



**INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH MILJÖVETENSKAP**

# **LJUSSPEKTRUMETS VÅGLÄNGDER PÅVERKAN PÅ KORALLERS TILLVÄXT**

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet  
Biologi

BIO 603, Examenskurser i biologi, 30 hp  
Grundnivå

Termin/år: Vt/Ht 2020

Handledare: Björn Källström, Forskningsledare Sjöfartsmuseet.

Examinator: Sam Dupont, Institution for biology and environmental science.

**Leo Falkhed**

## Innehållsförteckning

Leo Falkhed	0
<b>1. Introduktion</b>	<b>5</b>
<b>2. Syfte</b>	<b>8</b>
2.2 Frågeställning	9
2.3 Hypotes	9
<b>3. Metoder och material</b>	<b>10</b>
3.1 Uppbyggnad av experimentet	10
3.2 Syreproduktions tester	13
3.3 Uppbyggnad av avrinningssystem	14
3.4 Tillväxtförsöken	15
<b>4. Resultat</b>	<b>17</b>
4.1 Syreproduktion	17
4.2 Tillväxt	19
<b>5. Diskussion</b>	<b>21</b>
5.1 Resultat betydelsen	21
5.2 Temperatur och pH	22
5.3 Montipora spp.	22
5.4 Seriatopora hystrix.	22
5.5 Vattenflöde	23
5.6 Zooxanthellae betydelse	23
5.7 Näringsämnen	23
<b>6. Slutsatser</b>	<b>24</b>
<b>7. Referenser</b>	<b>25</b>

Sammanfattning

## Ljusspektrumets våglängder påverkan på korallers tillväxt

Leo Falkhed

Koraller är organismer som är beroende av fotosyntesprocessen för att växa och skapa korallrev. Korallers primära uppgift är att skydda kuster mot stormar och erosion, men är även viktiga för andra marina organismer som har anpassats till att leva i samt livnära sig på koraller. Därav är korallrev ett viktigt ekosystem för många organismer. De lever främst i tropiska miljöer där tillgång till solljus finns i stora mängder. Med hjälp av en symbiotisk alg som heter *Zooxanthellae* kan koraller utvinna solljuset, och producera näring och syre som är essentiellt för organismer som bor vid dessa korallrev. Men vilken våglängd verkar bäst på korallers tillväxt? Troligen är det blått ljus då detta är det ljus som är mest dominant ned i vattenmassan. För att ta reda på detta gjordes en experimentell studie där två korallarter, *Seriatopora hystrix* och *Montipora spp.*, placerades under lampor där de kunde utsättas för olika våglängder på ljusspektrumet. Våglängderna som användes i denna studie var: Rött ljus (660 nm), blått ljus (450 nm), grönt ljus (630 nm), och vit ljus (5700 K). Samtidigt kontrollerades vattenkemin under experimentets gång. Resultaten tyder på att syreproduktion som korrelerar till tillväxt påverkas av olika våglängder på arten *Seriatopora hystrix* men inte på *Montipora spp.* För tillväxten på respektive korallarter visar resultatet på samma svar att *Seriatopora hystrix* påverkas av specifika våglängder men inte *Montipora spp.* Sammanfattningsvis kan specifika våglängder vara fördelaktigt för arter som lever högre upp i vattenmassan så som *Seriatopora hystrix* eller mindre korallarter så som inte behöver lika mycket solljus för att kunna växa. Detta resultat kan implementeras till korallrestaurering för hobby akvarister eller forskare som arbetar med att plantera ut koraller, genom att använda blått ljus till specifika korallarter kan de få dom att växa snabbare.

**Abstract**

## The Impact of Wavelengths in the Light Spectrum on Coral Growth

Leo Falkhed

Corals are organisms that rely on the process of photosynthesis to grow and form coral reefs. Their primary role is to protect coastlines from storms and erosion, but they are also vital for other marine organisms that have adapted to live on and depend on corals. Therefore, coral reefs are essential ecosystems for many organisms. They primarily inhabit tropical environments where there is abundant sunlight. With the help of a symbiotic algae called *Zooxanthellae*, corals extract sunlight and produce nutrients and oxygen that are essential for organisms living near these coral reefs. But which wavelength of light is most beneficial for coral growth? It is likely that blue light is the most influential as it is the most dominant light wavelength underwater. To investigate this, an experimental study was conducted using two coral species, *Seriatopora hystrix* and *Montipora spp.*, placed under lamps that exposed them to different wavelengths in the light spectrum. The wavelengths used in this study were: red light (660 nm), blue light (450 nm), green light (630 nm), and white light (5700 K). At the same time, water chemistry was monitored throughout the experiment. The results suggest that oxygen production, which correlates with growth, is influenced by different wavelengths in the case of *Seriatopora hystrix* but not *Montipora spp.* The growth patterns of the respective coral species showed similar responses, indicating that *Seriatopora hystrix* is affected by specific wavelengths, whereas *Montipora spp.* is not. In summary, specific wavelengths can be advantageous for species that inhabit higher regions in the water column, such as *Seriatopora hystrix*, or for smaller coral species that do not require as much sunlight for growth. This finding can be implemented in coral restoration efforts for hobbyists or researchers involved in coral transplantation. By using blue light for specific coral species, they can promote faster growth.

Jag vill härmed innerligt tacka personalen på Sjöfartsmuseet för ert stöd och vägledning under tiden jag var på Sjöfartsmuseet och utförde mitt arbete. Jag vill särskilt rikta ett stort tack till Björn Källström för att han var min handledare och gav mig djupa insikter och kunskap kring detta ämne.

Erat engagemang och expertis har gjort stor skillnad och utförande i mitt arbete. Möjligheten att forska och fördjupa mig i ämnet som jag inte hade kunnat göra på egen hand har varit en bra start för min framtida karriär.

Jag vill även tacka mina kurskamrater som har varit till stor hjälp under hela processen. Genom samarbeten, diskussioner och kunnat stötta varandra genom att dela idéer och erfarenheter.

Är tacksam för den tid och energi alla har investerat i mitt arbete. Erat stöd har gjort att denna rapport kunde slutföras.

Ser framemot att kunna fortsätta lära mig!

