



Hensynet til lysforurensning i norske lysplaner

med søkelys på livet i havet

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 937



Tittel

Hensynet til lysforurensning i norske lysplaner

Undertittel

med søkelys på livet i havet

Forfatter

Idunn Saltnes Skjerdingsstad, Filippa Herheim Tassel og Jørgine Øverli Riise

Avdeling

Samfunnsutvikling og klima

Seksjon

Klima og miljø

Prosjektnummer

21/52889

Rapportnummer

937

Prosjektleder

Erling Fjeldaas

Godkjent av

Anne Ogner

Emneord

Lysforurensning, lysplaner, lysdesign, bærekraftig belysning, fisk, Oslofjorden, gatebelysning, veibelysning

Sammendrag

Lysforurensning er et økende problem, og konsekvensene det har for biologisk mangfold, særlig i marine områder, er lite kjent. Lysforurensning er overflødig belysning som har en negativ påvirkning på mennesker og natur.

Denne rapporten tar for seg belyningsplaner i Oslo og Stavanger og hvordan disse integrerer hensynet til biologisk mangfold, kyst og marine arter. I mange tilfeller er ikke dette hensynet godt nok ivaretatt, og det kreves derfor overordnede nasjonale retningslinjer som sørger for dette.

Rapporten er skrevet av tre studenter som studerer lysdesign ved USN, biologi ved UiO og landskapsarkitektur ved NMBU sommeren 2023.

Title

The consideration of light pollution in Norwegian lighting strategies

Subtitle

with particular attention to life in the sea

Author

Idunn Saltnes Skjerdingsstad, Filippa Herheim Tassel og Jørgine Øverli Riise

Department

Sustainable Development

Section

Climate and Environment

Project number

21/52889

Report number

937

Project manager

Erling Fjeldaas

Approved by

Anne Ogner

Key words

Light pollution, lighting design, sustainability, fish, street lights

Summary

Light pollution is an increasing problem, and the consequences for biodiversity, especially in marine areas, are obscure. Light pollution is excess lighting at nighttime that has a negative effect on humans and the environment.

This report considers already existing lighting plans in Oslo and Stavanger and how they integrate the consideration of biological diversity, coastal areas, and marine species. In many cases this consideration is not taken care of enough. National plans and guidelines should be applied.

The report is written by three students studying lighting design at USN, biology at UiO and landscape architecture at NMBU.



Forord

Statens vegvesen har arbeidet med lys som forurensningskilde på en systematisk og nasjonal måte siden 2020. Allikevel er fagområdet fortsatt ganske nytt og det har blitt forsket lite på dette i Norge.

Fordi det i urbane områder uansett er mye lys fra andre lyskilder enn veibelysning, har Statens vegvesen så langt prioritert veier i rurale områder. For å redusere lysforurensning i urbane områder, er det viktig at det lages planer som inkluderer hele områder. Stadig flere kommuner blir opptatt av tematikken blant annet gjennom å inkludere temaet i sine lysplaner.

Derfor valgte Statens vegvesen å ansette tre sommerstudenter, sammensatt av en biologistudent, en landskapsarkitekturstudent og en lysdesignstudent, for på en tverrfaglig måte gi inntrykk av hvordan det i norske kommuner arbeides med lysforurensning gjennom lysplaner. Som del av rapportskrivningen har studentene også intervjuet en rekke fagpersoner, vært på besøk i fiskelaboratorium ved NMBU og vært på «nattbefaring» i Oslos gater.

Rapporten er skrevet over 6 uker sommeren 2023 av studentene

- Jørgine Øverli Riise, Arkitektonisk lysdesign, Universitetet i Sørøst-Norge
- Idunn Saltnes Skjervingstad, Landskapsarkitektur, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
- Filippa Herheim Tassell, Biovitenskap, Universitetet i Oslo

Veilederne har vært Jon Simen Hilstad Mangset og Erling Fjeldaas.

Anne Ogner
Klima og miljøseksjonen
Statens vegvesen 2021

Sammendrag

Lysforurensning er et økende problem, og konsekvensene det har for biologisk mangfold, særlig i marine områder, er lite kjent. Lysforurensning er overflødig belysning som har en negativ påvirkning på mennesker, natur og miljø, og kan ha en blendende effekt. Den økte bruken av kunstige belysningskilder har vist seg å ha negative konsekvenser for insekter, fugler og flaggermus, men effekten på fisk og andre marine arter er i mindre grad kjent.

Kunstig belysning kan påvirke fiskens migrasjonsmønster og reproduksjonsrate. Forsøk gjort på fisk under ordnede forhold ved Fiskelaboratoriet på NMBU har sett på fiskens adferdsmønster og hvordan dette påvirkes ved ulike belysningsforhold.

Denne rapporten tar for seg gjeldende belysningsplaner i Oslo og Stavanger, og ser hvordan planene integrerer hensynet til biologisk mangfold, kyst og marine arter. I mange tilfeller er ikke dette hensynet godt nok ivaretatt, og det kreves derfor overordnede nasjonale retningslinjer som sørger for dette.

Utdaterte lysplaner, lite kunnskapsdeling og manglende felles forståelse for ønsket oppnådd resultat er en utfordring når man skal ta hensyn til biologisk mangfold.

Rapporten kommer med forslag til avbøtende tiltak for å sikre hensynet til biologisk mangfold i marine områder. Gode eksempler er hentet fra forskjellige aktører både lokalt og internasjonalt.

Avslutningsvis presenterer rapporten anbefalinger og tiltak som kan redusere påvirkningen lysforurensning har på biologisk mangfold, samt en oppfordring til videre oppfølgingsarbeid.

Abstract

Light pollution is an increasing problem, and the consequences it presents for biodiversity, especially in marine areas, are obscure. Light pollution is excess lighting during nighttime that has a negative effect on humans and the environment and can be blinding. The increased use of artificial light is shown to negatively affect insects, birds, and bats. The effects on fish and other marine species are less known.

Artificial lighting may affect the migration patterns of fish and their reproduction rate. At NMBU they have done research on how specific types of fish are affected by different lighting scenarios and how this affects their behaviour.

This report considers already existing lighting plans in Oslo and Stavanger and how they integrate the consideration of biological diversity, coastal areas, and marine species. In many cases this consideration is not taken care of enough. National plans and guidelines should be applied.

Outdated lighting plans, little common knowledge, and a lack of communication are challenges that makes it difficult to consider biodiversity.

The report presents mitigating measures to secure the consideration of biodiversity in marine areas. Inspiration is taken from examples in both national and international context.

Finally, the report presents recommendations and measures that might reduce the effect of light pollution on biological diversity, as well as an urge for future research and collaboration.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag.....	4
Abstract	5
Innholdsfortegnelse.....	6
1. Innledning.....	8
1.1 Introduksjon	8
1.1.2 Mål for rapporten	8
1.1.3 Hva er lysforurensning?	9
1.2 Avgrensning	12
1.3 Virkning på det biologiske mangfoldet	12
1.4 Metode	13
1.5 Ordliste	13
2. Marint mangfold.....	14
2.1 Innledning	14
2.2 Effekter av kunstig belysning på fisk	15
2.3 Mulige avbøtende tiltak	17
3. Lysplaner	19
3.1 Innledning	19
3.2 Internasjonale rammeverk og tekniske planer	20
3.2.1 FNs bærekraftsmål	20
3.2.2 BREEAM-sertifisering	22
3.2.3 Statens vegvesen – tekniske veiledere og håndbøker	22
3.3 Oslo	23
3.3.1 Introduksjon til lysplanen	23
3.3.2 Hensyn til lysforurensning	24
3.3.3 Belysning fra bygg	24
3.3.4 Hensynet til vann og kyst	28
3.3.5 Mangler ved gjennomføring	29
3.3.6 Særskilte problemstillinger knyttet til Oslo	29
3.3.7 Hva kan vi ta med videre fra Oslo?	29

3.4 Stavanger	30
3.4.1 Introduksjon til lysplanen	30
3.4.2 Hensyn til lysforurensing	30
3.4.3 Skilt- og reklamebelysning	31
3.4.4 Hensynet til vann og kyst	31
3.4.5 Mangler ved gjennomføring	33
3.4.6 Særskilte problemstillinger knyttet til Stavanger	34
3.4.7 Hva kan vi ta med videre fra Stavanger?	34
3.5 Sammenligning av Oslo og Stavanger	34
3.6 Belysning av hyttefelt i sårbare naturområder	35
3.7 Lys på og ved broer	36
4. Prosjekter til inspirasjon	37
4.1 Lights out – Aalborg trikkestasjon	37
4.2 Trafikverket i Sverige	37
4.3 Nederland.....	38
4.4 Frankrike	39
4.5 Irland	39
4.6 Fuglevennlig belysning i maritime områder	39
4.7 Bergen kommune	40
4.8 Hyttefelt	41
5. Anbefalinger og konklusjoner	43
5.1 Tiltak og føringer	43
5.2 Nasjonale retningslinjer og lowverk	45
5.3 Felles kunnskapsbase	46
5.4 Trygghet og lysforurensning	46
5.5 Forbedringspotensial	47
6. Kilder	48
7. Figurliste	52
8. Andre ressurser	53

1. Innledning

1.1 Introduksjon

Lys har alltid vært en viktig del av menneskers hverdag, enten det er som innendørs belysning, lyktestolper i trafikken eller som orienteringspunkter i landskapet. Lys skaper trygghet og større fleksibilitet i tid og rom. Etter den teknologiske revolusjonen ble naturlig lys skiftet ut med kunstig belysning, som nå brukes utendørs, innendørs, langs veier og ved oppholdssteder. Med all tilgangen til kunstige belysningskilder er lysforurensning blitt et voksende problem i en stadig mer urbanisert verden. Den økte bruken av kunstig belysning påvirker det biologiske mangfoldet i naturen rundt oss, og mange insekter og dyr er følsomme for den økte lysbruken og påvirkes negativt.

1.1.2 Mål for rapporten

Flere kommuner i Norge har egne belysningsplaner, der hensyn til biologisk mangfold og lysforurensning er implementert i varierende grad. I denne rapporten vurderer vi om hensynet til lysforurensning er godt ivaretatt i Oslo kommune og Stavanger kommune sine lysplaner. Lysforurensning og kunstig belysning påvirker biologisk mangfold over og under vann, men konsekvensene det har for marine områder er i liten grad forsket på. Rapporten vil derfor særlig ta for seg hensynet til kystnære strøk og organismer i og ved vann i lysplaner.



Foto 1: Belysning langs kysten i Bergen. Foto: Giovanni / Colourbox

1.1.3 Hva er lysforurensning?

Det finnes mange former for lysforurensning, og nedenfor følger en oversikt med forkortelser. Kunstig belysning er, i motsetning til naturlig lys, lys som kommer fra kunstige kilder og har variert intensitet og spekter (Gaston, Bennie, Davies & Hopkins, 2013). Der naturlig lys vanligvis er konstant, har kunstig belysning ofte mer flimring (Inger, Bennie, Davies & Gaston, 2014). Flimring, belysningsintensitet og belysningsretning har betydning for den totale påvirkningen en kunstig belysningskilde har (Owens et al., 2020).

Ifølge The International Dark Sky Association (IDA) kommer lysforurensning fra disse komponentene:

Blending	Overdreven lysstyrke som forårsaker visuelt ubehag
Skyglow	Lyset som treffer nattehimmelen over bebodde områder
Light trespass	Kunstig lys som lyser på områder det ikke er meningen å lyssette
Clutter	Lyse, overdrevne og forstyrrende grupperinger av lyskilder



Figur 1: Skjematisk fremstilling av ulike former for lysforurensning. Illustrasjon: Jørgine Øverli Riise

IDA trekker særlig frem økt energiforbruk, forstyrrelser i økosystemet og for ville dyr, negativ effekt på menneskers helse og falsk trygghetsfølelse som negative konsekvenser av lysforurensing.



Foto 2: Belysning ved Gamle bybro i Trondheim. Foto: Knut Opeide / Statens vegvesen

Økt energiforbruk

Unødvendig høyt lysnivå gir unødvendig høyt energiforbruk, det gir store økonomiske og økologiske konsekvenser. Noen av faktorene som gir høyt lysnivå, er mangel på lysstyring. Lysstyring innebærer at lyset dimmes ned og slås av når det ikke er i bruk. En annen faktor som gir unødvendig høyt lys- og energiforbruk, er manglende skjerming og retningsbestemmelse på lyskilden. Det gjør at man trenger høyere lumen for å lyssette området. Gamle lyskilder, som høytrykksnatrium, gir også økt energiforbruk, da de bruker mer lumen per watt, enn for eksempel LED, som er energieffektiv.

Forstyrrelser i økosystemet og av ville dyr

Kunstig belysning kan ha dødelig effekt på flere amfibier, fugler, dyr, insekt og planter. Det har også en negativ påvirkning på reproduksjon, migrasjon, næringsinntak, søvn og trygghet fra predatorer (DarkSky, 2023).

Negativ effekt på menneskers helse

Økt kunstig belysning på natten er skadelig for mennesker, og kan føre til depresjon, søvnproblemer, diabetes, brystkreft, og fedme. For mye kunstig belysning påvirker den biologiske klokken til mennesker, og forstyrrer produksjonen av melatonin, som i hovedsak gir søvnproblemer, men som også kan føre til andre plager og sykdommer (DarkSky, 2023).

Falsk trygghetsfølelse

Selv om mer belysning ofte er assosiert med økt trygghetsfølelse, er ikke dette alltid tilfellet. Det er forskjell på å føle seg trygg, og å faktisk være trygg, og kunstig belysning får oss gjerne til å føle oss trygge. En studie gjennomført av Steinbach et al. (2015) viser at gatelys ikke minsker kriminalitet. Studien viser til et forsøk der engelske myndigheter slo av og dimmet ned veibelysningen uten at det utgjorde noen forskjell på kollisjoner og kriminalitet. Lyskilder som ikke er skjermet gjør at man ser direkte inn i lyskilden, noe som kan gi en blendende effekt, og kan skape farer, ubehag og synshemming. Sterkt, blendende lys kan dermed føre til at man ser mindre av det som foregår bortenfor og bakenfor den aktuelle lyskilden (DarkSky, 2023).



Foto 3: Utendørsbelysning ved en barnehage i Oslo. Belysningspunktene er ikke skjermet, og har en delvis blendende effekt. Foto: Idunn Saltnes Skjerdingsstad

1.2 Avgrensning

Det er fristende å finne en løsning som minimerer lysforurensning for alle arter og i alle former, men det finnes dessverre ikke en universal løsning som minimerer påvirkningen for alle, da arter er sensitive for forskjellig lysspektrum. I denne rapporten er det fokusert på påvirkningen lys har på fisk og andre marine arter. Selv innenfor denne kategorien er det stor forskjell for hva de forskjellige artene er sensitive for. Den eneste løsningen som begrenser lysforurensning for alle, er å ikke installere eller fjerne kunstig belysning, som dessverre ikke er en løsning man kan bruke i alle tilfeller.

1.3 Virkning på det biologiske mangfoldet

Det biologiske mangfoldet er under press. De største truslene er endring av leveområder, spredning av skadelige arter, overbeskatning og forurensning. Naturen er også under press fra både befolkningsvekst og menneskers livsstil (Miljølære, u.å). Følgende sitat er beskrivende: “Det er (...) anslått at arter utryddes med en takt som er i størrelsesorden tusen ganger raskere enn ved naturlig evolusjon. Dette betyr at takten i menneskeskapt utryddelse kan være på nivå med tidligere episoder av masseutryddelser i jordas utvikling, da mellom 60 og 90 pst. av alle arter ble utryddet” (NOU 2009: 16).

En av truslene for det biologiske mangfoldet er lysforurensning, som har økt betraktelig de siste tiårene, og nivåene av kunstig belysning har trolig doblet seg mellom 1992 og 2012 (Koen et al., 2018; Owens et al., 2020). Den økte bruken av kunstig belysning påvirker mennesker, dyr, insekter og planter.

Arter kan bli påvirket av lysforurensning på mange ulike måter. Ikke-naturlige lyskilder og lys på unaturlige tider av døgnet kan påvirke omtrentt alt liv. Viktige hormonsykluser er avhengige av den naturlige rytmen til sola, og de ulike artenes bevegelsesmønster og dermed tilgang til næring, leveområder og reproduksjonssuksess kan endres. Påvirkning av lysforurensning på det biologiske mangfoldet er et relativt nytt forskningsfelt, og man har ennå ikke full oversikt over hvordan lysforurensning påvirker arts mangfoldet i ulike miljøer. De siste årene har man imidlertid fått et bedre oversiktsbilde om hvordan mange enkeltarter påvirkes. Selv om det ikke er avdekket hvordan lysforurensning påvirker arts mangfoldet i ulike miljøene, kan man ved å se på enkelte arter, få et bedre oversiktsbilde.

Forskning viser at lysforurensning kan påvirke blant annet migrasjon, utvikling og melatoninnivåer hos flere arter (Van Doren et al, 2017; Brüning, Hölker, Franke, Kleiner, Kloas, 2016). For noen kan denne påvirkningen være direkte dødelig, som for eksempel hos skilpaddene, der de nyklekkede ungene er helt avhengige av månelys for å orientere seg når de migrerer fra stranden til vannet (Sea Turtle Conservancy, u.å.).

