

RAPPORT [XX/YY] (*kun for Urbanet, kan slettes av andre*)

# Konsekvensutredning TQC Drag

Lysforurensing vurdering



## Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	The Quartz Corp AS
Tittel på rapport:	Konsekvensutredning TQC Drag
Oppdragsnavn:	TQC Trafikk, energi- og klimagassanalyse for KU
Oppdragsnummer:	639980-01
Utarbeidet av:	Karen Birgitte Kråkevik og Tor Arne Flåten
Oppdragsleder:	John Ingar Jenssen
Tilgjengelighet:	Åpen

## Forord

I forbindelse med konsekvensutredning av TQCs utviding av industriområde skal det utarbeides en KU for tema lysforurensing.

Rapporten og arbeidene er satt opp iht. veilederen *M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø*. Den tar for seg de nevnte miljøtemaene og vurderer de mulige konsekvensene av planalternativene sammenlignet med 0-alternativet.

---

---

---

---

---

01	17. mar. 2023	Konsekvensutredning TQC Lysforurensing	KBK, TAF	KBK, TAF
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

# Innholdsfortegnelse

1.	Sammendrag	4
2.	Bakgrunn	5
	2.1. Planområde	5
3.	Lysforurensing	6
	3.1. Referanser og regelverk	6
	3.2. Påvirkning på fauna og flora	8
	3.3. Grep for å redusere lysforurensning	8
	3.4. Anbefalte belysningsnivåer	10
4.	Dagens situasjon	11
5.	Ulike utbyggingsalternativ til vurdering	14
	5.1. Utbyggingsalternativ 1	16
	5.2. Utbyggingsalternativ 2	18
	5.3. Sikringsbelysing – utearealer og fasader	19
	5.4. Lyskastere med bevegelsesdetektor	19
	5.5. Armaturvalg	20
6.	Konklusjon	21
7.	Oppsummering	25
8.	Kildeanvisning	26

# 1. Sammendrag

Asplan Viak har fått i oppdrag fra TQC å utføre en vurdering av konsekvensene ved utbyggingen av The Quartz corp (TQC) sitt produksjonsanlegg for kvarts på Drag.

Området er tenkt utvidet fra dagens 12.666m<sup>2</sup> til en økning i industriområdets størrelse på 18.000-25.000m<sup>2</sup>.

Vil det da bli økt lysforurensing i området? Hvordan påvirker dette bomiljøet både med tanke på økt transport på land, men også til vanns med utvidelse av dypvannskai?

Hva vil økt bruk av lys ha å si for det biologiske mangfoldet. Marinbiologien og fauna generelt?

Rapporten belyser ulike relevante tematikker, og ser på de ulike løsningsalternativene opp mot hverandre.





## 3. Lysforurensing

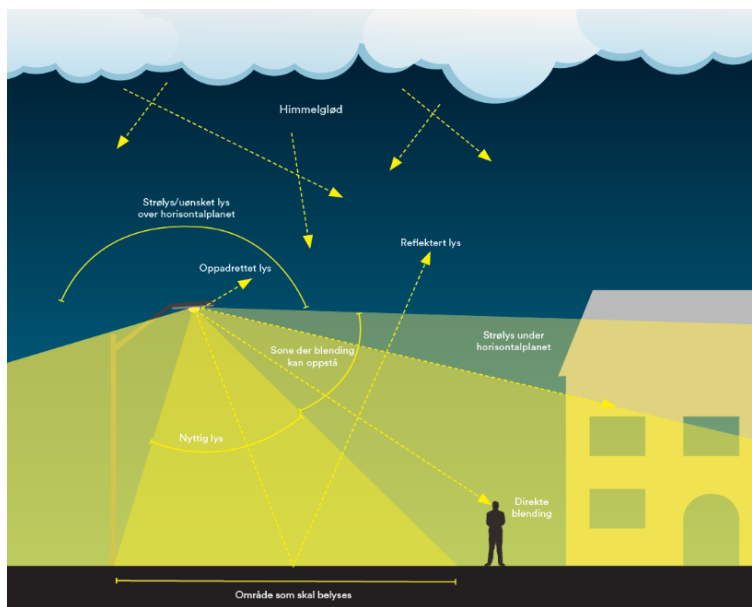
### 3.1. Referanser og regelverk

Lysforurensning defineres enkelt som den totale mengden uønsket eller overflødig lys. Videre sier Statens vegvesens håndbok V124 blant annet: Belysning kan påvirke både dyr og menneskers helse gjennom å påvirke døgnrytmen og planters vekstsyklus. Ved å redusere lysforurensning vil også energiforbruket reduseres. Lysforurensning i et gitt område er avhengig av antall lyskilder, hvor sterkt disse lyskildene lyser, retningen de lyser i, hvor mye av lyset som reflekteres, fargetemperatur/spektralsammensetting og de atmosfæriske forholdene.

Lysforurensning er et område med lite regulering og lite oversyn. Det finnes noen referanser i internasjonale standarder og veiledninger. Noe av dette er referert til eller delvis gjengitt i norske veiledninger og standarder. Eventuelle grenseverdier er lite kjent og etterprøves dermed i liten grad.

Lysforurensning kan bestå av flere komponenter;

- Blending – Høye lysnivåer og kontraster som forårsaker visuelt ubehag.
- Himmelglød – Lys i atmosfæren som gir en glød på himmelen, og som hindrer utsyn til stjerner.
- Strølys – Lys fra en installasjon som spres til steder der lyset ikke er tiltenkt, inkludert atmosfæren.
- Unødig lys – Overflødig eller dårlig rettede lyspunkter som skaper visuelle barrierer.



Figur 2:

Illustrerer ulike komponenter i lyset med utgangspunkt i en veilysmast og det er illustrert hva som er nyttig lys og hva man bør minimere. Kilde: Lyskulturs faktaark F06 Lysforurensning

Tabell 1: Lyskulturs Luxtabell 1C Tabell 2: Grenseverdier for strølys fra utendørs belysningsinstallasjoner fastlagt med henblikk på å minimere forstyrrende/skadelige virkninger på mennesker, fauna og flora.

Type område	Belysningsstyrke mot nærliggende eiendom		Lysstyrke fra armatur		Opplys $R_{UL}$ (%)	Luminans	
	$E_v$ Lx	$E_v$ Lx	$I$ cd	$I$ cd		$L_b$ cd/m <sup>2</sup>	$L_s$ cd/m <sup>2</sup>
	Fullt nivå <sup>a)</sup>	Nedregulert nivå <sup>a,b)</sup>	Fullt nivå <sup>a)</sup>	Nedregulert nivå <sup>a,b)</sup>		Bygningsfasade	Skilt
E1	2	0 <sup>c)</sup>	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

<sup>1</sup> a) Hvis det ikke er innført reguleringer, skal de høyeste verdiene ikke overskrides, og de laveste verdiene skal benyttes som anbefalte grenseverdier.

b) Nedregulert nivå henviser til nivået i den tiden på døgnet da det skal være nattero som i Norge er definert som tidsrommet mellom kl. 23:00 og 06:00. Vær oppmerksom på at det kan forekomme lokale variasjoner i enkelte kommuner og ned på bydelsnivå som må sjekkes i hvert enkelt prosjekt.

c) Hvis belysningsarmaturene er beregnet til offentlig belysning eller vegbelysning, kan verdien være opptil 1 lx.

Fra Lyskulturs Luxtabell 1C for utendørs arbeidsplasser finnes grenseverdier for lystekniske parametere som kan bidra til lysforurensning. Type område vurderes utfra hvor lyst eller mørkt et område generelt er fra helt mørkt (nasjonalparker). Her vil E2, som representerer områder med lavt belysningsnivå som industri eller boligområder på landet, være den mest nærliggende klassifiseringen.

Informasjonen er den samme som i norsk standard NS-EN 12464-2 og informasjonen er hentet fra den internasjonale belysningskommisjonen, CIEs publikasjoner 126 og 150.

Belysningsstyrke mot nærliggende eiendom kan forholdsvis enkelt måles, men hvis det er flere kilder som lyset kommer fra vil det i ett offentlig miljø som her være mer utfordrende å lokalisere hvor mye lys som kommer fra de respektive kildene.

Lysstyrke fra armatur kan være vanskelig å måle i felt.

Luminans fra fasade eller skilt kan forholdsvis enkelt måles med ett luminansmeter.

Prosentandel opplys er vanskelig å måle i felt, men denne og de andre parameterne i tabellen kan enkelt kontrollere i en lysberegning ved prosjektering av ett nyanlegg.

Det er klare retningslinjer for at strølys skal begrenses mellom kl 23 og 06, men vi er i liten grad kjent med at dette refereres til i offentlig planverk eller forskrift og veiledninger.

### 3.2. Påvirkning på fauna og flora

Stadig flere studier underbygger lysets påvirkning på fauna og flora og deres naturlige habitat.

Lys er grunnleggende for eksistensen av flora og fauna. Lys er ikke bare en energikilde, men også en kilde til informasjon for alle arter med en atferd som varierer gjennom døgnet, måneden og året. Kunstig lys på natten påvirker gjennom å «forurens» det naturlige signalet de får gjennom fraværet av lys om natten. Dette er med på å påvirke det biologiske mangfoldet negativt.

Både leddyr, fisk, amfibier og fugler blir påvirket av lys, nivået, intensiteten, varigheten og fargen. For at de skal kunne regulere sin døgnrytme er kunstig blått lys om natten uheldig og være en faktor som påvirker deres levevilkår negativt.

Generelt er det UV, blåe og grønne lysfarger som påvirker i større grad, lyskilder med lavere fargetemperatur, altså mindre andel kortbølget lys, vil dermed tiltrekke færre insekter, og særlig om lyskilden er tilpasset så den utstråler minst mulig kortbølget (blått) lys.

Dette kan løses ved å velge armaturer med en spektralfordeling med lavest mulig påvirkning på insekter. I særlig sårbare områder bør den spektrale sammensetningen i lyskilder dokumenteres, Se Statens Vegvesen/USN Lysforurensing og mulige tiltak i nordisk kontekst.

### 3.3. Grep for å redusere lysforurensning

I en prosjekteringsfase er det forholdsvis enkle grep man kan ta for å redusere lysforurensning og den negative effekten dette kan ha, for eksempel på naboer.

- Lys kun opp det som skal belyses og begrense strølys utenom dette.
- Plasser armaturer og vinkle disse slik at du ikke peker mot naboer og at innsyn til armaturene lysende flater begrenses.
- Benytt kun belysningsutstyr som er digitalt dimbart<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Med dimbart mener vi LED drivere laget for å motta digitale styresignaler, for eksempel DALI, og regulere lysytelsen i LED'ene til ønsket nivå. Det vil si at vi gir driveren optimale driftsforhold (230V) og dimmer på sekundærsiden. Hvis PWM teknologi benyttes påse at flimmer unngås (BREEAM standarden til eksempel spesifiserer en frekvens på >450Hz for at lyset skal være fritt for flimmer, men det finnes også øvrige måter å definere/måle flimmereffekten).

- Påse at innvendig belyste skilt ikke har for høy luminans (intense) og utstyr disse også med dimbare drivere.
- Installer et lysstyringssystem.
- Benytt lys med en varm fargetemperatur.

Bruk av dimbart lysutstyr gir flere fordeler. Belysningsanlegget kan enkelt reguleres til ønsket lysnivå, energiforbruket reduseres, levetiden på LED-lyskildene økes. Flere lysnivåer og scenarier kan enkelt programmeres og settes til automatisk å redusere lysnivåer på kvelds- og nattestid. Et styreanlegg gir også enkelt muligheten til å tilpasse intensiteten i lysskilt, lysnivåer på fasader og utendørsområder for å balansere behovet for merkantil eksponering med nabopåvirkning. Bevegelsessensorer kan også benyttes til å regulere lysnivået, men overganger må være relativt langsomme for ikke å tiltrekke uønsket oppmerksomhet. Lys med varm fargetemperatur inneholder mindre lys i den blå delen av lysspekteret, noe som bidrar til å redusere skyglow/himmelglød. Varmere lys kan også oppleves mindre «påtrengende» for omgivelsene.

### 3.4. Anbefalte belyningsnivåer

Belysningsnivåene er veiledende. De er basert på NS-EN 12464-2:2014 og Lyskulturs publikasjon 1C "Luxtabellen og planleggingskriterier for utendørs arbeidsplasser".

	Gjennomsnittlig belysningsstyrke <b>Em</b>
Lysstyrke for hele området	15-25lux
Container område (+kjøretøy)	>25lux
Terminalt område	20lux
Kaianlegg	20lux
Kaikanten	>5lux

Tabell 2: Fra lysberegning TQC oversendt på mail.

Anbefalingene er også basert på pålegget fra ferga om å ha mindre enn 5lux på kaikant. Det er også ett ønske fra oppdragsgiver at lyset rundt havna kan skrus av om natta da lasting og lossing i veldig liten grad skal skje på nattestid.

Lysstyrken må være begrenset mot havkanten for å unngå refleks for havnetrafikken.

Tabell 7.7 Industri- og lagerområder

Ref.nr	Område, synsoppgave eller aktivitet	$E_m$ lx	$U_0$	$GR_L$	$R_a$	Merknader
5.7.1	Kortvarig håndtering av store enheter og råmaterialer, lasting og lossing av faste løsmasser	20	0,25	55	20	
5.7.2	Kontinuerlig håndtering av store enheter og råmaterialer, lasting og lossing av gods, løfte- og løsløsningsområder, forkranter, åpne lasteplattformer	50	0,40	50	20	
5.7.3	Avlesning av adresser, tildekkede lasteplattformer, bruk av verktøy, ordinære armerings- og støpeoppgaver i betongvareindustrien	100	0,50	45	20	
5.7.4	Krevende elektriske installasjoner, maskininstallasjon, rørlegging, og kontroll	200	0,50	45	60	Bruk lokal belysning

Tabell 3: Lyskulturs Luxtabell 1C Tabell 7.7 industri- og lagerområder

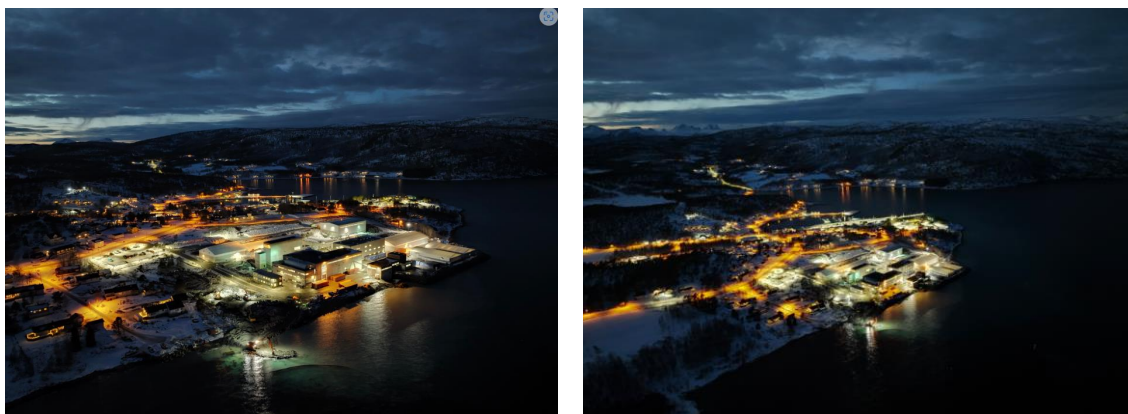
Avmerket i grønt område viser vårt anbefalingsnivå utfra arbeid som skal gjøres på anlegget.



## 4. Dagens situasjon



Figur 3: Dagens situasjon dagtid. Dronefoto februar 2023.



Figur 4 Dagens situasjon kveldstid. Dronefoto februar 2023.

Dagens situasjon viser at tilkomsten til anlegget går via Fv7536 Hellelandsveien. Innkjøringen inn til området er skrånende ned mot fjorden og lukka område. Område er avgrens/ sikra med inngangsport til området.



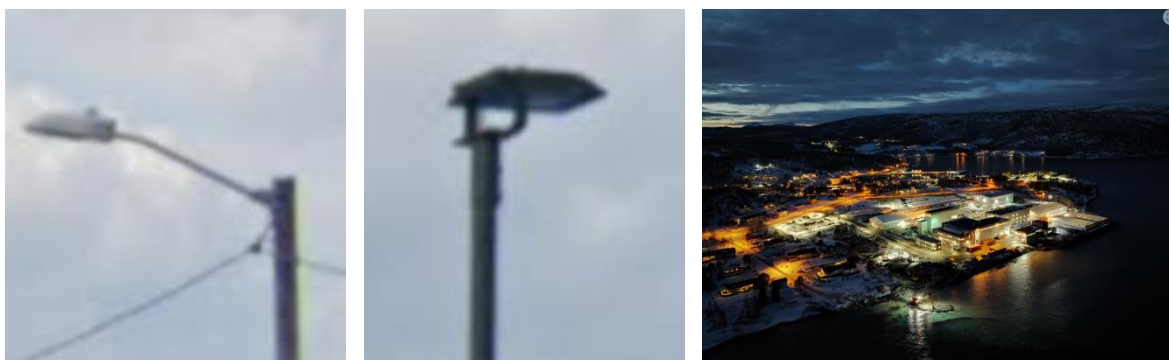
Figur 4: Dagens situasjon fra Hellelandsveien. Foto: Google Maps, august 2022.

