

# **LED-lampor**

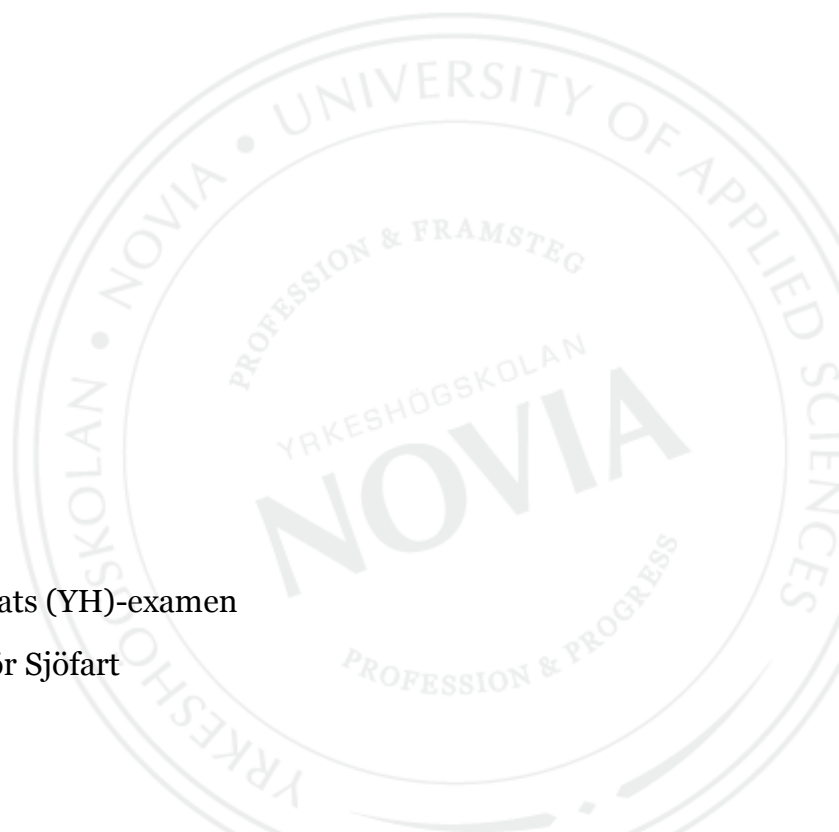
## **Lysdioder som brännare i navigationsljus**

Johan Henricson

Examensarbete för kandidats (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Sjöfart

Ekenäs 2017



# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte .....	2
1.2	Problemformulering .....	2
1.3	Avgränsning.....	2
2	Metodval .....	2
3	Historia.....	3
4	Teknik och tekniska begrepp.....	4
4.1	Teknik .....	4
4.2	Ljustekniska begrepp.....	4
4.3	LED-lampor, ett miljövänligt alternativ.....	7
5	Utmaningar och begränsningar .....	8
5.1	Ljusets färg.....	8
5.2	Livslängd.....	8
5.3	Värmekänslig .....	9
5.4	Elektroniskt känslig.....	9
5.5	Fuktkänslig .....	10
6	Test av LED-navigationsljus.....	10
6.1	Resultatredovisning .....	11
6.2	Resultatanalys .....	14
7	Diskussion .....	14
7.1	Teoretisk data.....	14
7.2	Testresultat.....	15
7.3	Egen undersökning.....	16
7.4	Förslag till fortsatta undersökningar.....	17
7.5	Framtiden.....	17
8	Sammanfattning.....	18
	Källförteckning .....	19

## EXAMENSARBETE

Författare: Johan Henricson

Utbildning och ort: Sjöfart, Åbo

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Sjökapten

Handledare: Peter Björkroth, Ritva Lindell

Titel: LED-lampor, lysdioder som brännare i navigationsljus

---

Datum 08.12.2017

Sidantal 19

Bilagor -

---

### Abstrakt

Detta examensarbete går ut på att undersöka ifall LED-lampor lämpar sig inom sjöfart som navigationsljus eller inte. Syftet med examensarbetet är att förbättra säkerheten till sjöss, samt undersöka tekniken för att förstå sig på slutresultatet. Undersökningen baserar sig på teknisk information, en analys av den tekniska informationen samt en studie var jag mäter i trafik varande navigationslampors egenskaper. Studien genomförs i mörker med en digital mätare som mäter belysningsstyrka. Som det i slutsatsen framkommer är detta ett outforskat ämne, som enligt min mening behöver mera undersökningar.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: Lysdioder, ljustekniska begrepp, utmaningar,

ljussektorer.

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Johan Henricson

Degree Programme: Maritime Management

Specialization: Master Mariners Programme

Supervisors: Peter Björkroth, Ritva Lindell

Title: LED lights as navigations lights

---

Date 08.12.2017

Number of pages 19

Appendices -

---

### **Summary**

The main question in this thesis is about whether LED lights are suitable as navigation lights in the maritime industry or not. The purpose with the study is as well to improve the safety at sea, as to study the technology for understanding the end result. The methods used in this thesis are technical information, an analysis of the information, a study of LEDs used at sea and an analysis of the study. The study is done during the dark hours of the day, with a digital gauge that measures the lights' illumination intensity. As concluded in the end of this thesis; the topic is something that should be studied more closely than I have, since it is a topic about technology that is new and unexplored.

---

Language: Swedish

Key words: Light emitting diode, light-technical definitions, challenges, light sectors.