Lysforurensning har vist seg å være spesielt kritisk for insekter. En stor del av insektene på verdensbasis har forsvunnet de siste årene, og fortsetter å forsvinne i høy fart (Hallmann et al., 2017). Insektene er svært viktige for det biologiske mangfoldet, ved pollinering, som matkilde og for nedbryting av organisk avfall (Eriksen, 2020). Mange dyr og insekter orienterer seg etter solen og månen, og når det dukker opp nye kunstige belysningspunkter blir det vanskeligere for insektene å orientere seg og opprettholde den naturlige døgnrytmen (Owens et al, 2020). Når insektene tiltrekkes de kunstige belysningspunktene og kommer ut av naturlig kurs kan de risikere å bli fanget i bane rundt lyskilden. Her ender de fort opp som bytte for andre rovdyr. Det er gjort mange forsøk på å beregne hvor mange insekter som tiltrekkes av lys langs veien. Statens vegvesen har et pågående prosjekt utenfor Tønsberg, der målet er å undersøke hvor mange og hvilke typer insekter som tiltrekkes av veilyset (Statens vegvesen, 2023). Les mer om Forskningsprosjektet lysmiljø på vegvesen.no

Fisk er en annen gruppe som lysforurensing kan ha stor påvirkning på. Det har ikke blitt gjort like mange feltforskning på dette området, men ved å forske på fisk i laboratorier og gjennom forsøk på torsk i merder har man kommet frem til ulike effekter kunstig lys kan ha på fisk, som for eksempel å endre tidspunkt for kjønnsmodning, da lys har en direkte påvirkning på hormonnivåer (Bergheim, u.å).

I denne rapporten skriver vi om fisk og marine områder. Oslo, og Norge generelt, har en langstrakt kystlinje og mange elver og bekker som ligger åpne i landskapet. Disse er særlig utsatt for store mengder belysning, da det ofte er turstier og mer eller mindre tilrettelagte veier i nærhet av disse.

1.4 Metode

Vi gjennomførte intervjuer av aktuelle informanter for å få mer inngående kunnskap om arbeidet med lysforurensing hos ulike aktører. Intervjuene har fulgt en uformell og delvis ustrukturert modell, da vi ønsket at intervjuene skulle ligne samtaler for å få en best mulig dialog med aktørene. Vi har intervjuet både offentlige og private aktører: Plan- og bygningsetaten, Bymiljøetaten i Oslo, Stavanger kommune, Statens vegvesen, Veilyskompetanse, Light Bureau, Zenisk, NMBU (Veterinærhøgskolen). I tillegg har epostutvekslinger med blant annet Trafikverket i Sverige, Bymiljøetaten i Bergen, Kommunal- og moderniseringsdepartementet, og flere aktører innen lysbransjen vært viktige for å få mer utfyllende informasjon. Intervjuene har blitt gjennomført hos aktørene, over teams og på telefon, avhengig av hvor de har oppholdt seg.

Det finnes både lysplaner, belyningsplaner, belyningsveiledere og andre dokumenter som omhandler tematikken, og det er gjort dokumentanalyser av aktuelle belyningsplaner i Oslo og Stavanger for å ha et sammenligningsgrunnlag å se til. Veilederen "Lys på stedet" utarbeidet av daværende Samferdselsdepartementet, Kommunal- og regionaldepartementet og Miljøverndepartementet i 2012 har også blitt vurdert. Deler av sistnevnte veileder er utdatert, og på regjeringens nettsider står det at det i løpet av 2023 skal lages "en temaartikkel om god lysplanlegging" (Regjeringen, 2023).

1.5 Ordliste

ALAN. Artificial Light At Night. Begrepet brukes om kunstig belysning på nattestid. Forskning vi viser til i rapporten bruker forholdstall for å beskrive andelen dagslys versus mørke. For eksempel vil 14/10 bety 14 timer dagslys og ti timer mørke. Konstant belysning merkes som 24/0.

Belysning over horisontal linje. Når lysspredningen går over lyspunktet, altså ikke er avskjermet eller dårlig avskjermet. Kan resultere i skyglow og uønsket lysspredning.

DLOR. Downward light output ratio. Reflektert lys som går over den horisontale linjen. Reflektans. Refleksjonsfaktor, er bestemmende for hvor mye lys som reflekteres fra en overflate. Strølys. Lys som faller utenfor området som skal belyses.

ULOR. Upward light output ratio. Når spredningsvinkelen på et armatur går over 90 grader og lyser over den horisontale linjen.

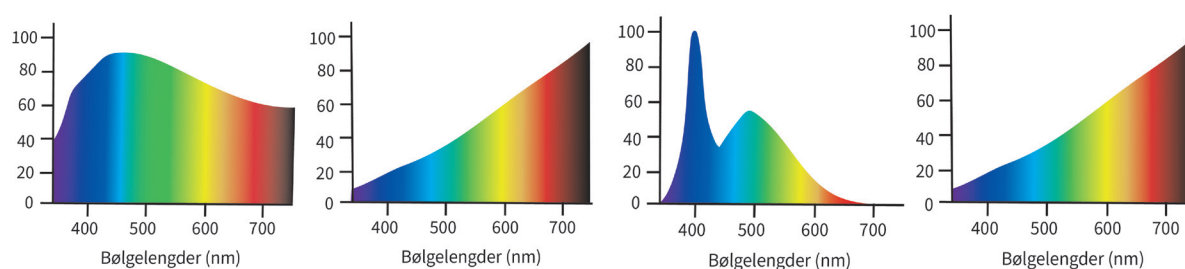
2. Marint mangfold

2.1 Innledning

Så mye som 95 prosent av jordas habitater utgjøres av hav (WWF, u.å.). Ettersom ulike fiskearter lever i ulike habitater, vil fargesynet variere fra art til art, samt etter lysforhold og miljø. Fisk som lever veldig langt under vann-overflaten har for eksempel større sensitivitet for det blå-grønne spekteret, siden dette lyset trenger lengst ned på dypet (de Busserolles, Fogg, Cortesi, Marshall, 2020). Fisk som lever i grunnere og mer grumsete vann vil ha større sensitivitet for det rød-gule spekteret (Jägerbrand, 2018). Det har blitt gjort få forsøk på fisk og lys, et fåtall i Norge og noen flere i utlandet. Det er en definitiv mangel på forskning i felt når det kommer til påvirkningen av lys på marine arter, men å se på forskning gjort i laboratorier kan gi en viss kunnskap om hvordan kunstig lys påvirker artene.

Store deler av kystlinjen i byer og infrastruktur i forbindelse med maritim næring (havner, skip, oljerigger), er lyssatt av høyintensitetsbelysning for å trygge arbeidsforholdene og for myke trafikanter. Lyset vil enten reflekteres på vannoverflaten eller absorberes. Når lys treffer vannoverflaten, spres det bredt utover det åpne vannet, og påvirker store akvatiske økosystemer. Dybden på vannet endrer hvordan lyset brytes og fargen oppfattes. Det kan også påvirkes av andelen alger. Når lyset spres endres fargesammensetningen og graden av polarisering (Jägerbrand & Spoelstra, 2023). I klart vann absorberes ultrafiolette, røde, oransje og gule bølgelengder helt på toppen av vannsøylen, på det meste henholdsvis 15, 30 og 50 meter, mens det blå lyset blir penetrert gjennom og treffer dypere, og reflekteres opp igjen. Det er derfor dypt hav er mørkt blått. Kyst- og ferskvannsystemer som ikke er så dype, inneholder ofte planteplankton som absorberer lyset på en selektiv måte, og får derav et mer gulgrønt eller oransje-brun farge (Jägerbrand & Spoelstra, 2023).

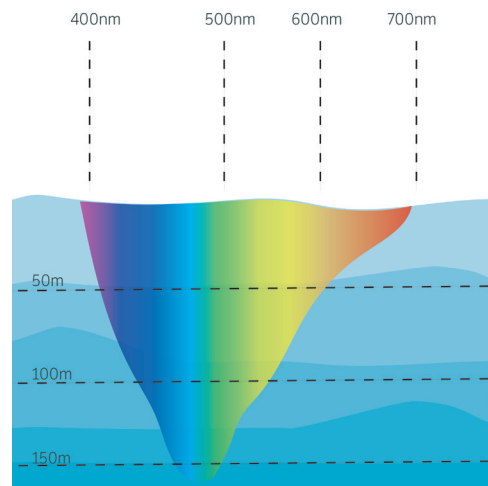
Figur 2 viser spektralfordelingen på dagslys, solnedgang, LED og glødelamper. Dagslys bruker hele spekteret av bølgelengdene for synlig lys, i tillegg til UV, ved solnedgang forsvinner de korte bølgelengdene som gir blått lys, mens LED som er moderne lyskilder har en topp på korte bølgelengder med blått lys. Tilfører man hvitt LED-lys, vil det penetrere gjennom vannoverflaten og treffe mye dypere enn for eksempel de korte bølgelengdene i solnedgang. Dette gjør at arter under vann blir påvirket av dagslys, men også hvitt LED i stor grad.



Figur 2: Spektralfordeling av ulike typer lys. Illustrasjonen er moderert etter leddynamics, u.å.

Figur 3 viser hvor dypt de forskjellige bølglengdene trenger ned under vannoverflaten. Her ser man at blå og grønne bølglengder trenger lengst ned, og gir derfor dypt vann en dyp blå farge. Innsjøer og andre vann som ikke er like dype har ofte mer grønnskjær, fordi det er kortere bølglengder som treffer bunnen og reflekteres opp.

Hvor mye lys som reflekteres på vannoverflaten varierer etter tilstanden på vannet. Er det mye bevegelse og bølger, reflekteres det mer lys enn om vannet er klart og rolig. Strålingen fra det synlige spekteret absorberes for det meste i løpet av de ti første meterne nedover i dypet. Det er nesten ingen lysstråler som trenger lenger ned enn 150 meter, heller ikke når vannet et helt klart (Bernal, u.å.).

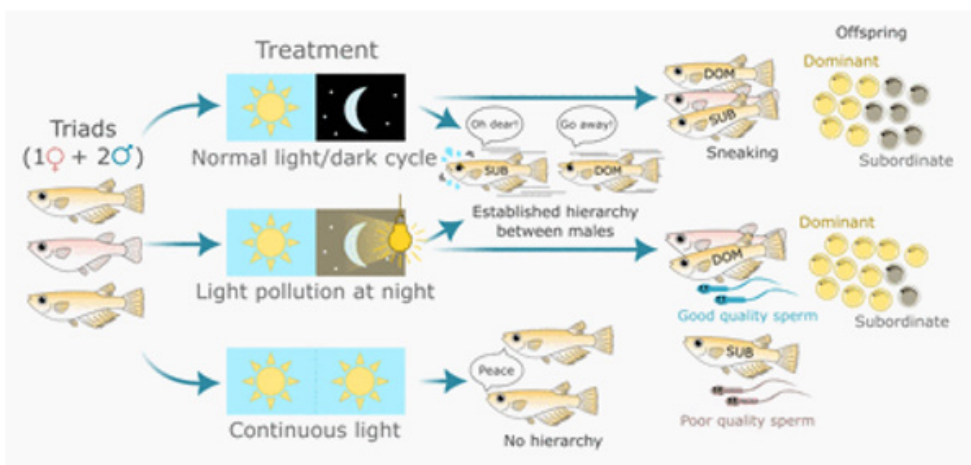


Figur 3: Bølglengdefordeling under vann. Illustrasjonen er modifisert etter Pinassi, 2016.

2.2 Effekter av kunstig belysning på fisk

Det er relativt lite forskning tilgjengelig om lysforurensningens påvirkning på fisk og marine områder. 59 prosent av forskning på lysets påvirkning på biologisk mangfold omhandlet terrestriske arter, mens kun 20 prosent av studiene omhandlet akvatiske arter. Fra 2016 til 2021 ble det publisert maksimalt seks forskningsartikler om dette temaet per år (Bassi et al., 2021).

PNMBU har det blitt forsket på lysets påvirkning på fisken Japansk medaka. Der ble det funnet at kunstig lys 14/10 timer om natten, "artificial light at night" (ALAN), kan føre til en lavere genetisk variasjon (Closs et al., 2023). Denne fiskearten lever i et triadisk forhold (hierarkisk) der det er en dominant hannfisk, en underordnet hannfisk, samt en hunnfisk. De to hannfiskene befrukter til vanlig like mange av hunnfiskens egg. Hunnfiskene er ovipari, som vil si at eggene blir befruktet utenfor kroppen. Under ALAN øker andelen avkom fra dominante hannfisk, noe som senker den genetiske variasjonen. Under kontinuerlig lys forsvant hierarkiet helt, og fiskene brukte mye energi på å svømme rundt til de ble utslitte.



Figur 4: Effekten av lys på medakafisk kan fremstilles på denne måten. Illustrasjon hentet fra Closs et al., 2023.

Dersom like individer i en art blir selektert for, og andre mot, vil den genetiske variasjonen innen arten bli mindre over tid, noe som er negativt. Liten genetisk variasjon innen art gjør arten mindre tilpasningsdyktig til endringer i miljøet, sykdommer osv., og gjør arten mer sårbar. Med tanke på dagens hurtige klimaendringer er det ekstra viktig å kunne tilpasse seg raskt til nye miljøer. Lavere genetisk variasjon kan også føre til innavlsdepresjon som kan gi en nedgang i fruktbarhet (SNL, 2005-2007).

Grunnen til at det brukes små modellfisk istedenfor fisk som faktisk finnes i Oslo, er fordi det er enklere og rimeligere. Det er også bedre for mangfoldet i Oslo ettersom man ikke trenger å hente ut fisk. Det er lett å få tak i store mengder av medaka-fisken, og de reproducerer seg raskt så man kan se resultater fort. Ved å se på hjernen til fiskene kan man finne genetiske markører som kan sammenlignes med markører i andre fiskearter som det er aktuelt å se på. En genetisk markør er et gen som forteller noe om et karaktertrekk hos en art eller et individ (Faye-Schjøll, 2019).

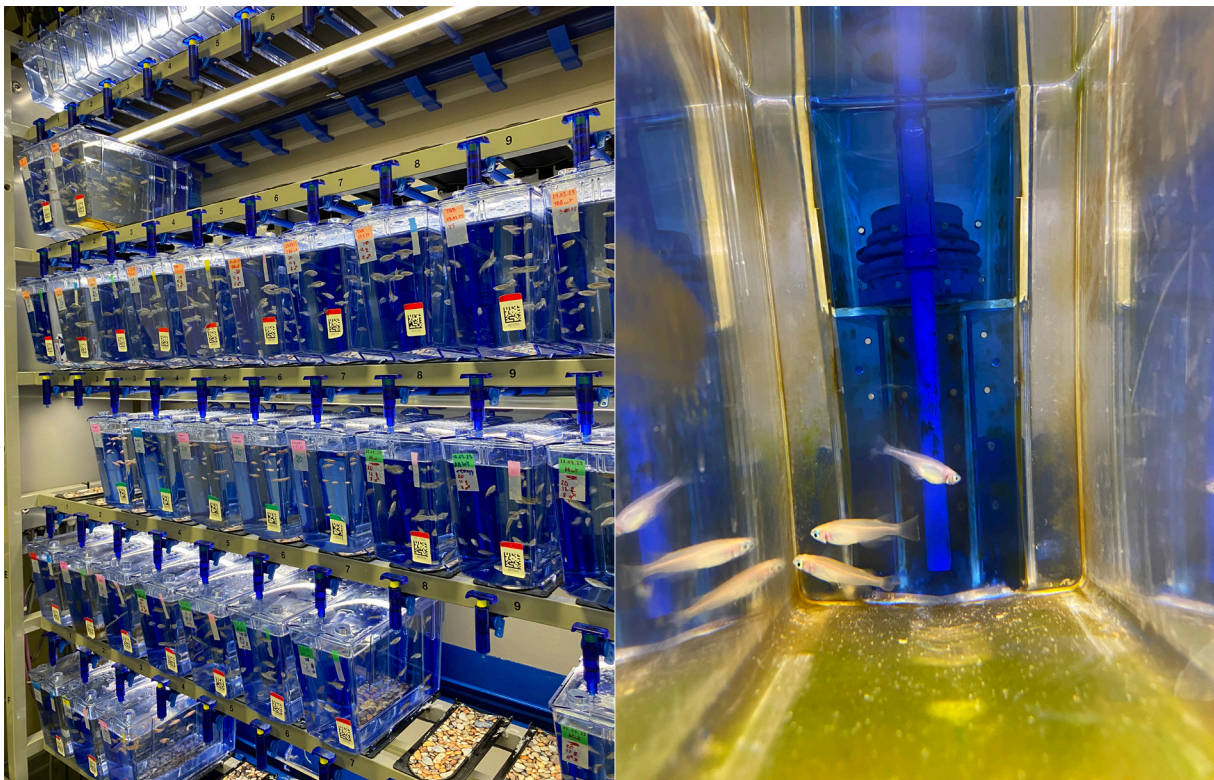


Foto 4: Ved fiskelaboratoriet ved NMBU gjøres det forsøk for å se hvordan fisk reagerer på kunstig belysning. Begge foto: Jørgine Riise

Nils Gunnar Lindbo skrev sin masteroppgave om effektene av lysforurensing og akvakultur-lysregime på medaka. Der ble det blant annet gjort målinger av lys i Akerselva og Oslofjorden, der de fant lys så langt ned som 5 meter under vannoverflaten. Det vanlige lyset som kommer fra månen har veldig lav lysstyrke, på rundt 0.1-0.3 lux ved helt klar himmel (Bassi et al., 2021). Forskerne fant også at lyset i vannet på noen områder var like sterkt som om det skulle vært rett under en lyktstolpe. En lyktstolpe i en gate med P-klasse skal ifølge Statens vegvesens *N100 Veg og gateutforming* (2022) ha en lux-verdi på mellom 2 til 15 lux. Det ble observert noen signifikante endringer i hjernen og hjertet hos noen av fiskegruppene de forsket på, noe som tyder på at lys påvirker utviklingen av fisk (Lindbo, 2023).

