdekedjan, som armaturer, system och tjänster. En del analytiker hävdar till och med att LED-chip blivit en globalt handlad volymvara bland andra.

För armaturtillverkarna har livet på många sätt blivit mer komplicerat samtidigt som många nya möjligheter skapats. Förut byggdes armaturer kring ett fåtal standardiserade typer av ljuskällor. Idag finns en uppsjö av LED-chip och LED-moduler med olika specifikationer. En armaturtillverkare som byggde en lysrörsarmatur kunde välja att bestycka den med lysrör och don från valfri leverantör och den som köpt armaturen kunde sen sätta i rör från en annan leverantör. Idag är varje LED-modul annorlunda och kan ha en unik specifikation. Flera armaturtillverkare låter ta fram egna moduler och många, även i Sverige, har investerat i industrirobotar för montage av egenproducerade kretskort till sina armaturer eller låter lokala elektroniktillverkare ta fram de moduler som behövs för en viss produkt. Det ger också en stor frihet att ta fram nya produkter oberoende av de plattformar som de stora globala leverantörerna erbjuder.

Det är också talande för utvecklingen att många av de nya företag som växer fram inte har sin bakgrund i belysningsteknik. De representerar snarare elektronikleverantörer som nu satsar på belysning. Det handlar både om mindre aktörer och om stora jättar som LG och Samsung.

Andra aspekter av förändringen på marknaden är fallande marginaler på själva produkterna genom prispress, medan vi ser högre marginaler från tjänster och styrning. Vi ser också en större spännvidd mellan enkla och avancerade produkter, från extremt billigt till mycket exklusiva produkter. Men hur ska de etablerade tillverkarna kapitalisera på de nya trenderna?

### ***Mättad marknad imorgon?***

LED-produkternas livslängd anses av många vara ett hot mot belysningsföretagen. När allt fler lampor bytts ut till LED-lampor kommer försäljningen att minska eftersom en lampa (särskilt i ett hushåll) kan hålla så länge som 10–20 år. De stora aktörerna förefaller tjäna pengar (enligt årsredovisningar), men press och andra källor rapporterar om en oro inom industrin. Redan runt 2020 prognosticeras mättnad inom segmentet LED-produkter (analysföretaget LHS Technology and Strategies Unlimited har förutspått att detta kan ske så tidigt som 2019). Då kommer enligt vissa prognoser en så stor mängd belysningsanläggningar vara utbytta till LED att försäljningen därefter förväntas falla på lång livslängd. Befolkningsökning och elektrifiering kan inte kompensera för detta<sup>24</sup>. Alla dessa rapporter dock är behäftade med en stor osäkerhet. Handlar det egentligen om att de stora traditionella företagen kommer att se sin marknad krympa medan nya aktörer tar hand om en stor del av den växande marknaden i de ekonomier som nu växer snabbt och där nya hushåll och företag får tillgång till el? Eller handlar det verkligen om att marknaden som helhet kommer att

<sup>22</sup> Philips to Sell Lumileds to Apollo at Discounted \$2 Billion (Bloomberg, 11 dec. 2016). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-12-12/philips-sells-lumileds-to-apollo-deal-values-unit-at-2-billion>

<sup>23</sup> Siemens Exits Lighting With \$1.4 Billion Sale of Osram Stake. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-04/siemens-to-sell-17-stake-in-former-lighting-division-osram>

krympa? Den här osäkerheten är en viktig anledning till att så många företag nu letar nya tjänster och koncept som kan ersätta de förlorade intäkterna från prispress och framtida minskad försäljning.<sup>25</sup>

### **Konsolidering inom industrin**

Många av de stora aktörerna sitter fast i gamla processer och tunga investeringar. Flera av de stora globala aktörerna som sålt sin tillverkning av LED-chip köper istället företag som sysslar med IoT, smart elektronik, biologiskt anpassad belysning och nya tjänster. Men även större företag som tidigare inte varit beroende av lampförsäljning, t ex armaturtillverkare, ser behovet att erbjuda en utökad produktportfölj. Mindre aktörer med innovativ teknik är ofta intressanta uppköpskandidater. Osram köpte t ex Digital Lumens för att kunna integrera mjukvara och sensorer i samma plattform<sup>26</sup>, Fagerhult köpte WE-EF Leuchten och Philips köpte Luciom. Listan på uppköp och sammanslagningar är lång och växer stadigt.

Samtidigt som mindre företag köps upp och olönsamma delar säljs av satsas stora resurser på forskning och utveckling. Många företag ser också att behovet av verkligt kompetent personal är större än någonsin.

### **Från produkter till system och tjänster?**

Många har nämnt att belysning som en tjänst kan vara en möjlig väg framåt för belysningsföretagen. Med tjänster avses här att *funktionen* belysning säljs till kunden enligt en viss specifikation, t ex belysningsnivå x kvadratmeter x timmar. Funktionen kan också omfatta spektrum av en viss typ, garantier vid fel med mera. Det låter inte orimligt med tanke på att produkterna håller allt längre och att allt mer av en anläggnings värde består av tjänster (design, programmering mm), information, och programvara. Det är rimligt att föreställa sig allt mer komplexa tjänster ju mer vi lär oss om ljus och hälsa och ju bättre vi blir på att definiera och mäta olika parametrar. Belysningsanläggningarna blir också alltmer integrerade med andra byggnadssystem.

När vi diskuterar belysningstjänster föreställer vi oss att anläggningen ägs av tjänsteleverantören. Med belysningstjänster avses här *inte* finansieringslösningar där brukaren leasar eller hyr en anläggning, även om serviceansvaret kvarstår hos den part som tillhandahåller anläggningen. I det senare fallet handlar det främst om att flytta anläggningen ut ur balansräkningen och hela kostnaden blir ren driftskostnad (jämför diskussionen om höghastighetsbanor och privat kontra offentlig finansiering). Vi vill dock ödmjukt reservera oss för att kreativa entreprenörer kommer att utveckla nya sorters tjänster som spränger ramarna för den förenklade definition som ges här.

Internationella analyser av den växande LED-marknaden förutspår ofta att belysning kommer att bli en tjänst. Nu kommer att bli möjligt att prenumerera på belysning när fullt digitaliserade tjänster kan erbjudas. En leverantör som intervjuades för denna studie uppskattar att inom en snar framtid kanske 10–15 % av kostnaden för en belysningsanläggning är belysningskomponenter och 10–15 % servrar mm. Resten av värdet, 70–80 %, skulle då ligga i paketeringen av lösningen (kunskapen om hur systemet sätts samman) och i mjukvarulösningar. Detta har vi dock inte kunnat verifiera.

<sup>25</sup> En intressant, om än något oväntad, artikel i New Yorker från juli 2016 behandlar detta fenomen. Webbplatsen besökt 3 november 2017: <https://www.newyorker.com/business/currency/the-l-e-d-quandary-why-theres-no-such-thing-as-built-to-last>

<sup>26</sup> Besökt 25 november 2017. <http://www.electricalmarketing.com/mergers-acquisitions/osram-buys-digital-lumens-industrial-iot-platform-growth>



Men innebär det ökade tjänsteinnehållet i belysningsanläggningar att belysning kommer att säljas som en tjänst? De stora globala leverantörerna talar gärna om belysningstjänster, men flera av de svenska aktörer vi talat med är skeptiska. Än så länge har försäljning av belysning som en tjänst haft svårt att lyfta. Det är till exempel svårt när en köpare vill ha produkter från olika leverantörer i en och samma anläggning. I detta finns en konflikt eftersom leverantörer vill låsa in köpare i ett system medan köparen gärna vill ha öppna system som går att kombinera med olika leverantörers lösningar. Detta förekom knappast för 10–15 år sedan då don, socklar och ljuskällor var standardiserade produkter som kunde användas fritt mellan fabrikaten. Visserligen rekommenderade tillverkare att alltid använda det egna märkets don med leverantörens lampor, och ibland fanns villkor om garantier. Men då garantitiden löpt ut följdes detta knappast. Det är även oklart hur belysning som en tjänst påverkar kvaliteten i anläggningarna.

En möjlig väg framåt som diskuteras är tjänsteleverantörer av system som erbjuder produkter från flera leverantörer och på så sätt agerar mellanhand (oavsett om detta gäller finansieringslösningar eller belysningstjänster enligt ovan).

Transaktionskostnaden kan dock bli för hög om flera aktörsled måste blandas in och utrustningsleverantörerna kommer att ha svårt att ta betalt för avancerade kvalitetsprodukter.

Det finns visserligen flera som menar att vi kommer att få se en viss tjänstemarknad växa fram men att den sannolikt kommer att vara nischad. Några få tror ändå på att tjänsterna kommer att växa kraftigt, även om vi inte sett det hända än. Några av de argument som talar mot ett brett genombrott för belysningstjänster kan sammanfattas som följer:

- Kvaliteten kommer alltid att bli lidande eftersom det leder till att den som erbjuder tjänsten blir mer intresserad av standardiserade och enkla lösningar. Istället för belysning som en tjänst måste vi bygga kompetens och intresse för belysning som en investering, på samma sätt som vi investerar i arkitektur.
- En aktör pekade på danska exempel där kommuner hyrt anläggningar men där de nu tagit tillbaka dem eftersom kvaliteten blivit lidande (vi saknar dock uppgift om i vilka städer detta ska ha inträffat.)
- När tjänster ändå erbjuds kommer det att vara begränsat till stora anläggningar där enhetliga och standardiserade lösningar passar (t ex industrihallar, skolor) och där transaktionskostnaderna kan hållas nere.
- Det finns en ovilja hos många aktörer att lämna ifrån sig ägarskapet och kontrollen och detta sitter mycket djupt, även om det skulle finnas rent rationella argument för tjänstemodellen.

De som argumenterar för att utvecklingen går mot belysningstjänster framför ofta följande argument (som också innehåller förklaringar till varför belysning som en tjänst inte spridit sig än):

- En anledning är juridiska problem kring ägarskap och garantier. Det går att lösa. Fler finansinstitut börjar också bli intresserade och detta kommer att driva på tjänstelösningarna (men detta gäller främst finansieringslösningar enligt vår åsikt).
- Digitalisering, uppkoppling och noggrann mätning av de tjänster som levereras (ner på ”ljusdosnivå”) kommer att möjliggöra tjänster på ett helt annat sätt. Enligt denna förklaring är tekniken inte riktigt mogen och affärsmodellerna inte färdigutvecklade.

- De som tror på tillväxt av tjänster pekar på andra parallella exempel där vi som konsument och företag blivit allt mer öppna för hyra och tjänster: Kopiatorer, datorer, bilar (DriveNow), hydr- och låncyklar, musik med mera.

B ● R G ● C ●

## 5. Belysningens miljömässiga utmaningar

I uppdraget ingår att kartlägga funktions- och miljömässiga utmaningar med olika belysningstekniker. I detta kapitel diskuteras de miljömässiga utmaningarna

B ● R G ● C ●

LED-tekniken är den teknik som på kort till mellanlång sikt<sup>27</sup> helt tar över och vi gör därför här endast en kort enkel jämförelse mellan LED och konventionell teknik för att illustrera de stora miljövinster som uppnås med det skifte som pågår. Däremot finns det många komplicerade frågeställningar inom ramen för LED-tekniken som kan påverka de strategiska val som måste göras vad gäller regleringar och god praxis.

### **Belysningens andel av världens elanvändning och koldioxidutsläpp**

Belysningen i sig står för cirka 3000 TWh/år, eller 15 %, av världens samlade energianvändning enligt en uppskattning från FN:s miljöprogram UNEP gjord 2016<sup>28</sup>. Då har inte de indirekta effekterna av uppkopplade produkter räknats in. Motsvarande CO<sub>2</sub>-utsläpp uppskattades samtidigt till 1.6 Gt/år.

International Energy Agency uppskattade 2005<sup>29</sup> att elanvändningen för belysningsändamål skulle komma att dubblas i takt med att hela jordens befolkning skulle få tillgång till elektrisk belysning samt ökad användning av belysning i den utvecklade delen av världen. Lyckligtvis visar de nya prognoserna från UNEP att elanvändningen i absoluta tal istället antas minska, när LED-tekniken i stort sett ersätter all annan teknik (*Figur 3*)<sup>30</sup>. Men nya uppkopplade lösningar, nya tjänster och ett ogenomtänkt och onödigt användande av belysning kan leda till att elanvändningen ökar igen, eller åtminstone inte minskar så mycket som egentligen är möjligt.

Eventuella så kallade retureffekter måste därför bevakas noga. Figuren nedan illustrerar att belysningens elanvändning går ner men att skillnaden är mycket stor mellan att bara lita på teknisk utveckling eller att fortsätta ta fram effektiva styrmedel som utnyttjar hela den tekniska potentialen. Som nämnts i inledningen till denna rapport är det klart att styrmedel spelar en avgörande roll. International Energy Agency skriver i sin *Energy Efficiency Market Report 2016* att styrmedel för energieffektivisering (*energy efficiency policies*) har gjort så att energieffektiviseringstrenden i världen fortsatt trots mycket låga energipriser.<sup>31</sup>

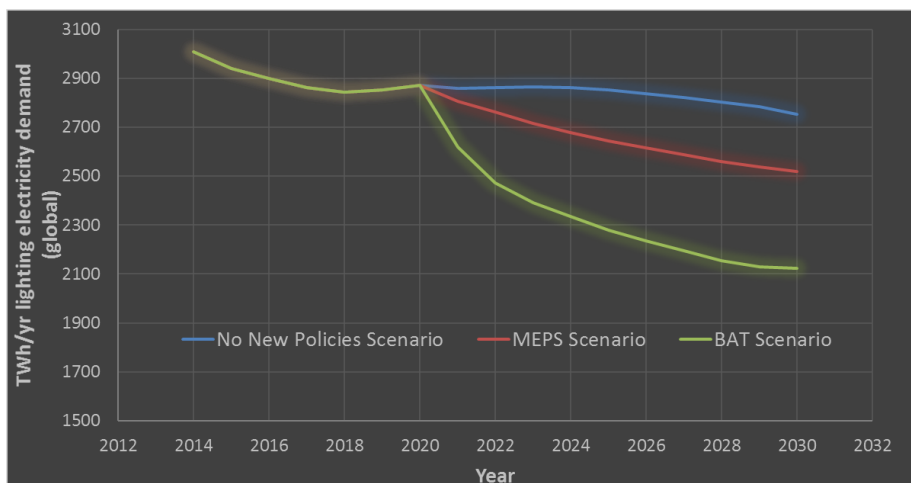
<sup>27</sup> Organiska lysdioder, OLED, är en relativt nischad teknik och laserdioder ännu en utvecklad teknik.

<sup>28</sup> UNEP. 2016. En.lighten: Efficient lighting for developing and emerging countries. Paris, France: United Nations Environment Programme. Besökt 7 december 2016. <http://www.enlighten-initiative.org/>

<sup>29</sup> IEA:s rapport *Light's labours lost (2007)*

<sup>30</sup> Figur, personlig kommunikation Michael Scholand, diagram framtaget till UNEP.

<sup>31</sup> IEA Energy Efficiency Market Report 2016, sid 14ff. [https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016\\_WEB.PDF](https://www.iea.org/eemr16/files/medium-term-energy-efficiency-2016_WEB.PDF)



**Figur 3:** Policy är avgörande. Belysningens elanvändning globalt. Källa UNEP.

### Livscykelanalyser

Energianvändningen är generellt den mest dominerande faktorn i en livscykelanalys av produkter som använder energi, till exempel belysning. Tidigare har miljöpåverkan vid användningen av ljuskällorna dominerat, varför elproduktionsmixen i respektive region fått ett stort genomslag. I takt med att ljuskällorna blir alltmer effektiva, får istället tillverkningen av ljuskällorna *relativt sett* en större betydelse och därmed elproduktionen i *tillverkande land* (ofta Kina, men analysen är komplex då komponenter är en global handelsvara). Kvicksilverinnehållet är ett stort problem i lysrörsteknik, inklusive lågenergilampor, men finns även i andra typer av urladdningslampor. LED-tekniken är helt kvicksilverfri. LED (liksom lysrör) innehåller dock sällsynta jordartsmetaller och utvinningen är ett stort miljöproblem. Sällsynta jordartsmetaller är också en geopolitiskt strategisk råvara och de finns ojämnt fördelade i världen och såvitt vi förstår är det inte möjligt eller åtminstone mycket svårt och dyrt att återvinna sällsynta jordartsmetaller.

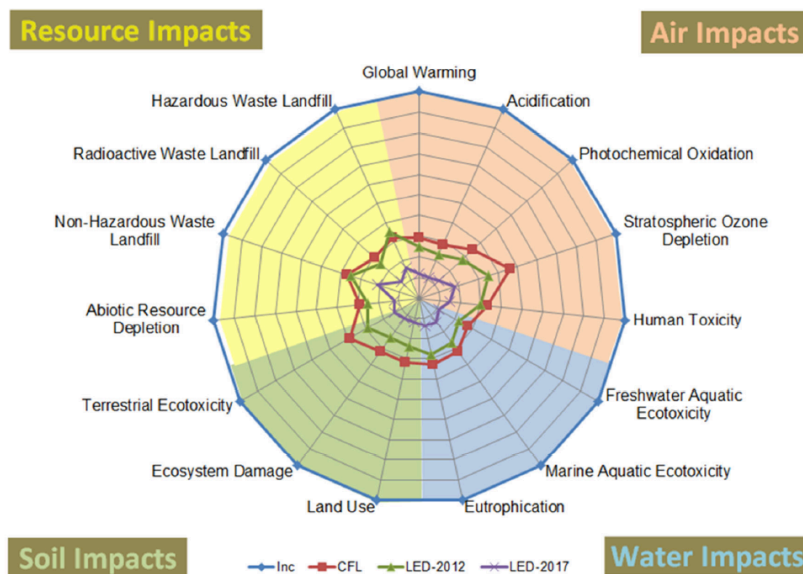
Livslängd och förhållandet mellan modulbaserade respektive integrerade LED-produkter diskuteras nedan. Klart är att effektiv återvinning av LED-produkter är ett område som måste prioriteras. Förbättrade LED-produkter (och även helt nya typer) som använder färre och mindre mängd nyckelråvaror bör också ha hög prioritet.

#### **LED vinner i en livscykelanalys**

International Energy Agencys program 4E SSL (där Sverige leder arbetet) publicerade 2014 en livscykelanalys där bland annat glödlampor, lågenergilampor och LED-lampor jämfördes<sup>32</sup>. Rapporten var en metastudie baserad på tio olika studier. Bland annat jämfördes prestandan för konsumentprodukter från 2012 och därefter gjordes en prognos för 2017 (illustrerat i *Figur 4*). Som i all livscykelanalys beror jämförelsen på vilka förutsättningar som ges. Energianvändningen i användningsfasen dominerar och skillnaden mellan lågenergilampa (CFL) och LED-lampa i ljusutbyte var inte så stor 2012 och därmed var de två teknikerna relativt jämförbara, med ett litet övertag för LED-tekniken. (Glödlampor var redan 2012 mycket sämre i ett livscykelperspektiv än både CFL och LED.) Enligt prognosen för 2017 skulle dock LED-tekniken bli helt överlägsen ur miljösynpunkt. Den tekniska och prestandamässiga utvecklingen av LED har dock gått mycket snabbare än vad som antogs i rapporten (framförallt vad gäller

<sup>32</sup> Solid State Lighting Annex: Life Cycle Assessment of Solid State Lighting. Final Report, September 2017. [https://ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0068/IEA\\_4E\\_SSL\\_Report\\_on\\_LCA.pdf](https://ssl.iea-4e.org/files/otherfiles/0000/0068/IEA_4E_SSL_Report_on_LCA.pdf).

ljusutbytet) och det är rimligt att anta att LED långt tidigare än 2017 blev den miljömässigt överlägsna tekniken.



