

Elof Lindälvs Gymnasium
Vårterminen 2015

**En jämförelse mellan extrema miljöer på jorden där
arkéer och svampar har hittats och miljöer på Jupiters
måne Europa**

Emma Andersdotter Svensson
NA3K
Handledare: Olof Dahl

Abstract

Europa is a moon whose potential of terrestrial life has been discussed many times. The purpose of this investigation is to make an estimation of what the life may look like, if existing.

This report compares the lunar conditions with the conditions found in Lake Vostok, Geologie Archipelago and the McMurdo Dry Valley Area, where archaea and fungi have been found.

The microorganisms mentioned are Hydrogenophilus thermoluteolus, Psychrobacter adeliensis, Psychrobacter salsus, Psychrobacter aquaticus, Psychrobacter arcticus, Thelebolus microspores and Tetracladium.

The author concludes that there are several similarities between these areas and Europa, but that more studies need to be done.

Europa är en måne, vars förutsättningar för liv diskuterats många gånger. Syftet med denna undersökning är att se hur detta liv kan se ut, om det finns.

I denna rapport jämförs månens förhållanden med de förhållanden som finns i Vostoksjön, Geologie Archipelago och McMurdo Dry Valley Area, där arkéer och svampar har hittats. De mikroorganismer som nämns är Hydrogenophilus thermoluteolus, Psychrobacter adeliensis, Psychrobacter salsus, Psychrobacter aquaticus, Psychrobacter arcticus, Thelebolus microspores och Tetracladium

Författaren kommer fram till att det finns flera likheter mellan dessa platser och Europa, men att fler studier behöver göras.

Innehållsförteckning

Abstract.....	2
Innehållsförteckning.....	3
1. Introduktion.....	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Syfte.....	5
1.3 Metod.....	5
2. Teori/modell.....	6
2.1 Förhållanden på Europa.....	6
2.1.1 Process lik plattetektonik?.....	7
2.1.2 Energitillgångar.....	8
2.2 Miljöer på Jorden.....	8
2.2.1 Antarktis.....	8
2.2.1.1 Vostoksjön.....	8
2.2.1.2 Adelie Land.....	9
2.2.1.3 McMurdo Dry Valley Area.....	9
2.3 Mikroorganismer på Jorden.....	9
2.3.1 Arkéer och svampar.....	9
2.3.1.1 Hydrogenophilus thermoluteolus.....	10
2.3.1.2 Psychrobacter.....	10
2.3.1.2.1 Psychrobacter adelienses och Psychrobacter salsus.....	10
2.3.1.2.2 Psychrobacter aquaticus.....	10
2.3.1.2.3 Psychrobacter arcticus.....	10
2.3.1.3 Thelebolus microsporus.....	11
3. Resultat.....	11
3.1 Tabell.....	11
4. Diskussion.....	11
4.1 Resultat diskussion.....	11

4.1.1 Framtida studier.....	12
4.1.2 Varför informationen är viktig.....	12
4.2 Slutsatser.....	13
4.3 Metoddiskussion.....	13
4.4 Källdiskussion.....	13
4.5 Utvärdering	13
Tack.....	14
Källor.....	14

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

”All these worlds are yours, except Europa. Attempt no landing there. Use them together. Use them in peace.”[1] är ett citat från *2010: Odyssey Two*, skriven av Arthur C Clarke. Detta är ett av många exempel på människor som inspirerats av de observationer som gjorts om Jupiters isiga måne Europa.

Mycket forskning om Europa pekar på att en vattenocean döljer sig under ett täcke av is på ca 50-100 kilometer, vilket har gett upphov till spekulationer om att primitivt liv kan dölja sig under Europas istäcke.[2]

Det finns lite information om de exakta fysikaliska samt kemikaliska förhållandena på Europa, men med den information som finns kan det sägas att Europa jämfört med Jorden har ett extremt klimat. Studier har visat att vissa organismer på Jorden – arkéer och svampar – kan leva under extrema klimat, liknande klimatet på Europa. Att se vilka likheter och skillnader det finns mellan dessa miljöer och vad vi i nuläget vet om Europa gör det möjligt att få en uppfattning om hur de möjliga organismerna under Europas istäcke ser ut och hur de fungerar.

