

DOLL LIVING LAB, Albertslund

The LUCIA project at DOLL's Living Lab, consist of 9 different solutions stretching over 10 different installations. The solutions use sensor technologies based on camera, infrared (IR), radar and acoustic detection. They aim to provide energy savings, light on demand, safety and security, and light quality.

Sensor technologies

The camera technology is quite new. It detects e.g. movement, direction, speed, by comparing pictures and looking for changes one frame compare to the next. It is extremely effective in detecting but is also expensive and power consuming.

IR detection has been used for decades. It works in smaller distances is very small, consumes almost no energy and can provide additional information when designed intelligently. Two IR sensors in one unit will be able to determine direction simply by detecting which of the sensors that are tricked first.

Radar detection is also an old technology. In recent years it has become smaller, cheaper and less energy consuming. Although it is directional in its detection, it can detect on longer distances, objects that move fast, and for the advanced radars it is possible to detect speed, size, direction, and even place cars in road lanes (if needed).

Sound based sensors has been there for quite some years, but the uses have been increased a lot. The last 10 years mostly in sensors warning about too much noise, and voice activation. However dynamic use, e.g., increase or decrease in noise levels, or different kinds of noise/sound have added many new use cases for the sound sensors.



Solutions: Light and traffic – Focus Lighting, Lacroix, Novalume, SEAS-NVE, Danintra, Smartnodes; Light-in-a-box – Focus Lighting, Seneco; The Zhaga revolution – Signify, Delux, Comlight; Light and deep learning – WE-EF, Tridonic; Traffic light control – Swarco, Verdo.

See next page for more information ➤

Benefits of dynamic lighting controlled by sensors

There are many benefits to using sensors in public lighting. The installations in DOLL, are focused on energy savings, reduction of light pollution, improving safety for road users (commuters), making people feel safe at night, using lighting in a meaningful way, and increasing the quality of light.

Both energy saving and reducing light pollution can be obtained by reducing light levels to a minimum when nobody is using the street, square or path.

Safety and making people feel safe can be done by providing the right amount of light and the right warm or cold light for the different scenarios (much/no traffic – no people or many people). The right mix for every situation, which also increases both meaningfulness and the quality of light.

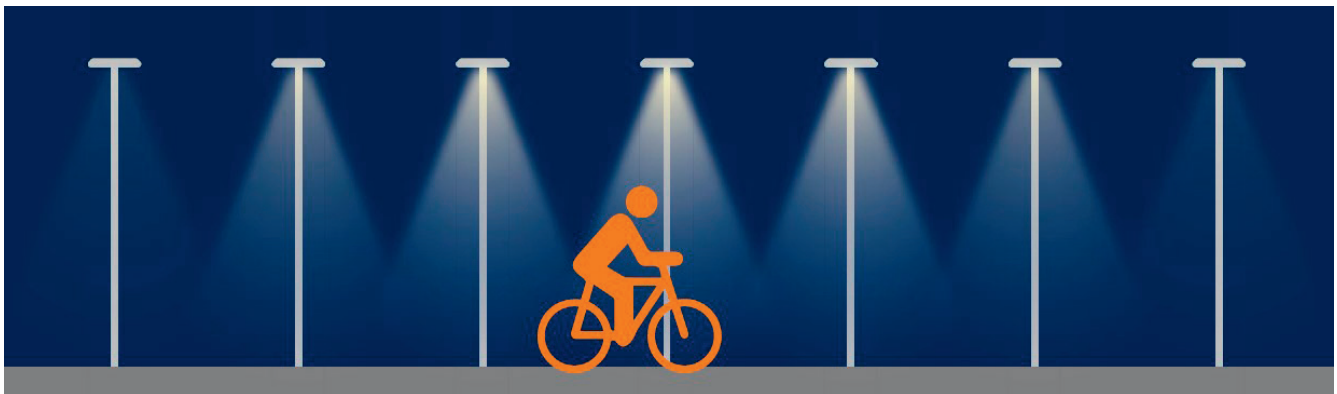


Photo: Shutterstock

Sensors and meaningfulness

A sensor translates a physical phenomenon to digital information. Sensors can emulate all the human senses – and more.

Sensors become meaningful when they help us do things that e.g., are cumbersome, hard to comprehend or remember, or inconvenient to do.

More advanced uses are when sensors, during nighttime increases the light levels based on sound level. This could be measured by a human but would be tiresome and to a certain

Power consumption of LED luminaires with and without controls and sensors

INSTALLATION TYPE	ENERGY CONSUMPTION COMPARED
LED luminaire	100%
LED – with stand-alone dimming	67%
LED – With programmable dimming	50%
LED – with intelligent sensors	30–40%

LUCIA

LIGHTING THE BALTIC SEA REGION

29.09.2021

PILOT SITE DOCUMENTATION: DOLL LIVING LAB/ALBERTSLUND

Creating better lighting with less energy - and more added services

DOLL Living Lab/City of Albertslund

Naverland 2, 6. sal,
2600 Glostrup

Tel. +45 53 66 70 04

Contact person:

Teddy Sibbern-Axelsen

Tel. +45 2383 7079

teddy.sibbern.axelsen@WeBuildDenmark.dk

CONTENTS

Contents	2
1 Summary in English	4
1.1 Sensors and meaningfulness.....	4
1.2 Sensor technologies.....	4
1.3 Benefits of dynamic lighting controlled by sensors.....	5
2 Ideoplæg og formål	5
3 Forberedelse af use-cases	6
3.1 Fokusgruppe	6
3.2 Tekniske krav samt afdækning af risici.....	7
3.3 Evalueringsparametre.....	8
4 Markedsdialog.....	9
4.1 Aftale med rådgiver	9
4.2 Markedsafdækning	10
4.3 Partnerdialog	12
4.4 Markedsdialog	12
4.5 Aftaler med leverandører	13
4.6 Aftale med installatør	13
5 Beskrivelse af løsningerne	14
5.1 Løsninger baseret på kamera.....	16
5.2 Løsninger baseret på infrarød.....	17
5.3 Løsninger baseret på radar	18
5.4 Løsninger baseret på lyd	20

5.5	Løsninger til styring af trafiksignalanlæg.....	21
6	Visualiseringsplatform	22
6.1	Udbud	22
6.2	Løsning.....	22
7	Evaluering	24
7.1	Energibesparelser og tilbagebetalingstid	24
7.2	Lysstyring (LMS)	24
7.3	Lethed ved installationen.....	25
7.4	Funktionalitet.....	25
7.5	Green Public Procurement.....	26
7.6	Evalueringsresultater	26

1 Summary in English

The LUCIA project in DOLL (Albertslund municipality / Denmark), consist of 9 different solutions stretching over 14 different installations. The solutions use sensor technologies based on infrared (IR), radar and acoustic detection. They aim to provide energy savings, light on demand (when needed), safety and security, and light quality.

1.1 Sensors and meaningfulness

A sensor translates a physical phenomenon to digital information. Sensors can emulate all the human senses – and more.

Sensors become meaningful when they help us do things that e.g., are cumbersome, hard to comprehend or remember, or inconvenient to do.

A presence sensor in our bathroom will help turn on the light when we need to go to the bathroom – and turn it off if we forget to if we are too tired.

More advanced uses are when sensors, during nighttime increases the light levels based on sound level. This could be measured by a human but would be tiresome and to a certain degree also meaningless in the long run. A sensor won't mint "staying up late" or counting for endless hours – and it very seldomly makes errors.

Sensors hence have an important role to play in outdoor lighting installations, they can provide multiple enhancements to a normal lighting installation and give more meaningfulness for the users of the installation.

1.2 Sensor technologies

IR detection has been used for decades. It works in smaller distances is very small, consumes almost no energy and can provide additional information when designed intelligently. Two IR sensors in one unit will be able to determine direction simply by detecting which of the sensors that are tricked first.

Radar detection is also an old technology. In recent years it has become smaller, cheaper and less energy consuming. Although it is directional in its detection, it can detect on longer distances, objects that move fast, and for the advanced radars it is possible to detect speed, size, direction, and even place cars in road lanes (if needed).