Belysningsanlegget består i denne delen av anlegget av funksjonsbelysning.

1. Lysmastene gir funksjonell belysning på bakken for kjørende og gående langs Fv.
2. Høye lysmaster inne på området gir områdelys.
3. Lavere master gir lys til innkjøringsområdet og til port.
4. Fasadebelysning på og rundt bygningen gir for eksempel økt sikkerhet og trygghet for de ansatte. Fasademonterte armaturer er også med på å lette veivisningen.



Ved hjelp av Googles Streetview er vi i stand til å observere at dagens lysmaster langs Fv ser ut til å være av eldre dato, og tiltet oppover. Dette gir potensielt mer strølys mot naboer og innsyn i lysende flater – blendingspotensiale. Dronefotoet viser at det mest sannsynlig er NAV-E lyskilder lang vei da de har det karakteristiske gule lyset på nattbilder tatt med drone.



Figur 6: Lysmast på Hellelandsveien og innkjørselsvei TQC. Foto: Google Streetview, august 2022. Dronefoto februar 2023.

Til sammenligning ser mastene på parkeringen utenfor sikkerhetsgjerdet ut til å være av nyere dato. De armaturene har en plan avskjerming, og er horisontalt montert. Dette er den foretrukne belysningsløsning (som også begrenser lysforurensning).



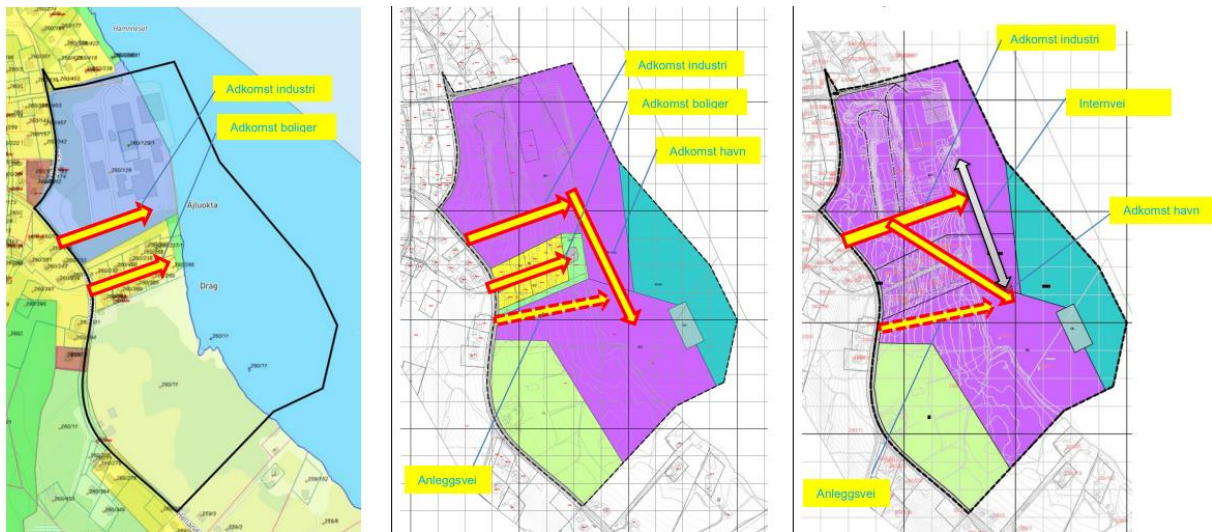
Figur 7: Dagens situasjon kveldstid. Dronefoto februar 2023.

Alle kommunale veier i området er med NAV-E lyskilder, gult lys. De fleste interne veier, inne på anlegget, er belyst med mastebelysning med en kaldere fargetemperatur. Det er fasadebelysning der det trengs, ved inngangssoner og last/losse situasjoner rundt om på anlegget. Inne på anlegget er LED armaturer benyttet.

## 5. Ulike utbyggingsalternativ til vurdering



Figur 8: Dagens trafikk situasjon med ønsket fremtidig planområde. Fra detaljreguleringsplanen.



Figur 9: 0-alternativet. Dagens situasjon. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Figur 10: 1-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Figur 11: 2-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Alternativ 1 og 2 vurderes opp mot 0-alternativet

Det må lages ett belysningshierarki både for å lette orienteringa, men også for å ivareta sikkerheten og tryggheten på anlegget.

Er det deler av anlegget der det behandles farlig gods, så trenger disse arealene mer lys og kanskje også en bedre fargegjevingelse for å sikkert kunne håndtere farlig gods.

Ett integrert styringssystem som settes opp sammen med bruker er essensielt både for å unngå lysforurensing, men også for å senke kostnader. Se for øvrig kapittel 3.3.

Lysnivået kan for eksempel være høyere en november morgen kl 7 eller ettermiddag kl 17, enn det bør være på sen kveld og natt. Videre kan bevegelsessensorer benyttes sammen med et lysstyringssystem til å redusere lysnivået i de delene av anlegget som til enhver tid ikke er i bruk.

Da spesielt med tanke på kaivirksomhet på nattetid med lasting og lossing av båter.

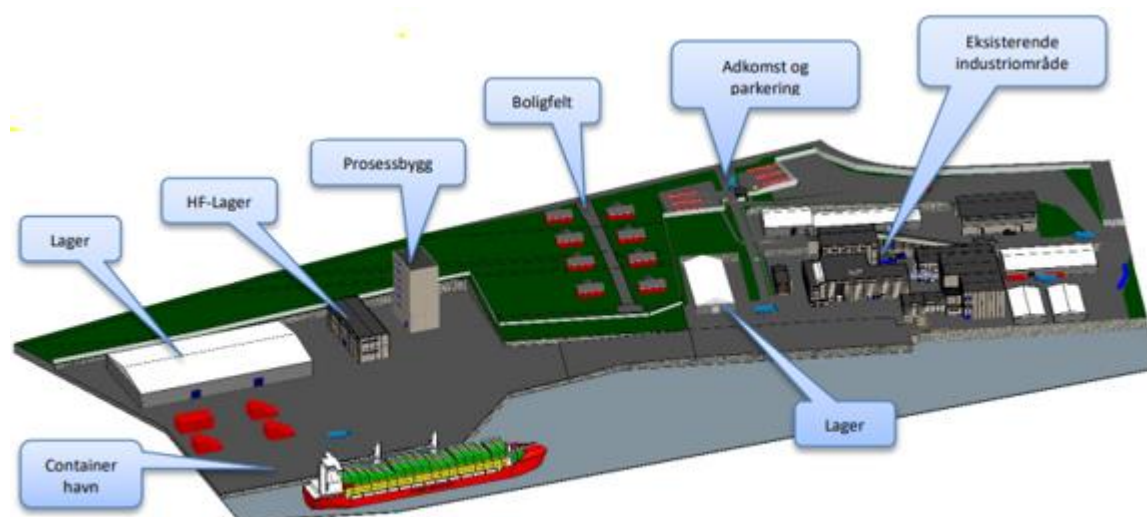
Spesielt i kaiområdet er det viktig at belysningen plasseres og utformes uten blending og refleksjoner.

Viktig å unngå direkte blending fra armaturene, men også refleksjonsblending fra blanke flater.

Både mennesker og gjenstander bør belyses slik at form og overflate fremtrer klart og behagelig. Det er viktig i lyssettingen å unngå de harde skyggene som gjør at menneskers øye kan mistolke situasjonen.

Slik vil man kunne redusere lysforurensning, bedre bærekraft i anlegget og ivareta naboer og omgivelser på en bedre måte.

## 5.1. Utbyggingsalternativ 1



Figur 12: 1-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

I alternativ en beholdes boliger på nedsiden av fylkesveien og anlegget utvides “rundt” disse. Det vil i dette utbyggingsalternativet bli trafikkerte veger på tre sider av husene, to veger vil være i forbindelse med anlegget og den siste er fylkesvegen.

Denne løsningen vil kreve at det tas mer hensyn til bebyggelsen enn ved valg av alternativ to.

Det er nærliggende å tro at intern transportvei langs sjø/kai vil være den vegen som vil være mest til sjenanse for bebyggelse. Utfylling i sjø er nødvendig for å kunne etablere utvidet kaifront samt intern transportvei mellom nytt og eksisterende anlegg. All intertransport vil da gå langs sjø/kai. Den økte transportmengden langs fjorden vil kreve mer lys. Dermed mer potensiell lysforurensing av både fauna og flora

Det er nærliggende å tro at intern transportvei langs sjø/kai vil være den vegen som vil være mest til sjenanse for bebyggelse også.

Belysning av internveger og arbeidsområder bør differensieres, da disse har forskjellige belysningskrav og belysningsløsning kan varieres mellom dem.

Containerhavnen (ny) har ikke noen høye bygninger som er godt anvendbar til armaturplassering.

Belysning av disse områdene forutsetter vi da at løses med høye/middels høye master.

Det er fra ferge stilt krav til strølys mot kaifront og sjø. Dette er også viktig i forhold til lysforurensing til fauna og flora. Med dagens LED teknologi er det lettere å belyse ønskede arealer. Dette fordi lysfordeling ut av armaturer er mer kontrollerbart enn med tidligere teknologier. Tilleggsutstyr til

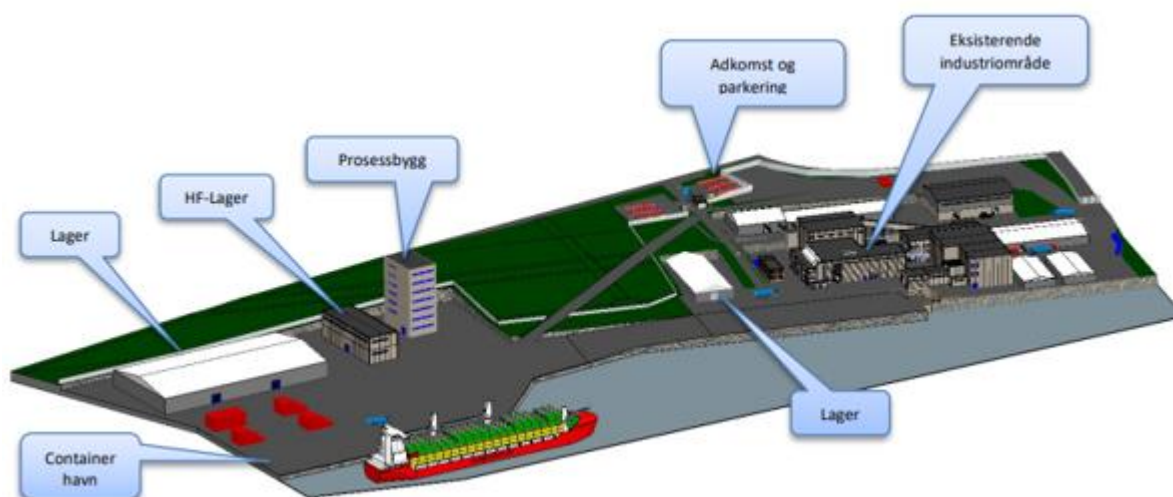


armaturene som nevnt i punkt 6 må også vurderes på hver enkelt plassering. Dette, i tillegg til behovsstyring, må brukes aktivt for å minimere ytre påvirkninger fra lyset i anlegget.



Figur 13: 1-alternativet. Kjøremønster internt. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

## 5.2. Utbyggingsalternativ 2



Figur 14: 2-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

I utbyggingsalternativ to er boliger ikke med, og hensyn til bebyggelse blir derfor mindre betydelig enn hensyn til miljø/fauna. Området der boliger ligger i dag vil omformes til en intern transportveg og noen grøntarealer. I dette alternativet vil belastningen på intern transportvei langs sjø reduseres da all inntransport på veg vil foregå på ny transportveg. Redusert trafikk på internvei langs sjø vil medføre lavere belyningskrav. Noe som igjen vil føre til mindre lysforurensing langs sjøkant. Langs transportveg (ny) i grøntareal vil det være potensiale for lysforurensing til nærliggende arealer, det er her også viktig å aktivt benytte seg av tilgjengelig LED-teknologi med tanke på f.eks. lysspredning. Dette alternativet vil kreve et større (arealmessig) belyningsanlegg.

Containerhavnen (ny) har heller ikke i dette alternativet noen høye bygninger som er godt anvendbar til armaturplassering. Vi forutsetter her også at dette løses med høye/middels høye master.

Det er fra ferge stilt krav til strølyks mot kaifront og sjø, dette er også viktig i forhold til lysforurensing på fauna og flora. Med dagens LED teknologi i belysning er det lettere å belyse ønskede arealer, dette

fordi lysfordeling ut av armaturer er mer kontrollerbart enn med tidligere teknologier. Dette i tillegg til behovsstyring må brukes aktivt for å minimere ytre påvirkninger fra lyset i anlegget.

### 5.3. Sikringsbelysing – utearealer og fasader

Før en plasserer belysningen er det viktig å utføre en risikoanalyse. Hvor trenger vi lys og hvilke områder har et sikringsbehov? Det er ingen grunn til å plassere flere armaturer enn en trenger for å opprettholde sikkerheten.

Plassering av belysning av utearealer og fasader vil påvirke sikkerheten til byggene, opplevd tryggheten og byggenes fremtoning i landskapet. Lysets kvalitet og plassering vil være viktigere enn mengden armaturer. Fokus på riktig type armaturer, riktig retning på belysningen og blendfrie løsninger er viktigere enn flombelysning av alle arealer.

Personer skal kunne se hvor de går, lyset skal også rettlede og være en ledende effekt inn mot bygget. Ett belysningshierarki er viktig i så hensende. Lyset skal være estetisk behagelig med jevn fordeling og riktig intensitet. Utearealene skal oppfattes som trygge å bevege seg i. Sikringsbelysing er ett virkemiddel for å forebygge innbrudd. Sikringsbelysning må ta hensyn til område, til omgivelsen og objektet som sikres. Spesielt viktig er det å unngå lysforurensing. Hensyn til naboer og biologisk mangfold må hensyntas. Her må ett godt styringssystem være en del av analysen.

### 5.4. Lyskastere med bevegelsesdetektor

Det anbefales etablert lyskastere med bevegelses detektorer som er aktive etter mørkets frambrudd. Disse anbringes slik at de lyser opp områder ved bevegelsesaktivering som dekkes av ITV systemet. Det er viktig å velge plassering som ikke blander kameraer. Dette har en avskrekkende effekt på inntrengere samtidig som de bedrer ITV systemets billedkvalitet og opptak av uønskede hendelser. Plassering, type og antall lyskastere med bevegelses styring må ses i sammenheng med øvrig belysning for å få den ønskede avskrekkende effekt skilt på fasader, bør utstyres med dimming slik at intensiteten kan enkelt tilpasses omgivelsene og stedlige behov.

Eventuell belysningsarmaturer montert på fasaden bør ha plan avskjerming og utelukkende nedadrettet lysutsendelse og monteres så høyt som mulig. Øvrig belysningsbehov i utendørs arealene bør løses med armaturen som er plassert utenfor bygget og primært lyser inn mot dette.

Høyden på bygningene gjør at det kan være innsyn i lysarmaturene. Hvis dette skal bygges om bør man bytte til lysarmaturer som er dimbare, har en varm fargetemperatur, er mindre blendende og ikke synes utenifra. Dagens moderne overvåkningskameraer trenger heller ikke høye lysnivåer for å

opprettholde tilstrekkelig funksjon. All skilting og eksponeringsbelysning i kanten på taket gjøres dimmbar og integreres i et lysstyringssystem. Slik kan lysforurensning og sjenanse i forhold til dagens situasjon reduseres.

Kombinasjonen av harde og myke trafikanter her gjør at man bør vurdere en skjerming. Billykter sitter normalt montert ganske lavt over bakken slik at beplantning, for eksempel en lav hekk eller busker sannsynligvis vil utgjøre tilstrekkelig skjerming mot naboer.

I øvrig vil endret bruk og kjøremønster øke trafikken på visse internveier.