Det finns experiment som har gjorts på platser på Jorden liknande Europa, där levande organismer har hittats, men en genomgående jämförelse mellan de miljöer arkéer och svampar trivs på, och miljöer på Europa, har utifrån författarens vetande inte gjorts.

I denna rapport görs en jämförelse mellan extrema miljöer på Jorden där arkéer och svampar har visat sig kunna leva och Europas förhållanden. Först tas bakgrundsfakta om dessa miljöer och organismer upp, sedan analyseras dessa.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att ge en tydligare bild av hur det möjliga livet på Europa ser ut, genom att se vilka chanser det finns för de mikroorganismer som under extrema miljöer på Jorden skall ha kunnat uppstå på europeiska förhållanden. I och med att ämnet är nytt, kommer även förslag på framtida forskning att tas upp.

1.3 Metod

Arbetet är en litteraturstudie, vilket innebär att information har hittats med hjälp av att studera vetenskapliga rapporter och artiklar.

En av de metoder som använts för att hitta tidigare skrivna rapporter gällande ämnet är sökning på *The SAO/NASA Astrophysics Data System ADS Labs*[3] under *Integrated Search*.

De sökord som användes var:

abs:"europa" abs:"life" abs:"probability" [4]

De artiklar som hittades söktes sedan fram via *Göteborgs Universitetsbibliotek* [5].

Djupare information om framför allt mikroorganismer hittades på *Natural Center for Biotechnology Information*[6] under *PubMed* [7] och söktes sedan fram via *Göteborgs Universitetsbibliotek*.

För att sökningen skall kunna göras krävs att vederbörande har en inloggning till Göteborgs Universitet.

Information har även hittats på Nationalencyklopedin och i populärvetenskapliga tidskrifter.

2. Teori/Modell

2.1 Förhållanden på Europa

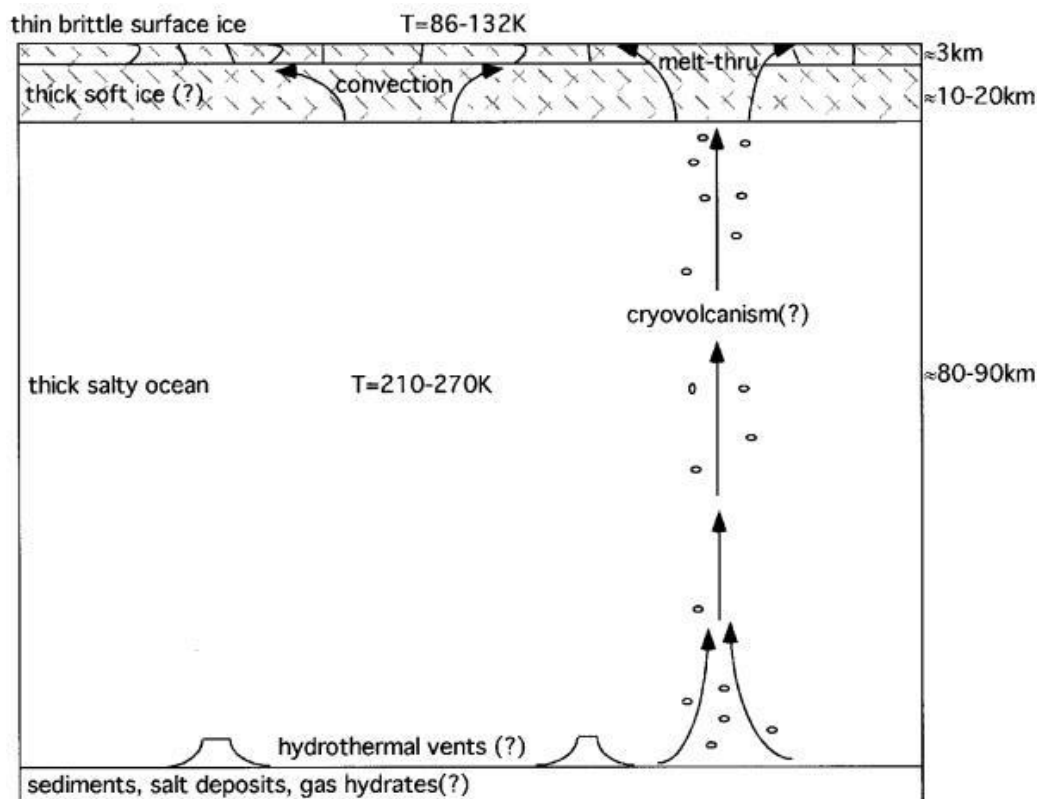
Till att börja med beskrivs de förhållanden man i nuläget känner till om månen Europa. Med tanke på bristen på undersökningar om månen – till exempel experiment med hjälp av resor samt mätningar – är mycket av den bild som presenteras i det här arbetet baserad på uppskattningar. Det bör även noteras att det är en generell bild för hela månen som presenteras.