Sound based sensors has been there for quite some years, but the uses have been increased a lot. The last 10 years mostly in sensors warning about too much noise, and voice activation. However dynamic use, e.g., increase or decrease in noise levels, or different kinds of noise/sound have added many new use cases for the sound sensors.

1.3 Benefits of dynamic lighting controlled by sensors

There can be many benefits to using sensors in public lighting. The installations in DOLL, are however focused on energy savings, reduction of light pollution, improving safety for road users (commuters), making people feel safe at night, using lighting in a meaningful way, and increasing the quality of light.

Both energy saving and reducing light pollution can be obtained by reducing light levels to a minimum when nobody is using the street, square or path.

Safety and making people feel safe can be done by providing the right amount of light and the right warm or cold light for the different scenarios (much/no traffic – no people or many people). The right mix for every situation, which also increases both meaningfulness and the quality of light.

2 Ideoplæg og formål

Ideen med LUCIA projektet er at give kommuner mulighed for at maksimere besparelserne på belysning af udendørs offentlige arealer (typisk vejbelysning). Dette skal gøres ved at give offentlige myndigheder en up-to-date viden om de nyeste løsninger inden for intelligent dynamisk belysning i byerne med fokus på miljø, teknologi, økonomi og borger accept.

Ydermere er det vigtigt at kommuner og andre offentlige myndigheder får tilført viden omkring byplanlægning og grønne indkøb.

En hjørnesteen i projektet er at distribuere den opsamlede viden videre til byplanlæggere, energi ambassadører, belysningsansvarlige så vel som beslutningstagere i det offentlige.

Dette skal gøres ved at foretage fysiske installationer af intelligente dynamiske belysnings løsninger, der derefter testes og evalueres, og afslutningsvis udarbejdes der et kompendie, med anbefalinger, i brugen af intelligente dynamiske belysningssystemer.

Dertil stilles der i DOLL et "Living Lab" til rådighed for alle interessenter, hvor de ud over at kunne se de forskellige løsninger i den virkelige verden, også kan få vist simulationer, samt stille alle de spørgsmål de måtte have omkring emnet.

Intelligent dynamisk belysning er avancerede løsninger, der detekterer bevægelse i det offentlige rum. Hvis der ikke er tilstedeværelse, er der ikke behov for belysning, mens der er brug for lyset når der er trafikanter eller gående på veje, stier eller pladser. Dette gøres ved brug af sensorer. Der findes mange forskellige sensor typer, og de mest oplagte vil være bevægelse og lyd. Den efterfølgende intelligens/logik der tilføjes, når man har detekteret bevægelse, er også vigtig for de resultater der kan opnås med intelligente dynamiske løsninger.

Den intelligente belysning, der kan fjernstyres, og dæmpes i løbet af natten når antallet af brugere var lavt, var første skridt til besparelser. Men hvis man tilføjer det dynamiske element som dæmper lyset til et minimum når der ikke er tilstedeværelse, men skruer op på fuld styrke når der er giver et ekstra element af energibesparelse, men også sikkerhed/tryghed og sidst, men ikke mindst, meningsfuldhed i belysningen.

Hvis man ydermere kan tilføje en dynamik der giver lys til forskellige former for trafikanter ud fra deres forskellige behov, vil det give endnu større mening, og sandsynligvis også energibesparelser.

Ved at bruge DOLLs Living Lab vil projektet materialisere løsningerne og samtidig give en fingerpraj om hvor skalerbare løsningerne er.

Det er ambitionen at projektet vil inddrage både eksisterende DOLL-partnere og nye virksomheder indenfor sensorer for derigennem at bygge oven på den viden, der allerede er etableret og skabe nye unikke innovative løsninger.

3 Forberedelse af use-cases

Denne fase i projektet var designet til at give input, der kunne bruges ift. de virksomheder som kunne tænkes at deltage i projektet. Samtidig hermed skulle fasen afdække begrænsninger og potentielle risici, og dermed også krav ift. de løsninger som virksomhederne kunne tænkes at bidrage med.

3.1 Fokusgruppe

Første skridt var at få input fra borgere/brugere af belysning i det offentlige rum.

I Albertslund Kommune er der for forskellige områder i byen valgt såkaldte "belysningsambassadører". De indgår i et forum med Albertslund Kommune, hvor de orienteres og tages med på råd omkring tiltag vedr. belysning i det offentlige rum.

Belysningsambassadørerne blev inviteret til et dialogmøde hvor de blev præsenteret for en række spørgsmål (se figur 1 herunder).

- a) Er der nogen af jer der har erfaring med dynamisk belysning?
- b) Hvad er godt lys for dig og hvilke kvaliteter har et godt lys?
- c) Hvor meget betyder lyset for at man føler sig tryk?
- d) Vil det have nogen konsekvenser hvis man begyndte at nat-sænke belysningen på stier?
- e) Ville I stadigvæk have lyst til eksempelvis at cykle en tur om aftenen eller gå med hunden, hvis I vidste at lyset var dæmpet permanent efter kl. 23?
- f) Ville ønskescenariet være, at man ikke opdager at lyset dæmper?
- g) Har lysets farve nogen indflydelse på trykgheden?
- h) Vil det være værd at øge farvegengivelsen på trods af en meromkostning i energi?
- i) Er der forskel på hvilket transportmiddel i bevæger jer i rundt på ift. bevægelsessensorer?
- j) Hvor vigtig er effektiviteten på kommunens belysningsanlæg - Hvis kommunen kunne spare 20-30% alene ved at dæmpe lyset om natten?

Figur 1 – Spørgsmål til lys ambassadører

Generelt gav fokusgruppens besvarelser på spørgsmålene en positiv indikation omkring belysningen. Efter at belysningen i Albertslund Kommune var blevet moderniseret var borgerne positive overfor belysningen. De oplevede mere trykghed og meget højere kvalitet af lyset.

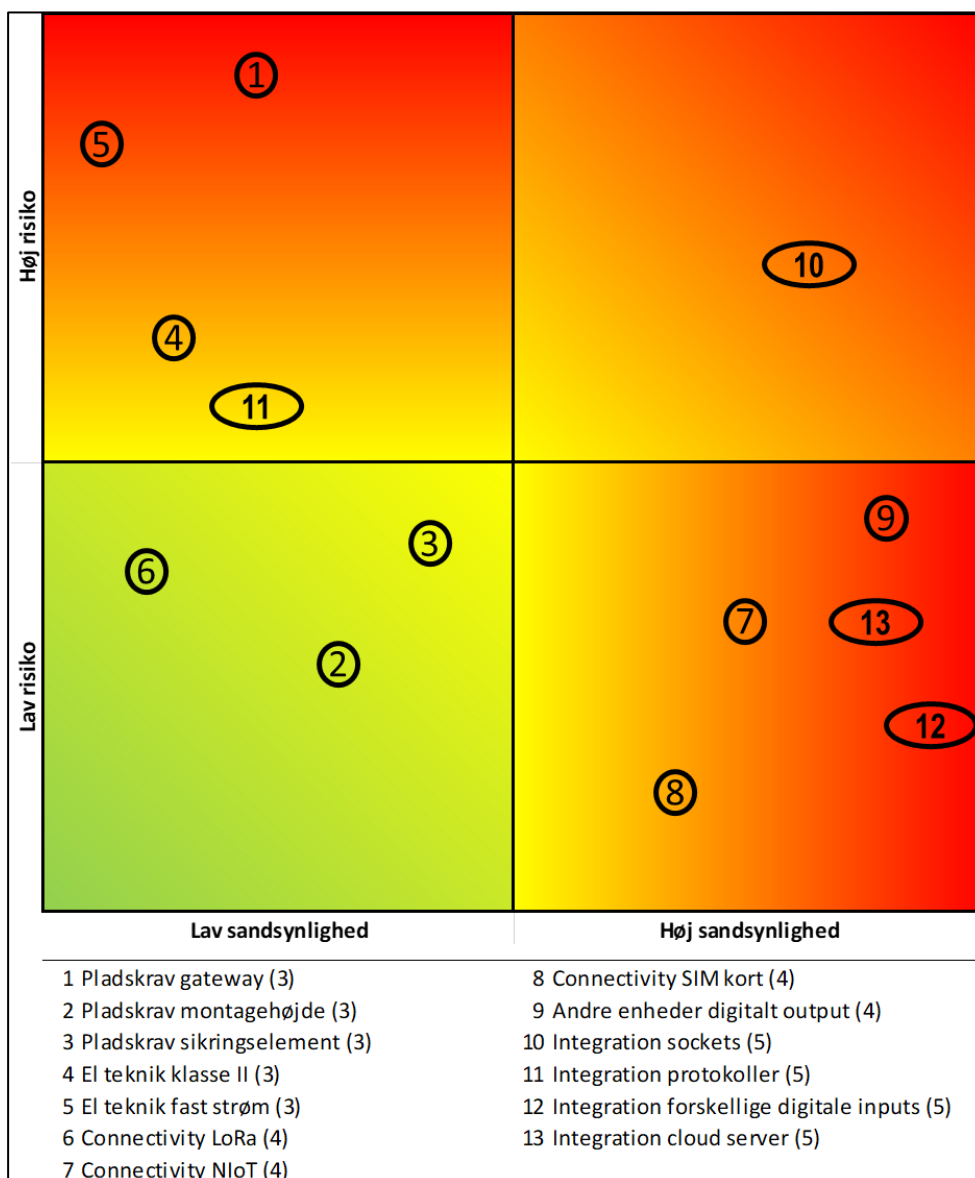
Holdninger til dæmpning af lyset, både i faste tidsintervaller og dynamisk via sensorer, var positive. Vigtigst var dog at lyset ikke blev slukket helt. Et vist belysningsniveau er nødvendigt, og regulering af lysstyrken skal helst være gradvis ift. pludselig. Der var klare kommentarer omkring ikke at bruge en "on/off" effekt i lysstyringen.

