

# BOMULL ELLER ALGER

En jämförelse av materialens miljöpåverkan  
samt dess egenskaper

Examensarbete - kandidat  
Textil produktutveckling och entreprenörskap

Ellen Johansson  
Kelly Gelevska

Uppsatsnummer: 2019.12.14



TEXTILHÖGSKOLAN  
HÖGSKOLAN I BORÅS

# Förord

Denna rapport är ett examensarbete efter den treåriga utbildningen, Textil Produktutveckling och Entreprenörskap. Arbetet har genomförts av studenterna Ellen Johansson och Kelly Gelevska under vårterminen 2019.

Tack till Högskolan i Borås, Textilhögskolan för en treårig utbildning som nu förberett oss för ett arbetsliv inom den textila branschen. Tack till handledare Åsa Haggren och opponentgruppen för vägledning under arbetets gång.

Vi har erhållit mycket stöd från nära och kära som har inspirerat och stöttat oss när vi har haft det svårt. Ett stort tack vill vi även ge till varandra. Våra gemensamma ambitioner och kunskaper har möjliggjort ett slutresultat som inte varit möjligt utan den ena eller andras medverkan.

---

Ellen Johansson  
2019-06-05

---

Kelly Gelevska  
2019-06-05

**Svensk titel:** Bomull eller alger: En jämförelse av materialens miljöpåverkan samt dess egenskaper.

**Engelsk titel:** Cotton or algae: A comparison of the materials environmental impact and its characteristics.

**Utgivningsår:** 2019

**Författare:** Ellen Johansson och Kelly Gelevska

**Handledare:** Åsa Haggren

# Sammanfattning

Nya ideer, ny teknik och nya fibrer, möjligheterna är oändliga. Det krävs att den textila industrin förändras för att stoppa de farliga miljöutsläpp som sker idag. Bomull är ett av de mest använda och populära material på grund av dess egenskaper. Trots den stora utveckling som har skett, är miljövänlig bomull fortfarande ett icke hållbart material. Ny forskning har visat att alger kan bearbetas och bilda, tack vare sin cellulosa, ett textilt material.

Denna studie syftar till att ta reda på huruvida textilt material baserat på algers cellulosa och bomull skiljer sig åt i dess egenskaper. Undersökningen innefattar också en miljömässig analys som presenterar om ett materiellt byte från bomull till alger är önskvärt.

Resultatet har tagits fram tack vare en litteraturstudie samt en mailintervju med ett forskningsföretag som arbetar med att framställa textila material baserat på algers cellulosa. Det har tydligt framgått att framställningen av ett textilt material baserat på algens cellulosa är en mer miljövänlig process än att tillverka textilt material av bomull. Resultatet har också visat att det finns en del gemensamma egenskaper mellan materialen men även egenskaper som skiljer dem åt.

Studien har tydligt visat att alger kan vara en del av framtidens fibrer, dock krävs det fortsatt forskning inom området för att det verkligen ska bli ett material att räkna med.

**Nyckelord:** Bomullens egenskaper, algers egenskaper, bomull eller alger, alger och bomullens påverkan på miljön.

# Abstract

New ideas, new technologies and new fibers, the possibilities are endless. It is necessary that the textile industry change to stop the hazardous environmental emissions that are currently taking place. Cotton is one of the most widely used and popular material because of its characteristics. Despite the great developments that have taken place for more environmentally friendly cotton, it is still an unsustainable material. New research has shown that algae can be processed and formed thanks to its cellulose, into a textile material.

This study aims to find out whether textile materials based on algae cellulose and cotton differ in its properties. The survey also contains an environmental analysis that presents whether a material change from cotton to algae is desirable.

The result has been produced thanks to a literature study and an interview with a research company that works with producing textile material based on algae cellulose. It has been cleared that producing a textile material based on algae cellulose is a more environmentally friendly process than making textile materials from cotton. The result has also shown that there are some common properties between the materials, but also properties that distinguish them.

The study has clearly shown that algae can be a part of the future fibers. However, continued research in the area is needed for it to really become a material to count on..

**Keywords:** Cotton characteristics, Algae characteristics, Cotton or Algae, Environmental impact of cotton and algae.

# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund	7
1.2 Problemformulering	8
1.3 Syfte	9
1.4 Frågeställning	9
1.5 Avgränsningar	9
<b>Metod</b>	<b>10</b>
2.1 Intervju	10
2.1.1 Mailintervju	10
2.1.2 Skypeintervju	11
2.2 Datainsamling	11
2.3 Metodkritik	12
2.3.1 Relevans	12
2.3.2 Validitet	12
2.3.3 Reliabilitet	12
2.3.4 Etiska aspekter	12
2.3.5 Miljöaspekter	13
2.4 Källkritik	13
<b>Teoretisk referensram</b>	<b>14</b>
3.1 Bomull	14
3.1.1 Produktion ur ett miljöperspektiv	14
3.1.1.1 Odling	14
3.1.1.2 Skördning	15
3.1.1.3. Spinning	15
3.1.1.4 Färgning	15
3.1.2 Egenskaper	16
3.2 Alger	17
3.2.1. Växtproduktion	17
3.2.2. Skördning	18
3.2.3 Framställning av det textila materialet	18
3.2.4 Färgning	20
3.2.5 Egenskaper	21
3.2.6 Bruna alger	21
3.2.6.1 Kelp	22
3.2.7 Gröna alger	23
3.2.7.1 Cladophora	23
<b>Resultat</b>	<b>25</b>
4.1 Miljö	25
4.2 Egenskaper	26

4.3 Intervju	27
4.3.1 Mailintervju	27
4.3.2 Skypeintervju	27
<b>Diskussion</b>	<b>28</b>
5.1 Miljöskillnader	29
5.1.1 Odling	30
5.1.2 Skördning	30
5.1.3 Spinning	31
5.1.4 Färgning	31
5.2 Egenskaper	32
5.2.1 Estetik och komfort	32
5.2.2 Slitstyrka och retention	32
5.2.3 Övriga egenskaper	33
5.3 Etiska aspekter	33
<b>Slutsats</b>	<b>34</b>
6.1 Vårt bidrag	34
6.2 Vidare studier	35
<b>Källförteckning</b>	<b>36</b>
Bilaga 1 Inquiry	42
Bilaga 2 Information	42
Bilaga 3 Research questions	43

# 1. Inledning

*Inledningen engagerar och informerar läsaren om ämnet. Den innehåller en bakgrund till ämnet, en problemformulering som följs utav ett syfte och en frågeställning, samt även vilka avgränsningar som utgör arbetet. Under inledningen får läsaren en överblick över arbetet.*

---

## 1.1 Bakgrund

Nya ideer, ny teknik och nya fibrer, möjligheterna är oändliga. Idag är den textila branschen en av världens största industrier, men också en av världens mest miljöfarliga branscher (Chieza, 2017). Det krävs att branschen utvecklas för att stoppa de miljöutsläpp som textilindustrin idag står för. Varje dag utvecklas forskningen för att förbättra och skapa ett nytänkande inom den textila industrin, rörande ämnen som att stoppa massproduktionen, minska på miljöfarliga utsläpp, vatten- och kemikalieanvändningen samt förbättra arbetsvillkoren. Ett steg för att förändra den textila industrin till en mer miljövänlig bransch är att produktionen skiftar från man-made<sup>1</sup> till grow-made<sup>2</sup> fibrer som är en ny klassgrupp inom den textila världen.