B ● R ● G ● C ●

Figure 2-12. Life-cycle environmental impacts of three household lamp technologies including current (2012) and future (2017) LED lamps (US DOE 2012b).

Figur 4: LED i vinnarhålet. LCA-jämförelse mellan glödlampor, CFL och LED-lampor 2012 och 2017 (prognos). IEA 4E Solid State Lighting Annex

I analysen 2012 var en av de stora negativa aspekterna hos LED-lampor den stora mängd aluminium som behövdes för att leda bort värme från elektroniken. Med ökande ljusutbyte – dvs allt mindre elektrisk effekt och därmed allt mindre värme i förhållande till ljusflödet – har behovet av metall för att kyla elektroniken minskat. I vissa så kallade *filament LED*-lampor (där lysdioderna monteras så de ser ut glödtrådar) har metallen helt försvunnit, och miljöbelastningen är idag följaktligen mycket mindre.

LED-lamporna är som nämnts ovan kvicksilverfria. Övriga ämnen i lamporna har samma negativa miljöeffekter som andra ämnen i produkter som är tillverkade av plast, glas och elektronik. Sällsynta jordartsmetaller ingår också i lamporna, och lamporna måste återvinnas som elektronikskrot.

### Är lång livslängd alltid önskvärt?

En stor fråga idag är produkternas livslängd. Med allt lägre energianvändning kommer en större andel av produkternas miljöbelastning under deras livscykel utgöras av material och energi i tillverkning och transporter. Det är generellt bra med produkter som har lång livslängd; på så sätt minskas miljöbelastningen vid tillverkning och transport.

Frågan om livslängd är dock inte okomplicerad. LED-produkter för hemmabruk uppges ibland ha en livslängd på 25 000 timmar – men är det rimligt att erbjuda så lång livslängd? En genomsnittlig lampa i ett hem lyser mellan 1 000 och 2 000 timmar per år. Vid 1 000 timmar skulle alltså lampan hålla i 25 år. Det är stor risk att lampan kastas ut innan den tjänat ut för att ersättas av en bättre och mer avancerad produkt, särskilt en som kanske kan erbjuda bättre färgegenskaper, nätverksuppkoppling eller dimring. Om samma lampa å andra sidan används för utomhusbruk alla dygnets mörka

timmar kommer den att användas mellan 4 000 och 5 000 timmar per år, och då bara hålla i ungefär fem år. Och används den i en miljö som är upplyst 24 timmar per dygn kommer den att hålla mindre än tre år. Om lampan hinner tjäna ut är den långa livslängden här mycket attraktiv ut miljösynpunkt.

När det gäller LED-armaturer för vägar blir det självklart viktigt med lång livslängd, inte bara av miljöskäl. Att byta en armatur på Essingeleden i Stockholm kräver enligt Trafikverket avstängning, god planering och insats av 7–8 bilar med en timkostnad på 1 000 kr styck.

Risken att en armatur byts ut i förtid är stor även i en kontors- eller butiksinstallation. En ny hyresgäst vill kanske ändra koncept eller bygga om och passar då gärna på att byta ut all belysning. Utvecklingen av ergonomiska produkter som också kan användas för att påverka välbefinnandet och dygnsrytmen förväntas gå snabbt. Det är troligt att många kommer att vilja uppgradera till nya produkter när dessa finns tillgängliga, särskilt om det finns data som stöder stora positiva mervärden av bytet. Några av dem vi intervjuat är förvånade över att så få ”dynamiska” system (till exempel med så kallad ”tunable white”) installeras idag. De uttrycker en förmodan att leverantörerna ser en framtida utbytesmarknad om några år då systemen kan bytas ut eller utuppgraderas.

### ***Innovationshämmande livslängd?***

Den långa livslängden hos LED-produkter har gjort att belysningsindustrin globalt uppges frukta en mättad marknad och minskad försäljning inom en snar framtid. Detta riskerar att hämma innovation och teknisk utveckling, vilket vore dåligt för miljön med tanke på de stora effektivitetsvinster som fortfarande finns att hämta.

### ***Integrerade produkter eller modulbaserade system?***

Frågan om helt integrerade eller modulbaserade produkter har, förutom miljöpåverkan, också stor relevans för garantier och ansvarsförhållanden. Med konventionell teknik kunde en lampa som gått sönder bytas ut och det fanns relativt få typer av lampor att välja mellan. Ett fallerat driftdon kanske kunde bytas, men krävde i regel elektriker. Ansvarsfrågan var också komplicerad om ett don gick sönder.

I våra intervjuer har framförallt de som ansvarar för utomhusanläggningar pekat på problemet med integrerade armaturer. Med en LED-armatur där alla delar är fullt integrerade i en sluten produkt blir problemen än större om produkten slutar fungera. Hur lång är garantin? Ska hela produkten bytas? Och vem betalar för att montera ner den? Ur miljösynpunkt är det förstås dåligt om en fallerad komponent medför att alla komponenter kastas, vilket i regel är fallet. (En integrerad produkt som går sönder byts i regel ut helt och hållet.) Integrerade produkter kan däremot vara bra om tillverkaren verkligen kan garantera att alla komponenter håller under lång tid.

Modulbaserade produkter är en lovande väg framåt som sannolikt minskar den totala miljöbelastningen jämfört med integrerade produkter. Det gör det möjligt att ersätta uttjänta eller defekta komponenter utan att byta ut hela produkten. Det gör det också möjligt att t ex ändra spektrum i en armatur utan att byta ut hela armaturen. Det går dock inte att komma ifrån att en uppgradering ändå innebär att fungerande delar sannolikt kommer att kasseras innan de tjänat ut.

Det är oklart hur många som erbjuder verkligt modulbaserade system. Svenska Auralight uppges att driftdon och LED-modul(er) i flera av deras armaturer går att byta utan elbehöriget.

I kapitlet om standarder diskuterar vi det internationella konsortiet *Zhaga* som utvecklar öppna standarder för ett stort antal LED-modulers så kallade formfaktor och



andra nyckelegenskaper. Oberoende av tillverkare ska en komponent kunna gå att installera till exempel i en armatur. Zhaga specificerar inte funktion eller prestanda, bara hur de olika delarna fysiskt, eltekniskt och även kommunikationsmässigt kan fogas samman. Det är naturligtvis mycket bra ur miljösynpunkt att detta standardiseras.

### **Ombyggnad av gamla armaturer**

Ombyggnad av lysrörsarmaturer till LED är en marginell företeelse men kan spara båda pengar och miljö. Vi har fått flera exempel på ombyggnad av gamla lysrörsarmaturer och företaget Deltalux har det som en av sina nischer. Företaget byggde för flera år sedan om alla armaturer på Skogskyrkogården och de deltar för närvarande i en ombyggnad av runt 1000 armaturer som sitter i Electrolux huvudkontor. Miljöskäl och energibesparing var viktigt i båda fallen och lönsamheten jämfört med inköp av nya armaturer är sannolikt god om det är en kvalitetsarmatur som annars skulle behövs köpas in. På Skogskyrkogården var det dessutom viktigt att bevara armaturen av kulturhistoriska skäl. På Electrolux uppges ett viktigt motiv vara att väggarna inte behöver målas om eftersom samma armatur kommer att återmonteras på exakt samma plats, vilket ger besparingar och mindre störningar. Några hundra lysrörsarmaturer på SEBs kontor i Stockholm byggs också om.

### **Retureffekter (rebound)**

Så kallade retureffekter (rebound) framhålls ofta i samband med LED-tekniken. Tekniken gör det så billigt att använda belysning, hävdar många, att vi kommer att använda mer än vi annars skulle behöva. Även om vi faktiskt minskar vår energianvändning kommer minskningen inte att bli så stor som förväntat med ledning av den förbättrade energieffektiviteten. Forskarna Ted Nordhaus and Michael Shellenberger vid *The Breakthrough Institute* hänvisar till den så kallade *Jevons paradox*<sup>33</sup> och hävdar till och med att energienergianvändningen kommer att *öka* med LED. De hänvisar till historiska trender där varje generation teknik blivit allt mer energieffektiv, men att vi samtidigt växlat in besparingarna mot ökad konsumtion av belysningstjänster.<sup>34</sup>

Diskussionen om retureffekter gäller all energibesparing. Det ska dock påpekas att frågan om retureffekternas storlek och hur de ska beräknas är kontroversiell. Hittills verkar till exempel LED-tekniken ha minskat energianvändningen för belysningsändamål drastiskt och Nordhaus och Shellenebergers slutsatser har alltså inte infriats, men risken är uppenbar att energianvändningen kommer att gå upp ju fler tjänster som erbjuds. Styr- och reglerteknik samt normer (både regleringar och sociala normer) för hur och när ljus används kommer att bli avgörande. Styrmedel som tar hänsyn till hur vi hanterar belysningens mervärden kommer också att vara avgörande för att hålla nere energianvändningen.

### **Värdelöst ljus – Ljusnedsmutsning och störande ljus**

Ljus som sprids där det inte gör nytta är per definition en ineffektiv användning. ”Light pollution”<sup>35</sup> kan beskrivas som utsläpp – alltså ljusnedsmutsning – av ljus där det inte är önskvärt eller där ljuset inte gör någon nytta. Den vanligaste referensen är ljus som

<sup>33</sup> Jevons paradox formulerades 1885 där Jevons noterade att befolkningen i England använde allt mer kol ju effektivare förbränningen blev.

<sup>34</sup> See artikel i Treehugger, besökt 22 december 2017: <https://www.treehugger.com/sustainable-product-design/jevons-paradox-and-energy-efficiency.html>

<sup>35</sup> Vi använder här det engelska begreppet under vilket fenomenet är mest känt, även i Sverige.

strålar upp i atmosfären, antingen direkt från armaturerna eller genom reflektion från vägbanor, fasader med mera.

### ***Ny satellitstudie visar att ljusnedsmutsningen ökar***

Ljusnedsmutsningen ökar snabbt i världen. Allt fler utomhusytor som inte var belysta är nu det och allt mer ljus strålar ut i atmosfären. I november 2017 presenterade GFZ – det tyska forskningscentret för geovetenskap i Potsdam – en studie som bygger på fem års analyser av detaljerade satellitbilder. Enligt studien ökar jordens belysta områden med cirka två procent per år. Även *intensiteten* i utstrålningen ökar med cirka två procent per år. En del av denna ökning kan förklaras med att områden som tidigare inte alls var belysta nu har fått mer belysning, men ökningen kommer annars från områden där belysningen byggs ut och blir allt mer intensiv. De ansvariga för studien pekar ut retureffekten som en viktig drivkraft bakom problemet. En intressant trend är att ljusintensiteten förefaller minska i flera stadskärnor och rapportförfattarna förklarar detta med att LED nu används i dessa områden i allt högre utsträckning. Men, konstaterar författarna, det betyder inte att problemet minskar, sannolikt bara att den blå komponenten i vitt ljus från lysdioder i atmosfären inte registreras i samma utsträckning av mätutrustningen<sup>36</sup>. (En artikel i *Astronomy Now* ger en bra sammanfattning av studien och artikeln har också bra interaktiva kartor.<sup>37</sup>)

B ● R G ● C ●

### ***Störningar på djurlivet och störd nattsömn***

Djurlivet störs ju mer belysningen byggs ut. Detta gäller såväl nattaktiva djur som djur som behöver vila på natten. Det allt blåare ljuset från LED-teknik förvärrar problemet och allt fler belysta ytor flyttar problemet närmare naturen. Trafikverket har detta som ett prioriterat område. Möjliga motåtgärder är god armaturdesign (väl avbländade armaturer), kontroll över driftstiderna (neddimrat eller släckt när ljuset inte behövs) och en kritisk analys av behov.

Problemet gäller även människan. Allt mer ljus i städerna från skyltar, parker, gångbanor, fasader och gator påverkar sannolikt dygnsrytmen hos många individer. Det ska dock understrykas att dygnsrytmen påverkas av ljus både inom- och utomhus, t ex när vi rör oss på kvällarna i starkt upplysta gallerior. En mer aktiv diskussion förs nu om detta i branschen och bland yrkesaktiva: 2017 års sista nummer av Belysningsbranschens tidskrift *Ljuskultur* lyfte på omslaget fram den amerikanska ljusdesignern Linnaea Tillett och hennes tankar om ”vår rätt till mörker”. Hon hävdar i artikeln att ”alltför mycket ljus hindrar perceptionen. Att se mer är ofta en fråga om mindre ljus”.<sup>38</sup>

En artikel i DN på julafton 2017 gav ytterligare ett perspektiv på problemet. Nathan Shachar rapporterar från Betlehem där LED-belysningen räddat ekonomin och den traditionella julbelysningen. Men det är inte okomplicerat:

*Led-lamporna blev Betlehems frälsning. Turister förväntar sig stämningsfullt ljussken under julveckorna, men elräkningen gjorde stora hål i den lilla stadens budget. Sedan de nya ljusdioderna slagit igenom är strängar av små lampor uppspända och upphängda kors och tvärs mot himlen. Det har blivit litet för mycket av det goda, för*

<sup>36</sup> Pressmeddelandet på GFZ:s hemsida ger också länk till den vetenskapliga artikeln. Webbplatsen besökt 26 december 2017. <https://www.gfz-potsdam.de/en/media-and-communication/news/details/article/zunahme-der-lichtverschmutzung/>

<sup>37</sup> Astronomy Now, webbplatsen besökt 26 december 2017. <https://astronomynow.com/2017/11/26/a-brightening-world-study-shows-rise-in-global-light-pollution/>

<sup>38</sup> *Ljuskultur* 06/17

*ljus syns bäst i mörkret och stämning räknas inte i kilowatt. De pastellfärgade ljuskaskaderna för tanken till Las Vegas och andra attraktioner än de som bjuds här.<sup>39</sup>*

B ● R G ● C ●

---

<sup>39</sup> Efter Trumps besked haglade avbokningarna över Betlehem. Sidan besökt 26 december 2017.

<https://www.dn.se/nyheter/varlden/nathan-shachar-efter-trumps-besked-haglade-avbokningarna-over-betlehem/>

## 6. Ljusets påverkan på människor, djur och växter

B ● R G ● C ●

### Ljus och människor

Människan, liksom alla biologiska varelser, har anpassat sig till ljusvariationerna mellan dag och natt. Redan på 1920-talet fanns en vetenskaplig förståelse för att ljuset påverkade hormonbalansen och vår sömn och vakenhet. Upptäckter under 2000-talet har dock öppnat för en ny och mycket djupare förståelse av de bakomliggande mekanismerna. Upptäckterna är framförallt förknippade med den tredje fotoreceptorn i ögat (förutom tappar och stavar) och dess kopplingar till hormonproduktion<sup>40</sup>, <sup>41</sup>. 2017 års nobelpris i medicin belönade vidare upptäckter som visar hur ljus påverkar den cirkadiska rytmen ända ner på cellnivå<sup>42</sup>.

En av de starkaste trenderna, globalt och i Sverige, gäller ljus och hälsa. Globalt har belysningsindustrin lanserat konceptet ”Human Centric Lighting”. Detta är tänkt att förstås som en ”människovänlig” belysning som fokuserar på mänskliga behov, men är säkerligen också sprunget ur ett behov att försöka ta tillbaka privilegiet att formulera vad som är bra belysning och rimliga prestandanivåer. Flera bedömare tolkar det till och med som en reaktion på samhällets hårdnande energikrav i kombination med pressade marginaler.

### Icke-visuella aspekter i motsättning till synergonomi?

Det finns alltså många aspekter av ljus och välbefinnande. Vi har identifierat två huvudriktningar som inte på något sätt är oförenliga men som kanske bäst kan beskrivas som olika prioriteringar. Förenklat har några av de vi intervjuat beskrivit det som skillnaden mellan att ”se bra och må bra”.

I strävan att erbjuda möjligheter att påverka vårt välmående genom ljusets icke-visuella aspekter glöms ofta de *visuella* aspekterna av belysning och ljus bort. Problem med bländning tenderar att öka ju mer ljusstarka dioderna blir. Samtidigt har många nya aktörer med liten kunskap om belysning kommit in på marknaden.

Flimmar (egentligen ljusmodulering) är ett annat ergonomiskt problem. Problemet omfattning är omdiskuterat och vi har idag inga allmänt accepterade gränsvärden eller ens en enhetlig definition av flimmar. De flesta bedömare vi talat med menar att det utan större problem går att tillverka produkter som inte ger upphov till flimmar som påverkar oss negativt, vare sig det gäller visuellt eller icke-visuellt flimmar. För att bindande krav ska kunna ställas krävs dock att rimliga gränsvärden fastställs och att samhällsekonomisk kostnad vägs mot nytta. Dagens europeiska ekodesignförfordningar har inga krav gällande flimmar.

### Bländning, belastningsproblem

En grupp av de svenska forskare vi intervjuat och även Arbetsmiljöverket (AV) betonar vikten av att satsa på ergonomiskt god belysning. De påpekar att vi i vår strävan att utnyttja de icke-visuella aspekterna av belysning för vårt välmående ofta glömmar bort de visuella och ergonomiska aspekterna. De hävdar bland annat att bländningen generellt åter verkar öka ju mer ljusstarka dioderna blir, även om det inte är givet att det ökade ljusutbytet måste tas ut i form av mer ljusstarka dioder. Det

<sup>40</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Intrinsically\\_photosensitive\\_retinal\\_ganglion\\_cells](https://en.wikipedia.org/wiki/Intrinsically_photosensitive_retinal_ganglion_cells)

<sup>41</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Photoreceptor\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Photoreceptor_cell)

<sup>42</sup> <https://www.svt.se/nyheter/vetenskap/de-far-nobelpriset-i-medicin>

förbättrade ljusutbytet skulle kunna ”växlas in” in mot fler dioder, bättre linser eller annat material för jämnare fördelning av ljuset. Det är dock en kostnadsfråga och ofta uppstår problemen i lågprisprodukter men beror även på dålig kunskap om ljusplanering eller armaturdesign. Detta fenomen speglar väl det faktum att många nya aktörer med liten kunskap om belysning kommit in på marknaden.

Bra belysning förhindrar olyckor och har stor betydelse för att undvika belastning på kroppen, särskilt i nacke och axlar. Bländning gör att man spänner sig och det orsakar belastningsbesvär. Det finns också forskning kring oskärpa: oskärpan i sig gör att man spänner sig och oskärpa kan komma av dåliga belysningsmiljöer. Centrum för Belastningsskadeforskning (CBF) i Gävle räknar med att belastningsbesvär orsakar kostnader motsvarande 2 % av BNP och även om bara en bråkdel av detta kan kopplas till belysning är kostnaderna ändå mycket höga.

### ***Flimmer***

Flimmer (egentligen ljusmodulering) är ett annat ergonomiskt problem. Det förekommer både som visuellt och icke-visuellt flimmer. Redan på 90-talet visade en studie från Arbetsmiljöverket att symptom som felaktigt tolkades som elöverkänslighet kunde framkallas av flimmer (d v s visuell modulation, 100 Hz, 30-35 % modulation). Förmodligen är 100 % fyrkantsvåg<sup>43</sup> är ännu värre, enligt AV. Med högfrekvensdon försvann problemen. Flimmerproblemen har kommit tillbaka genom vissa enklare LED-produkter men uppstår också i vissa dimmerkombinationer och med vissa så kallade glödråds-LED. Problemet omfattning är omdiskuterat och vi har idag inga allmänt accepterade gränsvärden eller ens en enhetligt accepterad definition av flimmer även om många (bland andra Arbetsmiljöverket) anser att vi ska använda en existerande IEEE-standard till dess att vi har en internationell eller europeisk standard.