---

## 1 Inledning

Lysdioder är någonting vi vardagligt pratar om med benämningen LED, som står för Light Emitting Diode. I vanliga fall menar vi lysdioder som lampor då vi pratar om LED, men lysdioder omfattar mycket mer än endast lampor. Vi hittar lysdioder på informationsskyltar, statusindikatorer på hemelektronik, trafiksignaler, infraröda fjärrkontroller, datamöss, infraröd växthusbelysning med mera. Lysdioder har funnits sedan mitten av 1900-talet, men då de första lysdioderna tillverkades sände de endast ut infrarött osynligt ljus. Det tog något år från det förrän den första lysdioden med synligt ljus tillverkades, och den lyste med rött ljus. Därefter fortsatte forskningen kring lysdioder, man utvecklade dem, och i dagens läge lyser LED-lamporna över hela ljusspektrumet, från infrarött till ultraviolett. Lamporna används i så gott som alla armaturer på alla ställen där man behöver belysning, och orsaken är rätt simpel. Lysdioderna använder väldigt litet effekt för att få fram ytterst starkt ljus. Det betyder att de är energisnåla, och i takt med att världsbefolkningen ökar så ökar även behovet av att producera elektricitet. Man har beräknat att 20 - 30% av världens energiåtgång går åt till belysning, och med lysdioder kan man teoretiskt sett reducera åtgången med 90 %. I det avseendet är lysdioder väldigt bra att använda som brännare i armaturer, och därav utvecklas de i snabb takt för att ersätta gamla brännare. Såsom med det mesta finns det dock nackdelar med också lysdioderna, och i detta arbete kommer jag att undersöka ifall lysdioder lämpar sig som navigationsljus på fartyg som trafikerar världen över eller inte.

## 1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att försöka komma fram till en slutsats var jag antingen kan påvisa att LED-lampor lämpar sig, eller inte lämpar sig som navigationsljus ombord på fartyg. Undersökningen gynnar sjöfarten genom att lyfta fram för och nackdelar med ny teknik, samt genom att fungera förebyggande ur en säkerhetsmässig aspekt.

## 1.2 Problemformulering

Klarar LED-lampor av alla olika förhållanden i form av väder, fartygets vibrationer, sättet man använder dem på samt fartygets elektriska system som ibland får black-out, och klarar de fortfarande av att fungera såsom de ska hela sin livslängd med dessa yttre faktorer som påverkar dem?

## 1.3 Avgränsning

Jag kommer att avgränsa undersökningen till LED-lamporna vi har ombord på de fartyg jag jobbar, samt till att endast mäta belysningsstyrkan de har. Detta på grund av omfattningen av ämnet samt mina begränsade möjligheter, i form av tillgänglighet av såväl lampor som mätinstrument, att göra en mer uttömmande undersökning. Fartygens märke, modell och användningssyfte kan jag inte beskriva i detta arbete, men kan nämna att de används inom försvarsmakten.

## 2 Metodval

De metoder jag använder mig av är teoretisk data som navigationsljusställverkaren angett samt tekniken i sig själv, och en empirisk studie, var jag testar de lamporna vi använder oss av på min arbetsplats.

### 3 Historia

År 1907 rapporterade fysikern Henry Joseph Round på Marconi Electronics, USA, att han lyckats skapa ljus genom att tillföra elektrisk spänning över två kontakter på en karborundumkristall. Med lägre spänning åstadkom han gult ljus, och ju mera spänning han tillförde desto flera färger lyckades han få fram. Fenomenet studerades även i Sovjetunionen under 1920 och -30 talet av fysikern Oleg Losev, som också experimenterade med karborundum. Bägge fysiker var dock före sin tid. Teorin om hur halvledande material fungerar då elektrisk spänning tillförs blev erkänd först under 1940-talet, och år 1947 uppfanns den första transistorn på Bell Telephone Laboratories i USA.

Under 1950 talet forskade man vidare i ämnet, då man insåg möjligheterna i att skapa ljus. I experimenten användes galliumarsenid, eftersom ämnets egenskaper ansågs var de rätta, men till en början åstadkom man endast infrarött ljus. Experimenten utfördes snart med olika kombinationer av gallium, fosfor och arsenik, samt kombinationer av zink, kväve och syre. År 1962 lyckades man skapa rött ljus, och snart efteråt också grönt ljus.

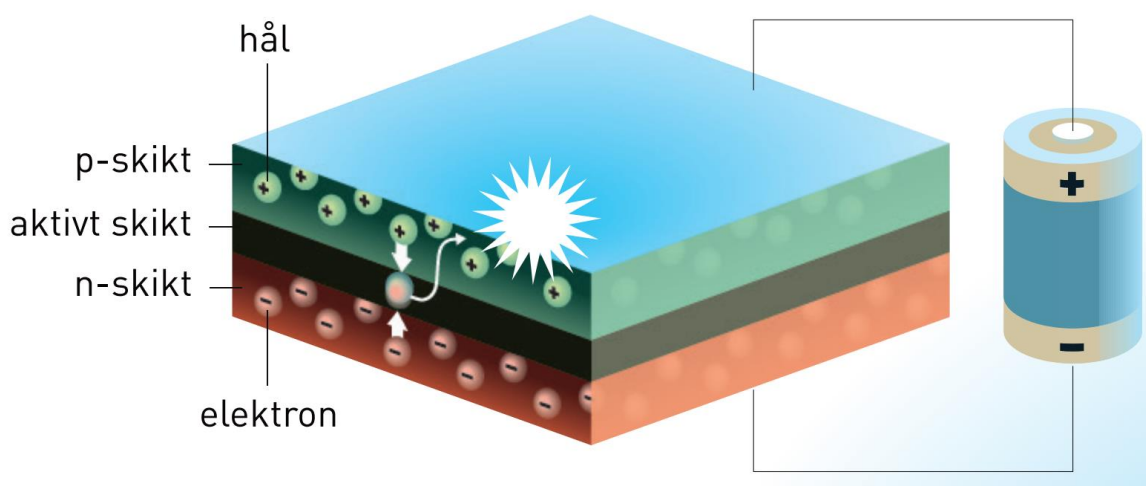
Ämnen man använde var i kristallform. Ett ämne som intresserat forskare sedan 1950-talet var galliumnitrat. Ämnet i sig var svårt att skapa, och galliumnitratkristallerna man på 1950-talet lyckades åstadkomma var så små att tester i att skapa ljus med dem var omöjliga. På 1970-talet utvecklades sätt att få kristaller att växa i storlek och stabilitet. Intresset kring galliumnitrat återstod, och forskning i att lyckas skapa större galliumnitratkristaller påbörjades. Efter många experiment och observationer lyckades japanerna Isamu Akasaki och Hiroshi Amano år 1986 skapa galliumnitratkristaller som var användbara. Resultatet var blått ljus, av vilket man utvecklat vitt ljus. Denna forskning har gjort att man kunnat utveckla lysdioder som sänder ut alla sorters färger.