Denne økte trafikken kan virke sjenerende for naboer, men lysforurensningseffekten vil være begrenset grunnet lav frekvens og avstand/vinkel til naboers vinduer. En støyskjerm, beplantning eller bygningsmasse vil i stor grad stoppe effekten

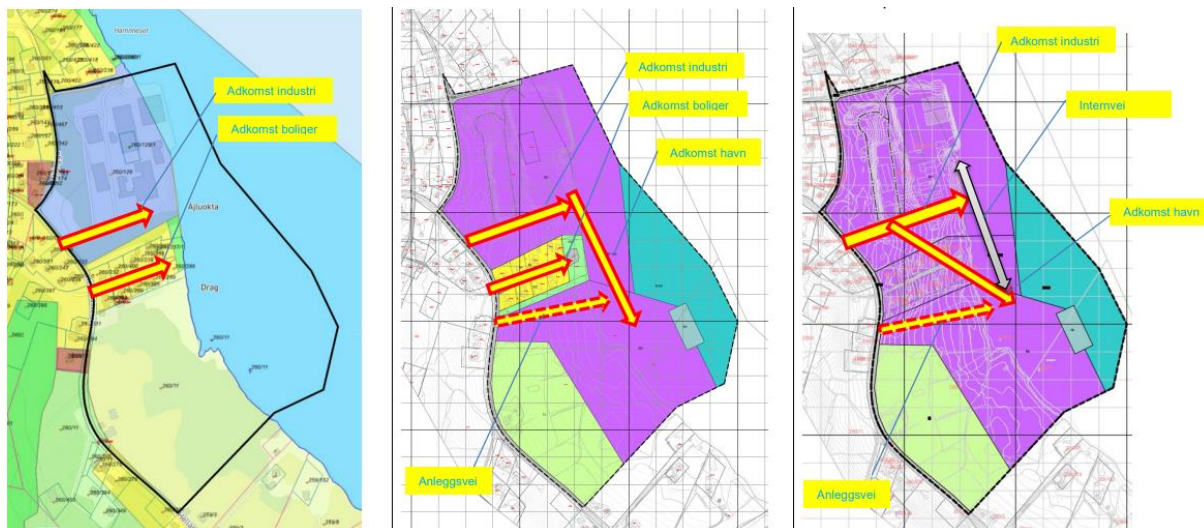
## 5.5. Armaturvalg

Ved konkrete valg av armaturtyper bør man velge armaturer som:

- Har LED lyskilde
- Minimum 100.000 levetidstimer
- Fargetemperatur med minst mulig bølgelengde innenfor det blå spekteret.
- Armaturer med integrert sensor for behovsstyring lokalt samt tidsstyring innenfor gitte tider på døgnet.
- Armaturserier med mulighet for ekstra fysisk avskjermingsutstyr, som for eksempel visir og raster
- Tåler værhardt kystklima
- Fleksibel monteringsbøyle for justering i horisontalplanet og for montering på vegg og på mast.
- Er slagfaste dersom de monteres i lastehøyde
- Har en asymmetrisk bred lysfordeling som dekker større arealer. Da montert med tanke på omgivelsene i gitt område.



## 6. Konklusjon



Figur 9: 0-alternativet. Dagens situasjon. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Figur 10: 1-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Figur 11: 2-alternativet. Hentet fra detaljreguleringsplanen.

Alternativ en og to vurderes opp mot 0-alternativet

Både utbyggingsalternativ en og to vil ha påvirkning både på befolkningen og det biologiske mangfoldet i området. Vi mener at ved riktig bruk av teknologi, avblendingsutstyr, lysstyring og riktig plasseringen vil vi kunne minimere lysforurensingen betraktelig. Vi vil da kunne komme innenfor grenseverdier for strølyys fra utendørs belysningsinstallasjoner. Grenseverdier fastlagt med henblikk på å minimere forstyrrende/skadelige virkninger på mennesker, fauna og flora. Se tabell 1.

MEN, da må det settes konkrete forutsetninger før valg av løsninger.

- For å minimere lysforurensingen langs kjørevei ut mot Tysfjorden, må lysfordelingen fra armaturen være med en god veioptikk. Det optimale vil være at armaturen ikke kaster så mye lys fremover, men sidelengs i veiretningen. Blir veien smal kreves det også at det settes en fysisk avskjerming på armaturen for å hindre lysspredning ut i fjorden. Mastene settes da på veisiden lengst fra sjøen. Denne belysningsløsningen vil være best for beboere da vi unngår ett lysende bånd som sperrer for utsikten mot fjorden.
- Kunstig lys påvirker artene gjennom å «forurense» det naturlige signalet de får gjennom fraværet av lys om natten. Ved å velge en varm fargetemperatur, med minst mulig

bølgelengde innenfor det blå spekteret, har forskning påvist at dette har minst mulig innvirkning på fauna og flora.

- Er det krav til god fargegjengivelse (Ra)? dvs er det fargemerking på noe av det som losses og lastes? Fargegjengivelsen i ett rent kaiområde er på Ra20. Ønskes dette høyere vil dette også være med på å påvirke fauna og flora. Detaljert merking av varer, som skal være lesbare, krever også mer lys.
- Kun nedadrettet lys for å unngå lys opp i atmosfæren (skyglow/himmellys).
- I det nye kaiområdet må det gjøres en vurdering på hvor en kan sette opp master. Både med tanke på last/ loss, påkjøring og hvor en trenger lyset. Det anbefales høye/middels høye master. Dette fordi at armaturene da kan ligge i horisontalplanet uten å måtte tiltes.
- Valg av gode tekniske produkter med variasjonsmuligheter – se punkt 5.5.

Utbyggingsalternativ en vil gi større bruk av veien langs Tysfjorden til og fra ny kai. Økt bruk gir også behov for mer lys i området. Dermed den største inngripen på faunaen og floraen. Valg av denne løsningen vil også kreve mer når det gjelder fysisk avblending og god designpraksis ved plassering av master med armaturer.

Utbyggingsalternativ to gir en større fleksibilitet og færre hensyn til beboere i området. Veien langs fjorden blir en sekundærvei som vil trenge ett lavere lysnivå. God designpraksis og avblending vil gjelde også her for å oppnå minst mulig lysforurensing.

Undertegnede konkluderer med at alternativ 2 vil gjøre minst inngripen på fauna og flora, men også på sikt gi en bedre belysningsløsning for øvrige omgivelsene.

**Vår anbefaling er at en lysplan godkjennes som en del av rammetillatelsen på bakgrunn av de premisene som er nevnt i konsekvensutredningen.**



## 7. Konsekvensvifte

Tabell: Skala og veiledning for konsekvensvurdering av delområder

Skala	Konsekvensgrad	Forklaring
----	Svært alvorlig miljøskade	Den mest alvorlige miljøskaden som kan oppnås for området. Gjelder kun for områder med stor eller svært stor verdi.
---	Alvorlig miljøskade	Alvorlig miljøskade for området
--	Betydelig miljøskade	Betydelig miljøskade for området
-	Noe miljøskade	Noe miljøskade for området
0	Ubetydelig miljøskade	Ingen eller ubetydelig miljøskade for området
+ / ++	Noe miljøforbedring. Betydelig miljøforbedring	Miljøgevinst for området. Noe forbedring (+) eller betydelig forbedring (++)
+++ / ++++	Stor miljøforbedring. Svært stor miljøforbedring	Stor miljøgevinst for området. Stor (+++) eller svært stor (++++) forbedring. Benyttes i hovedsak der områder med ubetydelig eller noe verdi får en svært stor verdiøkning som følge av tiltaket

Figur 15: Hentet fra detaljreguleringsplanen.

## 8. Oppsummering

I prosjektet er det viktig å velge riktig armatur til riktig sted, med riktig mengde lys og armaturer med god teknologi som gir muligheter for avskjermet og kontrollert lys uten lysforurensning. Selve bygget ligger mørklagt og dempet i omgivelsene samtidig som man har tilstrekkelig lys for de menneskene som har dette som sin arbeidsplass. Det vil si at fokuset bør være på selve utformingen av planområde med tanke på plassering av bygninger, plassering av veier og kjøremønstre. Med tiltak som sikrer kvalitet og en bevisst utforming av lysmaster, belysningsarmaturer og skilting kan synligheten av anlegget i kveldsbildet tilpasses nærmiljøet. Gjøres dette gjennomtenkt vil en kunne oppleve det mindre lysforurensende enn dagens eksisterende situasjon.

## 9. Kildeanvisning

Lyskultur faktaark -06- lysforurensing

Lyskultur Sikringsbelysning -2018

NS-EN 12464-2:2014 Lys og belysning- Belysning av utendørs arbeidsplasser- Del 2: Utendørs arbeidsplasser

Lyskulturs publikasjon 1C Luxtabellen og planleggingskriterier for utendørs arbeidsplasser.

Miljødirektoratet M1941 Konsekvensutredning for klima og miljø

Statens Vegvesen/USN Lysforurensing og mulige tiltak i nordisk kontekst

Google maps med streetview



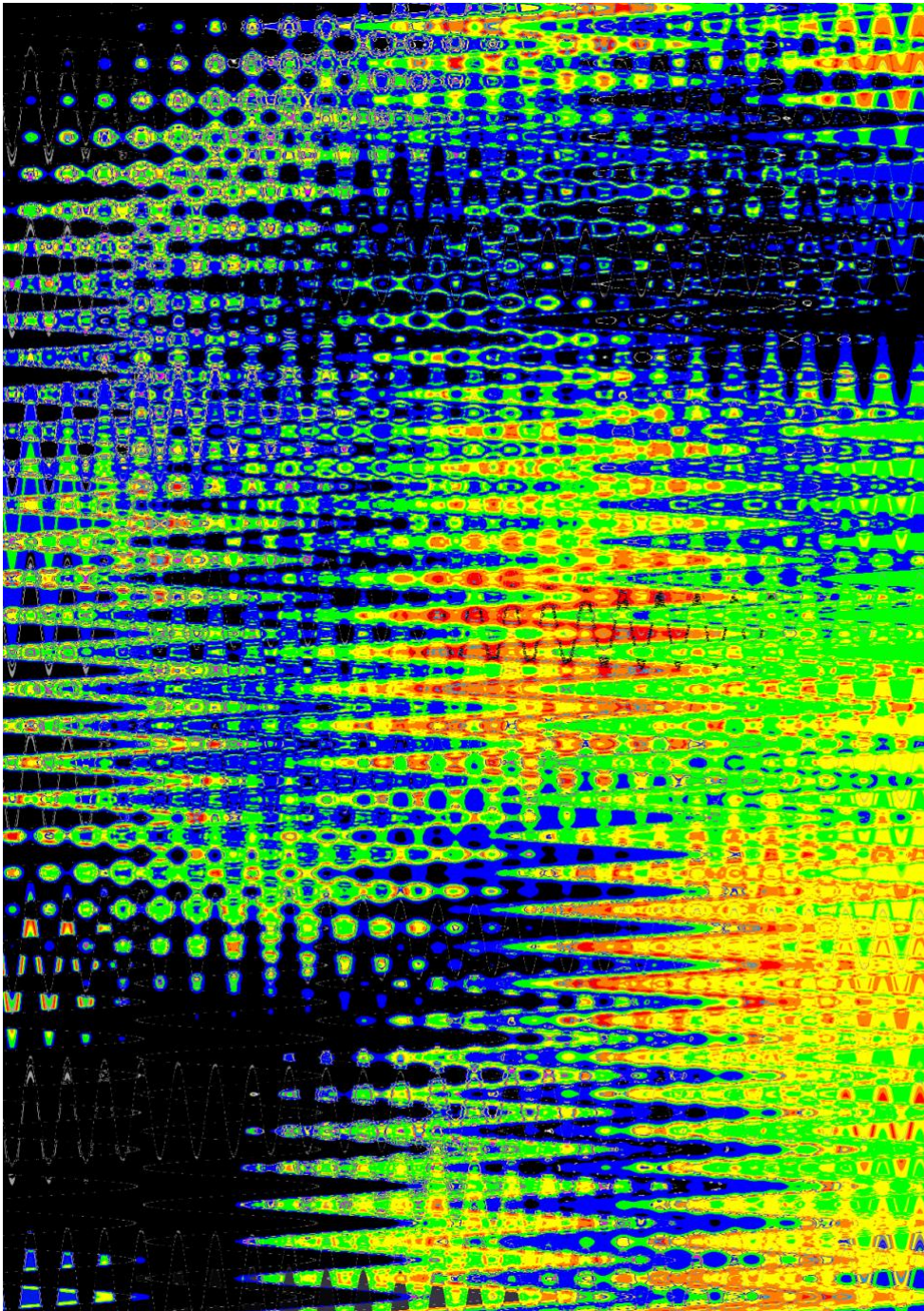
asplan viak



NOTAT:

# Lysforurensning og mulige tiltak i nordisk kontekst.

ALD - IORL - Universitetet i Sørøst-Norge (USN), for Klima og miljøseksjonen - Statens Vegvesen.  
Dato: 20. desember 2021.





# Innhold

<b>1.</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Metode.....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>Lysets påvirkning på flora og fauna .....</b>	<b>8</b>
3.1	Planter .....	8
3.2	Leddyr.....	9
3.3	Fisk og amfibier .....	9
3.4	Fugler.....	9
3.5	Pattedyr.....	10
<b>4.</b>	<b>Nasjonale og internasjonale erfaringer .....</b>	<b>11</b>
4.1	Beste praksis.....	11
4.2	Styring av lyset.....	11
4.3	Fargetemperatur/spektralfordeling .....	12
4.4	Avskjerming/blendingsbegrensning .....	12
4.5	Frontlykter.....	12
<b>5.</b>	<b>Utfordringer, potensial og anbefalinger .....</b>	<b>13</b>

## Forord

Notatet gir Statens vegvesen en oppdatert oversikt over nasjonal og internasjonal forskning på lysforurensning og dermed et oppdatert kunnskapsgrunnlag for arbeid med lysforurensning i vei- og gatelyssektoren i Norge. Ved å identifisere utfordringer, problemområder og potensial setter notatet søkelys på effekter av kunstig lys på natur og opplevelsen av naturlig lys. Notatet peker også på mulige tiltak som kan bidra til å redusere negative effekter fra kunstig lys.

Notatet er skrevet av ansatte ved Institutt for optometri, radiografi og lysdesign – Arkitektonisk lysdesign – Universitetet i Sørøst-Norge: Veronika Zaikina PhD, gruppeleder Are Røysamb og stipendiat Helga Iselin Wåseth.

Oslo, 14. desember 2021

## Sammendrag

Negative virkninger av belysning er godt dokumentert, både ved astronomisk og økologisk lysforurensning. Stadig flere studier gjøres på området og kunnskapsgrunnlaget vokser. Ikke all kunnskap kan overføres direkte til praktiske tiltak for å redusere lysforurensning. Videre fokus på temaet og videre forskning må til for å kunne gi kvalifiserte og konkrete råd til private og offentlige aktører som etablerer, drifter og vedlikeholder lysanslegg.

På overordnet nivå vil det å etablere lys-soner for områder med ulik grad av sårbarhet og vernegrad gi en positiv innfallsport og trolig en koordinerende effekt mellom ulike aktører. Ny teknologi bør tas i bruk og styringssystemer som får teknologien til å fungere optimalt likeså. Den spektrale sammensetningen i lyskilder bør dokumenteres, og målinger av kun horisontale luxnivåer er ikke tilfredstillende for å dokumentere lysforurensning. Avblending av lyskilder er et viktig grep i forhold til lysforurensning.

## 1. Bakgrunn

Kunstig belysning har forbedret menneskers liv, forbedret synlighet, estetikk og har økt sikkerheten i rurale og urbane områder. Overflødig kunstig belysning utendørs fører til lysforurensning, noe som har en viss negativ effekt på folkehelse og økosystemer, samt på nattehimmels estetikke og kulturelle betydninger. (Li et al., 2021)

Lysforurensning er et økende problem siden global lysforurensning har økt med minst 49 % i løpet av den siste 25-årsperiode (Sánchez de Miguel et al., 2021). Kunstig lys om natten (ALAN) er i dag anerkjent som et stort menneskeskapt press på miljøet på global skala og defineres derfor som lysforurensning (Challéat et al., 2021)

CIE gir en generell definisjon av «lysforurensning», et begrep som indikerer summen av alle uheldige effekter forårsaket av kunstig lys (CIE 2010a). En slik effekt kan være forstyrrelse av økosystemer og nattlige skapninger påvirkning på flora og mennesker. I tillegg til den negative påvirkningen på miljøet, kan overskudd av lys føre til svekkede astronomiske observasjoner og negative økonomiske konsekvenser (Peña-García & Sędziwy, 2020).