Det förefaller dock vara så att det utan problem går att tillverka produkter som inte ger upphov till flimmerproblem, vare sig det gäller visuellt eller icke-visuellt flimmer. För att bindande krav ska kunna ställas krävs dock att rimliga gränsvärden fastställs och att samhällsekonomisk kostnad vägs mot nytta. Dagens europeiska ekodesignförordningar har inga krav gällande flimmer.

### ***Icke-visuella aspekter***

Den andra gruppen forskare har större intresse av ljusets icke-visuella aspekter (här vill vi åter understryka att det inte rör sig om en motsättning bara delvis olika fokus – flera av forskarna intresserar sig båda aspekterna och till exempel Arbetsmiljöverket fokuserar även på tillgång till dagsljus). Dessa forskare intresserar sig för dagsljus och ljusets spektrala egenskaper. Arne Lowden vid stressforskningscentrum på Stockholms Universitet forskar mycket på dagsljusets och belysningens effekt på vår dygnsrytm. Ljuset projicerar i hjärnan på många olika ställen, och påverkar därmed sömn och dygnsrytm, humör, mellanjärnan, och stresscentrum. Enligt Lowden rapporterar ungdomsgrupper mycket högre grad av psykisk ohälsa än vuxna. Han konstaterar att unga inte tål sömnstörningar och lätt får depressioner. Stressforskningsinstitutet undersöker också hur specifika grupper, t ex ungdomar, kan behandlas. Bland annat testas ljusbehandling på morgnar för att ”ställa tillbaka klockan”. Ljusforskningen vet också att en stor mängd ljus på dagen gör oss sömniga på kvällen. Återhämtningen och ljuskänsligheten är också individuell hos olika grupper.

Lowden anser att det går att skriva recept på belysning som ger bättre vakenhet och bättre nattsömn. Han understryker dock att vi behöver mycket bättre studier för att öka

<sup>43</sup> Fyrkantsvåg syftar på att elektroniken ändrar vågformen på den el som försörjer lysdioden från sinuskurva till en kurva med fyrkantsform.

kunskapen om sambandet mellan ljus och välbefinnande. Dessa behöver vara longitudinella (hålla på över lång tid) och mycket mer konsekvent arbeta med slumpmässiga urval och kontrollgrupper.

Arne Lowden och Federico Favero (KTH) har nyligen (december 2017) tagit fram en sammanställning av kunskapsläget om ljus och hälsa för Folkhälsomyndigheten. Litteraturgenomgången belyser främst de hälsofrämjande effekterna av dagsljus i bebyggelsen.<sup>44</sup>

I Jönköping har Ljushögskolan nyligen påbörjat en pilotstudie med stöd av Svenssons Stiftelse på temat dynamiskt LED-ljus och dess påverkan på människors stress och produktivitet.<sup>45</sup>

### **Individuellt anpassad belysning**

Även om arbetsmiljöföreskrifterna säger att all belysning ska vara individuellt anpassad är det i praktiken svårt att åstadkomma. Men en kort person (oftare kvinnor på arbetsplatser) riskerar att lättare utsättas för bländning. Individuellt anpassad belysning som tar hänsyn till både ergonomiska (visuella) och icke-visuella faktorer (som dynamiskt spektrum) torde vara något av belysningsbranschens heliga Graal. Många strävar efter detta som ett ideal men andra ifrågasätter nyttan av att driva den individuella anpassningen för långt.

### **Belysning inom djurhållning och växtodling**

LED-belysning har fått ökad uppmärksamhet inom djurhållning och växthusodling. Det har visat sig att LED-teknikens möjlighet att anpassa intensitet och spektrum till olika djurslag och växtarters behov kan öka produktiviteten. Det handlar alltså om något vidare än att bara byta ut högtrycksnatriumlampor eller metallhalogenlampor mot en mer effektiv ljuskälla som håller längre. Det är i själva ljuskvaliteten och styrbarheten som det stora värdet finns.

Mjölproduktionen ökade med 6 % på en bondgård som installerade LED-belysning, enligt en studie av Oklahoma State University. Inom hönsriker används LED med olika spektrala egenskaper för att åstadkomma olika resultat under fåglarnas livscykel. Specifika färger har konstaterats påskynda tillväxten hos ungfåglar, öka äggproduktionen, minska kannibalism hos broilers, göra fåglarna ”mindre rörliga” eller öka deras sexuella aktivitet.<sup>46</sup>

Andra studier har visat hur rätt anpassat, artspecifikt ljus kan öka produktionen i grisfarmer och fiskodlingar.<sup>47, 48</sup>

LED-tekniken är mycket intressant för växthusodling, särskilt i en tid då växthus i städer diskuteras på allvar, växthus som ofta helt saknar tillgång till solljus. I områden på högre breddgrader har tillsatsbelysning använts mycket länge, och här börjar LED också att slå igenom. Omsättningen från denna marknad beräknades till 3 miljarder

<sup>44</sup> Ljus och hälsa - en kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö. Folkhälsomyndigheten, 21 december 2017. Webbplatsen besökt 22 december 2017.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/ljus-och-halsa/>

<sup>45</sup> <http://www.belysningsstiftelsen.se/utdelade-stipendier/andra-studier-som-belysningsstiftelsen-finansierat/>

<sup>46</sup> (<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-11/issue-5/features/agriculture/properties-of-led-light-can-boost-poultry-production-and-profits.html>)

<sup>47</sup> <http://biolumenlighting.solutions/about-us/>, <https://pork.ahdb.org.uk/media/73434/breakout-3-application-of-biologically-relevant-lighting-in-animal-husbandry-paul-west.pdf>

<sup>48</sup> ([https://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/ssl\\_animalresponse\\_jun2016.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/ssl_animalresponse_jun2016.pdf))

dollar (USD) 2016 och förväntas öka till 7 miljarder dollar 2022. De främsta drivkrafterna bakom denna tillväxt anses vara ”jordbruk på höjden” och cannabisodling (i USA och Kanada), men den riktigt stora marknaden för växthusbelysning anses vara Europa, främst Nederländernas grönsaks- och blomsterodlingar i växthus.

B ● R G ● C ●

På samma sätt som med djurhållningen är det möjligheten att skräddarsy spektrumet som lockar. Möjligheten till uppkoppling är också en viktig aspekt, där armaturerna kan förses med sensorer som följer växternas tillväxt och där ljusdosen kan anpassas. Vidare kan LED-armaturer placeras närmare växterna eftersom de inte avger så mycket värme. Lång livslängd är också viktigt, men lägre energikostnader och längre livslängd anses inte vara de främsta drivkrafterna. Det är snarare mervärdet i form av högre produktivitet som kan göra investeringen mycket intressant.



## 7. Inte bara en lyktstolpe – offentliga aktörer en drivkraft för utvecklingen

B ● R G ● C ●

Bland de intervjuade finns representanter för tre viktiga offentliga aktörer som alla ansvarar för gatu-, park- och vägbelysning. De är valda för att de har stor kompetens och är inblandade i många utvecklingsprojekt. Trafikverket och Stockholms stads anläggningar är mycket stora och de har redan lång erfarenhet av att integrera LED-teknik i sina anläggningar.

- Trafikverket har 300 000 ljuspunkter (på armaturnivå). Runt 100 000 armaturer finns på bangårdar och ungefär 70 000 av dessa finns inlagda i ett underhållssystem. De håller på att ta fram nya typarmaturer till bangårdar med LED (det har varit svårt att få fram tillräckligt ljusstarka armaturer tidigare med tanke på mästhöjden och för att få armaturer om inte bländar med tanke på spridningsvinkeln). På vägsidan har Trafikverket runt 200 000 armaturer varav ~80 % finns i anläggningsregistret. Totalt arbetar ca tio personer på vägsidan med belysning.
- Trafikkontoret Stockholms stad, Anläggningsavdelningen Gator och Ljus (ljusdelen) har åtta anställda. Med sina 150 000 ljuspunkter har Stockholm den enskilt största anläggningen i Sverige efter Trafikverket (Göteborg har ca 90 000 punkter). Stockholms stad startade redan 2005 utbyte till keramiska metallhalogenarmaturer med varmt ljus och god färgåtergivning. De sista kvicksilverlamporna (7 000 st) byts 2017–2018 och staden har redan bytt ut 100 000 kvicksilverlampor och investerat runt 500 miljoner i ny belysning på 12–13 år. Bakgrunden var att man inte ville ha högtrycksnatrium när kvicksilverlamporna skulle bytas, och då var det naturligt att gå över till metallhalogen. Nästa steg är att byta bort de 5–10 000 högtrycksnatriumarmaturer som finns i staden. Nu är LED på väg att fasas in som en standard.
- Kiruna Stad har en liten anläggning men är intressant eftersom staden ska flyttas och en helt ny anläggning måste uppföras. Det finns alltså utmärkta möjligheter att testa helt ny teknik där och Kiruna håller på att starta en testbädd för utomhusbelysning med statligt stöd.

För dessa aktörer är möjligheten att spara mycket energi ett övergripande mål. Men delmålen är lika viktiga: God kvalitet (bländfritt, god ljusfördelning och förutsättningar för människor att uppfatta helheten), undvika negativ påverkan på djurlivet, upplevd trygghet, och säkerställda estetiska aspekter (produktens utseende och ljusupplevelsen – detta har länge varit högt på listan i Stockholms Stad).

### Öppna system och belysningsstolpar för andra tjänster

Belysningsnätet kan användas till många olika tjänster. Idag styrs utomhusbelysningen som regel genom att strömmen till en sträcka slås av eller på från en undercentral. Men om man låter spänningen ligga på hela tiden och istället styr varje armatur genom ett trådlöst nätverk, radiosignal, signal i elnätet, eller genom sensorer kan stolparna bli plattformar för laddning, wifi, trafikövervakning, miljösensorer mm. Det är dock viktigt att vi får fram en nationell standard för kommunikationsprotokollen så att vi inte bygger fast oss i parallella system. Både kommuner och vägverket understryker att alla system som de installerar måste vara öppna och leverantörsobundna. Vad gäller radiokommunikationslösningar föreslår Stockholms stad att vi bör hitta en dedikerad frekvens på ca 870 MHz (radiomesh ligger på 868 MHz och neråt) som kan användas av alla offentliga anläggningsägare.

***Elnätskoncessioner ofta hinder för utvecklingen***

Elnätskoncessioner är ett problem i flera städer där kommunen äger elnätet. Det är strängt taget förbjudet att använda belysningsanläggningen till annat än belysning och denna reglering behöver ändras för att få fart på användningen av belysningsnätet till andra tjänster.

***Risk för inlåsning i konkurrerande parallella system***

Idag är risken att kommuner (och andra offentliga aktörer) satsar på olika tekniker eftersom det finns en dålig gemensam förståelse för hur tekniken fungerar och bör tillämpas. Det riskerar dessutom att bli dyrt. Det krävs ett "säljarbete" för att få belysningsansvariga i mindre kommuner att vilja gå med i projekt. De har ofta många andra fokusområden vid sidan av belysning.

Den stora utmaningen i kommunsektorn är att de olika aktörerna sitter på varsin kammare och tänker i stort sett samma tanke, men utan samordning. De aktörer vi talat med anser att sektorn skulle behöva ha hjälp med samordning av utvecklings- och demonstrationsprojekt och de påpekar att SKL inte har resurser och inte heller prioriterar denna fråga. För att få genomslag borde 20–30 kommuner vara med när nya lösningar testas, men nu blir det en handfull (ofta samma) och det är inte tillräckligt mycket för att det ska bli bra, hävdar de som intervjuats. Dessa aktörer efterlyser en central kompetens som tar hand om information, och som kan bearbeta vad som kommer ut ur projekt och sammanställa erfarenheternas. SUST (se avsnittet om innovation och upphandling) skulle i vissa fall kunna hjälpa till med detta. Det är också möjligt att tänka sig en beställargrupp för offentlig utomhusbelysning enligt de intervjuade aktörerna.

**Kompetensutveckling samt bättre och mer anpassad teknik efterlyses**

Kompetensutveckling på alla led behövs, från konsulter till entreprenörer och beställare av offentlig belysning. Det är särskilt viktigt nu i skiftet från analog till digital teknik. Leverantörerna förstår inte alltid problemen med installation av LED-teknik eftersom förhållningssättet till tekniken förändrats med den nya tekniken. Aktörerna understryker också att en LED-armatur kan förekomma i så många olika varianter att det är lätt för någon som inte är tillräckligt kompetent att välja fel armatur, ett misstag som kan bli mycket dyrt.

De vi talat med visar också på ett behov av självkonfigurerande teknik (plug and play). Men det betyder inte att allt nödvändigtvis ska integreras i stolpen eftersom det då kan bli oklart hur ägaren ska hantera fel. Den funktionsmässiga "mål bilden" är en stolpe med kopplingspunkter, men det är samtidigt en estetisk utmaning. Vidare har vi stora förluster när vi går mellan olika spänningar i matningen till kringutrustningen. Vad blir det för standard – det är den stora frågan.

**Ska Trafikverket hantera belysning i flera kommuner?**

De som vi intervjuat anser inte att belysning som tjänst i offentliga utomhusanläggningar är intressant (se även föregående kapitel där tjänster diskuteras mer utförligt). De vill hellre äga anläggningen för att säkerställa kvalitet. Det vore till och med en möjlighet för Trafikverket att ta över driften av mindre kommunala anläggningar i områden som står inför stora underhållsinvesteringar, enligt dem vi intervjuat. Då skulle Trafikverkets stora kompetens och möjligheter till upphandlingsvolymerna kunna komma mindre kommuner tillgodo.

## **Svenska städer bör satsa mer på övergripande belysningsprogram**

Flera av dem vi intervjuat, både företrädare för de offentligägda anläggningarna och privata aktörer, anser att svenska kommuner bör satsa mer på övergripande belysningsprogram för sina städer. I Finland och Danmark till exempel fungerar detta enligt uppgift bättre, och ambitionsnivåerna är generellt högre. I Finland har tex fem städer gått ihop i ett gemensamt arbete med Smart City i ett forskningsprojekt. De delar med sig av erfarenheter och lär av varandra.

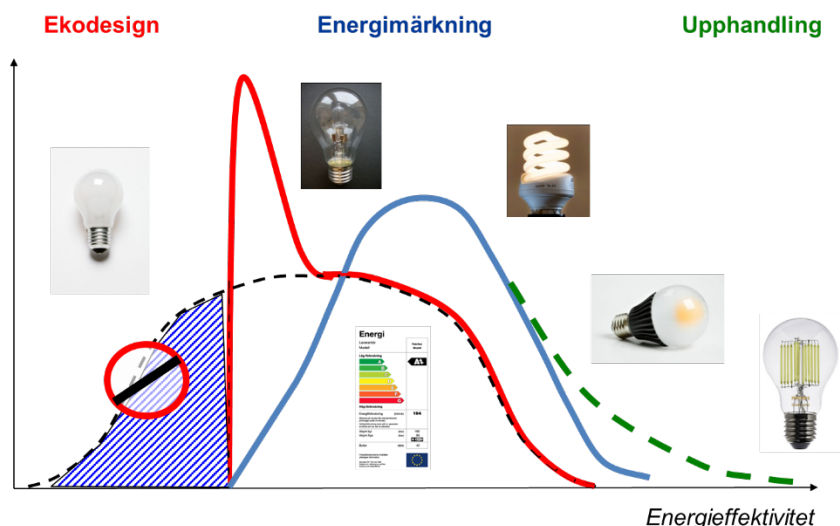
B ● R G ● C ●

## 8. Lagkrav, standardisering och global harmonisering driver på utvecklingen

Olika styrmedel samverkar för att driva marknaden mot mer energieffektiva produkter av hög kvalitet. *Figur 5* nedan visar med ett exempel från vanliga ljuskällor hur EU-gemensamma ekodesignkrav fasar ut de sämsta produkterna på marknaden medan likaledes EU-gemensamma energimärkningskrav gör det lättare för konsumenten att göra informerade val. Nationella eller lokala upphandlingskrav gör det möjligt att välja enbart de bästa produkterna. Bortom denna gräns kan teknik- eller innovationsupphandlingar stimulera utveckling av ännu ej kommersiella produkter, något Sverige har en lång tradition av. Allt detta är beroende av standarder och definitioner.

Lagkrav, harmonisering och standardisering gäller dock inte bara produkter utan även systemkrav på byggnader, projekteringsriktlinjer och krav på installationers energiåtgång och installerade effekt.

### Ekodesign, märkning och upphandling driver marknaden

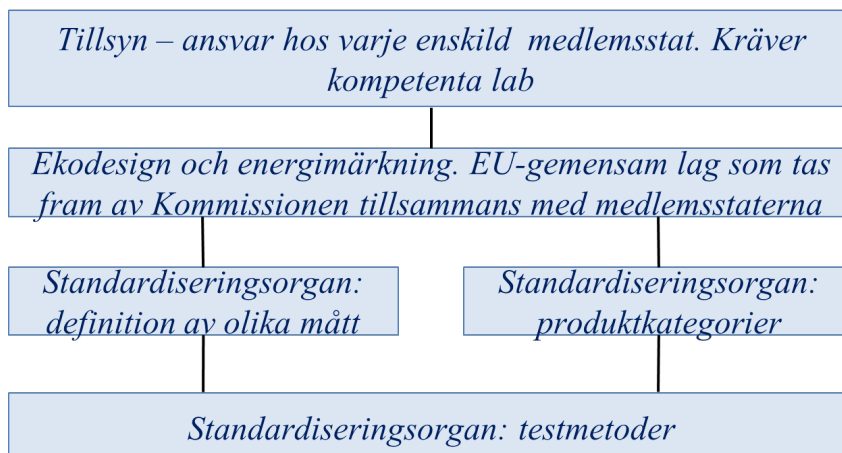


**Figur 5:** Sambandet mellan baskrav, energimärkning och upphandling, som ett sätt att uppnå en "push-pull"-effekt som stimulerar marknadsutvecklingen. (Källa Energimyndigheten).

Men alla dessa styrmedel är beroende av standarder för att kunna fungera: se *Figur 6*. Utan klara definitioner av olika slags parametrar och måttal, produktkategorier med mera, liksom av testmetoder som är repeterbara, reproducerbara och tillförlitliga, går det inte att ställa krav som är rimliga eller går att verifiera. Detta är lika viktigt för lagstiftaren och för upphandlaren – men även för de seriösa tillverkare som vill kunna styrka hur bra dennes produkter är.

Mycket arbete sker därför inom EU för att utveckla lagstiftning och standarder som samspelar med varandra. Men eftersom belysningsmarknaden blir alltmer global och liknande lagkrav även finns i andra regioner, har det internationella arbetet blivit alltmer viktigt på senare år. I en idealisk situation använder alla regioner samma uppsättning standarder, testmetoder och liknande krav. Det skulle innebära avsevärt minskade transaktionskostnader samt göra det möjligt för alla, inklusive de områden i

världen som idag saknar elektrisk belysning, att få tillgång till de bästa och mest effektiva belysningslösningarna.



Figur 6: Samband mellan lagkrav, standarder och tillsyn av lagkraven.

### Ekodesign och energimärkning – EU-gemensam lagstiftning

Det europeiska ekodesigndirektivet sätter minimikrav på energiprestanda hos produkter och förbjuder de mest energi- och resurskrävande produkterna på EU-marknaden. Energimärkningsdirektivet infördes redan 1992 och har sedan dess reviderats och är numera en förordning. Idag omfattas många produkter av energimärkningskraven.