(Nobelpriset i fysik 2014, Vetenskaplig bakgrund, s. 1 - 5)

## 4 Teknik och tekniska begrepp

### 4.1 Teknik

Lysdioder består av flera lager halvledarmaterial, vilket betyder att elström endast kan röra sig åt ett håll i dem. Halvledare har ett N-skikt och ett P-skikt. N-skiktet har elektroner och P-skiktet har så kallade elektronhål vilka upptar elektroner. Genom att tillföra lysdioden elektrisk spänning i rätt riktning skickas elektroner från N-skiktet mot P-skiktet. Ljuspartiklar, fotoner, skapas genom att elektronerna går från ett högre energitillstånd till ett lägre, och genom att elektronerna och elektronhålen tar ut varandra. Beroende på vilket material halvledaren består av varierar ljusets våglängd, och våglängden avgör vilken färg ljuset har. (Teknik för energieffektiva, flexibla belysningslösningar)



(Bild på en halvledares uppbyggnad, källa: Nobelpriset i fysik 2014, Populärvetenskaplig information)

### 4.2 Ljustekniska begrepp

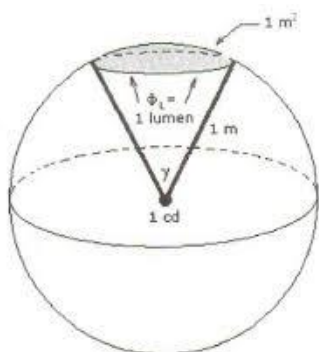
För att kunna förstå skillnaden mellan olika ljuskällor är det relevant att lyfta fram några ljustekniska begrepp. Dessutom är det viktigt att förklara hur dessa begrepp skiljer sig från varandra, så att läsaren förstår varför vissa egenskaper är mer av betydelse än andra. Under denna rubrik förklarar jag kort de viktigaste begreppen.



Ljusflöde är den ljusmängd som en ljuskälla avger per tidsenhet, exempelvis per sekund. Enheten för ljusflöde är lumen, lm. Ljusutbyte är förhållandet mellan ljusflödet från en ljuskälla och den effekt som ljuskällan förbrukar, mätt i watt. Enheten för ljusutbyte är således lm/W. (Belysning och hälsa, sidan 7)

Då man multiplicerar ljusflödet med den tid ljuset sänds ut får man ljusmängden. Enheten för ljusmängd är lumensekund, lms. Genom att dividera ljusflödet med den yta ljuset faller på får vi belysningsstyrka. Enheten för belysningsstyrka är lux, eller  $\text{lm}/\text{m}^2$ . (Belysning och hälsa, sidan 7)

Genom att dividera ljusflödet med steradianer får vi ljusstyrka. En steradian, sr, är rymdvinkeln hos en kon vars spets är i centrum av en sfär. Konen är så stor att den skär av en del av sfärens yta, så att arean av den biten är lika med arean av en kvadrat vars sidor har samma längd som sfärens radie. Ljusstyrka berättar med andra ord hur intensivt en ljuskälla lyser i en viss riktning. Enheten för ljusstyrka är candela, cd, och definitionen av candela är  $1\text{cd} = 1\text{lm}/\text{sr}$ . (Belysning och hälsa, sidan 7)

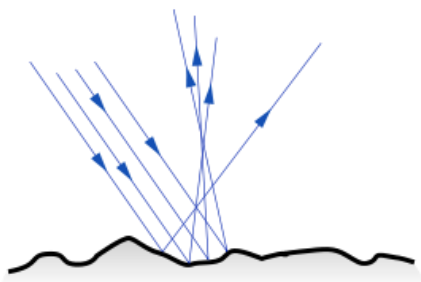


(Bild av steradian, källa: Tinypic.com)

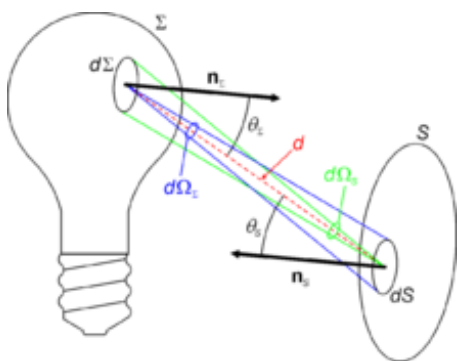
Reflektans är skillnaden mellan det ljusflöde som reflekteras från en yta, och ljusflödet som faller mot ytan. Reflektans mäts i procent. Luminans är ljusstyrkan som strålar ut från en viss yta i en viss riktning. Enheten är candela per kvadratmeter och förkortas  $\text{cd}/\text{m}^2$ . (Belysning och hälsa, sidan 7)

Luminansfördelning är förhållandet mellan objektet man ser på, området runtomkring objektet samt det perifera synfältets luminanser. Fördelningen beror på ytornas

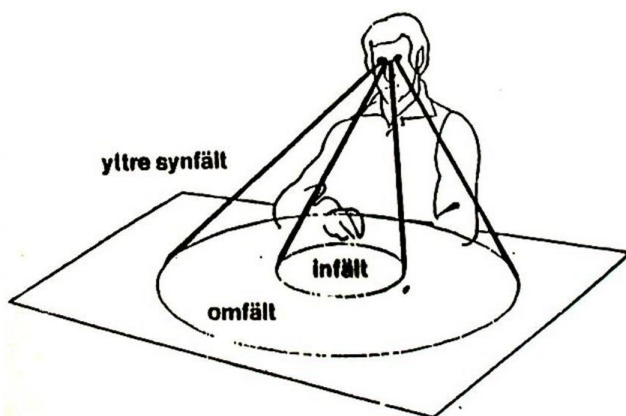
reflektionsegenskaper, såsom reflektans, struktur, färg, samt ljusets infallsvinkel och belysningsstyrkefördelning. (Belysning och hälsa, sidan 7)



(Exempel på reflektans, källa: [wikimedia.org/.../300px-Difracao.svg.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:300px-Difracao.svg.png))