Den 18 oktober 1989 sändes den amerikanska rymdsonden Galileo ut för att utforska Jupiter och dess planetsystem. Rymdsonden nådde Jupiter år 1995 under december, där den tog bilder och gjorde mätningar. Gällande Europa har rymdsonden [8][2] gett data som pekar på att en vattenocean döljer sig under Europas yta (som troligen är täckt av is).[9] Närbilder från sonden har även visat att ytan består av parallella åsar och dalar i ett komplicerat mönster, vilket visar att ytan har brutits upp vid flera tillfällen. Detta tros ha skett genom att plattor har rört sig och sedan, i ett nytt mönster, frusit fast.[2]

Uppskattningar om djupet av vattenoceanen varierar – från några få kilometer till nästan 200 kilometer.[10] I de flesta artiklar som arbetet baserats på har det stått ca 100 km. Djupet av oceanen har – som vi vet från formeln – direkt bäring på vilket tryck som de möjliga organismerna kan komma att möta. Satelliten har även visat att månen har en differentierad inre struktur, med en tät kärna av antingen metall eller sulfider och en mantel av sten.[11]

För att räkna ut trycket kan man som sagt använda formeln . I detta fall antar vi att densiteten är densamma som för vatten (1000 kg/m^3). Europas gravitationskraft[9], g , ligger på $1,33 \text{ m/s}^2$ och den största uppskattningen av vattenoceanens djup ligger på 200 km. Med den största möjliga tjockleken ligger trycket på 266 MPa. Trycket avtar – förutsatt att densiteten och gravitationskraften är lika stor överallt – med 266 kPa per meter.

Europas densitet ligger på ca $3,02 \text{ g/cm}^2$, vilket pekar på att den övervägande beståndsdel är sten, inte is. Studier indikerar att månen innehåller radioaktiva, värmeproducerande element. [9][2]



Schematiskt diagram av Europas yta. Många av egenskaperna och processerna är härledda med hjälp av indirekta bevis [12]

Vätskan under Europas iskorpa kan ha en hög salthalt. Med hjälp av observationer på Europas yta med ett instrument, vars spektrala upplösning är ca 40 gånger större än NIMS-instrumentet på Galileo-satelliten, har tydligare observationer på ungefär 150 km över ytan gjorts. Till exempel har MgSO_4 hittats på Europas yta, och tros – på grund av likheter med annat som kommit dit på grund av strålning utifrån – inte vara en av Europas beståndsdelar, utan något som kommit dit på grund av strålning utifrån. I hemisfären är magnesium troligen istället i form av MgCl_2 . En hypotes som har gjorts är att NaCl och KCl är dominanta i icke-is-komponenten i huvudhemisfären.[13]

2.1.1 Process lik plattetektonik?

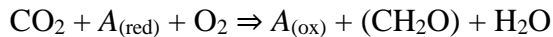
Det finns spekulationer gjorda om att Europa kan vara den enda kända himlakroppen i vårt solsystem – förutom Jorden – som har plattetektonik. Dessa spekulationer är framför allt baserade på hur bilder tagna på månen, visar att stora isplattor glider över varandra. Dessa spekulationer kräver dock mer forskning och det går inte att med säkerhet säga att Europa har plattetektonik.[14]

Plattetektonik är en modell för hur jordens plattor rör sig. Positivt för liv är att plattetektonik skapar cirkulation.[15] Om vattnet på Europa cirkulerar, ger detta fördelar till det möjliga livet, då detta innebär att oxidanter och näringsämnen kan förflyttas från botten av oceanen till de övre lagren. Med andra ord kan avfallsmaterial från tidigare organismer komma upp till nya organismer i form av näringsämnen, och således bilda ett kretslopp.

