

Innhold

Sammendrag	3
Bakgrunn.....	4
Materiale og metoder	6
Resultater	8
Bølgelengder og intensitet.....	8
Plassering av lys- over eller under vann.....	13
Plassering av lys – høyde over vann	14
Diskusjon	15
Bølgelengde og intensitet	15
Plassering og bruk av undervannsllys	16
Energiforbruk	18
Konklusjon / veien videre	19
Referanser og relevant litteratur.....	20
Vedlegg	21

Sammendrag

I Norge er det et utstrakt lysfiske etter pelagiske arter som brisling, sei, sild, makrell og hestmakrell med snurpenot for låssetting. Ombygde livbåter og mindre fiskefartøyer blir ofte brukt til lyskilde. Dagens lysbåter har flere utfordringer med hensyn til håndtering, energiforbruk, forurensning, sikkerhet og pris. For å løse flere av disse er det foreslått å utvikle en lysbøye som erstatter dagens lysbåter. Målinger av lys brukt i lysfiske ble gjort i Masfjorden i 2015 for å dokumentere egenskaper til lys brukt i lysfiske og sammenligne disse med utvalgte LED-lys ved ulike avstander og dyp fra lyskilde. Forsøkene er ment som bakgrunnsgrunnlag for videreutvikling av lysbøyer. LED- og gasslys som ble undersøkt hadde ulik bølgelengde-sammensetning med henhold til intensitet. Det var relativt stor forskjell i målt intensitet på lysene og området hvor nærliggende arter er mest sensitive. For å lykkes med utvikling av en lysbøye må man forstå biologien og hvilke egenskaper lyset har som gjør at fisken tiltrekkes av det. Spektralsensitivitet (sensitivitet for ulike bølgelengder) og hvordan dette korresponderer med atferdsreaksjoner for våre arter bør undersøkes nærmere. Rapporten gir videre innblikk i plassering og energiforbruk samt en kort generell innføring om syn hos fisk og lys i vann.

Prosjektet er gjennomført med støtte fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), prosjektnummer 901177.

Engelsk sammendrag

There is a widespread light-fishery for pelagic species like sprat, saithe, herring, mackerel and horse mackerel using purse in Norwegian waters. The light vessels used in this fishery are normally small old fishing vessels or alike, equipped with gas lights using diesel generator as energy source. A number of challenges with regards to operation, energy use, pollution and cost, are apparent when using light vessels. A battery driven light buoy using LED lights is proposed to replace the light vessels. This report is produced as background information for the development of a light buoy. Description of existing gas-lights used in this fishery is given along with a comparison with two potential replacements LEDs. The lights spectral composition was compared with spectral sensitivity of two related pelagic species and showed low overlap. Recommendation on how to proceed with the development of a light buoy is given.

This project was funded by The Norwegian Seafood Research Fund (FHF), project number 901177.

Bakgrunn

I Norge har det tradisjonelt vært og er fortsatt et utstrakt fiske med lys etter pelagiske arter som brisling, sei, sild, makrell og hestmakrell med snurpenot for låssetting. Fra fiskerhold anslås det at 70–90 % av låsatt kystbrisling, makrell, sild og hestmakrell blir fisket med lys (informasjon fra Norges sildesalgslag). I de enkeltårene med størst kvantum og verdi ble det fisket henholdsvis 2200 tonn brisling til en verdi av 11 millioner kroner i 2010, 11 000 tonn norsk vårgytende sild (15 millioner i 2009), 3000 tonn nordsjøsil (11 millioner i 2005), 4000 tonn makrell (38 millioner i 2005) og 700 tonn hestmakrell (1,8 millioner) sør for 62-graden. Generelt foregår lysfiske ved at man samler fisk ved hjelp av en lyskilde, hvorpå man fanger fisk med snurpenot når nok fisk har samlet seg. Til lyskilde brukes ofte ombygde livbåter og lignende, påmontert dieselaggregat for å drive lysene. Lysbåtene ankrer generelt opp på kveldstid i områder hvor ønsket målart har blitt lokalisert, og lyser gjennom natten for å samle fisk, hvorpå selve fisket begynner om morgenen.

Til dags dato har det vært lite eller ingen utvikling i retning av fornyelse av lysfiskebåtene. For det første er lysbåter kostbare å kjøpe/utruste. Bare dieselaggregatet i seg selv koster i størrelsesorden 50 000 kr. Videre er lysbåter upraktiske i bruk, da de må hentes og taues etter hovedfartøy til fiskefeltene, med betydelige utfordringer knyttet til planlegging lang tid i forveien, logistikk og en lite tilpasningsdyktig drift. Sør for 62°N er det i all hovedsak den mindre kystflåten som bruker lys. En utvikling av transportable bøyer gjør at også båter fra den større kystflåten og havgående ringnotbåter kan benytte lys i perioder. Under for eksempel dagfiske på makrell og sild i Nordsjøen i august/september, ligger fartøyene ofte og driver om natten pga. lite samling og dårlig fangbarhet. Med en lysbøye tilgjengelig kunne man enkelt testet ansamling med lys.

Hestmakrell er en annen art som det ville være interessant å forsøke samle med lys, både på kyst- og havgående flåte. I 2014 ble det tatt noen fangster av hestmakrell med lys på kysten med gode resultater. Å taue lysfartøy medfører en viss sikkerhetsrisiko for tap av utstyr, og kan også være til hinder for annen skipsfart, spesielt under dårlige værforhold. Ofte er det behov for å variere lysmengden under en og samme fiskeoperasjon. Da må man om bord i lysbåt med lettboat eller lignende for fysisk å slå av lys, med fare for å skremme allerede aggregert fisk. Som energikilde brukes som nevnt dieselaggregat, en kanskje unødvendig forurensningskilde som også forårsaker betydelig lokal støyforurensning. For å undersøke om det er aggregert fisk, brukes det i dag sonar, og fartøyene må derfor ofte bevege seg nær lysbåten, med fare for å skremme oppsamlet fisk.

Prosjektet er gjennomført med støtte fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) – prosjektnummer 901177.

For å løse flere av disse utfordringene er det foreslått å utvikle en lysbøye som erstatter dagens lysbåter. Flere krav til bøyene må oppfylles. De må være så små at de lett kan tas med om bord på fiskefartøy. Dermed løses mange av logistikkutfordringene, og utstyret er klart når forholdene ligger til rette. En bøye vil enkelt kunne tas med nær sagt overalt hvor fartøy ellers driver fiske. Man får også testet ut lys i fiskerier man tidligere ikke har hatt anledning til. En bøye som tas om bord vil også eliminere sikkerhetsutfordringer man har med tauing av lysfartøy, spesielt i dårlig vær og i trafikkerte farvann. Lysene bør være lavenergi, drives av batterier og kunne styres trådløst fra god avstand. Videre bør ekkolodd/sonar monteres på selve bøyen med overføring av informasjon trådløst til fartøy.

Dokumentasjon av lys brukt i lysfiske ble gjort ved Havforskningsinstituttets forsøksanlegg på Smørdal i Masfjorden 2015. Hovedmålet med undersøkelsene var å dokumentere egenskaper ved lys brukt i lysfiske og sammenligne med utvalgte LED-lys. Forsøkene er ment som bakgrunnsgrunnlag for videreutvikling av lysbøyer som erstatning for tradisjonelle lysfartøyer i notfiske etter pelagiske arter.

Hva kan fisk se?