Lysforurensning deles gjerne inn i astronomisk lysforurensning og økologisk lysforurensning. Den første handler om de deler av lyset som spres i atmosfæren og sørger for redusert synlighet av stjernehimmelen. Blå-hvite LED-kilder kan øke lyset på nattehimmelen med 2,5–5 ganger (oppfattet av mørkeadaptert menneskelig øye) (Falchi et al., 2011)

Økologisk lysforurensning kan i utgangspunktet defineres som tilstedeværelsen av kunstig lys med en intensitet og spektral sammensetning, på tidspunkter hvor det har negative økologiske effekter (Gaston et al., 2015). Longcore og Rich definerer økologisk lysforurensning som kunstig lys som endrer de naturlige effektene av lys og mørke i økosystemer (Longcore & Rich, 2004).

Veibelysning har en betydelig effekt på lysforurensningsnivået (Hiscocks & Guðmundsson, 2010; Li et al., 2021).

Norge er spesielt når det kommer til lysforhold gjennom årstidene, og lysforurensning. Lange mørke perioder fra høst til tidlig vår, fører til større behov i kunstig belysning, ikke minst gate og veibelysning. Dette fører til negative konsekvenser for naturmangfold i disse områdene. Samtidig har snødekke om vinteren en reflektans over et bredt område i det synlige spekteret og fører dermed til dramatisk økning av lysutslippene og «skyglow» (Jechow & Hölker, 2019).

## 2. Metode

Arbeidet er i hovedsak utført som en litteraturgjennomgang. Søk etter litteratur i vitenskapelige databaser ble gjennomført med utvalgte søkeord. Litteratursøk ble gjennomført i databasene Web of Science og Science Direct, i tillegg er Google scholar benyttet i overordnede søk. I tillegg er noe hentet fra norske/skandinaviske tidsskrifter og rapporter.

## 3. Lysets påvirkning på flora og fauna

Lys er grunnleggende for eksistensen av flora og fauna på jorda. Lys er ikke bare en energikilde, men også en kilde til informasjon for alle arter med en atferd som varierer gjennom døgnet, måneden og året siden naturlig variasjon i lyset stiller organismens interne klokke (Gaston et al., 2013). Kunstig lys påvirker disse artene gjennom å «forurens» det naturlige signalet de får gjennom fraværet av lys om natten.

### 3.1 Planter

Planter oppfatter lyssignaler ved hjelp av et fytokromsystem som overvåker nivået, intensiteten, varigheten og fargen til lys fra omgivelsene. Som en følge påvirkes veksten (også blomstringen, bladens alderdom og abscission), frøenes spiring, forlengelsen av frøplanter; størrelsen, formen og antall blader; fotosyntesen (Meravi & Kumar Prajapati, 2020; Schroer, 2016). Kryptokromer (en klasse av flavoproteiner) involvert i reguleringen av døgnrytmen til planter er følsomme for blått lys. Kunstig blått lys om natten oppfattes av kryptokromene, og det kan påvirke de normale signalene og funksjonene til plantenes kryptokromer (Singhal et al., 2019). Kunstig lys om natten kan påvirke de forskjellige plantenes døgnprosesser: pulvinære bladbevegelser, stomatal oppførsel, celleforlengelse, forlengelseshastighet av bladstilkens abaksiale og adaksiale celler, omorganisering av vaktcellens cytoskjelett, kontroll av stomatalåpning og gassutveksling, CO<sub>2</sub>-assimilering i CAM-anlegg, auxinnivåer og transport og etylenproduksjon. Kunstig lys etter skumring eller før daggry kan forårsake faseskift og forstyrrelse av plantens naturlige døgnrytme (Singhal et al., 2019). Mørkeperioden (om natten) er svært kritisk for planter, og hjelper dem å reparere og komme seg etter miljøpåkjenninger på dagtid (høy lysintensitet, UV-stråler, produksjon av reaktive oksygenarter (ROS) og andre). Overskudd av kunstig lys om natten kan redusere plantenes evne til å komme seg etter disse påkjenningene (Singhal et al., 2019). Planter som utsettes for kontinuerlig gatelys opplever negative endringer i deres fotosynteseevne (Meravi & Kumar Prajapati, 2020). Eksponering for belysning om natten kan føre til at planter blir mottakelige for frost, soppinfeksjoner og insektangrep (Singhal et al., 2019).

## 3.2 Leddyr

Leddyr omfatter insekter og edderkopper på land samt krepsdyr i vann. Leddyr påvirkes i stor grad av kunstig lys om natten, insekter flyr for eksempel gjerne rundt lyskildene til de er utslitt og faller til jorden hvor de blir et lett bytte (Rich & Longcore, 2013 s. 283). Lysforurensning forstyrrer nattaktive arter, og nattaktive insekter er viktige komponenter i økosystemet (Owens & Lewis, 2018) dermed kan lysforurensning være en viktig faktor som påvirker insektstilbagegangen (Owens et al., 2020). Spektralsammensetningen påvirker i hvilken grad insekter trekkes mot lyskilden, ulike insekter påvirkes forskjellig av ulike lysfarger. Generelt er UV, blått og grønt lysfarger som tiltrekker insekter i større grad, lyskilder med lavere fargetemperatur, altså mindre andel kortbølget lys, vil dermed tiltrekke færre insekter, og særlig om lyskilden er tilpasset så den utstråler minst mulig kortbølget (blått) lys (Longcore et al., 2015). Høytrykksnatrium lamper har liten andel kortbølget lys, og tiltrekker 48% færre av enkelte insektarter, sammenlignet med hvit LED (Pawson & Bader, 2014), dette henger sammen med høyere verdier av kortbølget (blått) lys i LED-lyskilder. Donners m.fl. har utviklet en enhet de kaller *Insect Light Attraction* (ILA) som veker spektralfordelingen for forskjellene i tiltrekningseffekt (for insektene) på hver bølgelengde (Donners et al., 2018) Dette gir mulighet for å velge armaturer med en spektralfordeling med lavest mulig påvirkning på insekter.

## 3.3 Fisk og amfibier

Kunstig lys om natten har flere negative konsekvenser på akvatiske systemer og deres omgivelser, på nesten alle nivåer i næringskjeden (Jechow & Hölker, 2019). For eksempel har gatelys en markant effekt på mort og abbors reproduktive egenskaper, viser en studie fra Tyskland (Brüning et al., 2018). Melatoninivåene hos samme type fisk ble tydelig redusert ved lysnivåer helt nede på 1 lux, i laboratorieforsøk (Brüning et al., 2018). Lyset fra broer kan bli barrierer for fisk, som laks og ål som forflytter seg over større distanser. Lysmålinger gjort ved vannoverflaten vil være den beste måten å dokumentere lysforurensning til vann (Jechow & Hölker, 2019). I tillegg øker lys mot vannflater de relative lysnivåene i omgivelsene på grunn av lysets refleksjon og spredning i vannet. Følgelig kan kunstig lys i akvatiske områder nå ut- og dermed påvirke betydelig større områder sammenlignet med belysning i andre miljøer (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). Dermed kan det å minske lys til vannet fra broer og veier ved vannet være et viktig tiltak.

Mange amfibier forflytter seg om våren fra områder de overvinter til områder med vann hvor de reproduserer seg, ofte må de forflytte seg over veier hvor de lett blir påkjørt. Mange padder samler seg i nærheten av lyset fra veier, muligvis fordi de finner mat ved lyset, men dette øker samtidig risikoen for å bli påkjørt eller bli spist av rovdyr. (van Grunsven et al., 2017). Frosk og padder trekkes mot blålig lys, derfor er det sannsynlig at med bruk av varm fargetemperatur tiltrekker padder i mindre grad (van Grunsven et al., 2017) Padder tiltrekkes og samles ved gatelys i større grad om sommeren, om våren når de forflytter seg unngår de lyset. Rødt lys på rundt 600nm påvirker paddene i liten grad. (van Grunsven et al., 2017).

## 3.4 Fugler

Natttrekkende fugler bruker jordens magnetfelt til å navigere under trekk og har to fysiologiske mekanismer for det, hvorav den ene er et fotoreseptorbasert magnetoresepsjonssystem (La Sorte et al., 2017). Forskjeller i frekvensen, intensiteten av ALAN og til og med andre frekvenser av

elektromagnetisk stråling (ikke-synlig) kan påvirke presisjonen av magnetoresepsjonssystemet og kan øke desorienteringen av fugler under migrasjon. Dermed følger trekkfugler lengre og mindre effektive migrasjonsruter med begrensede mellomlandingsmuligheter og ytterligere farer (kollisjoner, farlige områder, osv.). Alt dette kan ha en stor effekt på ungfugler under høsttrekket, noe som direkte kan påvirke langsiktig bestandsvedlikehold (La Sorte et al., 2017). Det er uenighet mellom forskere om hvilken farge på lyset som tiltrekker fuglene sterkest, men nyere studier som tester LED-armaturer av forskjellige farger, viser at blått LED-lys har sterkest innflytelse på trekkfugler (Zhao et al., 2020). Andre studier viser at hvit- og amber-belysning, som i gatelys i urbane parker, forstyrrer søvnen til urbane fugler, men dette er et artsavhengig fenomen, og amberbelysning har vist lavere forstyrrende effekt på noen av de testede fuglene enn hvitt lys (Aulsebrook et al., 2020). Lysforurensning kan forstyrre de daglige sangrutinene til fugler (Da Silva et al. 2016, 2017) noe som påvirker hvor god form og hvor god helse de har. Effektene av ALAN forventes å være sterkere i byer på høye breddegrader der den daglige fotoperioden varierer over året (Da Silva & Kempnaers 2017). På grunn av overskudd av kunstig belysning kan korte vinterdager også oppfattes av fuglene som lengre vårdager og føre til at hannene synger tidligere i sesongen og derfor hekker tidligere når værforholdene ennå ikke er optimale for reirungene (Schroer, 2016).

Fugler er sterkt avhengige av variasjon i lysnivåer for å regulere deres daglige og sesongmessige atferd. Overdreven belysning og bruk av LED-armaturer som produserer mye blått lys kan indirekte påvirke fuglebestanden og det biologiske mangfoldet negativt.

### 3.5 Pattedyr

Mange pattedyr er nattaktive, og påvirkes dermed av variasjon i lysnivå gjennom døgnet, måneden og året, sansesystemet er dermed tilpasset lysforholdene om natten. Mange små pattedyr unngår å finne mat ved fullmåne, på grunn av økte lysnivåer, noen få studier er utført, disse viser at lysforurensning påvirker førsøk (Shier et al., 2020). Selv svært lave lysnivåer, som man får fra strølyss fra byer, er nok til å endre adferd hos små pattedyr, men de tilpasser seg miljøet og enkelte arter profiterer på at insekter tiltrekkes av lyset (Hoffmann et al., 2018).

Flaggermus, vårt eneste flyvende pattedyr, påvirkes på ulike måter. For eksempel unngår enkelte arter lyset, mens andre trekkes mot det, og får et lett måltid med insekter ved gatelyktene. I tillegg kan lys påvirke evnen til å overvintre og kan påvirke kroppsvekt og flygeevne (Moretto & Francis, 2017). For større pattedyr kan lysforurensning lede til desynkronisering i sesongmessige fysiologiske prosesser (Robert et al., 2015). Store pattedyr unngår opplyste områder, noe som kan være positivt, da de holder seg unna byer og veier, samtidig innskrenkes deres områder.

Mennesket er et pattedyr, og naturlig nok finnes det mer forskning på hvordan lys påvirker mennesket enn andre arter. Mennesket er dagaktivt, og kroppen er tilpasset aktivitet om dagen, i dagslys, og hvile om natten. I hvileperioden har vi høye nivåer av melatonin. Når vi får lys på retina hemmes melatoninproduksjonen (Brainard et al. 1997). Kunstlig lys om natten forstyrrer dermed vår døgnrytme, noe som er satt i sammenheng med blant annet utvikling av kreft, overvekt, diabetes type 2 og hjertesykdommer (Hicks et al., 2020).

## 4. Nasjonale og internasjonale erfaringer

### 4.1 Beste praksis

Det er relativt stor enighet om negative effekter av Artificial Light at Night (ALAN) men det er fortsatt noe usikkerhet omkring *grensene* for negativ påvirkning, blant annet for luxnivåer, spektral bølglengdefordeling, arealfordeling og artsoverlevelse (Jägerbrand & Bouroussis, 2021; Schroer et al., 2020). Forskjellige måter å dokumentere lysforurensning blir benyttet noe som påvirker anbefalingene.

Flere kommuner i Norge har de siste ti årene etablert lysplaner. I vårt naboland Sverige er situasjonen liknende, men en studie fra 2021 viser at majoriteten av disse planene ikke inneholder tiltak mot lysforurensning (Jägerbrand, 2021). Nye overordnede reguleringer og forskrifter vil være nyttige på nasjonalt nivå, for eksempel for å redusere Skyglow, mens lokale områder under press vil kunne håndteres gjennom lokale forvaltningsplaner (Gaston et al., 2015). Følgelig anbefales det at føre-var-metoder, for å unngå og redusere lysforurensning i verneområder, integreres i forvaltningsplanene, selv om det stilles spørsmål om dagens generelle veiledere er tilfredstillende for opprettholdelse av biologisk mangfold (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

Belysningsstandarden CEN/TR 13201 (Road Lighting—Del 1, og del 2) ble oppdatert i 2014/15, og brukes i de fleste europeiske land. Standarden definerer hvordan man skal designe optimal belysning når det gjelder lyspunkt plassering og lysets egenskaper (light properties). Hovedfunksjonene til dagens gate- og veilys er å gi visuell føring og sørge for at tredimensjonale objekter i vegbanen blir synlige. Ved fremtidig bruk av kameraer og LiDAR (Light Detection and Ranging)(Guan et al., 2020) i autonome systemer i biler vil behovet for kunstig belysning være mindre.

Beste praksis kan beskrives på ulike måter: Enten som praktisk og pragmatisk tilnærming hvor type lyskilde, avblending (også mot himmel), dimming og lyskontroll (også med tidskontroll) maks antall armaturer og deres egenskaper defineres. Eller som en oppdeling av de aktuelle lysrom i ulike soner med ulik karakter. På et overordnet nivå kan man da prioritere enkelte områder og legge strategiske føringer både for fremtidig forskning og økt forståelse for hvilke områder som skal prioriteres for å unngå lysforurensning (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). Prioriterte lysrom kan ligge som ramme for kommunal og regional forvaltning. Lysmiljøer/lysrom kan brukes til å klassifisere soner med forskjellig karakter over et større område, og dermed avklare hvilke områder som bør prioriteres.

### 4.2 Styling av lyset

Moderne teknologi byr på flere løsninger for styling av utkobling og dimming av lysinstallasjoner, og armaturer kan dimmes automatisk til ulike nivåer via planlagte profiler eller ved å bruke feltsensorer. I LED-armaturer kan drivere forhåndsprogrammeres til å følge en bestemt profil gjennom hele året uten å legge vesentlige kostnader på selve utstyret. Det er spesielt viktig å planlegge at lyset skal dempes eller slås av i sensitive områder (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

### 4.3 Fargetemperatur/spektralfordeling

Rayleighspredning er et fenomen der lys spres i små partikler som man for eksempel finner i atmosfæren. Kortbølget (blålig) lys spres mer enn langbølget (rødlig) lys. Lyskilder med stor andel kortbølget lys (hovedsakelig metallhalogen og hvit led) spres da mer i atmosfæren, enn lyskilder med kortbølget lys (høytrykksnatrium). Mange studier på lysforurensning, gjennomført med ulike forskningsmetoder, instrumenter og strategiske vurdering, bruker *belysningsstyrke* som hovedmålenheten og horisontal belysningsstyrke er verdiene som kommuniseres. (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). Studier gjennomført med lux- og CCT-målinger vil ikke nødvendigvis fange opp virkningen av lys på arter med radikalt *annerledes spektralsensitivitet*, siden et luxmeter er tilpasset menneskets spektrale sensitivitet og CCT-målinger kan vise identisk fargetemperatur oppnådd ved ulik spektralblanding.

### 4.4 Avskjerming/blendingsbegrensning

Viktigheten av Rayleigh-spredning er ikke den eneste faktoren i begrensning av lysforurensning. Bruk av armaturer som unngår utslipp av lys mot den øvre halvkule (over armaturene), nøyaktige og hensiktsmessige nivåer på belysningen vil være nok til å unngå lysforurensning selv når hvite LED-er brukes (Peña-García & Sędziwy, 2020). Lys fra en armatur kan blokkeres ved fysisk avskjerming eller av linser på forsiden av LED-brikkene. Med *skarp cut off* (SCO) vil ikke lys sendes *over* horisontlinjen og mindre enn 1 prosent av den totale lysfluxen gå over 80/90 grader perpendikulært fra senter av armaturen (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

The International Dark Sky Association har et system for å redusere lysforurensning i sårbare områder, som de kaller *The backlight, uplight and glare system* (BUG). Systemet gjør det mulig å begrense mengden lys fra ulike vinkler av armaturen (typisk fra senterlinje av mastemontert armatur) og hindre unødvendig lys oppover og bakover fra armaturene (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

### 4.5 Frontlykter

LED-hoved- og bilykter på biler velges på grunn av deres evne til å forbedre effektiviteten og holdbarheten til lyskilden og komforten til de kjørende. En studie fra 2018 viser at det er mulig å redusere lyset som tilføres fra veglyset på grunn av lyset fra frontlykter på biler (Bozorg et al., 2018).