## 1. Introduktion

Koraller är organismer som befinner sig i våra hav. Koraller är färgglada kalkuppbbyggande organismer som bildar så kallade korallrev, oftast vid kusten i tropiska klimat. De förekommer främst i stora rev runt områden som Stilla havet och västra Atlanten, men de kan hittas i områden där strömmar med varmt vatten förekommer som Karibien (F.Goreau, T, et al. 1979). Koraller är ryggradslösa djur som klassas som nässeldjur i fylum *Cnidaria*. I detta släkte tillhör även maneter och hydroider. De omfattas som nässeldjur på grund av deras koloni av polyper. Dessa polyper är säckliknande organismer som sitter fast på korallerna av ett tunt lager vävnad (Henkel, T. P. 2010). Korallpolyperna kommunicerar med varandra via ett nervsystem som är fördelat genom alla andra polyper i kolonin, därav kan de enkelt samarbeta med varandra. Det är enbart korallers exponerade delar som har korallpolyper, den inre delen av korallen är uppbyggd av kalk vilket korallpolyperna utsöndrar och därav kan korallen byggas upp inifrån. Alla korallpolyper har förmågan att utsöndra kalk och därav har alla nästan koraller korallpolyper för att kunna kalcifiera. Kalk uppbyggnaden är till för att agera som skydd samt predation och ger även möjligheten till att växa upp i vattenmassan för att få bättre tillgång till solljus. (Spalding, M, et al. 2001).

Koraller hör till stammen *Anthozoa* inom nässeldjur, och klassas som revbyggande organismer. Koraller har en hög plasticitet och alla har unika former samt egenskaper beroende på den externa miljön. Med korallers plasticitet förekommer det en hög diversitet inom korallens ekosystem och kan variera allt mellan tallriks former och stora avgreningar (Jackson, J 1991). Korallernas primära uppgift är att bygga korallrev för skydd mot stormar och andra faktorer. Dessa korallrev kan delas in i tre olika delar som är: Inre rev, Rev platå och Rev vägg (Henkel, T. P. 2010). Inre rev växer närmast kusten och formar en gräns. Rev platå är separerat från den huvudsakliga landmassan genom en lagun. Rev vägg är för de mesta cirkulär ring i form av en stängd lagun (Majumdar, S. 2018). Korallrev utformar stora kedjor kring öar vilket frambringar öarna med skydd mot stormar, kraftiga vågor samt erosion, korallrev skapar även en kustlinje. Det mest välkända korallrevet är "The great barrier reef" utanför Australiens kust som sträcker sig över 2000 km långt och upp till 145 km brett med flera tusen olika arter av koraller och kolonier (F.Goreau, T, et al.

1979). På grund av korallers höga diversitet finns det mycket liv kring habitatet formade av koraller (Coker, D. et al. 2013). Upp till 25% av havens fisk är beroende av hälsan av koraller då de använder sig av rev som skydd, matkälla och reproduktion (NOAA, 2019).

Koraller behöver mycket solljus för att överleva. För att få så mycket solljus som möjligt är deras utbredning essentiell för deras överlevnad. De förekommer främst i tropiska hav där vattnet är näringsfattigt. Bristen på näringsämnen gör vattnet klart då få andra organismer kan överleva i dessa näringsfattiga förhållanden. Det gör att vattnet ser klart ut. Det klara vattnet ger solljus möjlighet att komma längre ned i vattenmassan och kan därav förbrukas av koraller som använder detta solljus som näring för sin tillväxt. Alla faktorer som påverkar ljusförhållanden har en indirekt effekt på korallers tillväxt och deras revbyggande förmåga. Djup till exempel eftersom att solljus blir begränsande beroende på vart i vattenmassan man befinner sig. Ju längre ned blir tillgängligheten mindre på grund av vattnets ljus reflekterande förmåga (Jackson, J. 1991). Turbiditet är även en faktor som gör att ljus blir begränsande då uppstyrt sediment blockerar solljus genom att reflektera tillbaka ljuset. Varav en hög turbiditet leder till solljus brist högre upp vid kusten även fast vattennivån inte är så pass hög (Jackson, J. 1991).

Revbyggande koraller är beroende av fotosyntes för att kunna producera mat samt växa. De kan utvinna solljus genom fotosyntes med hjälp av ett symbiotiskt förhållande de har med en mikroskopisk alg som heter *Zooxanthellae* vilket lever i korallens vävnad. *Zooxanthellae* släpper ut cirka 95% av deras näring, främst syre som de producerar till deras värd korall. I gengäld får algen ett skyddande habitat att växa i och produkter de behöver för att växa. Korallernas *Zooxanthellae* kommer antingen direkt från deras förälderkoloni eller genom infektion av frisimmande larvlar (Veron, J. 2011).

Korallrev är ett av världens mest produktiva ekosystem. Med hjälp av deras *Zooxanthellae* kan de producera excessiva mängder med näring och bidra till naturlig biologisk återvinning (Veron, J. 2011). Korallrev är även essentiellt för dagens samhälle. Då korallrev skapar och skyddar kustlinjer mot stormar och erosion. De är även en viktig inkomstkälla för mindre samhällen i länder där

ekonomin förlitar sig mycket på turism. Då korallrev har sådana specifika levnadsförhållanden och etablerar sig enbart där förutsättningar för deras tillväxt möts gör det koraller sällsynta. Sällsyntheten kring dessa organismer gör det till en mycket lockande turistattraktion vilket inspirerar folk till att se dessa organismer. Med mer turism skapar det möjligheter till jobb för urbefolkning i dessa områden där folk livnärar sig på båtturer och dykturer för att se korallreven. Det är även en mat inkomstkälla då den höga diversiteten av marint levande organismer är närvarande i stora mängder kring korallrev. Korallrev är även essentiellt där befolkningen förlitar sig på fisket kring korallrev (Eddy, T. 2021). Det är däremot ett av det mest ömtåliga ekosystem som finns. På grund av deras utbredning i kustnära vatten är de utsatta för större effekter av mänsklig aktivitet (Harvey, B. et al. 2018). Den ökade mänskliga aktiviteten i dessa områden skadar korallerna. Fiskeri, som är en stor del i korallrev, förstör rev strukturen. När för mycket fisk tas ur ekosystemet kommer en ökning av algae att ske vilket i sin tur minskar områden där koraller kan växa. Dykningen/snorkling kring dessa områden stör upp mycket sediment vilket leder till en reduktion i ljus tillgänglighet som leder till korallblekning (Harvey, B. et al. 2018).

Även fast mänsklig aktivitet är en direkt negativ konsekvens för koraller är de inte den enda faktorn för hotade korallrev. Klimatförändringar spelar en stor roll i korallers överlevnad. Marina organismer som befinner sig i de tropiska haven har oftast en låg tolerans mot temperaturskillnader. För koraller innebär en temperaturskillnad till en högre metabolism och minskad tillväxt. Detta är för att *Zooxanthellae* kommer att drivas ut ur korallens vävnad när förhållanden inte längre är optimala och detta gör att korallen bleks (Harvey, B. et al. 2018). Havsförsurning har en stor påverkan på korallreven. Havsförsurning gör haven surare genom att det blir en ökad halt vätejoner i vattnet. Koraller behöver karbonatjoner för att kunna bilda deras kalkskelett. På grund av havsförsurningen minskar tillgängligheten i joner, ett av dessa är karbonatjoner.