Fiskens øyne og syn er resultatet av lang evolusjon med tilpasning til det lysmiljøet den lever i. Hvor dypt lyset når er bestemt ut ifra bølgelengde og vannets optiske kvalitet. Fisk som lever nær bunnen på dypt vann har svært lysømfintlig syn og ser best innen de bølgelengdene som når dypest i havet (blått lys). Pelagiske arter som lever høyere opp i vannmassene, er mindre lysfølsomme. Deres syn er tilpasset mer grønnlig lys som dominerer i de øvre vannmassene (se figur 10). Lys er en form for elektromagnetisk stråling bestående av fotoner, og det er bare en liten del av det totale spektrum som kan oppfattes av øyet hos mennesker og fisk. I luft absorberes lyset mye mindre enn i vann. Dyr som lever i vann og som er avhengig av synet for å overleve, har derfor øyne som er mye mer lysømfintlig enn våre landtilpassete øyne. Fisk som lever i et lysfattig miljø (etter våre øynes mål), har spesialtilpasset syn som gjør at de ser helt fint i det som vi landboere ville oppleve som helt mørkt. De har et syn som lettere oppfatter endringer i kontraster (se et lyst bytte mot en mørk bakgrunn eller mørkt bytte mot en lys bakgrunn). I tillegg kan mange fisk oppfatte UV-lys og polarisert lys, dette er særlig vanlig hos planktonspisere som brisling og sild. Disse kan ved hjelp av sin UV-sensitivitet lettere oppdage byttedyr som raudåte. Spektralsensitivitet (sensitivitet for ulike bølgelengder) er studert for en rekke arter, men generelt kan vi si at fisk ser godt i det blågrønne spekteret som er de bølgelengdene som rekker lengst. Det er imidlertid verdt å merke seg at sensitivitetskurvene baserer seg på det fisken kan se og ikke nødvendigvis hva den reagerer og utøver atferd mot.

I utvikling av lys til bruk under vann må man ta hensyn de fysiske begrensningene som vann setter for lysgjennomtrenging og hva den enkelte art eller artsgruppe kan se. LED-lys utviklet for notfiske i andre farvann og for andre arter vil ikke nødvendigvis være riktig i våre norske fiskerier. I våre kystnære farvann (figur 10) er det ofte høy turbiditet. Denne uklarheten i vannet fører til høyere absorpsjon og mindre rekkevidde på lysgjennomtrenging, og det kan være stor forskjell på lys som tenkes brukt på kyst versus hav.

Materiale og metoder

Forsøkene ble gjennomført ved Havforskningsinstituttets forsøksanlegg på Smørdal i Masfjorden 27. oktober 2015. Det ble testet tre tradisjonelle gasslys normalt brukt under brislingfiske og to LED-lys kjøpt inn etter anbefaling fra leverandør (figur 1 og 2, tabell 1). Datablad på LED-lys ligger som vedlegg til denne rapporten. Anbefaling var gjort ut ifra krav til sammenlignbar lysstyrke og værbestandighet. To av gasslysene og begge LED-lysene var for bruk over vann, mens ett gasslys var nedsenkbart. Det nedsenkbare lyset ble testet både montert over og under vann (figur 2).



Figur 1. Montering av lys for testing, fra venstre til høyre: GASS1, LED1 (tent), LED2 og GASS2. Se tabell 1 og vedlegg for nærmere beskrivelse.



Figur 2. Undervannslys (gass) ble testet både over og under vann.

De fire lysene beregnet for luft ble montert på samme stativ og med samme vinkel (figur 1). Vinkelen var den samme som blir brukt ved montering på lysbåt. Avstanden fra lys til havoverflate var 150 cm og vinkel var 80 grader. Undervannslyset ble testet nedsenket til 50 cm under vann og hevet 50 cm over vann. Lysene ble målt i tre ulike horisontale avstander på henholdsvis 21, 29 og 43 meter fra lyskilden. For hver avstand ble det gjort en måling 10 cm over havoverflaten og videre ned gjennom vannsøylen på 1, 10, 20 og 40 meter. Hvert lys ble testet ett og ett for hver avstand og dyp. Målingene ble gjennomført mellom klokken 18:00 og 20:30. Lys på anlegget ble enten slukket eller dekket til. Nedgående irradians (heretter omtalt som intensitet, $\text{mW} / (\text{m}^2 \text{nm})$) ble målt med en Trios RAMSES ACC hyperspectral radiometer.



Figur 3. Lysmåler Trios Ramses.

Resultater

Bølgelengder og intensitet

Bølgelengder og intensitet for gass og LED-lys målt i luft er gitt i figur 4, basert på oppsettet i figur 1. Spesielt GASS1 utmerket seg med høye verdier i det grønne/gule spekteret av bølgelengder rundt 550 til 620 nm. I tillegg var det intensitetstopper mellom 450 og 500. Også det andre gasslyset hadde sammenfall på rundt 600 nm, men langt lavere intensitet, samt et par topper rundt 450 og 540 nm. LED-lysene var tilnærmet like i forløp, med en topp i det blå og en topp i den grønne delen av spekteret, samt med høyere intensitet for LED1 enn LED2 på intensitetstoppene. Høyeste intensitet på 0,5152 ble målt for bølgelengde 596 (GASS 1), mens høyeste intensitet for LED (LED1) var på 0,0836 på bølgelengde 443.

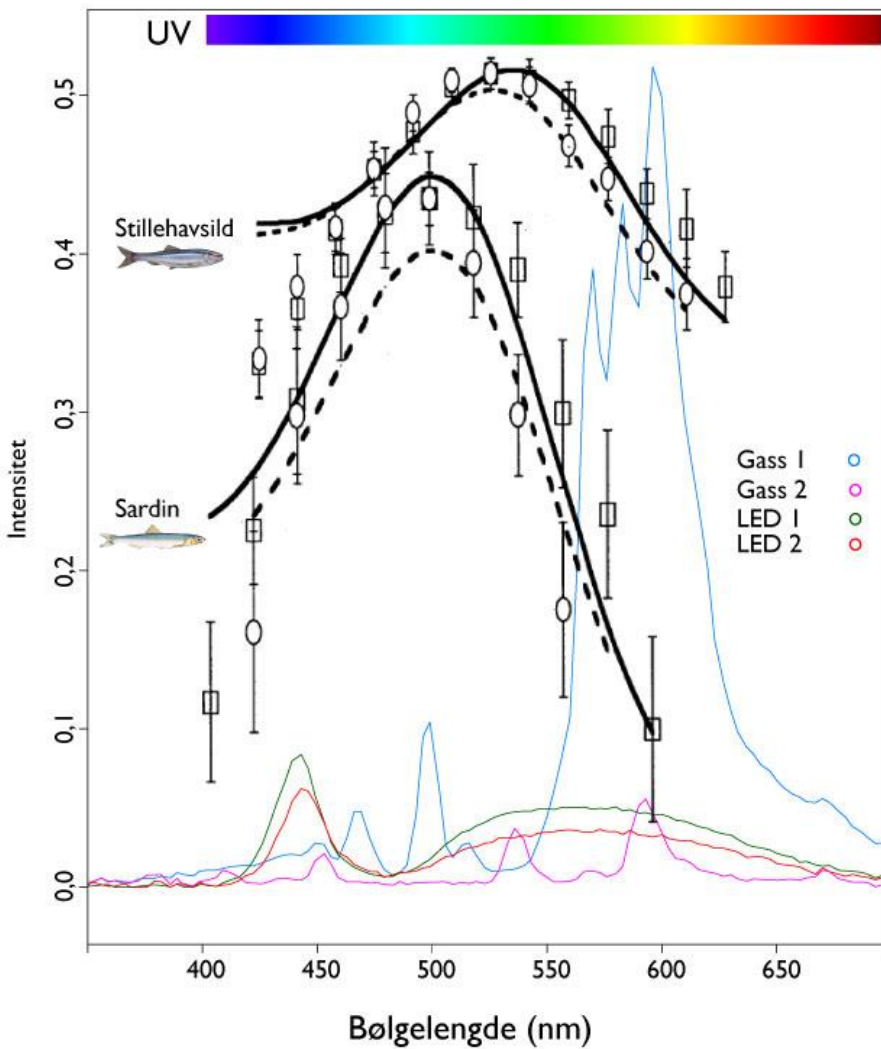
Figur 4 viser også sensitivitetskurvene (relativt sett hvilke bølgelengder fisken er mest sensitiv for) for sild og sardin (Pacific herring og Northern anchovy) som er beslektede pelagiske arter hvor man trolig kan vente å finne lignende sensitivitet som hos brisling. Begge artene er sensitive innenfor det blågrønne spekteret, mens sardin heller mer mot det blå og sild mot det grønne.