(Exempel på luminans, källa: [wikimedia.org/.../220px-Etendue-Free\\_space.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:220px-Etendue-Free_space.png))



(Exempel på luminansfördelning, källa: [slideplayer.se](https://www.slideplayer.se))

Kontrast är enkelt förklarad skillnaden mellan två närliggande ytor i exempelvis luminans eller färg, medan kontrast egentligen är en storhet definierad på olika sätt för att beskriva relativa luminansskillnader. Bländning handlar om att olämplig luminansfördelning eller luminansnivå förorsakar obehag åt den bländade. Bländning kan också förorsakas av extrema kontraster. (Belysning och hälsa, sidan 8)

Färgtemperatur är temperaturen på en svartkropp. Enheten för färgtemperatur är kelvin, K, som från början är måttet på färgen av en upphettad och glödande svartkropp. Vanligen används endast ordet färgtemperatur, som stämmer överens då man talar om ljuskällor med glödtråd, eftersom glödtrådens faktiska temperatur är den samma som för en svartkropp. Att använda färgtemperatur är inkorrekt då det kommer till LED-lampor. För LED-lampor används korrelerad färgtemperatur, vilket betyder att man grafiskt beräknat kelvinvärdet för att ge en uppfattning om hurudant ljus upplevs. Skillnader i den korrelerade färgtemperaturen förekommer från tillverkare till tillverkare av LED-lampor, och allt efter att LED-lampan använts förändras också färgtemperaturen. (Belysning och hälsa, sidan 8, Definition på korrelerad färgtemperatur)

Färgåtergivning betyder att ljuset från en ljuskälla antingen stärker ett materials färg eller får färgen på ett material att framstå som en annan än vad den egentligen är. Ljuskällor med färgåtergivningsindex överstigande 80 anses ge god färgåtergivning. Färgåtergivningsindex är ett index givet av Internationella kommissionen för belysning, år 1974, och är medelvärdet för färgtestprover där man jämfört färgerna hos olika material belyst under olika ljuskällor. Högsta färgåtergivningsindex är 100. (Belysning och hälsa, sidan 8)

### **4.3 LED-lampor, ett miljövänligt alternativ**

Till skillnad från vanliga brännare är lysdioder såväl energisnåla som miljövänliga. År 2008 beräknade man att världens elektricitetsproduktion uppgick till 18,5 exa wattimmar (18 500 000 000 GWh), varav 20 - 30% (3,7 - 5,55 EWh) gick åt till belysning. Med lysdioder kunde man få dessa 20 - 30% ner med 90 %, med en besparing på 3,33 - 4,995 EWh. Förutom att lysdiodernas energikonsumtion är låg innehåller de varken bly, kvicksilver eller halogengas, vilket traditionella brännare gör. På så vis är de ytterligare miljövänliga. Huruvida metallerna de innehåller är miljövänliga eller inte tar jag inte

ställning till i detta arbete, eftersom en redogörelse för det kräver en helt skild undersökning. (Svensk forskning genomslag för lysdioden)

## **5 Utmaningar och begränsningar**

Precis som med all annan teknik har LED-lampor även mindre bra egenskaper. En del av dessa egenskaper har med lampornas färg och ljusstyrka att göra. Dessa förvrängs eller försvagas ifall lamporna utsätts för högre temperaturer än de tål, eller ifall någon annan utomstående faktor påverkar dem såsom fukt, solljus och förhöjd elektrisk spänning. Samma sak gäller för traditionella brännare, såsom glödlampor och lysrör, men de traditionella brännarna går i vanliga fall sönder förrän en markant skillnad i färg eller ljusstyrka uppstår. (LED Lightning Technical Problems)

### **5.1 Ljusets färg**

Ljuset en traditionell brännare producerar kan variera i karaktär och färg, beroende på temperaturen inne i själva lampan, men fastän vissa delar skiljer sig åt till viss del från brännare till brännare, producerar de ändå ungefär samma färg och ljusstyrka vid samma temperatur. Det samma gäller inte för långlivade LED-lampor, som är uppbyggda i likhet med kretskort. Lamporna har ytterst fina skikt av olika halvledande material, och minimala skillnader i skiktens tjocklek påverkar färgen de producerar. Skillnaderna kan uppkomma under användning, eller i produktions skedet. Lampans kvalitet spelar stor roll. Skillnader förekommer mer sällan med lampor av god kvalitet än lampor av sämre kvalitet. (LED Lightning Technical Problems)

### **5.2 Livslängd**

Livslängden för lysdioder anges vara 5 - 10 gånger så lång som för andra ljuskällor. Med detta menas att en lysdiod avger ljus från att den är ny fram till att den inte längre fungerar.

Det som inte garanteras är ljusflödet fram till den sista timmen av lysdiodens liv. Beroende på tillverkarens kvalitet varierar antalet timmar då lysdiodens ljusflöde är 100 %. Ifall kvaliteten är dålig kan lysdioden tappa så mycket som 40 % av sitt ljusflöde efter endast 10 % av sin livslängd. (LED Lightning Technical Problems)

### **5.3 Värmekänslig**

I en traditionell brännare omvandlas 5 - 10% av den förbrukade energin till ljus. Resten av energin omvandlas till värme, i form av osynlig infraröd strålning. Denna strålning värmer upp hela armaturen, vilket betyder att snö och is smälter då lampan lyser. I en LED-lampa omvandlas ungefär hälften av den förbrukade energin till ljus. Resten av energin blir värme, men inte i form av infraröd strålning. Detta gör att värmen på något annat sätt måste ledas vidare. LED-lamporna behöver därför någon sorts kylkropp dit värmen leds, och från kylkroppen måste värmen ledas vidare. Ifall värmen inte kan ledas bort från lysdioden bryts lysdioden ned och går till slut sönder. Värmen kan inte ledas vidare ut i lampans skyddsglas, och kan därför inte utnyttjas i att smälta snö och is som fastnar på glaset. Utöver den värme lysdioden producerar är lysdioden känslig för värme i luften runtomkring den. Det betyder i praktiken att lysdioder som används på fartyg som rör sig i varma klimat inte håller lika länge som de borde. (LED Lightning Technical Problems)