Detta leder till att koraller inte kan bygga upp sitt skelett speciellt för juvelin koraller, vilket leder till mindre koraller samt mindre tillväxthastighet av korallrev och en högre mortalitet hos alla koraller (Harvey, B. et al. 2018).



Man estimerar att koraller kommer att erodera vid 2050 (Ritzen, S).

Idag arbetar forskare intensivt för korall restaurering. Det finns många planer som sträcker sig från lokalt till en global skala. Forskare har lyckats med att hjälpa koraller samt korallrev på en lokal skala men det finns fortfarande mycket att arbeta på innan det kommer ske någon signifikant skillnad på en global nivå.

Planer på restaurering är bland annat att förbättra habitat kvaliteten där de redan befinner sig, även att hindra habitatförstörelse med överfiske. Forskare försöker även ta fram sätt att kunna främja korallers resistens för de ökande klimatproblemen (NOAA 2021).

## 2. Syfte

Koraller är små kalk byggnader som ingår i familjen *Cnidaria* även känt som nässeldjur. De är geografiskt distribuerade i tropiska miljöer där det förekommer en stor mängd solljus. De lever i symbios med mikroskopiska alger som kallas för *Zooxanthellae*. Dessa alger är fotosyntetiserande organismer och genom koldioxid, vatten och näringsämnen kan de med fotosyntes producera syre och näring som koraller absorberar. Eftersom koraller placerar sig närmare kusten och tillsammans med det tropiska klimatet är det exponerade till solljus. Vilket är en viktig faktor för korallers tillväxt och hälsa. För att koraller ska kunna växa behöver de rätt typ av ljus och ljusintensitet. Ljuset är essentiellt för att *Zooxanthellae* fotosyntes och syreproduktionen styrs av ljusförhållanden. Korall Restaurering är viktigt för att bevara korallrev. Genom att återställa korallrev kan deras förmåga att fungera som livsmiljö för marina arter och bidra till kust skydd mot stormar och erosion kan återställas. Även för att främja turism samt fiskeindustrin. Korallrevens roll i ekosystem har en stor betydelse för tusentals marina arter. De har även en stor ekonomisk betydelse för samhällen som är beroende av fiske samt turism som ges av korallrev. Korall restaurering kan innefatta olika åtgärder som att plantera koraller, rensa bort skadliga alger och annan vegetation samt skydda mot överfiske. Genom att bevara dessa ekosystem bidrar de till att bevara en viktig livsmiljö för marina arter och hållbarheten i haven.

Syftet med denna studie är genom experimentella studier bestämma det optimala ljusförhållande för korallers tillväxt. Genom att testa olika ljusvåglängder kan man bestämma vilken typ av våglängd som är mest effektiv för korallers tillväxt. Slutprodukten för denna undersökning är att införa ett ljus recept för koraller som sedan ska användas för att återställa korallrev för att förbättra hälsan hos koraller. Ett sådant ljus recept kan användas av restaurerings planer och hobby akvarister för att odla samt plantera ut nya koraller.

Detta kan införas i genbanker för koraller för att bevara och återställa hotade korallrev. Genom att införa ett sådant ljus recept kan man förbättra korall tillväxten och skydda den biologiska mångfalden i haven.

## 2.2 Frågeställning

Vilket ljusförhållande är optimalt för korallers tillväxt?

## 2.3 Hypotes

Koraller är en viktig del av vårt marina ekosystem. Därför är det viktigt att kunna hitta optimala förhållanden för att kunna växa och bilda korallrev. Genom experimentella studier och använda oss av två olika arter av koraller som växer på olika djup. Kan vi undersöka hur de reagerar på olika sammansättningar av våglängder. Hypotesen som testas är att *Montipora spp.* som växer grundare och därmed utsätts för rött ljus och har förmågan att utnyttja detta för överlevnad och tillväxt. Däremot för *Seriatopora hystrix*, som växer djupare ned kan inte utnyttja rött ljus. Till och med att de kan vara skadligt för denna art.

## 3. Metoder och material

### 3.1 Uppbyggnad av experimentet

Experimentet genomfördes i Göteborg på Sjöfartsmuseet vid Stigbergstorget. Sjöfartsmuseet är en populär turistattraktion samt en plats för forskning och lärande. Inom museet finns det en sektion som kallas för "Oceanlab" vilket är menat för besökare. Besökare och skolklasser kan komma till Sjöfartsmuseet och lära sig om marina ekosystem och delta i olika experiment i Oceanlab.

För att genomföra experimentet om korallers tillväxt behövdes Oceanlab anpassas och förberedas för att få plats för en ställning där koraller skulle kunna placeras. För att frambringa en sådan plats för experimentet behövdes två befintliga akvarier tas bort från Oceanlab. De akvarier som togs bort gav plats för att experimentet kunde sättas upp. För att kunna utföra experimentet så effektivt som möjligt behövdes en ställning för att placera korallerna för optimal ljusställning. För att kunna bygga denna ställning behövdes lämpligt material. Det främsta materialet som användes i ställning var trä som redan fanns på sjöfartsmuseet och när materialet valts ut började konstruktionen. Skelettet på ställning byggdes främst av trä och bestod av fyra stödpelare. Höjden på pelarna var ca 2 meter långa som placerades på en stabil grund i Oceanlab. För att öka stabiliteten placerades fyra balkar lodrätt och skruvades fast i de upprätta pelarna. De lodräta balkarna fungerade som en grund för att montera golvbjälkarna som skulle agera som grund att placera korallerna på. Även takbjälkar för att kunna hålla upp lamporna som sedan ska monteras.



Bild 1. Byggandet av ställningen

För att tillägga ytterligare stabilitet på ställning skruvades ett tunt tak av träd fast på toppen av ställning. Taket var tillräckligt tunt för att inte ge någon yttre påverkan av korallerna gällande ljus kontaminering men samtidigt inte skugga korallerna. När ställning var färdigbyggd kontrollerades den att det var stabilt och säkert. Sedan målades den vit på grund av estetiska skäl. När ställning hade torkat från målningen placerades den på en bänk som redan befann sig inuti Oceanlab. När ställningen för koraller var klar och placerad i Oceanlab skulle Heliospectra lampor installeras. Heliospectra lamporna är specialbyggda lampor som främst använts i växthus då de producerar optimala våglängder för växtodling. På grund av deras egenskaper att producera olika våglängder och intensiteter kan de användas i andra syften som korallodling. Heliospectra lamporna kan justeras för att producera alla sorts våglängder på ljusspektrumet, därav är dessa de mest optimala materialet att använda i denna studie.