GASS 1 har en topp i områdene hvor disse to artene er sensitive, mens deler av den andre intensitetstoppen for GASS1 ligger på grensen og faller delvis utenfor området hvor fisken ser. Både GASS1 og GASS2 hadde topper ved 850 nm (figur 5), men disse ligger utenfor det fisken kan se. For LED-lysene var toppene i den blå delen av spekteret helt i grensen for sensitivitetskurvene, mens de bredere toppene i den grønne delen hadde noe bedre treff mot senter av sensitivitetsområdet enn gasslysene. En høy andel av lyset falt innenfor området hvor fisk kan se for alle lysene (tabell 1), med unntak av undervannslýset hvor under 40 % av lyset var synlig. Det var imidlertid relativt dårlig samsvar mellom høy intensitet fra lysene og høy sensitivitet fra fisken.

I sum var intensitet til GASS1 høyest og ca. ti ganger høyere enn de tre andre lysene. Innenfor området hvor fisken kan se (400–630 nm) var GASS2 og LED-lysene omtrent like i intensitet (figur 6). Energimessig målt som intensitet per watt (tabell 1), så var det LED1 som kom best ut, men bare litt bedre enn GASS1. GASS1 fremsto også energimessig som et mye bedre lys enn GASS2.

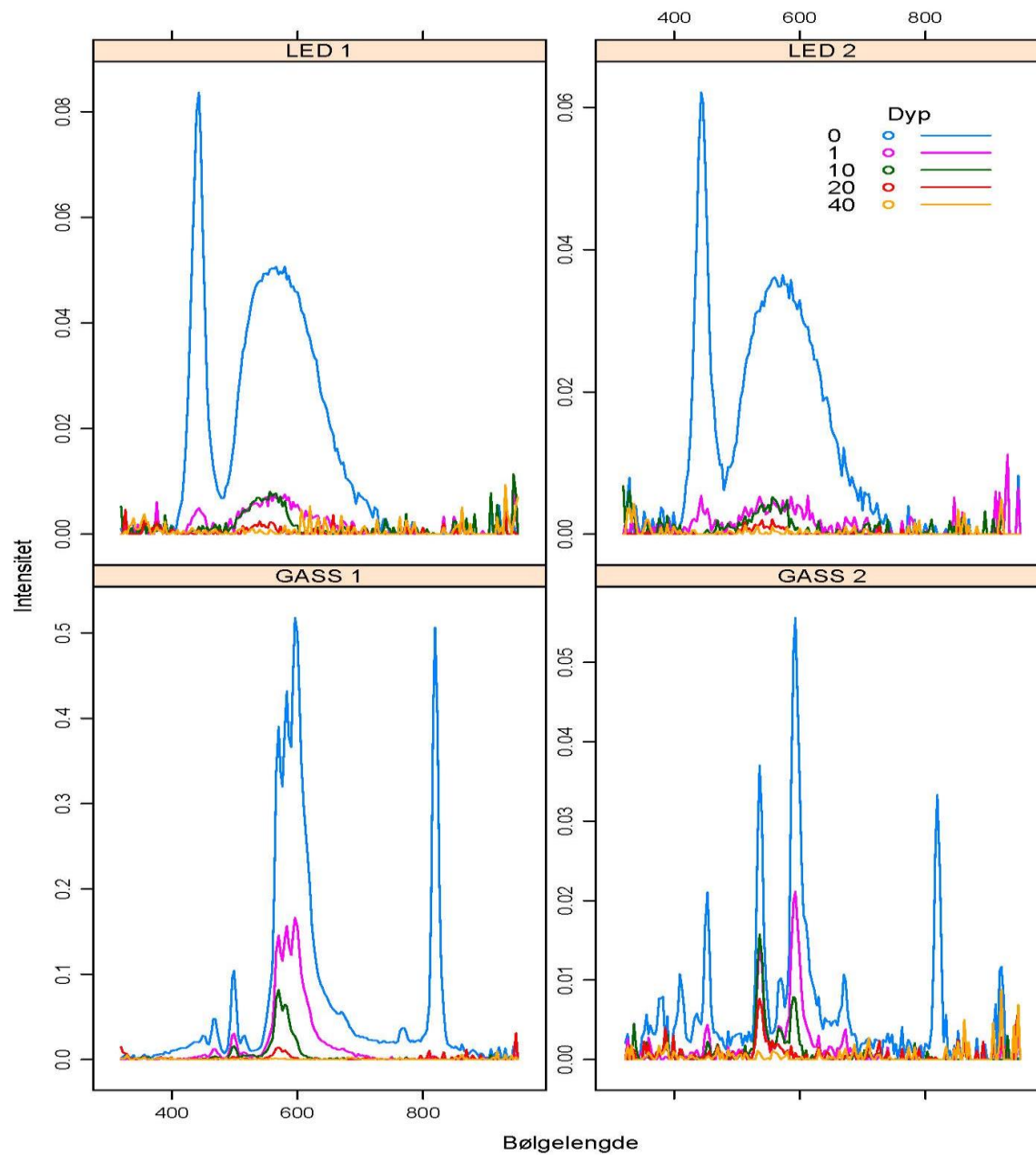
Tabell 1. Lystyper og summert intensitet for ulike deler av bølgelengdespekteret målt på 1 meters dybde 21 meter fra lyskilde. Synlig lys (400–630 nm) relaterer seg til sardin og stillehavssild. Det høysensitive området er et valgt område på +/- 50 nm fra sensitivitetstoppene for de to artene, hhv. 500 og 520 for sardin og sild (Flamarique og Hawryshyn 1998). Undervannslys har ikke reflektor, og lyset vil derfor spres i alle retninger. Målingene er derfor ikke sammenlignbare med lysene hvor lyset samles.

Typebetegnelse	Forbruk (watt)	Total Intensitet	Intensitet per watt	synlig (%) av total	Høysensitiv	
					sardin (%) av total	sild (%) av total
Carandini PRS-1001/D (GASS1)	1000	2.94	0.0029	88	8	34
Glamox FLS WB E40 (GASS2)	443	0.29	0.0007	80	26	30
Durosite LED Floodlight (LED1)	109	0.35	0.0032	73	27	42
Durosite LED Highbay (LED2)	172	0.28	0.0016	62	25	32
VIALOX NAV-T SUPER 4Y (Undervannslys)*	400	0.12	0.0003	37	18	22
VIALOX NAV-T SUPER 4Y (Undervannslys)**	400	0.14	0.0003	34	21	23
* plassert i luft						
**plassert under vann						

