

COPENHAGEN  
CAPACITY

# Lighting Metropolis

---

Indledende benchmarkanalyse



**UDARBEJDET AF:7**  
Jacob Christensen  
Research Assistant

**DATO:**  
7. marts 2017

# Indhold

---

1.	Udvælgelse af byer til bruttoliste .....	3
2.	Introduktion til bruttolisten .....	5
3.	Lys for Mennesker.....	7
4.	Biologisk Lys .....	9
5.	Smart City.....	11
6.	Klima & Miljø .....	13
7.	Økonomi & Effektivitet .....	15
8.	Kilder .....	17



# 1. Udvalgelse af byer til bruttoliste

---

Nærværende analyse tager udgangspunkt i inspirationskataloget til projektbeskrivelsen for Lighting Metropolis, se ansøkningsdokumentet (Marts & April 2015) side 146-147. Formålet med analysen er, at kortlægge lyslandskabet i udlandet for derved at kunne planlægge projektets studieture således, at disse sikrer det fagligt ønskede udbytte for Lighting Metropolis og projektpartnerne.

Grunden til, at analysen tager afsæt i projektbeskrivelsens inspirationskatalog er, at kataloget skitserer det ønskede faglige udbytte indenfor alle projektets fokusområder. De enkelte fokusområder blev undersøgt separat, og i den forbindelse også deres udfordringer, temaer og projektideer. Dette blev gjort uden specifikt fokus på enkelte byer, nationer eller lignende, da formålet med den indledende undersøgelse var at kortlægge de generelle fokusområder. Dernæst blev lysbranchen undersøgt, hvilket er afspejlet i følgende anvendte data:

- **Globale Magasiner:** LightSearch, Lighting Magazine Arch Lighting, Darc-Magazine, LED Magazine, Enlighter Magazine og LED Professional
- **Smart City- og Lys foreninger:** OASCities, C40 og LUCI
- **Event kalendere:** LEDinside, LightSearch, Lighting-Inspiration og LUCI
- **Globale foreninger:** CIE, GLA, ISO, IES og IEA
- **Rapporter:** Lighting Lab, SSL-Erate (EU), Lighting the Cities (EU), Licht.Wissen (no.19) og Lighting the Tay Perspectives (McKinsey)
- **R&D faciliteter for følgende belysningsvirksomheder:** Acuity Brands, Endo Lighting, Philips, Toshiba, Panasonic, GlamoX, GE Lighting og Osram (det var ikke muligt at lokalisere nogle R&D faciliteter for Hubbell Lighting)
- **Universitet og arkitekt forening:** IALD
- **Biologisk lys foreninger:** Circadian Lighting og American Health Lighting
- **Interview:** 20 lyseksperter samt projektpartnerne i Greater Copenhagen-området

Endvidere blev DOLL (Danish Outdoor Lighting Lab) kontaktet for at forsikre, at vi ikke havde overset relevant information.

Ovenstående research resulterede i data for 351 byer, spredt over 81 forskellige lande og 6 kontinenter.

Grundet projektets tidsramme, var det ikke muligt at undersøge alle 351 byer. Det var derfor nødvendigt at identificere de mest relevante byer for projektet. Nedenfor beskrives hvorledes indsnævringen af byer er foretaget.

Indsnævringskriterier:

1. Byen skal være medlem af enten OASCities, C40 eller LUCI **og** landet, hvori byen befinder sig, skal være medlem af enten GLA, CIE eller IEA.

Resultatet heraf var, at de 351 byer blev reduceret til 210 byer, spredt over 50 lande og 6 kontinenter.

2. Byen skal som minimum have **et** af følgende; IALD projekt, IALD universitet, et planlagt event i 2017 eller årene derefter, eller en af ovenstående virksomheder skal have etableret en R&D afdeling i byen.

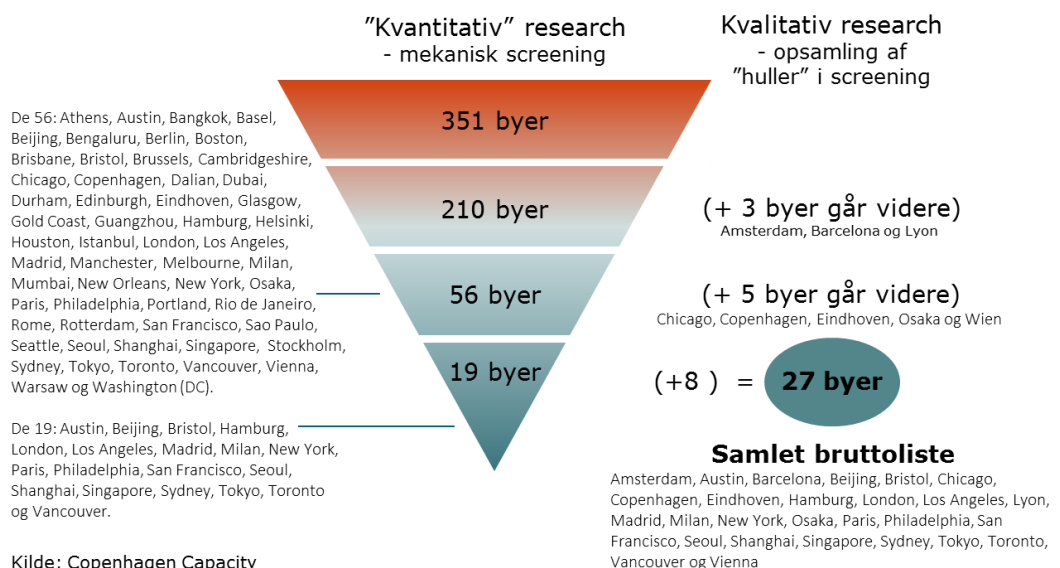
Resultatet heraf var, at de 210 byer blev reduceret til 56 byer, spredt over 26 lande og 5 kontinenter.