2.1.2 Energitillgångar

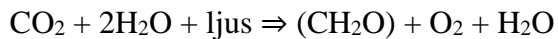
På grund av det stora avståndet till solen, bör de troliga organismerna på Europa kunna klara sig i frånvaro av solljus.

På jorden får mycket av livet sin energi från solen, i vad som kallas en fotosyntes. Det har även hittats en annan process – en så kallad kemosyntes. Dessa processer sker med hjälp av kemisk energi istället för solljus. Den summaformel som finns för kemosyntes är (förenklad):



Elektrondonatorn och energikällan har skrivit som A i formeln, vilken kan vara ett av flera kemiska ämnen. Exempel på dessa är nitrit, kolmonoxid, svavel, svavelväte, ammoniak, vätegas, tiosulfat och järn.

Formeln ovan kan jämföras med en förenklad summaformel för fotosyntes, vilken är:



I diskussionen står mer om hur denna information kan användas.[16][17]

2.2. Miljöer på Jorden

2.2.1 Antarktis

Antarktis är en kontinent vars temperatur är väldigt låg. Medeltemperaturen av den varmaste månaden ligger på mindre än 0°C . $-89,5^\circ\text{C}$ är den kallaste temperaturen som hittills har uppmäts i Antarktis inre delar, vilka har de kallaste klimaterna på Jorden. Där ligger medeltemperaturen under de mörkaste månaderna på mellan -60 och -70°C och medeltemperaturen under den varmaste månaden ligger på mellan -25 och -35°C .[18]

För att beskriva platser på Jorden vars miljöer påminner om månen Europa redogörs här för en del miljöer på Antarktis.

2.2.1.1 Vostoksjön

Vostoksjön är en subglacial sjö i östra Antarktis. Att den är subglacial innebär att den befinner sig under en glaciär. Sjön är 240-250 km lång, 50 km bred och mer än 1200 m djup.[19] Den ligger ca 500 m under havsytan, vilket motsvarar 3750 m under istäcket (eftersom istäcket ligger ovanför havsytan). Vad som kategoriserar denna extrema miljö är högt tryck (40 MPa), lite kol och andra ämnen (mycket låg halt näringsämnen), isolation, totalt mörker och ett sannolikt överskott av syre i vattnet som funnits under miljontals år. Temperaturen i vattnet ligger på ca -3°C , vilket på grund av det höga trycket ligger över fryspunkten.

Trots den låga vattentemperaturen har man i en studie, med utgångspunkt från studiens resultat, spekulerat i att det troligen finns en biosfär någonstans under sjön, där temperaturen är hela 50°C .[20]

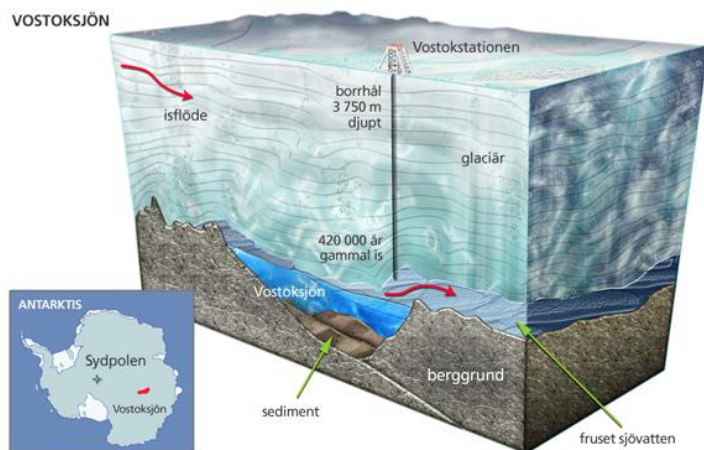


Bild på Vostoksjön[19]

2.2.1.2 Adelie Land

Ökoloni på Antarktis (mer specifik information kunde inte hittas).