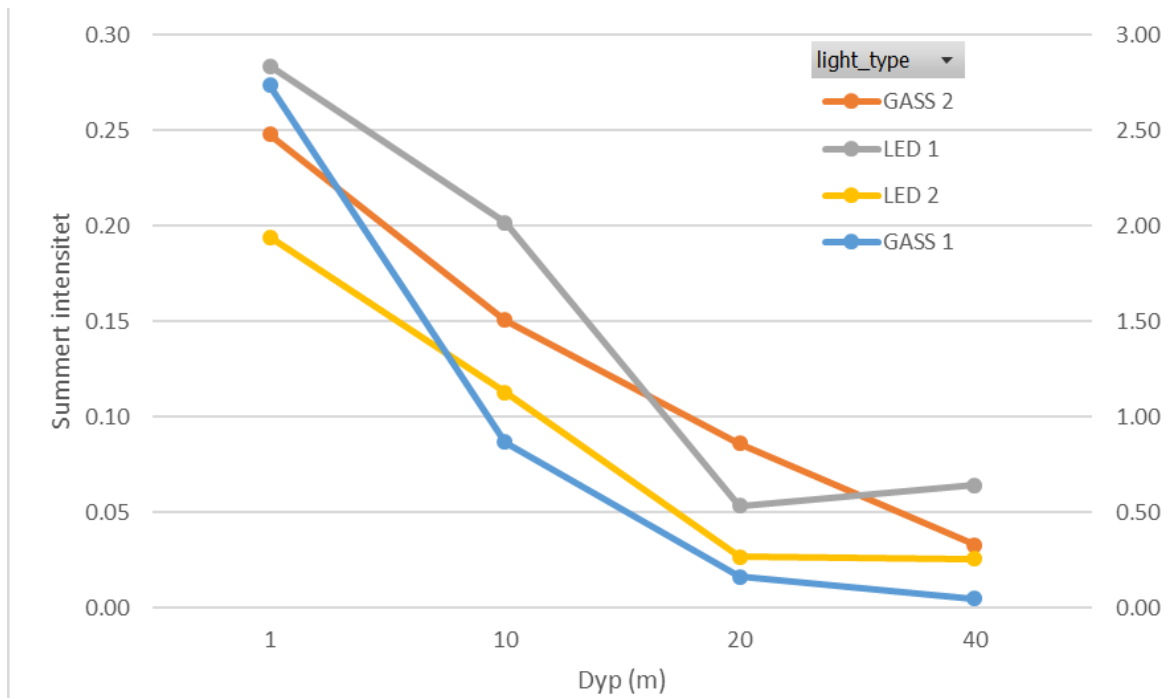


Figur 4. Bølgelengder og intensitet for LED- og gasslys målt 21 meter fra lyskildene og 10 cm over vann. De sorte kurvene viser hvilket område øyet til stillehavssild (*Clupea harengus pallasii*) og sardin (*Engraulis mordax*), to beslektede arter til brisling, er mest sensitive (Flamarique og Hawryshyn 1998). Fargekode angir farge ved de ulike bølgelengdene.

Intensitet reduseres sterkt mellom luftmåling og måling under vann (figur 5), og spesielt de høye bølgelengdene avtar raskt. Dette er for eksempel veldig tydelig rundt 800 nm for GASS1 og GASS2.

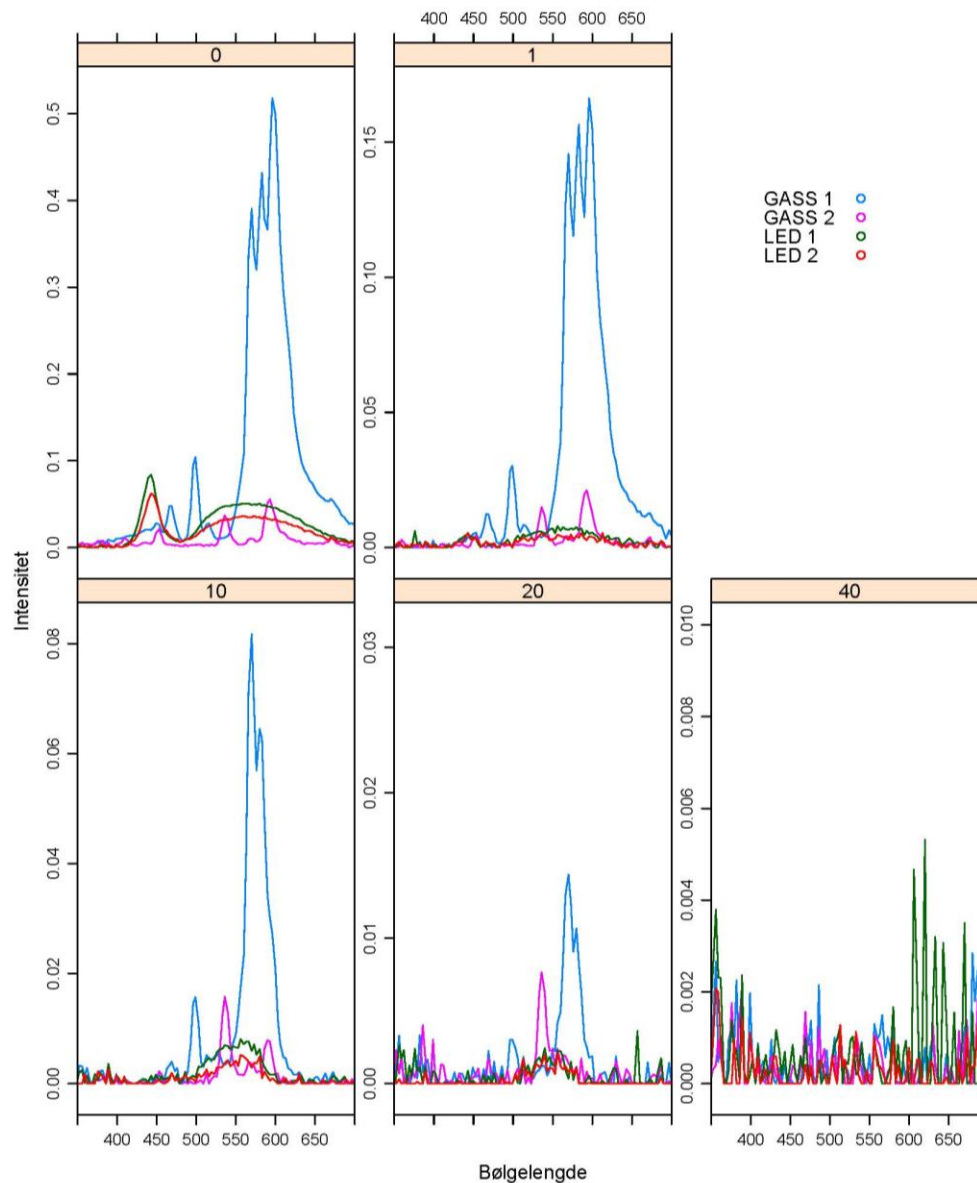


Figur 5. Intensitet for LED- og gasslys ved ulike frekvenser målt 21 meter horisontal avstand fra lyskilde ved ulike dyp. 0 meter er luftmåling. Merk forskjellig y-akse.



Figur 6. Sammenligning av intensitetstap ved økende dyp summert for bølgelengder synlige for fisk (sild og sardin) mellom 400-630 nm. Merk GASS1 leses av på høyre Y-akse (10 x venstre y-akse). Årsaken til at måling på 20 meter for LED1 er lavere enn for måling ved 40 er ukjent.

I figur 7 er gass- og LED-lys sammenlignet for ulike dybder. Ned til og med 20 meters dyp er det tydelig at gasslysene har høyere intensitet enn LED-lysene. På 40 meter var intensitet fra alle lysene lav, og LED-lysene, spesielt LED1, var det som utmerket seg med de høyeste intensitetstoppene.