Alger är en råvara där algens cellulosa utvinns för att bilda en fiber (I detta arbete definieras alger som ett textilt material i de delar där det är relevant). Ny forskning har väckt intressen inom modevärlden och inspiration till att vidareutveckla hållbarhetsfrågor. H&M foundation har etablerat ett pris, kallat Global Change Award, för att inspirera och påskynda övergången från en linjär till en cirkulär modeindustri i syfte att skydda planetens och människors levnadsförhållanden (A. H&M Foundation, u.å.). Genom att hitta alternativa material har andra aspekter kring val av material framkommit. Alga Life är ett forskningsföretag som vann Global Change Award år 2018 (B. H&M Foundation u.å.). De utforskar nya material som har en positiv påverkan på både miljön och människans hud. Helhetssynen på hållbar utveckling av nya material handlar om att upptäcka relationen mellan biologi, teknik, människa och natur där alla är integrerade med varandra för att skapa nya hållbara lösningar inom modebranschen. Syftet är att från mikroorganismer kunna utveckla förnybara, hälsosamma och innovativa pigment, samt fibrer som kan revolutionera och förändra den textila industrin (Alga Life, 2018).

Under senare decennier har mängden alger ökat i Östersjön, vilket orsakas av den övergödning som sker i dagsläget (Gubelit & Berezina, 2010). Det finns vidare bakterier som näringsför sig på den ökande mängden alger, vilka suger upp syre ur vattnet och därigenom skadar det marina ekosystemet (NASA, 2005) Detta resulterar i en kritisk miljö för det marina ekosystemet, vilket textilbranschen har möjlighet att förbättra genom att utnyttja de biologiska egenskaperna hos alger för att utav dessa framställa hållbara fibrer. Tidigare forskning har påvisat att alger kan genomgå en viss process som omvandlar algen till textilfibrer. En av de vanligaste arterna av de gröna algerna som finns i Östersjön kallas *Cladophora glomerata* (Ólafsson, Aarnio, Bonsdorff & Arroyo, 2013). *Cladophora glomerata* innehåller 70 procent cellulosa som kan användas för att utveckla textila fibrer (Mir, et al.,

---

<sup>1</sup> Fiber skapade via en kemisk process.

<sup>2</sup> Fiber skapade via naturligt råmaterial.

2019). Detta ger en stor potential till att byta ut bomullen och på så sätt öka förutsättningarna till en mer miljövänlig modebransch.

## 1.2 Problemformulering

Bomull har länge varit ett medvetet miljöproblem inom den textila industrin (Solér et al., 2019). Olika sorters bomull har utvecklats för att framstå som "hållbar", men finns det egentligen hållbar bomull? BCI (better cotton initiative) och ekologisk bomull är bomull som odlas på två olika sätt men som konkurrerar med varandra som "hållbara" (Solér et al., 2019). I en undersökning genomförd 2017 av Sustainable Cotton Ranking visades att IKEA var ett av de företagen som hamnade högst upp på listan gällande hur mycket bomull de använder, tätt följda av H&M och Nike på femte respektive sjätte plats. Av den bomull som IKEA använder är 77 procent klassificerat som BCI bomull (Tyrell et al, 2017). På grund av BCI bomullens billiga priser, ökade produktionen med 45 procent under 2018 och som en följd av detta har den ekologiska bomullen halverat produktionen sedan 2010 (Solér et al, 2019). Denna fakta kan anses vara en steg mot en mer hållbar textilindustri, men faktum är att BCI bomull inte är hållbar och därav inte kan konkurrera som hållbar inom modeindustrin. De kemiska bekämpningsmedlen för BCI odlingen är ett problem. Trots att den har minskat på många ställen så påverkar dessa bekämpningsmedel den biologiska mångfalden samt människors hälsa negativt. Dessutom är 95 procent av all BCI bomull som produceras i Indien, genmodifierad<sup>3</sup>. Detta medför till exempel en ökad spridning av skadedjur och utgör på så sätt ohållbara effekter (Solér et al, 2019). Om bomull som är klassificerad som hållbar inte håller kriterierna, har det då samma miljöpåverkan som den konventionella bomullen?

Konventionell bomullen är ett av de material som anses vara minst hållbar inom textilbranschen. Att ersätta bomullen med ett material, exempelvis alger, minskar den negativa påverkan på miljön. Detta kan bli räddningen för dagens miljöfarliga textila industri. Men är detta materialbyte möjligt och kan alger ge de egenskaper som gör bomullen så populär?

Alger spelar en viktig roll i ekosystemet, bland annat för vattenlevande djur som stödjer allt fiske i oceaner och inlandet. Alger producerar cirka 70 procent av all luft som andas in av människor. Människor tar in syre i lungorna och andas ut koldioxid medan alger absorberar koldioxid och släpper ut syre. Men i dagens läge är utbudet av alger väldigt stort och det marina ekosystemet är i en allvarlig livshotande situation (Whitton, 1994). Detta beror på att tillväxten orsakar en överdriven blomning av gröna alger vilket betyder att vattnets genomskinlighet minskar och de arter som växer på botten lider av brist på solljus. När dessa alger åldras och dör, ligger de kvar vid vattenytan och bildar täta mattor. Mattorna av trådlösa alger faller tillslut ner till havsbotten där de bryts ner av bakterier (Mihrianyan, 2010). Den överdrivna algblomningen gör det också svårare för fisk och annat marint liv att trivas i vattnet (NASA, 2005).

Genom att använda överskottet av alger och omvandla det till råmaterial för fiberframställning, kan det rädda sjöar och hav från försämrade vattenkvalité (Gubelit & Berezina, 2010). Forskning visar att stora mängder av alger har ökat på norra halvklotet.

---

<sup>3</sup> Förändring i levande organismers DNA med direkta ingrepp.

Östersjön är ett av områdena som är hårt drabbade (Hickok & Writer 2018). Den forskningslucka som undersöks grundas i att undersöka om alger och bomull är jämförbara ur dess egenskaper samt om textilt material baserat på alger kan

### 1.3 Syfte

Denna kandidatuppsats syftar till att ta reda på om det är önskvärt ur ett miljöperspektiv att använda alger som råmaterial i en textil fiber istället för bomull. Rapportens innehåll kommer också studera och diskutera huruvida bomullens egenskaper skiljer sig från algers, när den har omvandlats till en textil fiber.

### 1.4 Frågeställning

- I. Hur önskvärt är en övergång från bomull till alger ur ett miljöperspektiv?
- II. Hur skiljer sig egenskaperna mellan fibrer utvunna från alger respektive bomull?

### 1.5 Avgränsningar

För att uppsatsen ska bli så tydlig och rättvis som möjligt har avgränsningar gjorts. Rapporten kommer endast att undersöka:

- 100% konventionell bomull och endast den gröna algen, *Cladophora glomerata* samt den bruna algen, Kelp.
- Miljöaspekterna från odling tills dess att fibern är ett färdigt garn, dvs. odling, skördning, spinning och färgning av garn samt även processen som alger genomgår för att kunna bli ett textilt fiber. Undersökningen kommer inte att ta hänsyn till andra delar i livscykeln av en fiber. Transporter, energianvändning i form av maskiner, rekommenderad användning och tvätt samt återvinning kommer inte undersökas ur ett miljöperspektiv.
- Bomull och alger från olika delar av världen, alltså inte från ett specifikt ställe eller område. Dock är olika områden omnämnda men det är inget som har tagits hänsyn till.
- Etiska problem som exempelvis mänskliga rättigheter kommer inte att undersökas under arbetets gång.
- Generella mått på egenskaper och miljöpåverkan. Det kommer inte under arbetets gång att sökas efter specifika siffror på miljöförstörelsen eller egenskapers mått. Detta beror på att dessa mått inte kommer kunna jämföras med alger då den informationen inte finns att hämta.