Ift. sensorer og dynamisk lys, så var det tydeligt at fokusgruppen overvejende så behovet/muligheden hos de bløde trafikanter, mens det ikke blev opfattet nødvendigt for bilisterne fordi her: "har man sit eget lys med". Albertslund Kommune er præget af separationen af veje og stier for at sikre de bløde trafikanter. Det betyder også at belysningen på stierne skal være i top, da der ikke er et lysbidrag fra vejene. I mere urbane miljøer vil andre brugere måske sætte større pris på dynamisk lys for bilister også.

Disse positive indikationer, gav således ikke et "no go" ift. installation af sensorer og dynamisk lys.

3.2 Tekniske krav samt afdækning af risici

Da LUCIA projektet skal installeres i en eksisterende installation (DOLL – Hersted Industripark) så var det nødvendigt at identificere hvilke tekniske krav der skulle stilles til potentielle virksomheder der ville bidrage med løsninger. I den forbindelse blev der først udarbejdet en risici matrix (se figur 2), og dernæst et regelsæt for nødvendige tekniske krav for at kunne deltage i LUCIA projektet.



Figur 2 - Risiko matrix

En klar risiko/problemstilling var manglen på Zhaga sokler i de allerede installerede armaturer. Derudover var specielt connectivity og integration også opmærksomhedspunkter.

Risikoanalysen viste at manglen på sokler, samt connectivity og integration var punkter, som skulle adresseres overfor potentielle deltager i projektet via markedsdialogen.

3.3 Evalueringsparametre

I markedsdialogen var det også nødvendigt at diskutere det forhold at løsningerne i projektet skulle evalueres. På forhånd besluttede projektgruppen sig for 3 kriterier som skulle diskuteres,

men input fra eventuelle projektdeltagere ville også blive taget i betragtning til evaluering af projekterne.

Som udgangspunkt var der tre punkter som projektgruppen ville evaluere løsningerne på baggrund af:

1. Business case med vægt på energi effektivitet og installation, drift og brug.
2. Er løsningen let at installere og kan den tilpasses mange forskellige (eksisterende) installationstyper?
3. Giver løsningen mening – og ultimativt giver den en wow-effekt for brugerne?

Tankerne bag de tre ovenstående parametre er at tage kommunens (byplanlæggeren) og dermed også (ultimativt) borgernes synsvinkel. Altså hvad er det der kan gøre at man vælger, eller fravælger, løsningen.

4 Markedsdialog

Under denne fase var det nødvendigt at få en god dialog med deltagerne i projektet.

Det krævede først og fremmest en afdækning af markedet, hvilke potentielle deltagere var der.

Dernæst skulle de eksisterende partnere i DOLL kontaktes. Deres installationer ville blive påvirket af nye sensorløsninger og en dialog om dette var nødvendig.

Så blev dialogmøderne afholdt. Da budgettet var begrænset og der dermed kun var plads til et begrænset antal installationer, blev der opsat begrænsninger ift. tidshorisont og finansielt omfang af installationerne.

Dernæst skulle aftale med deltagere indgås og juridiske aftaler underskrives.

Afslutningsvis skulle en installatør findes således at de arbejder der skulle udføres blev udført til en konkurrenceudsat pris.

4.1 Aftale med rådgiver

Hele processen omkring markedsdialogen indeholdt en del aspekter, der krævede både teknisk om markedsmæssig indsigt. Samtidig hermed skulle et udbud til udvælgelse af en installatør gennemføres.

Det blev derfor besluttet at et bygherrerådgiver udbud skulle gennemføres således at en bygherrerådgiver kunne findes.

Udbudsmaterialet blev udarbejdet og der var i opgavebeskrivelsen fokus på de følgende hovedområder:

1. Kortlægning og beskrivelse af fysiske parceller i DOLL, samt risikovurdering ved integration af nye løsninger
2. Kortlægning af marked og teknologier for bevægelsesdetektion i det offentlige rum, teknisk bidrag (rapport om markedsafdækning skulle udarbejdes)
3. Udarbejdelse af proces for markedsdialog ("long-list" af kandidater skulle udarbejdes, og disse skulle kontaktes for at høre om de var interesseret i et dialogmøde, dertil mødeagendaer og tidsplan).
4. Deltagelse i markedsdialog, udvælgelse af partnere.
5. Gennemføre installatør udbud (udbudsskrivning, udbudsproces og udvælgelse).
6. Udarbejdelse af metoder for vurdering af værdien af de enkelte løsninger

Dette udbud blev gennemført og en bygherrerådgiver¹ blev udvalgt inden for den af projektet givne økonomiske ramme.

Efterfølgende har rådgiveren også givet input til udbud for visualiseringsplatformen, og teknisk support og projektledelse til gennemførelse af nogle af installationerne i DOLL.

4.2 Markedsafdækning

For at afdække markedet for producenter med sensorer og løsninger, som kunne være relevante for LUCIA projektet blev en SOTA² analyse gennemført.

Som udgangspunkt for denne analyse blev tre spørgsmål stillet:

1. Er der tekniske afgrænsninger? (nogen teknologier der ikke er interessante)
2. Er der juridiske afgrænsninger? (nogen juridiske problematikker ved brug af sensorer)
3. Skal der afgrænses for specifikke løsninger? (er der nogen områder der slet ikke er interessante)

Dernæst blev der taget fat i de eksisterende partnere i DOLL, for at identificere om der var nogen af dem der allerede havde tekniske løsninger med sensorer der kunne bruges i projektet.

Her blev identificeres 18 løsninger med forskellige teknologier fordelt over:

- Kamera - 1 stk.
- Infrarød (IR) - 10 stk.
- Avanceret IR - 2 stk.
- Radar – 5 stk.

¹ Exlumi Consulting

² State of the Art

I markedsanalysen blev 20 producenter identificeret. Kriteriet for at komme med på denne "long list" var at producenternes løsninger teknisk lå inde for de ønskede sensorteknologier, og at løsningerne teknisk og lovgivningsmæssigt kunne tilsluttes de eksisterende installationer i DOLL.