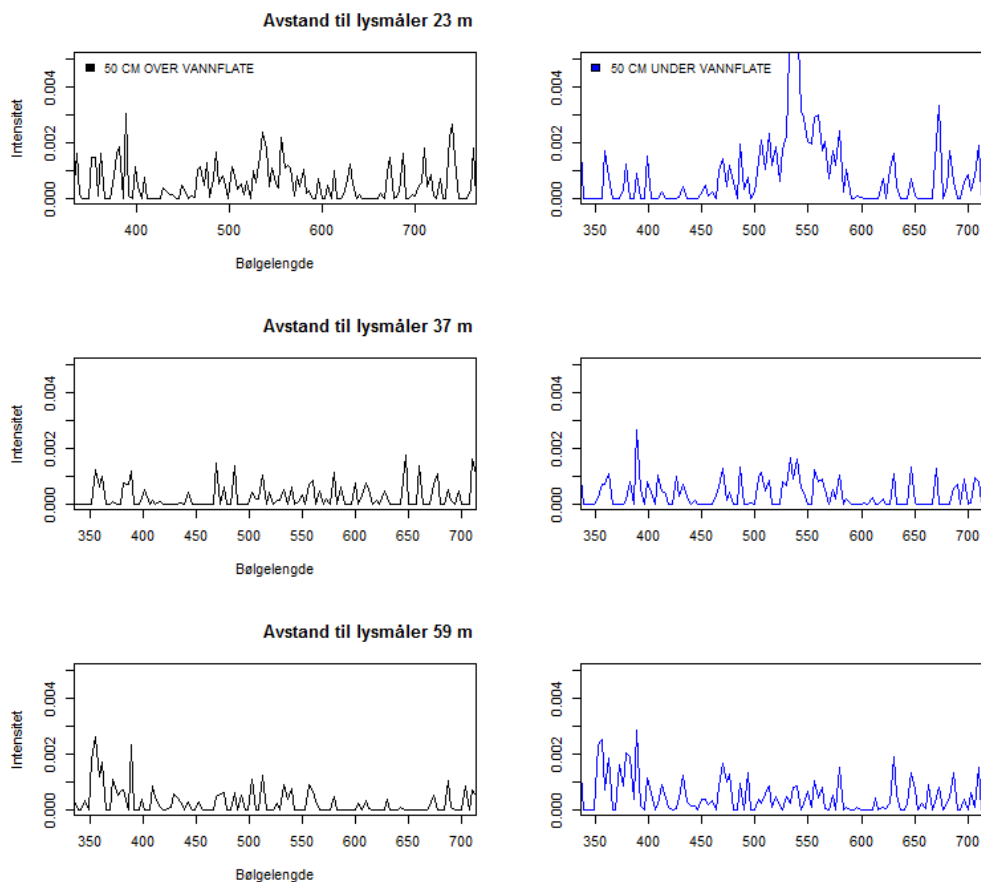


Figur 7. Sammenligning av gass- og LED-lys ved ulike dyp og 21 meter horisontal avstand fra lyskilde. 0 måling er luftmåling. Merk forskjellig y-skala mellom de ulike panelene.

Plassering av lys- over eller under vann

Effekt av plassering av lys over og under vann gav ikke entydige resultater. På 23 meters avstand fra lyskilde og 10 meters dyp var det tydelig høyere intensitet i sum for lyset montert under vann og spesielt for bølgelengder mellom 500–600 nm. Ved økende avstand fra kilden var det mindre tydelige forskjeller i fordeling av intensitet per bølgelengde mellom de forskjellig monterte lysene, men fortsatt høyere intensitet i sum på lyset montert under vann. Ved den lengste avstanden fra lyskilden var imidlertid summert intensitet for begge monteringsplasseringene

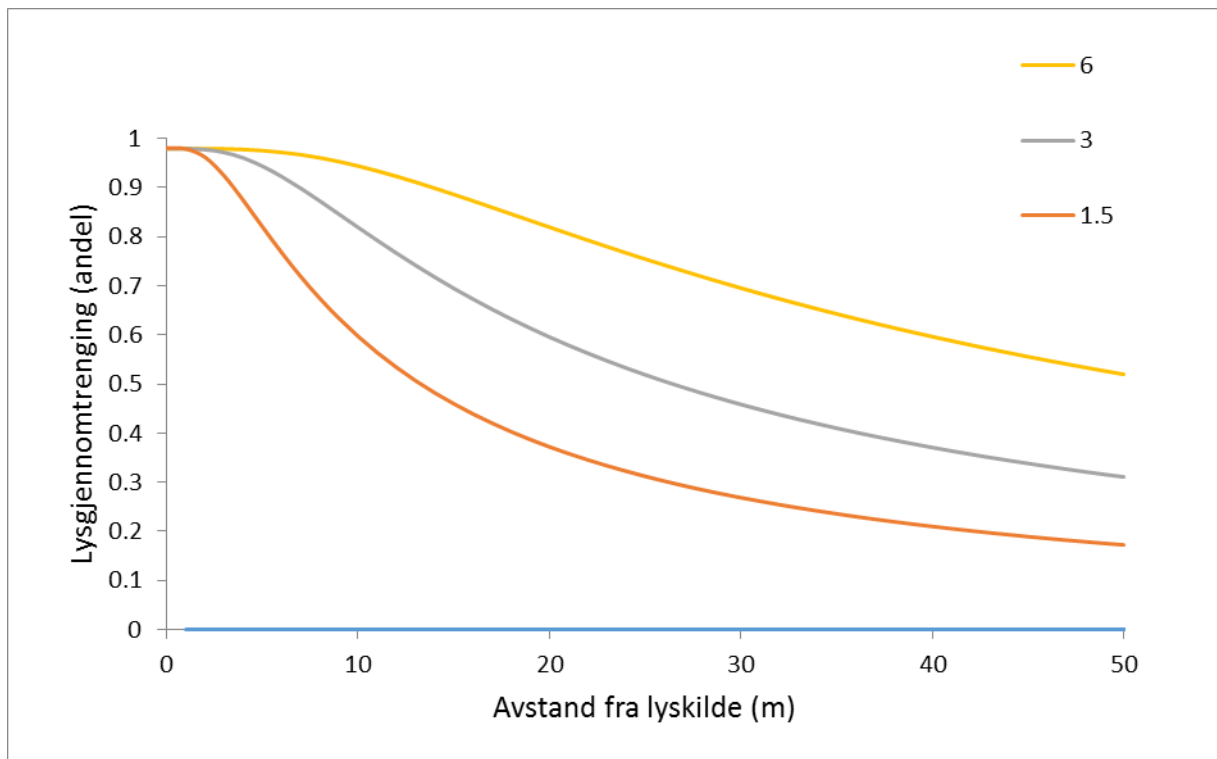
høyere enn for den midterste plasseringen, og for noen bølgelengder rundt 300–400 nm, så intensitet også ut til å øke med økende avstand. Intensitetsmålingene viste også at det var lav intensitet sammenlignet med de andre lysene, noe som trolig skyldes at det ikke var reflektor på dette lyset (tabell 1).



Figur 8. Gasslys montert over og under vann, målt ved ulike avstander fra lyskilde på 10 m dyp. Avstand er her gitt som reell avstand gjennom vann.

Plassering av lys – høyde over vann

Hvor høyt lysene er plassert over vann påvirker hvor stor lysgjennomtrengingen er. Dette fordi vinkel og derav refleksjon av lys mot vannoverflate endres. I figur 9 vises hvordan høyden påvirker andel av lys som trenger gjennom vann ved ulike avstander fra en omnidireksjonal lyskilde. Lavere plassering av lys vil føre til at en større andel av lyset blir reflektert totalt sett, i tillegg til at lysgjennomtrengingen raskt avtar med økende avstand fra lyskilde. Figuren viser eksempler på høyden fra eksperimentet (1,5 meter) og normale monteringshøyder 3–6 meter. Spesielt over lengre avstander vil man ha god effekt av å ha lyset høyt montert.



Figur 9. Andel lysgjennomtrenging som funksjon av avstand til lyskilde og lyshøyde.

Diskusjon

For å kunne utvikle en ny lysbøye er det nødvendig å vite egenskapene ved det opprinnelige systemet som skal erstattes. I dette arbeidet har vi undersøkt tre forskjellige lys som brukes i brislingfiske i dag samt to LED-lys som ble valgt ut fra anbefaling fra leverandør. I mangel på data for brisling er disse lysene sammenholdt og eksemplifisert med eksisterende litteratur på to andre pelagiske arter. Selv om fisk generelt ser godt i det blågrønne spekteret (se faktaboks), så er det også en del artsspesifikke forskjeller. Dette medfører en rekke antagelser og forbehold som er kommentert enkeltvis under.