## 2. Metod

*Metodkapitlet redovisar vilka metoder som har använts för att få fram resultatet som presenteras i rapporten. Kritisk diskussion förs kring metodologiska valen och effekten av dessa.*

---

I detta arbete används teoretiska metoder, dvs. en deduktiv metod via en litteratursökning som utgår från befintliga teorier och forskning. Litteratursökning grundar sig i att sammanställa litteratur som finns inom området och som är relevant för studien (Backman 2016, s.74). Praktiska metoder via en abduktiv metod har inte varit möjliga då resurser och teknik för att skapa ett textilt material baserat på algers cellulosa ännu inte finns tillgängliga. Den andra metoden som har genomförts är en kvalitativ mailintervju samt en semistrukturerad skypeintervju med två olika forskningsbolag arbetar med alger som ett textilt fiber.

För att få en förståelse om arbetets syfte och problemformulering har stor vikt lagts på att undersöka tidigare forskning som redovisas under teoretisk referensram. Den största delen av den teoretiska referensramen utgörs av information från vetenskapliga artiklar. Detta beror på att vetenskapliga artiklar innehåller den senaste forskningen kring ett ämne eller ett publicerat problem. Det är inte vilka vetenskapliga artiklar som helst som får användas, utan omfattar vissa krav enligt bestämda regler. De ska redovisa ny kunskap, vara möjliga att granska, blivit bedömda och även publicerats på engelska (Friberg 2006, s.37-39). Detta innebär att det blir extra viktigt att belysa den vetenskapliga metod som ligger till grund för forskningen, för att säkerställa att informationen som framställs är rätt.

Det har under arbetets gång blivit påtagligt att det finns mer fakta och information om bomull än vad det gör om alger. Bomull har länge använts som ett textilt material medan processen att omvandla alger till ett textilt material är ny forskning. På grund av att alger är ett nytt råmaterial inom den textila industrin, så finns inte den djupgående kunskap som det finns om bomull. Det är en helt naturlig del av utvecklingen och nödvändigt för att föra sökningarna framåt (Friberg 2006, s.47). Därför har informationssökningen främst bestått i att hitta så mycket fakta som möjligt om alger och det har lagts stor vikt i att förklara mer grundlig fakta.

### 2.1 Intervju

Intervjuerna i arbetet utgår från samma förutsättningar där samma frågor används för att kunna jämföra likadana parametrar i resultatet. Under båda intervjuerna har både företaget och intervjupersonerna anonymiserats för att inte bidra till etisk problematik.

#### 2.1.1 Mailintervju

En kvalitativ mailintervju genomförts med ett av två kända forskningsföretag som arbetar med alger (se bilaga 1, *Inquiry*). Mailintervju är ett tillvägagångssätt inom den kvalitativa metoden (Ryen 2004, s.195). Salmons (2010, s.28) påstår att detta tillvägagångssätt är tidseffektivt samt att personen som intervjuas erbjuds möjligheten att reflektera över vilka

svar hen ska ge. Denna möjlighet finns inte i en intervju som sker i realtid. Metoden är lämplig för studien då forskaren själv kan välja vad hen får dela med sig av. Att det är viktigt i detta perspektiv beror på att det kan vara känsligt att kontakta nya forskare inom ämnet samt att informationen kan vara konfidentiell.

Mailintervjun startade med att ett mail som sändes ut med en förfrågan om en telefonintervju till företaget. När svaret kom tillbaka var det för kort tid kvar för att kunna analysera och transkribera en telefonintervju vilket ledde till att frågorna istället skickades till intervjupersonen via e-post. Intervjupersonen är en person som är expert inom textil forskning och hållbar design. Vid förfrågan att använda namn på intervjupersonen samt på företaget var svaret nej, därför kommer vi i denna rapport anonymisera intervjun och kallar i och med detta personen för intervjuperson a. Rekommendationer att först beskriva vad det är för rapport som skrivs samt vilka svar som förväntas, följdes (se bilaga 2, *Information*), (Svenningsson 2003, s.97). Ett dokument med genomtänkta frågor som skulle besvaras bifogas (se bilaga 3, *Research questions*) och efter två dagar kom svaren tillbaka. Frågorna som intervjuperson a kunde svara på bekräftade mycket av den fakta som redan är insamlad vilket skapar en trovärdighet till rapporten.

### 2.1.2 Skypeintervju

För att öka trovärdigheten på studien har en stor del av fortsatt arbete gått till att hitta ett till företag som kan medverka i en intervju och detta med ett positivt utfall. En skype intervju genomfördes med en person som, genom ett företag, har gjort en studentstudie om alger som ett textilt fiber. Intervjun var en semistrukturerad intervju med öppna frågor för att få fram så mycket information som möjligt. Dock kunde inte all information besvaras då intervjuperson B:s studie inte fokuserade på algens egenskaper. Under intervjun angavs samma förutsättningar och samma frågor som under mailintervjun. Detta för att kunna använda samma parametrar i arbetet. Intervjun spelades in, transkriberades och användes som en del av resultatet för arbetet.

## 2.2 Datainsamling

Kunskap har hämtats från litteratur och vetenskapliga artiklar som har sökts fram genom användandet av Google Scholar, Wiley Online Library samt textilhögskolans egna biblioteksdata. Andra pålitliga hemsidor och böcker har också legat till grund för studien.

Det har varit svårt att hitta användbar information då detta ämne är nytt inom forskningen. Sökord som har gett resultat är *cotton and environment*, *cotton production*, *algae textile*, *algae information* samt *Algae future fiber textile*. Utifrån den data som använts har noggrann granskning utförts för att skapa en trovärdig, sannolik och rättvis uppsats. Primärkällor har utgjort den största delen av arbetets litteratur. Dock har källor av sekundär form använts efter kritiskt granskande av dess trovärdighet.

En bok som har varit en stor del av informationen om bomull är *Textiles* (Kadolph 2017). Läroböcker och faktaböcker är ett redskap som används i pedagogiska förtecken och därav ingår som kurslitteratur i en högskoleutbildning och är en viktig kunskapskälla. Det som bör uppmärksammas är bokens aktualitet, dvs. utgivningsår och senaste uppdaterade versionen (Friberg 2006, s.40). "Textiles" som har varit en stor informationskälla under arbetet har en

stor aktualitet då vi har använt den senaste upplagan, skriven 2017. Detta medför att informationen i boken är uppdaterad och ger en tillförlitlighet till källan.

## 2.3 Metodkritik

### 2.3.1 Relevans

Tidigare forskning har visat att alger går att bearbeta och omvandla till ett textilt material. Det finns flertal företag som arbetar med detta. Dock är det två företag, Alga Life och Algiknit som har framgång inom området. Det finns ingen forskning som visar om alger kan etablera sig inom textilindustrin, om dess egenskaper kan konkurrera ut andra material eller om det är önskvärt ur ett miljöperspektiv. I studien jämförs alger mot giganten bomull för att undersöka om algers egenskaper är lika attraktiva som bomullens egenskaper. Det sker även en jämförelse mellan bomullens och algers påverkan på miljön.