Uddrag af long list herunder:

Producent	Sensor teknologi	Trådløs kommunikation	Data opsamling	Tilslutning	Protokol	IP klassificering	Kommentarer
Lumenia	Radar Doppler modul: 180-360° 5,8GHz <12m	Cloud via Gateway I skab og eller PLC: CAT. GPRS eller Cellular	Lumenia CMS Lum	NEMA socket/ Integreret sensor i armatur	DALI / 1-10V	IP64/65 IK08	Er muligvis kun integrerbart med egne armaturer
Tvilight Citysense plus	PIR Advanced	2.4GHz IEEE kommunikation via gateway I mast	Tvilight via Skylite node	Monteres på masten	DALI / 1-10V	IP 65	
Comlight	Radar Doppler Avanceret 24GHz	RF via Gateway m. LTE CAT NBLoT	Cloud via Luminizer CMS	Zhaga eller Polemount	DALI II	IP64/65	
Intelliilight	Node med digitalt input for motion detection	Gateway via LoraWAN NBLoT SigFox LTE Wi-SUN	Intelliilight CMS (m. Cisco API)	Zhaga og NEMA	DALI II		Har ikke selv noder, men er forberedt så kan styres med digital input fra anden motion sensor (McWong)
Cititelly	Radar Advanced 43° <40m 24GHz Direction	Gateway i skab via LTE CAT Eller Via PLC	Kan bruges med TALQ certificerede CMS. (Smartnodes)	Zhaga	DALI I/II 1-10V PWM	IP66	Smal radar areal kan benyttes med directional i hver sin retning
Newtek ActiveLights IQ	Radar 60° >20m	Via Gateway IQ box 3G Telekom	Eget software	Integreret i armatur		IP66 armatur	Radar sidder i armaturet og kan ikke benyttes på andre lamper

Figur 3 - Long List

På den udarbejdede "long list" var nu også sensor teknologier som ikke allerede fandtes i DOLL og som omfattede avancerede kameraløsninger³, avancerede radar løsninger og akustiske sensorer.

4.3 Partnerdialog

Markedsafdækningen identificerede om eksisterende partnere havde løsninger som kvalificerede sig til brug i LUCIA projektet. Det var der i et stort omfang.

Dernæst havde risikoanalysen identificeret at meget få af de installerede LED armaturer havde sokkel løsninger (Zhaga eller Nema). Det betød at der var stor sandsynlighed for at dele af de eksisterende armaturer skulle udskiftes for at sensorløsninger kunne blive installeret på dem.

Med udgangspunkt i disse to forhold blev alle de eksisterende partnere kontaktet for en indledende dialog. Mange var interesserede og udtrykte også ønske om at bringe nye producenter med ind i løsninger.

De interesserede partnere blev inviteret til markedsdialogmøderne.

4.4 Markedsdialog

Formålet med markedsdialogen var ultimativt at få indgået aftaler med et antal leverandører (som udgangspunkt 10-15 stk.) der kunne supplere den eksisterende installation i DOLL med sensorløsninger, baseret på ny teknologi, der var mere avancerede end det som tidligere var installeret i DOLL. Dernæst var det naturligvis vigtigt at løsningerne levede op til projektets formål og idegrundlag.

Inden de egentlige møder var havde der enten telefonisk eller fysisk været dialog både med partnere og eventuelt nye deltagere. Her blev det også pointeret at løsningerne kunne indeholde flere deltagere der arbejder sammen om en løsning, eller flere sensorteknologier i én løsning.

På baggrund heraf blev de potentielle deltagere prioriteret således at selve LUCIA projektet ikke blev "overtegnet". Kort sagt, så blev der i første omgang indkaldt til 10 møder.

Møderne blev gennemført med en fast agenda der indeholdt:

- Projektets rammer skulle forklares, både fysisk og økonomisk.
- De tekniske krav blev forklaret, hvilke løsninger kunne bruges men også de identificerede risici (sokler, samt connectivity og integration)

³ Når en sensor er avanceret, betyder det typisk at den ikke kun kan detektere bevægelse, men også tilføre andre oplysninger, eksempelvis: Hastighed, størrelse, type, retning, varighed, etc.

- Dernæst skulle praktikken forklares og roller aftales. Hvordan så tidsplanen ud, hvad skulle leveres ind i projektet, hvem stod for kontakt til andre partnere, hvordan og hvornår skulle installation foregå osv.
- Projektets evalueringskriterier skulle forklares og input til evaluering fra projektdeltageren medtages.

Der var meget stor tilslutning fra de potentielle deltagere, og de 10 deltagere blev rent faktisk fundet på de 10 første markedsdialogmøder. Efterfølgende blev 3 deltagere mere fundet, disse er dog knyttet til sensorløsninger på signalanlæg.

4.5 Aftaler med leverandører

Næste skridt var at få lukket aftalerne med deltagerne. Ift. at LUCIA er et EU-projekt, var der forskellige formalia der skulle overholdes før aftalerne kunne færdiggøres, men efter noget dialog frem og tilbage lykkedes det at lukke aftalerne inden for den opstillede tidsramme.

I alt blev der indgået aftaler for 9 løsninger, fordelt over 10 installationer og med 13 deltagere.

Tridonic	Focus Lighting	SEAS-NVE
Seneco	Delux	Verdo
Comlight	Signify	Swarco
Lacroix	Danintra	FutureAct
	Novalume	

Figur 4 - Deltagere i projektet

4.6 Aftale med installatør

Opgaven med installation af sensorer, løsninger og udskiftning af armaturer skulle udbydes. Opgaven blev beskrevet og udbudt af bygherrerådgiveren, og et underhåndsbud blev gennemført.

SEAS-NVE vandt underhåndsbuddet og der blev udarbejdet en installationsplan.

Selvom installationerne i store træk var ens, var der spidsfindigheder og variationer fra løsning til løsning der gjorde at installatøren måtte instrueres af flere gange omkring de forskellige sensorer. Det blev også besluttet at installationerne skulle udføres i flere "sprints" dvs. korte 1-2 dages



installationsperioder. Dette både som følge af uens leveringsdato for materialerne, men også så installatøren kunne opsamle viden fra gang til gang.

Grundet COVID19 måtte installationen strækkes over næsten et år, da der specielt var problemer med leverancer (komponenter) men også grundet forsinkelser som følge af hjemsendte medarbejdere.

Figur 5 - Udskiftning af armatur - til nyt med radar sensor monteret i Zhaga sokkel

5 Beskrivelse af løsningerne

I nedenstående er de forskellige løsninger beskrevet. De er grupperet efter teknologi, men kunne også være grupperet iht. løsningernes fordele.

Herunder er en figur med de forskellige løsninger, installationer, projektdeltageren, teknologier, og detaljer om løsningen.

Løsning	Installationsnummer	Sensor partner, sekundær partner	Løsning og teknologi	Fordele	Parcel nummer (belysningsklasse)
1	1	Tridonic	IR sensor med video kamera	Light-on-demand Lys kvalitet	44,45 (L7a)
2	2	Seneco, Focus Lighting	IR sensor	Light-on-demand Trafiksikkerhed	17, 18, 19 (E2)
3	3	Comlight, Delux	Radar Bevægelse	Light-on-demand Trafiksikkerhed	15 (L7B)
	4	Comlight, Signify	Radar Bevægelse	Light-on-demand Trafiksikkerhed	13 (L7B)
4	5	Signify	Akustisk sensor	Lys kvalitet	16 (E2)
5	6	Lacroix	IR sensor Radar bevægelse	Light-on-demand Trafiksikkerhed	43 (E2)
6	7	Lacroix	Akustisk sensor	Light-on-demand Trafiksikkerhed	41 (E2)
7	8	Danintra, Lacroix	IR sensor	Light-on-demand Trafiksikkerhed	14, 22 (L7B)
8	9	Novalume, Comlight	Radar Trafikintensitet	Light-on-demand Trafiksikkerhed	24 (L7B)
9	10	SEAS-NVE, Focus Lighting	Radar Trafikintensitet	Light-on-demand Trafiksikkerhed	46 (E1)