Ekodesigndirektivet trädde i kraft redan 2005. Det införlivades i svensk lag genom lagen om ekodesign som trädde i kraft 2008. Direktivet är ett ramdirektiv, vilket innebär att direktivet sätter ramar för hur krav ska tas fram och vad som kan regleras. Specifika krav för olika produkter sätts sedan i produktspecifika *förordningar* som är direkt gällande i medlemsländerna. Kraven kan också i vissa fall införas som frivilliga avtal som alternativ till en förordning.

Ekodesigndirektivet reviderades 2009 och utökades då från att gälla energianvändande produkter till att gälla alla *energirelaterade* produkter. Sådana produkter använder inte nödvändigtvis själva energi, men de påverkar den totala energianvändningen, som fönster på ett hus, eller däckena på en bil.

Ekodesigndirektivet ska förbättra produkternas miljöprestanda under hela livscykeln. Kraven fungerar som ett golv för att förbjuda och ta bort de allra sämsta produkterna på marknaden, sett ur ett energiperspektiv. Kraven tas fram genom en livscykelanalys där produktens energianvändning i användarfasen ska vara den största delen för att produkten ska bli aktuell för ekodesign. Nivåerna för kraven sätts sedan så att den totala kostnaden för investering och driftskostnad ska bli så låg som möjligt. Kraven kan också gälla andra egenskaper såsom buller, livslängd eller informationskrav kring farliga ämnen. Där regleras också när kraven börjar gälla och hur mätningar och kontroll ska gå till. Energimyndighetens webbplats beskriver ekodesign och energimärkning mer i detalj.<sup>49</sup>

Sverige (representerat av Energimyndigheten) deltar som en mycket aktiv part i EU-kommissionens konsultationer inför införandet eller revideringar av en förordning.

<sup>49</sup> <http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/ekodesign/> och <http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/lag-och-ratt/energimarkningsdirektivet/>

Sverige är aktivt med forskningsrapporter, testrapporter och nära informationsutbyte med andra medlemsstater som har en ambitiös dagordning vad gäller energi och miljö.

### **Ekodesignkrav och energimärkning på belysningsprodukter**

B ● R G ● C ●

Ekodesign- och energimärkningskrav på hembelysning, gatu- och kontorsbelysning samt reflektorlampor och LED-lampor förväntas spara 102 TWh årligen i EU från och med år 2020. Alla enskilda förordningar finns beskrivna på Energimyndighetens webbplats<sup>50</sup>. Flera förordningar reglerar kraven för olika produkter.

Numera omfattas alla slags lampor av den obligatoriska energimärkningen, både lampor för hushåll och lampor för proffsbruk. På märkningen visas bland annat energiklassen, där A++ är effektivast. Det finns ett beslut på att gå tillbaka till den ursprungliga skalan A–G, där A är effektivast. Senast november 2018 måste ett beslut om energiklasser ha fattats och 2020 förväntas den nygamla skalan att träda i kraft.

Rundstrålande lampor har ekodesignkrav och ska vara energimärkta. Kraven är fastlagda i förordning 244/2009 och förväntas innebära besparingar på 39 terawattimmar (TWh) per år inom EU från år 2020.

LED-lampor och riktade lampor har ekodesignkrav och de ska vara energimärkta. Ekodesignkrav för LED-lampor och riktade lampor finns fastlagda i förordning 1194/2012 och förväntas spara 25 terawattimmar (TWh) per år i EU från år 2020.

Sedan 2010 finns en ekodesignförordning för gatu- och kontorsbelysning. Det var tidigare två separata förordningar men har slagits ihop till en gemensam förordning för ”tertiärsektorn”. De regleras i förordningen 347/2010 och 245/2009.

Under 2017 och 2018 pågår förhandlingar om en ny så kallad ”omnibusförordning” som ska gälla samtliga belysningsprodukter.

### **Systemkrav i ekodesign?**

Systemkrav diskuteras allt mer inom ramen för ekodesigndirektivet. Det är en svår fråga eftersom ekodesigndirektivets förordningar reglerar prestandan på produkter som handlas fritt inom EU. Tillsynen och marknadskontrollen förefaller också bli mer komplicerad för systemkrav än för produktkrav. Även om det är svårt är frågan dock viktig: För de produktgrupper som omfattas av ekodesigndirektivets som helhet beräknas energisparpotentialen möjlig att fördubbla om systemen optimeras.

Det är dock inte givet att alla systemkrav ska regleras inom ramen för ekodesigndirektivet. Byggregler skulle till exempel kunna täcka mer av belysningssystemen än de gör idag.

### **Nationell lagstiftning och rekommendationer**

Som beskrivits ovan omfattas alla belysningsprodukter av EU-gemensamma krav. När det gäller byggnaders energiprestanda och arbetsmiljö regleras dessa av nationella lagkrav och riktlinjer, som i och för sig är härledda ur europeiska eller nationella direktiv, standarder mm.

### **Byggregler och krav på byggnaders energiprestanda**

Boverkets byggregler ställer vissa grundläggande krav på ljus och rum, till exempel tillgången på dagsljus i olika typer av lokaler och bostäder, men belysningsenergi omfattas inte av byggreglernas energikrav. Flera av dem som intervjuats för denna

<sup>50</sup> <http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/produkter-med-krav/produktgrupper/mapp-for-produkter/belysning/>

rapport beklagar att det är så. Belysningsenergin ingår inte heller i underlaget när byggnaders energiprestanda beräknas för energideklarationen (annat än den fasta belysningen, t ex i trapphus). Detta innebär att intresset för att minimera belysningens energianvändning förblir lågt hos många beställare och fastighetsägare, menar de vi intervjuat.

### **Arbetsmiljö**

Kraven på arbetsmiljö vad gäller ljus och belysning styrs till stor del av en föreskrift från Arbetsmiljöverket, *Arbetsplatsens utformning*, som gör ett förtydligande av *Arbetsmiljölagen: Paragraf 9–15 Skallkrav*, vilken fastslår att belysningen ska anpassas, bländning ska undvikas o s v. Även om det inte finns detaljerade regler för hur belysningen ska projekteras och installeras används standarderna för belysningsinstallationer som underlag vid en bedömning av arbetsmiljön, t ex vid tillsynsärenden.

### **Tillsyn och marknadskontroll**

Tillsyn sker på flera plan. När det gäller LED-produkter tänker troligen många spontant på ljusslingor eller adventsstakar där Elsäkerhetsverket varnar för en undermålig produkt. Men mycket av marknadskontrollen handlar om energimärkning och om produkterna mäter ekodesignförordningens krav.

En annan viktig form av tillsyn sköts av Arbetsmiljöverket som kontrollerar att belysningsinstallationerna uppfyller arbetsmiljökraven. Folkhälsomyndigheten har också ansvar för områden som inte uteslutande är arbetsplatser, t ex skolor, vården och hemmiljön.

### **Marknadskontroll av produkter**

Energimyndigheten är tillsynsmyndighet för ekodesign- och energimärkningsdirektiven. Detta innebär att Energimyndigheten genomför provningar och utfärdar vitesförelägganden för produkter som inte uppfyller lagkraven. Belysningsprodukter testas i Energimyndighetens eget Testlab, men Energimyndigheten lägger också ut testning av produkter på externa testlaboratorier.

Energimyndigheten bedriver också förebyggande och uppsökande arbete. Inspektioner görs i butiker men den ökade näthandeln kräver att nya metoder tas fram och att tillsynsmyndigheter samarbetar över landsgränserna. En viktig del i arbetet är möten för företag och branschorganisationer när en ekodesignförordning utarbetas eller omarbetas. Det är viktigt att företagen känner till nya regler i förväg och tidigt förstår vad reglerna innebär, allt enligt en filosofi att regelbrott sällan beror på illvilja utan på bristande kunskap.

### **Problemsökning och tillsyn på arbetsplatser**

Arbetsmiljöverket (AV) arbetar på många sätt som Energimyndigheten med uppsökande verksamhet, dialog och information, men utför också inspektioner. AV kan kräva att åtgärder genomförs och utsätta vite om inget händer.

AV har också tagit fram en app för att lekmän ska kunna kontrollera bländning. Den mäter belysningsstyrka och kontrastförhållande där man tar ett foto och för hålkors över bilden och mäter skillnaden i kontrast.

Lunds universitet arbetar med en synergonomisk riskbedömningsmetod kallad VERAM. Här är det stora problemet okunskap ute på fältet. Ergonomer och arbetsmiljöingenjörer har gått kurs och testat verktyget ute på fältet och det är nu en standardiserad, webbaserad metod och den första metoden i sitt slag i världen.



Framtagningen av denna har finansierats av AFA Försäkringar. Nu söks finansiering för att ta fram en app och Lunds Universitet ska testa metoden ute i fält. Syftet är att hitta de viktigaste parametrarna för en mer förenklad metod som eventuellt även skulle kunna användas av lekmän.

## **Standarder**

Standardiseringsarbetet i Sverige samordnas av SIS, Swedish Standards Institute. Det är en ideell förening med 1500 medlemmar (en medlem måste vara en juridisk person). Standarder kan utvecklas i Sverige eller genom någon av de många internationella standardiseringsorgan som finns. Det kan till exempel vara den internationella belysningskommissionen (CIE) eller den internationella elektrotekniska kommissionen (IEC) eller ISO, det internationella standardiseringsorganet. IEC och CIE hanterar olika standardiseringsområden (CIE fokuserar på ljus och belysning medan IEC hanterar elektriska produkter och hur man testat dessa), men de två organisationerna samarbetar i många områden och tar fram gemensamma standarder som senare i regel antas som europeiska och nationella standarder. Inom EU/EFTA samarbetar industri, universitet och myndigheter med att ta fram standarder. CEN, CENELEC och ESTI är de enda erkända europeiska organisationerna enligt direktiv 98/34/EG för antagande av europeiska standarder.

Mycket av arbetet sker genom att länder, företag och organisationer bidrar med personal och kompetens och mindre med pengar. Av tradition har belysningsindustrin alltid varit aktiv inom standardiseringen. Några av de vi talat med anser att stater och offentliga organisationer minskat resurserna till standardisering och det finns en risk att många av de standarder som tas fram allt för starkt representerar de stora globala företagens perspektiv. Många av de vi intervjuat från den offentliga sektorn anser att allmänintresset bör vara starkare företrätt i internationellt standardiseringsarbete än vad är fallet idag.

## **Produktstandarder**

Standarder omfattar produkter på ett flertal sätt. Inom belysningsområdet gäller det allt från systemintegration och kommunikationsgränssnitt till färgtemperatur, färgåtergivning och lampors livslängd. Standarder är också viktiga för hur produkter ska testas och olika parametrar definieras och mätas. Utan standarder skulle det vara svårt eller omöjligt att ställa krav på energiprestanda eller energimärkning och i botten på upphandlingskrav och andra rekommendationer ligger standarder. Standarder kritiserar ibland för att inte spegla verkliga förhållanden. De är långt ifrån perfekta, men det speglar i regel det faktum att det saknas underliggande bra metoder för att definiera en parameter. Det finns t ex ingen bra standard för hur livslängd ska definieras och metoderna för att beskriva färgåtergivning har stora brister. Problemet är att alternativen är svåra att finna.

## **Standarder och rekommendationer för system och belysningsplanering, Ljus & Rum**

Även om lagkrav saknas för hur en belysningsanläggning ska planeras eller hur mycket energi den får använda finns en uppsättning standarder som beskriver hur en belysningsanläggning bör projekteras. Andra standarder beskriver energikrav och metoder för att beräkna och mäta den årliga användningen av belysningsenergi och vilken effekt som olika typer av styr- och regler teknik har på anläggningens energianvändning inom olika byggnadstyper. Samma typ av standarder finns för gatu-, väg- och utomhusbelysning. Standarderna är svenska standarder som är helt harmoniserade med de europeiska EN-normerna.

Belysningsbranschen har i samråd med Energimyndigheten och Arbetsmiljöverket också tagit fram en projekteringsguide som heter *Ljus & Rum* för lokaler. Den baseras

på gällande svenska standarder och standarderna som tagits fram av CEN, och presenterar informationen på ett lättillgängligt sätt med en mall för planeringsprocessen enligt ”svensk praxis”. Ljus & Rum uppdateras då en tillämplig standard revideras vilket vanligen sker ungefär vart 5:e år. Ljus & Rum går att ladda ner från Ljuskulturs webbplats.<sup>51</sup>

### ***Standarder allt viktigare i lagstiftning, upphandling och processer***

Standarder hanterar allt från produkter och applikationer till definitioner och testning, men standarder för styrning och processer har dessutom blivit allt viktigare. Det är även av vikt att nya forskningsrön kring belysningens betydelse för människan blir implementerade i framtida applikationsstandarder. Standarder tillämpas bland annat inom själva projekteringsprocessen och kan bidra till ett mer systematiskt arbete när en teknisk specifikation tas fram. Just nu utarbetas ett standardiseringsdokument (en s k Teknisk Specifikation) på CEN med titeln "Projekteringsprocess för belysningsssystem". Den samlar kunskap (standarder, direktiv, checklistor, etc) och ger rekommendationer hur man ska gå tillväga för att få stöd av så mycket som möjligt i processen och samtidigt inte missa något.

Upphandlingsmyndighetens upphandlingskriterier för belysningsanläggningar baseras på svenska och internationella standarder, både för produkter och projektering. Upphandlingsmyndighetens dokument beskriver belysningsentreprenader och Belysningsprojektering, samt även vägledning för miljöanpassad utomhusbelysning.<sup>52</sup> Upphandlingskriterierna för belysning inomhus bygger på den svenska och europeiska standarden SS-EN 15193 ”Byggnaders energiprestanda – Energikrav för belysning - Del 1: Specifikationer, Modul M9”. Dessa kriterier tillämpas tyvärr allt för sällan av beställare enligt flera uppgiftslämnare. Produktkriterierna är kopplade till ekodesignförförordningarnas krav och deras underliggande standarder.

Björn Nilsson på SIS uppger att många har mycket liten kunskap om standarder. Enligt honom finns ett behov av att koppla ihop direktiv och förordning, lagstiftning på ljuskrav med ett vidare standardbibliotek. Vi kommer aldrig ha alla standarder klara och idag finns en riktning mot vägledande standarder med ett bredare spektrum av användare. Från att standarder tidigare kanske var mest eller enbart avsedda för rent tekniska roller är målsättningen nu att underlätta och hjälpa upphandlare, leverantörer, ljusplanerare, arkitekter, projektledare med flera. En viktig standard är nya utgåvan med belysningskrav för arbetsplatser som kommer att innehålla aspekter kring icke visuella effekter, det vill säga att ljus och belysning inte bara är till för att se bra utan också för att må bra. Det finns många enskilda standarder, och nu måste de börja fogas ihop, enligt SIS.

Åldrande befolkning, ljus och hälsokrav är också allt viktigare områden för standardisering. Den arbetsföra befolkningen åldras och håller sig friskare och stannar kvar i arbete mycket längre; detta påverkar behoven för ljus och belysning på arbetsplatsen eftersom synen blir sämre med åren. SIS pekar till exempel på vikten av att ha fått med Synskadades riksförbund i en teknisk kommitté för ljus och belysning för två år sedan. De ger enligt SIS ett mycket värdefullt brukarperspektiv.

### ***Myndigheter behöver en bra standardiseringsstrategi***

Långsiktigt arbete är viktigt. Alla myndigheter behöver en bra standardiseringsstrategi, enligt SIS. Myndigheten för delaktighet, MFD, är ett bra exempel. Det är en

<sup>51</sup> [https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/06/ljus-och-rum\\_planeringsguiden-rev2013-11.pdf](https://ljuskultur.se/wp-content/uploads/2016/06/ljus-och-rum_planeringsguiden-rev2013-11.pdf)

<sup>52</sup> <http://www.upphandlingsmyndigheten.se/hallbarhet/stall-hallbarhetskrav/bygg-och-fastighet/utomhusbelysning/>

expertmyndighet som har förstått att standardisering är ett viktigt verktyg för att nå sina mål. De har pekat ut områden där de vill vara aktiva och finansierar arbete hos SIS för att få hjälp att ”navigera i standardiseringsdjungeln”.

Energimyndigheten och SIS samverkar om hur myndigheten ska kunna agera för att få ut standarder till marknaden.

B ● R G ● C ●

### **Upphandling, innovations- och teknikupphandling**

Upphandlingsmyndigheten tar fram riktlinjer, upphandlingskriterier mallar och verktyg för LCC-kalkyler. Dessa utvecklas i samarbete med andra myndigheter och organisationer och belysningsbranschen konsulteras under processen. Dessa är främst avsedda för offentlig sektor men kan självfallet användas även av privata aktörer. Enligt myndigheten är det svårt att få fram bra statistik om produkternas energieffektivitet. Det samlas till exempel inte in någon marknadsdata eller upphandlingsstatistik om energiklass för ljuskällor. Myndigheten skulle även vilja utveckla sina kriterier och verktyg, till exempel genom att få in mervärden i LCC-verktyget. De önskar sig vidare ett kriterium för att få in effekten av styrning i vägbelysning så att den totala energianvändningen och inte bara den installerade effekten kommer in i kalkylen.

Sustainable Innovation i Sverige AB (SUST) är ett bolag som ägs av en förening med flera svenska privata och offentligägda företag som intressenter. Bolaget driver utvecklingsprojekt för ett energi- och resurseffektivt samhälle. Fokus är marknadsnära och innovativa lösningar inom mobilitet, bebyggelse och energisystem, med fokus på att praktiskt utveckla, demonstrera och sprida hållbara lösningar i näringslivet och samhället.

SUST tog bland annat över ett teknikupphandlingsprojekt från Energimyndigheten. Där utvecklades ett öppet API för kommunikation mellan armaturer för park- och cykelvägar. SUST skulle kunna spela en roll i samordning av andra innovations och upphandlingsprojekt.

Andra som intervjuats har också framfört att en beställargrupp för offentlig utomhusbelysning (liksom Belok, Bebo o s v) skulle vara värdefullt för att driva utvecklings och teknikupphandlingsarbete.

### **Zhaga: internationell standard för modulers ”formfaktor”**

Zhaga är ett internationellt konsortium på initiativ av företag som tillverkar LED-produkter<sup>53</sup>. Tanken är att ta fram öppna standarder för ett stort antal LED-modulers så kallade formfaktorer. Oberoende av tillverkare ska en komponent kunna gå att installera till exempel i en armatur. Zhaga specificerar inte funktion eller prestanda, bara hur de olika delarna fysiskt, eltekniskt och i vissa fall även kommunikationsmässigt kan fogas samman. Det är naturligtvis mycket bra ur miljösynpunkt om de fysiska dimensionerna definieras genom öppna standarder. Zhaga är aktivt och publicerar ständigt nya ”böcker” som beskriver en familj av komponenter.

I praktiken är det dock osäkert hur stort genomslag Zhaga fått. Samtliga svenska tillverkare vi talat med säger att Zhaga inte är särskilt intressant för dem, att marknaden utvecklas för snabbt och att Zhaga inte hinner med. (Ett undantag nämns, en sockel för utomhusarmaturer).