### 2.3.2 Validitet

Den data som har samlats in kommer från vetenskapliga källor, läroböcker eller forskningsföretags hemsidor. Stor del av allt material har granskats och jämförts med andra källor för att öka trovärdigheten på källorna. De icke granskade källorna kan inte med säkerhet vara trovärdiga, dock innehåller stor del av den fakta identisk information som de granskade källorna vilket ökar tillförlitligheten på faktan.

### 2.3.3 Reliabilitet

Den forskning som finns är på ett grundligt stadie vilket har gjort det komplicerat att hitta rätt fakta och gemensamma nämnare med bomullen som är en gigant. Det som gjort att studien är genomförbar är att alger har varit en utgångspunkt. Den forskning som finns om alger, är även lätt att finna om bomull. På så sätt har gemensamma nämnare hittats och jämförelsen varit möjlig.

Forskningen om alger är så pass ny att om en ny mätning genomförs kan det ge ett annat resultat. Det beror på att det ständigt sker ny forskning och med nya material kommer även ny fakta. Den fakta som idag finns är legitim, dock kan ny fakta förändra resultatet. Informationen som finns om bomull är inget som kommer att kunna ändras på samma sätt som med alger. Detta beror på att bomullen länge har funnits inom textilindustrin och många tester har genomförts under åren. Det resultat som idag finns är trovärdig dock kan resultat ändras i framtiden vilket skapar en lägre reliabilitet.

### 2.3.4 Etiska aspekter

Den intervju som genomförts i studien har anonymiserats, information om studien samt förväntningar på intervjuaren har även angivits för att inte skapa någon etisk konflikt för företaget (se bilaga 1 och bilaga 2). All insamlad data som erhålls från mailintervjun och skypeintervjun kommer att finnas som underlag i resultatet. Förhoppningarna är att samla få svar från de företag som arbetar med att använda alger som en textilfiber och sedan få tillräckligt med legitim fakta som kan användas under resultatet.

### 2.3.5 Miljöaspekter

Stor del av studien syftar till att ta reda på om alger är önskvärt ur ett miljöperspektiv i en jämförelse mot bomullens miljöpåverkan. Det kan utgöra en klarare bild om textilindustrin kan bli miljövänligare i framtiden.

## 2.4 Källkritik

Det finns källor som är i primär och sekundär form. En primärkälla innebär en källa som kommer till stånd eller en källa som uppmärksammas under projektets gång. Det kan till exempel vara ett protokoll från ett sammanträde. En sekundärkälla är baserat på en primärkälla som tolkas (Bell 2000, s.94). Många av källorna som har använts är av primär form vilket skapar en trovärdighet till fakten. Dock finns det även källor som är av sekundär form vilket ger en minskad tillförlitlighet till fakten. Alla vetenskapliga artiklar, både av primär och sekundär form som har använts under teoretisk referensram är "peer reviewed". Detta gör att fakten på dessa källor ger en hög trovärdighet. Dessutom finns det två eller flera källor som under många tillfällen har identisk fakta.

Fakta har även samlats in från olika företag som Algalife, NASA och Naturvårdsverket. Algalife är ett forskningsföretag som har bevisat att alger går att använda som ett råmaterial och omvandla detta till ett textilt fiber. De har även fått utmärkelser för sin forskning vilket skapar en trovärdighet till källan. NASA och Naturvårdsverket har under många år byggt upp en tillförlitlighet vilket gjort att relevansen för dessa källor ökar.

Alla källor som har använts i arbetet har noggrant granskats, både extern och intern granskning. Den externa granskningen syftar till att analysera om en källa är äkta eller förfalskad, om källan är den den utger sig för att vara samt om källan ger samma bild av det som den beskriver (Bell 2000, s.98). Under åren på Textilhögskolan har mycket information om bomull och miljö blivit till kunskap. Det är en av anledningarna till att fakten om bomull inte varit ett frågetecken om äkthet eller inte. Källorna om alger har inneburit betydligt mer komplicerad granskning. Detta beror på att kunskapen om alger som en textilfiber inte finns i samma utsträckning som bomull. Den största delen av all fakta som har samlats in om alger har varit från vetenskapliga artiklar samt från företag som har upptäckt den nya textila fibern vilket också ökar äktheten på källorna. Dessutom säger även här flera källor liknande eller identisk fakta.

Vid extern granskning analyseras det om författaren är den verkliga upphovsmannen. Denna granskning har baserats på ett antal frågor: "Pålitlighet i vilket avseende?", "Är det en hållbar förklaring av författarens åsikter i en viss fråga?", "Är förklaring med andra ord representativ för dessa åsikter?" (Bell 2000, s.100). Genom att finna termer som är relevanta och som precisa på det området som avses att inventeras. Det gäller att finna söktermer som relaterar till varandra för att kunna ringa in "korrekt" litteratur inom området. Om antalet träffar är stort ges en indikation på att sökningen måste begränsas för att komma åt den relevanta samt mest trovärdiga källan.

---

<sup>4</sup> En process för vetenskapliga publikationer där ämnesexperter läser och granskar arbetet innan de accepteras för publicering.

## 3. Teoretisk referensram

*Under teoretisk referensram ges en överblick om tidigare forskning och erfarenheter. Den är uppdelad i två huvudstycken; miljö och egenskaper.*

---

### 3.1 Bomull

Bomull är den vanligaste textilfibern och står för nästan hälften av världens textilproduktion (Von Zeipel, 2009) och producerar 19 miljoner ton från 33,4 miljoner hektar varje år (Yilmaz, Akcaoz, Ozkan, 2004). Det finns olika sorter av bomull som klassificeras utifrån stapellängd, kvalitet, färg och egenskap. 39 olika kvaliteter av bomullsfibern finns, vilka klassificeras utifrån färgen på bomullen samt hur mycket smuts, lövrest, fröpartiklar och hur mycket döda fibrer som bomullen innehåller. Trots alla olika färger har den största delen av all bomull en krämig vit färg. Bomull är en naturfiber som efter användning går att återvinna och använda samma bomull ännu en gång (Kadolph, 2017).

#### 3.1.1 Produktion ur ett miljöperspektiv

##### 3.1.1.1 Odling

Bomullsodlingen är energikrävande och den största odlingen sker i Kina, Indien, USA, Pakistan och Brasilien (Kadolph, 2017). Att odling av bomull är energikrävande beror på den höga vattenanvändningen, den stora mängd bekämpningsmedel och kemikalier som används (Yilmaz, Akcaoz & Ozkan, 2004). Det går åt ca 9000 liter vatten för odling av 1 kg bomull. Resultatet av denna vattenåtgång har lett till att stora sjöar har torkat ut, ekosystem är förstörda och människor har tvingats flytta på grund av den vattenbrist som uppstår vid bomullsodling. Aralsjön, som ligger i Asien, har blivit näst intill uttorkad vilket har lett till förödande konsekvenser (Kadolph, 2017). 1970 var Aralsjön världens fjärde största sjö med en yta på 67 000 kvadratmeter. Idag är det endast en liten del av sjön som finns kvar. Uttorkningen har bland annat lett till saltstormar som inte bara består av giftiga nivåer av koksalt (NaCl) utan dammet innehåller även bekämpningsmedel som exempelvis hexaklorcyklohexan (HCH) och toxafen. Dessa bekämpningsmedel är cancerframkallande och har i Karakalpakien lett till 25 gånger så många fall av strupcancer än i resten av världen. Dessutom är multiresistent tuberkulos, luftvägsåkommor, medfödda missbildningar och immundefekter några av effekterna av den uttorkade Aralsjön (Synnott, 2015).