3. I stedet for **ét** skal byen have minimum **to** af kriterierne i det 2. kriterium opfyldt.

Resultatet heraf var, at de 56 byer blev reduceret til 19 byer, spredt over 12 lande og 4 kontinenter.

Resultatet af ovenstående screening er fremstillet i nedenstående figur 1. Det fremgår også af figuren, hvordan den "kvantitative", mekaniske screening er suppleret med en mere kvalitativ vurdering for at sikre, at analysen ikke overser relevante projekter og aktiviteter. Således er der tre byer, der kun var en del af 210 byer-listen som alligevel er vurderet som interessante og yderligere 5 byer fra 56 byer-listen. Af figur 1 samt (mere læsevenligt) af tabel 1 fremgår de 27 byer, som har størst interesse for projektet, jf. ovenstående udvælgelsesmetode. De 27 byer repræsenterer 15 lande og dækker 4 kontinenter.

**Figur 1: Indsnævring af relevante byer**





## 2. Introduktion til bruttolisten

Den tidligere research viste, at nedenstående 27 byer har størst interesse for en studietur, jf. inspirationskataloget til projektbeskrivelsen af Lighting Metropolis.

**Table 1: Oversigt over byers projekter indenfor hvert af de 5 fokusområder**

Byer	Lighting for People	Biological Lighting	Smart City Lighting	Clima and Environmental Lighting	Economic and Efficient Lighting	Overall score
Eindhoven	5	0	3	3	1	12
Los Angeles	3	0	4	1	3	11
Copenhagen	3	2	3	2	1	11
Lyon	4	0	2	3	1	10
Hamburg	2	0	5	1	1	9
Singapore	0	1	4	4	0	9
Barcelona	0	0	5	3	1	9
London	1	1	4	2	0	8
Chicago	1	0	3	3	1	8
Paris	0	0	3	3	1	7
Vienna	2	0	1	2	2	7
New York	1	0	1	3	1	6
Amsterdam	1	0	3	1	1	6
Sydney	1	0	0	2	2	5
Toronto	1	0	0	3	1	5
Seoul	0	0	3	2	0	5
San Francisco	1	0	1	2	1	5
Milan	0	0	3	1	0	4
Madrid	0	0	0	3	1	4
Bristol	1	0	2	1	0	4
Austin	0	0	2	2	0	4
Shanghai	0	0	2	1	0	3
Philadelphia	1	0	0	1	0	2
Vancouver	0	0	0	1	0	1
Beijing	0	0	0	1	0	1
Tokyo	1	0	0	0	0	1
Osaka	1	0	0	0	0	1

**Note:** Skalaen går fra 1-5; hvor 5 betyder, at byen lever op til alle kriterierne indenfor fokusområdet (jf. Ansøkningsdokumentets inspirationskatalog), 3 betyder, at *halvdelen* af kriterierne er opfyldt osv.

Kilde: Copenhagen Capacity

Det fremgår ligeledes af tabel 1, yderst til højre, at Eindhoven er den by, som har flest projekter af interesse for Lighting Metropolis. Dernæst deler København og Los Angeles andenpladsen, Lyon indtager fjerdepladsen, mens Hamburg, Singapore og

Barcelona deler en femteplads. Af ovenstående tabel 1 fremgår det også ligeledes, indenfor hvilke områder, at de enkelte byer har projekter af interesse.

### **Top 3 inden hvert fokusområde**

Følgende er en top 3-oversigt over de byer, indenfor hvert fokusområde, som har flest relevante aktiviteter ift. Lighting Metropolis. Top 3-oversigten er prioriteret i forhold til, hvorledes byernes projekter stemmer overens med Lighting Metropolis' forventninger til en studietur jf. Ansøkningsdokumentet (Marts & April 2015), side 146-147. Det bør bemærkes, at det er forventeligt, at studieturene har overlappende elementer imellem givne fokusområder. I det følgende er der en kort beskrivelse af projekterne i de enkelte byer, som forklarer hvorfor disse byer er rangeret som følger. Slutteligt kan dokumentation samt kilder findes i afsnit 8.



## 3. Lys for Mennesker

---

Når det kommer til fokusområdet Lys for Mennesker, så er der flere byer som lever op til de kriterier, som er beskrevet i Lighting Metropolis' Ansøkningsdokumentet (Marts & April 2015). Nedenstående vil der blive gennemgået de top-tre byer, som har udmærket sig mest, ift. Inspirationskataloget til projektbeskrivelsen.