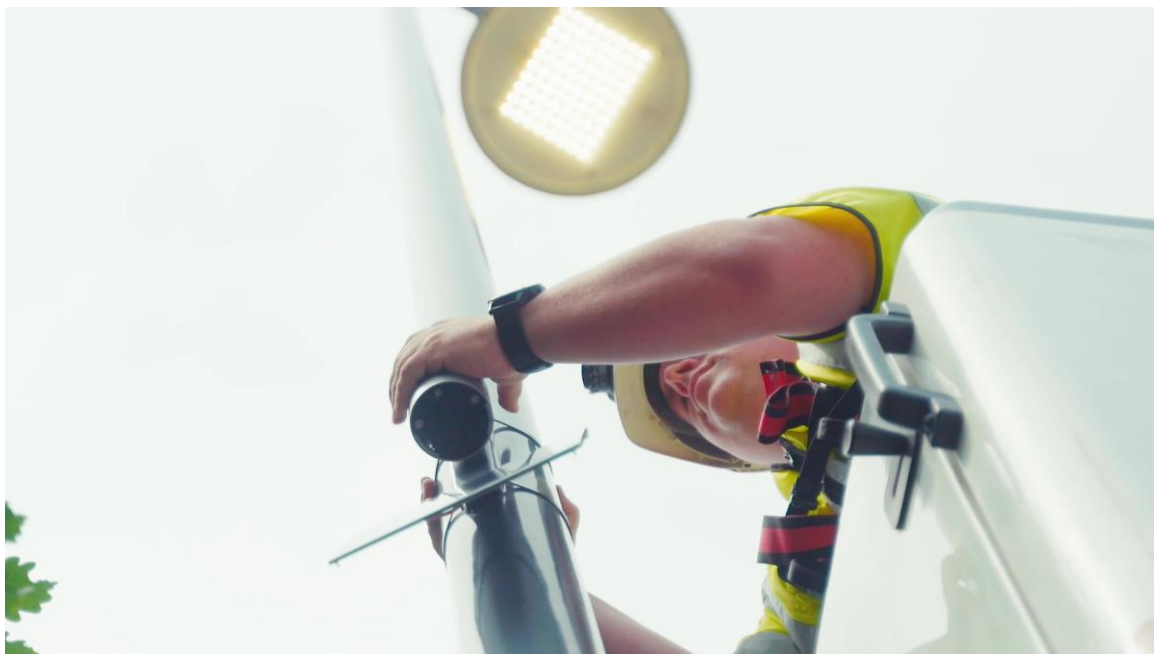
Figur 6 - Løsninger, installationer, partnere og fordele

Begrebet "light-on-demand" betyder at lyset reguleres op når der er bevægelse, lyd, etc. mens det skrues ned når der ikke er detektering.

"Trafiksikkerhed" dækker over flere ting, men i bund og grund drejer det sig om at der er tilstrækkeligt lys når det skal bruges.

”Lys kvalitet” bygger på præmissen om at bedre lys skaber større tryghed, men også større trafiksikkerhed ved at give bedre synlighed.

5.1 Løsninger baseret på kamera



Der bruges kamera sensor i løsning 1.

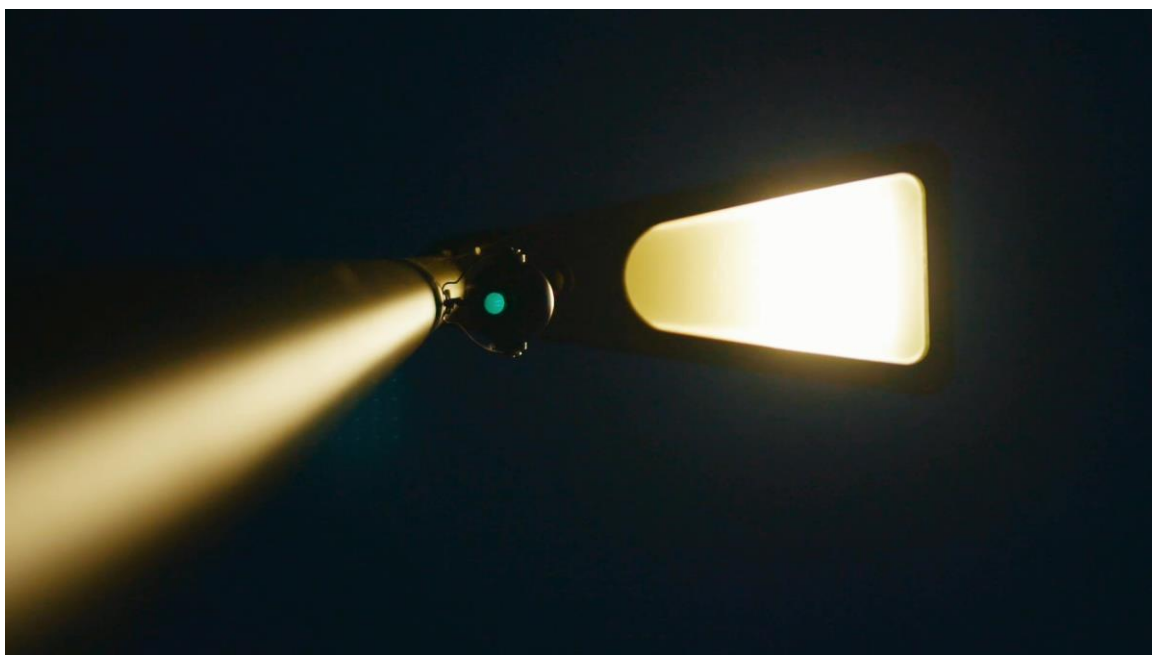
For løsning 1 bygger den kombinerede brug af bevægelses melder (IR) og et videokamera til identifikation af trafikant type, på et tankesæt omkring at de langsomme trafikanter (cyklister og gående) har brug for en højere lyskvalitet (farvegengivelse, farvetemperatur, lysstyrke), da de ikke i særlig stor grad selv medbringer tilstrækkeligt lys. Bilister har ikke de samme behov. Der skal være lys på vejen så man kan orientere sig og identificere de bløde trafikanter. Tankegangen er således at hvis der er mange bilister så bruger man mere koldt lys (med dårligere farvegengivelse med højere energieffektivitet). Hvis der er flest bløde trafikanter, gør man omvendt lyset varmere. Tilsvarende kan man gøre sig tanker om lysstyrke for de forskellige trafikanttyper. Her vil de bløde trafikanter befinde sig bedst i lave belysningsniveauer, da de ikke selv medbringer kraftigt lys, mens bilister skal bruge mere lys da de i forvejen selv oplyser vejen og dermed helst vil undgå kontraster (lys / mørke) da netop kontraster kan skjule de bløde trafikanter for øjet.

Fordelen ved at kombinere bevægelsesmeldere med kameraer er at der bruges en del energi på at et kamera kører hele tiden, og bag det er en lille computer, som tolker på de billeder som kameraet genererer. Computeren sammenligner løbende de seneste to billeder for at identificere

om der har været bevægelse, i hvilken retning, med hvilken fart og hvor stor det bevægende objekt er.

For at optimere energiforbruget bruger man en simpel bevægelsesmelder der giver signal om hvornår der er bevægelse og dermed hvornår kamera og computer skal gå i gang med billedanalysen.

5.2 Løsninger baseret på infrarød



Der bruges IR sensorer i løsning 1, 2, 5 og 7.

Løsning 1 er beskrevet ovenfor.

Løsning 2 er placeret på en super cykelsti der ligger isoleret ift. biltrafik og går gennem grønne områder. Her er der således ikke et sekundært lysbidrag og belysningsløsningen er den eneste form for belysning der er på stien. I lige præcis disse tilfælde er de nye vejregler fra Vejdirektoratet skærpet således at belysningsregelmæssighed og/eller belysningsniveau øges.