Bølgelengde og intensitet

Bølgelengdesammensetningen hadde klare likhetstegn innenfor samme lystype (gass eller LED), men det var relativt store forskjeller i intensitet på gasslysene.

Selv om mye av lyset falt innenfor området hvor fisk kan se i det blågrønne området (med unntak av undervannslys), var det ikke like godt samsvar mellom hvor fisk er sensitive og bølgelengdene fra lysene som hadde sterkest intensitet. Gitt at det er noenlunde sammenfall mellom brisling og de to artene vi har presentert her, så vil det trolig være fordelaktig å ha høy intensitet rundt 500 og 520 nm. Ut ifra det vi vet i dag om pelagiske arter og hvilke bølgelengder de kan se og er mest sensitive for, er det trolig en god del av energien som går inn i dagens

gasslys (og for så vidt de undersøkte LED-lysene) som ikke omsettes til lys som fisken kan se. Sensitivitetskurvene viser imidlertid at det er forskjeller mellom arter, og det kan ikke utelukkes at lysene passer godt til brisling. Eksempelvis fremstår GASS1 som et bedre lys for sild enn for sardin (tabell 1), og totalt sett som en god allrounder, da den også har en mindre topp midt i sensitivetsområdet for sardin. Fra fiskerhold opplyses det at man foretrekker ulike farger eller temperaturer til ulike arter (blått til makrell, hvitt til brisling og gult til sei) der lyset er varmt om det er gulaktig, nøytralt når det er helt hvitt, og kaldt om det er blålig. Således oppleves gasslysene som testes her og som brukes til brisling, som nøytral hvite.

Forsøk med sensitivetsmålinger, grenseverdier for hvor lav intensitet fisken kan se, samt hvilken sammensetning lyset bør ha for å fremkalle respons for den enkelte art, er en viktig del av videreføring for utvikling av en lysbøye. Dersom man kan innskrenke bølgelengdeområdet, kutte ut de delene fisken ikke kan se og heller fokusere på områdene hvor fisken er mest sensitiv (eller responsiv), er mulighetene store for at man kan spare energi (se under). Dette vil være av særlig betydning for bøyer som skal drives av batterier. Det er likevel viktig å understreke at vi ennå ikke vet om det er nok å presentere lys i området som fisken er mest sensitiv, eller om det er nødvendig å ha en sammensetning av ulike bølgelengder for å fremprovosere atferdsrespons. Siden lysene som brukes til ulike arter i dag er basert på prøving og feiling, kan man ikke utelukke at det faktisk er viktig å kopiere samme bølgelengdespekter. Kanskje er det også slik at gasslysene som brukes i dag tiltrekker fisk nettopp fordi de har høy intensitet i et område hvor sensitivitet er lav, og at det således må høy intensitet til for å få respons.

Plassering og bruk av undervannslys

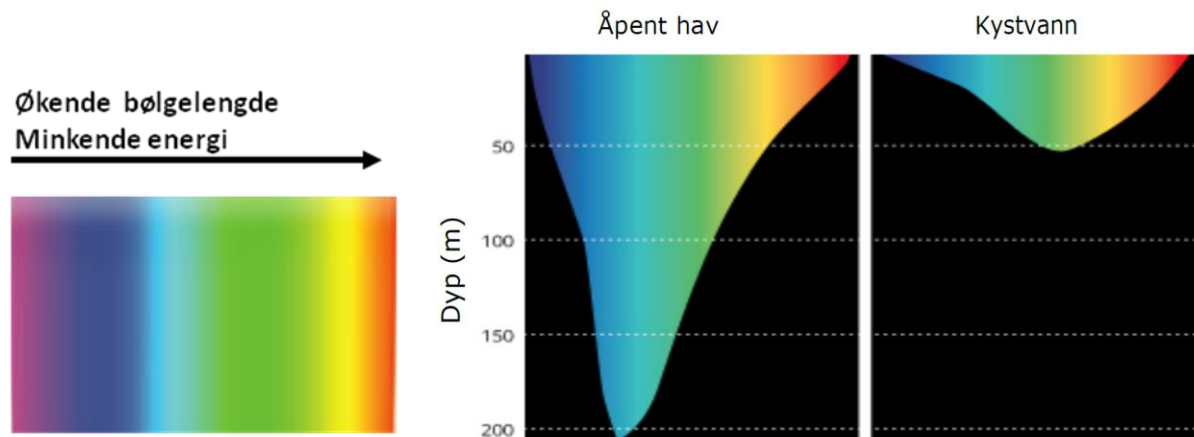
For best å kunne plassere og bruke forskjellige lys, er det viktig å vite hvordan lyset sprer seg gjennom luft og vann. I luft, over forholdsvis korte avstander tilsvarende det en har i lysfiske, vil den viktigste effekten være reduksjon i lysintensiteten – tilsvarende det en opplever når en beveger seg bort fra lyskilden. Dette er ofte referert til som "inverse square law" fordi jo lenger fra lyskilden man måler lyset, desto mer sprer lysfotonene seg, i forhold til den inverse av kvadratet av avstanden fra kilden. I vann får en den samme spredningen av lysets fotoner, men fordi vann er et tettere medium, vil lysfotoner i tillegg til å bli spredt, også bli absorbert av vannmolekylene, noe som reduserer lysintensiteten ytterligere. Denne prosessen kalles dempning, og den påvirker bølgelengdene i lyset i forskjellig grad (figur 10). For eksempel absorberes lengre bølgelengder (rødt lys) raskt i de øverste få meterne, mens korte (blå/grønne) bølgelengder trenger dypere fra flere titalls til flere hundre meter, avhengig av kvaliteten på vannet. (Merk: denne prosessen skjer også i luften, men er bare merkbar over mye større avstander).

Når lys går fra luft til vann, er egenskapene til lyset ytterligere påvirket av både refleksjon og lysbrytning. Når lyset treffer vannoverflaten, vil en andel lys trenge ned i vannet, mens en andel vil bli reflektert bort. Generelt vil mengden lys som trenger ned i vannet minke med minkende vinkel mellom lysretning og vannets overflate. Lysbrytning og lysets videre retning endres også ved endret vinkel mellom lyskilde i luft og vannets overflate.

Oppsummert er det flere ulike prosesser som vil endre lysets egenskaper på vei fra en lyskilde og ned i vannet. Dette betyr at det lyset som treffer fiskens øyne kan være svært forskjellig både i intensitet og farge, avhengig av retning, distanse og vannets optiske kvalitet (partikler, humus, alger osv.). Lysbåtene som brukes i dag monterer ofte lysene så høyt de kan på stativer (figur 12). Dersom man endrer vinkel på lysene, vil i tillegg refleksjon endres. Med fastmonterte lys brukes det i dag en teknikk hvor man tidlig i samlingsfasen har alle lysene på og ønsker lang rekkevidde. Etter hvert når fisken siger nærmere, må man fysisk om bord i lysbåt for å slå av noen av lysene. Dette for å trekke fisken nærmere nok lyskilden i tette konsentrasjoner som det så kan settes not rundt. Ved bruk av dimmere på LED-lys vil man lett kunne fjernstyre intensitet på lys fra moderfartøy og således redusere antall lys og behov for fysisk å slå av lys, noe som både er arbeidskrevende og kan skremme fisken. Alternativt eller i tillegg kunne man styre vinkel og retning på selve lysene via fjernstyring.