Arter i vann forholder seg ofte til månefaser, og siden lyset fra månen bare måler 0.1-0.3 lux når det er fullmåne, forstyrres kunstig belysning lyset fra månen. Kunstig lys fra gatebelysning er på ca. 10-60 lux (Sanders et al. 2021), og havnebelysning kan gi 150-200 lux (Bolton et al., 2017). Dette vil da forstyrre arter i vannet som forholder seg til månen.

Ved universitetet i Oxford har de gjort forsøk på hvordan ALAN påvirker abbor og mort. Der oppdaget de at ALAN hadde en sterk effekt på reproduktive egenskaper (Brüning, Kloas, Preuer, Hölker, 2018). De fant endringer i nivåene av de to gonadotropinene lutiniserende hormon (LH) og follikkelstimulerende hormon (FSH), samt produksjonen av steroider ble påvirket av ALAN. En normal verdi av disse hormonene er essensielt for optimal reproduksjon, og endringer i nivåene kan ha negative konsekvenser. Disse fiskene har en sesongstyrt reproduksjonssyklus, som er svært avhengig av fotoperiode og temperatur. For abbor er den minkende fotoperioden på høsten svært viktig for å indusere gametogenese (differensiering og modning av egg) i forbindelse med gyting. Ettersom kunstig belysning vil fjerne denne naturlige reduksjonen av lys på høsten kan reproduksjonen forstyrres.

I en annen studie ble det konkludert med at lysforurensing ikke bare kan forstyrre melatoninssyklusen, men også reproduksjonsrytmen til abbor. Hvitt lys på så lave nivåer som 1 lux hadde en påvirkning på hormoner knyttet til reproduksjon (Brüning, 2016). Bassi et al. sammenlignet forskningen på melatoninnivåer hos fisk og konkluderte at det ligger en terskelgrense ved 1 lux, siden effekten av å øke luxnivået ikke hadde noe større effekt på fisken (Bassi et al., 2021).

Forskningen til Maitra, Seth og Chatteraj viser til at melatoninnivået kan henge mye sammen med reproduksjon hos fisk, og fungerer som en slags sensor for miljøpåvirkning (årstid og døgnrytme) (Maitra, Seth & Chatteraj, 2006). Ifølge Bassi et al. (2021) har nesten alle forsøk gjort på fisk under ALAN vist en nedgang i melatonin).

Lysforurensing kan også føre til en økt risiko for skadelige algeoppblomstringer. Unaturlige og store algeoppblomstringer kan være svært skade for mangfoldet i havet, siden det fører til oksygenmangel. Normalt skjer det en algeoppblomstring om våren (Thronsdén, Aarnes, Kvile, Egeland, 2022), og da vil zooplankton migrere til overflaten for å konsumere algene. Denne migrasjonen trigges av mørket, og forskere har funnet at ved ALAN vil ikke zooplanktonet migrere opp til overflaten. Dette fører til at det blir et for stort volum av alger på overflaten som vil danne et mørkt teppe over vannet. Noen algetyper kan også slippe ut høye mengder toksiner (FHI, 2015). Det har ikke blitt gjort noe særlig forskning på dette, men det er nevnt blant annet i The New York Times (St. Fleur, 2016).

2.3 Mulige avbøtende tiltak

Mangelen på forskning, spesielt i artenes naturlige habitat, gjør det vanskelig å si noe konkret om følgene av ALAN på fisk. Forsøkene som er gjort har gitt noen ulike resultater, og det er ikke blitt forsket nok på hvilke andre faktorer som kan spille inn på resultatene.

Ut ifra forsøkene som har blitt gjort, kan man se en klar påvirkning på fisk. Det er likevel behov for mer forskning før man kan konkludere med i hvilken grad fisk påvirkes og hvor kritisk dette er for ulike arter. Luxverdi kan også ha en påvirkning på fisk, og som konkludert i Bassi et al. (2021) kan terskelverdien ligge mellom 0-1 lux. Det kan altså vise seg å være svært viktig å unngå belysning, men i mange områder er dette

urealistisk. Man må derfor vurdere å ta i bruk andre avbøtende tiltak. I påvente av mer forskning kan det være lurt å være føre var for å unngå belysning der det er mulig.

Det finnes mange områder der det er belyst rundt elver, innsjøer og langs kysten i Norge. Armaturer langs vann kan spre strølys, og det er for eksempel målt kunstig lys fem meter ned i vannet ved kysten langs Oslo (Lindbo, 2023). Dette vil ikke bare påvirke et stort mangfold av arter som lever i denne vannsøylen, men også de som lever lenger ned. Der det ikke er mulig eller ønskelig å unngå belysning, burde det installeres armaturer som ikke sprer strølys mot vann.

Det foreligger i dag ingen krav til å redusere belysning ved vann. Videre er kunnskapen om lysets påvirkning på det akvatiske miljøet hos bestiller ofte begrenset, noe som fører til at det ikke settes krav i anbudskonkurranser om skjermende armaturer. Å designe nye armaturer som kan redusere strølys er teknisk mulig, men vil medføre en økt kostnad slik at produsentene trenger et initiativ for å gjøre dette. Det er behov for kunnskapsspredning og opplæring av bestillere til å påvirke utviklingen i en mer bærekraftig retning. Forskningen til Lindbo førte til at Oslo Badstuforening fjernet belysning på undersiden av en av badstuene deres (Tranås, 2022). Dette er et eksempel på hvordan kunnskap om lysforurensing ofte kommer frem etter installasjon av lyskilden, men også at flere aktører er villige til å gjøre noe med lysforurensingen.

En annen måte å redusere de negative effektene av kunstig belysning på er å redusere antall timer området er belyst. Forsøket på fisken japansk medaka ved NMBU (Closs, 2023) kan tyde på at det er bedre med kunstig belysning i 14/10 timer om natten enn kontinuerlig belysning. Forsøket på abbor og mort viste også til at den naturlige reduksjonen av dagslys på høsten var viktig for reproduksjonen (Brüning, 2018). Dette viser at det også er viktig å ta hensyn til endringen i naturlig dagslys som skjer i løpet av et år når man belyser et område.

3. Lysplaner

3.1 Innledning

Lysplaner og belyningsveiledere danner rammer for hvordan belysningen i avgrensede områder skal være, og hvilke tiltak og hensyn som burde tas inn i planleggingen.

I 2012 ble veilederen *Lys på stedet - Utendørsbelysning i byer og tettsteder* utgitt av Miljøverndepartementet, Samferdselsdepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet. Regjeringen ønsket økt bevissthet om hvordan utendørsbelysning kan påvirke livskvalitet og miljø, og hvordan riktig lysbruk kan forbedre byer og tettsteder (Miljøverndepartementet, Samferdselsdepartementet og Kommunal- og regionaldepartementet, 2012). Samtidig ble helhetlig lysplanlegging lagt frem som et tiltak som kan redusere energiforbruk og bidra til et mer klimavennlig samfunn. I forordet legges det vekt på at «kommunene har et særskilt ansvar for å sikre en helhetlig lysplanlegging» (ibid. s. 5). På side 15 står det:

Lysforurensning må unngås, og belysningen må ikke blende, forvrengne fargene, skape trafikkfarlige forhold eller være til sjenanse for naboer, andre brukergrupper eller insekt- og dyreliv. Kommunene bør også ha en bevisst holdning til hvilke områder som *ikke bør belyses* av hensyn til for eksempel naturopplevelser. (Egne kursiveringer)

Regjeringen skriver på sine nettsider om veilederen at den er utdatert, og at det i løpet av 2023 vil komme en oppdatert temaartikkel om god lysplanlegging (Regjeringen, 2023).

Planene vi tar for oss inkluderer både større og mindre geografiske enheter, men vi har valgt å fokusere på Oslo kommunes lysplan fra 2009 (2011) og Stavanger kommunes lysplan fra 2020. Vi vurderer hvordan lysforurensning og biologisk mangfold er tatt inn i planene, og hvordan kommunene vektlegger vann, elver og kystnære strøk.

Før lysplanene for Oslo og Stavanger presenteres, viser vi til internasjonale rammeverk og tekniske planer som legger føringer for (lys-)planleggingen.

3.2 Internasjonale rammeverk og tekniske planer

3.2.1 FNs bærekraftsmål

Belysning og reduisering av lysforurensning kan på ulike vis knyttes opp mot 11 av FNs 17 bærekraftsmål. Det gjelder både for å redusere den negative påvirkningen på menneskers helse, for å kutte kostnader og fjerne unødvendig belysning som gir høyt energiforbruk, og for å redusere påvirkningen kunstig belysning har på biologisk mangfold. Videre følger en kort oppsummering av hvordan de spesifikke målene kan rettes inn mot reduisering av lysforurensning (Lyskultur, 2022).

3. God helse og livskvalitet – Sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder.

Om belysningen er riktig for formålet kan det minimere helseplager, men også føre til at man kan jobbe og være aktiv utendørs også på kveldstid. Det fører for eksempel til at barn kan holde på med uteaktiviteter etter skoletid og på kveldstid. Det er viktig å tilpasse belysningen etter aldersgrupper, da eldre trenger mer lys på grunn av reduksjon av visuell kapasitet.

4. God utdanning – Sikre inkluderende, rettferdig og god utdanning og fremme muligheter for livslang læring for alle.

Konsentrasjon, humør, opplagthet og hukommelse er faktorer som lar seg påvirke av lys. Både for lite og for mye lys kan være forstyrrende og ha negativ effekt på både kort og lang sikt. Eksponering for mye lys på kveldstid kan for eksempel påvirke søvnmønstre. En gjennomtenkt belysningsplan tilpasset aktiviteten som utføres er dermed viktig for en god utdanning.

7. Ren energi til alle – Sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi til en overkommelig pris for alle.

Ved å oppgradere belysningsløsninger til LED-løsninger, bruke styringssystemer med tids- og bevegelsessensorer og i tillegg dimme ned belysning etter behov, kan man spare opptil 90 prosent av energiforbruket.

9. Innovasjon og infrastruktur – Bygge solid infrastruktur og fremme inkluderende og bærekraftig industrialisering og innovasjon.

Belysningsteknologien utvikler seg kontinuerlig i en mer bærekraftig og energieffektiv retning med blant annet nye styringssystemer, muligheter for dimming, og bedre og mer kostnadseffektive lyskilder. Økt kunnskap om lysforurensning er i tillegg til energibesparelser også gunstig for biologisk mangfold og menneskers helse og trivsel. Faglig kompetanse burde inkluderes fra prosjektets start.

10. Mindre ulikhet – Redusere ulikhet i og mellom land.

God belysning kan gjøre offentlige områder tryggere for marginaliserte menneskegrupper, og kan redusere kriminalitet. Her er det viktig å ha nok kunnskap om hvilke belysningstiltak som fungerer på det spesifikke området man lysetter. I tillegg kan en mer bærekraftig belysningsløsning minimere kostnadene og sosioøkonomiske ulikheter.

11. Bærekraftige byer – Gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige.

Belysning som både er energieffektiv og som ivaretar det biologiske mangfoldet ved å bidra til minimal lysforurensning, er medvirkende for å skape en bærekraftig by. Belysning som er sjenerende for planter, dyr,

insekter og amfibier kan over tid ødelegge det biologiske mangfoldet og vil føre til negative konsekvenser for miljøet i byen. Samtidig er det viktig å huske på brukerne av byen, hvordan de bruker ulike byrom og hvilke belysningstiltak som vil virke trygghetsfremmende og inkluderende på dem. Det er derfor viktig med tiltak som reduserer lysforurensningen i områder hvor det biologiske mangfoldet er stort, eller hvor mennesker oppholder seg over tid.

12. Ansvarlig forbruk og produksjon – Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre.

Kontinuerlig utvikling av lysteknologi resulterer i mer innovative og energieffektive lyskilder, bedre armaturer og bedre lysstyring. Dette er viktig for å spare energi, for det biologiske mangfoldet og for menneskers helse fordi det kutter ned på unødvendige mengder og feil belysning.

13. Stoppe klimaendringene – Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem.

Energiforbruket kan reduseres med 34 TWh elektrisitet per år innen 2030 ved hjelp av energieffektiv teknologi og lysstyringssystemer.

14. Livet under vann – Bevare og bruke havet og de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling.

Ved å redusere lysforurensning som treffer havoverflaten kan man bekjempe tapet av biologisk mangfold under vann. Dagens bruk av lys langs kystlinjen og i vassdrag er skadelig, og kan og bør kuttes i stor grad.

15. Livet på land – Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av artsmangfold.

Lysforurensning har stor innvirkning på blant annet artsmangfold, reproduksjon og pollinering. Selv om kunstig lys er nødvendig for at man skal kunne fortsette å leve som vi gjør etter at solen går ned, kan man ta bedre valg ved bruk av kunstig belysning for å forbedre dette.

17. Samarbeide for å nå målene – Styrke virkemidlene som trengs for å gjennomføre arbeidet, og fornye globale partnerskap for bærekraftig utvikling.

Det er behov for mer strategisk samarbeid gjennom konkrete lov- og regelverk, både innad i Norge og internasjonalt. Det finnes allerede internasjonale organisasjoner som arbeider med dette, men flere land må ta del i dette og ratifisere lovverket. I Norge har vi ingen overordnede nasjonale retningslinjer for lysreduksjon og lysforurensning, som vi finner i for eksempel Frankrike (se kap. 4.4).

Lysforurensning i bærekraftsmålene

Lysforurensning kan altså ses i lys av 11 av FNs 17 bærekraftsmål, og viser hvor viktig det er å ta lysforurensning og lysplanlegging inn i utviklingen av mer bærekraftige samfunn. Andre land i Europa har på generell basis kommet lenger enn Norge i arbeidet med lysforurensning og lysreduksjon. I 2019 vedtok for eksempel Frankrike en lov om forebygging, reduksjon og begrensning av lysforurensning. Loven setter tydelige krav og rammer for hvordan lyset skal reguleres for å hindre overdreven bruk av kunstige belysningspunkter der det ikke er behov. Loven beskrives mer detaljert i kapittel 4.4.

3.2.2 BREEAM-sertifisering

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) er en miljøsertifiseringsordning for bygg som tar utgangspunkt i hovedprinsippene for bærekraftig utvikling: miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft (Karlsen, 2022). Sertifiseringen er internasjonal og vurderer hvordan bygget presterer innen ni kategorier: ledelse, helse og velvære, energi, transport, vann, materialer, avfall, landbruk og økologi, og forurensning.

BREEAM-sertifiseringen inneholder et punkt for lysforurensning fra bygg, under Pol 4 «*Reduksjon av lysforurensning*»: *Formål: Sikre at utebelysning er konsentrert til relevante områder, og at oppadrettet belysning minimeres, slik at unødig lysforurensning, energiforbruk og ulemper for naboeiendommer reduseres* (Lysveileder, 2020). Sertifiseringen tar ikke for seg hvordan man kan redusere strølys fra innendørs belysning fra kontorbygg, som i bybildet fører til mye overflødig lysforurensning (jf. kap. 3.3.3).

Når det gjelder infrastrukturprosjekter er BREEAM Infrastructure (tidligere CEEQUAL) et verktøy for vei og infrastruktur tilsvarende BREEAM for bygg. Verktøyet brukes som et rammeverk for å sikre bærekraft i ulike former for anlegg- og infrastrukturprosjekter (Grønn byggallianse, u.å.).

3.2.3 Statens vegvesen – tekniske veiledere og håndbøker

En oppdatert versjon av *Håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning* ble utgitt i 2021. I kapittel 5.2 står det mye om løsninger som burde iverksettes ved installering av ny belysning (Vegdirektoratet, 2021). Det er lagt fokus på midtpunktsdimming og bevegelsesstyring av belysning. Under delkapittel 8.1.2 er det blitt anbefalt en maksimumsgrense på fargetemperaturen ved veibelysning på 3000 kelvin.

Lux-verdi bruker man for å beregne belysningsstyrken på veier, i konfliktområder, ved gang- og sykkelstier, altså C- og P-klassene. C-klassene benyttes hovedsakelig når forutsetningene for luminansberegninger ikke kan legges til grunn eller er upraktiske. Dette gjelder når synsavstandene er mindre enn 60 meter og når flere observatører er aktuelle. Luminans bruker man for M-klasse, veier og gater for motortrafikk. For å foreta luminansberegninger må veioverflatens refleksjonsegenskaper være kjent. En mørk og en lys overflate kan ha lik lux-verdi, men oppleves veldig forskjellig da den lyse veioverflaten reflekterer mer lys enn den mørke. Derfor vil veier med lyse overflater oppleves som lysere.

Historisk sett har det ikke blitt gjort særlig mange lysreducerende tiltak i Norge. Rundt 2015 startet en utfasing av armaturer med høytrykksnatrium-lyskilder, som en følge av EUs nye miljøkrav (Lyskultur, 2020). Mange av lyskildene i Oslo og resten av Norge ble da byttet ut med LED. Videre har det blitt bestemt at maksimumsgrensen på fargetemperaturen på veibelysning skal reduseres fra 4000K til 3000K, som gjør lyset varmere og mindre skadelig for øynene våre.

3.3 Oslo

3.3.1 Introduksjon til lysplanen

2009 - 2011

I 2009 la Plan- og bygningsetaten (PBE) og Oslo kommune frem *Belysningsplan for Oslo sentrum*. Planen beskrives som et styringsverktøy med overordnede retningslinjer for hvordan belysningen i Oslo sentrum skal planlegges og utformes. Belysningsplanen ble gitt i oppdrag i 2007, og planen ble vedtatt av Oslo bystyre 13.04.2011. Den skal være «et praktisk redskap for å kvalitetssikre ... fremtidige belysning» (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 3). Avgrensningen av Oslo sentrum består i tillegg til sentrumskjernen av strøksgater, samt Akerselva miljøpark og deler av Fjordbyens havnepromenade som ligger innenfor Ring 2 (ibid. s. 5).