Zhaga har dock ökat taken på sitt arbete och fler aktörer har nu blivit medlemmar i konsortiet. IEC, den internationella elektrotekniska kommissionen, har nyligen

<sup>53</sup> <http://www.zhagastandard.org>

(december 2017) sagt att Zhagas ”böcker” ska publiceras av IEC<sup>54</sup>, men det är oklart om det kommer att ske i form av en standard eller en så kallad ”Publically Available Specification (PAS)” som inte har statusen av en standard.<sup>55</sup>

## **Internationellt samarbete inom forskning och utveckling**

B ● R G ● C ●

Det internationella samarbetet är extremt viktigt. Vi har tidigare nämnt standardiseringsarbetet där en ökande internationalisering av marknader för produkter och tjänster gör att standarder och gemensamma definitioner blir allt viktigare. Internationellt forskningssamarbete blir också allt viktigare, främst inom EU:s stora forskningsprogram. Svenska institutioner är mycket aktiva här och samarbetar till exempel kring Öresundsregionen. Nya kontaktytor skapas också genom internationellt rekryterade forskare: Professor Myriam Aries i Jönköping handleder t ex doktorander i Eindhoven. I denna rapport görs dock ingen vidare katalogisering av forskningssamarbeten då en sådan katalog skulle bli långt ifrån fullständig och dessutom relativt snabbt föråldrad.

Det finns även ett flertal andra områden där det internationella samarbetet blir allt viktigare.

### ***International Energy Agency:s Technology Collaboration Programmes***

Inom ramen för *International Energy Agency (IEA)* drivs ett flertal tekniska samarbetsprojekt kallade ”*Technology Collaboration Programmes*”. Det svenska samarbetet är i ofta finansierat av Energimyndigheten, men andra myndigheter finansierar också deltagande där det är relevant.

*Community and Buildings Systems* behandlar byggnader och inomhusmiljö. Här finns ett flertal pågående och avslutade så kallade *Tasks* som behandlar dagsljus, artificiell belysning och ljuskvalitet.

*4E – Energy Efficient End-use Equipment*. Här finns framförallt ”*Solid State Lighting Annex*” där Sverige genom Energimyndigheten är ordförande och där de deltagande experterna även kommer från Energimyndighetens Testlab. Detta Annex’ så kallade Operating Agent är också från Sverige. Arbetet inom 4E SSL är mycket viktigt för Energimyndigheten på flera plan. Här sker grundläggande informationsutbyte med andra länders myndigheter vad gäller testning, rekommenderade kravnivåer på produktprestanda och hur dessa krav ska formuleras, metoder för marknadskontroll mm. Företrädare för myndigheten uppger att det informella informationsutbytet som ofta gäller tidiga skeden i processer är mycket värdefullt. För närvarande driver också IEA 4E:s SSL Annex en jämförelse av 45 laboratorier runt om i världen gällande deras förmåga att testa armaturer och lampor med riktningssverkan. Energimyndigheten och flera svenska testlaboratorier deltar i jämförelsen. Ett annat Annex inom 4E behandlar enheter ihopkopplade i nätverk (*Electronic Devices and Networked Appliances*, EDNA) vilket får allt mer relevans för belysningen.

*Solar Heating and Cooling*. Här görs en del samarbete kring dagsljuslösningar för byggnader och flera svenska organisationer och institutioner deltar.

### ***Samarbete med Lighting Research Center i USA***

Energimyndigheten har under många år samarbetat med *Lighting Research Center (LRC)* i Troy (NY) i USA i ett partnerskap. LRC deltar i seminarier och ger råd om

<sup>54</sup> International Electrotechnical Commission Technical Committee No. 34: Lamps and related equipment. List of decisions taken at the meeting of IEC/TC 34, held in Vienna, Austria on 2017-12-14 (34/477/DL).

<sup>55</sup> Personlig kommunikation David Boughey, Australiska miljödepartementet. 11 januari 2018.

ljusforskning och teknik till svenska aktörer och bidrar på så sätt till kunskapsöverföringen.

B ● R G ● C ●

## 9. Forskning, utbildning och ljuskonsulter i Sverige

I Sverige och även globalt har belysning fått ett uppsving. ”Belysning är hett”, säger en aktör och pekar på att intresset för god belysning har ökat starkt, både hos företag och privatpersoner. Belysning är i ökande grad inte längre en restpost som tas om hand i slutet av byggprocessen utan behandlas i bästa fall som en integrerad del av arkitektur och design. Många av de vi intervjuat beskriver en utveckling där belysning blivit en egen disciplin efter att ha varit ett rent ingenjörsmråde. Men, påpekar, det gäller långt ifrån överallt. Byggprocessen är stelbent och har många skeva incitament och kunskapsnivån hos alla inblandade varierar starkt. Medan belysning bokstavligen gått från analog till digital teknik sitter många idag och räknar med budgetar och teknik från den gamla analoga världen.

B ● R G ● C ●

### Forskning som bas för nya lösningar

Under några år fanns ett svenskt nätverk för belysningsforskning kallat CEEBEL, finansierat av Energimyndigheten. Många svenska institutioner deltog. Nätverket lades formellt ner 2015 då finansieringen upphörde. Flera av de forskare som intervjuats berättar att nätverket fyllde en viktig funktion genom att de samarbeten som då etablerades fortsatt i olika konstellationer.

### Forskning i gränlandet mellan teknik och biologi

När Energimyndigheten hösten 2017 utlyste forskningsmedel för belysning (inom EELYS) inkom ansökningar motsvarande 97 mkr för en total anslagsvolym om 15 mkr. En stor del (20 mkr) av ansökningarna gällde materialforskning, vilket i viss mån förvånade de ansvariga för programmet. Ansökningarna speglar det faktum att många svenska forskningsinstitutioner är starka på materialforskning<sup>56</sup>.

Flera av de innovations- och forskningsdrivna företag vi beskriver nedan har sina rötter i avancerad forskning kring material kombinerat med forskning om biologiska och psykologiska faktorer.

För vår studie har vi intervjuat endast två institutioner som sysslar med material- och teknisk forskning, Nanolab i Lund och RISE, Research Institutes of Sweden. Sammanställningen av resurser i Bilaga 1 visar dock tydligt att det finns flera institutioner som arbetar med avancerad grund- och tillämpad forskning relaterad till belysning, och flera av dem samarbetar i olika konstellationer. De flesta institutioner letar vägar att förbättra LED-chipens grundläggande funktioner, i vissa fall genom att tänka helt nytt kring hur ljus genereras. Forskare på Nanolab i Lund letar till exempel metoder att generera rött, grönt och blått ljus direkt med nanotrådar utan att gå omvägen via konvertering av blått ljus eller UV-strålning genom olika typer av fluorescerande material. Det skulle ge en effektivare process, kräva mindre sällsynta jordartsmetaller och ge en stabilare diod med mindre ljusnedgång. Detta har resulterat i ett företag som heter Glo som redan använder produkterna i displayer. Idag sker produktionen i USA, men Glo anser att Sverige har mycket kompetent arbetskraft och planerar nu att flytta produktion till Sverige. Google har investerat i Glo och företaget är därmed inte enbart beroende av svenska forskningsanslag och investeringar. Sverige

<sup>56</sup> Personlig kommunikation Christofer Silfvenius, Energimyndigheten, 21 november 2017. Det bör här understrykas att Energimyndigheten inte är den enda anslagsgivaren som stödjer belysnings- och ljusforskning i Sverige.

är i sammanhanget en liten spelare. Apple uppges till exempel ha investerat mer än en miljard dollar i utvecklingen av mer effektiva mikrodioder.

Lund är ett mycket bra exempel på starka kluster, där grundforskning på nanonivå kombineras med tillämpad miljöpsykologisk och biologisk forskning inom ett ljusforskningsinitiativ. Några av målen är att få fram nya metoder att mäta ljus som efterliknar ögats funktion med ett mycket stort antal mätpunkter. Miljöpsykologer och ergonomer deltar även i samarbetena och flera institutioner i Lund samverkar även med andra svenska institutioner och över landsgränsen med danska institutioner.

RISE är ett forskningsinstitut som också sysslar med materialforskning men också med mer tillämpad teknisk forskning. Bland annat studeras hur belysning samverkar med byggnaders energisystem. RISE har god kapacitet för att testa belysningsprodukter och bidrar även till utvecklingen av nya system och produkter. Ett tiotal belysningsexperter är verksamma här.

### ***Ljus och välbefinnande***

Ett flertal svenska institutioner är aktiva inom området ljus och välbefinnande (en sammanställning finns i Bilaga 1). Alla de som intervjuats pekar ut behovet av att förstå hur belysning och ljus påverkar människan. Här finns även många synpunkter på möjligheterna att styra belysningen efter individuella behov.

En viktig komponent i denna forskning har teknisk inriktning, som utveckling av protokoll och styrsystem. Ett exempel finns hos Ljusdesign vid Tekniska Högskolan i Jönköping, som nyligen har startat ett femårigt doktorandprogram finansierat av Energimyndighetens EELYS. Projektet kallas SMILE – The SMart Illumination in Living Environments. Målet är utveckla system för smart och energieffektiv hembelysning genom att utveckla styrprotokoll som bevarar eller förbättrar boendes hälsa, komfort, säkerhet och välmående samtidigt som energianvändningen minimeras.

## **Diversifiering och professionalisering**

### ***Grundutbildning och magisterprogram***

Alla som intervjuats påpekar att kompetensförsörjningen är avgörande för Sveriges belysningsaktörer. Det är mycket svårt att få tag på kompetent personal. Sverige har dock under de senaste tio åren byggt ut utbildningen av ljusdesigners kraftigt. Ljusdesign vid Tekniska Högskolan i Jönköping har utbildat studenter sedan tidigt 2000-tal. Sedan 2016 är utbildningen treårig och målet är att utexaminera 40 studenter om året (utbildningen är populär och har få avhopp så målet är nära att uppnås). Sedan 2016 finns här också en professor i belysning (Myryam Aries) och på ingenjörsprogrammet som helhet finns 40 doktorander, varav fyra arbetar med belysning. Utbildning stöds delvis av Svenssons stiftelse.

På Arkitekturskolan KTH i Stockholm finns en ettårig magisterutbildning i arkitektonisk belysning. Magisterutbildningen har funnits sedan 2006 men låg tidigare på KTH Syd där det tillhört avdelningen för ergonomi. År 2017 gjordes en nystart samtidigt som utbildningen fysiskt och organisatorisk flyttade in på Arkitektur. Här kommer utbildning i ljusdesign att integreras med arkitekturutbildningen i Sverige för första gången på 30 år. Sedan 2006 har över 300 studenter genomgått magisterprogrammet och 2107/18 går 33 studenter på programmet. Representanter för utbildningen påpekar dock att det kommer att dröja innan arkitekturskolans magisterutbildning börjar göra verkliga avtryck i arkitektkåren. Flera av de som går på magisterprogrammet är också antagna från utlandet och förväntas inte fortsätta arbeta i Sverige. Företrädare för arkitekturskolan påpekar att resurserna trots allt är mycket begränsade jämfört med andra utbildningar och program, t ex inom Ljud och Bild. Det



finns inte heller utrymme att utbilda inom programmering och styrning, något som blir allt viktigare med digitaliseringen. Finansieringen är också osäker och de lutar sig bland annat på stöd från Svenssons stiftelse, vilket inte anses vara hållbart i längden.

### ***Konsultföretagen***

Konsultföretagen som arbetar med ljusdesign och belysningsplanering växer kraftigt. ÅF Lighting är nu en egen avdelning inom ÅF:s affärsområde Arkitektur/Design och är enligt egen uppgift världens andra största belysningskonsult med 120 aktiva konsulter, varav 50 i Sverige. ÅF Lighting räknar med att vara störst i världen inom ett till två år. Kai Piippo som är chef för ÅF Lighting säger att utvecklingen gått mycket fort. För 10 år sedan var ett ljuskonsultföretag med 10 anställda stort i Sverige.

Sedan 2014 finns också en svensk certifiering av ljusdesigners och en yrkesförening, Svenska ljusdesigners (ordförande Johan Rökländer från Sweco Architects). Idag har föreningen 45 medlemmar från 17 företag. För att få vara medlem ställs krav på utbildningsnivå och projekterfarenhet: 5 års projekterfarenhet om man har högskoleutbildning, 8 år med någon utbildning, och 10 år utan utbildning. Medlemmarna måste vara oberoende från tillverkare av belysningsutrustning.

Förutom de större teknikkonsulterna finns ett stort antal mindre konsultföretag och frilansande designers i Sverige.

### ***Branschen som helhet går mot ökad diversifiering och specialisering***

Flera av dem som intervjuats påpekar att branschen som helhet går mot en ökad diversifiering och professionalisering. Om det tidigare fanns designers som var specialiserade på teater, kontor och utomhusbelysning och smala nischer som operationsalar, ser vi idag allt fler nischer med specialiserade ljusdesigners även inom hotell, detaljhandel, bilindustri och med specialkompetens inom livsmedel och bakteriologi. Tidigare fanns inom bilindustrin en högt utvecklad specialisering inom akustik men inte inom belysningsområdet. Nu händer samma sak här, och ljusdesign får en högre status.

Det är också viktigt att den som ställer krav och handlar upp tjänster inte bara köper enkel projektering. I viss mån börjar allt fler idag se att belysningsplaneringen är en viktig och självständig del av de tjänster som levereras på samma sätt som arkitektur. En grupp arkitekter som arbetar aktivt med ljusdesign har också organiserat sig i en arbetsgrupp inom Sveriges Arkitekter för att stödja denna utveckling<sup>57</sup>.

### ***För få möjligheter till vidareutbildning***

Många av de aktörer vi talat med uppger att behovet av vidareutbildning för yrkesaktiva är mycket stort. Utvecklingen går extremt snabbt och den som idag är yrkesaktiv behöver ständigt ha möjlighet att lära sig mer. Idag finns ytterst få möjligheter till vidareutbildning.

<sup>57</sup> . <https://www.arkitekt.se/ljusarkitekternas-arbetsgrupp-2017/>

## 10. Svenska leverantörer av utrustning och tjänster

Det ska påpekas att de leverantörer som beskrivs nedan har valts för att de illustrerar utvecklingen och läget i Sverige. Vi har valt några små och några större tillverkare samt ett litet antal nya leverantörer av utrustning och tjänster. Det är tydligt att det finns en stark och livskraftig industri i Sverige och som land har Sverige troligen gynnats av inte ha haft några stora ljuskälletillverkare. Flera av leverantörerna förefaller vara små och duktiga på att ställa om och ta till sig ny teknik. Deras produkter håller hög kvalitet och har högt teknikinnehåll.

Under arbetes gång har vi försökt hitta information om den svenska belysningsbranschens storlek och antal anställda. Inte ens den Svenska belysningsbranschen har en sådan sammanställning för sina medlemsföretag, än mindre för Sverige som helhet. *Bilaga 2* ger en översikt av cirka 25 företag vad gäller nyckeltal som samlats in från AllaBolag.se. Översikten omfattar även företag som inte är medlemmar i Belysningsbranschen. Syftet med översikten är inte att ge en heltäckande bild utan att visa på spännvidden och mångfalden vad gäller svenska belysningsföretag.

Samtidigt finns en annan kraftig trend. Allt fler lågprisprodukter importeras till Europa. Långt ifrån alla uppfyller krav på t ex CE-märkning, enligt de tillverkare vi talat med.

### Belysningsbranschen

Belysningsbranschen är branschorganisation för Sveriges belysningsföretag, främst för de mer etablerade ljuskälle- och armaturtillverkarna. På deras hemsida listas 31 armaturföretag, sju leverantörer av ljuskällor, åtta leverantörer av styr- och reglerutrustning, fem leverantörer av driftdon samt ett stort antal leverantörer av nödbelysning och övrig utrustning. Det ska dock påpekas att samma företag kan förekomma under flera kategorier.

Belysningsbranschen lyfter fram import av lågprisprodukter som ett stort problem för branschen och efterlyser ökad tillsyn. Samtidigt anser de att många upphandlare indirekt missgynnar branschen genom att tillämpa kraven på byggvarubedömning för belysningsprodukter. Det är dyrt och krångligt för en seriös leverantör att uppfylla regelverket för byggvarubedömning medan många mindre seriösa aktörer lätt kan fuska utan att diskvalificeras för detta.

### Ljuskällor

Sverige har sedan Luma försvann endast haft en betydande inhemsk tillverkare av ljuskällor – *Auralight* – som framför allt koncentrerade sig på så kallade long life-lysrör. Den tillverkningen minskar nu snabbt. Men Auralight har lyckats ställa om till att bli en leverantör av egen- och svensktillverkade LED-armaturer, samt försäljning av andra produkter under eget varumärke.

*Osram, Philips, GE* och *Sylvania* är stora globala varumärken som haft en stark position på den svenska marknaden med egna ljuskällor, dock utan produktion i Sverige. Andra stora återförsäljare, framförallt med inriktning på hushåll, har under tiden växt sig allt starkare, först genom lågenergilampor, sedan med LED. Clas Ohlson och IKEA är idag mycket starka aktörer som med egenutvecklade produkter under egna varumärken på allvar konkurrerar med de traditionella varumärkena.

### Stora armaturtillverkare

Armaturtillverkare har också sett sin verksamhet förändras kraftigt och hastigt sedan LED-tekniken slog igenom på bred front. Flera av de tillverkare vi talat med säger att närmare 90 % av deras försäljning nu bygger på LED-baserade produkter, vissa

nämner 99 %. Några av de större leverantörerna har fortfarande produkter i sitt sortiment baserade på lysrörsteknik och urladdningslampor (högrycksnatrium och metallhalogen), främst beroende på stora leveransavtal som fortfarande gäller och där de förbundet sig att leverera produkter. Ingen nyutveckling sker på lysrörssidan och sannolikt inte heller någon utveckling av armaturer för urladdningslampor.

Många av armaturtillverkarna har strategiska partnerskap med stora leverantörer av LED-komponenter och utveckling av tjänster.

*Fagerhult*, Sveriges största och Europas tredje största armaturtillverkare, med en omsättning på 4,5 miljarder kronor uppger sig ha startat sin LED-satsning redan 2002. Fagerhult uppger att 86 % av den totala omsättningen idag kommer från LED-produkter och företaget har införskaffat egna industrirobotar som kan montera anpassade kretskort med lysdioder till sina egna armaturer. Fagerhult har också köpt ett flertal andra företag med god intjäning i Europa och andra delar av världen för att komma in på nya marknader och i vissa fall komma åt viktig teknik.

Det är intressant att notera att LED-tekniken erbjuder stor flexibilitet: *Ateljé Lyktan*, ett dotterbolag till Fagerhult, har en annan strategi än Fagerhult vad gäller produktion av anpassade kretskort. Där de inte kan använda standardprodukter tar de fram anpassade moduler med hjälp av svenska eller europeiska legotillverkare. Flera företrädare för kvalitetstillverkare som intervjuats nämner att monteringen av anpassade moduler i regel sker i Europa och allt mer sällan köps in från asiatiska producenter.

*Annell* är en medelstor leverantör av armaturer som inte har egen tillverkning. De representerar andra kvalitetsföretag samt tar fram en del armaturer själva. Annell uppger att 99 % av omsättningen kommer från LED.

*Auralight* har som nämnts ovan lyckats ställa om från tillverkare av lysrör till egenproducerade och modulbaserade armaturer. Tillverkningen har skett i Vimmerby och Karlskrona, men all tillverkning flyttar nu till Vimmerby. Auralight har satsat hårt på modulbaserade produkter. De beskriver sina armaturer som plattformar. LED-moduler och drivdon kan uppgraderas eller bytas vid behov, t ex något gått sönder eller om en annan ljusfärg eller dimbarhet efterfrågas. Systemet är konstruerat så att en person utan elbehörighet lätt kan byta ut modulerna. Auralight har också en annan affärsmodell än de flesta andra större tillverkare då de själva i regel har en direkt kontakt med kunden.

### **Små armaturtillverkare**

Det har antytts att mindre armaturtillverkare har haft svårt att hävda sig i den snabba tekniska utvecklingen. Det gäller sannolikt tillverkare som inte haft någon tydlig nisch eller specialkunskap och som saknar resurser att ge sig in i värld där allt mer handlar om uppkoppling och digitalisering.