### **5.4 Elektroniskt känslig**

En traditionell brännare kan i princip kopplas till vilket eluttag som helst och fungera så som den ska, medan en LED-lampa kräver mer än så. LED-lampan består inte enbart av själva dioden och kylkroppen, utan även av ett kretsaggregat som omvandlar den elektriska spänningen som eluttaget ger ut. För att LED-lampan ska fungera bör alla dessa komponenter vara felfria under lampans hela livstid, vilket är en utmaning i sig. (LED Lightning Technical Problems)

## 5.5 Fuktkänslig

Lysdioderna är känsliga för fukt, vilket till sjöss är en stor utmaning. Lysdioderna skyddas genom att lägga skyddshöljen på dem som är fukttäta, men vid kondensation av fukten i luften återkommer problemet, då det innanför skyddshöljet kan förekomma fukt och kondensvätska kan produceras. (LED Lightning Technical Problems)

## 6 Test av LED-navigationsljus

I den praktiska delen av undersökningen testar jag navigationsljusen, det vill säga top-, sido-, akter- och ankarljusen, på fartygen jag arbetar. Lamporna som testas är av märket Hella Marine NAViPRO 2NM, med undantag av topljuset som är av modell NAViPRO 3NM. Lamporna har varit i användning i 12 månader på snabbgående fartyg i den finska skärgården mellan Kotka och Mariehamn, och varit igång under denna tid ca 500 timmar. Lamporna har varit installerade på fartyget i 18 månader, och jämförs med oanvända fabriksnya lampor, samt med 12 volts glödlampor.



(Bild på navigationsljusen Hella Marine NAViPRO 2NM, Källa: boataccessoriesaustralia.com)

Lamporna mäts med mätinstrumentet YFE YF-172 DIGITAL LIGHT METER. Mätinstrumentet mäter endast belysningsstyrkan, vilket gör att resultaten inte berättar någonting om färgskillnader, färgtemperatur eller någonting annat av de ljus tekniska begreppen.

Testet utförs genom att mäta belysningsstyrkan på samma avstånd från ljuskällan för alla lampor. Avståndet från lamporna är 70cm, eftersom mätaren reagerar mest exakt på det avståndet. Tidpunkten för mätningen är 16.11.2017 kl. 17:00, det vill säga efter skymning.



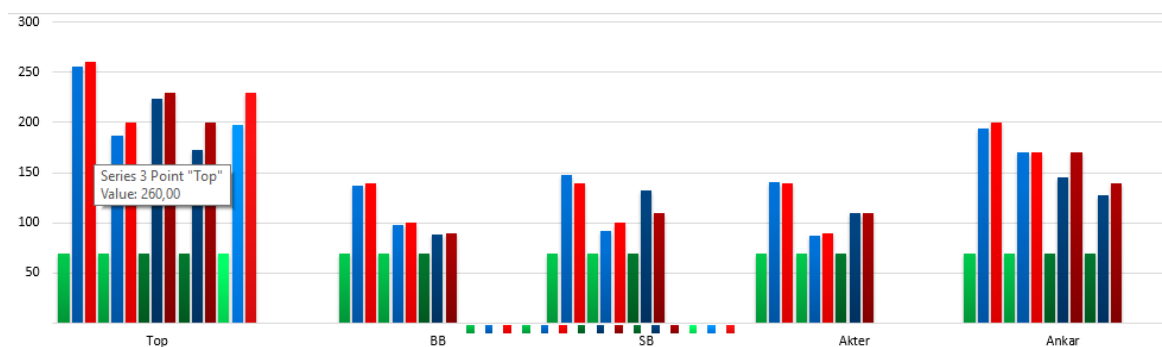
(Bild på mätaren för ljusstyrka, källa: cablematic.co.uk)

## 6.1 Resultatredovisning

Då jag mätte belysningsstyrkan på navigationsljusen, som varit i användning 500 timmar, fann jag variationer mellan lamporna, samt för lamporna enskilt. Variationer mellan lamporna var belysningsstyrkan de gav. Toppljuset lyste med 256 lux rakt framåt, med 187 lux 112,5 grader åt babord samt med 173 lux 112,5 grader åt styrbord. 45 grader åt babords sida lyste det med 224 lux och åt styrbord med 198 lux. Babordslanternan lyste med 137

lux rakt framåt, med 98 lux 112,5 grader åt sidan samt med 89 lux 45 grader åt sidan. Styrbordslanternan lyste med 148 lux rakt framåt, 92 lux 112,5 grader åt sidan samt med 132 lux 45 grader åt sidan. Akterlanternan lyste med 141 lux bakåt, med 87 lux 67,5 grader åt sidan samt med 110 lux 35 grader åt sidorna. Ankarljuset lyste med 194 lux framåt, 128 lux bakåt, 170 lux åt babord och med 145 lux åt styrbord. Detta mätte jag flera gånger för att försäkra mig om att mätaren inte gav fel resultat.

För lamporna som inte varit i användning fick jag litet andra resultat. Där fann jag variationer på samma sätt som ovan. Topljuset lyste med 260 lux framåt, 200 lux åt vardera sidan i 112,5 graders vinkel samt med 230 lux i 45 graders vinkel åt vardera sidan. Babordslanternan lyste med 140 lux rakt framåt, med 100 lux 112,5 grader åt sidan och med 90 lux 45 grader åt sidan. Styrbordslanternan lyste med 140 lux rakt framåt, med 100 lux 112,5 grader åt sidan samt med 110 lux 45 grader åt sidan. Akterljuset lyste med 140 lux rakt bakåt, med 90 lux 67,5 grader åt sidorna samt med 110 lux 35 grader åt sidorna. Ankarljuset lyste med 200 lux framåt, med 140 lux bakåt, samt med 170 lux åt både babord och styrbord. Glödlamporna lyste med 70 lux, men detta gällde alla lampor i alla riktningar. Glödlamporna har varit i bruk 1000 timmar.