I intervjuet med Bymiljøetaten ble det fremsatt kritikk mot belysningsplanens (2011) geografiske avgrensning av Oslo sentrum, som relativt sett utgjør en liten del av Oslo kommune. Planavgrensningen til sentrumsområdet medfører at det ikke rettes like mye fokus mot belysning utenfor de mest sentrumsnære områdene. Områder utenfor sentrumskjernen er gjerne mer dominert av natur og høyere biologisk mangfold, og får mer negativ påkjenning fra lysforurensning. Kritikken mot den geografiske avgrensningen ble bekreftet under intervjuet med Plan- og bygningsetaten: Avgrensningen av Oslo sentrum ville vært annerledes om planen ble skrevet i dag (2023), noe som særlig gjelder Oslos havnefront og kystlinje, samt Oslo sentrum. På daværende tidspunkt (rundt 2009) var Bogstadveien på vei til å bli et viktig knutepunkt. Det ser man av den geografiske avgrensningen, som vektlegger strøksgater (slik som Bogstadveien) i tillegg til den mer historiske bysentrumskjernen som strekker seg fra Østbanehallen til Vestbanen (Aker brygge, Vika).

2018 - 2021

I 2018 ble *Gate- og veilysnormen for Oslo kommune*, utarbeidet av Bymiljøetaten, publisert. Normen er utviklet som et utfyllende arbeid til kapitlene om veibelysning i normalen *Gate- og veiutforming for Oslo kommune* (2018), som siden er blitt revidert og i 2021 ble utgitt på ny under navnet *Gatenormal for Oslo*. Normen fra 2018 refererer til belysningsplanen for Oslos sentrum som premissgiver for planlegging, og beskriver belysningsplanen for Oslo som «et styringsverktøy» (Bymiljøetaten, 2018, s. 5).

I gatenormalens (2021) kapittel 6 om «Detaljplanlegging IV. Klima og infrastruktur: overvann, snø, kabler og belysning» listes det opp krav og prinsipper for belysning. Herunder gjelder at

Alle gater i Oslo skal ha belysning. [B]elysning skal prosjekteres etter *Gate- og veilysnormen for Oslo kommune*. *Belysningsplan for Oslo sentrum* gir føringer for utforming av belysning i Oslo sentrum. (...) Det skal tas hensyn til lysforurensning og strølys. (*Gatenormal for Oslo*, 2021, s. 157-158)

Både den nye gatenormalen for Oslo (2021) og belysningsnormen fra 2018 baserer seg med andre ord på belysningsplanen for Oslo sentrum (2011) som grunnlag for avgjørelser som tas angående belysning.

3.3.2 Hensyn til lysforurensning

2009 - 2011

Belysningsplanen fra 2011 har et kort kapittel tilegnet «Lysforurensning og mørke områder». Kapittelets hovedfokus er rettet inn mot at det skal være mulig å oppleve områder i Oslo også i nattemørke, og at for å kunne se stjernehimmelen bedre, burde tydelig rettet belysning vektlegges. Hensynet til biologisk mangfold og lyssensitive insekter nevnes bare med tre setninger i kapittelet, og Ekebergskrenten og Akerselva miljøpark trekkes frem som to områder der det er viktig å ta hensyn til biologisk mangfold når belysningen planlegges (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 13).

For områdeplanforslagene følger mer spesifikke krav til hva som burde sikres ved de ulike områdene. Fjordbyen og Akerselva miljøpark er nærmere beskrevet under i kapittel 3.2.3 Hensynet til vann og kyst. Belysningsplanen har et tydelig rettet fokus mot trygghet, nattidentitet og energieffektivitet. Et viktig avsnitt handler om kontraster og varmt lys, og om hvordan grunnbelysningen burde være myk og harmonisk. I et annet avsnitt som omhandler trygghet tas det opp at belysning av mørke området kan redusere kriminalitet, men at belysning alene ikke nødvendigvis løser problemet. Den tar i samme kapittel for seg at feilrettede lyspunkt og skarpe lyskastere som blander kan ha motsatt effekt, og føre til en redusert følelse av trygghet. At mer lys ikke nødvendigvis indikerer en forbedret følelse av trygghet var noe flere som ble intervjuet var enige i, og trakk frem som særlig viktig å huske på når man planlegger for belysning i et område.

I tilknytning til belysningsplanen er et vedlegg for belysningsprinsipper for Oslo sentrum. Det overordnede konseptet for belysningen er som følger: «Belysningen i Oslo sentrum skal ha et mykt varmt hvitt nordisk lys med som framhever byens topografi, strøksgatene og sentrums delområder; Fjordbyen, Kvadraturen og Linstows by» (sic) (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 44).

Belysningsprinsippene krever at fargetemperaturen på lyset i strøksgater, gågater, gater med kompliserte trafikkforhold og gater med mindre kompliserte trafikkforhold skal ligge mellom 2800K-3300K. Ved ring- og motorveier varierer lystemperaturen fra 2800K-3000K ved veier med sentral betydning eller stor gang-/sykkeltrafikk, til 2000K-3300K på veier i tunnel uten gang-/sykkeltrafikk. Gater i Kvadraturen skal ha en fargetemperatur mellom 2100K-2800K. Når det gjelder plasser skal lyskilder være mellom 2800K-3300K, mens plasser i Kvadraturen kan fargesettes mellom 2100K-2800K. Lyskilder i parker og ved beplantning skal ha 2500K-3300K. Belysningsstyrken på bygninger er basert på et noe annet system, men det skal tas med i betraktning bygningens reflektans (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 44-47).

2018 - 2021

I *Gatenormal for Oslo* er belysning viet et eget delkapittel under kapittel 6 om klima og infrastruktur (Bymiljøetaten, 2021). Her står det at «[d]et skal tas hensyn til lysforurensning og strølys» (s. 158), men det kommer ikke konkrete tiltak til hvordan dette kan løses.

3.3.3 Belysning fra bygg

Belysning fra privatbygg

Salget på belysning for privat eiendom utendørs har hatt en kraftig økning siden Corona-pandemien kom i 2020. Ifølge en artikkel av NRK økte salget på solcellelykter med 90 prosent i 2019, og i september 2020 økte salget på utendørs lysslynger meg 84 prosent (Lorentzen, 2020). Billig strøm og en lang mørketid i Norge

gjør at motivasjonen for å dekorere hus, hage og inngangsparti er stort. Siden en stor andel av boenheter i Oslo er leiligheter, er det flere som pynter verandaer og små uterom med lysslynger. I strøk med eneboliger er det populært med belysning til hagen, inngangspartier og fasadebelysning, som en slags forlengelse av arkitektur og innredning.

I lysplanen tas det ikke i betraktning at privatboliger lyssettes, og tilfører store mengder strølys til gater, veier og offentlige områder.

Næringsbygg, reklame- og skiltbelysning

Belysning fra private aktører og næringsbygg er en økende trend som påvirker belysningen i byer. En artikkel av NRK fra 2021 forteller for eksempel om klager fra beboere som får sterkt, kaldt lys inn i leilighetene sine fra butikkskilt som lyser hele natten (Thonhaugen, 2021).

Foto 5 viser hvor tydelig skiltene fra næringsbygg som Radisson Blu og Postgirobygget er i Oslo. Fotoet er tatt fra Ekeberg.

Utdrag fra *Skilt- og reklameplan for Oslo* fra 2013:

Siden reklamen skal fungere hele døgnet, er det viktig for næringslivet med lys i reklamen så den også kan være lesbar om kvelden og natten. På den annen side har vegmyndighetene et lovverk som kan hindre oppsett av reklame inntil offentlig veg. (s.12)

Hentet fra Rammer for bruk i Reklameområde S: Boligdominerte områder:

Mindre fasadereklame knyttet fysisk til den stedlige virksomheten tillates. Belysning av skilt og reklame tillates, men må ikke virke sjenerende for beboerne og lysskilt tillates ikke. (s.42)

Reklameområde M: Områder med blandende funksjoner:

I områder med en stor andel boliger må ikke skilt- og reklamebelysning virke vesentlig sjenerende for beboerne. (s.44)

Reklameområde L: Næringsdominerte områder

Skilt- og reklame tillates over første etasje på fasadene forutsatt tilpasning til bygningens arkitektur. Gesims- og takreklame tillates innenfor L-områdene ved åpne torg og plasser der slik reklame er synlig fra gatenivå. For idrettsanlegg tillates reklame vendt innover i anlegget. (s.46)

7.4 Vedtekter/forskrift med retningslinjer om skilt- og reklame i Oslo etter plan- og bygningsloven §§ 74 nr. 2 og 107:

6.26 Lyssettingen skal ikke blende eller være urimelig sjenerende for trafikanter eller beboere. Skilt og reklame med blinkende lys tillates ikke.

I punkt 8.1 om dokumentasjon, søknad/melding skrives det at «søknader om lysskilt skal vise skiltes lyseffekt etter mørkets frambrudd». det står ingenting om hvordan effekten av lyset skal dokumenteres, om det er et manipulert fotografi, en illustrasjon, lysberegnet render eller lysstyrke på skiltet.

Noe som ikke fremkommer i *Skilt- og reklameplan for Oslo* og som er et økende problem, er såkalte visningsrom (*showroom*) for biler. Rommene som skal vise frem biler har størst effekt på kveldstid når det er mørkt ute, og står ofte på hele natten.

Et annet problem som ikke forekommer i belyningsplanen eller i *Skilt- og reklameplan for Oslo*, er belysning fra kontorbygg og lignende som står på etter arbeidstid. Foto som er vedlagt er tatt kl. 01.30, og viser at det ikke er tilstrekkelig styring av belysningen i kontorbyggene på Tjuvholmen. En slik belysning kan ha stor negativ effekt på beboere i området med tanke på søvnkvalitet, det kan påvirke vannlevende organismer ettersom det er langs havnen, og det vil forstyrre den naturlige døgnrytmen til insekter i området. Det fører samtidig til unødvendig skyglow (se kapittel 1.1.3 *Hva er lysforurensning?* for definisjon).



Foto 5: Fra utsiktspunktet ved Ekeberg-restauranten ser man utover Oslo. Reklameskiltene lyser opp fra Oslo sentrum. Bildet er tatt klokken 00.38. Foto: Jørgine Riise



Foto 6: Opplyste kontorer på Tjuvholmen. Kontor- og næringsbygg står for mye overflødig belysning på kveldstid. Bildet er tatt 01.30. Foto: Jørgine Øverli Riise

3.3.4 Hensynet til vann og kyst

Oslos havnefront har vært gjennom en stor transformasjon, fra slitent og utilgjengelig, til åpent og tilrettelagt. Området har vært et viktig fokusområde i byutviklingen, og særlig har havnepromenaden og de oransje orienteringspunktene, ofte referert til som fyrtårn, vært viktige i utviklingen av Oslos karakter. Da operaen i Bjørvika ble åpnet i 2008, ble institusjonen en viktig driver for utviklingen av den nye bydelen rett ved Akerselvas utløp. Utviklingen av Grønlikaia og Filipstad videre langs kysten er de neste stegene i utviklingen av Oslos sjøfront.

Fjordbyens havnepromenade er innenfor den geografiske avgrensningen gitt i belsningsplanen for Oslo sentrum (Plan- og bygningsetaten, 2011), og er tilegnet et eget kapittel med en tilhørende lysstrategi. Likevel er planen på mange måter utdatert, da den ikke legger vekt på påvirkningen lyset kan ha på insekter og andre arter, og heller ikke nevner noe om hvordan store mengder lys langs havnepromenaden kan påvirke livet under vann. Det nevnes derimot at det ikke skal plasseres belsningspunkter på den ytterste delen av havnepromenaden (3-5 meter fra havnekant), og at «lysforurensning og tilfeldige speilinger fra vannflaten i den supplerende belsning må hindres» (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 19). Begrunnelsen for dette er ikke biologisk mangfold, men at «monumentalbygningene gis anledning til å speile seg i vannet» (ibid.). Videre står det at «[v]iktige elementer på og i vannet kan belses og speilinger i vannet kan benyttes bevisst». Innvirkninger dette kan ha på det biologiske mangfoldet både i vann og på land nevnes ikke.

I belsningsplanen fra 2011 står det at «Akerselva er et sentralt område for biologisk mangfold i Oslo sentrum. (...) Korridoren gjennom byen har en stor betydning som spredningsvei for ulike dyrearter. Elva har bestander av flere fiskearter» (Plan- og bygningsetaten, 2011, s. 25). Videre står det at det på bakgrunn av Akerselvas viktige rolle i byen burde den ha en gjennomgående belsning fra utløpet ved sentrum og helt opp til Maridalsvannet. Belsningsplanen skal særlig legge vekt på trygghet og tilgjengelighet for brukerne av parkdraget, samtidig som det skal tas hensyn til det biologiske mangfoldet i området. Tiltak som kan redusere den negative påvirkningen lyset har på insekter, fisk og andre arter, beskrives ikke i planen mer enn at elvebunnen og vegetasjonen rundt burde skjermes av hensyn til biologisk mangfold. Prinsippskissen det senere vises til på side 26 i belsningsplanen, viser at Ankerbroa er belst også under broen, i kontakt med vannflaten. Lyset som treffer vannoverflaten vil kunne påvirke fisk i området, jamfør informasjon innhentet i kapittel 2.

I intervjuet med Bymiljøetaten kom Akerselva flere ganger opp som et viktig område, der det ofte dukker opp uplanlagte lys- og kunstinstallasjoner som fører til unødig lysforurensning. Bymiljøetaten ønsker å i så liten grad som mulig påvirke dyrelivet som lever i og langs Akerselva. Se kapittel 3.7 for flere detaljer om belsning av broer.



Foto 7: Langs havnepromenaden i Oslo står det oransje fyrtårn som viser veien. Foto: Filippa Herheim Tassell.

3.3.5 Mangler ved gjennomføring

Mye har endret seg siden 2009-2011 innen både lysteknologi og forskning på biologisk mangfold på land og i vann. Lysplanen fra 2011 er på mange måter utdatert, og det trengs en revidering av planen. Bymiljøetaten etterspurte mer overordnede retningslinjer og oppdaterte veiledere for belyningsstrategier. En ny plan burde ta for seg hele Oslo, og ikke bare deler av Oslo sentrum. Den burde også ta hensyn til fremtidig lysteknologi, og at dette er et forskningsfelt i rask utvikling.

Oppdaterte planer burde i større grad ta for seg mer kunnskap om dimming og skjerming av lyskilder, om ulike styringssystemer, og burde ha kommet med flere konkrete tiltak for hvordan riktig belysning kan redusere påvirkningen lyset har på arter både på land og i vann, og også for oss mennesker. Å vise til hvilke negative konsekvenser "feil" lyssetting kan ha for det biologiske mangfoldet, kan være et aktivt middel for å appellere til rask handling.

En ny plan burde ha et tydeligere rettet fokus mot biologisk mangfold og lysforurensning generelt.

3.3.6 Særskilte problemstillinger knyttet til Oslo

Når det gjelder særskilte problemstillinger knyttet til Oslo, er det særlig topografi og beliggenhet, samt størrelsen på byen, som spiller inn. Oslo er en grønn by og har mange større og mindre gjennomgående grøntområder. Byen har en lang kystlinje, er omringet av åser og viktige naturområder (Marka), og en rekke elver har utløp i Oslofjorden. Elvene og bekkene ligger ofte plassert i forbindelse med viktige grøntområder. Oslo har en lang kystlinje, og store arealer langs kysten er avsatt til havneformål, og som mange andre byer kommer det ofte større cruiseskip inn i fjorden. Båtene og båthavnene bidrar med mye kunstig belysning utover landegrensen, som påvirker det biologiske mangfoldet under vann (jf. kap. 2).

Markagrensen markerer avgrensningen mellom Oslo by og Oslomarka, og beskytter området mot bolig- og hytteutbygging. Markagrensen er viktig for bevaringen av det biologiske mangfoldet som finnes i området. Trygghet er en annen viktig problemstilling å ta hensyn til i Oslo (og andre byer). Den store befolkningsmassen resulterer i økt kriminalitet, og hensynet til trygghet er derfor svært viktig i planleggingen. Belysning er blitt brukt som et aktivt tiltak for å forhindre kriminalitet i spesifikke områder, for eksempel langs Olafiangangen og Vaterlandsbrua på Grønland, med varierende virkning.

3.3.7 Hva kan vi ta med videre fra Oslo?

Arbeidet med belysning i Oslo tydeliggjør viktigheten av oppdaterte planer og strategier, slik at man hele tiden arbeider med oppdatert informasjon og kunnskap. Lysforurensning som kunnskapsfelt har økt betraktelig de siste ti årene, og kommer til å øke fremover. Det er derfor essensielt at planer og strategier følger ny informasjon som er innhentet, og ikke baserer seg på utdatert kunnskap. Dette kan minske bruken og virkningene av planene.

En felles kunnskaps- og informasjonsbase er noe som etterspørres av flere av aktørene vi har snakket med, også utenom Oslo.