Vi har dock noterat goda exempel på företag som trots att de erbjuder traditionella produkter gynnats av det större intresset för belysning. *Rubn*, en skånsk tillverkare av designarmaturer för hem, butik, restaurant och hotell, tillverkar så gott som uteslutande armaturer med skruvsocklar vilka säljs med LED-lampor. Rubns omsättning ökade från 21 mkr 2014 till 41 mkr 2016. *Växjö Elektriska* är en liknande men mindre tillverkare som funnits sedan 40-talet. De har nyligen öppnat en lampbutik på Sveavägen i Stockholm och deras omsättning har ökat från knappt åtta till drygt 14 mkr på fem år.

Andra mindre armaturföretag som *Deltalux* strax norr om Stockholm arbetar inte med hembelysning eller avancerade digitala produkter, men verkar ändå klara sig bra. Deltalux har en bakgrund som tillverkare av specialarmaturer för utomhusbruk och idrottsarenor och har varit kontraktstillverkare av små serier och specialarmaturer för större leverantörer samt gjort många mindre specialprojekt åt beställare, bland annat

ombyggnad av historiska armaturer till LED-bestyckning. Deltalux satsade som en av de första tillverkarna i Sverige på LED och har nu en blandning av egen produktion och samarbete med andra europeiska tillverkare som underleverantörer. Även Deltalux har strategiska partnerskap med globala aktörer inom LED-komponenter.

### Nya innovationsdrivna företag

Ett flertal nya företag som alla på olika sätt levererar produkter och tjänster som bygger på digitalisering, ny kunskap om ljus och välbefinnande (eller ljus och växtodling).

Lundabaserade *BrainLit* har funnit i drygt två år och beskriver sig som en utvecklare av hela belysningsystem för hälsa och välbefinnande. Företaget är starkt innovationsdrivet med flera patentfamiljer och uppger sig ha fem professorer i bland annat medicin, fysik och psykologi knutna till verksamheten. Bakgrunden hos flera av medarbetarna är typisk för många av de nya nystartade företagen: personalen har sitt ursprung i halvledarindustrin eller halvledarforskning. *BrainLit* har utvecklat och utvecklar fortfarande ett system som tillhandahåller individualiserat och dynamiskt ljus. Kärnan i systemet är en algoritm och tillämpning av ljusrecept. Företaget säger sig vilja skapa en inomhusmiljö som härmar utomhusmiljöer och hur ljuset förändras under dagen. Företaget omsätter ännu bara några miljoner kronor.

Stockholmsbaserade *Mondeverde* är ett annat företag som satsar på kopplingen mellan ljus och välbefinnande. De har ingen egen tillverkning men alla produkter tillverkas på specifikation i Europa. *Mondeverdes* idé är att sälja dagsljusbaserade lösningar och vid behov även erbjuda dynamisk styrning av ljuset. De säger vilja erbjuda lösningar och ser inget självändamål att tillverka egna produkter. Företaget har nu fyra anställda och en omsättning på cirka 4 mkr 2016.

Värmlands-baserade *Pingwise* är ett nystartat företag som designar och utvecklar system för utomhusbelysning och som enligt egen utsago fokuserar på goda belysningsmiljöer, kostnadseffektivitet och enkelt underhåll. Grundaren har genomgått Vinnovas ”Start up Accelerator”-program. Produktionen av produkterna tillverkas hos underleverantör i Kina men baseras på svensk design och specifikationer anpassade till nordiska förhållanden.

Västsvenska *Heliospectra* är Sveriges enda företag specialiserat på växtbelysning. Detta är också ett innovations- och forskningsdrivet företag med 30 anställda i Sverige och USA och med försäljning i flera länder. *Heliospectra* omsatte 2016 drygt 26 mkr. Företaget satsar på att erbjuda spektralt optimerad belysning för olika växttyper och genom digitalisering och uppkopplade sensorer kan ljusdoserna anpassas exakt. All tillverkning av företagets produkter sker hos en lokal underleverantör i Göteborgstrakten.

### Svensk skepsis – Sälja belysning som en tjänst?

Alla de svenska företag vi talat med uppger att de är intresserade av att sälja belysning som en tjänst eller att erbjuda finansieringslösningar. De flesta har något att erbjuda men antingen är deras tjänster nya eller så har intresset från kunderna varit svagt. (Se även diskussionen om belysning som en tjänst i *kapitel 4*.)

### Byggprocessen är ett problem

I en licentiatavhandling från 2012 i bygg och fastighetsekonomi (KTH)<sup>58</sup> beskriver framtidne Peter Pertola varför vi inte har bättre belysning i våra lokaler

<sup>58</sup> Belysningsfrågor i byggprocessen Orsaker till brister och förslag till en förbättrad process

(inomhusmiljöer) och vad som kan göras för att förbättra situationen. Fokus ligger på hur belysningsinformation och kunskap hanteras i byggprocessens olika skeden och former: goda intentioner i början av en byggnadsprocess kan till stor del försvinna senare i processen. I avhandlingen är kontraktutformning och dess effekter en central fråga. Det är mycket svårt att skriva kontrakt som fångar in alla centrala aspekter och hur resultatet blir beror därmed på vilka kort- och långsiktiga incitament som aktörerna har. En nyckelfråga är hur man skapar incitament för de företag som anlitas att göra "rätt" saker.

Resultatet när det gäller vilka problem som finns idag sammanfattar Pertola i följande punkter:

- Avsaknad av engagemang, rätt kompetens och kunskap hos olika aktörer och i olika skeden.
- Kompetens och kunskap finns men används sällan på rätt sätt och i rätt tid.
- Beslut fattas med för kort tidshorisont. Motivation att arbeta mot helheten överskuggas av den egna privata vinningen.
- Byggprocessen är dåligt anpassad för att bland annat ta till vara vunna erfarenheter och ta in dem i nästa projekt.
- Kontroll och uppföljning är ofta bristfällig.

De förslag som framförs rör tre nyckelområden: Kompetens, Incitament och Resurser, vilka kan sammanfattas i följande punkter:

- Att mer resurser satsas i tidiga skeden i projekt.
- Att projektering görs i ett närmare samarbete mellan byggherre, arkitekt och tekniska konsulter. Att mer långsiktiga partnerliknande relationer etableras mellan främst beställare å ena sidan och arkitekt/teknisk konsult å andra sidan. Detta skapar också utrymme för kompetensutveckling på båda sidor.
- Att projekten genomförs som utförandeentreprenader där möjligheten till detaljstyrning är större.

Avhandlingen resulterade bland annat i en liten guide: Belysning i offentliga miljöer med råd till upphandlare och projektansvariga.<sup>59</sup>

---

Pertola, Peter, (författare). KTH Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad (ABE). Fastigheter och byggande. Bygg- och fastighetsekonomi. ISBN 978-91-85783-24-3

<sup>59</sup> Belysning i offentliga miljöer, ET 2012:33. Sidan besökt 22 december 2017.  
<http://belysningsbranschen.se/files/2013/01/Broschyr-Belysning-i-offentliga-miljoeer.pdf>

## 11. Mervärden av ny belysningsteknik

Mervärden för användarna skapas i stort sett i varje tillämpningsområde där LED-tekniken gör sitt intåg, kombinerat med styrning och digitalisering. (Samhälleliga mervärden som energisäkerhet, förbättrad luftkvalitet eller minskad klimatpåverkan uppstår också ofta när energianvändningen minskar, men denna typ av mervärden är inte unika för energibesparingar inom belysningssektorn och diskuteras inte här.)

Idag har vi dock begränsad kunskap för att kunna kvantifiera de flesta mervärdena, både för den enskilda aktören och för samhället som helhet. Och även när vi kan mäta vissa effekter (t ex upplevd vakenhet eller tillfredsställelse med den fysiska arbetsmiljön) är det inte givet att vi kommer att kunna sätta ett ekonomiskt värde på dessa mervärdens roll i en investeringskalkyl. Det är inte heller lätt att koppla dessa just till en belysningsåtgärd. Det är ändå viktigt att identifiera hur olika mervärden uppstår för olika grupper och i vilken omfattning, för att hjälpa den som ska fatta ett investeringsbeslut att ta hänsyn till så många faktorer som möjligt.

Nedan diskuteras även risken att ett ensidigt fokus på mervärden kan leda till att energianvändningen ökar. Det ska här påpekas att ytterst få av dem vi intervjuat hade funderat specifikt på mervärden även om många indirekt hänvisade just till mervärden när de diskuterade fördelarna med ny teknik. Medvetenheten om möjliga konflikter mellan mervärden och energibesparingar bland de intervjuade var låg.

Det ska här också nämnas att mervärden är ett prioriterat ämne för Energimyndigheten. På myndighetens webbplats finns ett verktyg för att visualisera mervärden från energieffektivisering i offentlig sektor<sup>60</sup>.

### IEA:s banbrytande rapport om mervärden

Det är inte möjligt att diskutera mervärden från energieffektivisering utan att nämna *The International Energy Agency:s (IEA) banbrytande rapport om mervärden – The Multiple Benefits of Energy Efficiency* – som publicerades 2014<sup>61</sup>. Rapporten bygger inte på ny forskning eller nya rön; dess styrka ligger i att praktisk kunskap och forskning om mervärden i alla sektorer för första gången sammanställdes på ett systematiskt sätt. Det faktum att IEA ses som en officiell auktoritet bidrog till att intresset för mervärden fick ett uppsving globalt.

IEA-rapporten diskuterade alla typer av mervärden på många nivåer. Klimat- och energisäkerhet klassificerades som samhälleliga mervärden som följer av minskad energianvändning. Men mervärden för de enskilda aktörerna identifierades också, till exempel ökad produktivitet eller positiva hälsoeffekter.

Rapporten beskriver hur vi traditionellt sett på energieffektivisering i ett smalt driftsekonomiskt perspektiv. Där har värdet av energibesparingarna och eventuellt besparingar i underhåll jämförts mot investeringarna, antingen i ett ”pay-off”-perspektiv eller i en livscykelkostnadsanalys. Genom att ta med mervärden i en investeringskalkyl (eller i en bedömning av styrmedel eller andra stödprogram) vidgas analysen. IEA-rapporten medger att det är många typer av mervärden som ännu inte

<sup>60</sup> Mervärden av energieffektivisering i offentlig sektor

<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/foretag-och-organisationer/verktyg-for-att-visa-mervarden-av-energieffektivisering/> Sidan besökt 2018-01-07.

<sup>61</sup> OECD/IEA *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, sid 22. Webbplatsen besökt 22 december 2017 (2015 edition).

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Captur\\_the\\_MultiplBenef\\_ofEnergyEfficiency.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Captur_the_MultiplBenef_ofEnergyEfficiency.pdf)

låter sig kvantifieras, men visar ändå exempel där en investering i energieffektivisering kan ge fyra gånger värdet av investeringen om mervärden räknas in.

Enligt rapporten kan värdet av produktivetsförbättringar och driftsoptimeringar (förutom energi) i industrin vara upp till 2,5 gånger (250 %) större än värdet av energibesparingarna.<sup>62</sup>

B ● R G ● C ●

IEA gör också en förtjänstfull genomgång av åtgärder som troligen kan leda till ökad energianvändning genom så kallade retureffekter (rebound). I de fall där energianvändningen riskerar att öka påpekar författarna att detta ibland kan vara konsekvenser av angelägna åtgärder som kräver mer energi. Det gäller till exempel åtgärder som främst syftar till förbättrad hälsa eller drägligare boendeförhållanden.<sup>63</sup>

### **Konflikt mellan mervärden och energibesparingar?**

IEA har alltså visat den ekonomiska nyttan av mervärdena sammantaget ofta överstiger det ekonomiska värdet av minskad energianvändning. Detta gäller sannolikt även för enskilda investeringar i belysningssektorn. I detta finns en ofta förbisedd risk: att fokus hamnar på mervärden så att energianvändningen inte optimeras. Om det ekonomiska värdet av dagsljusliknande miljöer till exempel visar sig vara mycket stort för arbetsgivare och fastighetsförvaltare är det lätt att ”ta i lite extra” för att säkerställa effekten. Följden blir ljusare miljöer än nödvändigt och därmed högre energianvändning än motiverat för att uppnå den önskade nyttan.

Styrningen av LED-tekniken kommer att vara avgörande för att säkerställa att vi inte använder mer energi än nödvändigt. Standarder, projekteringsriktlinjer och byggnormer är mycket viktiga för att säkerställa att energibesparingarna säkerställs.

### **Översikt över mervärden kopplande till ny belysningsteknik**

Tabell 1 nedan ger en enkel översikt över möjliga mervärden av ny belysningsteknik (och förbättrade ljusmiljöer med dagsljus) för slutanvändarna och för samhället. Tabellen visar också hinder för att dessa mervärden ska kunna förverkligas. Tabellen täcker inte samhällsliga mervärden från minskad elanvändning och gör inget försök att inventera vissa driftsekonomiska mervärden av LED-belysning (som minskade underhållskostnader) men nämner energisystemeffekter i byggnader. Tabellen täcker inte heller de mervärden som kan skapas i leverantörs- och återvinningsledet: möjligheten till mer kundanpassad produktion, minskat transportbehov genom längre livslängd och mindre volymkrävande produkter samt helt kvicksilverfria produkter vilket sannolikt minskat återvinnings- och återvinningskostnaderna.

<sup>62</sup> OECD/IEA *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, sid 22.

<sup>63</sup> OECD/IEA, 2014. *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, sid 40–41.



**Tabell 1:** Specifika mervärden hos slutanvändare av ny belysningsteknik (samhälleliga mervärden från energibesparing räknas ej in. Ej heller rent driftsekonomiska aspekter som kommer av LED-produkters längre livslängd.)

Sektor	Möjliga mervärden	Hinder/osäkerheter
Industri/ tillverkning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökad produktionskvalitet</li> <li>• Ökad produktivitet</li> <li>• Nöjdare anställda, minskat antal sjukdagar</li> <li>• Minskade skador och belastning på anställda</li> <li>• Förbättring av varumärke (branding)</li> <li>• Kontroll över anläggningen</li> <li>• Möjligt installera stora anläggningar och styra trådlöst, gammal elinstallation kan utnyttjas</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningssystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varierande kvalitet på LED, osäkerhet om LED-livslängd (dyrt att byta i industrihallar mm)</li> <li>• Bländning</li> <li>• Ökad kapacitet (design, installation) krävs</li> <li>• Osäkert kunskapsläge</li> </ul>
Kontor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bättre prestanda hos anställda, nöjdare anställda</li> <li>• Minskad antal sjukdagar</li> <li>• Minskade belastningsskador av bländning (om rätt planerat)</li> <li>• Förbättring av varumärke (branding) i vissa fall</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningssystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• För få studier – flera randomiserade/longitudinella studier med flera inblandade krävs</li> <li>• Ökad kapacitet (design, installation) krävs</li> <li>• Bländning</li> <li>• Osäkert kunskapsläge</li> </ul>
Köpcentrum, handel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bättre färgåtergivning</li> <li>• Mer attraktiv belysning</li> <li>• Ökad försäljning (kunskaperna här är rätt goda om vad som ökar försäljning – se dock till höger om bristande kunskap om effekter på personal).</li> <li>• Möjligen: Bättre ljusmiljö för anställda med minskad sjukfrånvaro</li> <li>• LiFi kan användas i lokala nätverk för att tillhandahålla information om varorna eller guida runt i butiken</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningssystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• För få studier kring effekter på personal (flera randomiserade/longitudinella studier med flera inblandade krävs) men relativt goda kunskaper om vad som ökar försäljning</li> <li>• Varierande kvalitet på LED, osäkerhet om LED-livslängd (dyrt att byta mm)</li> <li>• Ökad kapacitet (design, installation) krävs</li> </ul>

B ● R G ● C ●

Skolor & daghem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökad prestationsförmåga (läxor, tentor, vakenhet)</li> <li>• Minskade belastningsskador (om rätt planerat)</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningsystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• För få studier – flera randomiserade/ longitudinella studier med flera inblandade krävs</li> <li>• Utbildning krävs om varför vitare ljus är viktigt</li> <li>• Ökad kapacitet (design, installation) krävs</li> <li>• Osäkert kunskapsläge</li> </ul>
Utomhusbelysning (gatu-, järnväg, cykelväg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Central kontroll: styrning, dimring, anläggningsregister</li> <li>• Ljusstolpar som kommunikationsplattform och plattform för andra tjänster.</li> <li>• Ökad trygghet, säkerhet</li> <li>• Bättre synergonomi (läsbara skyltar mm)</li> <li>• Säkrare trafikmiljö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varierande produktkvalitet, osäkerhet om LED-livslängd (dyrt att byta, svårt att komma åt)</li> <li>• Bländning (cykelvägar)</li> <li>• Tydligare specifikationer och upphandlingsträning krävs (lätt att välja fel)</li> <li>• Svaga aktörer (små kommuner utan kompetens och investeringsbudgetar), svårt att få små kommuner delta i större projekt med många aktörer</li> <li>• Tidigare fanns inte tillräckligt ljusstarka armaturer men detta är nu löst.</li> <li>• Elkoncessioner hindrar satsning på lyktstolpar som plattformar</li> </ul>
Hembelysning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bättre ljusmiljö, större möjlighet att styra ljuset</li> <li>• Hopkoppling med annan hemautomation</li> <li>• Möjlighet att koppla till larm och andra tjänster.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integritetsfrågor</li> <li>• Osäker kompatibilitet med olika system och leverantörers produkter</li> </ul>
Djurhållning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hälsosam (eller åtminstone produktionsoptimerad) ljusmiljö anpassad för varje djurart</li> <li>• Förbättrad djurvälstånd</li> <li>• Ökad produktion (fjäderfä, mjölkkor, svin)</li> <li>• Lättare skötsel (fjäderfä, svin)</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningsystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunskapsluckor om hur djur uppfattar sin omgivning</li> <li>• Påverkas av ljusintensitet? (nötkreatur)</li> <li>• Optimal spektralfördelning? (gris); optimal ljusmiljö? (häst)</li> </ul>
Hortikulturell (växthus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökad växtpotential och skörd</li> <li>• Jämnare växtkvalitet</li> <li>• Optimal ljusmiljö anpassad för varje art/typ av gröda</li> <li>• Möjlighet att samköra belysningsystem med värme- och ventilationssystem för optimal drift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varierande produktkvalitet, osäkerhet om LED-livslängd</li> <li>• Minskad överskottsvärme från belysning (växthus, gäller kalla klimat)</li> <li>• Osäkert kunskapsläge</li> </ul>

## 12. Svenska styrkor i en föränderlig värld

Utvecklingen går extremt fort och den har inte planat ut. Utöver effektivare och bättre ljuskällor baserade på LED och så småningom kanske även OLED och laserdioder, är trenden mot ökad digitalisering stark. Som diskuterats i tidigare kapitel är digitalisering ett något vagt begrepp men några kännetecken är ökad processorkraft, minneskapacitet, uppkoppling samt användande av sensorer. Detta har lett till en stark trend där värdet av hårdvaran minskar och värdet av tjänster och information ökar.

Det finns en stor enighet bland dem vi intervjuat att svenska aktörer har goda möjligheter att hävda sig i den tekniska utvecklingen. Det gäller särskilt när de stora utvecklingstrenderna kombineras med forskning och praktik inom ergonomi och hälsoeffekter av belysning samt med vår starka tradition av energieffektivisering och systemtänkande. Teknikkunskapen i Sverige är hög och intresset för att anamma ny teknik är stort. De svenska företagen är skickliga och innovativa, anser många. Även om vi inte har tillverkning av paketerade lysdioder i Sverige finns stark kompetens inom hela värdekedjan. Vi har en bra kompetensförsörjning med grund- och magisterutbildningar inom belysning, även om den kan stärkas. Det finns även för få möjligheter till vidareutbildning.