2.2.1.3 McMurdo Dry Valley Area

Denna plats är kall, extremt torr och blåsig. Årsmedeltemperaturen ligger på $-19,8^{\circ}\text{C}$ och årsnederbörden ligger på mindre än 100 mm, vilket innebär att väldigt lite vatten finns på platsen. [21]

2.3 Mikroorganismer på Jorden

Tidigare har Europaliknande platser på Jorden diskuterats.

Direkta ledtrådar om hur livet uppstod på Jorden har tyvärr försvunnit på grund av bland annat plattetektonik, ständigt närvarande rinnande vatten, ultraviolett strålning från solen och det syre som producerats av levande organismer. Ändå finns det flera spekulationer om hur det jordiska livet kan ha uppstått och utvecklats.

Primitivt liv på Jorden tros ha uppstått för cirka 4 miljarder år sedan i flytande vatten[22], vilket är ca 600 miljoner år efter att man idag tror att Jorden skapades.[23]

2.3.1 Arkéer och svampar

De arkéer och svampar som tas upp har hittats på områden som det ovan står skrivet om. Därmed skrivs ingen utförlig information om vad dessa organismer tål, i och med att det redan har skrivits om de förhållanden de har hittats på, vilka de såklart klarar av.

En av de viktigaste egenskaperna hos mikroorganisimerna är att de skall klara av att leva under låga temperaturer, med tanke på Europas låga temperatur. Pshychrobacter är särskilt kända för att klara av att leva under väldigt låga temperaturer.

I och med att spekulationer om att Europas vattenocan innehåller mycket salt, är det fördelaktigt att se på organismer med en tolerans mot höga salthalter. I bilden nedan jämförs

tolerans för salthalter, beroende på vilka grupper organismerna tillhör. $a(\text{H}_2\text{O})$ är vattenaktiviteten, som anger vattnets partialångtryck i en substans dividerat med vattnets standardtillstånd. [24]

Toleranser till salthalter till mikrobiologisk aktivitet	
	<i>Tolerans</i>
Flesta bakterier och arkéer	$a(\text{H}_2\text{O}) > 0,9$
Extrema bakterier och arkéer	$a(\text{H}_2\text{O}) \sim 0,70$
Flesta svampar	$a(\text{H}_2\text{O}) > 0,85$
Extrema svampar	$a(\text{H}_2\text{O}) \sim 0,60$

[25]

Högre vattenaktivitet [$a(\text{H}_2\text{O})$] innebär – på grund av osmos – lägre salthalt. Som synes i bilden har de flesta bakterier högst vattenaktivitet, medan extrema svampar har lägst.

2.3.1.1 Hydrogenophilus thermoluteolus

Hydrogenophilus thermoluteolus har med hjälp av borrhittats i ett 3 km djup i den subglaciala Vostoksjön. De prover som tagits upp indikerar att området under de senaste 15 miljoner åren har varit avskild från omgivningen. I och med att arkén har hittats på en miljö med totalt mörker, innebär detta att den kan växa utan ljus. Det bör noteras att resultaten kan vara felaktiga på grund av brist på renlighet. [20]

2.3.1.2 Psychrobacter

Psychrobacter är astrobiologiskt intressanta arkéer då de klarar av att leva under väldigt låga temperaturer.

2.3.1.2.1 Psychrobacter adeliensis och Psychrobacter salsus

Psychrobacter adeliensis och P. salsus har hittats i isprover på Geologie Archipelago, Adelie Land, på Antarktis. [26]

2.3.1.2.2 Psychrobacter aquaticus

Denna psychrobacter har hittats på McMurdo Dry Valley Area på Antarktis. [27]

2.3.1.2.3 Andra exempel på psychrobacter

Psychrobacter arenosus, P. celer, P. cibarius, P. cryohalolentis, P. fozii, P. frigidicola, P. glacialis, P. glacincola, P. aff. glacinola 4.21, P. aff. glacinola A1/C-aer/OII, P. halophilus, P. immobilis, P. jeotgali, P. luti, P. marincola, P. maritimus, P. namhaensis, P. nivimaris, P. okhotskensis, P. pacificensis, P. phenylpyruvicus, P. proteolyticus, P. psychrophilus, P. pulmonis, P. submarinus, P. urativorans, P. vallis och P. sp.