För att installera lamporna på ställningen är det viktigt att kontrollera så lamporna fick plats. Lamporna mätes som 55x37 cm och ca 15 cm i höjd. När detta kontrollerades hängdes lamporna upp. De hängdes upp i krokar som var fastskruvade i par på varsin takbjälke, därav hängdes det 4 lampor i ställning.

För att lamporna ska kunna tändas måste de vara ansluten till en strömkälla vilket fanns installerad i Oceanlab. En dator sattes på toppen av ställning där man kunde koppla in lamporna och synkronisera dessa lampor med ett program i datorn som heter Heliospectra. Med datorn kunde Heliospectra lamporna starta och justeras för att producera de våglängder som var önskade i detta experiment. Dessa ljus var;

grönt ljus (våglängd 530 nm), blått ljus (våglängd 450 nm), rött ljus (våglängd 660 nm) och vitt ljus (5700 Kelvingrader (K)). Där nm står för nanometer vilket är den elektromagnetiska strålningen. Vitt ljus användes som kontrollprov då det är en blandning av alla färger, det vill säga alla våglängder.

För att förhindra ljusspill och säkerställa att proven utsatts för samma ljusförhållanden sattes väggar upp mellan lamporna. Väggarna fungerar som skydd för att förhindra ljusspill. För att konstruera väggarna valdes trä som material. För att ge optimalt skydd målades dessa väggar vita för att fotonerna skulle reflekteras. Fem väggar sattes upp och placerades mellan alla lampor på ställningen och på sidorna för att ljuset inte skulle försvinna ut. Denna placering gör att varje prov utsätts för samma belysning. För att fästa väggarna i ställningen används krokar som skruvades fast i träet, detta gjorde att väggarna hålls på plats samtidigt är de enkla att montera och demontera vid behov. Väggarna bidrar med att minska risken för felaktiga resultat på grund av utbyte av fotoner mellan proverna.

På grund av väggarna kunde man säkerhetsställa att varje prov utsätts för samma belysningsförhållanden.

Till sist sattes upp en vit plastplatta som agerade som golv där korallerna skulle sättas.



Bild 2. Färdig byggd ställning med lampor installerade

### 3.2 Syreproduktions tester

När ställning är klar och uppsatt skulle syreproduktionen försöken påbörjas. För att kunna placera korallerna under respektive ljus placerades korallerna i burkar för lätt tillgänglighet. Koraller som valdes till detta experiment var *Montipora spp.* samt *Seriatopora Hystrix* och *Montipora spp.* fanns redan tillgängligt på sjöfartsmuseet medan *Seriatopora Hystrix* togs från Universeum Göteborg. Korallerna delades upp i mindre bitar för att öka antalet prover. För att undvika variationer i vattenkvalitet lades korallerna i burkar med vatten från deras ursprungliga akvarium. Burkarna fylldes sedan upp till kanten med vatten för att förhindra syre från att komma in i burkarna externt. När korallerna har placerats i burkarna mäts syreproduktionen med hjälp av en syremätare som redan fanns på Sjöfartsmuseet. När initialvärdet på syret mätts placerades varje burk under respektive ljus. För att alla lampor skulle ha samma förutsättningar är det viktigt att alla lampor visar samma PAR-värden. PAR-värdet (Photosynthetic Active Radiation) är ett mått på mängden ljusenergi som finns inom våglängdsområdet (400-700 nm) och inom detta spektrum kan korallerna absorbera ljus. Men för att inte något korall ska kunna få mer ljus än de andra under de respektive lamporna ställdes alla in på samma PAR-värde. Detta gjordes genom att justera lampornas intensitet så de ger samma PAR-värde för varje replikat. Under syreproduktions försöken var PAR-värdena för alla lampor ca 90 PAR.

För att minska felkällorna sattes tre replikat av samma korall under varje respektive ljus. Varje burk var utrustad med två lock, där det första locket hade stort nog hål för att få plats med syremätaren, när syremätaren gav ett värde placerades ytterligare ett lock utan några hål för att förhindra syre från att komma in eller ut ur burken. Efter att korallerna blivit utsatt för ljuset i en timme togs de ut ur burkarna och syret mättes igen. Mängden producerat syre mättes genom att räkna ut differensen mellan startvärde och slutvärde i mg/L.

Resultatet från båda mätningarna jämfördes med varandra för att bestämma korallernas syreproduktion under ett visst ljus.

Korallbitarna bröts i bitar i ungefär samma storlek men eftersom storleken ändå varierar mättes syreproduktionen per gram korall. Korallbitarna vägdes på våg och mängden producerat syre delades med korallens vikt och resultaten av mätningarna

gav mängden producerat syre per gram korall. Innan placerades på vågen skakades vattnet av fyra gånger och torkades en gång på hushållspapper och denna procedur upprepades på alla mätningar.

Resultatet analyserades med en faktor Anova. För att kontrollera för att varianserna var homogena användes Cochran test och för att avgöra vilka jämförelser var signifikanta användes Student-Newman-Keuls (SNK).

### 3.3 Uppbyggnad av avrinningssystem

När syreproduktionstesterna är klara var nästa steg att påbörja tillväxt försöken. Tillväxt försöken gjordes med samma korallarter som syreproduktionen. Sex replikat under varje ljus med två korallbitar av respektive art i varje burk.

Experimentet gjordes under en fyra veckors period där korallerna stod under lamporna från 08.00 till 18.00 sedan släcks lamporna för att efterlikna en normal dag- och natt cykel. Innan korallerna kan sättas ut under lamporna måste ett avrinningssystem vara på plats för att bidra med vattenflöde för näring och syre. Burkarna från syreproduktionen återanvändes men med två hål på varsin sida där vattnet kunde rinna in samt ut. För att tillföra vatten till burkarna konstruerades egna avrinningssystem med PVC-rör som redan befann sig på Sjöfartsmuseet.

Fyra system konstruerades (till respektive lampa) med sex hål i varsitt rör för att styra vattenflödet till sex replikat. Ett stopp sattes i varje rör för att förhindra att vattnet rinner ut. Vatten som användes i experimentet kommer från sumpen som även bidrar med vatten till de andra akvarierna i Oceanlab. För att kunna placera korallerna under lamporna med det nya avrinningssystemet behövdes en liten ställning. Dessa konstruerades med plastlådor, då kunde burkarna placeras ovanpå och PVC-rören under. För att sedan kunna tillföra vatten till varje burk placerades sex små slangar i de borrhålen och sattes in i ett hål på varje burk. Genom slangarna kunde vatten enkelt riktas in i varje burk och korallerna får en jämn fördelning av tillförsel. Innan korallerna placerades i burkarna med de nya avrinningssystemen vägdes de i gram samt fotograferades *Montipora spp.* på ett millimeterpapper.