(Diagram för variationer i belysningsstyrkan)

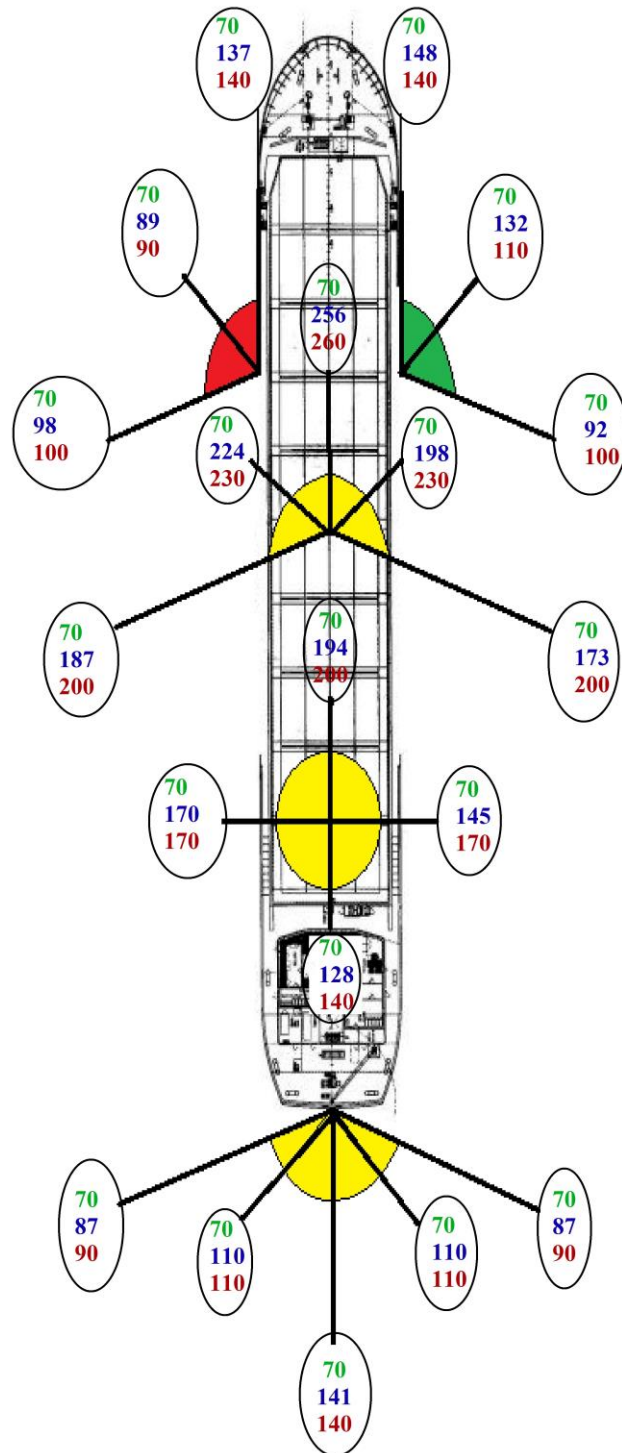




GLÖDLAMPOR

ANVÄNDA LED LAMPOR

OANVÄNDA LED LAMPOR



(Bild på navigationsljusens sektorer samt den uppmätta styrkan för lamporna)

## 6.2 Resultatanalys

Då det kommer till själva testet kan konstateras att endast aftonhimlen påverkade resultaten. Kvällen den 16 november var det klar himmel men nymåne, så endast ljuset från stjärnhimlen kunde påverka resultaten. Inga andra ljuskällor fanns runtomkring fartyget då testet utfördes. Fartyget låg med fören 55 grader i förhållande till meridianerna. Huruvida mätinstrumentet fungerade korrekt kunde inte undersökas. Däremot användes det på samma sätt för alla mätningar. Variationerna mellan lamporna och för lamporna enskilt motsvarade dessutom varandra. Batteriet i mätinstrumentet byttes ut till ett oanvänt, efter att ha testat mätaren med varierande resultat. Efter batteribytet visade mätaren likadana resultat. Resultaten är således korrekta.

Förutom skillnaderna i belysningsstyrka kunde konstateras att lamporna lyser med olika styrka i olika riktningar. De är således starkare åt vissa vinklar än andra, vilket i sig inte gör dem osynliga - belysningsstyrkan var högre än för glödlamporna - men vilket kan visuellt förvränga den verkliga distansen till lampan.

## 7 Diskussion

### 7.1 Teoretisk data

Ett fartyg som rör sig till sjöss utsätts för alla ovanstående utmaningar, det vill säga fukt, solljus, värme, kyla och variationer i den elektriska spänningen fartygets generator producerar. Utöver det utsätts allting på ett fartyg för vibrationer. Detta leder till frågan om LED-lampor lämpar sig som navigationsljus, eftersom navigationsljusen hela tiden bör lysa med rätt färg och rätt styrka. Då en traditionell brännare går sönder märker man det mer eller mindre genast, eftersom den inte producerar något ljus och således är mörk. Den kan bytas ut, och ljus kan åter produceras. En LED-lampa som börjar tappa sin effekt, eller stråla med annan färg än den ska, gör det inte mitt i allt, utan förändras i långsam takt. Det gör att man kanske inte märker skillnaderna, och kan således inte byta ut den vid rätt tidpunkt. Ifall någon komponent i LED-lampan går sönder slutar hela lampan lysa. En LED-lampa som tappat en stor del av sitt ljusutbyte, sin belysningsstyrka eller ljusstyrka

kan uppfattas som fungerande ombord på fartyget, medan man på distans kanske inte ens ser ljuset. De lampor som används på fartygen jag arbetar på går det inte ens att byta ut endast brännaren, utan hela armaturen bör bytas ut. Detta eftersom lampan fungerar som en helhet, var alla delar är lika viktiga. Man kan fråga sig ifall det är miljövänligt att slänga en hel armatur – tillverkad i plast – för att belysningen inte fungerar på grund av brännaren. Således kommer man till frågan ifall de är miljövänliga.