### 1. Eindhoven

Eindhoven omtaler sig selv som "City of Light". På en gade i byen er det muligt for forbipasserende at styre gadens belysning og derigennem skabe sin egen personlige stemning vha. den forskellig-farvede LED-belysning, som der er installeret i gadens lygtepæle. Der er yderligere installeret sensorer på lygtepælene, så lysstyrken justeres alt efter hvem og hvor mange, som benytter gaden. Sensorerne har endvidere hukommelse, der betyder, at hvis man regelmæssig går den samme aftentur (med f.eks. ens hund), så tændes lyset på forhånd og guider en på den vante gatur. Grundet den forskellig-farvede LED-belysning, så er det også muligt, at "advare" folk i nabolaget om en nærmende storm, flodbølge eller lignende ved at anvende den røde LED-belysning. Gadebelysningen kan derved bruges som et kommunikationsværktøj, der guider én og derigennem skaber tryghed.

Da et "faldefærdigt" kvarter i det nordvestlige Eindhoven trængte til fornyelse, forsøgte byen at benytte belysningen som et byplanlægningsmæssigt virkemiddel. I Strijp-S (kvarteret) har hver enkel lysmast sin egen IP-adresse, og folk i området kan kontrollere belysning via en app. Det gælder også for området sportsbaner. Endvidere ønsker Eindhoven at inkludere borgerne så meget som muligt. Derfor tilskynder de "quadratic helix" konstellationer, hvilket er samarbejder mellem offentlige instanser, private aktører, universiteter og borgerne i området.

Ydermere – hvilket især også bidrager til Eindhovens placering indenfor hovedfokusområdet – så har byen installeret specielle lyskonstellationer i særligt "farlige" vejkryds, hvor bilister, cyklister og fodgængere har svært ved at se hinanden. Disse lys-installationer er implementeret i vejen/asfalten, og blinker til bilisterne, såfremt en fodgænger eller cyklist nærmer sig krydset. Formålet er naturligvis at skabe mere tryghed i disse vejkryds, og er dermed et forsøg på at øge sikkerheden.

LED-belysning er desuden også installeret på festgaden Stratumseind. Lyset her kan tilpasses og justeres således, at man undgår uroligheder og kontroverser. Gadens lys kan endvidere også bruges til, at guide og vejlede gæsterne på gaden, skulle denne blive spidsbelastet og overfyldt.

Endelig har byen installeret grøn LED-belysning på en hyppigt benyttet cykelsti som forbinder Eindhoven med dens forstæder. Der er blevet etableret 38 gadelamper, over en strækning på 1 km. Grunden til at belysningen er grøn er, at denne farve fremhæver omgivelserne bedste muligt og er behageligt for såvel menneskets som dyrets øje, samtidigt med at belysningen også lyser vejen tilstrækkeligt op.

## 2. Lyon

I Lyon har man ominstalleret belysningen på Annonciade-muren. Man har skiftet lamperne ud med mere energivenlige alternativer. Muren, og gaden, er speciel fordi der her er oplyste malerier, hvilket giver gaden et trygt og "hjemligt" udtryk. Tanken er, at tanbelysningen fungerer som en art social "løftestang".

Der er steder i Lyon, hvor man har sensorer på lygtepælene, så lyset automatisk kan tilpasses til det antal mennesker som benytter det pågældende offentlige rum. Dette betyder også, at man kan tilpasse lyset til eventuelle arrangementer og events, som områderne skulle kunne blive anvendt til.

Som et kunstnerisk element er byens monumenter oplyst forskelligt alt efter tidspunktet på døgnet. Dette gør, at oplevelsen af monumenterne er forskellig afhængig af, hvilket tidspunkt af døgnet man ser dem på. Dette er en måde hvorpå byen har anvendt belysningen som et byplanlægningsmæssigt virkemiddel.

I flere parker i Lyon har man selv mulighed for, at tænde og slukke for belysningen. På denne måde forsøger byen at invitere borgerne til at deltage og interagere med deres by.

Endelig er broen La Passerelle St Vincent en bro for fodgængere, hvor der er blevet installeret LED-belysning samt bevægelsessensorer. Dvs., at lyset fra kl. 22:30 dæmpes til 10 pct. af dens maksimale styrke, men så snart nogle begynder at gå på broen, så justeres lysstyrken automatisk til fuld-styrke.

## 3. København

København har et spændende tiltag, som andre byer har taget til sig – f.eks. San Francisco og Amsterdam. Dette er den grønne bølge "Green Wave", som er små lys i cykelstien der indikerer et snarligt kommende lysskifte i det kommende lyskryds. Dette betyder, at cyklisterne kan justere deres fart således, at de ikke bliver "preset" ud i et lyskryds der er ved at skifte til gult/rødt. Disse lys i cykelstien giver en sikkerhed for cyklisterne, og guider dem til en mere behagelig rejse gennem byen.