2.3.1. 3 Thelebolus microsporus

Thelebolus microsporus är en svamp som har hittats på Antarktis. Som nämnts tidigare är det svampar som klarar av högst salthalt Dess optimala temperatur ligger på 4°C och kan växa i en miljö med en salthalt på upp till 6% NaCl.[28]

3. Resultat

3.1 Tabell

I tabellen nedan visas en övergripande bild av vad som har gått igenom i arbetet. Under ”Övriga delar, Antarktis” står väldigt lite information, då dess olika platser är väldigt varierade.

	Europa under isen	Vostoksjön	Adelie Land	McMurdo Dry Valley Area	Övriga delar, Antarktis
Temperatur	210-270 K	270, 15 K	?	ca 253,35 K	183,7-273,15 K
Salthalt	Okänt	?	?	?	–
Tryck	266 MPa	40 MPa	?	?	–
Cirkulerande vatten?	?	?	?	Nej?	–
Hittade mikroorganismer	–	Hydrogenophilus thermoluteolus	Psychrobacter adeliensis, P. salsus	Psychrobacter aquaticus	Thelebolus microsporus

4. Diskussion

4.1 Resultat diskussion

Studier talar för att Europa har en skorpa med en vätskeocean under. I arbetet antas att denna ocean till huvudsak består av vatten. Eftersom oceanen under isskorpan tros ligga på en temperatur som är under fryspunkten för vatten, kan det tänkas att oceanen har en hög salthalt, eftersom en högre salthalt sänker fryspunkten. Den grupp mikroorganismer som var mest tåliga för hög saltkoncentration var extrema svampar. Den svamp som togs upp i arbetet var Thelebolus microsporus och klarade av en salthalt på upp till 6 % NaCl.

Tidigare uppskattades det största trycket i oceanen, vilket var 266 MPa. Trycket i Vostoksjön ligger på ca 40 MPa, vilket ligger inom det uppskattade tryckintervallet på Europa. Övriga tryck togs inte upp, men i och med att trycket i Vostoksjön var förhållandevis högt, bör även de tryck som de andra mikroorganismerna lever inom ligga innanför Europas tryckintervall.

McMurdo Dry Valley Area har ett väldigt torrt klimat, och därmed kan det argumenteras att detta klimat inte bör tas upp i ett arbete som fokuserar på Europa. Dock vet man inte med

säkerhet om flytande vatten finns på Europa, och därför är det fördelaktigt att även nämna ett område utan vatten. Att temperaturen är extremt låg, visar också att liv även kan överleva i de allra kallaste klimaten. Temperaturen visade sig ligga på ca 253,35 K, vilket ligger inom Europas temperaturintervall. Vostoksjöns temperatur låg däremot något över Europas naturintervall.

Plattektik har varit en stark fördel för det jordiska livet, på grund av att det orsakar cirkulation i vattnet, vilket leder till ett kretslopp, där avfallsämnen glider upp till ytan i form av näringsämnen till andra organismer. I framtiden kommer troligen frågan om ifall Europa också har plattektik att vara besvarad. Skulle det visa sig att Europa har plattektik, skulle det innebära en ökad chans till att ett kretslopp skulle kunna ta form under Europas isskorpa.

Vad gäller de troliga organismernas energitillgångar, stod det tidigare att det troligen rör sig om kemosyntetiska processer. För att samma process som stod skriven som den summaformel som stod skriven tidigare, måste kol, syre väte och nitrit, kolmonoxid, svavel, svavelväte, ammoniak, vätgas, tiosulfat eller järn finnas på månen Europa, och beroende på vad som kan hittas där i framtiden, kan det avgöras om en sådan process kan ske. Det kan också tänkas att svavel i viss mån kan ersätta syre, som för cyanobakterier i fotosyntesen:



4.1.1 Framtida studier

För att få en tydligare bild om vad det är för liv som kan tänkas finnas under Europas istäcke behövs mer studier om Europas kemiska samt fysikaliska förhållanden. Vad gäller de kemiska ämnena kan till exempel ett borrhål göras med hjälp av en rymdsond, som sedan tar med sig prover till Jorden som därefter analyseras. Att få tag på kemiska ämnen i det översta islagret kan ge mycket information inför framtida forskning, men med tanke på att det kan finnas andra ämnen under isen, rekommenderas att ett så djupt borrhål som möjligt görs. Exempelvis kan det i djupare delar av Europa finnas metaller, som på grund av sin tyngd inte kunnat ta sig ända upp till isskiktet. Vetenskapen om de kemiska ämnena på Europa ger också mer fysikalisk information. Till exempel ger det mer information om vad trycket kan ligga på.