Utslipp fra frontlykter på kjøretøy må betraktes som en alvorlig og voksende kilde til økologiske lysforurensning mener Gaston et al. (Gaston et al., 2018). Det å minimere de negative effektene og samtidig balansere sjåførenes sikkerhetsbehov, unngå risiko og ubehag for andre trafikanter vil være en betydelig utfordring hevder de. (Gaston et al., 2018).

Den økologiske påvirkningen av lys fra kjøretøyslykter kan være høy fordi disse er fokusert med høy intensitet for å belyse veikanter, ligger over aktiveringsterskler for mange biologiske prosesser, bærer svært langt, påvirker der det ikke er gatelys, har et blå-hvitt spekter som aktiverer mange



biologiske prosesser og oppfattes som serier av lyspulser, en dynamikk kjent for å ha store biologiske påvirkninger (Gaston et al., 2018).

## 5. utfordringer, potensial og anbefalinger

Det meste av lysforurensning kan unngås ved gjennomtenkt systemdesign/lysdesign og valg av lysutstyr for å reflektere både det spesifikke formålet og de naturlige lysnivåene som er tilgjengelige for øyeblikket (Pothukuchi, 2021). Den norske organisasjonen «Bevar mørket» har utarbeidet en veileder med mulige tiltak for å redusere lysforurensning. Likevel, forskningslitteraturen om mulige tiltak utvides kontinuerlig med oppdatert informasjon og bør dermed brukes som grunnlag for praksis.

Det finnes en modellforordningen om **lys-soner** som har blitt foreslått av IESNA og IDA (IESNA/IDA, 2011). Deres **Model Lighting Ordinance** kan hjelpe kommuner og andre med utvikling av **utendørsbelysningsstandarder som reduserer gjenskinn, lysinntrenging og skyglow**. Modellen bruker sone 0 til 4 til definerer ulike områder ut ifra de eksisterende lysforholdene.

Model Lighting Ordinance er rådgivende når det kommer til klassifisering av armaturer og den definerer **fem overordnede prinsipper for god belysning utendørs** (IDA, 2020): 1) Alt lys skal ha en klar hensikt. 2) Lys skal kun rettes dit det er nødvendig, 3) Lyset skal ikke være sterkere enn nødvendig, 4) Lys bør kun brukes når det er til nytte, 5) Bruk lys med varmere farger der det er mulig.

Det er i følge Sanders m fl. (2020) **utfordrende å lage anbefalinger for lysnivåer**, da biologiske innvirkninger kan skje helt ned på nivåer som 1 lux. Samtidig mener de at avbøtende tiltak bør være rutine heller enn å være begrenset til steder og tidspunkter der arter med særlige behov er aktive (Sanders et al., 2020).

**For å få optimal dokumentasjon på lysforhold i vernede og sårbare områder må det tas hensyn til ulike arter- og deres habitaters egenhet.** Både mengde og retning på stråling inn mot et område eller habitat, og denne strålingens spektrale sammensetning bør dokumenteres. Både irradians og radians bør måles (Jägerbrand & Bouroussis, 2021)

Mange insekter, fugler, reptiler og andre arter har fotoreseptorer som er mer følsomme for visse bølgelengdene enn mennesker. **Filtrering av deler av spekteret vil hjelpe.** Man har allikevel ingen garanti for at lyskilder med mindre blått lys hindrer økologiske påvirkninger, siden organismer fortsatt kan bli påvirket. (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). **Det bør brukes måleinstrumenter som dekker hele det synlige spekteret, og om mulig også en større del utover dette området.**

Siden fysiologiske responser fra planter utløses av lysintensitet, spektralfordeling og belysningsvarighet, **bør tiltakene involvere manipulering med disse fysiske parametrene og bør verifiseres vitenskapelig** (Singhal et al., 2019).

**Det å minske lysutslipp mot vann fra broer og veier vil være et viktig tiltak mot lysforurensning** (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

Beregning av lyssystemer skal sikre at lysdesignet stemmer overens med CEN/TR 13201 standardens minimumskrav, men ikke nødvendigvis med tanke på «overbelysning», som kan resulterer i lysforurensning og øker både drifts- og investeringskostnadene. Prosessen med å redusere overbelysning krever enormt med arbeid (Wojnicki et al., 2019). **En mulig løsning på denne utfordringen er å ta i bruk Artificial Intelligens (AI)** (Wojnicki et al., 2013).

**Anbefalinger om maksimal belysningsstyrke kan være et virkemiddel i sårbare områder.**

Gjennomsnittlige luxverdier mellom 1 og 3 lux og mindre enn 3 lux mot øyet er anbefalt i vernede og sårbare områder, tilsvarende nivåer mellom 2 og 5 lux for enkelte P-klasser definert i EN13201-2. Selv små økninger i luxnivåer mellom 0 og 10 lux gir økt grad av opplevd sikkerhet, men over 10 lux er økningene marginale. Luxnivåer mellom 2 og 3 lux vil sikre minimum av sikkerhet, men ikke opplevd trygghet. **Belysningens funksjon, hensikt og plassering i vernede områder må derfor vurderes og avveies nøye** (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

Dimmingsplaner og sensoraktivert systemer bør inneholde anbefalte maksimale nivåer av belysningsstyrke. (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). **Beste praksis for lysfølsomme arter er å slå av belysning eller implementere dimming og/eller delnattplaner som starter så tidlig som mulig.** (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). **Sensoraktivert (adaptiv) eller kontrollert belysning anbefales også for veier eller gater med lite trafikk, hvor kunstig lys anses som nødvendig for mennesker** (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

For å begrense kostnadene ved offentlige gatelyssystemer og for å unngå energisløsing, **må belysningsnivået på veidekker være tilpasset faktiske trafikkmengder (ÅDT), som foreskrevet i forskriftene.** I en studie fra 2021 (Fryc et al., 2021) er verdiene for luminansnivåene gitt av EN 13201-standard redusert til verdier som er konvertert til tilsvarende mesopiske luminansverdier. Studien viser en årlig besparelse på 15 % i strømforbruket på vei med en slik konvertering. Man må anta at en slik konvertering også bidrar til redusert lysforurensning.

For kulturmiljøer eller historiske steder **anbefales det å bruke full cut off (FCO) eller skarp cut off (SCO) for lysarmaturene** og samme lysverdier og lyskilder som nærliggende områder (Jägerbrand & Bouroussis, 2021).

**Systemet for bakgrunnsbelysning, opplys og blending (BUG) utviklet av International Dark-Sky Association (IDA)** tillater et strengere og mer detaljert skjermingskrav for armaturer, som ville være mer hensiktsmessig i sensitive og beskyttede områder. (Jägerbrand & Bouroussis, 2021). Dette systemet gjør det mulig å begrense lysmengden i ulike vinkler fra armaturet, adskilt av bakgrunnsbelysning, frontlys og opplys.

Norge er et land preget av lange avstander og behov for relativt omfattende trafikk og transport. Effektive logistikksystemer og god infrastruktur er en forutsetning for økonomisk velstand og velferd i Norge. Likevel, belysning av veier og gater sammen med kjøretøylys utgjør en av de største kildene til lysforurensning. Tiltak for å redusere lysforurensning fra trafikkveier bør iverksettes så fort som mulig. I notatet har vi samlet tiltak som kan være aktuelle for nordiske forhold. Samtidig er det sterkt behov for flere vitenskapelige studier, som ser på sammenhenger og avveininger mellom forskjellige tiltak, som tar hensyn til unike forutsetninger og konsekvenser, og som kan anvendes med høy grad av sikkerhet, i Norge.

## Referanser

- Bozorg, S., Tetri, E., Kosonen, I., & Luttinen, T. (2018). The Effect of Dimmed Road Lighting and Car Headlights on Visibility in Varying Road Surface Conditions. *LEUKOS*, 14(4), 259-273.  
<https://doi.org/10.1080/15502724.2018.1452152>
- Challéat, S., Barré, K., Laforge, A., Lapostolle, D., Franchomme, M., Sirami, C., Le Viol, I., Milian, J., & Kerbirou, C. (2021). Grasping darkness: The dark ecological network as a social-ecological framework to limit the impacts of light pollution on biodiversity. *Ecology and society*, 26(1), 1. <https://doi.org/10.5751/ES-12156-260115>
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., & Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *J Environ Manage*, 92(10), 2714-2722. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>
- Gaston, K. J., Duffy, J. P., & Bennie, J. (2015). Quantifying the erosion of natural darkness in the global protected area system. *Conservation Biology*, 29(4), 1132-1141.  
<https://doi.org/10.1111/cobi.12462>
- Guan, L., Chen, Y., Wang, G., & Lei, X. (2020). Real-time vehicle detection framework based on the fusion of lidar and camera. *Electronics (Basel)*, 9(3), 451.  
<https://doi.org/10.3390/electronics9030451>
- Hiscocks, P. D., & Guðmundsson, S. (2010). The Contribution of Street Lighting to Light Pollution. *The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 104(5), 190-192.
- IDA. (2020). *Joining Forces to Protect the Night from Light Pollution*. Retrieved 14. desember from <https://www.darksky.org/joining-forces-to-protect-the-night-from-light-pollution/?eType=EmailBlastContent&eld=ac9ec4ff-250f-4545-85fe-791cea66d6c3>
- IESNA/IDA. (2011). *Model Lighting Ordinance (MLO) with Users Guide*. Retrieved 17. desember from [http://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/16\\_MLO\\_FINAL\\_JUNE2011.PDF](http://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/16_MLO_FINAL_JUNE2011.PDF)
- Jechow, A., & Hölker, F. (2019). Snowglow—The Amplification of Skyglow by Snow and Clouds Can Exceed Full Moon Illuminance in Suburban Areas. *Journal of Imaging*, 5(8), 69.  
<https://www.mdpi.com/2313-433X/5/8/69>
- Jägerbrand, A. K. (2021). Development of an indicator system for local governments to plan and evaluate sustainable outdoor lighting. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 13(3), 1-22.  
<https://doi.org/10.3390/su13031506>

- Jägerbrand, A. K., & Bouroussis, C. A. (2021). Ecological impact of artificial light at night: Effective strategies and measures to deal with protected species and habitats. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 13(11), 5991. <https://doi.org/10.3390/su13115991>
- Li, X., Duarte, F., & Ratti, C. (2021). Analyzing the obstruction effects of obstacles on light pollution caused by street lighting system in Cambridge, Massachusetts. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(2), 216-230. <https://doi.org/10.1177/2399808319861645>
- Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological Light Pollution. *Frontiers in ecology and the environment*, 2(4), 191-198. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO)  
2
- Peña-García, A., & Sędziwy, A. (2020). Optimizing Lighting of Rural Roads and Protected Areas with White Light: A Compromise among Light Pollution, Energy Savings, and Visibility. *LEUKOS*, 16(2), 147-156. <https://doi.org/10.1080/15502724.2019.1574138>
- Pothukuchi, K. (2021). City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications. *Journal of Planning Literature*, 36(2), 155-169. <https://doi.org/10.1177/0885412220986421>
- Sánchez de Miguel, A., Bennie, J., Rosenfeld, E., Dzurjak, S., & Gaston, K. J. (2021). First Estimation of Global Trends in Nocturnal Power Emissions Reveals Acceleration of Light Pollution. *Remote Sensing*, 13(16), 3311. <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/16/3311>
- Schroer, S., Huggins, B. J., Azam, C., & Hölker, F. (2020). Working with inadequate tools: Legislative shortcomings in protection against ecological effects of artificial light at night. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 12(6), 2551. <https://doi.org/10.3390/su12062551>
- Wojnicki, I., Sedziwy, A., & Kotulski, L. (2013). Outdoor Lighting Design Process Optimization. SMARTGREENS,

# LYSFORURENSNING

## FAKTAARK 06

Lysforurensning er den totale summen av uønskede og uheldige effekter av kunstig lys. Enkelt kan det betegnes som lite tilpasset eller overflødig elektrisk belysning. Det har en rekke negative konsekvenser, som forringede muligheter for observasjon av nattehimmelen, forstyrrelse av økosystemer og ikke minst energisløsing. Heldigvis er dette en type forurensning som det er relativt lett å gjøre noe med, gjennom optimalisering av lysanleggene.

Hensikten med utendørsbelysning er å gjøre uteomgivelser synlige slik at man muliggjør og ivaretar trygg ferdsel etter mørkets frembrudd. I tillegg kan lyssetting underbygge rekreative funksjoner og fremheve elementer i bymiljøet. Siden både naturmangfold og muligheten til å observere stjernehimmelen påvirkes av lysforurensning, bør man alltid sørge for å gjennomføre tiltak som forhindrer lysanlegg i å bidra til unødig lysforurensning.

Her følger noen enkle prinsipper som bidrar til å redusere lysforurensning:

1. **Nytteverdi.** Ved prosjektering og før installasjon bør det utføres en behovsanalyse der man vurderer nytteverdien av belysning i alle deler av anlegget.
2. **Rettet.** Belysningen skal kun være rettet mot området som trenger det.
3. **Lave lysnivåer.** Bruk så lave lysnivåer som mulig og unngå blending.
4. **Regulert.** Bruk lysstyringsutstyr som timere eller bevegelsesdetektorer for å sikre at lys er tilgjengelig når det er nødvendig, dempet når det er mulig, og slått av når det ikke trengs.
5. **Farge.** Begrens mengden blått/kaldt lys ved å bruke varm fargetemperatur på lyskilden.

Det handler altså om å rette lyset inn dit det trengs, benytte godt tilpasset avskjerming og redusere andelen lys i den blå delen av spekteret. Ofte er lysnivåene for høye, og bruk av lysstyringsutstyr kan bidra til å tilpasse lyset til et områdes bruk. Det overflødig lyset er bortkastet og bidrar til at nattehimmelen forsvinner. Lysforurensning oppstår ofte ved lite tilpassede lysanlegg med for høye lysnivåer, og med lysarmaturer som har lite eller dårlig avskjerming, slik at lyset skinner mot himmelen eller andre steder der lyset ikke trengs.

Lys er elektromagnetisk stråling, som brer seg i rommet/mediet inntil det stoppes av fysiske hindringer. I atmosfæren møter lyset små partikler som reflekterer eller sprer lyset. Lys i den kortbølgede delen av spekteret, altså blålig lys, spres mer i atmosfæren enn varmere lys. Dette kalles Rayleigh-spredning. Rayleigh-spredning for det mest kortbølgede lyset er tilnærmet ni ganger sterkere enn for rødt lys (Skaar et al., 2020).

En utfordring med dagens armaturer er at lyskilden som regel har en stor andel blått lys. Man ser en markant økning i lysforurensning i atmosfæren ved utskiftning til hvitere lys grunnet Rayleigh-spredning. Det positive med ny lysteknologi er at man kan tilpasse spektralfordelingen i lyskilden og redusere andelen blått lys. Ved lyssetting utendørs bør andelen lys i det blålige spekteret begrenses.