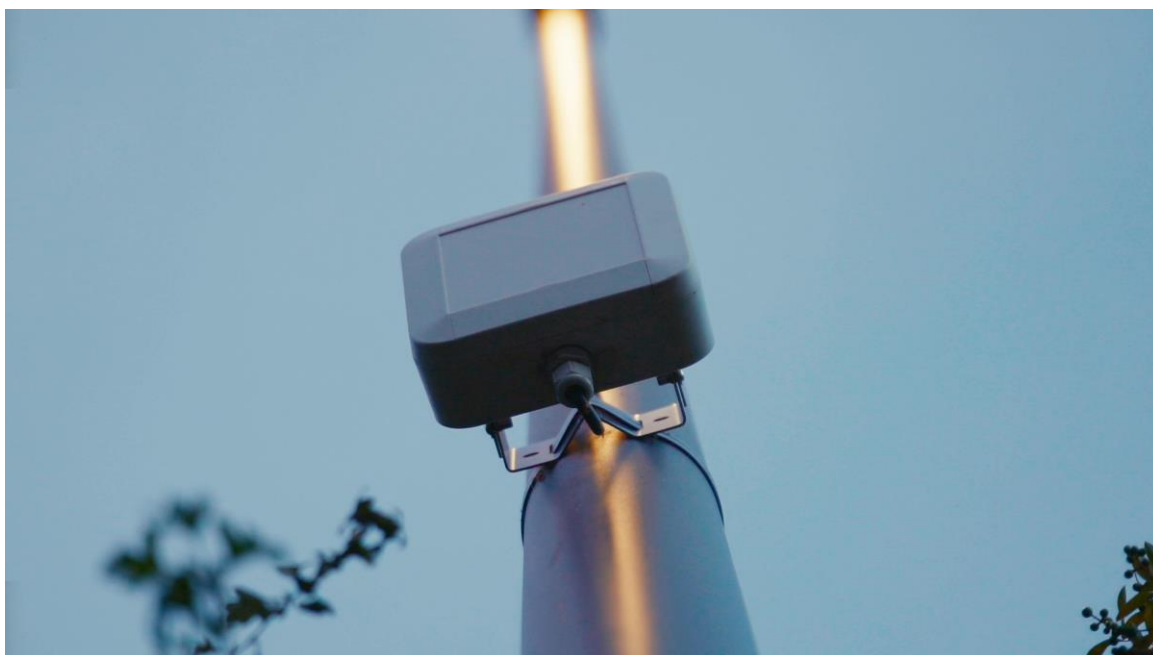
Øgede belysningsniveauer betyder højere energiforbrug, samtidig hermed vil belysning i åbent land øge lysforureningen. Ved at bruge en intelligente dynamisk løsning skaber man en "lys boks" på ca. 150 meter foran og bagved cyklisten/fodgængereren hvor der er et perfekt belysningsniveau. Men uden for denne lysboks er lyset dæmpet til et minimum for at spare energi og reducere lysforurening.

Når man som menneske står i lys og kigger ud i mørket, så kan man ikke se meget andet end mørke. Det er en konsekvens af hvordan øjet reagerer på kontrasten mellem lys og mørke. Hvis man placeres i en lys boks med lys 150 meter frem, så vil øjet for de fleste mennesker ikke opfatte mørket 150 meter fremme. Man vil således tro at hele strækningen er belyst selvom lyset rent faktisk er på et minimum 150 meter fremme.

Løsningen fungerer således at cyklistens retning identificeres og der sendes besked frem til de, eksempelvis 5, næste lamper om at der skal skrues op for lyset. Omvendt når der ikke har været bevægelse ved en lampe, i eksempelvis 20 sekunder, så dæmper den ned til et minimum. Alt dette foregår autonomt iht. de af sensorerne indmeldte bevægelser og et forprogrammerede regelsæt, der er lagret i en lokal mini computer (gateway) der kommunikerer via et trådløst netværk til lamperne.

Ligesom løsning 1, er løsning 5 en kombination af to teknologier, i dette tilfælde IR og radar. Sådanne former for løsninger er mere avancerede, men har også flere muligheder og større besparelspotentiale. Radarløsninger er beskrevet herunder.

5.3 Løsninger baseret på radar



Der bruges radar sensor i løsning 3, 5, 8 og 9.

På løsning 3 bruges en radar som typisk melder om bevægelse på lang afstand og med stor sikkerhed. Radaren måler bevægelse og sikkerhed selvom dens størrelse er meget lille og den som sensor er forholdsvis billig. Fordelen er således at man kan skabe en lys boks på flere hundrede

meter selv når bilerne kører med meget høje hastigheder (dvs. også på motorveje). Energiforbruget på motorveje er meget højt, da de har de højeste belysningsniveauer af alle veje. Hvis man samtidig tænker over at lyset brænder lige så kraftigt kl. 02.30 som det gør kl. 17.30 (i december måned) så giver det stor økonomisk mening at "nøjes" med en lys boks i stedet for at køre med fuld lysstyrke.

Med den intelligente belysning (som er ved at være standard for nye installationer) dæmper man lyset i de tidsrum hvor der ikke er meget trafik. Ud fra en økonomisk vinkel giver det stor mening. Færre trafikanter er lig mindre risiko for ulykker, derfor er det rent pragmatisk OK at sænke belysningsniveauet. For den enkelte bilist er billedet dog lidt anderledes. Lavere belysningsniveau ved højere hastighed skaber usikkerhed og øget risiko. Derfor er en løsning hvor en radar sensor skaber en lys boks med trafiksikkert lys for trafikanterne, klart at foretrække (en intelligent dynamisk løsning). Hvis det rent faktisk er sådan at der ikke er så meget trafik midt på natten, så viser tal at en sådan løsning – ud over øget trafiksikkerhed og større meningsfuldhed for den enkelte trafikant – samlet give et reduceret energiforbrug.

Funktionaliteten og tænkemåden bag løsning 5 er i stor udstrækning den samme som for løsning 3 og den beskrives derfor ikke yderligere.

Løsning 8 og løsning 9 bygger på samme idé: Ved at tælle antallet af biler (med en radar) kan man tilpasse lyset. Der skabes ikke en lys boks, men et "glidende" lysniveau afhængig af trafikniveauet. Denne tanke måde stammer fra en engelsk undersøgelse hvor man kunne øge trafikgennemstrømningen med få procent ved at øge belysningsniveauet med op til 50%. Umiddelbart tænker man at en eksempelvis 3% øgning af hastigheden på en strækning ved at bruge 50% mere lys er et meget lille udbytte. Men i London (og andre steder) hvor man har mange problemer med køer og trafikpropper kan selv 3% betyde mange millioner pund om året i det store samfundsregnskab, for ikke at tale om miljøregnskabet. Tankegangen er blevet meget anerkendt de sidste år og der er projekter i gang hvor machine learning inkluderes, og hvor der bl.a. tages højde for vej data, event data og andet i belysningsniveauet.

Målet er som sagt at øge trafikgennemstrømningen ved brug af et tilpasset lys niveau. Hvilket niveau der er det rigtige på hvilket tidspunkt, under hvilke omstændigheder og ved hvilke hastigheder vil kræve en del at udregne og estimere, men første skridt er at begynde at lave løsninger hvor data opsamles og funktionaliteten afprøves.

5.4 Løsninger baseret på lyd



Der bruges akustisk sensor i løsning 4 og 6.

For løsning 4 bruges den akustiske sensor på den måde at de registrerer lydniveauet (niveau i dB). Højere lydniveauer resulterer i højere belysningsniveauer. På den måde minder løsningen om løsning 8 og 9 skaber belysningsniveauer ud fra mængden af trafik.

Denne simple form for lydmåling har været brugt i mange år, er billig og virker. Rækkevidden er længere end IR, men akustiske sensorer kan være lidt sværere at kalibrerer ift. hvilket dB niveau der skal svare til hvilket belysningsniveau. Dertil skal det siges at de bløde trafikanter som oftest ikke afgiver meget lyd og derfor ikke registreres i samme omfang. På sigt vil der måske også være "problemer" ift. mange elkøretøjer.