3.4 Stavanger

3.4.1 Introduksjon til lysplanen

Stavanger kommune fikk i 2020 en ny og utfyllende lysplan, *Lysplan for Stavanger sentrum. Overordnet 2020-2030* (Zenisk, 2021). Planen er utarbeidet av lysbyrået Zenisk på oppdrag fra Stavanger kommune, og inneholder analyser, retningslinjer og konsept for belysning i Stavanger. I planen er byen delt inn i ulike soner, der det er behov for ulik belysning og lyset spiller ulike roller. Inndelingen viser områder med spesifikke kvaliteter og identiteter, og er delt inn med utgangspunkt i «spesifikke funksjoner, arkitektoniske og urbane kvaliteter» (Zenisk, 2021, s. 32). Med arkitektoniske kvaliteter følger for eksempel at det er ønskelig med fasadebelysning for å styrke utvalgte arkitektoniske elementer og utforminger, også som et ledd i å styrke stedsidentiteten (ibid.). Den nye planen erstatter to tidligere planer fra 2005, én belyningsveileder og en lysplan. Lysplanen inneholdt juridisk tematikk, mens belyningsveilederen inneholdt mer detaljert informasjon om hvordan man ønsket at belysningen skulle være i de ulike gatene og sonene. Den nye lysplanen fra 2020 er mer helhetlig strategisk, med både virkemidler, hensyn og tiltak, og er et godt gjennomarbeidet planverktøy. På side 2 i planen, under bakgrunn for arbeidet, står det beskrevet hvorfor det var behov for et nytt planverktøy: «Siden 2005 har mye forandret seg, både teknologisk, lysteknisk og i form av ny tilnærming til byutvikling. Vi har fått økt fokus på mennesker og miljø» (Zenisk, 2021).

Planen inneholder et eget metodekapittel der arbeidsprosessen beskrives fra prosjektets start til slutt. En viktig del av arbeidsprosessen besto av medvirkningsstrategier, der innbyggerne ble invitert med inn i møter, workshoper og ut på vandring, for å kunne komme med førstehånds tilbakemeldinger på hvordan de opplevde ulike områder, hvilke områder som ble brukt og ikke, samt hva de selv tenkte at trengte en endring. Aktivitet og trygghet var to nøkkelord i denne prosessen. Dette ble bekreftet i samtale med daværende prosjektleder Claus Petersen i Stavanger kommune. Han fortalte videre at noen av vandringene i Stavanger ble gjort på kvelds- og nattestid, og flere steder opplevde brukerne av rommet at det følte mer utrygt i områder med mye lys, enn i områder hvor det ikke var lys i det hele tatt.

For å få størst mulig medhold fra innbyggerne, ble alle som hadde innspill til planen invitert med inn på et møte med prosjektgruppen, slik at de kunne dele sine tanker og erfaringer fra planen, komme med innspill direkte, og føle eierskap til hele prosessen. Dette førte blant annet til at det kom en ny og revidert versjon av planen i 2021, mer lettlest, lesbar og tilgjengelig for folk flest.

Kommunen er positiv til at andre bruker og ser til deres lysplan for inspirasjon og for å se hvilke tiltak og hensyn som kan gjøres i andre kommuner, men Petersen legger vekt på at det må gjøres individuelle analyser og hensyn med utgangspunkt i kunnskap om stedet. I ferdigstillingen av lysplanen har det for kommunen vært aktuelt å dele innhentet kunnskap med nabokommuner i Stavanger-regionen, fordi de har mange av de samme problemstillingene og hensynene å ta og derfor kan benytte seg av noen av de samme prinsippene og tiltakene som gjelder Stavanger. Til tross for at kommunen har vært rundt og presentert materialet for mange andre kommuner og invitert dem til å bruke materialet selv, har responsen flere steder vært at de heller ønsker å gjennomføre sitt helt eget arbeid.

3.4.2 Hensyn til lysforurensing

Da den nye lysplanen ble bestilt i 2019, var ikke lysforurensing et veldig aktuelt tema kommer det frem i samtale med kommunen. Planen ble lagt ut på høring under korona-pandemien. I denne perioden ble det

skrevet mye om lysforurensning, og det kom mange innspill på nettopp dette. Indirekte hadde kommunen skrevet at det var ønskelig med kontroll av lysbruken og at det ikke skulle brukes mer belysning enn nødvendig, men innspillene ledet til mer tydelige og konkrete kapitler om lysforurensning.

Et av målene med lysplanen er å lage miljøbevisste løsninger som vil bidra til en «reduksjon av energinivåer og lysforurensning ved å bruke teknologiske nyvinninger som bidrar til bærekraft for hele byen» (Zenisk, 2021). Kapittel 1.08 – 1.12 omhandler lysforurensning direkte: «Innledning», «Hva er utfordringer for Stavanger», «Tiltak for å redusere og kontrollere lysforurensning», «Matrise for bruk og distribusjon av lys», og «Matrise for reduksjon av lysforurensning».

Kapittel 5 tar for seg høydepunkter og anvendelse av planen, og her spesifiseres det at miljøvennlig belysning i park- og grøntområder skal ta hensyn til lysforurensning, naturmangfold, lysintensitet, lysstyring, reflekterende overflater, lysfordeling, og lavt energiforbruk (Zenisk, 2021, s. 75). Refleksjon av lys og lys fra reklameskilt nevnes som to faktorer som kan være kilder til lysforurensning, og som må tas hensyn til. Videre står det om naturmangfold at «[k]artlegging av effekter på planter, insekter, dyr, fugler og fisk må utføres og være med i evaluering».

3.4.3 Skilt- og reklamebelysning

I enkelte delområder spesifiseres det at det ikke skal være noen lysende skilt, og i et senere delkapittel som omhandler kommersiell belysning og strategier for lys-skilt, spesifiseres funksjon, hensyn og retningslinjer for skilt-belysning. En egen skilt- og reklameplan for Stavanger etterspørres, og Oslos skilt- og reklameplan trekkes frem som et eksempel på hvordan dette kan løses. I Oslos skilt- og reklameplan har de, som tidligere nevnt, delt opp i ulike soner fra XS til L, der reklameområde XS inkluderer sårbare områder, S er boligdominerte områder, M er områder med blandede funksjoner, og reklameområde L er næringsdefinerte områder (Zenisk, 2021, s. 81). En tilsvarende inndeling av Stavanger kunne til fordel vært brukt, og som i tillegg tok inn over seg hensynet til sårbare naturområder og områder i nær tilknytning til vann og/eller kyst.

3.4.4 Hensynet til vann og kyst

Stavangers lysplan er som tidligere nevnt delt opp i ulike soner, med ulike tiltak og hensyn. Vågen, havneområdet i Stavanger by, er et populært område og er kjent for sine sjøhus i forskjellige farger. Mange av disse byggene har fasadebelysning, som i varierende grad speiler seg i vannet. Før ny belysningsstrategi var på plass, resulterte dette i ujevn intensitet og fordeling (Zenisk, 2020, s. 13).

Kapittel fire i lysplanen omhandler hvordan lysplanen skal anvendes, blant annet ved Bybrua og ved havnearealene. For Bybrua anbefales det å ikke lyssette hele brospennet av hensyn til kostnad, drift – og unødvendig lysforurensning. Videre beskrives det at dagens eksisterende funksjonsbelysning reflekteres i vannet, og at det ved en utskiftning av lyset burde vurderes «ny optikk og bedre avskjermet løsning for ikke å lyse ned i vannet eller ut i luften» (Zenisk, 2021, s. 63). Om havnearealene står det at belysningen krever spesielle hensyn, som må tilfredsstillende sikkerhet, funksjon og atmosfære (ibid., s. 64-64). Her er avskjerming av lyskilder et tiltak som trekkes frem for å sikre trygg navigasjon når man legger til kai, men som også vil kunne ha positive sideeffekter ved at mindre lys reflekteres fra vannoverflaten om lyskilden er rettet vekk fra vannflaten. Det spesifiseres at det må «tas hensyn [til] at for kraftig lys bidrar til blanding og lysforurensning som kan medføre miljø- og naturutfordringer» (ibid., s. 65). Hvordan dette kan hindres står det ikke noe videre om i nevnte kapittel. Videre står det: «For å sikre uhindret utsikt mot havet bør, som en grunnregel, belysning

ligge på innsiden av promenade, kai eller vei» (s. 65). Når belysningen ligger på innsiden av promenaden, er det større sannsynlighet for at uønsket lys havner i vannet, enn om lyskilden lyser motsatt vei – fra havet og innover promenaden. Sikten kan opprettholdes samtidig som lysarmaturer er plassert på utsiden, dersom belysningspunktene og armaturene er tilpasset stedet, er dempet nok til at vannet og området bak armaturene ikke oppleves som mørkere på grunn av blendingen, og ikke hindrer trafikk til og fra havnen.



Foto 8: Havneområdet i Stavanger er et populært område, og mye lys reflekteres ned mot vannoverflaten.
Foto: Bård Asle Nordbø / Statens vegvesen

Det er tatt et aktivt valg om at noen områder ikke skal lyssettes av hensyn til naturmangfoldet. Petersen legger vekt på at de i arbeidet med lysplanen kom frem til at det ikke er mulig å alltid ta hensyn til alle parter. Noen ganger må man prioritere, fordi ulike dyrearter reagerer ulikt på ulike frekvenser av lyset. Et eksempel på dette er hensynet til flaggermus og fugler. Flaggermus er mindre sensitive for rødt lys, mens fugler kan reagere negativt på denne fargen. Man må derfor aktivt ta et valg som ikke alltid kan gagne alle arter samtidig. I dialog med Arne Follestad ble Stavanger kommune anbefalt å kartlegge og analysere grøntområder for å se hvor stort det biologiske mangfoldet er i de ulike områdene, og å se dette opp mot hvor mange som bruker og besøker området. Deretter må man ta et valg: Hvem lager vi dette området for, mennesker eller det biologiske mangfoldet? Det var som svar på dette spørsmålet at det ble bestemt at man ikke kan ta hensyn til alle, alltid, som så førte til den nevnte områdeinndelingen der ulike hensyn og tiltak ønskes i ulike soner.

Konsekvensene lyssettingen kan få, ble slik en premissgiver for hvordan belysningen skal planlegges i sårbare områder. Det ble ifølge Petersen fremsatt særlige hensyn til områder langs kystlinjen og Breiavatnet, i tillegg til en elv i nærheten som er rik på fisk (ørret). Av hensyn til ørreten er deler av strekningen langs elven bevisst ikke lysatt. Tidsstyrt belysning er et annet tiltak som ble fremmet for å sikre unødvendige mengder belysning i sårbare områder.

Ved Lundsneset naturreservat nord for Stavanger har de valgt å skru av lyset helt på bestemte tider av døgnet slik at det skal være mulig å se stjernehimmelen. I naturområder som er mye besøkt har kommunen derimot valgt å ta mer hensyn til trygghet og utsyn enn til biologisk mangfold når de har planlagt belsningen. Selv om det ikke gjennomgående i lysplanen står spesifisert at det er tatt et hensyn til biologisk mangfold og natur, er dette noe som lå som et underliggende utgangspunkt gjennom hele prosessen, kom det frem i samtale med Zenisk. Dette ble bekreftet av kommunen.



Foto 9: Ved strandkaia i Stavanger reflekteres mye lys ned i vannet. Foto: Bård Asle Nordbø / Statens vegvesen

3.4.5 Mangler ved gjennomføring

I motsetning til Oslo har Stavanger nylig oppdatert sin lysplan, og kommunen vektlegger at det i slike planer nettopp er behov for kontinuerlige oppdateringer når kunnskapsgrunnet oppdateres.

En kritikk som ble fremsatt av aktører vi snakket med var at lysplaner ofte kan bli litt for konseptuelle og for lite tekniske. Det kan umiddelbart oppleves at dette også gjelder for Stavangers lysplan, som visuelt sett er lett lesbar, men som går lite inn på tekniske krav. Lite konkrete data om tiltak, plassering, lysstyrke og lignende kan føre til at planer oppfattes som noe mangelfulle, og mer beregnet på å vise frem hvor vakkert det kommer til å bli enn hvordan prinsippene skal utføres. Tydeligere informasjon om hva som skal gjøres hvor, foreksempel faktisk tallfestede maksimum og minimum lux-verdier, konkrete fargetemperaturer, og en konkretisering av spredningsvinkel på lyskilder og armaturer (ikke beskrevet som «belyses i avgrenset område») ville bidratt til å øke lysplanens troverdighet. Mange får imidlertid dette med i en underliggende belsningnorm.

3.4.6 Særskilte problemstillinger knyttet til Stavanger

Når det gjelder særskilte problemstillinger knyttet til Stavanger, har topografi og beliggenhet mye å si også her. Stavanger ligger i vest, ut mot Nordsjøen, og er mindre skjermet mot vær og vind enn det Oslo er lenger øst.

Det må derfor tas særlig hensyn til været. Det kan komme mye regn i Stavanger, som kan føre til at omgivelsene oppleves som mørkere når det regner fordi våt asfalt og annet dekke blir mørkere og mer lys reflekteres fra overflaten (Stavanger kommune, 2020).

Stavanger har en tilgjengelig kystlinje og er en viktig havneaktør, og både fritidsbåter og båter som benyttes i næringsvirksomhet har tilgang. Småbåthavnene i området bidrar til å øke lysforurensningen langs kyststripen. Stavangers lysplan er et visuelt og lett lesbart eksempel på en lysplan, men blir litt for vag når det kommer til hvordan man kan redusere lysforurensning og påvirkning på biologisk mangfold.

3.4.7 Hva kan vi ta med videre fra Stavanger?

Allerede i planens innledning spesifiseres det at det er behov for oppdaterte planer for belysning i kommunen, fordi kunnskapsgrunnlaget fra 2005 er utdatert. I tillegg er dette en revidert versjon oppdatert etter innspill fra innbyggere og andre aktører. Et viktig ønske for innbyggerne var at planen skulle være lettlest og lett forståelig for alle, og ikke for teknisk.

Stavangers lysplan inneholder et metodekapittel som forklarer inngående hvordan prosessen har foregått, fra start til slutt, og under intervjuet med kommunen fremsto arbeidsprosessen som åpen og tilgjengelig for alle parter. Gjennom møter, vandringer og medvirkningsprosesser der innbyggerne kom med innspill, fikk brukerne av byrommene være med på den videre planleggingen, og man kan tenke seg at dette ledet opp til en større tiltro og til planarbeidet. Metodekapittelet gjør det i tillegg lettere for senere oppfølgingsarbeid, da all informasjon om prosessen ligger lett tilgjengelig for alle. Åpenheten rundt prosessen er noe andre aktører kan ta lærdom av, og var også noe kommunen selv ønsket fokus på.

At kommunen er villig til å dele innhentet kunnskap, men at andre kommuner likevel ikke bruker denne kunnskapsbasen, innebærer en utelatt utnyttelse av tilgjengelig informasjon (jf. kap. 3.4.1). At man ikke benytter seg av allerede eksisterende kunnskap og innhentet informasjon resulterer i at man mister nytten av et felles kunnskapsgrunnlag.

Planen har tydelige visuelle elementer og strategier som er lette å følge, men er samtidig ikke konkret nok i hva den faktisk ønsker å gjøre. Inndelingen av Stavanger i soner basert på karakter, identitet og hensyn er et godt utgangspunkt for videre belysningsplaner.

3.5 Sammenligning av Oslo og Stavanger

Det fremkommer i flere av samtalene og diskusjonene vi har hatt at det er et kunnskapshull når det gjelder lysforurensning og særlig påvirkningen dette har på marine områder og arter. Stavanger kommunes forsøk på å dele sin kunnskap med omkringliggende kommuner og tettsteder er et godt utgangspunkt for en felles kunnskapsdatabase, men som dessverre ikke utnyttes for fullt.

Lysforurensning er et relativt nytt forskningsfelt, og som andre forskningsfelt er det en kontinuerlig oppdatering og videreutvikling av feltet. Det er derfor behov for og nødvendig å legge til rette for at

belysningsplanene er dynamiske og oppdateres med jevne mellomrom med ny forskning. Slik vil kommunene kunne sikre at planene de arbeider ut ifra ikke er utdaterte. Dette har Stavanger kommune tatt hensyn til, men Oslo kommune baserer seg fortsatt på utdaterte planer og veiledere i sine belysningsstrategier.

Det er ikke mulig å alltid ta hensyn til og planlegge for alle, og derfor må soneinndeling som verktøy inn i lysplanene. Både Oslo og Stavanger deler inn lysplanenes planområder i ulike soner for å tilrettelegge for lokale hensyn. Dette burde alle belysningsplaner gjøre, da man ved å inndele i soner lettere kan spesialisere og tilrettelegge for komplekse forhold, og ivareta stedets karakter og identitet. Stavangers lysplan er likevel mer gjennomarbeidet og legger mer vekt på lokale karakter- og identitetstrekk enn det Oslos lysplan gjør. Åpenhet rundt arbeidsprosessen er et annet skille mellom Oslo og Stavanger. Stavanger kommune dedikerer et helt kapittel av lysplanen til metode, og viser allerede her hvor viktig det er at planen skal kunne repliseres av andre. Stavanger kommune inviterte til vandring, workshops, møter og samtaler med innbyggerne om hvordan belysningen i byen kunne bedres. Alle forslag ble tatt imot positivt og ledet til videre dialog omkring emnene som ble diskutert. Som allerede nevnt førte den åpne prosessen til at lysforurensning etter hvert ble dedikert et eget underkapittel.

Hensynet til vann- og kystområder er ikke godt nok tatt inn i noen av planene, selv om begge kommunene har store arealer i nær tilknytning til vann og kyst. Dette kan skyldes mangelen på kunnskap om påvirkningen lys har på marine områder, og at forskningsfeltet rett og slett ikke har fått like mye oppmerksomhet som påvirkningen lys har på insekter og andre arter som lever på land.