Lysforurensning kan bestå av flere komponenter;

**Blending** – Høye lysnivåer og kontraster som forårsaker visuelt ubehag.

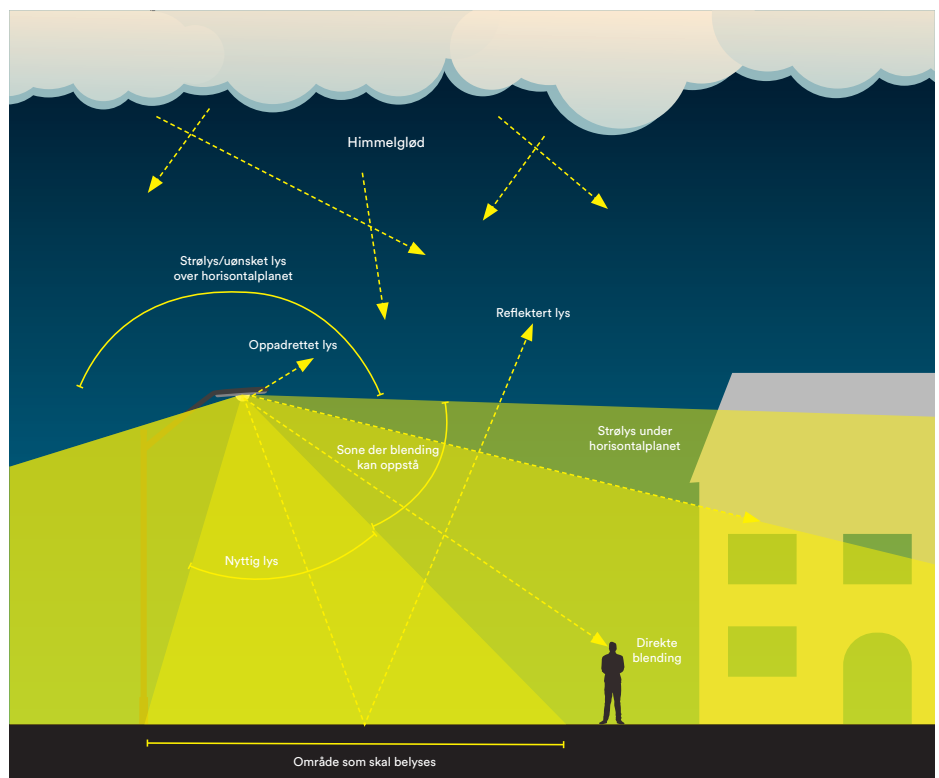
**Himmelglød** – Lys i atmosfæren som gir en glød på himmelen, og som hindrer utsyn til stjerner.

**Strølys** – Lys fra en installasjon som spres til steder der lyset ikke er tiltenkt, inkludert atmosfæren.

**Unødig lys** – Overflødig eller dårlig rettede lyspunkter som skaper visuelle barrierer.

Den vanligste formen for lysforurensning er strølys. Begrepet strølys kan i belysningsssammenheng defineres som lys som spres i utilsiktet retning, med en intensitet som kan virke forstyrrende eller sjenerende på mennesker, fauna eller miljø. Ser vi på de tilfellene hvor det spredte lyset regnes som «forstyrrende», er det som regel menneskenes omgivelser i nærheten av lysanleggene som er vektlagt. Vi snakker da om uønsket lys på eiendommer og husfasader, gjennom vinduer osv. Uønsket lys på eiendommer o.a. er én side av strølysproblematikken. Andre aspekter er at dyrelivet kan forstyrres og at atmosfæren stedvis vil kunne lysnes opp i sjenerende grad med den karakteristiske «himmelgløden», eller «skyglow» på engelsk.

Figur 1. Illustrasjon over ulike komponenter i lyset fra en gatelykt, her ser man tydelig hvilke deler av lyset som er til nytte og hvilke vi bør minimere.



Lys er et signal for de fleste organismer på jorda. Når dette naturlige signalet blir «forstyrret» av lysforurensning endres den fininnstilte synkroniseringen i naturen, noe som har mange ulike virkninger. Døgnrytmen som trigges av lyssignalene forstyrres, habitatene innskrenkes og mange arter blir mer utsatte i disse endrede miljøene. Menneskelig tilstedeværelse er en forstyrrende faktor i naturen. Menneskelig tilstedeværelse medfører nødvendig lys for sikkerhet, trygghet, trivsel og komfort. Ved all belysning er det viktig at det gjøres vurderinger og prioriteringer så andelen unødvendig lys reduseres.

### Når oppstår lysforurensning?

I naturens perspektiv, og i utvidet forstand, vil all form for belysning når det naturlig ville vært mørkt være lysforurensning. Men for å orientere oss og ferdes trygt ute er vi avhengige av lys. Derfor er det mer normalt å omtale det overflødig lyset som lysforurensning.

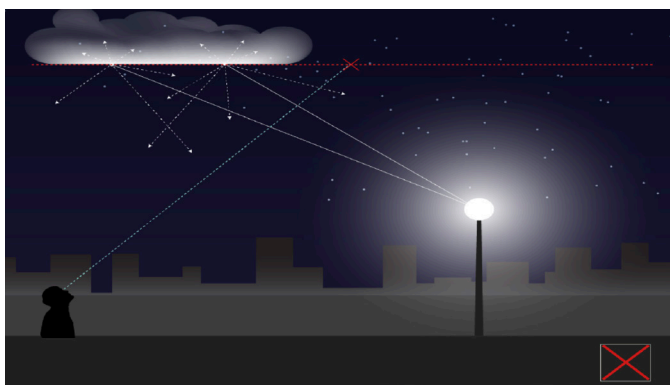
Mengden strølys er avhengig av hvor godt vi klarer å styre lyset dit vi ønsker, avstanden fra lyskilde til belysningsobjekt, atmosfæriske forhold, flatenes/objektens refleksivitet, samt den totale installerte lysflukten i belysningsanlegget. Her er det særlig verd å merke seg at utfordringene med hensyn til lysforurensning ikke bare dreier seg om å avgrense belysningen til området/objektet som belyses. Det henger også sammen med hvordan, og i hvilken grad, lyset reflekteres fra de belyste flatene/objektene. Snølagte flater reflekterer for eksempel mye mer lys enn våt asfalt. Derfor kan det være nyttig å installere et styringsanlegg som dimmer ned lysnivået i forhold til overflatens refleksivitet. Atmosfæriske forhold kan bidra til å øke lysforurensningen, fordi mikroskopiske vandrdåper og partikler i luften (tåke, vanddamp, støv, røyk o.a.) gjør at lyset etter hvert spres vekk fra sin opprinnelige retning (Mie-spredning). Normalt søker man å redusere

mengden strølys ved valg av armaturtype der lyskilden er mest mulig rettet mot stedet som skal belyses. Å redusere avstanden mellom lysarmaturene og området/objektet som skal belyses kan også bidra til å redusere strølys.

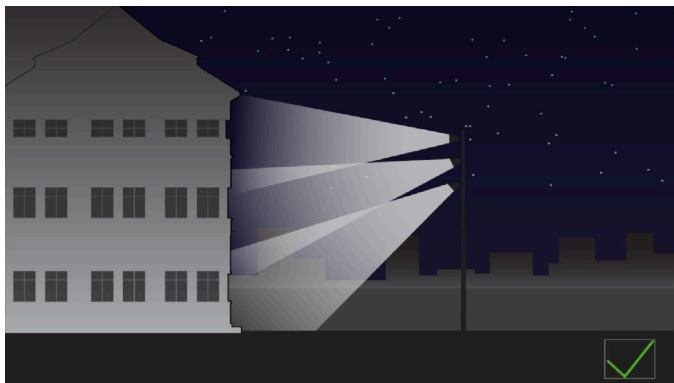
### Hvordan begrense lysforurensning?

Flere tiltak kan bidra til å redusere lysforurensningen. Det viktigste er å planlegge belysningen godt, så lysnivåene er adekvate til enhver tid og lyset er rettet der det trengs.

- Avklar behovene for belysning og ta stilling til hva som er det laveste akseptable lysnivået.
- Velg armaturer med omhu, så lyset kan dirigeres mest mulig presist mot området/objektet som skal belyses.
- Plasser armaturene så nær disse områdene/objektene som mulig. Man kan for eksempel forsøke å redusere mastehøyde, men dette betinger at armaturene gir en lysfordeling som tillater dette uten uønskede innstillinger. For eksempel kan armaturer som må vippe opp (veilyarmaturer og lyskastere) gi økt lysforurensning. Asymmetriske reflektorer bør vurderes ved plassbelysning.
- Sørg for en mest mulig blendfri belysning da blending vil sørge for at områdene rundt oppleves mørkere. Da vil man gjerne tilføre enda mer lys.
- Bruk et lysstyringsanlegg som reduserer lysnivåene når området ikke er i bruk eller ved høyere refleksivitet fra bakken, for eksempel etter snøfall.
- Unngå bruk av opplys, om det ikke kan unngås bør det installeres et lysstyringsanlegg som sørger for at lyset kan dimmes ned eller slukkes om natten.
- Benytt varm fargetemperatur, da varme lysfarger spres mindre i atmosfæren enn kaldt lys og i mange tilfeller påvirker dyr/insekter i mindre grad.
- Utarbeidelse av overordnede lysplaner der lysretninger og –nivåer defineres på et overordnet nivå, kan være et hjelpemiddel for å redusere lysforurensning.



Figur 2. Armaturer uten avskjerming lyser i alle retninger, mye av dette lyset treffer partikler i atmosfæren og bidrar til at stjernehimmelen blir mindre synlig.



Figur 3. Ved fasadebelysning er det viktig at armaturene er rettet nøyaktig mot fasaden som skal belyses, og at det ikke benyttes høyere lysnivåer enn nødvendig. Et styringssystem bør sørge for at lyset senkes eller skrues av på nattestid.



Figur 4. Særlig ved fasadebelysning fra bakkenivå er det viktig av avgrense lysstrålen så den kun lyser opp fasaden og strølys til himmelen unngås.

## Planlegging og prosjektering

### Luminansbasert planlegging

Dagens planleggingsverktøy gir gode muligheter for å vurdere og kvantifisere lysforurensning. Man kan for eksempel opprette beregningsflater for å måle luminans i lysberegningssystemer. Det er viktig at de som prosjekterer, utnytter disse mulighetene og foretar de beregningene og vurderingene som er nødvendige for å redusere lysforurensningen til et minimumsnivå. I Luxtabellen 1C, kapittel 5.5 ligger en tabell med verdier for lysintensitet mot naboeiendommer, lyskildeintensitet, andel opplys og luminans fra fasader og skilt i ulike omgivelsessoner. Tabell 3 i samme kapittel gir maksimumsverdier for økning av grenseverdier ved veilystinstallasjoner.

Objektene reflekterans kan man som regel ikke gjøre noe med. En løsning kan da være å redusere belysningsnivået omvendt proporsjonalt med reflektansen. Vi snakker da om luminansbasert planlegging. For enkelte typer lysanlegg bør luminansbasert planlegging vurderes. Dette gjelder i første rekke anlegg hvor personer ferdes – f.eks. langs gater og veier. Det er en fordel å ha med lyseksperter i prosjekters tidlige fase, da fagpersoner innen belysning vil være i stand til å gi råd omkring valg av materialer i forhold til belysningen.

Statens vegvesen har satt krav til luminans for kjørevei (belysningsklasser M- + P- + C-klasser). For kjørebane (som kan ha varierende refleksjonsegenskaper) skal man i de aller fleste anlegg benytte refleksjonstabell C2, som angir et kjørebanebelegg med 22% refleksans og gitte egenskaper mht. speiling. Refleksjonstabeller (r-tabeller) angir typiske refleksjonsegenskaper for forskjellige grupper av slitelag. Tabellene angir luminanskoeffisienter for innfallende lys i forskjellige vinkler, observert fra en definert observatørposisjon. På denne måten kan man beregne veioverflatens luminans i relevante punkter på veibanens overflate når man vet lysintensiteten som treffer punktene og hvilken retning lyset kommer fra. Refleksjonstabellene for de enkelte typene slitelag er målt av forskjellige laboratorier, mens grupperingen gjerne er foretatt av forskjellige standardiseringsorganisasjoner (eks. CIE og IES).

Det er mulig benytte andre refleksjonstabeller, men i praksis gjøres det ikke. Hadde man hatt anledning til å skalere tabell C2 eller benytte tabeller for andre kjørebanebelegg, kunne man for eksempel redusert belysningsnivået med ca. 25% dersom reflektansen var 30%. I teorien kan belysningsnivået reduseres med ca. 75% når det er snø på veiene, dersom kravet til belysningen er en gitt luminans. Av dette ser vi at belysningsanleggene må dimensjoneres for «verste forhold», dette fordrer altså et dimbart anlegg med lysstyringsutstyr og sensorer som gjør det mulig å tilpasse lysnivået på veiene ut fra målt luminans.

### Belysningsklasser

Statens vegvesen har også belysningsklasser for belysningsstyrke (C- og P-klasser), som korresponderer med belysningsklassene for luminans (M-klasser), men her tas ikke kjørebanebeleggets refleksans i betraktning. Statens vegvesens belysningsklasse C, stiller krav til horisontal belysningsstyrke på kjørebane. Intensjonen er imidlertid å belyse alle objekter som befinner seg i og omkring kjørebane. Ved en gjennomtenkt prosjektering hvor man samtidig vurderer luminanser, kan det være mulig å redusere kravene til lysnivå (valg av en lavere C- og P-klasse eller dynamisk regulering). Dette vil i sin tur redusere mengden reflektert lyst til omgivelsene. Ved valg av armaturtyper må disse vurderes med henblikk på reduksjon av lysforurensning. Et viktig poeng er



da at det ikke bare er armaturenes lysavskjerming som har betydning, men også den totale mengden lys som benyttes i det enkelte anlegg.

### Avskjerming

Armaturenes avskjerming er viktig – oppadrettet lysfluks (ULOR) skal helst være null på utendørs armaturer, men mindre særlige hensyn tilsier noe annet. I de fleste tilfeller vil en god asymmetrisk optikk sørge for at lyset kastes dit det er tiltenkt. På større arealer som idrettsanlegg, parkeringsplasser og byggeplasser kan det være utfordrende å oppnå jevnhet. I slike tilfeller er det viktig å gjøre grundige avveininger på anleggets overordnede lysnivå, og vurdere nytteverdien av å gjøre tilpasninger der armaturen lyser over armaturens horisontalplan. Det er mulig å påmontere avskjerming som ekstrautstyr på mange armaturer, og ettersom det både kan redusere strølys og øke visuell komfort er dette i mange tilfeller aktuelt.

### Spektralsammensetning

Valg av spektralsammensetning er også et element som spiller inn, fordi lys med høyere fargetemperatur (større andel lys fra den kortbølgede – blålige – delen av spekteret) i større grad er gjenstand for bølgelengdeselektiv lysspredning, såkalt Rayleigh-spredning, hvor det spredte lyset har tilnærmet samme intensitet i alle retninger. Generelt påvirkes faunaen mer av blålig lys. Utstrakt bruk av lyskilder med høy andel av blålys vil derfor kunne representere en belastning for dyrelivet, og reduserer muligheten til å observere nattehimmelen. For eksempel har forskere sett at lys med fargetemperatur på 4000K står for 2,5 ganger mer lys spredt i atmosfæren enn fra lyskilder uten lys i den blå delen av spekteret. Dette skyldes at den elektromagnetiske sammensetningen i det hvitere lyset spres i større grad i atmosfæren grunnet Rayleigh-spredning (Falchi et al., 2016). Ved all lyssetting som skal være tent om natten, bør en derfor sørge for å redusere andelen kortbølget stråling.

### Helhetlig planlegging

For at virkningene for forbedret utsyn mot himmelen skal oppnås, anbefales det å utarbeide helhetlige lysplaner som regulerer lysnivåene slik at de er tilpasset ulike områdetyper innenfor et bestemt geografisk område. På den måten kan både tettbygde strøk, kulturlandskap og naturområder reguleres separat, men med en overordnet sammenheng. Særlig viktige områder å regulere kan være naturområder der det i utgangspunktet er lite belysning. Noen få lyskastere kan alene ha stor innvirkning på både utsynet mot himmelen og på miljøet.

### Effektiv lysteknologi

Ved installasjon av ny og effektiv teknologi i eksisterende anlegg er det viktig å tenke på at lysnivåene kan øke be-

traktelig. Et normalt «oppsett» for kommunal veibelysning består ofte av høytrykksnatrium-armatur bestykket med 70 W lyskilde langs veien, gjerne plassert med masteavstand på 30-45 m. Lyskilden har gjerne rundt 6300 lm, og med armaturens virkningsgrad for en god armatur rundt 80 % vil lys ut av armaturen ligge rundt 5000 lm for en 70 watt lyskilde. Når ny belysning planlegges og installeres, og erstattes med LED-teknologi, er det viktig å sammenligne med verdien som angir lys ut av armaturen, i dette tilfellet 5000 lm, og ikke den opprinnelige lyskildens installerte lysmengde på 6300 lm.

### Etterkontroll av lysanlegg

Ved én-til-én skifte av armaturer og ved nye anlegg bør det alltid utføres etterkontroll av lysanlegget med måling av lysnivå etter installasjon. Dette er et godt verktøy for å sikre at lysnivå er innenfor lysklassens krav, og at lysnivåene ikke er høyere enn det som er nødvendig. De fleste nye anlegg vil i dag ha mulighet for å dimme ned lysnivåene i henhold til den aktuelle lysklassen.