Bomullsodlingen kräver också stora mängder gödnings- och bekämpningsmedel. Bekämpningsmedel används främst för att minska angrepp från skadeinsekter och ogräs. Av den totala användningen av bekämpningsmedel i världen står bomullsodlingen för ca 25 procent av all världens förbrukning. Dessutom tillförs även gödningsmedel för att odla så stor mängd bomull på så liten yta som möjligt. Detta bekämpningsmedel skadar levande organismer och påverkar det naturliga kretsloppet då ekosystemet kan förlora viktiga funktioner. Gödningsmedlet påverkar även jorden och försämrar dess markkvalité vilket leder till att jordbrukarna så småningom är tvungna att hitta ny jord att odla på (Naturvårdsverket, 2017).

### 3.1.1.2 Skördning

När bomull ska skördas kan det ske både manuellt eller mekaniskt (Bakhsh, Ahmad, Shanza, Sarfraz, Ishtiaq, 2017). Den mekaniska skördningen sker med hjälp av en maskin och den manuella plockningen sker via arbetare som plockar för hand. Det är den manuella plockningen som är den mest tidskrävande men den bevarar fiber egenskaperna bättre jämfört med mekanisk plockning. Vid manuell plockning utsätts arbetarna för olika faror. Bomullen är ofta besprutad med olika bekämpningsmedel som appliceras några dagar innan plockningen sker. Detta medför att rester från bekämpningsmedlen är närvarande i bomullsfälten vilket resulterar i hälsoproblem bland bönder och lantarbetare (Bakhsh, et al., 2017).

### 3.1.1.3. Spinning

Spinnprocessen startar med "öppningen" (Kadolph, 2017). Bomull packas i stora balar som innehåller mycket smuts. Dessa balar öppnas, renas från smuts och blandar sedan fibrerna. En del av det som tas bort från balarna är även korta bomullsfibrer. Dessa fibrer kasseras, spinns till återvunnet material, blir till fiberkuddar eller andra textila produkter. Att använda detta spillmaterial är en hållbar åtgärd då mindre nytt material behövs produceras (Ibid).

Under kardningen riktas alla fibrer åt samma håll så att de parallelliseras. Detta sker i en maskin som består av "tänder" som hjälper till att rikta fibrerna. Nästa steg, som kallas "dragning", parallelliserar fibrerna ännu mer. I denna process kombineras kardade och kammade fibrer till ett draget "snöre". I dessa steg behövs ingen kemikalieanvändning utan endast energi som kan påverka miljön negativt (Ibid).

Kamning är nästa steg i processen som ger garnet en högre "finhet" samt gör det mjukt, jämnt och starkt. Detta beror på att fibrerna parallelliseras mer och korta fibrer avlägsnas från materialet. Dock är kamning en kostsam process där ca 25 procent av fibrerna blir spillmaterial. Spillmaterial omarbetas och används till garn med korta stapelfibrer vilket innebär att spillmaterial används och blir på så sätt inte en lika stor påfrestning för miljön (Ibid).

Näst sista steget kallas "roving" och i detta steg reduceras den dragna "tråden", ökar parallelliteten samt tillsätter en tvist i tråden. Sista steget är att spinna garnet. Då ökar vridningen och garnet spinns upp på en kon och är sedan färdigt (Ibid).

Vid garnspinning används tillsatser som kallas "conditioning agents" och består av en blandning av mineraloljor och nonjontensider. Mängden av additiver som tillsätts ligger på en mängd mellan 1-10 gram/kilo fiber, i medelvärde 4 gram/kilo fiber (European IPPC Bureau, 2003).

### 3.1.1.4 Färgning

Från odling till 1 kilo färdig bomullstextil, krävs det ca 1 kilo kemikalier. När en annan färg än ursprungsfärgen, krämigt vit, ska upprättas på ett bomullsgarn är det första steget att genomföra en blekning. Att en blekning genomförs på bomullen beror på att kvarvarande föroreningar ska avlägsnas samt att bomullens egna färg ska förstöras (Kadolph 2017). Dessutom får bomullen en högre absorptionsförmåga efter att en blekning har utförts vilket

gör att färgen lättare kan fästas inne i fibern. Det blekmedel som används i största grad är väteperoxid ( $H_2O_2$ ) (Gonçalves. I. Martins M. Loureiro. A. Gomes. A. Cavaco-Paulo. A. Silva. A. 2013). Väteperoxid är ett oxiderande ämne (Kadolph 2017). Det har frätande egenskaper som i kombination med ett brännbart ämne kan utveckla en kraftig reaktion och orsaka självantändning. Detta kan ske om det uppstår spill på textilier. Då avdunstar vatten och väteperoxiden som kan uppnå en koncentrationsgrad som ger upphov till självantändning (Kemikalieinspektionen, 2019).

Efter blekningen sker en färgning, oftast i form av ett färgbud. Badet innehåller färgämnen tillsammans med olika kemikalier som exempelvis tensider, egaliseringsmedel, skumdämpare, efterbehandlingsmedel och salter (Olsson. E, 2009). En färgningsprocess är energikrävande, vattenkrävande och en stor mängd doser av kemikalier används. Efter färgningen tvättas även textilen för att ta bort överflödiga kemikalier och färgrester. Dessa rester avlägsnas ut i avloppssystemet. En del av färgämnen innehåller låga doser av fisktoxicitet. LC50-värde är ett mått som anger vid vilken koncentration som orsakar fiskdöd, dvs. ju lägre LC50-värde, desto giftigare är färgämnet. De färgämnen som innehåller mest fisktoxicitet är de basiska färgämnen (European IPPC Bureau, 2003). Andra konsekvenser som kemikalier har är att de kan vara cancerframkallande, allergiframkallande, påverka fertiliteten samt, som tidigare nämnts, skada fiskar och andra vattendjur (Kadolph, 2017).

### 3.1.2 Egenskaper

Bomull är en mycket omtyckt fiber och har många olika egenskaper (Kadolph, 2017). Ytan på ett bomullstygg är matt och har en låg lyster. Dock kan lyster öka beroende på längden på fibern, ju längre fibrer desto högre lyster får bomullstyget. Mercerisering och ammoniakbehandling är processer som utförs på ett bomullstygg för att uppnå ett mjukt tyg med ett behagligt lyster. Fall, lyster, textur och känslan vid beröring kan variera. Detta beror på vad det är för tjocklek garnet består av, vad tyget har för struktur samt vad det har för efterbehandling (Kadolph, 2017).

Hållbarheten på bomullsfibrer är i allmänhet bra (Ibid). Bomullen har en brytpunkt som ligger mellan 3,5 och 4 gram/densitet vid torrt tillstånd. Brytpunkten blir högre vid vått tillstånd vilket betyder att bomullsfibern blir starkare. Att styrkan varierar grundar sig inte enbart på om fibern är våt eller torr. Det kan också variera beroende på om det är en lång eller en kort stapelfiber. Ju längre stapelfibrer desto högre brytpunkt har garnet. Att långa fibrer är starkare än korta har sin grund i att det finns fler kontaktpunkter mellan fibrerna när de är längre. Bomullen har en utsträckning på enbart 3 procent och ingen naturlig elasticitet. Dock har fibern istället ett bra motstånd mot abrasion, dvs. nedbrytning. Hur bra motståndet är kan variera på hur tjockt tyget är. Ett tjockare tyg ger ett högre motstånd och ett tunnare tyg ger ett svagare motstånd (Ibid).