Fortsatt snakkes det om estetisk belysning av fasader og viktige arkitektoniske elementer som underbygger en bys identitet og karakter, uten at de negative konsekvensene her kommer like godt frem i lyset. Hvordan en plan og et dokument skrives og presenteres, påvirker hvordan det etterfølges og brukes. Her er det verdt å merke seg forskjellen på å skrive *bør* og *skal*.

3.6 Belysning av hyttefelt i sårbare naturområder

Hyttefelt er sårbare områder for det biologiske mangfoldet. Områdene har opprinnelig et stort og variert biologisk mangfold, som er blitt påvirket av at mennesker oppholder seg der i sesonger. Den økende trenden med utendørsbelysning på hytter og i hyttefelt kan potensielt være skadelig for flere arter, og organisasjonen Bevar mørket anbefaler derfor å gjøre forskjellige tiltak når hytteeiere eventuelt skal lyssette hytta. Noen av tiltakene som foreslås er en reduisering av utendørs lyskilder (herunder redusere mengden lyskilder langs privat vei inn mot eiendom), varm fargetemperatur, og avskjermede lyskilder som ikke slipper ut lys oppover. Tiltak og tydelige regler gjør det enklere for den enkelte hytteeier å forholde seg til lyssetting fordi det er snakk om regler og ikke føringer eller anbefalinger.

Videre tiltak som kan implementeres er for eksempel kun å ha belysning der det har en nytteverdi, avskjerme lyskilden slik at den kun lyser mot området som skal lyssettes, unngå blendende lyskilder, bruke lavt dempet lysnivå for å hindre spredning av lyset og for at det ikke skal være sjenerende for omgivelsene, samt ha et styringssystem som gjør at eiendommen kun er lyssatt når det trengs (herunder at lyset skrues av på natten, når det er dagslys, og når det ikke er noen på hytta) (Bevar mørket, u.å., s. 2).

Negative effekter av hyttebelysning, som også kan ha effekt i bynære strøk, kan være forsinket bladfelling og for tidlig løvsprett hos trær. Den kunstige lyskilden tiltrekker seg også insekter som er plagsomt for

mennesker, og som også har konsekvenser for bestanden: Når insektene tiltrekkes lyskildene ender de ofte opp med å fly rundt og rundt lyskilden til de ikke har mer energi, og blir deretter tatt av rovdyr som venter i mørket. En annen effekt som påvirker oss mennesker er søvnproblemer (Bevar mørket u.å., s. 5). Hytta og hyttelivet assosieres ofte med avslapning, rolige dager, muligheten for å sove ut og koble seg av det urbane livet i byen. Fortsetter alle hytteeiere å lyssette fasader, innkjørsler og området rundt hytta vil det beroligende mørket i hyttefeltet forsvinne, som vil kunne påvirke søvnkvaliteten negativt. Det er derfor viktig å bare lyssette områder hvor det faktisk er behov for lys, for eksempel på parkeringsplasser, og å eventuelt ha sensorstyrt lys som slår seg på om man har nattlige inntrengere utenfor inngangsdøren. Se kapittel 4.8 for en oppsummering av regler Ringsaker kommune innførte i et særskilt sårbart hyttefelt (Flemmen, 2021).

3.7 Lys på og ved broer

Kunstig belysning på broer er i de aller fleste tilfeller montert med tanke på sikkerhet, men brukes også av arkitektoniske grunner. Problemet med belysning langs broer over vann er at det kan forekomme strølys i vannet. Det kan påvirke fiskens migrasjonsmønster, men kan også tiltrekke seg insekter og fugler. Longcore og Rich (2016) viser til forskning på hvordan lys under en bro hindret laks i å migrere, som resulterte i høyere mortalitet hos laksen. Da det kunstige lyset ble fjernet, sank dødsraten og laksen vendte tilbake til opprinnelig migreringsmønster. Annen forskning viser at høye broer kan skape problemer for migrerende fugler. Man burde også ta i betraktning at polarisering og belysning kan villedde insekter (Longcore & Rich, 2016).

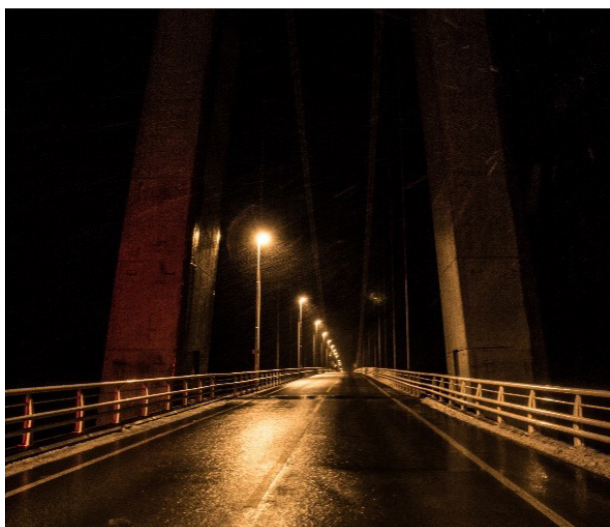


Foto 10: Dalsfjordbrua opplyst for sikkerhetsmessige grunner. Foto: Silje Drevdal / Statens vegvesen



Foto 11: Tana bru er lyssatt av både estetiske og sikkerhetsmessige grunner. Foto: Bjørn Isaksen / Statens vegvesen

4. Prosjekter til inspirasjon

I dette kapitlet presenteres ulike prosjekter som kan være til inspirasjon for videre arbeid med lysforurensning på lokal, regional og nasjonal skala. Prosjektene varierer tilsvarende i størrelse.

4.1 Lights out – Aalborg trikkestasjon

Et eksempel hvor det har blitt testet å dimme belysningen i offentlig område er en trikkestasjon i Aalborg, i Danmark. Studien som har blitt gjort der, viser at å dempe belysningen, kan bidra til å skjerpe sansene våre, og øke persepsjonen av området, som kan øke trygghetsfølelsen (Hvass & Hansen, 2022). Den tidligere belysningsløsningen for denne stasjonen var ikke dimbar, for å spare kostnader ved installasjon. Resultatet var store kontraster i lyshet fra belysningen, til omgivelsene som var mørke. Brukere av stasjonen beskrev løsningen som *eksponerende, ukomfortabel, dominerende* og som et *operasjonsrom, bensinstasjon* eller *fanger på en øy*, sammenlignet med de mørke omgivelsene (Hvass, 2022).

Tiltakene som ble gjort for å redusere lux-verdien, tok i betraktning 1) atmosfæren, 2) tilknytningen til omgivelsene, 3) tilknytningen til menneskene og 4) menneskenes aktivitet i området. Tilbakemeldinger fra menneskene i testgruppen, var at problematikken rundt å være redd for at trikkesjåføren ikke skulle se de, og personlig sikkerhet med tanke på overgrep og overfall, var viktig å ta hensyn til. Dette ble problematisk for noen når belysningen var dimmet ned hele 80 prosent.

Konklusjonen ut fra forsøket var at det burde testes å dimmes ned mindre enn 80 prosent, for å sjekke persepsjon og synlighet. Mørket åpnet opp for muligheten til å se omgivelsene bedre på grunn av lavere kontrast og blanding, og det skapte en mer avslappet atmosfære. Flere følte seg tryggere, samtidig som at en liten andel av testgruppen følte seg utrygg, med tanke på trafikken.

4.2 Trafikverket i Sverige

I arbeidet med å kartlegge hvordan belysning påvirker natur og biologisk mangfold, arbeider det svenske Trafikverket systematisk med å utvikle metoder for å identifisere sårbare naturområder, de finansierer forskningsprosjekter innenfor temaet, samarbeider med teknikere om ny teknologi og miljø, og integrerer resultatene i Trafikverkets eget regelverk eller håndbok.

Trafikverket har arbeidet med en felles digital kunnskaps- og kartdatabase de har kalt "Belysningsplaner". Belysningsverktøyet er et GIS-program der ulike databaser om utsatte naturområder er koblet sammen, for å

kunne identifisere områder hvor det er nødvendig å gjøre tilleggsanalyser. Får man et treff i systemet, skal en miljøekspert fra Trafikverket gjennomføre en detaljert analyse av området, for å identifisere hvordan inngrepet og belysningen potensielt vil påvirke arter i området. Dersom det fremkommer av analysen at naturen eller arter vil kunne ta skade av inngrepet, skal det iverksettes tiltak for å begrense dette. Eksempler på tiltak som kan implementeres er: nattslukking av lys til visse tider og sesonger avhengig av behov, valg av lavere fargetemperaturer enn 3000K, spesialdesignet optikk for å avgrense overflaten som skal lyssettes, og fysiske barrierer for å unngå blant annet speilinger i asfalt og lignende.

I tillegg til dette har Trafikverket allerede gjennomført flere tiltak for å redusere lysforurensning. Som en grunnregel skal det ikke belyses utenfor tettsteder, belyningsverktøyet skal anvendes aktivt for å kontrollere sårbare områder, belyningsarmaturer skal ha rettet lys for å ikke spre lyset i feil retning, alt lys skal være nedadrettet, alle armaturer skal dimmes ned til 40 prosent om natten, med mer.

I *Transportstyrelsens föreskrifter* (TSFS) kapittel 4, «Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö», står det spesifisert om Belysning i §7 (TSFS 2021: 122, s. 18):

För att minska negativa effekter för djurlivet ska belysning utformas så att ljusföroreningar (artificiellt ljus som ger oönskad effekt) begränsas.

Allmänna råd

Ljusföroreningar som påverkar ljuskänsliga och hotade eller skydds-värda arter bör begränsas särskilt.

Belysning bör utformas så att barriäreffekter som försvårar djurs naturliga rörelsemönster minimeras. Det kan exempelvis göras genom att minska den rumsliga spridningen från ljuskällor, eller att effektreducera belysningen under lågtrafik.

Verktøyet viser også om belyningskriteriene satt av Trafikverket og SKR (Sveriges kommuner och regioner) er tatt hensyn til.

Et digitalt kartverk og –program der viktige naturområder og potensielle konsekvenser en inngripen kan ha på området, kan være et viktig verktøy også her i Norge.

4.3 Nederland

Zuidhoek-Nieuwkoop i Nederland er et eksempel på en by som har gjort et lys-reduserende tiltak med tanke på det biologiske mangfoldet. De har byttet ut all utebelysning med rødt amber-LED, noe som ikke vil forstyrre de utrydningstruede flaggermusartene (Spoelstra, et.al., 2017). Det har også en positiv effekt for øyenstikkere i området, som kommuniserer ved hjelp av lys produsert i mageregionen. Under vanlig nattbelysning kan effekten av lyset til øyenstikkene reduseres med opptil 50 prosent (Dugarn & Slade, 2021). Man er ikke helt klar over hvordan det røde lyset påvirker andre arter.

4.4 Frankrike

I 2019 vedtok Frankrike «Forordning om forhindring, reduksjon og begrensning av lysforurensning» (Frankrike, 2018). Loven er oversatt til norsk av en statsautorisert oversetter. Loven er nasjonal, og regulerer blant annet utendørs belysning i parker, uterom og gater, samt både innendørs og utendørs belysning av bygninger som ikke er boliger. I artikkel 2, punkt III gjelder at belysning av bygninger som ikke er boliger skal slukkes senest klokken 01.00 om natten, og tennes tidligst klokken 07.00 eller én time før aktiviteten starter hvis den starter tidligere (Frankrike, 2018, s. 2). Lovarbeidet er viktig for å redusere mengden strølys som slippes ut fra blant annet butikk- og kontorvinduer. I artikkel 2, punkt VI står det at lokale, mer restriktive tilpasninger kan implementeres der hensynet til natur, dyr og miljø er særlig viktig, og hvor det er viktig å ivareta «økologisk kontinuitet» (Frankrike, 2018, s. 2). Lovens artikkel 4, punkt III understreker at det i regionale naturparker og marine parker kan vedtas strengere bestemmelser enn det som er gitt generelt i lovarbeidet (Frankrike, 2018, s. 5). Videre i artikkel 4 punkt V fremkommer det at bekker, elver, offentlige vannområder, innsjøer og kystområder ikke skal belyses direkte, med mindre det finnes forskrifter i arbeidsloven og det foreligger sikkerhetsmessige grunner til belysningen (for eksempel ved godshåndtering og trafiksikkerhet). Det detaljerte lovarbeidet søker å redusere og hindre lysforurensning, og står frem som et godt eksempel til etterfølgelse for andre land, og særlig her i Norge.

4.5 Irland

Irland er et godt eksempel på noen som virkelig har tatt tak i problemet. Transport Infrastructure Ireland (TII) har kommet med en strategi som beskrives med tre ord: remove, reduce, replace (TII, 2021). De har redusert eller fjernet helt belysningen inn mot og ved 27 motorveikryss, uten at endringene gikk utover nasjonal sikkerhet (TII, 2021). I tillegg går de gjennom og endrer håndboka jevnlig ettersom det hele tiden dukker opp ny forskning.

4.6 Fuglevennlig belysning i maritime områder

Flere studier viser til at lys med korte bølgelengder (rødt og oransje) og bredspektret hvitt lys kan tiltrekke seg migrerende fugler, og at blått og grønt lys i mye mindre grad er tiltrekkende. Fugler er spesielt sårbare for bredspektret hvitt lys når det er overskyet, da lyset har samme spektralverdi som månelys. Enkelte fugler bruker månelys for å orientere seg ved migrering, og orienteringsevnen kan dermed bli påvirket ved mye bredspektret hvitt lys, samt også om det er store mengder lys med røde og oransje bølgelengder (Poot et al., 2008).

Nederlandske forskere har eksperimentert med grønne og blå bølgelengder fra lyskilder på oljeplattformer for å undersøke om det minimerer antall desorienterte fugler som blir forstyrret av det kunstige lyset på plattformen. Resultatet viste at de ble mindre påvirket av det grønne og blå lyset enn av fullspektrums belysning (Longcore & Rich, 2016).

Internasjonalt har Philips designet løsninger for fuglevennlig belysning med grønnspekter for en av Shell sine oljeplattformer i Alaska. Og i Norge jobber Glamox med å utvikle et fuglevennlig belysningsprosjekt for oljeplattformer, med grønt lys, som tilpasser seg fuglers spektralsensitivitet slik at migrerende fugler over plattformer ikke blir tiltrukket den kunstige belysningen, som er nødvendig for å utføre arbeid.

Konseptet tar høyde for spektralfordeling basert på forskning. Konseptet inneholder lysnivåer, dimmeprofiler, plassering av armaturer, styring og veiledning på refleksjonsfaktor på overflater. Plasseringen av lyskildene kan gi 65 prosent mindre lysforurensning, refleksjonsfaktoren på overflatene kan gi 25-35 prosent mindre strølys som forstyrrer fuglene, og spektralfordelingen på lyskilden når det er kun grønt lys, kan gi opp mot 80 prosent reduksjon av forstyrrelser fugler (Glamox, u.å., s. 13-21

Foto 12: Philips har gjort forsøk med grønt lys på offshore-plattformer.
Foto: Joop Marquenie / Philips



4.7 Bergen kommune

I Bergen kommunes belyningskrav fra 2022 er det satt av et kapittel til lysforurensning. Kapitlet fokuserer på sentrumsnære strøk, parker og turveier. Her henvises det til standarder som NS-EN 12193:2018 Lys og belysning, og hvilken «environmental zone»-klasse forskjellige områder skal forholde seg til. Det gjelder for eksempel at det ved en tursti, skal belysningen tilpasses E1 eller E2 for å unngå strølys. Sone 1 tilsvarer naturlig mørke omgivelser og sone 2 lav belysning fra omgivelser. Anbefalingene er mindre enn 0,1cd/m² for sone 1, og 5cd/m² for sone 2 på vertikale flater.

Zone	Surroundings	Lighting Environment	Examples
En1	natural	Intrinsically dark	national parks or protected sites
En2	rural	low district brightness	agricultural or residential rural areas
En3	suburban	Medium district brightness	industrial or residential suburbs
En4	urban	high district brightness	town centers and commercial areas

Figur 5: Oversikt over de ulike miljøsonene Bergen kommune bruker. Illustrasjonen er hentet fra Technical Report CIE 150:2017.

Ordvalg og billedbruk påvirker hvordan vi leser og forstår tekster, artikler og planverk, og kan brukes for å rette leserens oppmerksomhet mot spesifikke motiv eller tema. I 2019 utkom «Funksjonskrav til veilys i Bergen kommune ved nyanlegg og utbedring 2019» (revidert versjon). Hovedbildet er av en mørklagt vei vinterstid, der snøen på bakken reflekterer lyset fra to høye armaturer som er plassert i overgangen mellom et fortau og et grøntområde. Innendørs belysning fra et nærliggende bygg lyser opp en tilstøtende parkeringsplass.

I 2022 kom det ut nye belyningskrav for kommunen, *Belysningskrav i Bergen kommune ved nyanlegg og utbedring 2022* (revidert versjon). Hovedbildet er fortsatt tatt nattetid og i mørke, men nå viser fotoet en lav pullert plassert ved en havnekant/bryggekant, med en stor bro og et bolig- og næringsfelt i bakgrunnen.

Ingen av bakgrunnelementene skiller ut store mengder lys, og vannet speiler lyset fra himmelen.

De oppdaterte kravene fra 2022 har akkurat det samme formålsavsnittet, skrevet ordrett, som kravene fra 2019. Det er ikke gjort forskjell eller oppdatert, og kravene refereres fortsatt til som *Funksjonskrav for veglys i Bergen kommune*. Likevel viser både billed- og tittelbruken i den seneste versjonen at fokuset har endret seg, og at det nå ønskes et økt fokus på andre former for belysning, og ikke bare «veily»». De oppdaterte kravene inneholder nå også et eget kapittel om lysforurensning, der tiltak for å minimere lysforurensning inngår. I kravene fra 2019 nevnes ordet lysforurensning kun tre ganger, blant annet i et underkapittel om «Estetikk og miljø».