### Omgivelsessoner

Ved planlegging av et lysanlegg bør man ta hensyn til hvilken omgivelsessone anlegget skal settes opp i, eller grenser mot. CIE har opprettet fire omgivelsessoner som kan være nyttige ved planlegging av lysanlegg:

E1: viktige mørke områder som nasjonalparker eller beskyttede steder

E2: områder med lavt belysningsnivå som industri eller boligområder på landet

E3: områder med middels belysningsnivå som industri eller boliger i forstadsområder

E4: områder med høyt belysningsnivå som bysentrum og forretningsstrøk

I kapittel 5.5 Strølys i 1C Luxtabell og planleggingskriterier for utendørs arbeidsplasser finner man en tabell med grenseverdier for strølys i de ulike omgivelsessonene på kveldstid og nattetid. Idrettsanlegg og balløkker opprettes gjerne i boligområder som grenser mot skog/friområder, her kan det være nyttig å tenke på hvilken omgivelsessone tilgrensende områder ligger i.

### Styring av lyset

En svært positiv del av utvikling av LED-teknologien er muligheten til å styre lyset, altså regulere lysnivåene etter behov. Dette er en funksjon det er viktig å benytte seg av der det er mulig. Om natten, ved lavere trafikkmengde kan lysnivåene reduseres med to lysklasser. Nye anlegg bør utstyres med såkalt midtpunktsdimming. Her senkes lysnivåene ut fra midtpunktet i perioden armaturene er tent. (se figur 5)

		Time, the starting hour																		
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Lighting class	Lighting classes for adaptive lighting	Residual average luminance percentage																		
		M1, C0 and C1	M1-M2-M3-M2-M1	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100
M2, C2	M2-M3-M4-M3-M2	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
M3, C3	M3-M4-M5-M4-M3	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
M4, C4	M4-M5-M6-M5-M4	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	40	60	100	100	100	100
M5, C5	M5-M6-P5-M6-M5	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	40	60	100	100	100	100
		Residual average illuminance percentage																		
P1	P1-P2-P3-P2-P1	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
P2	P2-P3-P4-P3-P2	100	100	100	100	100	75	75	50	50	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
P3	P3-P4-P5-P4-P3	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	40	60	100	100	100	100
P4	P4-P5-P6-P5-P4	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	40	60	100	100	100	100
P5	P5-P6-P5	100	100	100	100	100	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	100	100	100	100

Figur 5. Eksempel på en dimmeprofil for armaturer med innebygd dimmemulighet. Midtpunkt på perioden armaturen vil være tent (varierende) tas som utgangspunkt når dimmeprofil genereres. Dimmeprofil implementeres i henhold til valgt lysklasse (fra dokumentet NMF01 utgitt av Nordiskt Möte för Förbättrad vägutrustning).

Ved effektbelysning av for eksempel fasader eller trær bør lysstyringsanlegget ha en nattmodus, der lysnivåene automatisk senkes. Innen styring av lys kan man også tilby armaturer som automatisk gir varmere lys om natten.

Alternativt kan det benyttes systemer for tilstedeværelsesdetektering, der kan lyset dimmes helt ned til 20% når veien ikke er i bruk. Effektbelysning som belysning av trær og fasader bør slukkes helt midt på natten.

#### Krav og retningslinjer

BREEAM-NOR  
NS-EN 12464-2  
NS-EN 12193  
CIE 150  
CIE 126  
NMF01  
V124

#### Referanser

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6), e1600377. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>

Skaar, Johannes; Dick, Øystein B.; Kristiansen, Jostein Riiser: rayleighspredning i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 5. mars 2021 fra <https://snl.no/rayleighspredning>

NMF – Nordiskt Möte för Förbättrad vägutrustning. (2019). NMF01-2019. Trafikverket, Statens vegvesen, Vejdirektoratet.

Dette faktaarket er utarbeidet av Lyskulturs faglige organ, Norsk Lysteknisk komité. Faktaarkene er en del av Lyskulturs anbefalinger og bør leses i sammenheng med Lyskulturs publikasjoner.

Lyskultur er Norges ledende kompetansenettverk innen lys og belysning. Foreningen ble stiftet i 1936 og er landsdekkende med regionale avdelinger og komiteer.

Våre medlemmer er toneangivende aktører innenfor belysningsbransjen, fra lysdesignere og rådgivende ingeniører til produsenter, importører og salgslidende innenfor belysning.

Lyskulturs medlemmer er aktive bidragsyttere i utviklingen av nasjonale og internasjonale standarder, rapporter og veiledere.



## Veileder i sikringsbelysning

Denne veilederen gir en innføring i hvordan man tar hensyn til sikkerhet ved planlegging og etablering av belysning.





**Vi ønsker å takke prosjektgruppen, under sikringsutvalget, som har utarbeidet veilederen:**

Øyvind Smedsrød, seniorrådgiver. Departementenes Service og Sikkerhetsorganisasjon, DSS.  
Tor Mjøs, sivilingeniør, Norconsult AS  
Sunniva Frislid Meyer, forsker, Transportøkonomisk Institutt, TØI  
Line M. Myhre, arkitekt, Lund Hagem Arkitekter AS  
Anette Tinglum, seniorrådgiver, NSR

**Publisert:**

Mai 2018

**Trykk:**

NHO Servicepartner

**Layout:**

Næringslivets Sikkerhetsråd

**Illustrasjoner:**

Line M. Myhre, Lund Hagem Arkitekter AS

**Foto:**

Adobe Stock/ Arne Røed Simonsen/ Bymiljøetaten i Oslo/  
Norconsult AS/ Halvor Gudim/ *Esten Borgos-Norges Bank*

**Kontakt:**

E-post: [nsr@nsr-org.no](mailto:nsr@nsr-org.no)

**Adresse:**

Middelthuns gate 27, Majorstuen

# Innhold

Innledning	4
1. Belysningens relasjon til kriminalitet og trygghet	5
2. Grunnleggende prinsipper for sikkerhet og sikringsbelysning	8
• Prinsipper	
• Hensyn til omgivelsene	
• Planlegging av sikringsbelysning	9
3. Syn og sikt	10
• Måling av lys	
• Vertikal belysning	
• Horisontal belysning	
4. Sikring og arkitektur	11
5. Virkemidler og planlegging	12
• Virkemidler	
• Planlegging	
6. Eksempler og illustrasjoner	13
• Fasader og inngangspartier	
• Parkeringsplasser	
• Parker	
7. Begreper som ofte brukes om belysning	14
8. Oppsummering	15

# Innledning

Denne veilederen er ment som en innføring i hvordan man tar hensyn til sikkerhet ved planlegging og etablering av belysning. Den retter seg mot brukere, tiltakshavere, virksomhets eiere og prosjektledere som ikke har sikringserfaring.

Vi ønsker med dette å skape bevissthet rundt emnet og begrepet sikringsbelysning og vise behovet for bruk av faglig kompetanse. Dessuten gis det eksempler på tiltak og løsninger.

## INNLEDNING

Sikringsbelysning er ett av mange sikringstiltak og inngår i en helhetlig sikringsløsning. Belysning kan gjøre andre sikringstiltak mer effektive. Belysning kan redusere kriminell aktivitet som følge av økt frykt for å bli oppdaget, identifisert og tatt. Dessuten reduseres vanlige menneskers frykt for kriminelle handlinger ved økt belysning. Belysning gir mennesker mulighet til å unngå trusler og å beskytte seg når man oppfatter trusselen på forhånd.

Belysning av byrom og uterom benyttes for å gjøre uterom, plasser og veier attraktive og for

å gi trygg ferdsel. Kunstig belysning benyttes også som sikringstiltak mot innbrudd og annen kriminalitet. I denne sammenhengen benytter vi begrepet "sikringsbelysning" om all belysning som har til hensikt å virke avskrekkende mot kriminalitet og skape økt mulighet for deteksjon og varsling.

Belysning har forskjellig styrke og preg, avhengig av hensikten. All belysning på uteplasser og rundt bygninger spiller sammen uansett hensikt. Da er det viktig at belysning for ett formål ikke ødelegger for et annet. All belysning bør planlegges integrert slik at hensyn som funksjonalitet, estetikk, sikring, energieffektivitet og trygghet kan dra nytte av tiltak for andre hensyn.

Dessverre finnes det mange eksempler på belysningsløsninger som fungerer dårlig. Belysningsplanleggere og ofte mangel på bruk av slike, har ofte ikke god kunnskap om sikkerhet, og sikkerhetsplanleggere har ofte ikke god kunnskap om belysningseffekter. For å få til gode løsninger må forskjellig type kompetanse arbeide sammen.





# 1. Belysningens relasjon til kriminalitet og trygghet



Belysning vil kunne påvirke både faktisk sikkerhet og opplevd trygghet. Riktig belysning gir økt trafiksikkerhet og redusert risiko for fallulykker. Dette er temaer som er behandlet utførlig i andre fagsammenhenger. Godt belyste offentlige områder gir isolert sett en opplevelse av trygghet. Men den reelle effekten av lys for sikkerhetsformål er mer kompleks.

Belysning kan redusere hyppigheten av kriminelle handlinger der et skjulested kan gi gjerningsmannen en fordel. Et eksempel er innbrudd der innbruddstyven trenger mørke for å ikke bli oppdaget før tyven lykkes med å komme seg inn i en bygning. Andre typer kriminelle handlinger trenger god belysning for å ha tilgang på ofre. Lommetyveri er et eksempel på en kriminell handling som forutsetter at ofrene føler seg trygge nok til å ville oppholde seg på et sted, og derfor at belysningen er god. Trygghetsbelysning vil derfor sannsynligvis øke hyppigheten av sistnevnte type kriminalitet.

For mange typer kriminelle handlinger er effekten av belysning mer usikker. Kriminelle handlinger forutsetter at belysningen er så god at både potensielle lovbrøyttere og ofre

kan tenke seg å oppholde seg i området, men samtidig vil sannsynligvis mange potensielle lovbrøyttere foretrekke at lyset ikke er så sterkt at de føler seg eksponert.

Belysning som skaper opplevelse av trygghet for ofrene, for eksempel godt belyste gangveier, samtidig som det er mørke felt rett ved siden av, kan derfor legge til rette for ulike typer overfall. På slike steder vil jevnere belysning som reduserer skjulesteder utenfor den opplyste gangveien redusere risikoen for overfall.

Belysning kan også bidra til å gi et område god estetikk og preg av å være godt ivaretatt og vedlikeholdt. Dermed bidrar belysningen til en atmosfære av orden, som igjen kan forebygge straffbare handlinger.

I en spørreundersøkelse i 2016 om trygghet i Frognerparken nevnte 42% uoppfordret at dårlig belysning kan gjøre dem utrygge i parken. Likevel opplevde de fleste av de som deltok i undersøkelsen at Frognerparken er et trygt sted. Menn opplevde stedet som tryggere enn det kvinner gjorde.



Mennesker unngår å bevege seg eller besøke steder på tider man ikke føler seg trygg. Implementeringen av Belysningsplan for Oslo sentrum har blant annet ført til at gamle lysarmaturer har blitt skiftet ut med ny og kraftigere LED-belysning. I Christian IV's gate ved Slottsparken førte dette til bedre lysspredning og mer lys på motsatt side av veien. Det førte i sin tur til en høyere andel av gående på den siden av gaten som ble bedre belyst (30% før utskifting og 37% etter utskifting).

Sammenhengen mellom belysning og opplevd trygghet er relativt entydig. Dessverre er det vanskeligere å finne en klar sammenheng mellom belysning og risiko for kriminalitet. I England på 1980 og 1990 tallet ble det gjennomført en rekke tiltak med økt belysning for å forsøke å redusere innbrudd, ran og voldsforbrytelser. Det viste seg at belysning hadde liten reduserende effekt. Faktisk virket belysningen enkelte steder slik at det skapte falsk trygghet for publikum og trakk dem inn i belastede områder. I visse tilfeller kunne man til og med registrere betydelig økt kriminalitet.









## 2. Grunnleggende prinsipper for sikkerhet og sikringsbelysning

### Prinsipper

Sikringsbelysning benyttes for å bidra til å beskytte mennesker og eiendom fra kriminelle aktiviteter og for å skape et sikringspreg. For å forstå prinsippene for sikringsbelysning må man først se på flere nøkkelprinsipper.

*Å forutsi trusselen* – En nyttig tilnærming er å bestemme behovet for sikring på en eiendom eller en virksomhet gjennom en risikoanalyse.

*Tid* – Ved å utarbeide et tidsregnskap kan man finne ut om ulike sikringstiltak er tilstrekkelige sett opp mot ulike tilsiktede uønskede handlinger.

*Beskyttelsestiltak* – Høyt sikringspreg og gode fysiske sikringstiltak bør spille sammen. Dette krever en god sikringsplan.

*Kamp og flukt* – Et grunnleggende valg for mennesker som er utsatt for fare er om man skal flykte eller yte motstand. Å flykte kan bety å komme seg i skjul og/eller barrikadere seg. Belysning kan spille en viktig rolle i dette.

*Sikringselementer* – Sikringselementer kan være aktive eller passive elementer som gir et sikringspreg. Aktive elementer kan styres av mennesker og kan gi en reaksjon hos den kriminelle. Passive elementer er statiske tiltak som er til stede hele tiden. Belysning kan brukes som både aktivt og passivt element.

*Belysning som et nøkkelement i sikringsdesign* – Selv om sikringsbelysning vanligvis er et passivt tiltak, kan belysning bli et aktivt tiltak ved å benytte automatisk eller manuell styring av

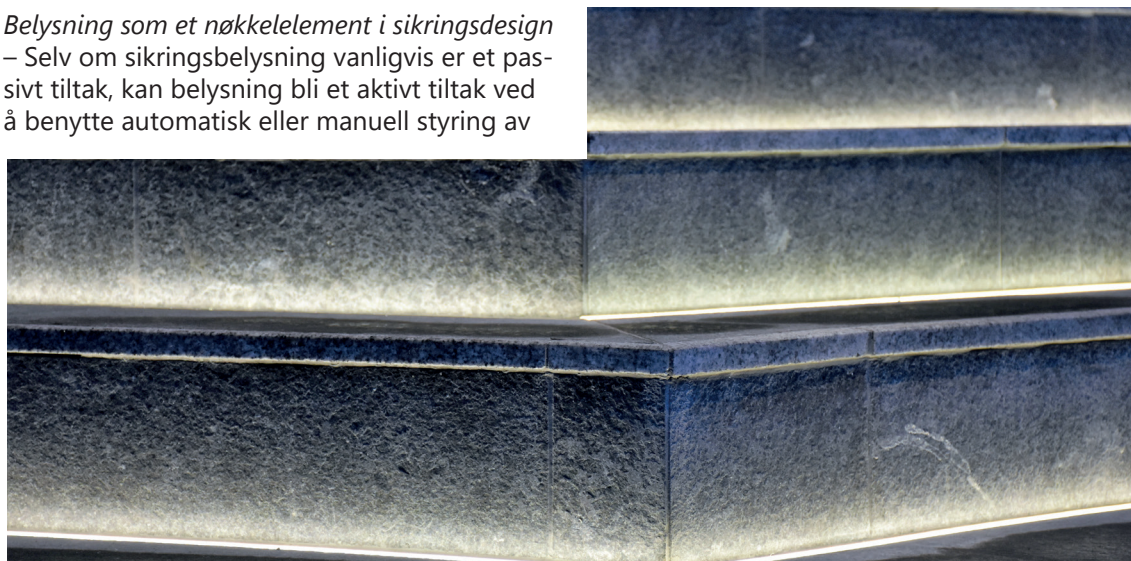
belysningen. Aktiv og passiv sikringsbelysning kan øke frykten for å bli stoppet, oppdaget eller observert.

### Hensyn til omgivelsene

All utendørs belysning påvirker omgivelsene rundt objektet som skal belyses. Sikringsbelysning bør bli vurdert i forhold til hvordan den faller inn i konteksten for området omkring. Belysning for kommersiell bruk, privat bruk og i offentlige områder i urban sammenheng kan ha andre krav enn belysning i et landlig område der blending og lysforurensning har andre, og negative konsekvenser.

Når belysningen skaper negative konsekvenser for naboer og egne brukere kan det bli betraktet som forurensning. Det er ingen grunn til å etablere mer belysning enn man behøver for å dekke sitt behov. Lysforurensning er et spill av energi og kostnader. Feilrettet belysning, unødvendig sterk og blendende belysning og annen unødvendig belysning kan skape irritasjon og forstyrrelser for egne brukere, naboer og andre. Dette er et viktig tema blant annet for observasjon av nattehimmelen og i noen grad utvikling av insekter og planteliv.