Även arkéer och svampar är ett nytt forskningsområde. Med tanke på de extrema klimat som de kan överleva på, skulle mer om dessa organismer ge mer information att jobba med för astrobiologer. Intressant vore att få reda på mer om dessa organismers till exempel metabolism och vad det är som gör att de är mer tåliga än andra organismer.

4.1.2 Varför informationen är viktig

Astrobiologi är ett ämnesområde som växer sig allt större. Vad detta ämnesområde handlar om är att med olika verktyg försöka leta reda på liv utanför jorden. Det enda man i nuläget kan utgå ifrån är livet på Jorden. Skulle det visa sig att Europa hade liv, skulle platser att

jämföra öka. Med mer information kan mer komplicerade metoder för att hitta liv i Universum utvecklas, vilket kan leda till upptäckter av mer komplicerade livsformer.

Att inte hitta tecken på liv på Europa är också en upptäckt, eftersom det skulle innebära mer information om vad det är som förhindrar livet från att uppkomma. Beroende på vad som hittas eller inte hittas på Europa i framtiden, kan en jämförelse mellan liknande miljöer på jorden användas för ökad kunskap om levande organismer. Till exempel kan denna information användas för att avgöra hur livet startade på jorden.

4.2 Slutsatser

Med den information som finns, kan det sägas att mycket av Europas miljöer påminner om vissa Antarktiska miljöer. Om Europa har samma förutsättningar som Jorden för övrigt, kan det tänkas att liknande mikroorganismer som nämnts tidigare kan uppkomma. För att veta med säkerhet behöver dock mycket mer forskning göras.

4.3 Metoddiskussion

Den metod som har använts i detta arbete har varit att leta efter information i artiklar och på nätsidor. Nackdelen med detta är att det kan – trots noggrannhet – ha missats en del information. På grund av att ämnet är nytt, kan mycket av den information som hittats ha varierat.

Om mer arbetstid hade funnits, hade en något bättre metod kunnat vara att åka till en institution som är verksam inom antarktisk biologi, och där göra något mer experimentellt. Vad som gör denna metod något bättre, är att arbetet blir mer eget och att det ger mer nytta inför framtida projekt.

4.4 Källdiskussion

De källor som har använts har varit vetenskapliga artiklar samt andra hemsidor. I och med att vetenskapliga artiklar – i de allra flesta fall – måste bli granskade av experter innan de publiceras, bedöms de som mest trovärdiga. Populärvetenskapliga tidskrifter kan många gånger ha riktig information, men denna har inte alltid hög vetenskaplig kvalitet. I och med att populärvetenskap framför allt skall vara intresseväckande, är det troligt att information många gånger har överdrivits. Till exempel kan en ej bevisad hypotes framstå som en ny, vetenskaplig upptäckt.

Övriga internetsidors information behöver oftast inte vara granskad för att bli publicerade, vilket leder till lägre trovärdighet.

4.5 Utvärdering

Detta arbete var från början betydligt bredare, vilket gav komplikationer genom att det skulle ta för lång tid att utföra. Med hjälp av handledare och fördjupad information blev arbetet senare mer fokuserat och lättare att utföra. En nackdel med arbetet har framför allt varit

bristen på information, vilket har lett till att mycket tid lagts på letande. Det har dock varit intressant och har lett till mer kunskap som kan behövas inför framtida forskningsprojekt.

Tack

Tack till min handledare Olof Dahl, som har guidat mig och gett goda råd.

Källor

[1] 2010 Quotes. Goodreads foundation. <https://www.goodreads.com/work/quotes/615175-2010-odyssey-two>

[2] Europa. <http://www.ne.se/lang/europa/165386>, Nationalencyklopedin, hämtad 2014-09-26.