Forsøkene hadde som mål å undersøke forskjellen i intensitet på ulike avstander og dyp ved å montere et undervannslys både over og under vann. Dette var bare delvis vellykket med det forsøksoppsettet vi hadde planlagt, på grunn av lav intensitet på målepunktene fra undervannslyset. Undervannslyset som ble testet var mye svakere enn både gass- og LED-lysene, selv om strømforbruk og oppgitt effekt var omtrent lik som for GASS2. Dette skyldes at det ikke var reflektor på undervannslyset. Siden lyset ble spredt i alle retninger, virket det som om at vi var for langt unna for å kunne finne gode sammenhenger. Normalt sett vil også overvannslysene være montert slik at de samlet lyser i alle retninger fra lysbåten, men med bruk av reflektorer for å sentrere lyset fra hver enkelt enhet (figur 12). Dersom man får høy nok intensitet vil det være en fordel å ha omnidireksjonale lys i vann, da kan man klare seg med færre enheter (kanskje bare én). Montering under vann fører til høyere intensitet enn montert over vann på de nærmeste målepunktene, men trolig vil rekkevidden være lavere for ett lys montert i vann. Således kan det tenkes at lysbøyen bør ha begge deler.

Lysfiske og notfiske foregår vanligvis i godt vær, og forsøkene ble også gjennomført en dag da det var godt vær med stille vann uten bølger. Hadde det vært bølger og krusninger ville refleksjon fra overflatemonterte lys blitt høyere og resultert i mindre lysgjennomtrening. Ved bruk av undervannslys vil man imidlertid kunne eliminere slike effekter og bli mindre væravhengig.



Figur 10. Hvit lys er sammensatt av alle bølgelengder, men absorberes når det passerer gjennom vann. De lengste bølgelengdene absorberes raskest, åpent klart hav med lite partikler oppleves derfor som blått. Kystvann er ferskere og inneholder mer humus, det gjør at også de korte bølgelengdene absorberes. Vannet blir derfor mer grønnlig.

Energiforbruk

Ett av argumentene for å gå over til LED-lys er at de er mer energieffektive og kan således produsere samme lysintensitet for lavere energimengde inn. Av lysene som ble testet var hele 88 % av bølgelengdene innenfor det synlige spekteret for GASS1, med høye verdier for de andre lysene, unntatt undervannslyset som hadde mye lys utenfor det synlige spekteret (tabell 1). GASS1 var imidlertid det lyset som prosentvis hadde minst intensitet innenfor det høysensitive området for sardin (8 %). LED 1 var høyest for begge arter med 27 % og 42 % av lyset innenfor det høysensitive området for sardin og sild respektivt. Totalt sett var det også LED1 som gav høyest intensitet per forbrukt energienhet (w) over hele bølgelengdeområdet, men noe overraskende bare litt bedre enn GASS1.

Som nevnt over er det usikkert om det er gunstig å ha lys kun i de høysensitive områdene, men dersom det er slik, så er det mye energi å spare på å bruke LED. Eksempelvis kan det i lysfiske brukes i størrelsesorden opp mot 20 gasslys å la de som er undersøkt her, med tilsvarende behov for ca. 15000 watt per time (10 x GASS1 + 10 x GASS2). Bruker vi sardin som eksempel hvor bare 8 % av intensitet er innenfor det høysensitive området, vil det forenklet si at 1200 watt utnyttes tilsvarende en intensitet på $1200w \times 0,0029I/w = 3,48$. Siden det ikke er mulig å endre sammensetning på gass slik at vi bare har bølgelengder innen 450–550 nm, er alternativet LED. For å oppnå en intensitet på 3,48 innenfor det høysensitive området med for eksempel LED1, ville man hatt behov for $3,48/0,0032 = 1088$ watt, dvs. ca. 7 % av energiforbruket, tilsvarende tilnærmet ti LED-lys av type LED1. Det må imidlertid påpekes at kalkuleringene som er gjort her med summering over hele bølgelengdeområdet, er forenklinger. Det vil for eksempel være mer energikrevende å produsere lys med lave bølgelengder enn høye, siden lave bølgelengder har mer energi (figur 10). Energimessig er det uansett store besparelser i å bytte til LED dersom forutsetningene om sensitivitet og atferdsrespons er korrekte.

Prismessig var LED-lysene som ble innkjøpt i samme størrelsesorden som gasslysene. Det er imidlertid all grunn til å tro at man både kan kjøpe eller få produsert LED-lys til en langt lavere kostnad. I Japan foregår det i dag en god del utvikling av LED-lys til bruk i notfiske men det meste av informasjonen er på japansk (pers kom. T. Arimoto). Det vil være fordelaktig å utvide forsknings- og utviklingsarbeidet med japanske og asiatiske miljøer, siden de er kommet lenger i prosessen enn vi er i Europa.



Figur 12. Venstre: Nyutrustet lysbåt med 16 stk 1000 watts gasslys. Her kreves det store diselaggregater for å produsere nok strøm. Høyre: Japansk lysbåt med LED-lys.

Konklusjon / veien videre

- Det er stor sannsynlighet for at man kan lykkes med utvikling av en lysbøye. Forutsetningen er at man begynner med biologien for å få en bedre forståelse av hvilke egenskaper lyset har som gjør at fisken tiltrekkes av det. Teknologisk er det trolig overkommelige utfordringer i det å bygge lys med rett bølgelengde og intensitet, gitt at man kjenner disse.
- LED vil redusere energiforbruket. Samlet sett er fordelene av å kunne ta med bøye om bord på fiskefartøy så store at det vurderes som viktig å få videreført prosjektet.
- LED- og gasslys som ble undersøkt har ulike bølgelengdesammensetning mht. intensitet.
- Det var relativt stor forskjell i målt intensitet på lysene og området hvor nærliggende arter er mest sensitive.
- Spektralsensitivitet og hvordan dette korresponderer med atferdsreaksjoner for våre arter bør undersøkes nærmere.

- Før man begynner å bygge bøyer, bør ulike lys testes under fiske på eksisterende lysfartøy.
- Protokoll for videre arbeid er utviklet av en ICES-gruppe på kunstig lys i fiskeriene. Anbefalingene herfra bør følges (ICES 2012).
- Samarbeid og informasjonsutveksling med utenlandske miljøer som jobber med tilsvarende problemstillinger på lyssiden bør styrkes.

Referanser og relevant litteratur

Flamarique, I.N. & Hawryshyn, C. (1998) Photoreceptor types and their relation to the spectral and polarization sensitivities of clupeid fishes. *Journal of Comparative Physiology A*, 182, 793-803.

ICES. 2012. Topic Group on the Use of Artificial Light in Fishing. In the Report of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour (WGFTFB), 23-27 April 2012, Lorient, France. ICES CM 2012/SSGESST:07. 206 pp.

Johnsen, S. 2012. *The optics of life: a biologist's guide to light in nature*. Princeton University Press.

Vedlegg

GASS 1 (mangler datablad). Dette er et eldre gasslys som trolig er gått ut av produksjon.



GASS 2

er
er



FLS
1105150



FLS WB E40 230V 400W

The Floodlights produced for high pressure sodium lamps and housing in seawater resistant aluminum are applicable for decks and hulls, industrial areas and sport areas. The Floodlights have a very high light output and a low weight that makes it easy to maintain. The Floodlights are designed to meet maritime requirements. Ballast is not included. Ballast unit to be ordered separately.