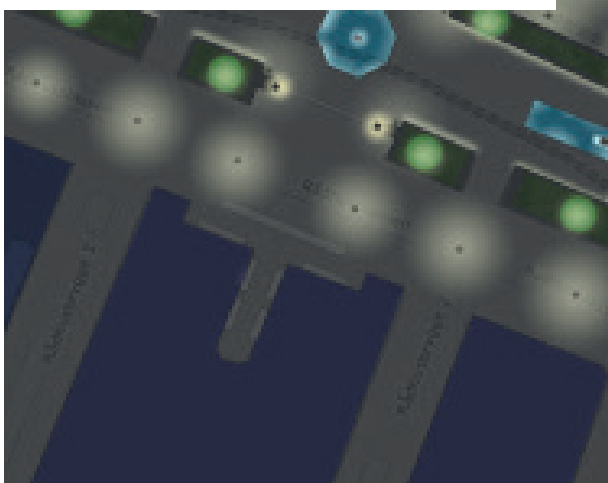
Utfordringen for den som planlegger sikringsbelysningen er å velge løsning for hvordan selve området skal belyses og den belysningen som påvirker området rundt.



### Planlegging av sikringsbelysning

Ved innføring av sikringstiltak vil det være fornuftig å utarbeide en begrenset lysplan. For større områder og byer er det en nødvendighet. En lysplan vil, uavhengig av om den tar for seg et mindre eller større geografisk område, måtte ta hensyn til og integrere følgende aspekter:

- Bruk av sikringselementer som en del av belysningen – eller omvendt
- Belysning bør virke sammen med overvåkingen slik at lyset ikke blander kameraer eller sikt og det ikke skapes blendende refleksjoner av lyset
- Det bør etableres en sikringsrisikoanalyse for objektet.
- Utforming av belysningen slik at den gir gode forhold for brukere
- Understøttelse av universell utforming ved å gi god visuell rettleiding og gode kontraster mellom gate og møblering/bygninger
- God vertikal belysning – for gjenkjenning/ tolke intensjonen til møtende personer
- Bidra til klart hierarki mellom sikringsbelysningen og øvrig belysning (gatebelysning)
- Ikke bidra til å øke oppmerksomheten på sikringsobjektet utover ønsket nivå
- Gode estetiske løsninger
- Gode funksjonelle løsninger
- Fargegjengivelsesegenskaper samt fargetemperatur på belysningen
- Robuste løsninger ift drift- og vedlikehold



### 3. Syn og sikt

Syn og sikt har stor påvirkning på de beslutninger vi tar. Det er gjennom synsinntrykk vi innhenter de fleste inntrykk fra verden rundt oss. De aller fleste mennesker lider av forskjellig grad av mørkeredsel. Det er hovedsakelig når det er mørkt man er mest bekymret for kriminelle handlinger.

Men frykt er ikke rasjonelt. Selv om sunn fornuft og ingen informasjon gir indikasjon om at vi er i fare, kan allikevel synsinntrykket sette i gang store eller små fryktreaksjoner.

Lys gir en visuell oppfatning av plass og rom rundt den som observerer. Når mørket kryper inn på oss er det naturlig å reagere med en grad av utrygghet. Derfor kan man ved belysning påvirke vår følelse av trygghet i mørket.

Sikkerhetsovervåking er først og fremst avhengig av sikt. God belysning, jevn lysfordeling, god retning på belysningen og å unngå blending og skyggefelter er bidrag til god overvåking fra kameraer og mennesker.

#### Måling av lys

Belysningsstyrke er tettheten av lys som faller på en flate. Dette betegnes "illuminans" (lux) og kan måles med egne måleinstrumenter. Illuminans måles hovedsakelig på horisontale eller vertikale flater ("horizontal- og vertikal illuminans").



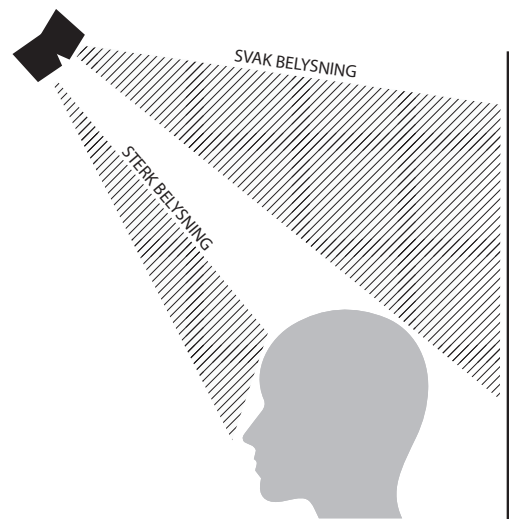
#### Horisontal belysning

Når man snakker om sikringsbelysning, snakker man vanligvis om belysning på horisontale flater. Dette måles på flater på bakkeplan som et fortau, på parkeringsplasser mv, men kan også måles på bordflater.

#### Vertikal belysning

Vertikal belysning ("vertikal illuminans") er viktig for å identifisere mennesker. Det innfallende lyset bør ha belysningsstyrke nok til å identifisere ansikter og å lese kroppsspråk som enten kjent, ukjent eller truende på en avstand på god avstand (ca. 10 meter).

Belysning som gir mulighet for identifisering av ansikter er viktig ved spesiell bruk, som for eksempel ved parkeringsfasiliteter, kikkhull i dører eller i adgangskontrollområder. Dersom belysning av bakgrunnen bak ansiktet er mye sterkere enn belysningen i ansiktet vil det være vanskelig å identifisere personen.



## 4. Sikring og arkitektur

Ved utforming av sikringstiltak er det mulig å kombinere det estetiske med det funksjonelle. Det finnes mange gode møbler og pullerter på markedet som i første omgang ikke oppfattes som sikringstiltak. Disse er også tilgjengelig med god belysning integrert eller er supplert med ekstra belysning som sikrer gode lysforhold for gående og kameraovervåking.

Det må også tas hensyn til objektenes kulturminneverdi. For fredete anlegg kan dette også utløse krav til dispensasjon etter kulturminneloven. En god arkitektonisk tilpasning vil være avgjørende.

Det er viktig å ta hensyn til universell utforming ved planlegging av sikringstiltak. I enkelte tilfeller kan det være nødvendig å utvide fortau for å gi bedre plass for de myke trafikantene.

Eksempelet nedenfor viser en god kombinasjon av estetikk og funksjonalitet. Helhetlig tankegang er lagt til grunn for gjennomføring av fysiske sikringstiltak og sikringsbelysning.





## 5. Virkemidler og planlegging



### Virkemidler

God sikringsbelysning vil ikke være den samme for alle formål. Man skulle tro at jo mer lys man skrur på, jo mer sikkerhet får man, men i mange tilfeller er lysets kvalitet viktigere enn kvantiteten. Det er i de fleste tilfelle viktigere med riktig type belysning, riktig retning på belysningen og blendingsfrie løsninger enn kraftige lamper og et høyt belysningsnivå. Det er også slik at belysning i mange tilfeller fører til at de som oppholder seg i lyset vanskelig oppfatter hva som skjer i mindre belyste eller mørke områder.

Det vil også være forskjell på sikringsbelysningens art avhengig av hvilke forbrytelser man ønsker å forhindre. Belysning som skal bidra til å hindre overfall, ran og voldtektsforsøk vil være annerledes enn den belysningen som benyttes for å bidra til forebygging av innbrudd i biler og lokaler.

Bruk av belysning som er styrt av fotoceller, bevegelsessensorer, etc. kan ha flere virkninger. God belysning kan bidra til godt «arbeidsllys» for den kriminelle, men dersom «flomlys» tilkaller andres oppmerksomhet, så kan det virke avskrekkende. Belysningen må derfor sees opp mot bruken av området, i hvilken grad området er overvåket og hva man ønsker å oppnå med belysningen. Belysning av

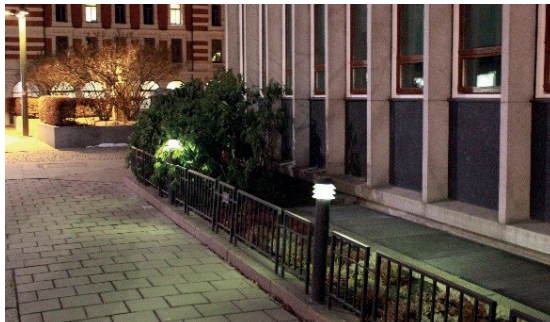


områder som ikke er overvåket kan virke mot sin hensikt. Av og til kan mørklegging være et godt sikringstiltak, gjerne kombinert med bevegelsesdeteksjon, i kombinasjon med annen belysning.

### Planlegging

Det er viktig å sette klare mål for belysningen. Hva er det primære formålet? Ved planlegging av helt nye installasjoner i et nytt bygg eller anlegg, kan mye av planleggingen dreie seg om å integrere belysningen sammen med øvrige tiltak. Ved «ettermontering» vil man ofte ha mindre handlingsrom og det kan ende i u hensiktsmessig kostbare og mindre gode løsninger.

Det er viktig å skille mellom preventive tiltak og korrektive tiltak. Belysning kan i høyeste grad benyttes som begge deler. Erfaring viser at belysning kan medvirke til å redusere eller flytte ranskriminalitet. Belysning kan også bidra til å motvirke og spre ansamlinger av mennesker (f.eks ved utestedenes stengetider) ved å ha forhøyede belysningsnivåer over en kortere periode. Motsatt så kan god belysning brukes til å lede folk til der de er ment å bevege seg når de skal hjem om kvelden – over til «sikre» gater.



## 6. Eksempler og illustrasjoner

### Fasader og inngangspartier

Utvendig sikring av bygg omfatter normalt selve bygningskroppen og arealet utenfor. Det utvendige arealet vil være avhengig av byggets beliggenhet når det gjelder flater på bakkeplan, evt ramper og nabobygg. Det er naturlig å utforme «normal» utendørsbelysning, med vekt på gode vertikale belysningsnivåer, god jevnhet og så lite blending som mulig fra lyskilden. Det innebærer god avskjerming og hensiktsmessig plassering. Av hensyn til kameraer og betjening, er det beste at belysningen er rettet bort fra bygget og ut mot omgivelsene. Bruk av up-light vil vanskeliggjøre bruk av kameraer.

Belysningen bør være montert på selve bygningskonstruksjonene og ikke være «lavtsittende lyskaster». For å gjøre belysningen mer tredimensjonal kan det brukes høytsittende lys som sleper over fasaden, men da med relativt lavt belysningsnivå (illuminans). Innfestningen i bygningskonstruksjonene må skje på en skånsom måte med hensyn til kulturminneverdiene.

Sikringsutstyr, som f eks pullerter kan med fordel leveres med integrert belysning. Det gir god visuell effekt og er også hensiktsmessig når det gjelder krav til universell utforming.

### Parkeringsplasser

Parkeringsplasser kan oppfattes som utrygge steder med mange mørke skygger og gjemmesteder. På parkeringsplasser er det viktig å sikre en god og jevn belysning for å hindre at noen kan gjemme seg bak biler og busker.



Belysningen skal også bidra til trafiksikkerheten og at mennesker beveger seg til fots på de veiene som er etablert, og ikke utenfor.

Ved betalingsautomater må det være god belysning uten blendende lys, slik at det oppleves som trygt enten man sitter i bilen eller er fotgjenger. Belysningen må anlegges slik at det i første rekke er plassen mellom bilene, gangsoner og fortau som skal belyses, og ikke bilene.

### Parker

I parker er det viktig at brukeren opplever at belysningen er god, og at man føler at området er trygt. I tillegg må belysningen bidra til å unngå mørke områder og potensielle gjemmesteder, eller at lyset er så skarpt at man ikke ser inn i mørket. Busker og stier må belyses på en måte som gir god oversikt.

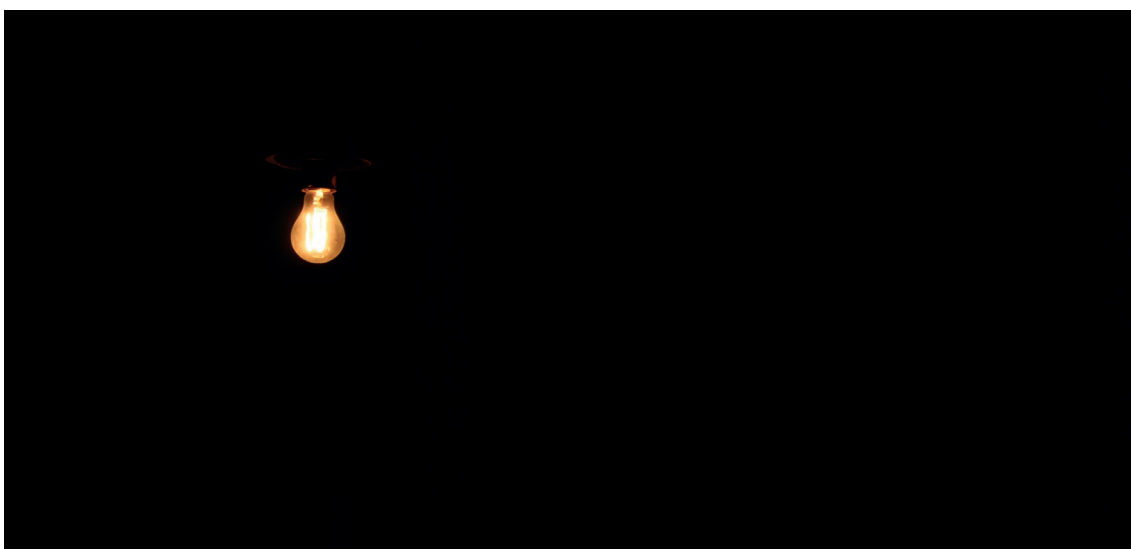
I enkelte parker ønsker man å kanalisere de gående til primære stier, slik at trafikken samlet sett øker på disse stiene. God belysning vil normalt bidra effektivt til å trekke folk i riktig retning fordi man bevisst og ubevisst ledes av belysningen. Dermed øker sannsynligheten for å bli sett og få hjelp om noe skulle skje.





## 7. Begreper som ofte brukes om belysning

Betegnelse og begreper	Forklaring
Lysfluks	Den strålingseffekt som øyet mottar, betegnes som lysfluks og måles i lumen. Enheten er lumen og forkortes lm.
Lysstyrke	Lysstyrken er lysfluksen fra en lyskilde i en gitt retning. Enheten er candela og forkortes cd.
Belysningsstyrke (illuminans)	Belysningsstyrken angir hvor mye lys som faller på en flate ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ). Enheten er lux og forkortes lx.
Blending	Hvis det i synsfeltet opptrer spesielt høye luminanser eller store luminanskontraster, oppstår blending. Det er vanlig å skille mellom to typer blending: <ul style="list-style-type: none"><li>• synsnedsettende blending (fysiologisk blending)</li><li>• ubehagsblending (psykologisk blending)</li></ul> Synsnedsettende blending opptrer vanligvis samtidig med ubehagsblending. Ubehagsblending kan imidlertid forekomme uten at synsnedsettende blending oppstår
Jevnhet	Forholdet mellom minimum og maksimum belysningsstyrke
Fargetemperatur	Forteller om lyset oppleves varmt eller kaldt og måles i kelvin (K). Et varmt lys har en lav temperatur og et kaldt lys har en høy temperatur.
Fargegjengivelse	Lysets evne til å gjengi farger på et objekt korrekt og graderes fra 0 til 100 og benevnes Ra (Ra-indeks) eller CRI (Colour rendering index).
Illuminans	Se Belysningsstyrke



## 8. Oppsummering



Sikringsbelysning må vies spesiell oppmerksomhet når man planlegger belysning av uterom eller bygninger.

Belysning av uterommet har flere hensikter og skal dekke en rekke behov. Funksjonalitet og estetikk skal kombineres med trygghetsfølelse og reell sikring. Mennesker skal se hvor de går, lyset skal rettleder og rettes mot det man er ment å se. Lyset skal være estetisk behagelig med jevn fordeling og riktig intensitet. Uterommet og arealene skal oppfattes som trygge å bevege seg i. Belysningen skal i tillegg kunne fungere godt teknisk sammen med sikkerhetsfunksjoner som kameraovervåking og adgangskontroll.

Sikringsbelysning krever innsikt og kunnskap om menneskelig synsevne og oppfattelse av lys, og av samspill mellom lys og sikringstiltak.

I tillegg kreves teknisk kunnskap om lyskilder, lysintensitet, lysfordeling, lysfarge, plassering, etc.

Sikringsbelysning skal brukes som virkemidler for å forebygge kriminalitet, gi opplysning til vakter og lette en etterforskning etter at en kriminell handling er begått. Sikringsbelysning må ta hensyn til området, til omgivelsene og til objektet som skal sikres. Av og til kan mørklegging være et bedre sikringstiltak enn konstant flombelysning. Gjerne kombinert med bevegelsessensorer.

Ved å rette oppmerksomheten mot sikrings-effekten av belysning vil man kunne oppnå en rekke effekter. Kriminaliteten reduseres, tryggheten øker og funksjonsbelysningen blir bedre. Dette vil til syvende og sist spare bekymringer og penger.



[www.nsr-org.no](http://www.nsr-org.no)

Mot kriminalitet - for næringsliv og samfunn