For yderligere at værne om de mange cyklister i byen, har man i et lyskryds installeret ekstra intensiv belysning, som aktiveres når en cyklist nærmer sig et større køretøj, som f.eks. en lastbil. Meningen med denne installation er at skabe tryghed for såvel chauffører på større køretøjer som cyklisterne i København og forhåbentlig vil antallet af højresvings-ulykker også blive mindsket.

Omkring et trafikeret område i København er "Cykelslangen" blevet bygget. Denne bro, leder cyklister og fodgængere udenom et ellers trafikeret lyskryds. Yderligere, er der også blevet etableret LED-belysning i gelænderet, som bl.a. mindsker genskæret. Projektet vandt i 2014 City People Light's andenplads.





## 4. Biologisk Lys

---

Biologisk lys er stadigvæk et felt indenfor lys-branchen som i vidt omfang er på forskningsstadiet. Gennemgangen af materiale på fokusområdet tyder på, at universiteterne engagerer sig i emnet, men relativt få virksomheder har etableret reelle løsninger. Dette betyder, at det er relativt sparsomt med information på området. Den indledende research gav kun (få) enkelte observationer i hhv. London, Singapore og København, hvilket umiddelbart virkede som et spinkelt grundlag at etablere den videre analyse på. Derfor er hhv. Greater London samt Greater Copenhagen (områderne omkring London og København) blevet undersøgt intensivt, eftersom disse byer umiddelbart var dem, som havde de fleste (og eneste) forekommende projekter indenfor projektets fokusområdet.

### 1. Greater Copenhagen

Chromaviso har installeret ergonomisk lys samt ergonomisk døgnrytme-lys, på adskillige hospitaler i det sydlige Skåne, samt Københavnsområdet, til gavn for både patienter, hospitalsbesøgende og -ansatte. Et af de steder, hvor man er længst fremme med at teste døgnrytmebelysning er på Gentofte, Rigshospitalet. Her har man gang i et forskningsforsøg, hvor man forskellige steder på hospitalet har installeret døgnrytmebelysning, således at den belysning, der er indenfor, ligner den der er udenfor. Belysningen justerer sig selv automatisk i takt med at solen bevæger sig over himlen. Når det er nat, og patienterne (eller personalet) tænder for belysningen, så vil det være et orangefarvet-skær som oplyser lokalet. En af fordelene ved døgnrytmebelysningen er, at denne ikke interagerer med de involveredes hjerner, og man undgår derfor, at der bliver manipuleret med hjernes døgnrytme-center og dermed ens kognitive centre. Forskningsprojektet er ikke færdigt d.d. december 2016. Foruden ovenstående tilsigter forskningsprojektet også at klarlægge andre aspekter af døgnrytmebelysningen, og hvad denne kan gøre for mennesker. Bl.a. bliver døgnrytmebelysningen også testet i forhold til dets forebyggende og helbredende effekter hos de indlagte patienter.

I Albertslund Kommune har man i samarbejde med adskillige virksomheder lavet et partnerskab omkring opførelsen af et plejecenter (Plejecentret Albertshøj) med integreret fulddynamisk døgnrytmebelysning. Projektet skal gerne spare kommunen penge og mindste CO<sub>2</sub>-forbruget, samtidigt skulle det integrerede døgnrytmesystem også forbedre tilværelsen for de ældre på plejehjemmet.

I Hillerød, på Hillerød Hospital, har man i samarbejde med Philips og Wavecare, etableret et forebyggende virkemiddel på et af hospitalets fødestuer. Blide toner, skiftende farvet belysning og levende billeder på væggen skal skabe en beroligende og stimulerende atmosfære til gavn for de fødende, deres pårørende samt personalet.

I Malmö har man på Lindeborgskolan installeret "Human Centric Lighting", som er en belysningsform, som tilsigter at fremme læringsmiljøet på skolen. Det medfører,

at belysningen er døgnrytmebaseret, men belysningen kan også samtidigt nemt justeres via en smart-skærm til f.eks., at mørklægge et lokale eller dæmpe belysningen til hyggelige stunder. Belysningen er endvidere en smule skarpere på givne tidspunkter af dagen, hvor det normalt er svært for skolebørn at holde koncentrationen. Dermed hjælper den døgnrytmebaserede-belysning skoleeleverne med, at kunne fokusere og dermed tilskyndes den intellektuelle aktivitet. Et lignende projekt er forsøgt i Albertslund, i samarbejde med DTU, på en folkeskole i kommunen.

Endelig har der været et forskningsprojekt mellem den dansk lysvirksomhed LightCare, Innovationsnetværket DANSK LYS og døgnrytme- og søvnforsker Katharina Wulff fra Oxford Universitet. Forskningsprojektet er foregået i Horsens og omhandler demens og hvorledes døgnrytmebelysning kan afhjælpe dette.

## **2. Greater London**

I London har hospitalet Guy's and St. Thomas' Hospital tilkendegivet interesse for at eksperimentere med døgnrytmebelysning. Formålet med eksperimentet er at undersøge om denne form for belysning kan forkorte patienternes indlæggelsestid. Alexandra Hammond of Guy's har afsat 1 million pund til projektet. Disse midler skal endvidere også benyttes til at etablere LED-belysning på hospitalet.