Bild 3. Egna byggda avrinning systemet

### 3.4 Tillväxtförsöken

När allt är var på plats fick korallbitarna ligga kvar i de ställningarna i ca fyra veckors tid i ca 150 PAR. Det högre PAR-värdet för tillväxt försöken ökade på grund av att burkarna med koraller höjdes upp. Båda värden är normala PAR-värde för koraller i akvarier. Under denna period mättes vattenkvaliteten dagligen eftersom den kan variera och påverka korallerna. Genom att kontrollera vattenkvaliteten och pH-värdet, temperaturen, salinitet, kväve, fosfor och KH (alkaliniteten). pH-värdet, temperaturen och saliniteten mättes med en mätare som kallas för multiparameter instrument vilket mäter flera vattenparametrar samtidigt i detta fall; pH, salinitet samt temperatur. Dessa mättes dagligen under experimentets gång.

pH under experimentets gång låg på ca 8,4, Temperaturen var på ca 26 grader och saliniteten på ca 36.

KH-tester tas genom att ta vattenprover, för att mäta KH används KH mätare kit som kan köpas av akvarieaffärer eller hemsidor. Följ instruktioner som medkommer med testet.

Kväve och fosfor är näringsämnen och viktiga vattenparametrar som behöver kontrolleras under experimentet för vattenkvaliteten. Dessa tester kan köpas tillsammans med KH testerna och som KH bör ha instruktioner på hur man ska gå tillväga för att mäta dessa.

För att kontrollera vattenkvaliteten i sumpen användes doseringspumpar. Dessa doseringspumpar är ihopkopplade till en styrdator som kan ställas in på olika



inställningar beroende på vattenkvaliteten. Styrdatorn placerades under bänken med en liters flaskor fyllda med Triton Core 1, Core 2 samt Core 3a, 3b. Triton core är ett joniskt balanserat koncentrat av doseringssystem och har utvecklats för koraller. Detta görs för att kontrollera vilka element som finns i tanken och deras koncentrationer. Med programmet GHL kan man ställa in dosering pumparna på önskad koncentrationsslag. Efter fyra veckor är det dags att mäta korallerna efter exponering till ljus. Korallerna tas ut ur deras burkar och vägs på samma sätt som innan genom att skakas fyra gånger och sedan duttas på ett papper för att ta bort excessivt vatten. Sedan fotas enbart *Montiporan spp.* på millimeterpapper och jämförs med vikten samt längden innan de placerades under Heliospectra lamporna.

Korallbitarna bröts i bitar i ungefär samma storlek men eftersom storleken ändå varierar mättes tillväxten per gram korall. Korallbitarna vägdes på våg vid experimentets start och slut och tillväxten i gram delades med korallens vikt vid start och resultaten av mätningarna gav tillväxt i gram per gram korall. Innan korallerna placerades på vågen skakades vattnet av fyra gånger och torkades en gång på hushållspapper och denna procedur upprepades på alla mätningar.

Resultatet analyserades med en faktor Anova. För att kontrollera för att varianserna var homogena användes Cochran test och för att avgöra vilka jämförelser var signifikanta användes Student-Newman-Keuls (SNK).

## 4. Resultat

### 4.1 Syreproduktion

För *Seriatopora hystrix* producerades mest syre under det gröna och vita ljuset (fig 1.), och det var en signifikans skillnad mellan båda dessa ljus och röda samt blåa ljuset ( $P < 0,01$ ).

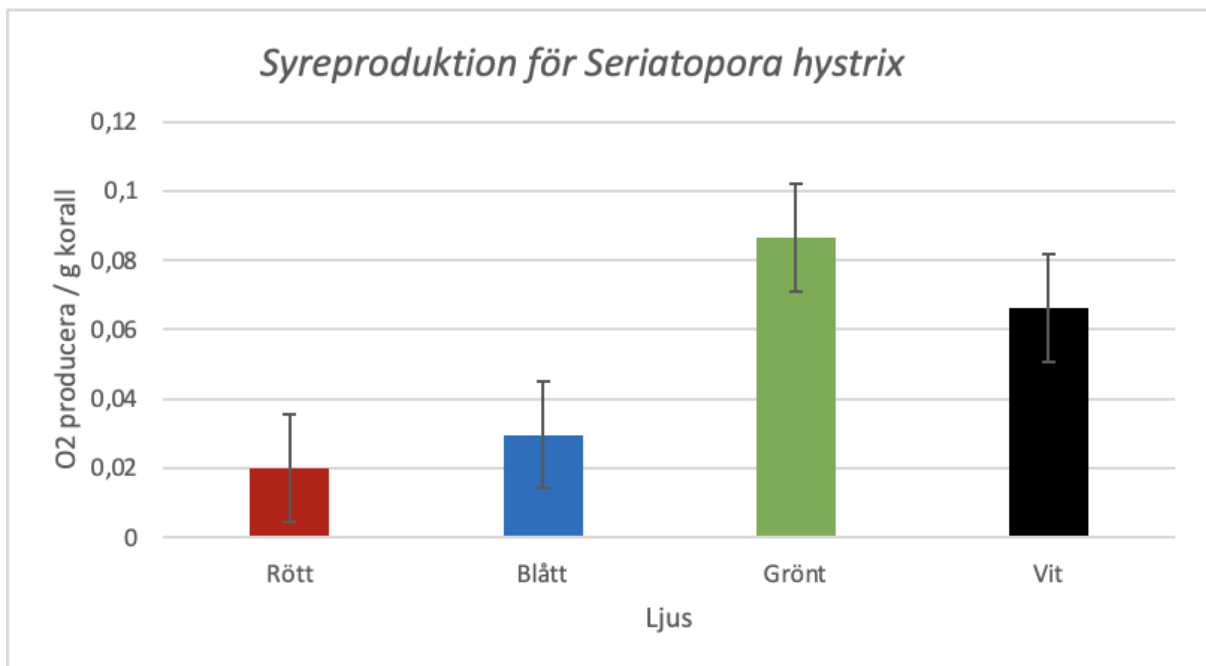


Fig1. Syreproduktion för *Seriatopora hystrix* X-axeln visar våglängd och Y-axeln visar syreproduktionen per gram korall. n=3 Felstaplar visar +/- SE.