Komfort är den egenskap som får bäst betyg. Bomullsfibern har en hög komfort mot huden eftersom den är mjuk, har hög absorption och en bra värmeledningsförmåga. Dessutom är fibern även en bra elektrisk ledningsförmåga vilket betyder att tyget aldrig blir elastiskt och fastnar mot huden (Ibid).

## 3.2 Alger

Uttrycket ”alger” saknar direkt definition (Bellinger & Sigee, 2010). Det är en växtliknande organism som finns i sötvatten men förekommer även i bräckt vatten. Ofta betraktas det som en konstlös vattenväxt eftersom rötter, stjälkar eller ett system för att kunna cirkulera i vatten eller ha näringsämnen i cellerna inte existerar (Bellinger & Sigee, 2010). Alla algarter är rika på näringsämnen och de innehåller en stor mängd värdefulla komponenter. Varje unik alg består av olika ämnen, inklusive kolhydrater, antioxidanter, proteiner, aminosyror, mineraler och vitaminer (Kim, Lee, Kim & Kang, 2018).

Det finns olika sorter av alger som är baserade på färgerna: röd, brun och grön, de finns nästan överallt på planeten. De har en kraftig inverkan på omsättningen av naturens fosfor, kisel och kväve (Lindholm, 1998). De olika sorterna förekommer i varierande former, storlekar och egenskaper, närings- och odlingsförhållanden (Singelton, 1999). Alger kan sträcka sig från mikroalger till makroalger. Mikroalger är mikroskopiska och fotosyntetiska organismer som finns i både marina och sötvattenmiljöer. Deras fotosyntetiska mekanism liknar landbaserade växter men på grund av en enkel cellulär struktur och nedsänkt i en vattenhaltig miljö, har de effektiv tillgång till vatten, koldioxid och andra näringsämnen. De är mer effektiva när det gäller att omvandla solenergi till biomassa än Makroalger (Singh, Bhashar & Balagurumurthy, 2013). De flesta mikroalger växer genom fotosyntesen - genom att konvertera solljus, CO<sub>2</sub> och några näringsämnen, inklusive kväve och fosfor, till material som kallas biomassa (Camera & Karana, 2017). Makroalger hör till de lägre plantorna, vilket betyder att de inte har rötter, stjälkar och löv. I stället har de bladliknande struktur och ibland en stam samt en fot. Makroalger representerar en mångfaldig grupp av fotosyntetiska marina organismer. Till skillnad från mikroalger, som är unicellulär, är de makroalg arterna multicellulära och har växtliknande egenskaper (Singh, Bhashar & Balagurumurthy, 2013).

Alger är ett råmaterial som genom en process kan bilda en fiber som kan bespara vatten, transportkostnader, föroreningar och energi. Det är en fördel för den globala och lokala världsdelen. Fibern är stark och hållbar, har en naturlig komposit och högre hållfasthet än bomull (Cirino, 2018). Tidigare forskare har även upptäckt att fibrer av alger är resistenta mot eld, elektromagnetiska vågor och behöver därför inte behandlas med olika kemikalier. Alger är naturligt brandbeständiga, vilket potentiellt minskar behovet av att lägga till giftiga flamskyddsmedel till kläder som görs till bomull (Janarthanan & Kumar, 2018). I stort sett är det effekterna av kemikalier som tillsätts under tillverkningen av fibrer som ger negativa effekter på både miljö och människor. Människors hälsa påverkas eftersom huden bär dessa kläder med giftiga kemikalier som inte behövs, 10 procent av kemikalierna i kläderna transporteras in till människohuden (Karlsson, 2010). Genom att ersätta bomull med alger förekommer egenskaper från ekosystemet, ämnen som proteiner, vitaminer, antioxidanter, dessa ämnen är bra för människans hud. När de textila plagget bärs, ger alger näring, skydd och vitaminer till huden (Gunter, 2010).

### 3.2.1. Växtproduktion

Olika sorter av alger finns naturligt tillgängligt i våra akvatiska ekosystem. Alger växer 10 gånger snabbare än markväxter och väldigt liten yta av vatten behövs för att producera en viss mängd biomassa. Alger kan producera biomassa väldigt snabbt, vissa arter kan fördubblas på bara 6 timmar och de flesta arter kan dubbleras på en dag (Hannon, Gimpel, Tran, Rasala, &

Mayfield, 2010). En positiv förmån med alger är att de inte växer på odlingsbar mark och därav konkurrerar algen inte ut några av de andra grödor som frodas inom samma område. Vissa alger kräver inte färskt vatten och kan därför gödas mer effektivt än markgrödor. Vatten, avfallsupptagning, gödningsmedel och kemikalier är inte nödvändigt under framtagningen av alger (Kite-Powell, 2018). Dessutom växer organismen på solens energi, absorberar CO<sub>2</sub> och kräver inga kemikalier under odlingen (Singelton, 1999).

Det finns tre viktiga parametrar för tillväxt av alger och dess vidhäftningsförmåga. Den första viktiga parametern är att använda rätt odlingsmedium i en lämplig miljö. Den andra parametern är att se till att det finns möjligheter till luft och koldioxid utbyte för att kunna tillsätta alger som kan växa i det specifika mediet. Tredje och sista parametern för god algväxt är tillgången till ljus. Algernas utveckling ökar då ljusintensiteten stegrar men endast till en viss grad (Barsanti & Gualtieri, 2014). En undersökning visade att gröna mikroalger kan växa i textila avloppsanläggningar trots den höga förorenade laddningen av färgämnen och kan odlas i en omgivning med bakterier. Resultaten av den optimala grunden indikerar att mikroalg var naturligt hemmastadd och minskade på färgföroreningar från vattnet (Cheriaa, Bettaieb, Denden & Bakhrouf, 2009).

Alger är biologiskt nedbrytbara, de kan brytas ned av mikroorganismer och näringsämnen kan återvinnas och tas upp av nästa generations produkt. Det är ett biokompositmaterial som med naturliga processer kan återupptas på nytt och återanvändas till kommande textila material. Produkter som är tillverkade av alger kan också få ett slutet system, med noll avfall av materialet (Costa, Rocha & Sarubbo, 2017).

### 3.2.2. Skördning

Skördning av alger är en mild process och sker manuellt. De skördas när algen har vuxit till en lämplig storlek antingen genom att avlägsna hela växten eller genom att ta bort det mesta av det. Dock lämnas en liten bit av algen kvar i vattnet så att den kan fortsätta växa. När hela växten är avlägsnad skärs små stycken av den och används som fröslag för vidare odling. Algen är helt obehandlad och hela dess ekologiska värde behålls (Kadir, Ahmad, Ahmad, Misnon, Ruznan, Abdul Jabbar, Ngilib, & Ismail, 2014).

### 3.2.3 Framställning av det textila materialet

Det finns en mängd olika alger, vissa av dessa har forskats inom den textila världen för att kunna framställa ett textilt material. De gröna och bruna algsorterna är de mest eftertraktade för framställning av ett klädesplagg gjort av alger. Med åren har forskning visat att det inte enbart krävs ett garn för att skapa textila produkter. Det finns en metod att skapa ett material genom att enbart använda sig av några få ingredienser, en av dessa är alger. Suzanne Lee, chef för "BioCouture Research Project" arbetar tillsammans med forskare för att förena design med bio och nanoteknik för att utveckla hållbara material. Bakterier, cellulosa, svamp, alger och jäst är grunden för framställningen av materialet (Quinn, 2012). Materialet formar sig som en matta utifrån formen på behållare. Är det en stjärnliknande form, då är det den form som materiellt lär få. Vid avlägsnande och torkning av plattan, bestående av cellulosa membran, bildas ett läderliknande material som kan användas som ett hållbart material för kläder (Muthu & Gardetti, 2016).