## **3. Singapore**

Singapores Smart Yuhua Residential Estate projekt vandt en pris for at kunne inkorporere "smart living" i en allerede opført bygning. En del af elementerne i projektet er et monitorerings-system for ældre beboere, som skal gøre deres liv nemmere. Desværre er der ikke meget information at finde projektet.



## 5. Smart City

---

Når det kommer til Smart City-fokusområdet, er der flere byer som udmærker sig, jf. ovenstående tabel 1. De tre mest fremtrædende er følgende:

### 1. Barcelona

I 2010 opførte Barcelona i samarbejde med Endesa, LED-lygtepæle i byen, som kan styres individuelt og er udrustet med bevægelses-sensorer, hvorfor disse lygtepæle automatisk kan tildele det nødvendige lys, hvad enten de forbipasserende er fodgængere, cyklister, scootere eller biler. Lysmasterne kan styres fra centralt hold, hvilket gør sig gældende for flere af byens lysmaster siden 2010.

I 2012 skiftede Barcelona 1.100 af byens gadelamper til LED-belysning. De offentlige lygtepæle i distrikt 22 er udstyret med adskillige sensorer, som kan måle luftfugtighed, temperatur, vibrationer, støjniveau, forurening og lygtepælene er sågar også udrustet med overvågningskamera.

Yderligere har en virksomhed i Barcelona og et af Barcelonas universiteter indgået et samarbejde, som har resulteret i opførelsen af lygtepæle som udelukkende fungerer på vind- og solenergi. Disse lygtepæle kan lyse i 6 dage uden vind eller sol. Lygtepælene er opstillet flere steder i byen, bl.a. ved stranden.

Barcelona har også adskillige smart city-løsninger. Barcelona oplevede en tørke for nogle år tilbage og i den forbindelse har man installeret et smart vand-meter i samarbejde med Cisco. Løsningen interagerer med vandingsanlægget byen benytter. Grundet byens mange smarte installationer samler byen en masse data, som byen endvidere gør offentligt tilgængelige.

### 2. Hamburg

Hamburg bruger lygtepælene på flere forskellige "smarte" måder.

Via Internet of Everything (leveret af Cisco) har Hamburg forbundet lygtepælene med forskellige sensorer og systemer, og derigennem etableret et smart cloud-styresystem. Disse systemer opfanger trafikens bevægelsesmønster og trafiklysene justeres automatisk for at få trafikken til at glide bedst muligt. Da Hamburg er en havneby med mange indkommende skibe årligt, hejses broerne i byen også relativt hyppigt. Med Hamburgs nye smarte system bliver trafikken dirigeret udenom disse åbne broer så det undgås, at trafik-flowet stoppes. Dette kan opleves bl.a. ved Kattwykbrücke (en bro i byen).

Endvidere er en gades belysning ved havnen i Hamburg blevet intelligent og dynamisk. Lygtepælene er udstyret med forskellige sensorer og kameraer som opfanger fodgængeres, cyklisters og bilers færden og tilpasser det nødvendige lys, mens lyset følger dem på deres rejse. Såfremt ingen benytter gaden, mørklægges denne automatisk. Sensorerne kan også opfange trafikuheld og underrette myndigheder

og udrykningskøretøjer, hvis der er behov for det. Gadens data er fortrolige, men gemmes og analyseres af byen og dennes samarbejdspartnere for at forbedre gaden om muligt.

Hamburg har også installeret smarte by-løsninger, og der er blandt andet installeret et smart parkeringssystem, hvor det er muligt for bilisterne at orientere sig omkring ledige parkeringspladser før, under og efter ankomsten til sin ønskede destination.

### **3. Los Angeles**

Byen Los Angeles (L.A.) har i samarbejde med Philips og Ericsson fået installeret over 100 smarte lygtepæle. Byen har meget aktivitet på indfaldsvejene i løbet af døgnet, hvorfor trafikken, til og fra byen, er en essentiel ting for L.A. I L.A. har man derfor fået installeret sensorer i asfalten, som kan detektere bilers færden. Disse sensorer er koblet sammen med byens smarte Management System (CityTouch), hvorfor nogle lyskryds automatisk kan skifte farve for derved at få trafikken til at glide bedst muligt.

Management Systemet (CityTouch) er inkorporeret i 110.000 lygtepæle og er en Internet of Things (IoT) løsning. Disse lygtepæle er via CityTouch blevet så intelligente, at disse burde kunne rapportere udbrudte brande samt guide udrykningskøretøjer til krisesituationerne.

Endelig kan hver enkelt lygtepæl bl.a. distribuere lynhurtigt internet.



## 6. Klima & Miljø

---

### 1. Singapore

I 2014 påbegyndte Singapore installationen af 4.000 LED-gadelamper. Projektet havde til formål at spare op til 30 pct. af områdets energiforbrug.