För *Montipora upp.* producerades mest syre under de gröna men de fanns inga signifikanta skillnader mellan våglängderna ( $P > 0,05$ , fig 2).

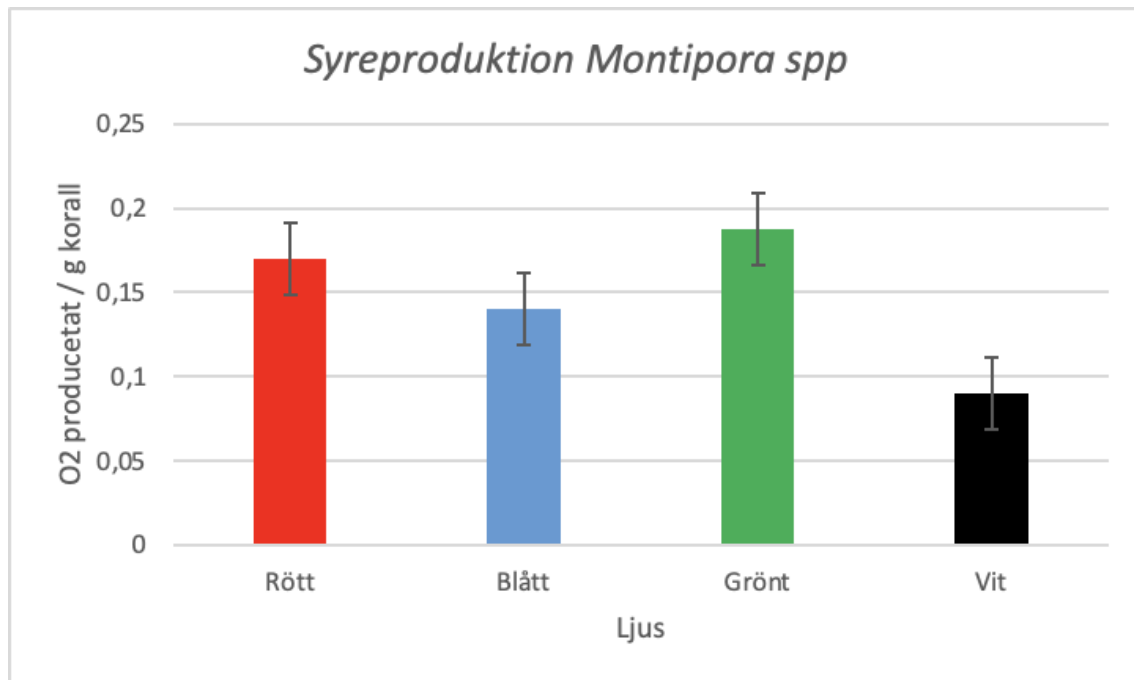


Fig 2. Syreproduktion för *Montipora spp.* X-axeln visar våglängd och Y-axeln visar syreproduktionen per gram korall. n=3 Felstaplar visar +/- SE.

## 4.2 Tillväxt

Tillväxt försöken för *Seriatopora hystrix* visade att korallerna tillväxt under det blåa, gröna och vita ljuset men inte under det röda ljuset där korallerna visade tecken på att de hade avlidit. Tillväxten var bäst under det blåa och vita ljuset och det var en signifikant skillnad mellan båda dessa och grönt samt rött ljus. ( $P < 0,01$ , fig 3)

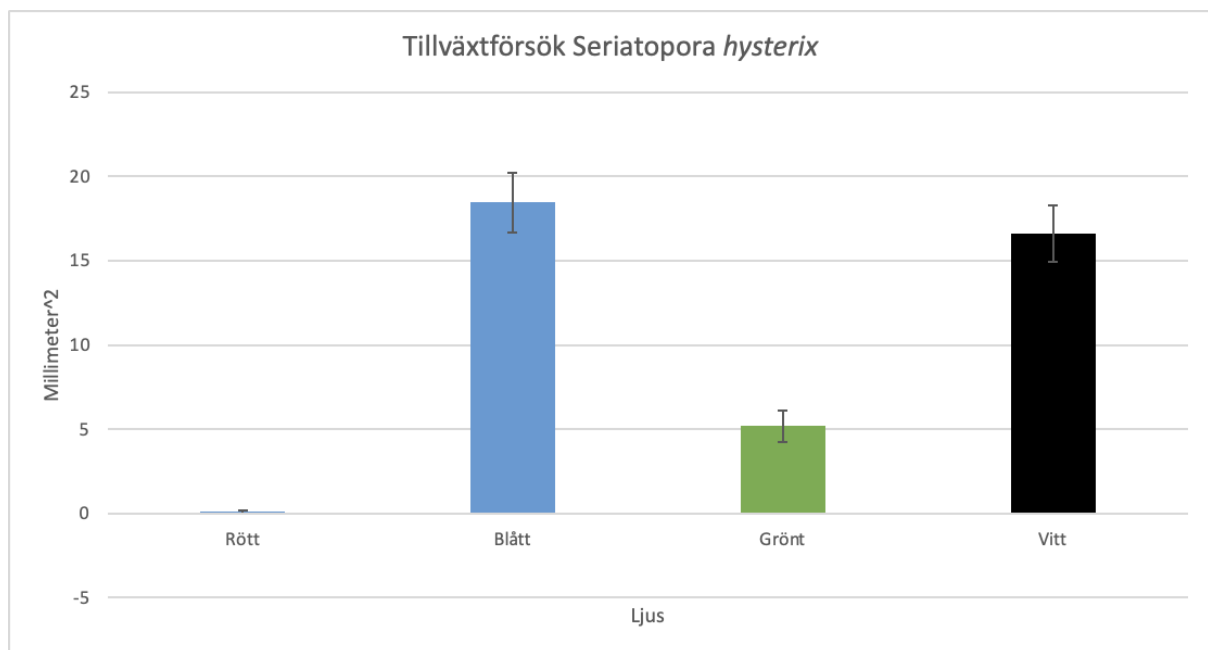


Fig 3. Tillväxt för *Seriatopora hystrix* X-axeln visar våglängd och Y-axeln visar tillväxt i gram per gram korall. n=3 Felstaplar visar +/- SE.