Technical data

Maximum ambient temperature (°C)	45
IP classification	67
Minimum ambient temperature (°C)	-20

Dimensions

Net weight (kg)	6
Length (mm)	383
Width (mm)	250
Height (mm)	365
Gross weight (kg)	6,65

Body

Colour of body	White
Body colour code	RAL9016
Body material	Aluminium seawater resistant

Optic

Material of reflector	Aluminium
Material of diffuser	Glass tempered

Electrical data

Minimum Voltage -10% (V)	230
Maximum voltage +10% (V)	230
Total consumption (W)	443

Light data

Number of lamps	1
Lamp power (W)	400
Lamp base	E40
Light source	HST

Termination

Optic	Wide beam
Type of cable gland	M20-Polyamide
Number of cable glands	1
Termination	0,5mm-to-4mm

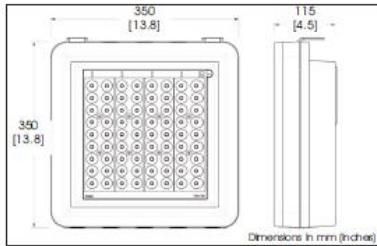
LED 1-1 FLOODLIGHT DUROSITE 109W LED

Dialight



Patent Pending

DuroSite® LED Floodlight - CE



Certifications & Ratings

- CE
 - EN55015
 - EN61547
 - EN60598-1
 - EN61000-3-2
 - EN62031
 - EN62471
- P 66 to EN60529 (pending)
- K08 to EN 50102

Features & Benefits

- 10 year full performance warranty
- L70 rated for >100,000 hours @ 25°C ambient
- Instant on/off operation
- Universal input (100-277V AC), 50/60Hz
- Superior colour rendition index compared to HPS, LPS, MV
- Mercury free
- Resistant to shock and vibration
- Temperature compensation technology for longer life
- Factory sealed
- Eyelets provided for secondary retention
- Isolated wiring compartment

Application:

The DuroSite® LED Floodlight represents the future of energy efficient facility illumination for industrial applications worldwide. The lighting fixture consumes at least 50% less energy than traditional HID light sources, while reducing maintenance and carbon emissions. This light incorporates both cutting edge LED technology along with proprietary optics to achieve floodlighting comparable with other traditional light sources.

Mechanical Information

Fixture Weight:	14kg (30 lbs)
Shipping Weight:	16kg (34 lbs)
Mounting:	Tunnion mounting bracket included
Entry:	(2) M20 cable entries (One cable gland provided)

Electrical specifications

Operating Voltage:	100-277V AC, 50/60Hz
Power Consumption:	See table
Operating Temp:	-40°C to +65°C (-40°F to +149°F)

Noise Requirements/ EMC

EN 55015 - conducted and radiated
EN 61000-3-2, EN 61000-4-2,
EN 61000-4-3, EN 61000-4-4,
EN 61000-4-5, EN 61000-4-6,
EN 61000-4-11

Surge Protection:

EN61000-4-5
Protection devices capable of 20kV
Verified up to 6kV 20amps at an
independent test laboratory

THD:

<15%

Power Factor:

> 0.9

Construction

Housing:	Powder coated copper free alum.
Bracket:	Powder coated copper free alum.
Finish:	Polyester / epoxy powder coat gray RAL 7040 for superior corrosion resistance
Lens:	Tempered glass (contact factory for polycarbonate lens options)

Photometric Information

CR:	70
CCT:	5,000K (cool white)
NEMA Patterns:	Asymmetrical (140° x 115°) Very wide (115°) Wide (93°) Medium (62°) Narrow (23°)
IES Files:	Available upon request

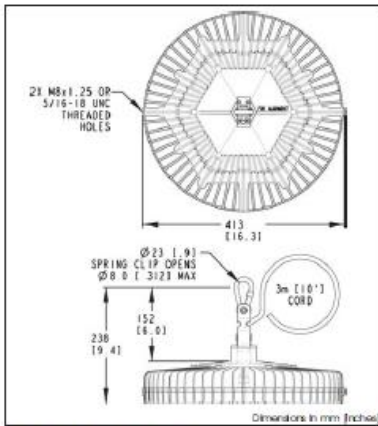
All values typical unless otherwise stated
All lumen values are typical (tolerance +/- 10%)

www.dialight.com

LED 2. HIGHBAY DUROSITE 172W 10Y FLOODL.100-277V/50-60HZ 17klm



DuroSite® LED High Bay - CE
10,000 to 17,000 lumen



Certifications & Ratings:

- CE
- EN 55015:2006
- EN 61547:2009
- EN 60698:2008
- EN 62471:2008
- ABS Design Assessed: # 12HS950618-PDA
- Gost R
- IEC60068 salt spray testing - severity 1
- IK10 to EN50102 (polycarbonate lens)
- IK06 to EN50102 (Acrylic lens)
- IK05 to EN50102 (Glass lens)
- IP66 to EN60529

Features & Benefits

- 10 year full performance warranty available (14,000 lumen and up models only)
- 5 year full performance warranty standard (10,000 to 12,000lm models)
- L70 rated for >100,000 hours @ 25°C ambient
- Up to 102lm/W
- Significant energy savings
- Instant on/off
- Maintenance free
- Mercury free
- No UV or IR
- Produces minimal heat compared to traditional fixtures
- Reflector based optics for precise light control
- Resistant to shock and vibration
- Temperature compensation technology for long life
- Copper free aluminium
- Typical pay back < 2 years
- Wireless and DALI controls available for select models, please reference the controls brochure

http://www.dialight.com/assets/structure_and_catalog/luminaires/LED_High_Bay_Controller.pdf

Application:

Dialight's DuroSite® LED High Bay luminaire was designed specifically to replace conventional lighting in a wide variety of industrial applications, both indoor and outdoor. Its low profile, light weight design and versatile mounting options make it ideal for many applications such as high bay lighting, warehouses, factories, cold stores, restricted access areas, service areas and other applications with mounting heights greater than 4 meters.

All of Dialight's long life LED luminaires are designed to meet the most demanding specification criteria while offering maximum energy savings, reduced maintenance costs, and a superior quality of light. Hazardous area models are also available.

Mechanical Information

Fixture Weight:	8 kg (18 lbs)
Shipping Weight:	11kg (24 lbs)
Mounting:	Hook or Swivel bracket (supplied separately)
Cabling:	3m (10') PVC Power Cord (Junction box model also available)

Electrical specifications

Operating Voltage:	100-277V AC
Total System Power Consumption:	See table
Operating Temp:	-40°C to +65°C (-40°F to +149°F)
Harmonics:	EN 61000-3-2
Noise Requirements/ EMC:	EN 61000-3-2: 2006 EN 61547: 2009
Transient Protection:	6kV/2 ohm, 1,2/50us, 8/20us combination wave, as per IEEE C62.41, line-line and line-ground
THD:	<20%
Power Factor:	> 0.9

Construction

Housing:	Copper free aluminium
Finish:	Light grey powder coated
Lens:	Acrylic (PMMA) Polycarbonate (PC) Tempered Glass

Photometric Information

CRI:	70+ and 80+ options
CCT:	5,650K (cool white) 4,300K (neutral white)

*Wireless and DALI controls available for select models, please reference the controls brochure

All values typical unless otherwise stated
All lumen values are typical +/- 10%

Undervannsllys (gass): NAV-T Super 4Y høytrykk natrium damplamper med lang levetid - rørforn - sokkel E27/E40 - 2000K. Mer informasjon finnes på OSRAM.com.

VIALOX NAV-T SUPER 4Y

High-pressure sodium vapor lamps for open and enclosed luminaires



Areas of application

- Streets
- Outdoor lighting
- Industrial installations
- Suitable for use in open and enclosed luminaires
- Outdoor applications only in suitable luminaires

Product benefits

- Long lifetime
- Very high luminous efficacy
- Very good luminous flux maintenance throughout the life of the lamp
- Energy savings of up to 50 % when replacing mercury vapor lamps (HQL)
- Optimum energy efficiency on POWERTRONIC PTo 3DIM ECGs

Product features

- Lamp survival factor: 95 % after 16,000 h burning time
- Average lifetime: up to 32,000 h
- Lamp maintenance factor: ≥ 80 % after 16,000 h burning time (according to DIN 13201)
- Service lifetime: 4 years (at approx. 11 h/day)
- ErP compliant according to EU Regulation 245/2009
- Dimmable on conventional control gears and electronic control gears