4.8 Hyttefelt

Som nevnt i kapittel 3.6 kan belysning av hyttefelt i sårbare naturområder føre til store tap av biologisk mangfold. Ringsaker kommune har jobbet for å redusere lysforurensningen fra hyttefelt for å sikre og bevare sårbar natur. I hyttefeltet Bjønnåsen har kommunen innført klare regler for hvordan lysbruken skal reduseres (Flemmen, 2021):

- Det skal være færrest mulig utendørs lyskilder. Maksimalt tre lyspunkt per eiendom.
- Utelys skal begrenses til inngangspartiet.
- Ikke belysning av vei eller parkeringsplass.
- Utelamper skal være fast montert på bygningsvegg.
- Lyspunkt på portstolper, gjerder og liknende er ikke tillatt
- Utelamper skal lyse nedover mot arealet som ønskes opplyst. Lyskilden skal være avskjermet med materiale som er ugjennomsiktig og ugjennomtrengelig for lys (opakt), slik at lyspæra er avskjermet mot himmelen og usynlig på avstand.
- Lysstyrken skal være lavest mulig og ikke overskride ca. 470 lumen (tilsvarende 40W glødepære).
- Lyskilder skal ha varm fargetemperatur (2700 Kelvin eller lavere.)
- Lys skal være avslått når eiendommen/bygningen ikke er i bruk.
- Reglene gjelder all utendørs belysning, uavhengig av energikilde.

4.9 Oppsummering



Reduce, Remove, Replace. Etter inspirasjon fra Irland er en løsning å redusere lysmengden, fjerne unødvendige lyskilder, og bytte ut lyskilder som har feil spredningsvinkel. Dermed kan unødvendige påvirkninger på nærområdet som følge av forurensningen unngås.



Norge bør, som Frankrike har gjort i sin lov fra 2019, innføre lovpålagt slukking av lys i områder med store næringsbygg som ligger i nærheten av sårbare områder med stort biologisk mangfold. Her kan slukking av lys mellom klokken 00-06 være en løsning. Om bygget er i bruk i tidsrommet kan det komplementeres med sensorstyrt lys.



Lyskilder bør designes slik at de er tilpasset sårbare arter i nærområdet, som Nederland har gjort i enkelte tettsteder, og som produktutvikler og leverandør Glamox arbeider med. I tillegg bør man ha lovpålagt bruk av lyskilder som ikke er sjerende for artene, slik at produsenter har press på seg til å utvikle belysning som er mindre.



Områder med stor variasjon i biologisk mangfold bør i byplaner falle innenfor sone 1, 2 eller maksimalt sone 3 av såkalte miljøsoner (environmental zones), slik de har regulert i Bergen kommune. Dette fører blant annet til at man må ta hensyn til naturområder og ha minimalt med belysning i sårbare områder.



Belysning langs havner bør begrenses slik at lyset ikke overskrider området det skal lyssette. Lys som faller utenfor området som skal lyssettes og treffer vann er unødvendig bruk av energi, og kan være skadelig for artene under vann. Dette bør reguleres.



Som prosjektet Lights out i Aalborg, bør lux-verdien reduseres i områder hvor det ikke er nødvendig med belysning, som for eksempel lys utenfor perrongen. Dette vil også føre til at man kan redusere lux-verdien i områder hvor man trenger tydelig rettet lys, fordi det tydeliggjør områdets lesbarhet og kontraster mellom viktige og uviktige soner.

5. Anbefalinger og konklusjoner

Det er mange hensyn som må tas når man skal tilrettelegge for en reduisering av lysforurensning og påvirkningen det har på biologisk mangfold på land og i vann. I dette kapittelet presenteres tiltak og anbefalinger for å redusere forurensningen.

5.1 Tiltak og føringer

Mange byer i Norge ligger langs kysten. Det biologiske mangfoldet langs kysten blir dermed påvirket av hvordan vi bygger og utvikler steder og veier her. Hvor store konsekvenser lysforurensning har for livet under vann er fortsatt uvisst, men forskning som allerede foreligger viser at fisk og amfibier som lever under vann påvirkes allerede ved svært lave lysnivåer. Det burde derfor etterstrebes å redusere lysforurensning generelt, men særlig i områder med stort biologisk mangfold både over og under vann. Per i dag finnes det ingen lysreguleringer spesifikt for kystlinjen, havneområder og veier langs vann, ei heller eksplisitte reguleringer av kunstig belysning som kilde til forurensning (Sommerseth, 2021). Det finnes lovverk som kan regulere inn dette i plan, blant annet Plan- og bygningsloven, Akvakulturloven, Naturmangfoldloven og Forurensningsloven (der § 6-3 lister unødig lys som en form for forurensning). Selv om det er mulig å tolke lysforurensning innunder disse lovene, gjøres det i liten grad.

Under følger tiltak og føringer for hvordan man kan regulere lys og tilrettelegge for mer fokus på bærekraftig lysbruk og redusert lysforurensning.

Fargetemperatur og spektralfordeling

Ved hjelp av en oversikt over hvilke bølgelengder eller spektralfordelinger som påvirker forskjellige arter minst, kan hver enkelt kommune/lysplanlegger ta utgangspunkt i det biologiske mangfoldet i sin kommune når de lager lysplaner, spesielt for kommuner langs kystlinjer.

Avskjerming

Lysplaner burde ha krav om maksimal spredningsvinkel på lyskilden. Det burde også være krav om avskjerming slik at armaturer ikke lyser over horisontal linje (lys rettet oppover), der lysforurensning kan påvirke det biologiske mangfoldet. Ved kystlinjer burde det være regulering av spredningsvinkel og avskjerming, slik at null prosent av lyset er rettet mot vannkanten. Kunstig lys som er rettet mot vannet har ingen funksjon verken for myke eller harde trafikanter, og det forstyrrer i stor grad artene som lever i vannet. En lyskilde som ikke er avskjermet mot vannet, kan gi rundt 200 lux på vannoverflaten.

Dimmeprofil

Det må utarbeides en dimmeprofil. Dimmeprofilen gir en detaljert beskrivelse av når og hvor dimmingen skal foregå og hvor mange prosent belysningen skal dimmes ned til. Dimmeprofilen skal følges, for å sikre

hensynet til biologisk mangfold og trygghet for brukerne av stedet. Belysning burde dimmes til 40 prosent eller lavere.

Et eksempel til etterfølgelse er Bymiljøetaten i Oslo som dimmet ned belysningen i noen utvalgte områder fra 70 til 50 prosent, og deretter fra 50 til 25 prosent. De mottok ingen klager på reguleringsforsøket.

Sensorer

Et styringssystem med kombinasjon av bevegelses- og tidsinnstilt sensor burde implementeres. Lyset burde være tidsinnstilt til at det er skrudd av så lenge det er dagslys (oppnådde lux-krav etter standard). Når lux-nivå ikke lenger oppfylles av dagslys skrur lyset på etter behov og med dimmeprofil ved hjelp av bevegelsessensor.

Analyser og utredninger

For å kunne utarbeide korrekte og konkrete lysplaner er det nødvendig å lage oversikter og analyser av hva man må ta hensyn til i det aktuelle området, for eksempel naturmangfold og menneskenes bruk av området. Deretter kan man ta avgjørelser basert på analysene/utredningene. Konsekvensutredninger, et mye brukt verktøy i kommunal planlegging, burde gjennomføres for å sikre at hensynet til miljø og samfunn ivaretas. Kart, plantegninger og snitt burde benyttes for å tydeliggjøre ulike hensyn.

Lysberegninger

Lysberegninger burde gjøres både vertikalt og horisontalt i områder hvor lyset påvirker det biologiske mangfoldet og særlig i marine områder. Vertikale flater burde eksempelvis legges inn langs havnefront og strandlinje for å se hvor mye lyset spres utenfor området som skal lyssettes. Horisontale beregningsflater burde legges på vannoverflaten. Beregningene gjøres i lysberegningsprogram som Dialux eller Relux. Krav for maksimal lux-verdi burde inngå i en nasjonal standard.

Kartdatabaser

Felles, nasjonale kartdatabaser med data om sårbare naturområder i Norge burde sammenstilles med informasjon om hvor nye prosjekter skal utvikles og utarbeides. Verktøyet "Belysningsplaner" fra det svenske Trafikverket burde brukes som eksempel på utførelse. Databasen kan benyttes når det utarbeides lysplaner og når det planlegges for bygging langs kyst, innsjø, elver, og andre sårbare naturområder, for å best mulig ivareta naturmangfoldet. Ved å legge inn hensyns- og buffersoner i kartprogrammet som viser hvordan lysspredningen vil foregå, kan man enkelt se hvilke områder man burde vurdere alternative belysningstiltak eventuelt ingen belysning for å minimere påvirkningen på naturen rundt.

Lokale målinger

Der det ikke er mulig å gjøre nøyaktige lysberegninger i for eksempel Dialux, kan man ved behov teste hvordan en vanntett armatur sprer lys under vann, for å beregne hvor langt lyset spres og hvor dypt lyset trenger gjennom vannet. Informasjonen man innhenter kan vise hvor langt ned under vannoverflaten lyset spres, og legge føringer for videre analyser av hvordan belysningen burde plasseres i områder nært tilknyttet en vannoverflate.

Redusering av refleksjon

Refleksjon i vannoverflater fører til mye uønsket lysrefleksjon. Det er særlig viktig langs broer og havner hvor lyset ofte reflekteres ned i vannoverflaten. Aktuelle tiltak som kan innføres er skjerming av belysning, tydelig rettet lys vekk fra vannoverflate, lav refleksjonsfaktor og lav-polarisert veioverflate (spesielt fortau), lav refleksjonsoverflate i materialer som lyktestolper (helst sort), gjerder over broer og autovern.

Soneinndeling

Når det utarbeides lysplaner, burde området som skal belyses, deles inn i soner for å sikre at viktige hensyn ivaretas på lokal skala. Byer og større kommuner har gjerne store forskjeller innad, som krever ulike belyningsprinsipper og planer. En inndeling i soner, for eksempel sone 1 for særskilt sårbare områder, sone 2 for kystnært område, sone 3 for park- og grøntdrag, osv., vil kunne gjøre arbeidet med å kartlegge og ivareta lokale interesser lettere. Hensynssoner kan benyttes på samme måte.

Montering av lyskilder

Ingen lyskilder burde installeres under vann eller i vertikale flater rett over vannkant. Veibelysning må plasseres slik at det er god nok avstand mellom lyskilde og vannkant for å sikre minimalt med refleksjon og belysning mot vannoverflate. Der det er mulig, burde lyskilden plasseres slik at den lyser inn mot land og ikke fra land mot vann. Armaturer som plasseres mellom vei og vannflate, kan ha negativ visuell effekt ved at de står i veien for utsikten, men det vil bidra positivt til å redusere lysforurensning som treffer vannoverflate. Mørke eller sorte armaturer/lyktestolper vil kunne minimere den negative visuelle effekten.

5.2 Nasjonale retningslinjer og lovverk

Med bakgrunn i Plan- og bygningsloven av 2008 skal man, med hjemmel i lov, kunne stille krav og bestemmelser om belysning for å redusere lysforurensningen. Forskrift om konsekvensutredninger setter krav til at det skal utføres konsekvensutredning dersom et inngrep kan få vesentlige virkninger for miljø eller samfunn.

Både kommuneplanens samfunnsdel og arealdel kan implementere hensynet til biologisk mangfold og hensynet til lysforurensning. Kommuneplanens arealdel er juridisk bindende, og skal alltid ha konsekvensutredninger (Miljødirektoratet, 2023).

Konsekvensutredninger utføres for å sikre at hensynet til miljø og samfunn inkluderes i forberedelser til planarbeid og planprosess, og «når det skal tas stilling til om og på hvilke vilkår planer eller tiltak kan gjennomføres» (Forskrift om konsekvensutredninger, 2017, § 1). Konsekvensutredninger brukes slik for å kartlegge hvordan et inngrep kan påvirke miljø og samfunn. I forskrift om konsekvensutredninger §§ 6 til 8 fremgår det hvilke planer og tiltak som omfattes av forskriften.

I forskriftens § 10 tredje avsnitt bokstav g, står det: «Lokalisering og påvirkning på omgivelsene omfatter en vurdering av om planen eller tiltaket kan medføre eller komme i konflikt med [...] vesentlig forurensning eller klimagassutslipp».

Konsekvensanalyser burde også brukes i arbeidet med belyningsplaner. Den økte bruken av kunstig belysning krever at man utreder hvordan det vil påvirke ikke bare kostnad og økonomi, men også sikkerhet, trygghet, trivsel, natur og miljø.

Tromsø kommune er et eksempel på en kommune med tydelige reguleringer. I «Kommunedelplan for Ramfjord 2013 til 2025» har kommunen regulert inn at lysforurensning skal unngås i visse områder av hensyn til nordlysforskning (Fjeldaas, 2017, s. 34). Et annet eksempel er *Reguleringsplan for Rustseter - Rusthøgda* fra 2012, der det står at minimum 70 prosent av belysningen utendørs skal vende nedover, og at lyset skal skjermes for å ikke lyse over horisontallinjen (Fjeldaas, 2017, s. 34).

Kommunene burde ha klare reguleringer i kommune- og reguleringsplaner som stiller krav om belysningplaner og konsekvensutredninger for potensielle virkninger lyset vil få på det biologiske mangfoldet i området. Reguleringene kan forhindre at sårbare områder utsettes for store mengder kunstig belysning. Reguleringene burde tilpasses hver enkelt kommune for å sikre at lokale hensyn ivaretas. Det gjelder særlig for kommuner med viktige naturtyper som sårbare fjellområder, kyststrøk og andre områder tilknyttet vann og innsjøer, men også kommuner med en stor andel av fritidsboliger og hyttebebyggelse.

Belysningsplaner på kommunalt nivå er viktig for å kunne ta lokale hensyn, samtidig som nasjonale planer er viktig for å sikre en helhetlig lysforvaltning.

5.3 Felles kunnskapsbase

Mange er ikke klar over konsekvensene lyssetting langs vann og havneområder kan ha for marine arter. Et gjennomgående tema aktørene vi har snakket med trekker frem, er at det mangler en felles kunnskapsbase. Det er generelt for lite kunnskap om hvordan lysforurensning påvirker det biologiske mangfoldet og særlig konsekvensene dette har i marine områder, og det er behov for mer kunnskap om hvordan man kan integrere dette i lysplaner og –veiledere. En felles kunnskapsdatabase burde være lett tilgjengelig for alle, slik at informasjonen flyter lettere.

Det burde rettes mer oppmerksomhet på belysning og tiltak man kan gjøre både som privatperson og offentlig/privat aktør for å redusere konsekvensene på lokal og nasjonal skala. Internasjonalt har lysforurensning blitt et høyaktuelt tema, og flere land har innført nasjonale tiltak for å redusere mengden kunstig lys. Dette er noe Norge kan hente inspirasjon fra. Mer helhetlige og overordnede planer vil også være en viktig del av det fremtidige arbeidet med lysforurensning.

5.4 Trygghet og lysforurensning

Mer belysning fører ikke nødvendigvis til større opplevd trygghet. For sterke og blendende lyskilder kan føre til at områder som ikke er lyssatt oppleves som mørkere, og kan derfor ha motsatt effekt. Dimming av lyskilder og armaturer som er tilpasset stedet, for eksempel lavere armaturer som er mer rettet mot gangtrafikk, er to tiltak som kan tilpasses hensynet til trygghet og lysforurensning.

Ved Ekebergparken er det brukt mange ulike former for belysning. Bildet under viser deler av en sti som er lyst opp av lave armaturer med en dimmet belysning, der lyskilden i tillegg er relativt avskjermet slik at den kun lyser opp området som er ment å lyses opp. Opplevelsen av å vandre her på kveldstid var positiv, da belysningsprinsippene ikke resulterte i blinding og sikten bak armaturene var ivaretatt.

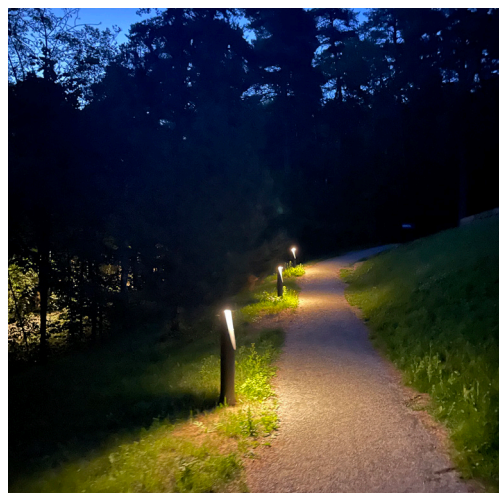


Foto 13: Belysning langs sti i Ekebergparken. Lave armaturene fører god oversikt over omkringliggende områder. Foto: Idunn Saltnes Skjerdingsstad

5.5 Forbedringspotensial

Det mangler en helhetlig forståelse av lysets påvirkning på mennesker, dyr, natur og marine miljøer, og hvordan dette kan integreres i planlegging. En felles kunnskapsdatabase samt lokale og nasjonale tiltak vil kunne bidra til ivaretagelse av det biologiske mangfoldet.