Tillväxt för *Montipora spp.* Visade att korallerna tillväxte under alla våglängderna men det fanns ingen signifikant skillnad mellan våglängderna. ( $P > 0,05$ , fig 4)

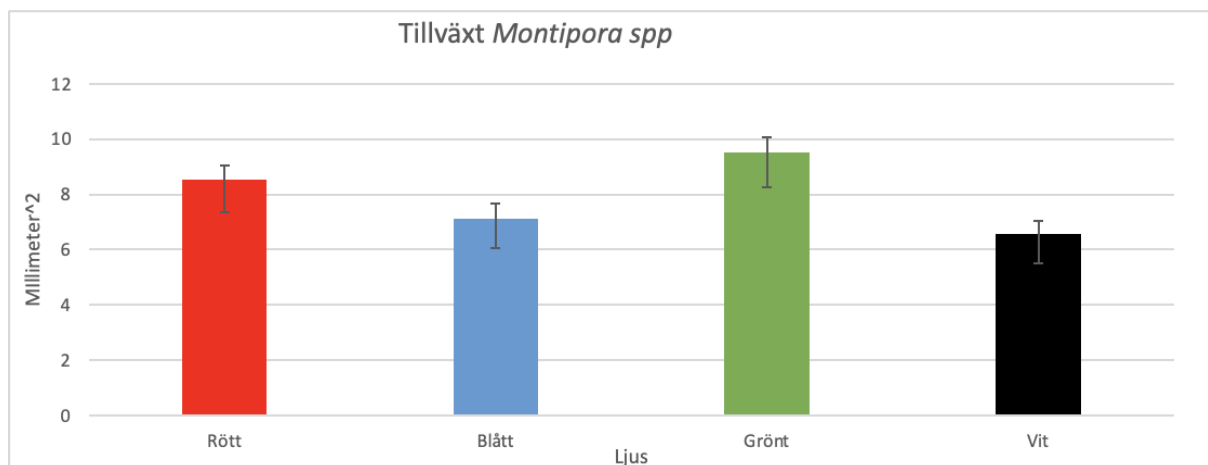


Fig 4. Tillväxt för *Montipora spp.* X-axeln visar våglängd och Y-axeln visar tillväxt i gram per gram korall. n=3 Felstaplar visar +/- SE.

## 5. Diskussion

### 5.1 Resultat betydelsen

För *Seriatopora hystrix* i det första försöket med den analyserade datan visade sig att det fanns en signifikant skillnad någonstans mellan våglängderna. P-värdet som är ett statistiskt mått för att avgöra om resultaten är signifikanta eller ej visade ett värde på,  $< 0,01$ . På grund av att detta värde är lägre än signifikansnivån på  $0,05$  kan slutsatsen dras att syreproduktionen för *Hystrix sp.* är beroende på våglängden. För att ta reda på vilken våglängd användes SNK-test. SNK-test används för att skilja signifikanta värden från varandra. Detta visade att det fanns en betydande skillnad med den gröna våglängden (530 nm) och vitt ljus (5700 K). Resultaten menar att *Hystrix sp.* producerar mest syre under dessa våglängder.

*Montipora spp.* visade resultaten att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan syreproduktion och ljusvåglängder. Försöket visade ett P-värde på  $0,18$ . Varav är det större än de accepterade signifikantvärde på  $0,05$ . Slutsatsen av detta resultat är att *Montipora spp.* producerar syre lika bra, oavsett i vilken våglängd de befinner sig i.

För *Hystrix sp.* tillväxt försök visar den analyserade datan att det finns en signifikant skillnad mellan de olika ljusvåglängderna och korallens tillväxt. P-värdet som angavs från ett ANOVA-test var,  $<0,01$ . Vilket är betydligt mindre än det accepterade värdet  $0,05$ . Därav kan slutsatsen dras att tillväxten är som mest fördelaktigt i en särskild våglängd. Enligt resultatet är blått ljus (450 nm) samt vitt (5700 K) den ideala våglängden för *Hystrix sp.* att växa i.

Tillväxt för *Montipora spp.* visar ingen signifikant skillnad mellan ljus våglängderna. P-värdet som angavs är  $0,292$ . Vilket är betydligt högre än det accepterade värdet. Därav dras slutsatsen att tillväxt förmågan för *Montipora spp.* är inte lämpligare i någon specifik våglängd utan växer jämställd i alla våglängder. Så en slutsats kan inte dras att den växer beroende på våglängd som används.

Studien har visat att koraller är beroende av ljus för tillväxt samt överlevnad.

## 5.2 Temperatur och pH

Däremot kan fotosyntesen i burkarna variera eftersom temperatur och pH-värdet inte hölls konstanta under experimentets gång. Enligt en studie av Claire et al. (2011) kan en högre temperatur, tillsammans med ett lågt pH-värde, ha en negativ påverkan på korallernas fotosyntes förmåga. Korallernas fotosyntes förmåga kan ha minskat, därför kan skillnaderna i syreproduktionstesterna indikera en tydlig skillnad i temperatur och pH, varav resultaten kan indikera olika samband mellan de två försöken.

## 5.3 *Montipora spp.*

*Montipora spp.* visade ingen signifikant skillnad i syreproduktions testerna. Detta kan bero på att *Montipora spp.* är mer anpassad att växa i olika djup (Valderrama, M 2023) varav den har bättre fotosyntesvanor. Detta kan förklara varför olika ljusvåglängder inte har påverkat *Montipora spp.*. Detta då arten kan hantera olika ljusvåglängder vilket ger en fördel att snabbare acklimatisera sig. Även på grund av deras större area då *Montipora spp.* oftast är tallriksformade koraller kan detta vara en fördel när de kommer till att ta upp våglängder. För att optimera syreproduktionen och tillväxten hos koraller som *Montipora spp.* och *Seriatopora hystrix.* är vattenkemin viktig faktor att ha i åtanke när man introducerar koraller till nya miljöer. Detta är för att vänja dem vid de nya förhållandena och minska stressen för korallerna.

## 5.4 *Seriatopora hystrix.*

Däremot gav tillväxten för *Seriatopora hystrix.* en betydande skillnad mellan våglängderna. *Seriatopora hystrix.* växte som mest under blått ljus samt vitt ljus. Detta kan bero på att *Seriatopora hystrix* individerna var betydligt mindre vilket kan vara en faktor till en kortare acklimatiserings tid vilket gör att våglängderna har en större betydelse för deras tillväxt. *Seriatopora hystrix.* är vanligast funnen vid 3-15 meters djup och sällan högre upp än det (Hoeksema, B.W 2014) . Detta kan påverka vilken våglängd de föredrar då blått är det dominerande ljuset längre ned i vattenmassan.

## 5.5 Vattenflöde

En studie gjordes av Osinga, R. (2011) där de säger att vattenflöde är en viktig faktor för korallers metabolism. Då ett bra vattenflöde förstärker gasutbytet och bryter ned näringsämnen och metaboliska restprodukter. Därav kan olika vattenflöden vara en faktor till att resultaten visade viss signifikant skillnad. Eftersom det röda ljuset var längst bort från avrinnings källan än de andra ljusen kan detta ha gett en negativ effekt på det röda ljuset och minskat effekten på tillväxten och syreproduktionen. Då svagare vattenflöde kan ha hejdat näringsämnen samt syre som gas att gå förlorat.