Utöver det kan man fråga sig ifall LED-belysning är hälsosam eller inte, både för flora och fauna, men det ställningstagandet hör inte hemma i detta arbete. (Helsingin Sanomat, artikel om hur gatubelysning påverkar naturen)

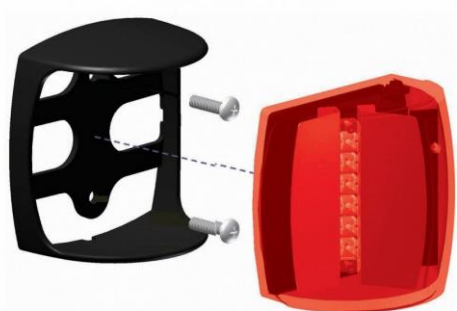
## 7.2 Testresultat

Testresultaten är riktgivande, eftersom endast belysningsstyrkan kunde mätas, men kan ändå ses vara trovärdiga eftersom ett visst mönster i skillnaderna kunde konstateras. Mönstret hänvisar till att fartyget varit förtöjt med stäven åt ett visst håll en större tid av den tid det varit förtöjt. Därav kan man dra slutsatsen att åtminstone solen påverkat de LED-lampor som varit svängda mot den, men även vind och temperatur i skuggan kan tilläggas. Utöver det kan man fråga sig huruvida de lämpar sig för sitt syfte, eftersom de med olika styrka lyste i olika riktningar. Variationerna i belysningsstyrkan kan få avståndet eller fartygets kurs/vinkel att se annorlunda ut än vad det egentligen är. Då det kommer till lampans livslängd kan konstateras att 50 000 + timmar inte gäller för den belysningsstyrka lampan från början har fram tills den slutligen slocknar (Produktbeskrivning, Hella Marine NAViPRO). Ifall det redan vid 500 timmar skett en viss förändring i belysningsstyrkan håller styrkan garanterat inte i hela 50 000 timmar. Frågan är hur länge belysningsstyrkan hålls inom godtagbara värden. Med godtagbara värden menas den belysningsstyrka en glödlampa har fram tills den går sönder. I testet ger en glödlampa, vid den tidpunkt då man anser att den löper risk för att gå sönder, fortfarande 70 lux. Ett av de största argumenten för LED-lampor är att de i längden blir billigare i inköp än vad alla andra ljuskällor är, fastän en enskild LED-lampa är flera gånger dyrare än exempelvis en glödlampa. Det blir en fråga om ekonomi, ifall LED-lampan måste bytas ut före den uppnått det antalet timmar tillverkaren garanterar.

Vad beträffar de andra ljus tekniska begreppen kan jag inte påvisa i detta arbete, men man kan anta att LED-lampans övriga egenskaper förändras före lampan går sönder, ifall belysningsstyrkan för lampan förändras. Därmed kan man fråga sig ifall LED-lampor som

navigrationsljus uppfyller kraven som ställs för navigationsljus beträffande färgen de avger, eftersom styrbordslanternan skall vara grön, babordslanternan röd, top- och akterljuset vitt, samt tilläggs lanternorna i rött, gult och blått. Förändras färgen avsevärt är lanternan oduglig.

Då LED-lampan skall bytas ut går det inte att byta ut endast brännaren, utan hela systemet skall bytas - bortsett från lampans ställning. Ombord våra fartyg har man inte extra lampor av alla slag (det gäller även inomhusbelysningen), så ifall någon lampa går sönder strå fartyget i följande hamn tills en ny lampa levererats.



(Bild på navigationsljuset Hella Marine NAViPRO 2NM, uppbyggnad & byte av brännare, Källa: <http://www.hellamarine.com/slir/w1024-h1024/46.dat>)

### 7.3 Egen undersökning

Från början hade jag tänkt mig att undersöka hur LED-lampor är uppbyggda, analysera den data tillverkaren ger och på basen av det dra en slutsats ifall de lämpar sig som navigationsljus eller inte. Efter att ha studerat artiklar och studier om lysdioder och LED-lampor kunde jag konstatera att detta examensarbete inte enbart kunde baseras på teori, utan att en praktisk studie krävdes. Detta dels på grund av att studera artiklar inte ger något egentligt resultat, men också för att artiklarna till hands inte är många och de flesta enbart beskriver hur underbara och revolutionerande LED-lamporna är. Några böcker som skulle handla om kärnan i detta examensarbete finns inte, och således inte heller mycket teori att gå på. Tidsspannet för den praktiska studien kunde jag redan i början konstatera vara för långt för att uttömmande kunna utföra den, och koncentrerade mig på det jag hade till förfogande. Till förfogande hade jag de studier och artiklar som seriöst beskriver hur lysdioder och LED-lampor fungerar, samt de navigationsljus vi på min arbetsplats använder.

## 7.4 Förslag till fortsatta undersökningar

Denna undersökning ger inte svar på frågor som berör hälsa och välmående, hur LED-lampor påverkar djur och natur, eventuella förändringar i något av de ljus tekniska begreppen förutom belysningsstyrka, eller motsvarande. För den som är genuint intresserad av att förändra världen mot det bättre föreslår jag att objektivt studera dessa saker, samt hur mycket energi LED-lampor i verkligheten sparar, genom att räkna ut hur mycket energi som går åt allt från att gräva upp materialen LED-lamporna kräver, till hur mycket energi de kräver då de olika halvledande materialen skapas fram till det att lampan hamnar på butikshyllan och slutligen hur mycket lampan förbrukar tills den byts ut, jämnt emot hur mycket det går åt för en glödlampa, och även ta ställning till avfallshanteringen. I energikalkylerna bör även tas i beaktande kostnader såsom uppvärmningskostnader – ifall LED-lamporna skall användas i en bostad, som är belägen någonstans där det under 6 månader är kallt – och hur mycket uppvärmningskostnaderna ökar då man byter ut de traditionella brännarna - som till viss del värmt upp huset -. Sjukvårdskostnader hör kanske till en undersökning om hälsa och välmående, men är en relevant sak då man diskuterar hur människor, djur och naturen påverkas av belysning av olika slag.