I et shopping center, Gargantuan CapitaLand Mall, har man installeret og testet Visible Light Communication (VLC). Det er et kommunikationssystem, hvor lysene kommunikerer med hinanden. Man kan da vha. en app lokalisere sig selv i shopping-centeret, og via app'en kan man blive guidet til sin ønskede destination i shopping-centeret. Indtil nu er ulempen ved VLC, at dette kun kan benyttes såfremt, der anvendes klart-hvid LED-belysning, hvorfor VLC pt. kun er installeret i forskellige varehuse i Singapore, foruden shopping-centeret.

I Singapore foretager man også tests og demonstrationer i deres anvendte research center, Lighting Technology Center. I dette research center er fokuset på bæredygtig belysning.

Området Punggol er blevet et testområde i Singapore for smarte løsninger. Formålet med Punggol er at skabe en Eco-Town i samarbejde med HDB og Panasonic. I Punggol er solenergi via solceller med til at skabe noget af belysningen.

### 2. Barcelona

Barcelona har siden 2010 opført adskillige smarte lygtepæle, og med opførelsen af disse har byen i de givne områder sparet ca. 30 pct. af energiforbruget.

Grundet et samarbejde mellem en virksomhed og et universitet i Barcelona, er der blevet etableret lygtepæle rundt omkring i byen, som er 100 pct. drevet af vind- og solenergi vha. turbinegeneratorer og solceller. Dette betyder dernæst også, at disse lygtepæle er 100 pct. selvforsynende og miljøvenlige.

Barcelona bruger også deres 22@ Barcelona, samt Siiur, som et offentligt test-rum for smarte by-løsninger, hvilket har været medførende til, at der er gennemført ca. 80 projekter i Barcelona siden 2008. Disse projekter har medført, at ca. 90 pct. af de deltagende SMV'er har etableret sig i Barcelona.

Endvidere bliver Barcelona rost af Jupiter Research i 2015 for alle deres miljøvenlige projekter (i forbindelse med Jupiter Researchs rangering af smarte byer).

### 3. Eindhoven

Via installationen af LED-belysning rundt omkring i Eindhoven er det lykkedes byen at spare meget på byens energiforbrug samt reducere dennes forurening.

På den største indfaldsvej til Eindhoven, Tilburgseweg er der blevet installeret 247 lamper med LED-belysning, som ikke forstyrrer faunaen eller beboerne i området. Endvidere har installationen også taget højde for, at bilisterne skal have tilstrækkeligt lys til, at kunne manøvrere sikkert på vejen.

En lignende installation er lavet på en større cykelsti, som forbinder Eindhoven til en af dens forstæder. Her er installeret 38 LED-gadelamper, som alle har et grønligt-skær. Det grønne skær oplyser cykelstiens omgivelser bedst muligt, hvorved der samtidigt gives det bedst-tænkelige lys til cykellisterne på ruten. Derudover, så forstyrrer det grønne LED-lys ikke med dyrelivet i nærheden af ruten.

Et faldefærdigt kvarter i det nordvestlige Eindhoven, Strijp-S, trængte til fornyelse, derfor valgte man at etablere et "levende" laboratorium for belysning. Her er det muligt for virksomheder at samarbejde, teste, udvikle og dermed sammen skabe og indrette bydelen. En bærende del af projektet er, at de anvendte materialer skal være genanvendelige.

På et universitet i Eindhoven, University of Technology Eindhoven, har man i september 2016 renoveret hovedbygningen for at gøre denne til en af verdens mest bæredygtige uddannelsesbygninger. Dette er understøttet med en BREEAM score på 93,86 pct. Den enkelte person på universitetet kan justere omgivelsernes belysningsstyrke via en app på sin smarttelefon. Universitetet måler endvidere hvorledes man personaliserer og anvender disse løsninger.



## 7. Økonomi & Effektivitet

---

### 1. Los Angeles

I 2009 begyndte Los Angeles (L.A.) at skifte dets gamle HPS-gadelamper ud med nyere og mere energivenlige LED-gadelamper. Udskiftningen tog frem til 2013. Byen havde forinden konsulteret Clinton Foundation, og der var blevet udarbejdet en økonomisk analyse forinden selve implementeringen. I 2015 indgik L.A. et samarbejde med Philips, og fik installeret et CityTouch Management System for 110.000 af deres lygtepæle. Installationen har taget højde for, at man ikke vil være afhængig af samarbejdspartnerens produkter, hvorfor systemet (og produkterne) er så let omskiftelige, at man nemt vil kunne anvende andre virksomheders komponenter, hvis disse skulle være billigere og bedre. Hver 6. måned undersøger L.A. markedet for at finde billigere og bedre alternativer.

Forinden implementeringen af CityTouch Management Systemet, så testede byen flere potentielle løsninger, men fandt i sidste ende CityTouch bedst. Løsningen krævede ikke, at man lavede om på den allerede eksisterende infrastruktur i byen, hvilket var en fordel ift. andre løsninger.

L.A. har også mulighed for, at kontrollere hver enkelt lygtepæl og dens lysstyrke via denne platform. Ved hjælp af denne platform, tilkendegiver hver enkel lygtepæl hvis der skulle have behov for udskiftning komponenter af den ene eller anden grund. Vedligeholdelsesarbejdet bliver derved enklere og kan automatiseres. Man bør kunne undgå, at gader bliver mørklagte og samtidig er der besparelser at hente på vedligeholdelsesarbejdet.