## 5.6 Zooxanthellae betydelse

Enligt studien av Osinga, R. anpassar sig korallers *Zooxanthellae* fotosyntetiska förmåga till deras miljöförhållanden. Eftersom att alla burkar har samma vattenkemiska förutsättningar där vattnet ges. Så kan de olika våglängderna avgöra hur många *Zooxanthellae* befinner sig på korallbitarna. Därav genom att kolla på korallerna kan man förutspå deras fotosyntetiska förmåga, beroende på hur många *Zooxanthellae* befann sig på korallen. Varav korallerna i rött ljus var mycket blekare än i de andra ljusen kan detta tolkas som att rött ljus var inte signifikant till de andra. Då de andra ljusen (speciellt blått ljus) befann sig mycket mer *zooxanthellae* per kvadratcentimeter.

## 5.7 Näringsämnen

Koraller behöver kväve och fosfor för att syntetisera proteiner samt ämnen som är essentiellt för korallers tillväxt. Koraller kan enkelt ta upp låga koncentrationer av näringsämnen ur vattnet på grund av adaptation från deras levnadsförhållanden. Däremot kan ett överskott av näringsämnen vara skadligt för korall tillväxt (Done, T. 2011). Detta kan bero på excessiv produktion av fytoplankton. Vilket kan begränsa att PAR kommer till korallerna i burkarna och istället stoppas av dessa fytoplankton på grund av att transparensen försämras. Detta kan vara en faktor till skillnad i tillväxt då grönt ljus inhiberar tillväxt av plankton mer än till exempel rött ljus. Varav fytoplankton har de högst tillväxt i blått ljus (Neun, S. et al., 2022). Detta kan ha varit avgörande på resultatet då mer fytoplankton i blått ljus kan ha bidragit/inhiberat med tillväxt av korallerna.



## 6. Slutsatser

Studien visade att arten *Montipora spp.* som är en grunt växande korallart klarade av alla våglängder inklusive det röda ljuset, utan några negativa effekter. Detta innebär att odling för *Montipora spp.* kan inkludera röda våglängder i akvarier utan att få några negativa effekter på deras tillväxt i akvarier. Detta är värdefull information för att kunna optimera odlingstekniker och skapa lämpliga förhållanden för akvariemiljöer.

Däremot visade studien även att den djup växande arten *Seriatopora hystrix* att den inte kan utnyttja det röda ljuset och kan till och med vara skadligt. Detta innebär att odling av denna korallart bör man undvika att exponera den för rött ljus och istället använda andra våglängder som blått och grönt för att få en optimal tillväxt. Att undvika rött ljus kan bidra till att spara energi samt kostnader, genom att exkludera faktorer som inte bidrar till deras tillväxt.

Sammanfattningsvis har denna studie givit värdefull information till Sjöfartsmuseet om hur odlingstekniker kan förbättras för olika korallarter i akvarier genom att skapa en levande genbank för tropiska stenoraller. Genom detta ljusrecept kan man designa odlingsmetoder på ett sätt som främjar tillväxt. På grund av deras specifika ljusförhållanden kan vi nu främja deras överlevnad och välmående i akvariemiljöer och skapa fler genbanker för koraller vilket har en viktig roll i bevarandet i marina ekosystem.

## 7. Referenser

**Goreau, T, Goreau, N.** 1979. Corals and Coral Reefs. Scientific American **Vol 241: 124 - 137.**

**Coker, D, Wilson, K, Pratchett, M.** 2014. Importance of live coral habitat for reef fishes **Vol 21: 89-126.**

**Kahng, S, Watanabe, T, et al.** 2020. Moderate zooxanthellate coral growth rates in the lower photic zone. **Vol 39: 1273-1284.**

**Smith, D, Sugget, D, Baker, N.** 2004. Is photoinhibition of zooxanthellae photosynthesis the primary cause of thermal bleaching in corals? **Vol 11: 1-11.**

**Henkel, T. P.** (2010) Coral Reefs. Nature Education Knowledge **Vol. 3: 12**

**Mark D. Spalding, Corinna Raviious och Edmund P.** Green: World Atlas of Coral Reefs, 2001. **13-19**

**Jeremy B. C. Jackson.** "Adaptation and Diversity of Reef Corals." *BioScience* **41, no. 7 (1991): 475–82.**

**NOAA** "Coral reef ecosystems", February 1, 2019.

**Veron, J.E.N.** (2011). Corals: Biology, Skeletal Deposition, and Reef-Building. In: **Hopley, D.** (eds) Encyclopedia of Modern Coral Reefs: **pp 275 - 281.**

**Sayani D, M. Sugata, H.** (2018): Threats to coral reef diversity of Andaman island, India. **Vol 24: 237-250**

**Teddy D. Eddy.** (2021): One Earth. **Vol 4: 1278-1285**

**Harvey BJ, Nash KL, Blanchard JL, Edwards DP:** Ecosystem-based management of coral reefs under climate change. **Vol 8: 6354 - 6368**

**NOAA** "Restoring Coral Reefs" September 27 2021.

**Edmunds PJ, Gates RD** (2008) Acclimatization in tropical reef corals. *Mar Ecol Prog Ser* **361:307-310**

**Adams A, Palumbi S:** Stanford biologist identify ancient stress response in corals. March 8 2017

**Godinot, Claire et al.** “Coral uptake of inorganic phosphorus and nitrogen negatively affected by simultaneous changes in temperature and pH.” **vol. 6,9 (2011)**

**Valderrama, M.** (2023) “Montipora coral care - a complete guide” February 3.

**Hoeksema, B.W., Rogers, A. & Quibilan, M.C.** (2014) “*Seriatopora hystrix*. *The IUCN Red List of Threatened Species*” 24 april.

**Osinga, R. Schutter, M. Griffioen, B. et al.** (2011) The Biology and Economics of Coral Growth. *Mar Biotechnol* 13, **658–671**

**Done, T.** (2011). Corals: Environmental Controls on Growth. In: Hopley, D. *Encyclopedia of Modern Coral Reefs*. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Dordrecht.

**Neun, S. Hintz, N. Schröder, M. Striebel, M.** (2022). Phytoplankton Response to Different Light Colors and Fluctuation Frequencies. **Volume 9**.

**Susan Ritzen** “Forskare: Korallreven är borta år 2050” Januari 3 2016.