En undersökning i hur navigationsljusen ser ut från ett annat fartyg kunde vara ett ämne som fortsättning till denna studie. Där kunde man försöka ta reda på ifall variationerna i belysningsstyrkan åt de olika riktningarna påverkar observatörens uppfattning beträffande fartygets kurs eller distansen till det. Dessa två kan förvrängas om lanternorna lyser med olika styrka åt olika håll. Studien kunde förverkligas om man har 2 fartyg, varav det ena har LED-lanternor. Att förverkliga en sådan studie i simulator kan vara svår, eftersom simulatorns mjukvara knappast ger möjlighet i att göra lanternorna starkare i olika sektorer.

## 7.5 Framtiden

Framtiden för LED-lampor ser bra ut, och med tanke på hur energisnåla de är kommer de att vinna mera fotfäste på marknaden än vad de redan gjort. Om de konkurrerar ut de gamla brännarna är en fråga jag inte kan svara på. Jag tror inte att LED-lampor i den form de i dagens läge är i kan ersätta de gamla brännarna då det kommer till navigationsljus. Däremot tror jag att LED belysningen kommer att ta över inom hembelysning, ficklampor, videokanoner, och annan vardaglig elektronik.

## 8 Sammanfattning

I detta examensarbete har jag studerat hur lysdioder är uppbyggda och fungerar med frågeställningen huruvida lysdioder lämpar sig som navigationsljus ombord på fartyg. Jag har kort beskrivit en del ljus tekniska begrepp, för att få läsaren att förstå skillnaderna mellan dem, och förstå vad jag den praktiska biten av undersökningen testat. Jag har skrivit om såväl LED-lampors goda sidor som deras begränsningar och utmaningar. I den empiriska delen av undersökningen mätte jag belysningsstyrkan i LED-navigationsljus som varit i användning i 500 timmar, i LED-navigationsljus som är fabriksnya samt i navigationsljus med glödlampa som brännare. Jag fann att det förekom skillnader i belysningsstyrkan hos LED-lamporna, såväl mellan lamporna som för lamporna enskilt. Tillverkaren av lamporna beskriver deras livslängd till över 50 000 timmar. De testade lampornas belysningsstyrka har förändrats efter endast 500 timmar i användning, eller efter att ha varit 18 månader installerade på fartygen, vilket endast är en procent av livslängden. För att kunna bedöma ifall de lämpar sig som navigationsljus eller inte krävs en längre undersökning.

## Källförteckning

Nobelpriset i fysik 2014, Vetenskaplig bakgrund,

[https://6702d.https.cdn.softlayer.net/2017/08/globalassets-priser-nobel-2014-fysik-sciback\\_fy\\_en\\_14.pdf](https://6702d.https.cdn.softlayer.net/2017/08/globalassets-priser-nobel-2014-fysik-sciback_fy_en_14.pdf) (hämtat 31.10.2017).

Teknik för energieffektiva, flexibla belysningslösningar, <http://www.on-screen.se/led-grundlaggande-kunskap> (hämtat 20.10.2017).

Nobelpriset i fysik 2014, Populärvetenskaplig information,

<http://cdn.pandacommerce.net/static/customer/849/media/led---nobelpriset-fysik-2014.pdf> (hämtat 10.11.2017).

Belysning och hälsa, en kunskapsöversikt med fokus på ljusets modulation, spektralfördelning och dess kronobiologiska betydelse, kapitel 4,

[http://nile.lub.lu.se/arbarch/ah/2002/ah2002\\_04.pdf](http://nile.lub.lu.se/arbarch/ah/2002/ah2002_04.pdf) (hämtat 31.10.2017).

Bild av steradian, <http://i62.tinypic.com/2dgrkfd.jpg> (hämtad 30.10.2017).

Exempel på reflektans,

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Difracao.svg/300px-Difracao.svg.png> (hämtat 30.10.2017).

Exempel på luminans,

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/Etendue-Free\\_space.png/220px-Etendue-Free\\_space.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/Etendue-Free_space.png/220px-Etendue-Free_space.png) (hämtat 30.10.2017).

Exempel på luminansfördelning,

<http://slideplayer.se/slide/4933802/16/images/9/Kontrastbl%C3%A4ndning+Luminansf%C3%B6rh%C3%A5llanden+max+9:3:1+inifr%C3%A5n+och+ut..jpg> (hämtat 30.10.2017).

Svensk forskning genomslag för lysdioden, <https://www.aktuellhallbarhet.se/svensk-forskning-genomslag-for-lysdioden/> (hämtat 20.10.2017).

LED Lightning Technical Problems, <https://sciencing.com/led-lighting-technical-problems-5045.html> (hämtat 09.11.2017).

Definition på korrelerad färgtemperatur, <http://www.annell.se/ord/fargtemperatur/> (hämtat 10.11.2017).

Bild på navigatonsljusen Hella Marine NAViPRO 2NM,

[https://www.boataccessoriesaustralia.com.au/theme/boataccessoriesaustraliacomau/assets/public/image/products/Large/125783-H61406\\_lge.jpg](https://www.boataccessoriesaustralia.com.au/theme/boataccessoriesaustraliacomau/assets/public/image/products/Large/125783-H61406_lge.jpg), (hämtat 03.12.2017).

Bild på mätaren för ljusstyrka,

<http://www.cablematic.co.uk/photos/cablematic2017/tm68.jpg>, (hämtat 03.12.2017).

Stapeldiagram över skillnaderna i belysningsstyrka i olika riktningar. Bilden konstruerad på Microsoft Excel 08.12.2017.

Bild på navigationsljusens sektorer, bilden modifierad i Microsoft Paint 03.12.2017, ursprunglig bild hämtat från [http://img.nauticexpo.com/images\\_ne/photo-g/32252-3415919.jpg](http://img.nauticexpo.com/images_ne/photo-g/32252-3415919.jpg), (hämtat 03.12.2017).

Helsingin saomat, artikel om hur gatubelysning påverkar naturen, <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005438883.html>, (hämtat 03.12.2017)

Bild på navigationsljuset Hella Marine NAViPRO 2NM, uppbyggnad & byte av brännare, <http://www.hellamarine.com/slir/w1024-h1024/46.dat>, (hämtat 03.12.2017).

Produktbeskrivning, Hella Marine NAViPRO, <https://www.marintekstore.com/?catId=54&gId=2280&pId=5345&lng=en> (hämtat 09.11.2017).