Endelig har L.A. erfaringer fra en samarbejdsform med to forskellige branche eksperter, nemlig Ericsson (elektronik) og Philips (belysning mm.).

### 2. Sydney

I 2010 begyndte Sydney at teste forskellige styresystemer og belysningskilder i byen med det formål at undersøge, hvilke der harmonerede bedst med byen og dennes infrastruktur. Denne test blev lavet i samarbejde med The Climate Group. I 2010 var Sydney medlem af LightSavers, hvorfor byens testresultater kunne sammenlignes med andre medlemsbyers testresultater. Sydney foretog en rundspørge hos befolkningen ift., hvilke LED-produkter de foretrak, og byen havde derefter en udbudsrunde, hvor virksomheder med de rette kompetencer kunne melde sig. Virksomheden der endte vinde opgaven, estimerede at byen ville kunne spare 40 pct., på energiregningen samt reducere udledningen af gasser. Tilbage i 2011 undersøgte Sydney stadigvæk forskellige finansieringsmuligheder.

### **3. Wien**

Da byen Wien i 2013 installerede LED-belysning i de allerede eksisterende gadelygter, havde man udarbejdet en "total cost of ownership"-beregning (TCO), og en plan for hvornår investeringen var tilbagebetalt (ROI). Den økonomiske analyse siger, at projektet er tilbagebetalt ti år efter implementering var foretaget.





## 8. Kilder

---

Hovedfokusområder:

### 3. Lys for Mennesker

Eindhoven:

<https://livingcircular.veolia.com/en/innovations/eindhoven-city-light>

<http://www.heijmans.nl/en/projects/van-gogh-roosegaarde-cycle-path/>

<http://www.heijmans.nl/en/bikescout/>

<http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/eindhoven-smart-lighting/>

<https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-smart-lighting-systems-cities>

<https://www.youtube.com/watch?v=b2Ycdu852Nc>

<https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-smart-lighting-systems-cities>

<https://inform.tmforum.org/sponsored-feature/2016/11/smart-cities-spotlight-connected-lighting-delivers-benefits-citizens/>

<http://lightingforpeople.eu/2016/wp-content/uploads/2016/05/20May16-Smart-lighting-for-smart-cities-Nikita-Junagade-LUCI-Association.pdf>

<http://www2.luciasociation.org/strijp-s-smart-lighting-eindhoven-netherlands.html>

<http://www2.luciasociation.org/tackling-light-pollution-with-green-leds-in-eindhoven-the-netherlands.html>

Lyon:

<http://www2.luciasociation.org/lyons-lighting-experiments-continue.html>

[http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photonics/docs/ssl-cip/lighting-the-cities\\_en.pdf](http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photonics/docs/ssl-cip/lighting-the-cities_en.pdf)

<http://lightingforpeople.eu/2016/wp-content/uploads/2016/05/20May16-Smart-lighting-for-smart-cities-Nikita-Junagade-LUCI-Association.pdf>

<http://www2.luciasociation.org/lighting-the-annonciade-wall-in-lyon-france.html>

København:

[https://www.nytimes.com/2014/12/09/business/energy-environment/copenhagen-lighting-the-way-to-greener-more-efficient-cities.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2014/12/09/business/energy-environment/copenhagen-lighting-the-way-to-greener-more-efficient-cities.html?_r=0)

<http://www.digitaltrends.com/cool-tech/copenhagen-smart-traffic-lights-prioritize-buses-bikes/>

<http://www2.luciasociation.org/the-bicycle-snake-bridge-copenhagen-denmark.html>

### 4. Biologisk Lys

Greater Copenhagen region:

<https://www.youtube.com/watch?v=ITma72RsXtU> (Lindeborgskolan i Malmö)

<http://lightingforpeople.eu/malmo-school-introduces-human-centric-lighting/>

<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-13/issue-2/features/luxlive-sileurope/smart-lighting-sounds-great-but-does-it-work.html>

<http://lightcare.dk/8301>

Greater London:

<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-13/issue-2/features/luxlive-sileurope/smart-lighting-sounds-great-but-does-it-work.html>

Singapore:

<https://www.tech.gov.sg/en/TechNews/DigitalGov/2016/11/National-Trade-Platform-grabs-Smart-City-Award>

## 5. Smart City

### Barcelona:

<http://inhabitat.com/barcelona-introduces-led-streetlights-that-cut-energy-use-by-13/>  
<http://ajuntament.barcelona.cat/seguretatiprevencio/en/noticia/barcelona-becomes-an-international-smart-laboratory-benchmark>  
<http://www.22barcelona.com/content/view/724/898/lang.en/>  
<http://www.trade.gov/markets/smartcities.pdf>  
<https://www.youtube.com/watch?v=k1yJ1x4X8RA>  
[http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2011/12/Barcelona\\_Smart\\_City\\_Tour.pdf](http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2011/12/Barcelona_Smart_City_Tour.pdf)  
<http://www.techrepublic.com/article/smart-cities/>  
<http://www.ioti.com/smart-cities/world-s-5-smartest-cities>