Svenska aktörer är bra på att samverka och i Sverige finns alla möjligheter att skapa en hemmamarknad för utveckling och tillämpning av innovativa kvalitetsprodukter. 90-talets utveckling med HF-don och programkrav för olika typer av miljöer ledde till att Sverige blev ledande på tillämpning av ergonomisk och god belysning. Detta skulle kunna upprepas med den nya LED-tekniken.

### **Intresse för ljus, stor potential för planering och design**

Många av dem vi intervjuat pekar inledningsvis på ”mjuka” faktorer som fond för svenska aktörers styrkor. Våra mörka vintrar kombinerat med ett ökat intresse för ljus och design (även heminredning) är exempel på dessa faktorer. Det finns en öppenhet att diskutera ljus och belysning, och därmed har många i Sverige en förståelse för betydelsen av bra ljusmiljöer som är större än i många andra länder. Sverige är dock inte unikt, understryker många, och vi delar dessa förutsättningar med de andra nordiska länderna.

Många av de vi intervjuat anser att Sverige har potential att bli världsbäst på ljusdesign och belysningsplanering. Det finns en trend bort från ren elprojektering till belysningsplanering som en egen disciplin, där flera kompetenser samordnas (arkitektur, el, och inredning). Idag tycker många på beställarsidan att belysning är roligt och spännande och här finns en stor potential att utnyttja detta för högre kvalitet inom planering.

Många av dem vi talat med tror också att en ledande position inom ljusdesign och belysningsplanering har ett stort ekonomiskt värde för Sverige. Detta värde finns i en snabbt växande konsultbransch med allt högre omsättning, vilket även gäller tjänsteexport. Men värdet uppstår också då kompetenta konsulter och designers bidrar till att skapa en stark hemmamarknad för tillverkare av innovativa kvalitetslösningar, som sedan kan föra ut sina produkter på marknaden.

### **Starkt tekniskt kunnande, stort intresse för teknik**

Det svenska tekniska kunnandet anses vara högt. På samma sätt som det finns ett intresse för ljus och belysning har svenska aktörer hög teknisk kompetens och en stor öppenhet för nya tekniska lösningar. Svenska aktörer är duktiga på programmering och styrning, och det finns stor kompetens inom nätverksteknik. Allt detta är extremt viktigt när digitalisering får ökat genomslag.

## Bra kompetensförsörjning

Kompetensförsörjningen är stark. Belysningsutbildningen i Jönköping och en magisterutbildning i Lund respektive Stockholm gör att Sverige har en mycket stark kompetensförsörjning jämfört med andra länder. Det har visserligen påpekats att långsiktig finansiering saknas (en del av KTH:s magisterutbildning är t ex finansierad med bidrag från stiftelser och liknande externa medel) och att vi har för få professorer. Vidare behövs mer utbildning inom systemintegration och programmering. Allt detta till trots anser många att situationen är god.

Vidareutbildningen för yrkesaktiva är däremot svag och pekas ut som ett angeläget område att förbättra. Förutsättningarna finns dock eftersom intresset finns hos avnämarna och kompetenta lärare finns att tillgå.

## Ljus och hälsa

Området ljus och hälsa kommer att växa, anser alla de vi talat med. Några tillverkare är mycket optimistiska och har redan idag börjat marknadsföra produkter som sägs ge positiva biologiska effekter. Det är dock klart att vi idag saknar god empirisk kunskap om hur dessa effekter ska kvantifieras (framför allt värdemässigt) och hur de ska tillämpas. Vi har helt enkelt inga färdiga ”recept” på bra ljus. Forskare och Arbetsmiljöverket pekar även på att klassisk ergonomi inte får tappas bort. Problemen med bländning förefaller öka och flimmerdiskussionen är ännu inte avgjord. Många hävdar att det är lättare att göra fel med LED-tekniken.

Trots att kunskap saknas idag finns en stark tillförsikt om att vi snart har lösningar. Optimismen är stark också bland forskare och aktörer från andra sektorer. De vi talat med anser att svensk ergonomisk forskning är världsledande på många områden. Inom det vidare ljus- och hälsokomplexet står svensk forskning också stark även om resurserna skulle kunna vara större. De flesta vi intervjuat anser att svenska aktörer är eller har goda förutsättningar att bli ledande inom detta fält.

## Stark kompetens inom material- och teknisk forskning

Många svenska institutioner är starka inom materialforskning och annan teknisk grundforskning. Även om vi saknar tillverkning av lysdioder i kommersiell skala framhålls den svenska kompetensen inom teknisk forskning som en strategisk tillgång för tillverkare av komponenter och armaturer. För att köpa rätt produkter måste kompetensen finnas. Det ska också påpekas att en del aktörer tror att svensk forskning kan leda till att nya typer av LED-chip kan komma att produceras även i Sverige.

## Starkt fokus på energibesparingar och mervärden

Ett tydligt svenskt fokus på energieffektivisering (med stöd av Energimyndigheten) pekas ut som en avgörande styrka, särskilt som den traditionellt kopplats till mervärden som god ergonomi och hälsa. I detta sammanhang förs 90-talets teknikupphandlingar av bland annat HF-don fram. Teknikupphandlingarna betraktas dock inte som en isolerad företeelse, utan det finns en stark förståelse för att programmen var brett fokuserade på mervärden. Marknadsföring och stöd till HF-don kopplades till flimmerforskning och programkrav för olika tillämpningar (kontor, skolor, industri, med mera). Vidare kopplades belysningsarbetet till arbetet med monitorer (som bland annat drevs av TCO) och ett mer holistiskt ergonomiskt perspektiv där många grupper kände sig som vinnare. Denna kombination av mervärden och energibesparingar lever vidare i Energimyndighetens arbete, anser de vi talat med.

Retureffekter (rebound) är dock en viktig fråga som fortsatt måste bevakas: Kommer effektivare belysning som samtidigt levererar fler mervärden totalt sett att öka och därmed möjligen även elanvändningen? Rätt tillämpat verkar det dock som om en

satsning på kvalitet, arbetsmiljö och mervärden kombinerat med krav, standarder och utbildning kan bli en positiv kraft för att ge oss alla bättre ljus och minskad miljöbelastning.

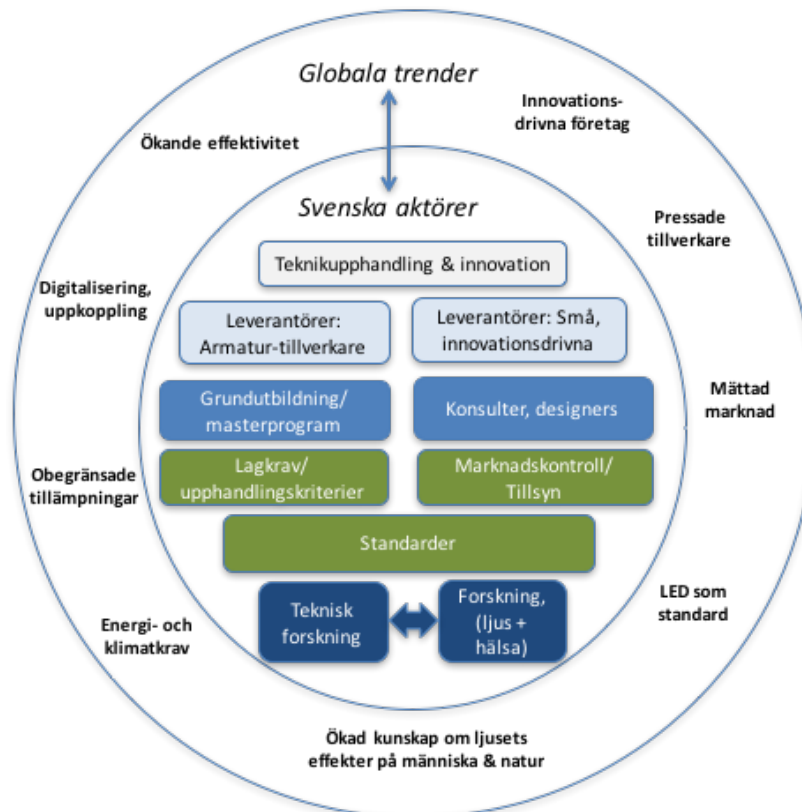
### Bra företagsstruktur

B ● R G ● C ●

Den svenska mixen av mycket små och några stora företag anser många vara en styrka. Flera av de svenska företagen är innovativa och anammar snabbt ny teknik. Även om Sverige saknar kommersiell tillverkning av lysdioder finns stor kunskap om hela värdekedjan och svenska företag samverkar med tekniskt inriktade och synergonomiska forskare. Flera nya företag utvecklar idéer baserade på teknisk och medicinsk/ergonomisk grundforskning.

### Bra samordning av resurser

En svensk styrka anses vara förmågan att samordna resurser. Svenska beställargrupper för fastigheter och bostäder är bra exempel som förs fram och där en liknande grupp för offentligäg utomhusbelysning skulle kunna etableras. Viljan och förmågan att samverka mellan företag, forskning och myndigheter är stark.



**Figur 7:** Svenska aktörers samverkan och påverkan från omvärlden och dess trender.

För att utnyttja vår fulla potential krävs att vi samordnar våra begränsade resurser ännu mer än idag. *Figur 7* ovan visar hur svenska aktörer samverkar och är beroende av varandra samt hur Sverige och dess aktörer förhåller sig till omvärlden.

## 13. Tjugo utmaningar. Förslag och önskemål från svenska aktörer

Baserat på litteratur och intervjuer har vi formulerat en generell och 19 specifika utmaningar för Sverige och svensk belysning. Vi har inte rangordnat prioriteringarna men grupperat dem i fyra löst sammanhållna grupper:

B ● R G ● C ●

- Utmaningar som gäller miljö, energi, ergonomi och hälsa;
- Utmaningar som följer av digitaliseringen;
- Utmaningar gällande standarder, upphandling och tillsyn; samt
- Utmaningar gällande försörjning och utveckling av kompetens.

Självklart överlappar dessa varandra. Vi har formulerat utmaningarna som frågor.

Därefter följer en sammanställning av önskemål och förslag från alla de som intervjuats för denna rapport.

### En generell och 19 specifika utmaningar

#### *Systemaspekter och brukarfokus*

#### 1 *Hur håller vi fokus på system och brukare?*

Det finns en stor risk att allt för många aktörer fokuserar på vissa specifika tekniska lösningar. Det är viktigt att i varje läge se till systemaspekten, både hur olika belysningsprodukter fungerar med varandra, men också hur belysningen fungerar energimässigt i en byggnad och hur belysningen fungerar med brukare och andra tekniska system. Styrning av belysning kommer att bli allt viktigare för att motverka oönskade energieffekter som följer av ökad användning av belysningstjänster.

#### *Miljö, energi och välbefinnande*

#### 2 *Retureffekten som följer av avtrubbning: Hur minskar vi risken för att vi slösar med belysning när den blir allt billigare i drift?*

Med allt effektivare ljuskällor är risken stor att vi använder mer ljus eftersom ”det ändå drar så lite”. Vi riskerar helt enkelt bli avtrubbade. Det är lätt och billigt att öka mängden utomhusbelysning, låta armaturer stå på eller installera extra dekorbelysning.

#### 3 *Hur minimerar vi retureffekten som följer av nya, välmotiverade tillämpningar och tjänster?*

Oavsett om vi kallar det retureffekt eller inte så kan nya tjänster och lösningar leda till ökad energianvändning även om tekniken är effektiv. Ett exempel är ett ökande fokus på ljus och hälsa. Det innebär att många vill använda ljusets icke-visuella effekter på ett sätt som aktivt påverkar människors välbefinnande. Detta sker bland annat genom att tillföra ljus av rätt intensitet och spektrum. Vi vet idag en hel del om vad som krävs, men har inga precisa recept och det är därför möjligt att vi tar i för mycket för att uppnå önskad hälsoeffekt. Vi måste också – som alltid – göra realistiska avvägningar mellan brukarnas önskemål och ekonomiska och miljömässiga krav.

#### 4 *Hur minskar vi ergonomiska problem (främst bländning) från allt mer ljusstarka armaturer och lampor?*

Det ökade ljusutbytet hos LED-chipen tenderar att leda till färre, men mer ljusstarka LED-chip eller LED-moduler per armatur eller lampa. Många bedömare menar att detta riskerar att skapa allt mer bländning i nya installationer. Hur

säkerställer vi att a) produkterna inte är för bländande och b) att planering och installationer tar hänsyn till synergonomiska krav?

- 5 *Flimmer – hur ställer vi krav i avsaknad av internationellt erkända standarder och gränsvärden? Vilka avvägningar gör vi mellan minskat visuellt och icke-visuellt flimmer?*

När flimret reduceras under en viss gräns, kan livslängden på produkterna minska och priset gå upp, hävdar vissa leverantörer. Samtidigt sjunker priset på komponenter så det som ansågs oöverstigit dyrt igår kan mycket väl vara acceptabelt idag.

- 6 *Hur skyddar vi mörka utomhusmiljöer – för människors och djurs välbefinnande?*  
LED-tekniken verkar påskynda spridningen av utomhusbelysning och ljuset blir allt blåvitare och – ofta – också allt intensivare. Det gäller belysning av parker och trafikmiljöer, skyltar och fasadbelysning. Satellitstudier har visat att jordens belysta yta ökar snabbt. Ljusa utomhusmiljöer stör i många fall djurlivet, men människor påverkas också negativt av allt flera belysta miljöer. Med LED verkar risken för obehagsbländning utomhus också ha ökat. Problemet med så kallad ”light pollution” ökar också.

- 7 *Hur gör vi avvägningar mellan lång livslängd, ständigt ökad energieffektivitet och möjligheten att ta del av nya funktioner?*

LED-tekniken har gjort det möjligt att skapa produkter som håller mycket länge. Det kan minska materialflöden och resursanvändningen. Samtidigt går utvecklingen av LED-tekniken fortsatt snabbt och den som idag installerar en produkt med mycket lång livslängd fördröjer möjligheten att byta ut den mot en effektivare eller mer funktionell produkt. Risken är stor att fungerande produkter kastas ut och ersätts av produkter med fler eftertraktade funktioner.

- 8 *Hur försäkrar vi oss om att LED-produkter produceras på ett ekologiskt och socialt hållbart sätt?*

Det är svårt att ställa krav på hur produkter produceras i ekodesignförordningarna. Det är ändå viktigt att vi arbetar aktivt med detta, även om kraven inte nödvändigtvis ställs inom ramen för en ekodesignförordning. Flera offentliga upphandlare anser att ekologiskt och socialt hållbar produktion blir allt viktigare.

- 9 *Hur minskar vi risken för att vi blir beroende av strategiska råvaror och störningskänsliga leveranskedjor?*

Så gott som all modern belysningsteknik bygger på tillgång till sällsynta jordartsmetaller och strategiska råvaror. Vissa nyckelkomponenter kommer från få tillverkare och störningar i leveranskedjorna gör svenska aktörer sårbara. Sällsynta jordartsmetaller har också en stor miljöpåverkan vid utvinning. Se även punkten ovan.

### **Digitalisering och allt mer uppkopplad belysning**

- 10 *Hur utnyttjar vi digitaliseringens möjligheter i offentligt ägda anläggningar?*

Digitaliseringen och uppkopplingen av belysning kan frigöra stora värden för samhället. Detta kräver dock enligt flera bedömare att enhetliga och öppna standarder för kommunikation mm införs. Detta kan handla om en gemensamt överenskommen frekvens för kommunikation mellan belysnings- och andra enheter i offentligt ägda installationer, men också att protokoll och gränssnitt är öppna och tillhandahåller maximal interoperabilitet.

- 11 *Hur minimerar vi de negativa effekterna av digitaliseringen...?*

IoT – Internet of Things – är här för att stanna. Allt fler uppkopplade produkter med allt fler funktioner driver upp energianvändningen i produkternas stand by-



lägen, men även i alla andra led i internets infrastruktur då data ständigt skickas mellan olika enheter och nätbaserade plattformar.

12 *... och hur drar vi nytta av digitaliseringen på bästa sätt?*

Även om vi genom standarder, krav och frivilliga överenskommelser minimerar de negativa effekterna av digitaliseringen är det inte säkert att vi utnyttjar digitaliseringens positiva effekter. Optimerar vi styr- och reglersystem så kan energianvändningen minimeras. Förstår användarna hur allt mer avancerade funktioner ska aktiveras?

B ● R G ● C ●

**Standarder, upphandling, tillsyn**

13 *Hur löser vi kompatibilitet mellan nya produkter och gamla installationer (främst dimrar)?*

Många nya produkter fungerar dåligt i gamla installationer, t ex LED-lampor med skruvsockel i installationer med en vanlig hushållsdimmer.

14 *Hur styr vi in den snabba tekniska utvecklingen i en riktning som optimerar nyttan för samhället?*

Teknikupphandling, innovationsupphandling, offentlig upphandling, ekodesign och energimärkning är instrument som kan driva utvecklingen i önskad riktning. Det är dock svårt att ta fram funktionskrav då tekniken utvecklas så snabbt. Vilka sektorer, funktionsområden och tekniska aspekter är mest fruktbara?

15 *Hur skapar vi en byggprocess som fokuserar på kvalitet, ergonomi och energieffektivitet?*

Byggprocessen idag fungerar långt ifrån optimalt. Belysning behandlas styvmoderligt. I projekteringsledet sitter många elprojektörer som saknar belysningskompetens, särskilt när det gäller komplexiteten hos nya LED-system där en armatur kan erbjuda ett stort antal variationer med mycket olika funktion. I byggprocessen kan entreprenören byta ut den föreskrivna armaturen mot en ”likvärdig” armatur som ger högre avans men inte den avsedda kvaliteten. Och beställaren saknar ofta kompetens att ställa hårda funktionskrav.

16 *Hur driver vi internationellt standardiseringsarbete och gemensamma prestandakrav snabbare? Och hur driver vi tillsynsarbetet effektivare?*

Tekniken utvecklas idag snabbare än standarder, ekodesignkrav och energimärkningskrav. Samtidigt kommer en flod av produkter in på marknaden som inte uppfyller lagstadgade minimikrav. Hur kan myndigheter arbeta tillsammans på den nationella och internationella arenan för att bevaka och påverka utvecklingen i önskad riktning?

17 *Hur definierar vi produkter?*

Idag finns en stark trend mot produkter där en mängd olika funktioner definieras: under vilken ekodesignförordning faller en lampa med en inbyggd Bluetooth-högtalare? Trenden finns även inom armaturer där närvarogivare, kommunikationsutrustning och andra funktioner byggs in. Hur ska dessa produkter eller funktioner definieras? Utan klara definitioner blir det mycket svårare att ställa och verifiera krav, i både förordningar (lagkrav) och upphandlingsunderlag.

18 *Hur tar vi fram standarder och ekodesignkrav som fokuserar på system och undviker suboptimering av produkter?*

Det blir allt viktigare att få fram standarder för hela belysningssystem ju mer uppkopplade produkterna blir. Om inte kraven kan ställas på produktnivå kan systemkrav möjligen ställas inom ramen för direktivet om byggnaders energiprestanda, och/eller inom ramen för nationella byggregler.

### **Kompetensförsörjning och forskning**

#### 19 *Hur ökar vi kunskapsnivån hos redan yrkesaktiva?*

Snabb teknisk utveckling och kunskapsstillväxt inom ergonomi, ljus och hälsa ökar komplexiteten i designen av belysningslösningar. Detta ställer stora krav på de som redan är yrkesaktiva vilket kräver ständig utbildning. Idag finns för få möjligheter till vidareutbildning och det är inte klart hur ett större utbud av utbildningar skulle kunna finansieras.