**Figur 1:** BioCouture jackor gjorda av cellulosamaterial (Nextnature, 2015)

Genom att producera ett garn som är starkt och töjbart nog för att kunna stickas för hand eller på maskin, behövs alginat<sup>5</sup> kombinerat med andra förnybara biopolymerer. Med hjälp av en liknande lyocellprocess kan detta tillverkas. Processen är miljövänlig, ekonomiskt genomförbar och mycket flexibel. Det är en lösningsmedels-spinnsteknik där cellulosan inte genomgår någon signifikant kemisk förändring (Lu, Zhang, Jian & Shao, 2011).

I lyocell-processen blandas cellulosamassan tillsammans med en vattenhaltig lösning som kallas för aminoxiden NMMO, (N-metylporfolin-N-oxid) som därefter passerar genom en hög temperatur för att ge en trögflytande lösning. Spinnlösningen bearbetas i en kombinerad våt- och torr spinnprocess där cellulosafibrerna utfälls (Hipler, Elsner, Itin, Jemec & Jemec, 2006). Under spinnprocessen tvättas lösningsmedlet som krävs för framställning av spinnlösningen och återvinns nästan fullständigt. Lösningsmedlet kan återanvändas över 99 procent vid nästa process (Mihhels, 2017).

Det är möjligt att blanda andra fibrer, som till exempel bomullsfibrer för att minska på produktionskostnaderna. Genom att använda alginatpulver som omvandlas till en vattenbaserad gel. Alg baserade färgämnen tillsätts, därefter extruderas gelén till långa fibersträngar som till slut kan vävas in i ett tyg. Fibrerna binds permanent tillsammans med cellulosan, där algen används som det funktionella ytbehandlingsunderlaget till cellulosa vävnader (Dominquez, 2013). De resulterande fibrerna uppvisar en anmärkningsvärd hög draghållfasthet vid torrt och vått tillstånd, såväl som försumbar krympning. Baserat på de goda fysikaliska egenskaperna hos textilierna tillkommer också hög dimensionsstabilitet och hög slitstyrka som är typiskt för cellulosa (Hipler, et al., 2006). Alger kan både framställas till ett garn eller tyg, det är även möjligt att använda alger för endast färgning, tryckning eller efterbehandling för ett miljövänligare alternativ i textilproduktionen (Janarathanan, & Kumar, 2018).

När det gäller mikroalger börjar produktionen med att skörda mikroorganismerna, medan makroalger produceras genom att först torka algerna som sedan bearbetas med olika tekniker (Hannon, et al., 2010).

---

<sup>5</sup> Cellväggens beståndsdelar av bruna alger.



**Figur 2:** AlgiKnit's garn gjorda av alger (AlgiKnit, 2019)

### 3.2.4 Färgning

Alla alger innehåller klorofyll, även om de kanske inte förekommer som färgen grön. Att vissa alger är röda eller bruna i färg beror på att de innehåller mer röda- och bruna pigment. Då alger redan har olika färgpigment från grunden, är det en bra källa till att använda sig av vid uthämtning av färg från alger till textila produkter. Därmed kan produktionen undvika onödiga kemikalieutsläpp (Mir, et al., 2019). Att skörda alger för att få naturliga färgämnen stör inte ekosystemets balans. Detta beror på att alger har en snabb tillväxt och kan återvinna den skördade biomassan inom några dagar (Kadir, et al., 2014). *Cladophora glomerata* innehåller klorofyll, olja och karotenoider<sup>6</sup>. Att utnyttja denna algart i färgämneextrakt för textilfärgning kan eventuellt ge bra färgstyrka på tyget. Att alger har färgpigment i grunden medföljer en del positiva förmåner så som mindre tidslängd i produktionen för snabbfärgning, mindre kostnader, arbetskraft och energieffektivitet. Filamentet har lätt för att absorbera pigment från en mängd olika växter, så att den mängd vatten och toxicitet hos konventionella färgprocesser också kan undvikas (Mir, et al., 2019).

Det naturliga färgämnet från *Cladophora*pulvret extraheras med hjälp av olika ämnen (Mir, et al., 2019). Kranvatten används som vattenhaltigt element sedan tillsätts tre alkaliska medier såsom natriumhydroxid (NaOH), kaliumhydroxid (KOH) och natriumcarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Var och en av dessa alkalilösningarna används i en koncentration. Tillsättning av Etanol, Metanol, Aceton och N-hexan används som organiska ämnen. Extraktet framställs genom upplösning av 3,0 g *Cladophora*pulver i 100ml av vardera läggs nämnda media sparat (Mir, et al., 2019).

*Cladophora*pulver extraherat i alkaliska medier indikerade att basmedium effektivt förbättrade extraktionen av naturligt färgämne många gånger genom att riva cellväggen och tillhandahålla större antal OH-joner för färgämnes löslighet (Shaukat, 2007). Effekten av applicerade extrakt för färgning gav god färgstyrka och visade utmärkta torr- och våt gnidning egenskaper med *Cladophora*-extrakt (Mir, et al., 2019).

Under färgprocessen kan naturliga färgpigment läggas till redan under framtagningen av pastan. Genom att införliva färgen direkt i pastan före strängsprutningen eller gjutningen,

---

<sup>6</sup> En grupp organiska fettlösliga näringsämnen och färgämnen som naturligt förekommer i växter och vissa fotosyntetiska organismer

elimineras vattenanvändningen och utsläppen av doppfärgningspraxis. En av fördelarna är att naturens pigment lämnar inte efter sig några spår och det gynnar huden bättre (Costa, Rocha & Sarubbo, 2017).

### 3.2.5 Egenskaper

Alger har unika strukturella egenskaper vilket är grunden till att de är resistenta mot eld, elektromagnetiska vågor och släpper ut vitaminer och andra näringsrika ämnen som är bra för huden (Mahan, 2010). Algen är även en högpresterande organism som innehåller 70 procent cellulosa och kan möjligt ersätta bomull som ett textilt material (Mir, et al., 2019). Varje filament i algen innehåller flera celler. Cellväggarna är sammansatta av kristallina cellulosa-mikrofibriller och utgör 10 procent av cellens diameter (Johnsona, Shivkumara & Berlowitz-Tarrantb, 1996). Med en hög kristallinitet absorberar *Cladophora* mycket lite fukt vilket resulterar i att cellulosan i algen är mindre mottaglig för olika kemiska behandlingar än konventionella cellulosa analoger från markväxter. Dess höga kristallinitet av cellulosamaterial har mycket fördelaktiga egenskaper som kan användas i olika applikationer i framtiden (Mihriyan, 2010). Materialforskare i Kina har kommit fram till att algbaserade fibrer är naturligt brandbeständiga, vilket potentiellt minskar behovet av att lägga till giftiga flamskyddsmedel till kläder (Xue, Z., Zhang, W., Yan, M., Liu, J., Wang, B & Xia, Y, 2017).