### Hamburg:

<http://www.cisco.com/web/tomorrow-starts-here/cars/hamburg/index.html>  
<http://www.cisco.com/web/tomorrow-starts-here/cars/hamburg/index.html>  
<http://luxreview.com/article/2015/06/intelligent-streetlights-keep-the-big-ships-moving-in-and-out-of-hamburg>  
<http://www.trade.gov/markets/smartcities.pdf>  
<http://audi-urban-future-initiative.com/blog/smart-road-hamburg-germany-cisco-hpa>

### Los Angeles:

<http://www.forbes.com/sites/justingerdes/2013/07/31/los-angeles-completes-worlds-largest-led-street-light-retrofit/#15c86d024b54>  
[http://photos.state.gov/libraries/finland/788/pdfs/LED\\_Presentation\\_Final\\_June\\_2013.pdf](http://photos.state.gov/libraries/finland/788/pdfs/LED_Presentation_Final_June_2013.pdf)  
<http://luxreview.com/article/2015/04/los-angeles-ties-its-led-streetlights-into-the-web>  
<http://luxreview.com/article/2015/04/los-angeles-ties-its-led-streetlights-into-the-web>  
<https://thestack.com/iot/2015/11/06/las-smart-led-street-lights-boost-wireless-connectivity/>  
[https://www.nytimes.com/2014/12/09/business/energy-environment/copenhagen-lighting-the-way-to-greener-more-efficient-cities.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2014/12/09/business/energy-environment/copenhagen-lighting-the-way-to-greener-more-efficient-cities.html?_r=0)  
<http://www.govtech.com/dc/articles/Los-Angeles-Deploying-Smart-Streetlight-Network.html>

## 6. Klima & Miljø

### Singapore:

<http://lightingforpeople.eu/2016/wp-content/uploads/2016/05/20May16-Smart-lighting-for-smart-cities-Nikita-Junagade-LUCI-Association.pdf>  
<http://www.ioti.com/smart-cities/world-s-5-smartest-cities>  
<https://www.lta.gov.sg/apps/news/page.aspx?c=2&id=1ea2b1da-a8b7-4dd1-b831-84774152643d>  
<http://luxreview.com/article/2016/09/smart-lighting-to-guide-shoppers-around-huge-singapore-mall->  
<http://www.straitstimes.com/singapore/new-applied-research-centre-for-sustainable-lighting-by-2015>  
<https://www.nccs.gov.sg/what-we-can-do/organisations/green-growth-opportunities/test-bedding>  
[http://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market\\_studies/818130930125623/818130930125623\\_1.pdf](http://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/818130930125623/818130930125623_1.pdf)

### Barcelona:

<http://inhabitat.com/barcelona-introduces-led-streetlights-that-cut-energy-use-by-13/>  
<http://ajuntament.barcelona.cat/seguretatiprevencio/en/noticia/barcelona-becomes-an-international-smart-laboratory-benchmark>  
<http://www.22barcelona.com/content/view/724/898/lang.en/>

## Eindhoven:

<http://newatlas.com/philips-freestreet-suspended-street-lights/22335/>

<http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/eindhoven-smart-lighting/>

<https://www.theguardian.com/sustainable-business/sustainable-smart-lighting-systems-cities>

<http://www2.luciasociation.org/tilburgseweg-eindhoven-the-netherlands.html>

<https://www.tue.nl/en/university/news-and-press/news/26-09-2016-renovation-to-make-main-building-worlds-most-sustainable-education-building/>

<http://www2.luciasociation.org/strijp-s-smart-lighting-eindhoven-netherlands.html>

<http://www2.luciasociation.org/tackling-light-pollution-with-green-leds-in-eindhoven-the-netherlands.html>

## 7. Økonomi & Effektivitet

### L.A.:

<https://e52.nl/en/philips-puts-the-internet-of-things-into-street-lighting/>

<http://luxreview.com/article/2015/04/los-angeles-ties-its-led-streetlights-into-the-web>

<http://www2.luciasociation.org/los-angeles-led-conversion-project-usa.html>

[http://www.dvrpc.org/energyclimate/eetrafficstreetlighting/pdf/CCI\\_Los\\_Angeles\\_LED\\_Streetlighting\\_Retrofit\\_Program\\_Report.pdf](http://www.dvrpc.org/energyclimate/eetrafficstreetlighting/pdf/CCI_Los_Angeles_LED_Streetlighting_Retrofit_Program_Report.pdf)

[https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/msslc\\_la2012\\_ebrahimian.pdf](https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/msslc_la2012_ebrahimian.pdf)

<http://www.govtech.com/dc/articles/Los-Angeles-Deploying-Smart-Streetlight-Network.html>

### Sydney:

<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-8/issue-6/features/led-outdoor-lighting-field-trials-demonstrate-benefits-to-potential-adopters-magazine.html>

### Wien:

<https://smartcity.wien.gv.at/site/en/projekte/umwelt-klimaschutz/led-technik-in-der-oeffentlichen-beleuchtung/>