#### 20 *Hur får vi fram fler forskare och fler långsiktiga forskningsprojekt?*

Kapaciteten i Sverige att utbilda belysningsplanerare verkar idag vara relativt väl tillgodosedd. Dock verkar det saknas resurser för magister- och forskarutbildningar. Resurser saknas även för tvärvetenskapligt och interdisciplinärt samarbete och här menar en del bedömare att resurserna till och med minskar.

### **Framförda förslag**

Under intervjuerna bad vi de som intervjuats ge förslag på sådant som svenska myndigheter och forskningsfinansiärer bör satsa (mer) på. I vissa fall fördes också längre resonemang som också blev en uppmaning till aktörerna själva.

#### ***Samordning, projektledning och projektstöd***

- *Mer samordning mellan myndigheter.*  
Det krävs ännu mer samordning mellan olika myndigheter, till exempel Arbetsmiljöverket och Energimyndigheten. Myndigheterna behöver engagera sig mer aktivt i standardiseringsarbetet.
- *Beställargrupp för offentlig utomhusbelysning*  
En beställargrupp för (offentlig) utomhusbelysning skulle kunna hjälpa till att hålla ihop projekt och få in fler deltagare i projekten så att resultaten blir vidare förankrade. Kommuner och Trafikverket har inte tillräckliga resurser för att samordna utvecklingsprojekt. Risken är att kommuner satsar på olika teknik och får dålig gemensam förståelse för de behov som finns och de krav som bör ställas. Svenska kommuner bör satsa mer på övergripande belysningsprogram för sina städer. I Finland och Danmark till exempel fungerar detta bättre och ambitionsnivåerna är högre.
- *Ett forum för utbyte av kunskap om ljusdesign behövs.*  
Här kan olika experter samarbeta mellan disciplinerna. Detta ska spegla behovet av funktionsdrivna lösningar, inte lösningar som baseras på den disciplin som råkar ha fått frågan på sitt bord.

- *Öka samarbetet och resurserna till samarbete med andra institutioner.*  
De akademiska institutioner som arbetar med belysning måste bli ännu bättre på samarbete med andra discipliner. Det gäller både utbildning och forskning. Till detta krävs ökade resurser.
- *Skapa ett svenskt centrum liknande "Lighting Research Center".* De svenska aktörer som kommit i kontakt med LRC pekar på dess tvärvetenskapliga och multidisciplinära styrka. En liknande institution skulle kunna gynna alla svenska aktörer.

### **Mer forskning på ljus och välbefinnande samt kopplingen till energisystem**

- *Fler långtidsstudier och studier med slumpmässigt urval behövs. Fler större studier behövs.*  
Studier där man slumpmässigt väljer ut deltagare till att vara med i kontrollgrupp eller experimentgrupp saknas i stor utsträckning, så även longitudinella studier där en grupp följs över lång tid. Detta är viktigt för att resultatens styrka. Dynamisk och individuellt anpassad belysning, spektrala egenskaper, flimmer och syn-/belastningsergonomi är viktiga områden.
- *Mer forskning på mät- och sensorteknik.*  
Särskilt viktigt är att få fram bra system där vi kan mäta relevanta parametrar som påverkar välbefinnandet.
- *Ta fram fler förenklade metoder för att bedöma arbetsmiljö och synergonomi.*  
Några metoder finns och några utvecklas, men ett större fokus på ergonomi och större förmåga att identifiera dåliga lösningar kan driva utvecklingen mot bättre kvalitet.
- *Fler doktorander och professorer behövs.*  
Fler doktorander ökar forskningssamhällets kompetens, men handledningsresurserna är begränsade.
- *Vi behöver fler fysiker och forskare med avancerad teknisk kunskap.*
- *Forska mer på kopplingen mellan byggnadsenergi och ljus.*  
Dessa områden är viktiga men har försumrats, vilket bland annat visar sig i de föråldrade byggreglerna.

### **Provområden och testbäddar, "living labs"**

- *Provområden och testbäddar behövs.*  
Testbäddarna kan och bör fungera som så kallade "living labs", alltså anläggningar som ständigt förändras och som är en integrerad del av sin omgivning (Danmark har enligt uppgift flera *living labs*). Provområden och testbäddar tjänar flera syften: Aktörerna kan testa nya lösningar, vi får demonstrationsanläggningar där olika aktörer kan åka och titta och de som är aktiva här kan lära sig använda ny teknik. Vi behöver lättillgängliga provområden i flera delar av landet för de aktörer som vill delta. Detta gäller både utom- och inomhusbelysning av olika typer. Det är viktigt att testbäddarna görs tillgängliga för många olika typer av aktörer.
- *Test och provanläggningar behövs inom jordbruket.* Heliospectra nämner att de i regel är ensamma på internationella mässor och det ibland är svårt att

övertyga kunder om att de är en seriös aktör. Utvärderade anläggningar i det egna landet skulle hjälpa dem att sälja.

### **Satsa på utbildning**

Utbildningsnivån och kompetensen måste öka generellt, det är alla bedömare vi talat med eniga om.

B ● R G ● C ●

- *Öka drastiskt möjligheten för vidareutbildning* för yrkesaktiva inom nyckelområden.  
Utvecklingen går så fort att alla måste vidareutbilda sig regelbundet.
- *Finansiering för utbildning på grund-, magister- och forskarnivå måste bli långsiktigt stabil.*  
De vi intervjuat påpekar på en del av den utbildningsverksamhet som nu sker inom högskolan är beroende av ad-hoc-finansiering från stiftelser, vilket inte är hållbart. Inom KTH:s magisterprogram nämns bland annat behovet av separata utbildningar inom styr- och reglerteknik eftersom detta i sig är ett så stort område.
- *Kompetensen inom upphandlingen och projekteringskedjan måste höjas.*  
Även om detta omfattas av punkten om vidareutbildning ovan framhåller flera av de vi talat med om att detta också är en process- och organisationsfråga. Hur organiseras arbetet med upphandling (både LoU och privata aktörers upphandling)?

### **Programkrav, upphandling**

- *Starkare koppling mellan byggnormer, programkrav mm och krav på ergonomi, hälsa och energi.*  
Byggnormer, standarder och programkrav måste också tydligare länka ihop krav på ergonomi, goda ljusmiljöer och energianvändning. Detta blir särskilt viktigt för att hantera frågor om retureffekter och mervärden från belysning.
- *Skapa marknad för certifierade designers.*  
Idag finns liten efterfrågan på den som har en certifiering.
- *Ta fram bra programkrav och strategier för att styra ljus.*  
Styrning är en av de viktigaste strategierna för att minska retureffekten.
- *Vi måste satsa på dagsljus i arkitekturen.*  
Detta gäller både forskning, programkrav, arbetsmiljökrav och byggnormer.
- *Stärk den offentliga upphandlingen.*  
Skärp upphandlingskriterierna, förbättra upphandlingsstatistiken och förbättra stödet till upphandlare så att kriterierna används.

### **Förändring i lagstiftning**

- *Ändra ellagen för städernas belysningsanläggningar.*  
Ändra ellagen så att städerna kan använda sina belysningsnät som plattform för andra tjänster. Elnätskoncessionerna i flera svenska kommuner förbjuder anläggningsägarna (d v s kommunerna själva) att använda belysningsanläggningar som en plattform för andra tjänster, t ex laddning av elfordon, miljösensorer, trafikövervakning, mm.

- *Skärp byggreglernas krav.*  
Byggreglerna måste skärpas med hänsyn till dagsljus och belysningens energianvändning

***Finansiella resurser***

B ● R G ● C ●

- *Hjälp tillverkare med exportstöd.*  
En del mindre tillverkare kan behöva exportstöd för export.
- *Skapa forskningsfond.*  
Bilda en fond liknande cancerfonden som stöder forskning om ljus och välbefinnande.

## Bilaga 1 – Svenska resurser

AKADEMI/FORSKNING: MATERIAL OCH TEKNISK FORSKNING		
Umeå universitet	LEC (OLED-liknande teknik)	Ljuskällor med stora ytor och specialtillämpningar
Linköpings Universitet		Smarta optiska element (styrbart spektrum och riktning)
Linköpings Universitet		Oxidnanostrukturer för vit belysning
KTH		Perovskitmaterial för LED
KTH		Ljusutkoppling av chip
KTH		Optimering av ljusförstärkning i kvantbrunnsstrukturer genom mätning av elektron och håltransport
KTH		Nanohybridmaterial för belysning
Lunds universitet, Nano-Lab	Nanoteknisk forskning, Materialforskning med fokus på nano-LED och belysning	Mikro-LED, direktagerande LEDs; effektivare och bättre (hälsosam) belysning; kopplingar mellan hälsoeffekter och belysning
Luleå Tekniska Universitet	Elkraftteknik, Avdelning Energivetenskap, Institutionen för teknikvetenskap och matematik	Forskning inom LED-teknik och lampors flimmer; störningar i elnätet/övertoner
Research Institute of Sweden (RISE)	Oberoende forskningsinstitut med inriktning mot internationella projekt och hållbarhet	Forskningsprojekt inom mätning av produkter, mätteknik, och hur belysning upplevs; Hur belysning påverkar andra energisystem i byggnader
Jönköpings Universitet/Jönköpings Tekniska Högskola	Institutionen för Material och Produktionsforskning.	Arbetar tillsammans med t ex Fagerhult för att utveckla och förbättra armaturkomponenter.
Jönköpings Universitet/Jönköpings Tekniska Högskola	Institutionen för Konstruktionsforskning och Belysningsvetenskap.	Arbetar tillsammans med t ex fönsterföretaget Inwido för utveckla uthålliga produkter och produktionstekniker.

B ● R G ● C ●

<b>AKADEMI/FORSKNING: ERGONOMI, MEDICIN OCH UTBILDNING</b>		
Chalmers universitet, Arkitektur		Visuella aspekter på belysning; Synnedsättning och relation till utomhusbelysning; Färg- och ljusupplevelser
Högskolan i Gävle	Akademien för hälsa och arbetsliv, Arbetshälsovetenskap, Centrum för belastningsskadeforskning (CBF)	Forskning vid CBF är indelad i fem program inklusive synergonomi och kostnadseffektiv mätning av fysisk belastning
Jönköping universitet, Belysningsvetenskap	Belysningsforskning (från 2016) och belysningsdesign Utbildning sen tidigt 2000-tal	Belysningsdesign och utbildning av designers; Visuellt komfort
Lunds Tekniska Högskola, Ergonomi och Aerosol- teknologi	Enhet inom LTH; Arbetsmiljöforskning, ljusets betydelse för människan	Hälsoeffekter av LED-ljus på människan; Effekter från belysning som bländning, belastningseffekter, mm; Standarder för bra, hälsosamt ljus
Lunds Tekniska Högskola, Inst. för arkitektur och byggd miljö	Enhet inom LTH; Psykologi,	Hälsoeffekter av LED-ljus på människan; Bättre belysning för synnedsättning;
Lunds Universitet, Biologidepartement, Zoologi och fysik	Enhet inom Lunds Universitet Naturvetenskap	Optikforskning, evolution och fysik av djurs visuella system; arbetar med ny metod för att mäta ljus baserad på mätning av antal fotoner
KTH Arkitektur & Ljusdesign	Avdelning inom KTH Arkitektur, magisterprogram och forskning	Belysningsplanering & ljusdesign; integration av dagsljus och elektrisk belysning i byggnadsmiljöer, arkitekturbelysning; belysning för välbefinnande och emotion
Stressforskningsinstitutet, Sömn och vakenhet avdelning, Stockholms Universitet	Sömn och vakenhet-enhet, psykoneuroimmunologi, Stockholms Universitet	Sömnforskning relaterad till arbetslivet; Stort fokus på återhämtning; Faktorer som påverkar människors hälsa inkl ljus och hälsa.



<b>AKADEMI/FORSKNING: BELYSNING FÖR DJURHÅLLNING; HORTIKULTUR</b>		
Sveriges Lantbruks Universitet (SLU)	SLU forskning inom belysning och djurhållning	Energieffektiv belysning i stallbyggnader; belysning för god djurvälstånd; belysning till lantbrukets produktionsdjur
Ljus inom hortikultur, SLU	Projektgrupp som är verksam vid institutionen för Biosystem och teknologi, SLU	Biosystem och teknologi; Ljus för god odling och tillväxt; Energieffektiv belysning för växthus
<b>INNOVATION, UPPHANDLING, KRAVSTÄLLANDE</b>		
Lunds Universitet		Effektiva styrmedelspaket för resurseffektiv belysning
Linköpings Universitet		Utvärdering juridiska aspekter vid funktionsbaserade affärsmodeller (försäljning av belysning som tjänst)
Sustainable Innovation (SUST)	Driver utvecklingsprojekt för ett energi- och resurseffektivt samhälle. Att praktiskt utveckla, demonstrera och sprida hållbara lösningar i näringslivet och samhället.	Marknadsnära och innovativa lösningar inom mobilitet, bebyggelse och energisystem (smarta elnät); Ett generisk API (kommunikationsprotokoll mm, öppna gränssnitt)
Upphandlingsmyndigheten	Förmedlar och utvecklar kunskap och verktyg för offentlig upphandling	Miljö- och energikravsättning; Energieffektiva inköp; Energieffektiv belysning
Trafikkontoret, Anläggningsavdelningen Gator och Ljus, Stockholm Stad (gäller även andra stora kommuner)	Offentlig anläggningsägare; Ansvarig för största enskilda anläggningen i Sverige efter Trafikverket: 150000 ljuspunkter	Samla kraft och kunskap för beställning av god kvalitet och energieffektiva belysning. Bland annat: öppna gränssnitt, energieffektiva, drifteffektiva; effektivt samarbete bland kommuner gällande innovation och teknikutveckling
Trafikverket	Största offentliga anläggningsägare; Ansvarig för 300.000 ljuspunkter (armaturer)	Beställare av kvalitets- och energieffektiv belysning; Centralt styrsystem för att kunna kommunicera med alla punkter; starka specifikationer; centralisera kontroll över anläggningar även trafikleder till järnvägar (möjligt ta över från vissa kommuner?)

<b>MYNDIGHET: TILLSYN SAMT REGLER OCH RÅD</b>		
Arbetsmiljöverket	Arbetsmiljö, hantering av skador, föreskrifter och inspektioner för arbetsmiljöer	Ställa belysningsföreskrifter och funktionskrav för belysning, bland annat anpassning, undvika bländning osv
Energimyndigheten	Testlab, Marknadskontroll produkter, expertmyndighet energikrav ekodesign & märkning. (Fördelar även medel)	Ekodesign, energimärkning, energisystem, uppföljning.
Boverket	Belysning nämns i BBR men hänvisning till standarder. Arbetar dock enligt uppgift med att modernisera dagsljuskraven.	
Folkhälsomyndigheten	Råd och riktlinjer för inomhusmiljö i skolan och bostäder	Tillsynsprojekt om inomhusmiljön i skolan; Samverkat med Arbetsmiljöverket
Övriga: KEMI, SNV m fl	Flera myndigheter har tillsynsansvar för kemikalier, återvinning mm.	Detta är dock inte belysnings-specifikt och dessa listas därför inte här.
<b>MEDLEMSORGANISATION, STANDARDER</b>		
Swedish Standards Institute (SIS) – Teknisk kommitté 380/Arbetsgrupp 3 Ljus och belysning	Ideell förening med 1500 medlemmar och 170 anställda; Driver och samordnar standarder i Sverige och deltar i CEN och ISO. I Arbetsgrupp 3 Ljus och belysning (SIS/TK 380/AG3) ingår cirka 20 svenska experter från olika privata och offentliga organisationer	Ljus och belysningsstandarder, som mätning och presentation av fotometrisk data, beräkning av prestanda, krav och rekommendationer kring ljus och belysningsförhållande i olika miljöer
Belysningsbranschen	Företräder många tillverkare och importörer av armaturer (31st) ljuskällor (7st), Styr- och reglerutrustning (8 st) driftdon (5 st) samt ett antal leverantörer av nödbelysning och övrig utrustning.	”... sprida kunskap och skapa engagemang kring rätt ljus för människan, miljön och ekonomin --- hjälper beslutsfattare att säkerställa valet av rätt ljus i näringsliv och samhälle.”
Photonics Sweden	Nätverk av företag, forskningsinstitutioner, individer, experter och myndigheter. 50 medlemsföretag och org, och 110 personliga medlemmar. (Totalt 150 företag med över 6000 anställda arbetar inom fotonik i Sverige. (95% av företagen har färre än 250 anställda). OBS, inte bara belysning.	

B ● R G ● C ●

Föreningen Svenska Ljusdesigners	Sedan 2014. 45 personer från 17 företag. Krav på utbildningsnivå och projekterfarenhet. 5 år projekterfarenhet om man har högskoleutbildning, 8 år med någon utbildning, och 10 år utan utbildning. Oberoende från tillverkare av belysningsutrustning.	Certifiering, premiera kunskap hos Ljusdesigners
----------------------------------	---	--

B ● R G ● C ●

## Bilaga 2: Ekonomiska nyckeltal, exempel på leverantörer

Företag	Omsättning (tkr)- 2012	Omsättning (tkr) - 2014	Omsättning (tkr) - 2016	Anställda - 2012	Anställda - 2014	Anställda - 2016	Vinstmarginal - 2012 (%)	Vinstmarginal - 2014 (%)	Vinstmarginal - 2016 (%)
Fagerhult	3 116 700	3 759 300	4 540 400	2 192	2 370	2 787	8,28	10,2	12,05
Mondeverde	850	2 387	4 898	4	2	4	-2,71	20,95	-41,5
Philips Lighting (Sv.)	N/A	N/A	645 943	N/A	N/A	63	N/A	N/A	0,45
Osram (Sverige)	N/A	N/A	40 141	N/A	N/A	25	N/A	N/A	1,04
Annell	87 305	68 089	81 006	33	27	24	-1,9	-5,25	2,11
Detalux	6 091	6 677	8 427	5	6	5	-6,52	-5,76	5,76
Brainlit	N/A	125	2 174	N/A	0	4	N/A	(-)	-176,01
GE Lighting (Sverige)	105 515	82 200	N/A	10	10	N/A	2,79	3	N/A
Heliospectra	N/A	15 930	26 242	N/A	19	30	N/A	-1057,4	-185,34
Auralight	524 689	612 347	735 222	233	241	264	0,2	6,57	-22,97
Wennerström	N/A	57 274	98 515	N/A	13	16	N/A	21,8	10,67
Belysningspecialisten	77 286	80 917	88 747	14	15	17	7,68	12,43	11,32
Ecolux	43 138	45 759	54 286	30	25	24	-7,84	3,18	7,41
Ateljé Lyktan	181 169	172 607	211 773	37	42	48	8,82	7,25	7,34
Cardi	77 286	80 917	88 747	14	15	17	7,68	12,43	11,32
Ledvance AB	471 532	467 613	400 489	68	61	39	4,31	3,22	3,78
Erco lighting	63 390	62 450	74 222	16	19	18	0,37	-1,24	1,27
Flux	44 486	28 575	36 228	30	14	15	8,1	-0,23	6,28
Narva Scandinavia	14 459	27 461	29 141	7	10	10	8,26	6,73	2,96
Airam	21 456	38 917	50 528	9	6	8	-21,23	3,39	0,39
Defa lighting	201 253	201 253	225 561	69	82	70		2,48	6,27
Fergin	34 844	39 110	42 997	7	8	9	7,45	5,45	15,53
Glo AB	4 298	13 543	952	10	4	5	N/A	-2 325	-516 000