[3] <http://labs.adsabs.harvard.edu/wiki/doku.php>, hämtad 2014-09-23

[4] http://labs.adsabs.harvard.edu/adsabs/search/?q=%20abs%3A%22europa%22%20abs%3A%22life%22%20abs%3A%22probability%22&month_from&year_from=2010&month_to&year_to=2014&db_f=astronomy&nr&article=1&bigquery&re_sort_type=RELEVANCE, hämtad 2014-09-23

[5] http://www.ub.gu.se/sok/tidskrifter/?param_pattern_value=icarus, hämtad 2014-09-23

[6] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>, hämtad 2014-09-23

[7] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>, hämtad 2014-09-23

[8] Nationalencyklopedin, Galileo, <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/galileo>, hämtad 2015-03-03

[9] Melosh H.J. et al., "The Temperature of Europa's Subsurface Water Ocean", insänt till Icarus, januari 2003.

[10] Marion Giles M. et al., "The Search for Life on Europa: Limiting Environmental Factors, Potential Habitats, and Earth Analogues", Astrobiology, Volume 3, Number 4, 2003, s. 792-794

[11] Kargel Jeffrey S. et al., "Europa's Crust and Ocean: Origin, Composition, and the Prospects for Life", Icarus 148, 226 –265, 2000, s. 227

[12] Marion Giles M. et al., "The Search for Life on Europa: Limiting Environmental Factors, Potential Habitats, and Earth Analogues", Astrobiology, Volume 3, Number 4, 2003, s. 793

[13] http://iopscience.iop.org/1538-3881/145/4/110/pdf/aj_145_4_110.pdf 2014-10-31

[14] Wall, Mike.(2014). "Jupiter's Moon Europa May Have Plate Tectonics Just Like Earth". Purch. Hämtad: 2015-01-20. <http://www.space.com/27059-jupiter-moon-europa-plate-tectonics.html>

- [15] Nationalencyklopedin, platteteknik,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/platteteknik>, hämtad 2015-01-20
- [16] Nationalencyklopedin, kemosyntes,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kemosyntes>, hämtad 2015-04-17
- [17] Nationalencyklopedin, fotosyntes,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/fotosyntes>, hämtad 2015-04-17
- [18] Nationalencyklopedin, Antarktis,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/antarktis>, hämtad 2015-02-01
- [19] Nationalencyklopedin, Vostoksjön,
<http://www.ne.se/ezproxy.ub.gu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vostoksjön>, hämtad 2014-10-31
- [20] Bulat Sergey A. et al., “Searching for life in extreme environments relevant to Jovian’s Europa: Lessons from subglacial ice studies at Lake Vostok (East Antarctica)”, *Advances in Space Research*, Volym 48, Issue 4, 16 augusti 2011, s. 697-699
- [21] McMurdo Dry Valleys, Climate,
<http://www.mcmurdodryvalleys.aq/environment/climate>, hämtad 2015-01-31
- [22] Brack A., “Life in the solar system”, *Advances in Space Research*, Volym 24, Issue 4, 1999, Pages 417-433
- [23] Nationalencyklopedin, jorden, <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/jorden>, hämtad 2015-02-01
- [24] Nationalencyklopedin, vattenaktivitet,
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vattenaktivitet>, hämtad 2015-04-17
- [25] Marion Giles M. et al.,” The Search for Life on Europa: Limiting Environmental Factors, Potential Habitats, and Earth Analogues”, *Astrobiology*, Volume 3, Number 4, 2003, s. 787-788
- [26] Shivaji S. et al.,”*Psychrobacter salsus* sp. nov. and *Psychrobacter adeliensis* sp. nov. Isolated from Fast Ice from Adelie Land, Antarctica”, *Systematic and Applied Microbiology*, Volym 27, Issue 6, December 2004, Pages 628-635
- [27] Reddy Gundlapalla Satyanarayana et al., “Draft Genome Sequence of *Psychrobacter aquaticus* Strain CMS 56^T, Isolated from a Cyanobacterial Mat Sample Collected from Water Bodies in the McMurdo Dry Valley Region of Antarctica”, *Genome Announcements*, 7 november 2013
- [28] Anupama P.D. et al., “A psychrophilic and halotolerant strain of *Thelebolus microsporus* from Pangong Lake, Himalaya”, *Mycosphere Doi*, Volym 2, Issue 5, Pages 601-609, 2011