I løsning 6 virker den akustiske sensor på en anden måde. Selve det funktionelle (hvide) lys i installationen er styret via en radar, men det armatur der er brugt i installationen, har også et sekundært lys (selve armaturhuset kan oplyses med farvet lys) og det er det lys som er styret af en akustisk sensor. Sensoren er opbygget således at den kan forstå kommandoer. De fleste kender eksempelvis Siri og Alexa funktionerne hvor man kan stemmestyre ting. Det er samme form for sensor der er installeret i løsning 6.

Løsningen er således bygget op sådan at det funktionelle lys (sikkerhed og energibesparelse) styres autonomt via en radar løsning, mens brugerne (fortrinsvis de bløde trafikanter) selv kan

sætte en farve i armaturernes skærm, og dermed skabe den stemning/tryghed/lyskvalitet som de gerne vil.

5.5 Løsninger til styring af trafiksignalanlæg



To cases med trafiksignalanlæg er aktiveret som en del af DOLL Living Lab ved Albertslund. Det ene sker i samarbejde med et dansk forsyningsselskab, Verdo Teknik, der sammen med yderligere partnere bygger et topmoderne trafiksignal anlæg. Dette system gør brug af forskellige tredjepartsdata fra f.eks. busser, biler og endda gadebelysning (integration med andre LUCIA-installationer fra Tridonic). Den anden er lavet i samarbejde med Swarco Danmark og Swarco Technology med stærkt fokus på avanceret trafikstyring, også med integration af tredjepart sammen med system for trafikstyring . Også denne case er en state-of-the-art løsning, der gør brug af f.eks. innovativ bus-prioritering og introduktion af nye udviklinger inden for sensor- og detektionsteknologier. De to LUCIA-cases er yderligere støttet af hovedstadsregionen og realiseret som en del af det nystartede DOLL ITS Living Lab.

6 Visualiseringsplatform

DOLL har som et "Living lab" været baseret på at besøgende kan komme og kigge på installationerne. Det har foregået både om dagen og om aftenen. COVID19 har betydet at der ikke har været besøgende i DOLL i mere end et år.

Som følge af dette blev det i projektet besluttet at lave en visualiserings platform, der muliggjorde at man med virtuel reality (VR) kunne besøge DOLL. Men ikke nok med at man skulle kunne bevæge sig rundt i DOLL og se installationerne, den virtuelle verden skulle også agere som virkeligheden, når eksempelvis sensorer blev aktiveret.

En VR verden der matcher virkeligheden tæt på 100%, ville også betyde at man ville kunne besøge DOLL om dagen men i VR versionen opleve belysningen om natten.

6.1 Udbud

Da LUCIA projektet er et Interreg projekt skulle opgaven med at fremstille en visualiseringsplatform udbydes. Bygherrerådgiveren bidrog med en teknisk kravspecifikation og udbuddet blev vundet af en østrigsk virksomhed med speciale indenfor VR området.

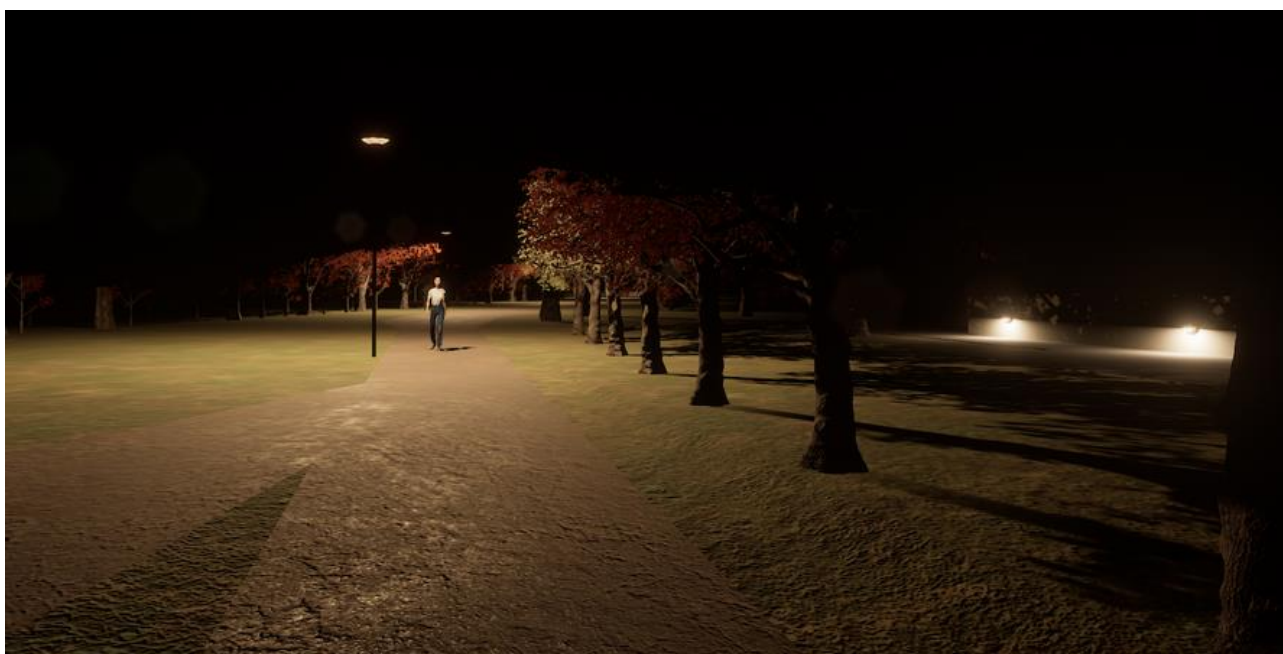
6.2 Løsning

Selve løsningen kaldet VLL (Virtual Living Lab) er meget overbevisende, og herunder er nogle af de udviklede nøgle funktionaliteter:

- DOLL-teamets medarbejdere kan via en computer guide besøgende gennem en VR verden med de forskellige DOLL installationer. Den virtuelle oplevelse er fotorealistisk, og virkelighedens sensor funktioner simuleres i VLL.
- Simuleringen af installationerne og funktionerne er så realistisk, at besøgende i VLL, bagefter i den virkelige verden er i stand til at genkende scenarierne vist i VLL. Dette inklusive realistisk visning af tid på døgnet, sol/måne, vejr og årstider.
- VLL har en funktionalitet, der gør det muligt for besøgende at observere deres egen tilstedeværelse i den virtuelle verden, så sensorers og armaturers funktioner "reagerer" på de virtuelle gæsters bevægelse. Desuden er sådanne reaktioner synlige i et dashboard, så resultaterne af den besøgendes handlinger både visualiseres og vises som data.
- Virkelige data registreret og gemt, kan indlæses og visualiseres i VLL. Det giver besøgende mulighed for at se historiske dashboard data (antal sensor registreringer/hændelser, strømforbrug, osv.). Derudover er det muligt at lave time lapse -simuleringer fra f.eks. i aftes eller tidligere perioder.
- I et time lapse forløb kan parametre ændres via en grænseflade i VLL. Det kan eksempelvis være flere biler, cykler eller fodgængere eller justering af dæmpningsniveauer og lysudbytte (lumen).

■

- Herunder et par billeder fra visualiseringsplatformen:



Figur 7 - Billeder fra VR visualiserings platformen

7 Evaluering

Ved evaluering af de forskellige løsninger er det vigtigt at få et så bredt som muligt grundlag og evaluere på baggrund af. For det første kan eksempelvis to kommune have forskellige behov for løsninger, dernæst er der forskellig økonomi, og afslutningsvis kan det også være forskellige installationstyper at sensorerne skal passe ind i.

I det nedenstående er præsenteret de evalueringsparametre som er vurderet relevante for LUCIA projektet i DOLL.