Videre vil det være behov for mer forskning på hvordan fisk og arter som lever i marine områder påvirkes av lysforurensning. Det er også et behov for mer åpenhet om egen forskning: Ved å dele kunnskap mellom ulike aktører, sikrer man faglig kunnskapsdeling. Lysforurensning og påvirkningen det har på biologisk mangfold, særlig i marine områder, har stor nyhetsverdi og påvirkning på oss mennesker. Inkludering av økologi i design- og planprosessen kan sikre ivaretagelse av alle disse hensynene.

Bedre design av lyskilder og armaturer vil føre til mindre strølys og lysforurensning. Ved bruk av skjerming og retting av lyskilden kan man belyse kun området som skal belyses.

Viljen til endring finnes der ute. Under andre verdenskrig ble lys skrudd av for at tyskerne ikke skulle se hvor folk bodde. Earth Hour har i mange år vært et tiltak folk har blitt med på: En hel time med avskrudde lys skulle vise hvor lett det var for enkeltpersoner å gjøre noe med eget forbruk. Det er med andre ord ikke viljen det står på, men riktige insentiv.

6. Kilder

- Bassi, A., Love, O., Cooke, S., Warriner, T., Harris, C. & Madliger, C. (2021). Effects of artificial light at night on fishes: A synthesis with future research priorities. *Fish and Fisheries*. 23(3). <https://doi.org/10.1111/faf.12638>
- Bergheim, A. (u.å.). Effektiv lyssetting i torskemerder. Hentet 09.08.2023, fra <https://www.biomarine.no/effektiv-lyssetting-i-torskemerder/>
- Bernal, C. (u.å.). Light transmission in the ocean. Hentet 01.08.2023, fra <http://www.waterencyclopedia.com/La-Mi/Light-Transmission-in-the-Ocean.html>
- Bevar mørket (2023). *Veileder for å redusere lysstøy i hus og hytteområder*. Hentet 03.08.2023, fra <https://bevarmorket.no/ressurser/>
- Brüning, A., Hölker, F., Franke, S., Kleiner, W., & Kloas, W. (2016). Impact of different colours of artificial light at night on melatonin rhythm and gene expression of gonadotropins in European perch. *The Science of the total environment*, 543, 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.023>
- Brüning, A., Kloas, W., Preuer, T., Hölker, F. (2018). Influence of artificially induced light pollution on the hormone system of two common fish species, perch and roach, in a rural habitat. *Conservation Physiology*. 6(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coy016>
- Bolton, D., Mayer-Pinto, M., Clark, G.F., Dafforn, K.A., Brassil, W.A., Becker, A., Jonston, E.L. (2017, 15. januar). Coastal urban lighting has ecological consequences for multiple trophic levels under the sea. Hentet 04.08.2023, fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716322045?via%3Dihub>
- Closs, L.E., Royan, M.R., Sayyari, A., Mayer, I., Weltzien, F., Baker, D.M., Fontaine, R. (2023, 18. april). Impact of light pollution at night on male reproductive success in Japanese medaka (*Oryzias latipes*). Hentet fra <https://doi.org/10.1101/2023.04.17.536935>
- Dark Sky Organisation (2023, 22. juli). Light pollution harms wildlife and ecosystems. Hentet fra <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/wildlife-ecosystems/>
- Dark Sky Organisation (2023, 22. juli). Light pollution reduces our night sky heritage. Hentet fra <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/night-sky-heritage/>
- Dark Sky Organisation (2023, 22. juli). Outdoor lighting at night doesn't do what you think it does to reduce crime and increase safety. Hentet fra <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/safety/>
- Dark Sky Organisation (2023, 26. juli). Light pollution wastes energy and money and damages the climate. Hentet fra <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/energy-climate/>
- Dark Sky Organisation (2023, 27. juli). Light pollution affects human health. Hentet fra <https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/effects/human-health/>

- de Busserolles, F., Fogg, L., Cortesi, F., Marshall, J. (2020). The exceptional diversity of visual adaptations in deep-sea teleost fishes. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 106, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.05.027>
- Dugar, A.M. & Slade, J. (2021, 29. november). Dovetailing darkness and light for designing sustainable outdoor spaces. Hentet 31.07.2023, fra <https://www.lightingjournal.org/index.php/path/article/view/120/115>
- Eriksen, U. (2020, 20. august). Derfor trenger vi insektene. Hentet fra <https://naturvernforbundet.no/vestfold/derfor-trenger-vi-insektene/>
- Faye-Schjøll, I. K. (2019, 23. mai). genetisk markør. Hentet 31. juli 2023, fra https://snl.no/genetisk_mark%C3%B8r
- Flemmen, L. M. (2021, 08. november). Historisk i Ringsaker: Innfører kraftige tiltak mot lysforurensning. *Hytteavisen*. Hentet 09.08.23, fra <https://www.hytteavisen.no/historisk-i-ringsaker-innfoerer-kraftige-tiltak-mot-lysforurensning.6420008-49617.html>
- FHI (2015, 01. desember). Algeoppblomstringer i vann. Hentet 07.08.23, fra <https://www.fhi.no/kl/badevann/algeoppblomstring-i-vann/>
- Fjeldaas, E. (2017). *Regulering av lysforurensning i norsk rett* (Masteroppgave). Universitetet i Oslo, Oslo. Hentet fra <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/61565/205.pdf?sequence=1>
- Frankrike (2018). Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. Hentet 31.07.23, fra <https://www.tiltak.no/wp-content/uploads/2019/10/fransk-lov-om-lysforurensning.pdf>
- Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W. & Hopkins, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews*, 88(4): 912–927. doi: 10.1111/brv.12036.
- Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W. & Hopkins, J. (2012). REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. Hentet 03.08.2023, fra <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02212.x>
- Glamox (u.å.). Bird-friendly. I *Responsible Offshore Lighting*. Hentet 02.08.2023
- Grønn byggallianse (u.å.). BREEAM Infrastructure. Hentet 09.08.23, fra <https://byggalliansen.no/sertifisering/breeam-infrastructure/#1615799121387-4d22d7f9-29ef>
- Hallmann, CA., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hvass, M., Waltorp, K., & Hansen, E. K. (2022). Lights out? Lowering Urban Lighting Levels and Increasing Atmosphere at a Danish Tram Station. I S. Sumartojo (Red.), *Lighting Design in Shared Public Spaces* (1. utg., s. 152–172). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003182610-8>
- Inger, R., Bennie, J., Davies, T. W. & Gaston, K. J. (2014). Potential Biological and Ecological Effects of Flickering Artificial Light. *PLOS ONE*, 9(5): e98631. doi:10.1371/journal.pone.0098631
- Jägerbrand, A. K. (2018). *LED-belysningens effekter på djur och natur med rekommendationer: Fokus på nordiska förhållanden ock känsliga arter och grupper*. Calluna AB.
- Jägerbrand, A., og Spoelstra, K., (2023). Effects of anthropogenic light on species and ecosystems. *Science*, 380(6650), 1125–1130. doi: 10.1126/science.adg3173
- Karlsen, T. (2022). Miljøsertifisering - bygg og anlegg i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 09.08.23, fra https://snl.no/milj%C3%B8sertifisering_-_bygg_og_anlegg

- Koen, E. L., Minnaar, C., Roever, C. L. & Boyles, J. G. (2018). Emerging threat of the 21st century lightscape to global biodiversity. *Global Change Biology*, 24(6), 2315-2324. <https://doi.org/10.1111/gcb.14146>
- Leddynamics (u.å.). LEDdynamics' PERFEKTLIGHT™ Tunes & Corrects White Light. Hentet fra <https://leddynamics.com/leddynamics-perfektlight-tunes-corrects-white-light>
- Lindbo, N. G. (2023). *Studying effects of light pollution and aquacultural light regimes using the teleost model medaka (Oryzias latipes)* (Masteroppgave). Norges miljø-og biovitenskapelige universitet, Ås.
- Lorentsen, H. (2020. 4. oktober). *Advarer mot hagetrend: – Kan se uskyldig ut*. Hentet fra https://www.nrk.no/nordland/lys-i-hage_-forskere-og-lyseksperter-advarer-mot-for-mye-utebelysning-1.15166271
- Longcore, T. & Rich, C., (2016). *Artificial night lighting and protected lands: Ecological effects and management approaches*. Natural Resource Report NPS/NPS/ NRSS/NSNS/NRR-2016/1213. National Park Service, Fort Collins, Colorado
- Lyskultur (2020). Historisk belysning med moderne teknologi i Oslo. Hentet 08.08.23, fra <https://lyskultur.no/lysveileder/magasinet/historisk-belysning-med-moderne-teknologi-i-oslo/>
- Lyskultur (2022). Hvordan kan belysning bidra til å nå FNs bærekraftsmål? Hentet fra <https://lyskultur.no/nyheter/hvordan-kan-belysning-bidra-til-a-na-fns-baerekraftsmal/>
- Lysveileder (2020). 9 BREEAM-krav for lys og belysning. Faktaark hentet 03.08.2023, fra lysveileder.no/lysveileder/faktaark/breeam-krav-for-lys-og-belysning/
- Maitra, S.K., Seth, M. & Chattoraj, A. (2006). Photoperiod, pineal photoreceptors and melatonin as the signal of photoperiod in the regulation of reproduction in fish. *J Endocrinol Reprod*. 10(2) (s. 73-87).
- Miljødirektoratet, (2023). Når må planen eller tiltaket konsekvensutredes? Hentet 04.08.23, fra www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/arealplanlegging/konsekvensutredninger/krav-til-prosess-og-innhold/konsekvensutrede-tiltak/
- Miljølære. Hva truer mangfoldet i norsk natur? Hentet 09.08.2023, fra <https://www.miljolare.no/tema/planterogdyr/artikler/trusler-natur.php>
- NOU 2009: 16 (2009). *Globale miljøutfordringer - norsk politikk. Hvordan bærekraftig utvikling og klima bedre kan ivaretas i offentlige beslutningsprosesser*. Oslo: Finansdepartementet
- Owens, A. C. S., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K. & Seymoure, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological conservation*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>
- Pinassi, J. (2016). *Marine Bacterial and Archaeal Ion-Pumping Rhodopsins: Genetic Diversity, Physiology, and Ecology*.
- Plan- og bygningsetaten (2013, 20 november). *Skilt- og reklameplan for Oslo med vedtekt og juridisk bindende retningslinjer*. Hentet fra <https://lovdata.no/static/LF/lf-20090617-0881-02-01.pdf?timestamp=1557757932000>
- Poot, H., Ens, B. J., de Vries, H., Donners, M. A. H., Wernand, M. R. & Marquenie, J. M. (2008). Green Light for Nocturnally Migrating Birds. *Ecology and society*, 13(2), 47. DOI:10.5751/ES-02720-130247
- Regjeringen (2023). *Lys på stedet. Utendørsbelysning i byer og tettsteder*. Hentet 08.08.23, fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/lys-pa-stedet/id675013/>
- Sea Turtle Conservancy (u.å.). Information About Sea Turtles: Threats from Artificial Lighting. Hentet fra <https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-threats-artificial-lighting/>

- Spoelstra, K., HA van Grunsven, R., Ramakers, J., Ferguson, K.B., Raap, T., ... & Visser, M.E. (2017). Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 284(1855). Hentet fra <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0075>
- Sommerseth, S. D. (2021). *Hvordan reguleres lysforurensning i Norges maritime områder?* (Masteroppgave). UiT Norges arktiske universitet, Tromsø
- Statens vegvesen. (u.å.). Forskningsprosjektet Lysmiljø. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/klima-miljo-og-omgivelser/lysforurensning/forskningsprosjektet-lysmiljo/>
- Statens vegvesen (2022). N100 Veg- og gateutforming.
- Steinbach, R., Perkins, C., Tompson, L., Johnson, S., Armstrong, B., Green, J., ... Wilkinson, P. (2015). The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *Journal of Epidemiology & Community Health* 69(11), 1118-1124. Hentet fra <https://jech.bmj.com/content/69/11/1118>
- St. Fleur, N. (2016, 7. april). Illuminating the Effects of Light Pollution. *The New York Times*. Hentet 10.08.23, fra <https://www.nytimes.com/interactive/2016/04/07/science/light-pollution-effects-environment.html>
- Store norske leksikon (2005-2007). Innavl i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 8. august 2023, fra <https://snl.no/innavl>
- Technical Report CIE 150:2017. (2017). *Technical Report, Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations*, 2nd edition.
- Thonhaugen, M. (2021, 12. mars). Får «sterkt iskaldt» lys inn i stua – Rema tar grep. NRK. Hentet fra https://www.nrk.no/nordland/lysforurensning-i-byer-i-norge-vekker-engasjement-_flere-forteller-at-problemet-tas-pa-alvor-1.15412871
- Thronsdén, J., Aarnes, H., Kvile, K., & Egeland, E.S. (2022). Algeoppblomstring i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 8. august 2023 fra <https://snl.no/algeoppblomstring>
- TII. (2021, oktober). Review of Morotway Junction Lightning Energy Reduction Pilot Project. Hentet 31.07.2023, fra <https://www.tii.ie/tii-library/sustainability/Review-of-Motorway-Junction-Lighting-Energy-Reduction-Pilot-Project.pdf>
- TSFS 2021: 122 (2021). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om egenskapskrav för vägar, gator, spårvägar och tunnelbanor (byggregler)*. Hentet 31.07.23, fra https://transportstyrelsen.se/TSFS/TSFS%202021_122k.pdf
- Van Doren, B. M., Horton, K. G., Dokter, A. M., Klinck, H., Elbin, S. B., & Farnsworth, A. (2017, 2. oktober). High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. Hentet fra <https://doi.org/10.1073/pnas.1708574114>
- Vegdirektoratet (2021). *Håndbok V124 Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v124.pdf>
- WWF (u.å.). Havet. Hentet 29.07.23, fra <https://www.wwf.no/dyr-og-natur/hav-og-fiske/havet>
- Zenisk (2021). *Lysplan for Stavanger sentrum. Overordnet 2020 – 2030*. Stavanger: Stavanger kommune

7. Figurliste

Figur 1: Skjematisk fremstilling av ulike former for lysforurensning. Illustrasjon: Jørgine Øverli Riise	9
Figur 2: Spektralfordeling av ulike typer lys. Illustrasjonen er moderert etter leddynamics, u.å.	14
Figur 3: Bølgelengdefordeling under vann. Illustrasjonen er modifisert etter Pinassi, 2016.....	15
Figur 4: Effekten av lys på medakafisk kan fremstilles på denne måten. Illustrasjon hentet fra Closs et al., 2023.	15
Figur 5: Oversikt over de ulike miljøsonene Bergen kommune bruker. Illustrasjonen er hentet fra Technical Report CIE 150:2017.....	40

8. Andre ressurser

I tillegg til oppgitte kilder har vi benyttet oss av flere artikler, nettsteder, bacheloroppgaver og masteroppgaver for å få en bredere innsikt i temaet vi har arbeidet med. Særlig har bacheloroppgaver i Arkitektonisk lysdesign skrevet ved Universitetet i Sørøst-Norge bidratt til økt kunnskap og en bredere forståelse av temaet vi har utforsket.

Bacheloroppgaver som er benyttet er «Parkbelysning og økologisk lysforurensning» fra 2023 av Helene Øygard Ryjord, Birthe Haddal, Tobias Bergan og Hanne Svea, og «Lysforurensning» fra 2021 av Vegard Kvennejorde Knutsen.

Flere personer har bistått med kunnskap og har hjulpet med innsikt:

Thea Collett, MNAL, Light Bureau, har bistått med lysplaner og tanker om lysforurensning når man jobber konseptuelt med belysningsløsninger.

Hilde Sofie Noreld Olaisen, senior lysdesigner, Zenisk, har delt masteroppgaven sin om bærekraftig lysdesign for renovasjonsprosjekter og «The minimum lux paradox» skrevet gjennom Zenisk med Kristin Bredal, som var en god innsikt i starten av arbeidet med rapporten.

Christine Lindgren, lysdesigner fra Zenisk, for inspirasjon og kontakter til research i tidlig fase av prosjektet. Kaja Lund, senior lysdesigner, delte masteroppgaven sin «The Rights to the City» om trygghet for utsatte grupper i byer, som ga oss innsikt i hva som er viktig å tenke over når man jobber med lysforurensning, og hva man ikke kan fjerne av lys fordi det er viktig for tryggheten.

Arne Jørgensen, for gjennomgang av tematikk og faktasjekk, samt introduserende samtale om temaet. Claus Petersen, sentrumskoordinator i Stavanger kommune, for samtale om Stavanger kommunes arbeid med lysplan og -strategi, og særlig om responsen kommune fikk på planen.

Kristin Elisabet Notø, sjefsarkitekt, Plan og bygningsetaten, bidro med en lang samtale om Oslo kommunes fokusområder og hvordan man kan tenke nytt, samt med dokumenter som tidligere lysplan for Oslo kommune og veilederen Lys på stedet.

Oskar Mile, med innsikt i Glamox' prosjekt om fuglevennlig belysning særlig i maritime områder.

Hege Herheim, seniorarkitekt, for gode tilbakemeldinger på innhold og renskrivning av språk.

Bente Flesvig og Siamak Vafa i Bymiljøetaten i Oslo for innsiktsfull samtale om deres arbeid med belysning i Oslo.

Romain Fontaine, forsker ved NMBU, takk for at vi fikk komme inn og se fiskelaboratoriet ved NMBU, og for inspirerende prat.

Bevar mørket, for lett tilgjengelig og innsiktsfull data om lysforurensning.

Takk også til veilederne våre Erling Fjeldaas og Jon Simen Mangset i Statens vegvesen.



Foto 14: Romain Fontaine viser sommerstudentene rundt på fiskelaboratoriet ved NMBU. Foto: Erling Fjeldaas



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag