

Sluttrapport

- Bølgelengdeoptimalisert lysutstyr, lakselus

A Grunnlagsopplysninger

Prosjektopplysninger

Prosjektansvarlig institusjon:	Idema Aqua as
Adm. Ansvarlig	Morten Malm
Prosjektleder (faglig ansvarlig):	Morten Malm
Prosjektmedarbeider(e):	A. Herfjord, D.Espedalen, E. Wettre, R.Ohren, K.L.Risnes DThorburn (UK), H. Migaud (UK),
Prosjektnr:	SHS – 2002 / 017767
Prosjekttittel:	Bølgelengdeoptimalisert lysutstyr, lakselus.

B Prosjektsammendrag

PROSJEKTSAMMENDRAG.

Prosjektet er relatert til produktutvikling og to ulike typer utprøving. Rapporteringen er delt inn i forhold til dette.

PRODUKTUTVIKLING.

Produktutvikling relatert til dette prosjektet har gått i perioden okt. 2002 t.o.m. des. 2004.

Prosjektet har i store trekk fulgt firmaets fasedelte produktutviklingsmodell.

Prosessen har vært inndelt som følger:

Fase 1: Spesifikasjon	Start	10.2002	Slutt	06.2003
Fase 2: Design / Konstruksjon	Start	07.2003	Slutt	02.2004
Fase 3: Bygging prototyper	Start	03.2004	Slutt	07.2004
Fase 4: Utprøving teknisk	Start	08.2004	Slutt	12.2004

Det var i dette prosjektet lagt vekt på å finne frem til alternative lyskilder og evaluere disse utfra teknisk evne til å generere smalspektret lys med høy energiutnyttelse. Produktutviklingen førte frem til teknisk utprøving av 8 stk prototyper på smalspektrede lavenergi lyskilder hver på 50 W. Det var tekniske problemer med disse lyskildene innledningsvis. Hovedutfordringene var lekkasjeproblematikk i forbindelse med termisk generert bevegelse i armaturkonstruksjonen og kjøleproblematikk for optimale driftsforhold for strømforsyninger og LED's. Dette ble løst og de 8 smalspektrede lavenergi lyskildene gikk inn i fullskalaforsøket i Loch Leven (Nutreco-site UK). Der fungerte de godt teknisk i perioden fra januar 2005 t.om. juni 2005. For at disse lyskildene skulle gå inn i kommersiell produksjon og tilbys til kunder må det legges ned betydelig innsats i videreutvikling. Det er imidlertid utenfor rammen av dette prosjektet.

UTPRØVING.

Utprøvingen i prosjektet har omfattet to ulike typer lyskilder.

1. **Lakselus** - Utprøving av hvordan plasseringen av tradisjonelle metallhalogen dampplamper i merd påvirker luspåslag hos laks.

Utført delvis i samarbeid med Villa miljølaks vinteren 2003.

Forsøkene med lusetellinger fra slutten av januar til slutten av april 2003 viste at i kontrollmerd uten tilleggslys (naturlig lus) har man registrert mer luspåslag enn i merdene med tilleggslys. Videre er det registrert totalt sett minst påslag av lus i de merdene der man har hatt høyest intensitet av tilleggslys. Imidlertid er forskjellene små og det var lite lus i den aktuelle forskningsperioden, slik at det vanskelig kan trekkes fullverdige konklusjoner utifra dette materialet.

2. **Fullskalaforsøk** - Utprøving av smalspektrede lavenergi lyskilder i fullskala merd med laks.

Tekniske tester er utført i havet utenfor egen produksjonsavdeling på Hitra.

(Se omtale ovenfor)

Innledende biologiske test er utført i samarbeid med Nutreco UK og Stirling University UK.

Hovedkonklusjonene er:

- Smalspektret blått lys har bedre gjennomtrengningsevne i vann enn tilsvarende dagslysmengde.
- Det er en dose respons sammenheng mellom mengde smalspektret blått lys og evnen til å undertrykke melatoninproduksjon i pinealorganer tatt fra laks i fullskala merd.

RESULTATER FOR IDEMA AQUA AS.

Produktutviklingen og uttestingen har hatt stor verdi for IDEMA aqua as.

Kompetanseoppbygging internt:

Internt har kompetansen om teknologien knyttet til denne typen lyskilder blitt hevet betraktelig, både i utviklingsavdelingen og produksjonsavdelingen.

Nettverksbygging:

Prosjektet har gitt IDEMA Aqua as gode relasjoner til samarbeidspartnere og det diskuteres videre samarbeidsprosjekter både med Nutreco UK og Stirling University UK.

Patentsøkt teknologi:

IDEMA Aqua as har etter diskusjoner med patentbyrået Zacco as valgt å patentsøke bruk av LED-teknologien innenfor alle former for akvakultur. Patentsøknaden gjelder for hele PCT området og kan således utvides til å gjelde alle aktuelle markedsområder. Dersom patentsøknaden blir tatt til følge vil IDEMA Aqua as ha oppnådd gode forutsetninger for å utnytte teknologien

Grunnlag for videre produktutvikling:

Prosjektet har gitt grunnlag for videre produktutvikling av lysarmaturer basert på samme type LED-teknologi. Det nye prosjektet vil ha følgende hovedutfordringer:

- Kunnskapen om LED-teknologien har gitt grunnlag for ytterligere muligheter til energisparing for oppdretterne gjennom å kunne intensitetstyre tilleggslys utfra hvilket naturlig omgivelseslys som til enhver tid er tilstede.
- Lavenergi lyskilder gir mulighet for bruk av alternative energikilder. Dette kan åpne muligheter for introduksjon av produktet i områder med svak infrastruktur.
- Videre utvikle LED-armaturen til kommersielt nivå hva gjelder konstruktive løsninger, dvs utvikle flere varianter tilpasset flere oppdrettsituasjoner, f.eks settefiskanlegg for laks, yngelanlegg for torsk, matfiskanlegg for torsk.
- Tilrettelegging for serieproduksjon i vår produksjonsavdeling på Hitra.

Biologisk sett har samarbeidet med Stirling University gitt oss nyttig kompetanse og gitt grunnlag for videre forskning knyttet til:

- Dose respons funksjon på smalspektret lys – hvor stor intensitet er nødvendig for å oppnå ønsket / tilstrekkelig melatoninundertrykking i fullskala merd.
- Plassering av smalspektrede lyskilder mht spredning av lyset i kar / merd etc.
- Fiskeadferd (stiming, stureperiode, forinntak, luspåslag) ved bruk av smalspektret lys kontra dagslyssimulering.
- Retinaskader ved bruk av høyintensitet blått lys er påvist hos mennesker. Vil man kunne oppleve samme type skader hos fisk. Etiske problemstillinger i forhold til dette.
- Bruk av smalspektret lavenergi lys i oppdrett av andre arter, for eksempel torsk, seabass/bream og skjell.

Markedsmessig formidling av resultater.

- Gjennom samarbeid og utveksling av resultater med flere større og mindre oppdrettsfirma og forskningsinstitusjoner ønsker IDEMA aqua as å bidra til videre erfaringsoppbygging og kunnskapsformidling gjennom å bygge opp en åpen kunnskapsbase for brukere av smalspektrede lavenergi undervannslys. Tilgang til basen kan være internettbasert, eller eventuelt via dokumentdistribusjon.

PRODUKTUTVIKLING.

IDEMA Aqua as sin produktutviklingsmodell er organisert slik.

Fase 1: Spesifikasjon	Start	10.2002	Slutt	06.2003
Fase 2: Design / Konstruksjon	Start	07.2003	Slutt	02.2004
Fase 3: Bygging prototyper	Start	03.2004	Slutt	07.2004
Fase 4: Uprøving teknisk	Start	08.2004	Slutt	12.2004

Delresultater som er fremkommet i de ulike fasene av prosjektet er å betrakte som bedriftshemmeligheter.

Valg av lyskilde.

Når vi har endt opp med LED (LED = light emitting diode) som lyskilde er det hovedsakelig pga to viktige egenskaper:

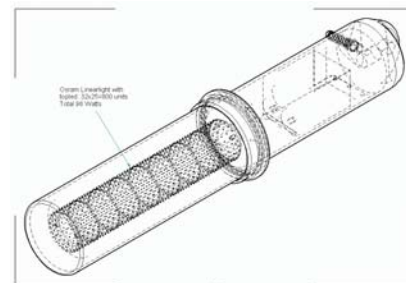
1. **Virkningsgraden** på lyskilden som hos LED's er mer effektiv enn dagens metallhalogen lyskilder når det gjelder å omdanne elektrisk energi til lys i et smalt område av det synlige spekteret.
2. **Levetiden** på lyskilden er 80.000 – 100.000 timer, dvs mer enn 10 års døgnkontinuerlig bruk, ved optimal driftstemperatur.

For oppdrettere kan dette bety dramatisk reduserte vedlikeholds- og servicekostnader, samtidig som den mer effektive omdanning av tilført energi til lys vil gi reduserte driftskostnader i form av redusert strømregning, reduserte behov for kraftig strømførende kabler, mindre aggregat osv.

Tekniske utfordringer og konstruktive valg.

Plassering av LED's.

For å få best mulig spredning av lyset ut fra en armatur, har vi valgt å plassere lyskildene i sylindrisk form. Dette gir en horisontal retning på lyset, men brytning luft glass, glass sjøvann gir god spredning.



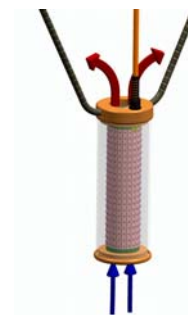
Kapsling av LED's - materialvalg

LED's og power supply – enheter (PSU) må adskilles fra sjøvannet og kapsles inn. Vi valgte POM og glass som hovedmaterialer i kapslingskonstruksjonen,

Kjøleproblematikk

Levetiden og effektiviteten hos LED's som er diskutert ovenfor, er avhengig av at man opererer under korrekt driftstemperatur. I prosjektet er det diskutert flere metoder for kjøling av LED's og power supply – enheter (PSU).

Opplagt løsning er kjøling mot sjøvann via aluminium og varmebestandig og varmeledende lim. Det ble valgt en løsning der sjøvann kommer i direkte kontakt med omgivende sjøvann.



LED's er festet til aluminiumrør som danner en kjerne i lysarmaturen. Ulik bevegelse i materialene grunnet termisk utvidelse ga lekkasjeprosjekt i sammenføyninger mellom aluminium og glass. Dette ble løst med bruk av elastisk limfuge som fungerte bra i hele prosjektperioden.



Prototype oppbygging.

Prototypene ble bygget opp på IDEMA Aqua as' utviklingsavdeling. Basis i konstruksjonen av prototypene er beskrevet i forrige avsnitt.

Hver lysarmatur har 440 stk LED punkter som trekker ca 50 W.

Integrert Power Supply Unit (PSU)

Input : 230 V DC 50 Hz

LED : Osram Topled , farge 485 nm

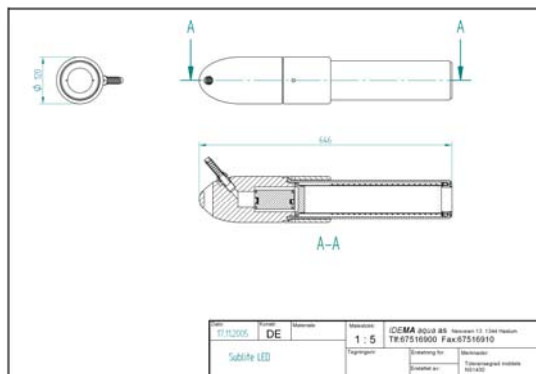
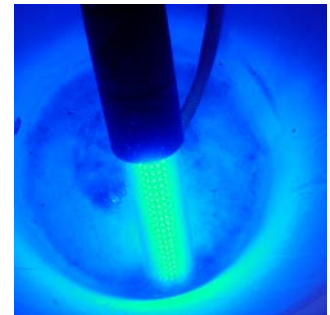
Armaturens dimensjon er :

Total lengde : 650 mm
Største utv. Diameter : 125 mm
Vekt i luft : 5.300 g

Kabel : PUR kappe 3 G 1,5 mm, 25 m standardlengde

Med basis i denne oppbygging ble produktet patentsøkt :

NO Patentsøknadsnr:



Prototype testing.

Prototypene ble i første omgang testet i havet utenfor vår produksjonsavdeling på Hitra gjennom våren 2004. Etter utbedring av diverse svakheter og feil ble 8 stk prototyper utlevert til Nutreco Marine Harvest site Loch Leven i UK for fullskala uttesting i merder på et kommersielt anlegg.

Lysarmaturene ble satt på 22. januar og slått av 22. april 2005

Lysarmaturene fungerte uten problemer i hele forsøksperioden.

Armaturene ble etter forsøket returnert til vår utviklingsavdeling for demontering og gjennomgang.

UTPRØVING

1. LAKSELUS - Utprøving av hvordan plasseringen av tradisjonelle metallhalogen damplamper i merd påvirker luspåslag hos laks.

Forsøksbeskrivelse.

Undervannslysene som ble benyttet i denne delen av forsøket er IDEMA Sublite 400 W utstyrt med Osram Powerstar 400 W/D metallhalogen lyskilde, dvs tradisjonell belysning benyttet i oppdrettsanlegg.

Starttidspunkt på forsøket er satt til 23 januar 2003. På forsøkslokaliteten til Villa Miljølaks i Vikebukt ble smolt utsatt i april 2002 sortert og refordelt i 4 merder ved forsøksstart. 3 merder har tilleggslys og 1 merd har naturlig lys.

Målet for forsøket var å undersøke om:

1. Tilleggslys på dypere vann reduserer påslag av lakselus.
2. Ulik mengde tilleggslys uttrykt i W/m² merdoverflate gir ulikt påslag av lakselus.

Eieren av anlegget er av den oppfatningen at det er gunstig å tilby fisken foret på det dypet den helst vil oppholde seg - vinterstid er det relativt dypt i nota. Vi tror at det å senke utforeren samtidig som vi plasserer lyset slik at fisken oppholder seg i sjiktet der foret tilbys vil være gunstig.

Lysmengdene som er benyttet i dette forsøket er tilpasset den lysintensitet som skal ha til hensikt å undertrykke kjønnsmodningsutviklingen hos laks. Det er ikke å forvente positive effekter av de lysintensiteter vi har her i forhold til veksthastighet på fisken.

Forsøksoppsett:

Not 1 - Dimensjon:	O = 90 m, A = 645 m ² – Sirkulær plastmerd.
Antall fisk:	62798
Gjennomsnittsvikt ved forsøksstart:	2880 gram
Leppefiskbehandling:	Ikke leppefisk
Foring:	2 stk Storvikautomat
Lysbehandling 2,48 W / m ² :	Dagslys, og i tillegg 2 stk 400 W lys på 5 m dyp over oppsamlingstrakt 2 stk 400 W lys på 8 m dyp under oppsamlingstrakt Lyseksposering i 24 timer fra forsøksstart + 100 dager
Not 2 - Dimensjon:	O = 90 m, A = 645 m ² – Sirkulær plastmerd.
Antall fisk:	65637
Gjennomsnittsvikt ved forsøksstart:	1825 gram
Behandling:	Tilsatt 127 (0,19%) berggytt
Foring:	2 stk Storvikautomat
Lysbehandling 3,76 W / m ² :	Dagslys, og i tillegg 3 stk 400 W lys på 5 m dyp over oppsamlingstrakt 3 stk 400 W lys på 8 m dyp under oppsamlingstrakt Lyseksposering i 24 timer fra forsøksstart + 100 dager
Not 7 - Dimensjon:	O = 60 m, A = 287 m ² – Sirkulær plastmerd.
Antall fisk:	18829
Gjennomsnittsvikt ved forsøksstart:	2152 gram
Leppefiskbehandling:	Ikke leppefisk
Foring:	1 stk Storvikautomat
Lysbehandling 2,79 W / m ² :	Dagslys, og i tillegg 1 stk 400 W lys på 5 m dyp over oppsamlingstrakt 1 stk 400 W lys på 8 m dyp under oppsamlingstrakt Lyseksposering i 24 timer fra forsøksstart + 100 dager

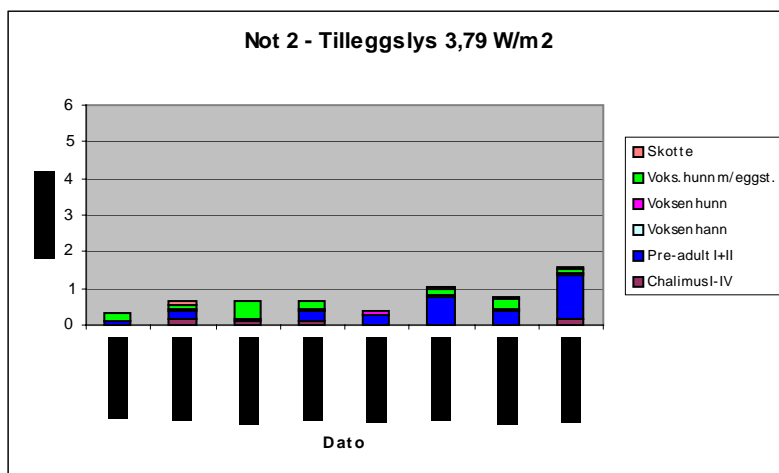
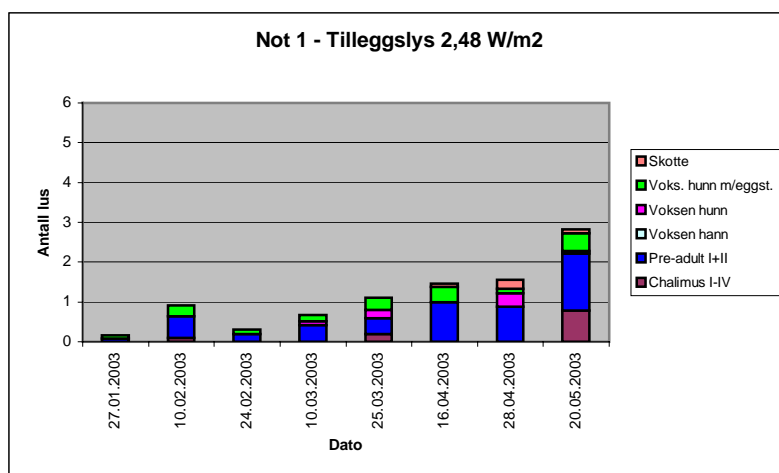
Not 8 - Dimensjon: O = 60 m, A = 287 m² – Sirkulær plastmerd.
 Antall fisk: 13836
 Gjennomsnittsvekt ved forsøksstart: 3115 gram
 Leppfiskbehandling: Tilsatt 69 (0,5%) berggyllt
 Foring: 1 stk Storvikautomat
 Lysbehandling 0 W / m² : Daglys

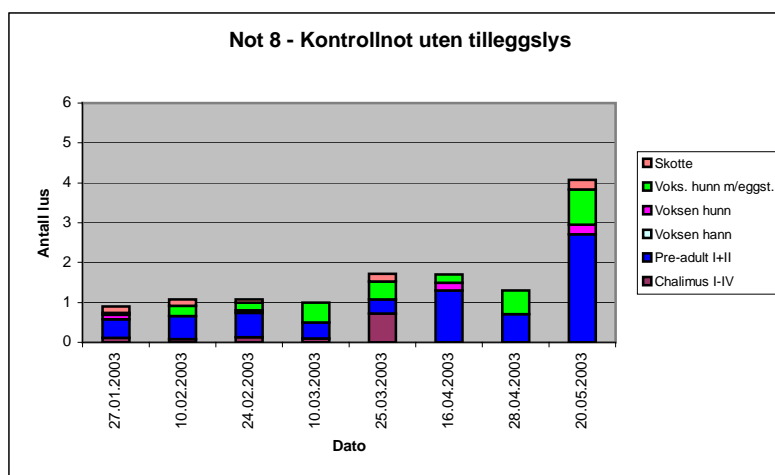
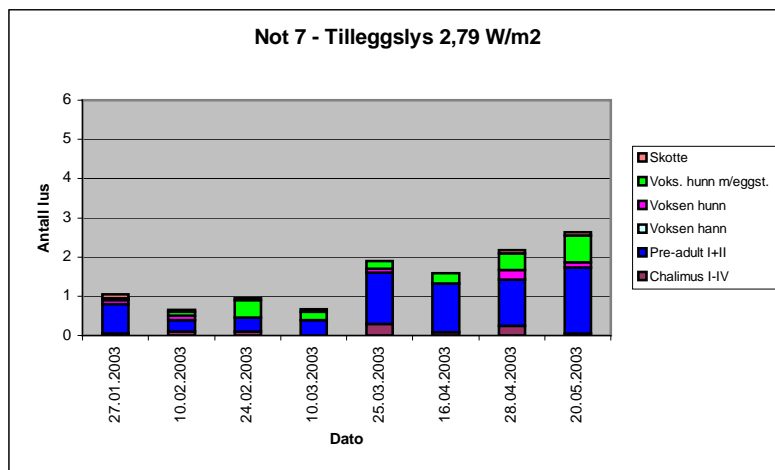
Alle Storvikautomatene forer ut på 3 m dyp og samler inn foret v.h.a. en trakt på 5.5 m dyp.

Lakselusen antas å infisere laksen vanligvis om dagen når det er lyst. Det infeksjøsne stadiet (kopepoditt stadiet) er da å finne i det øvre vannlag, og da hovedsakelig i de øvre 2 meterne. Ved å presentere foret i dybdeintervallet 3 - 5,5 m og samtidig bruke undervannslys på 5 og 8 m dyp vil laksen holde seg dypt i nota gjennom hele døgnet. Dette antar vi vil medføre at vi her vil få et mindre lusepåslag enn i merd uten tilleggslus.

Oppfølging / Rapportering:

Ca. hver fjortende dag i lyssettingsperioden er det registrert og telt lus av 20 laks fra hver av de 4 merdene. Resultatene er rapportert som gjennomsnittlig antall lus pr fisk i merdene. Resultatene er angitt i søylediagram .





Grafene over viser resultatet av lusetellingene fra hver av de 4 forsøksmerdene.

Tellingene viser at det er lavest antall lus i Not 2 , dvs der man har høyest tilleggsbelysning. Høyest antall lus pr fisk har en der man ikke har benyttet undervannslys, dvs i Not 8.

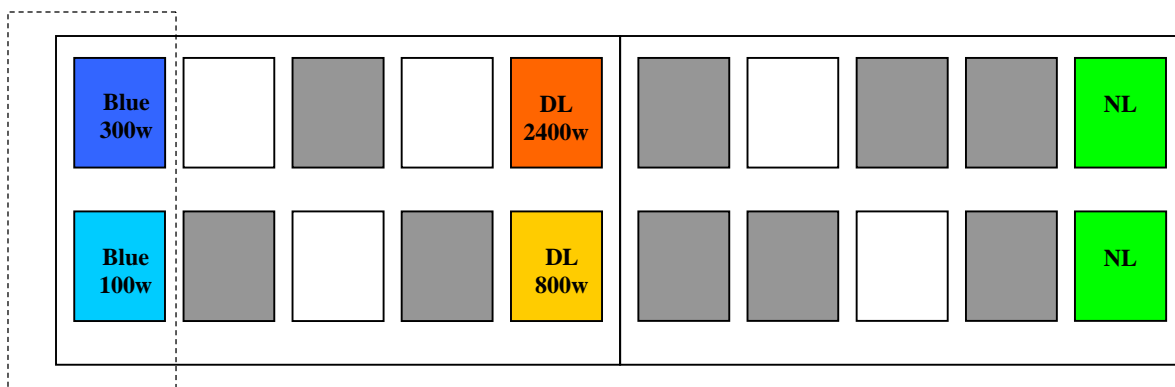
I alle forsøksnøtene er det registrert sterk oppgang i antall registrerte lus etter at man slo av lyset. Effekten av tilleggslyset er mindre jo lenger utover våren man kommer, pga økende daglengde.

Det er ikke gjort forsøk for å avdekke om en ved å holde lyset på lenger utover våren, kan holde lusepåslaget nede.

2. FULLSKALAFORSØK –

Uprøving av smalspektrede lavenergi lyskilder i fullskala merd med laks.

Lyskildene som inngår i forsøket er plassert som angitt i figurene nedenfor (Innenfor det stiplede området). Lyskildene som ble benyttet var de 8 prototypelyskildene som er beskrevet under avsnittet produktutvikling tidligere i rapporten.



Skjematisk visning av forsøksoppsettet på Marine Harvest Loch Leven site.

To merder 20 x 20 (14 m dype) er belyst med hhv 6 x 50 W = 300W og 2 x 50W=100W blå LED lyskilder.

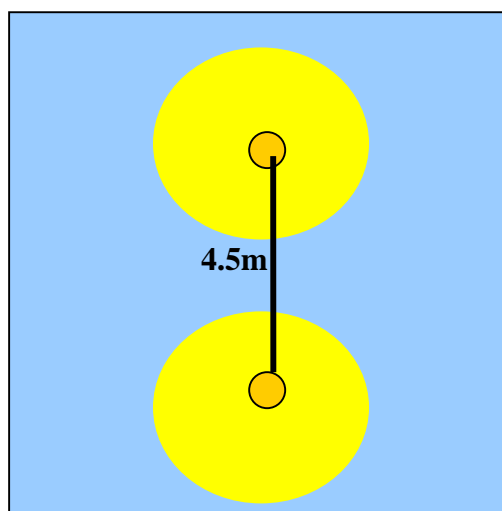
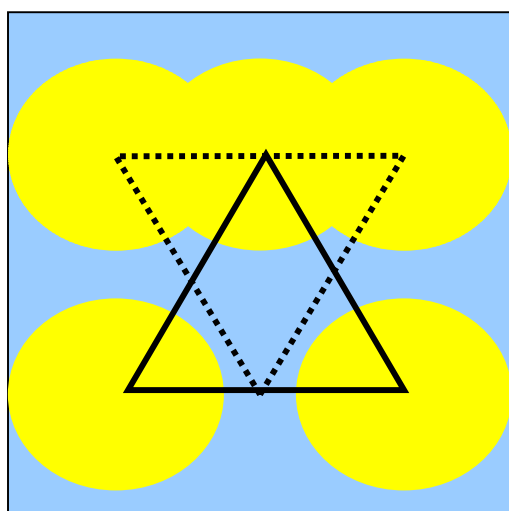
Lysmengde i Watt / m² overflate :

300 W Blå LED , dvs 0,75 Watt / m² overflate

100 W Blå LED , dvs 0,25 Watt / m² overflate

2400 W MH DL, dvs, 6,00 Watt / m² overflate

800 W MH DL, dvs 2,00 Watt / m² overflate



Skjematisk visning av plassering av LED lyskildene i de to forsøksmerdene.

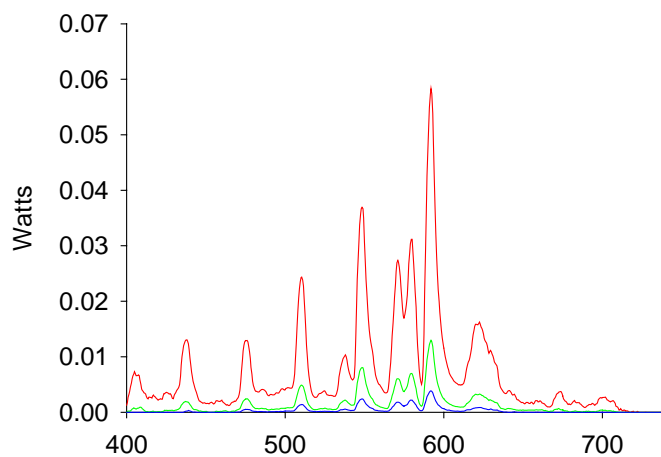
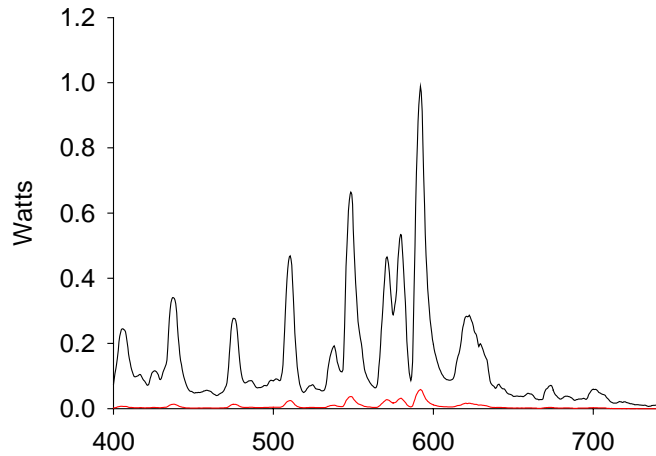
Til venstre merden med 6 lyskilder plasser i trekantformasjon på to dyp over hverandre, på 3 m dyp og på 6 m dyp

Til høyre merden med 2 lyskilder ved siden av hverandre på 4,5 m dyp.

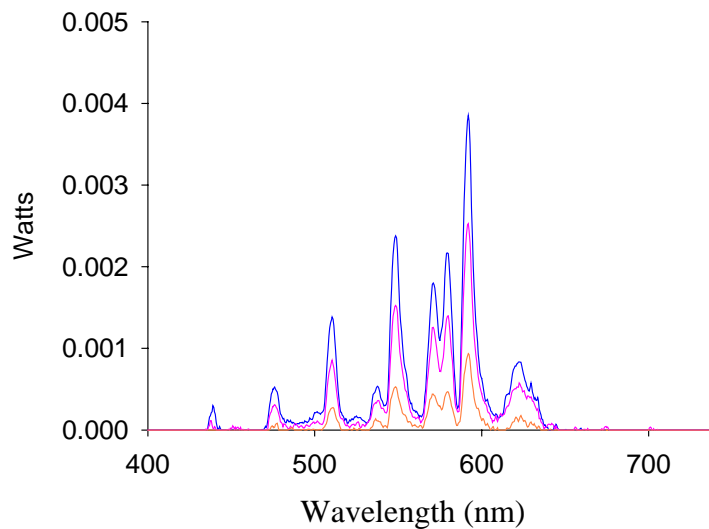
ANALYSE AV LYSKILDENE.

A. 400 W Metallhalogen

Figurene nedenfor viser lysintensitet av en 400 W dagslyskilde i vann på forsøkslokaliteten. Denne lyskilden har jevnt fordelt intensitet over store deler av det synlige spekter. Store deler av tilført energi går med til å produsere lys i de deler av spekteret som har dårlig gjennomtrengningsevne i sjøvann og som i forhold til forsøk i laboratorier har liten effekt på melatoninutviklingen.

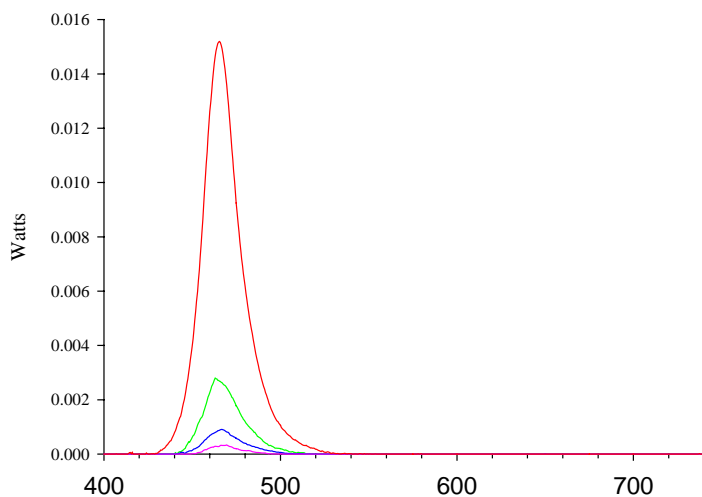
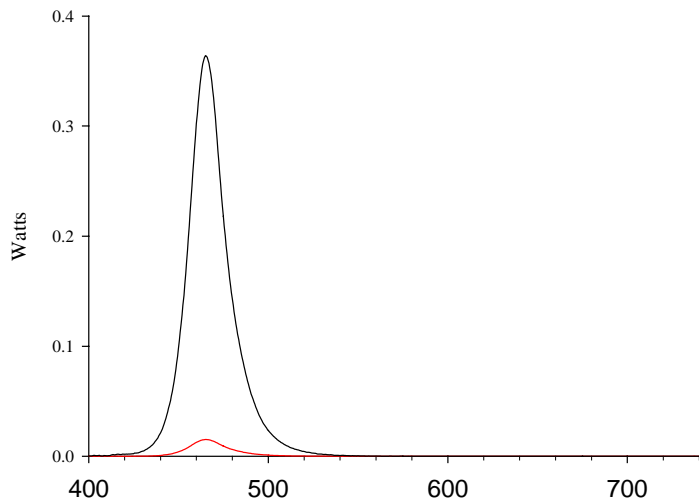


	Total Intensity Watts.m ⁻²
— At light	46.9991
— 0.5m from light	2.3938
— 1.0m from light	0.4648
— 1.5m from light	0.1133
— 2.0m from light	0.0758
— 2.5m from light	0.0376
— 3.0m from light	0.0247
— 3.5m from light	0.0162
— 4.0m from light	0.0100
— 4.5m from light	0.0061

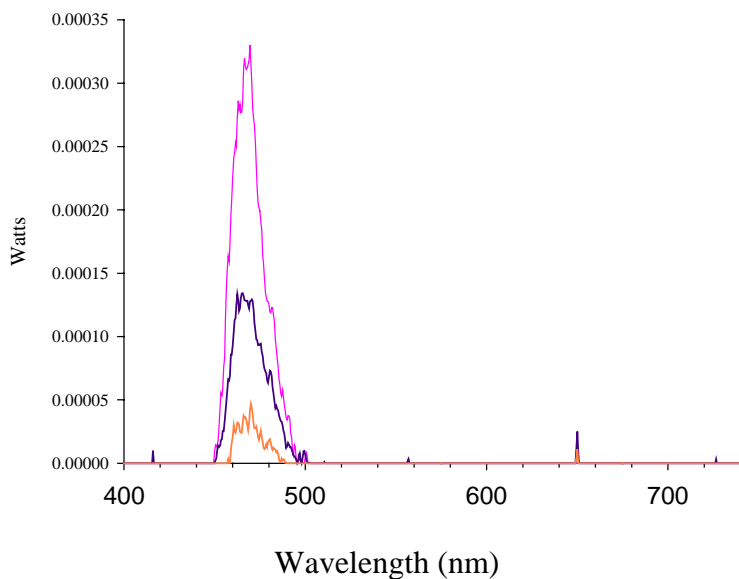


B. IDEMA SubLED 50 W prototype.

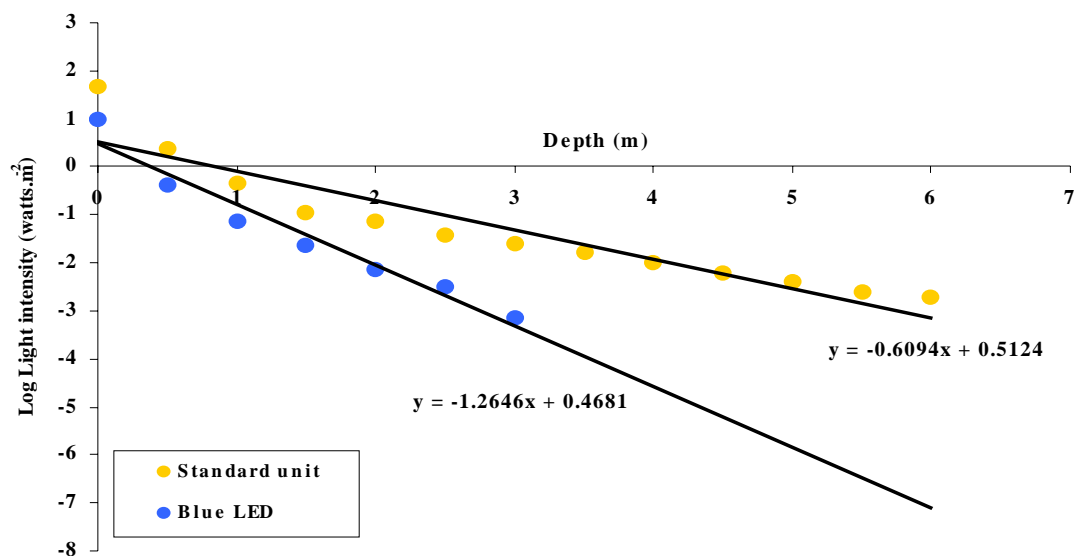
Figuren viser at denne lyskilden bruker tilnærmet ingen del av energien til å produsere lys utenfor de Deler av det synlige spekter som antas å ha størst effekt på melatoninutviklingen, dvs området $420 < \text{bølgelengden (nm)} < 520$.



	Total Intensity Watts.m ⁻²
— At light (0.0m)	9.8691
— 0.5m from light	0.4103
— 1.0m from light	0.0721
— 1.5m from light	0.0225
— 2.0m from light	0.0070
— 2.5m from light	0.0031
— 3.0m from light	0.0007



Ovenstående målinger ble gjort 20. april 2005. Spektralanalyse av de to lyskildene ble utført mellom kl 23:00 og 00:00. Det ble benyttet et spektrum og intensitetsmåleinstrument (spektrometer Stellarnet Inc, type EPP2000C.) Utsyret var kalibrert hos National Physics Laboratory UK. Målenehet for registrert fotonfluks er W/m^2 (400 – 740 nm). Målinger ble utført på lyskilden og i horisontal avstand på 0,5 m mellom hver måling.



Figuren viser log lysintensitet i forhold til avstand fra lyskilden under vann. Det er sammenlignet total lysintensitet hos en 50 W blå LED lyskilde med en 400 W Dagslyskilde.

Grafen viser at med kun 12,5 % av tilført energi (50W vs 400W) får en allikevel omtrent halvparten av lysenergien. Den blå lyskilden generer kun lys i bølglengdeområdet 420 – 520 nm. I dagslyskilden er det anslagsvis 25 % av den totale lysenergien som er i det interessante bølglengdeområdet, dvs $420 < \text{bølglengden (nm)} < 520$.

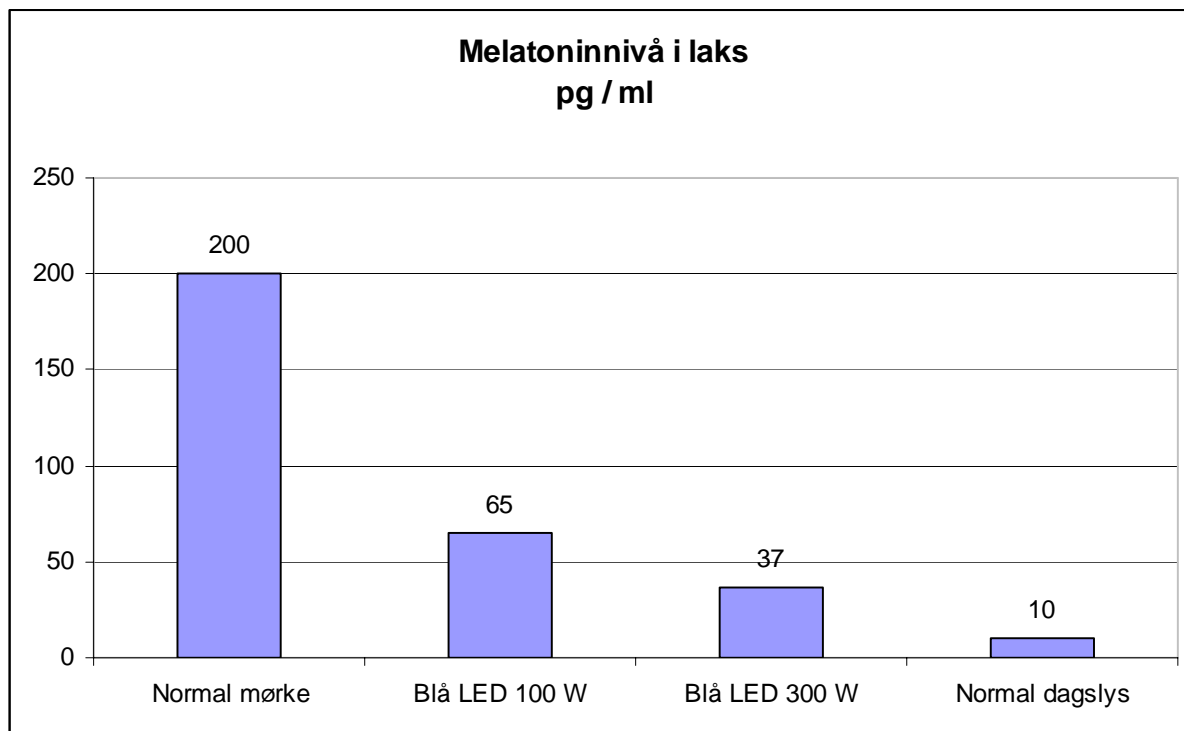
LED baserte lyskilder vil utfra et energisynspunkt kun benytte ca 25 % av energimengden for å generere tilsvarende lysintensitet som en metallhalogen damplampe.

Om det er slik at lys med blålig farge, dvs $420 < \text{bølglengden (nm)} < 520$ viser seg å ha bedre evne til å utsette kjønnsmodning hos laks vil en kunne redusere bruken av tilført energi betraktelig.

MELATONINMÅLINGER AV LAKS I FORSØKET.

I dette forsøket var det hensikten å undersøke om blålig lys har evnen til å undertrykke melatoninutviklingen utfra et normal dagslysnivå hos laks.

De to midterste søylene i grafen nedenfor viser melatoninnivå målt i laks som har gått i de to forsøksmerdene med hhv 2 blå LED (100W) sammenlignet med 6 blå LED (300W).



I grafen er det sammenlignet med verdier målt i mørke dvs, $200\text{pg}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Sprague, in progress) og verdier målt i normalt dagslys, ca $10\text{pg}\cdot\text{ml}^{-1}$.

Det er ikke fastlagt hvilke melatoninverdier man anser som en øvre grense for at behandling av laks med tilleggsllys skal ha betydelig effekt på andelen av fisken som blir kjønnsmoden.

I dette forsøket har en gjort anslag på andel kjønnsmoden fisk basert på visuell inspeksjon av fargen på skinnen og morfologiske endringer hos fisken. Det er pr august 2005 ingen særlig forskjell på andelen fisk som er kjønnsmoden enten man har behandlet fisken med blått LED-basert lys eller med metallhalogen dagslys simulering. Andelen kjønnsmoden fisk som er gitt tilleggsllys er vesentlig mindre enn andelen kjønnsmoden fisk som ikke har blitt gitt tilleggsllys.