7.1 Energibesparelser og tilbagebetalingstid

I en snart 10-årig periode har der været en rigtig god business case ved at skifte først og fremmest til LED belysning og dernæst til lysstyret LED belysning. Tidligere var belysning en fast omkostning på budgettet, men med de to førnævnte teknologier blev det en mulighed for en besparelse i det kommunale budget. Disse besparelser har været en stor driver for mange kommuner i moderniseringen af belysningen, og denne jagt på besparelser er ikke stoppet. Samtidig hermed er kommunerne vænnet til at spørge om der er en business case for belysningsinstallationen.

Når man som belysningsproducent, eller sensor producent i dag udvikler produkter og løsninger er det derfor ofte en integreret del af tankegangen.

På baggrund heraf vil det i evalueringen være naturligt at inddrage realiserede energibesparelser ift. investering for, om muligt, at fastslå en tilbagebetalingstid.

7.2 Lysstyring (LMS)

Første bølge af intelligent belysning, hvilket indebærer at man kan lave dæmpnings kalendere i princippet på hvert enkelt lyspunkt, gav store energibesparelser (ca. 50%) for de kommuner som valgte at skifte til denne form for belysning med lysstyring.

I den forbindelse blev der i branchen udviklet en del lysstyringsprogrammer, på engelsk kaldet Light Management Systems (LMS). Disse systemer var naturligvis udviklet til at styre lyspunkter og havde i første omgang ikke mulighed for at styre lyset via input fra sensorer. Denne mangel resulterer i at man kan risikere at skulle købe et nyt LMS til styring af de lyspunkter der påvirkes af sensorer. Efterfølgende er mange af LMS tilpasset så en del systemer kan modtage sensorinput.

Derfor indgår der i evalueringen en bedømmelse af hvor godt de installerede løsninger kommunikerer/interagerer med LMS. Jo bedre kommunikationsmuligheder, desto nemmere bliver det for brugeren, og desto højere scorer løsningen i evalueringen.

7.3 Lethed ved installationen

Der kan være mange risici forbundet med at installere nye løsninger. Én ting er problemstillingen med at være first-mover, men det kan også være at den nye løsning ikke kan tilpasses det eksisterende anlæg uden at det vil medføre store omkostninger. Dernæst så kan selve installationsmetoden kræve så meget IT-mæssig tilpasning, at omkostningerne bliver meget store. Selve IT installationsdelen (også kaldet commissioning) skal helst være så nem som mulig, og resultere i at løsningens sensorer virker 100% efter første installation.

Med så komplekse installationer er det vigtigt at installationen efterfølgende er stabil, således at man ikke skal tilkalde driftsholder i tide og utide for at få fejl rettet og installation tilpasset. Derudover kan brugen af standarder som Zhaga sokler, hvor man let kan udskifte eventuelt defekte sensorer, klart at foretrække da det både gør selve installationen lettere, men også muliggør let afhjælpning af eventuelle fejl efterfølgende.

7.4 Funktionalitet

I forhold til funktionalitet er der primært to kriterier som er alt afgørende.

For det første at sensorer har tilstrækkelig intelligens til at fortolke deres observationer således at "besværlige" operationer automatiseres og fungerer efter hensigten og uden problemer. Når en løsning der eksempelvis skal skabe en lys boks for biler er installeret, så skal den fungere 100% efter hensigten, og den skal eksempelvis ikke forblive dæmpet, hvis en bil kommer ind på strækningen fra en sidevej og ikke bliver detekteret af radaren. Performance skal heller ikke påvirkes af enten mange eller få biler, eller af vejret, osv., osv.

Løsningen skal kort og godt virke perfekt uanset hvilke påvirkninger der måtte være, og "brugeren" skal helst ikke bemærke at løsningen agerer. Lys boksen, eksempelvis, skal være så god at trafikanten ikke en gang opdager at der er en lys boks.

Det sekundære kriterie er lidt modsat rettet af det første. Her skal brugeren opdage at løsningen har en (særdeles) gavnlige funktion. Der må gerne være en "wow"-effekt, der får brugeren til at tænke "hold da op, det er smart". Det kan eksempelvis være effekter som direkte kan styres af brugeren selv, eller effekter der indtræffer som følge af hændelser.

Det kunne være et lyspunkt der via lyset sender en advarsel til brugerne hvis der er et uheld eller en farlig situation, ekstra lys der aktiveres når en fodgænger går over i en fodgængerovergang, eller lys der kan skifte farve på brugerens foranledning.

Dertil så er det også en fordel hvis sensorerne potentielt kan bruges til andre ting end de i løsningen beskrevne. En optælling af cyklister, kan eventuelt være brugbar for andet end bare lyset. Derfor vil multifunktionelle sensorer også blive evalueret positivt.

En yderligere fordel er sensorer som har et standardiserede interface. Zhaga soklen, giver mulighed for at en sensor afmonteres og en anden isættes. Man kan endda forestille sig at sensoren kan flyttes rundt i eksempelvis in kommune for at foretage målinger/optællinger flere forskellige steder.

Altafgørende for evalueringen er at funktionaliteten virker efter hensigten og at den giver mening.

På baggrund heraf evalueres løsningerne for hvor lette de var fysisk at installere i DOLL, og hvor lette de var at idriftsætte ift. commissioning, og afslutningsvis hvor let det er at visualisere de data som sensorløsningen genererer.

7.5 Green Public Procurement

Det er i projektet vurderet at krav formuleret som del af GPP, skal være mindre styrende for dette pilot site. Det grundet at udgangspunktet om at fokusere på en bred løsningsvifte af dynamiske belysningsløsninger ville imødekomme og flugte idegrundlaget med GPP naturligt. F.eks. vil krav om energieffektivitet opfyldes i yderste forstand i kraft af løsningernes natur om at levere et minimum af lys på alle tider af døgnet kun afbrudt af en opstået aktivitet i tilknytning til det enkelte lyspunkt eller strækning. Dertil fokuseres der ikke kun på en enkelt løsningsleverandør, men et bredt udsnit af leverandører, der tilsammen præsenterer et markant udsnit af muligheder for byer at arbejde med det nævnte løsningsområde – materialiseret i DOLL Living Lab, Albertslund.

7.6 Evalueringsresultater

Grundet den forsinkede installationsperiode og COVID19 er der ikke indsamlet tilstrækkelige data til at give en endelig evaluering af de forskellige løsninger. Optimal set vil observationer fra ét normalt år være den bedste basis til evaluering af eksempelvis energibesparelser og funktionalitet.

COVID19 har uden tvivl givet reduceret trafik og ændringer i trafikmønstrene. Derfor anbefales det at evaluere fra 2. halvår 2021 og et år frem.

Indtil videre er der observationer på installationen og hvordan den er forløbet. Installationerne er dog foretaget over en længere tidsperiode, så det vil være nødvendigt at evaluere de forskellige løsninger relativt mod hinanden for at give en mere differentieret evaluering.

På de forskellige løsninger bliver der opsamlet data, men de ligger indtil videre lokalt hos partnerne og tilgængelighed for DOLL skal etableres for en endelig evaluering kan foretages.

Løsningen vil være at lave en række reviews hvor løsningerne gennemgås og det undersøges om de fungerer som planlagt, og om de kræver ind justering for at fungere bedre. Dernæst skal

partnerne give fuld adgang til data og observationer, og afslutningsvis skal løsningens samlede økonomi granskes således at både investering og driftsomkostninger holdes op mod besparelsen.

7.7 Bilag

Til brug for gennemførelse af denne pilot site blev der gennemført udbud af forskellige opgaver, herunder opgave for installation samt opgave for opbygning af VR-miljø. Begge udbudte opgaver fremgår som bilag.

- Bilag 1: Omhandler en beskrivelse af arbejder der skal udføres samt krav og vægtning ifm. vurdering af indkomne tilbud.
- Bilag 2: Omhandler ligeså en beskrivelse af opgaven, krav og tildelingskriterier.

Relevansen for de to opgaver beror på valg af professionel entreprenør til udførelse af installationerne ligesom mulighed for at kunne gengive og demonstrere løsninger i virtuel format forudsatte at valg af rette kompetence herfor.