Egenskaperna hos alger kan variera utifrån vilken period algerna skördats samt vilket tillstånd, vått eller torrt, som alger testas i. Dessa förhållanden har en påverkan på algens draghållfasthet. Om en alg skördas för tidigt får den en lägre draghållfasthet än om den skördas i mitten eller i slutet på "säsongen". Alger som har testats i torrt tillstånd har den högsta draghållfastheten på 18-44 megapascal medans både vått och blött tillstånd har en draghållfasthet på 5-14 megapascal. Dessutom kan miljöförhållanden skapa variationer i dragegenskaperna. Testerna visade även att algfilamenten har en töjning på en till tre procent vilket kan jämföras med andra cellulosa-fibrer (Johnsona, Shivkumara & Berlowitz-Tarrantb, 1996).

Förutom de speciella egenskaper som uppvisas finns också en anmärkningsvärd hög draghållfasthet både vid torrt och vått tillstånd såväl som obetydlig krympning. Baserat på de goda fysikaliska egenskaperna får det vävda tyget en hög dimensionsstabilitet förutom hög slitstyrka som är typisk för cellulosa. Tyget är andningsbart, lätt, känns mjukt och smidigt mot huden (Janarathanan & Kumar, 2018). Dock finns det möjlighet att få fram en annan känsla på materialet utifrån hur fibern är framställd på, alger kan även ha en liknande känsla som badkläder (Schiros, 2018).

Den mest imponerande aspekten av denna framtidsfiber är att näringsämnen från algen hålls kvar i fibern, som huden sedan kan absorbera. Naturlig kroppsvätska främjar denna överföring av näringsämnen, när huden kommer i kontakt med tyget (Janarathanan & Kumar, 2018).

### 3.2.6 Bruna alger

Bruna alger är ett av de snabbast växande organismer som dominerar i många delar av världens kustområden och de håller sig mestadels på steniga stränder (Cock, Akira & Coelho, 2011). Denna grupp av bruna alger anses vara de främsta primära producenterna som utgör grunden för ett välgående ekosystem för flera marina arter.

De bruna algerna har en stor och varierande klass som sträcker sig från trådliknande former till stora, långa och breda alger (Dominquez, 2013). Arter av bruna alger har varit välkända i mer än 100 år för deras speciella cellfunktioner som gör dem ganska intressanta (Wehr & Sheath, 2003). Bruna alger är en grupp av multicellulära organismer och väggarna är gjorda av cellulosa och alginsyra. De är även kända för sitt pigment, klorofyll och fucoxanthin, vilket resulterar i deras karakteristiska bruna färg (Dominquez, 2013).

#### 3.2.6.1 Kelp

Kelp tillhör de bruna alsorterna och är en makroalg. Algen odlas globalt i kalla kustvatten vid steniga rev, i ett djup på 2-25 meter beroende på vattenkvalitet. De trivs bäst i vatten upp till 20° grader (Schiel, D. & Foster, M, 2015). Algen Kelp finns främst på norra och södra halvklotet vid länder som Argentina, Australien, Kanada, Chile, Irland och Norge. Kelps tillväxt innefattar en rot (men sitter inte på havsbotten), en stjälk och bladliknande fransar längs algen. Algen har inga rötter och de fäster sig på stenar på havsbotten med sina "grenar" som liknar rötter. Deras blad och stam kan bli 3-4 meter höga och kan leva i 15-20 år. Brunalger har oftast en khaki-brun färg vilket grundar sig på algens gröna pigment som innefattar klorofyll a och c. De olika pigmenten absorberar olika ljus och kan därav skifta (Barsanti & Gualtieri, 2006).

Kelp livsmiljöer är viktiga för den marina biologiska mångfalden eftersom de stödjer ett brett sortiment av arter, såsom ryggradslösa fiskar och skaldjur. Det finns många olika anledningar till varför Kelp skördas, en av dessa är för sina alginater. Alginater används ofta inom textilindustrin eftersom de bildar ett utmärkt material (Barsanti & Gualtieri, 2006).



**Figur 3:** Kelp (Kriz, 2011)

### 3.2.7 Gröna alger

Det finns ett brett sortiment av de gröna algerna, med cirka 17 000 kända arter där 90 procent lever i sötvatten. Algerna finns i enorma variationer, både i form och storlek. De utgör en parafyletisk<sup>7</sup> grupp och har därför en stor betydelse för vår planet. De har liknande pigment och producerar en typ av kolhydrat under fotosyntesen som även landplantor gör (Wehr & Sheath, 2003). Dess gröna färg är det dominerande pigmentet som består av klorofyll och cellulosa som också är huvudkomponenterna för algens cellväggar (Bellinger & Sigeo, 2010). Algarten är en viktig producent av biomassa, antingen som platoniska<sup>8</sup> eller bifogade<sup>9</sup> organismer, där respektive alg kan bilda täta blommor och perifyton<sup>10</sup> tillväxt (Bellinger & Sigeo 2010). Deras struktur gör att de liknar mer en bakterie och de klassificeras som cyanobakterier. Cyanobakterier är prokaryota syrefototrofer som innehåller ett grönt pigment som kallas klorofyll, därav den gröna färgen. Det bör dock noteras att cyanobakterier inte är en alg, utan en klass av fotosyntetiska bakterier (Hannon, et al., 2010). Dessa snabbväxande alger kan täcka en damm med slemmiga, gröna klumpar eller mattor på väldigt kort tid, vanligtvis börjar deras tillväxt längs kanterna eller på botten av dammen (Posten & Walter, 2012).

#### 3.2.7.1 Cladophora

Cladophora Glomerata tillhör de gröna algerna som växer i stora sjöar där gödselmedel förekommer (NASA, 2005) och växer på nedsänkt sten eller stenigt underlag. Det är den vanligaste algen i världen och även den sort som har störst tillväxt (Whitton, 1994). Fosforhalten i vattnet är faktorn som bestämmer utsträckningen av Cladophora. Det har skett en stor ökning av mängden fosfat under de senaste åren vilket är grunden till den stora ökningen av algens utsträckning (Kadir, et al., 2014). Stora variationer på Cladophoras utseende kan påverkas av livsmiljö, ålder och miljöförhållanden. Algen består av massor med trådliknande filament, varje individuell filament är en serie av celler som sammanfogas ända till änden vilket ger ett trådliknande utseende (Posten & Walter, 2012).

Cladophora är känd för sin höga kristallinitet<sup>11</sup>, till skillnad från andra algar. Dessa unika egenskaper som utmärker Cladophora ökar medvetenheten om val av textila material. Det kan leda till ekonomiska lösningar, minska miljöproblem och utvecklingen av den textila modebranschen (Mihrianyan, 2010).

---

<sup>7</sup> En grupp organismer som härstammar från samma stamfader.

<sup>8</sup> Stående

<sup>9</sup> Löpande

<sup>10</sup> Påväxtalger

<sup>11</sup> Välordnade molekylära strukturer



**Figur 4:** *Cladophora glomerata* in Holma (Aka, 2018)

## 4. Resultat

*Under resultat presenteras resultatet av studien. Kapitlet redovisar båda fibrernas egenskaper samt dess påverkan på miljön, utifrån intervjun samt insamlad data från teoretisk referensram.*

---

För att återkoppla till examensarbetets syfte: “Ta reda på och diskutera huruvida bomullens egenskaper skiljer sig från algers, när den har omvandlats till en textil fiber. Rapportens innehåll kommer också att syfta till att ta reda på om ett materialbyte från bomull till alger är önskvärt ur en miljöaspekt samt om det finns möjlighet att helt eller delvis byta ut bomull mot alger som är processade till en textil fiber utifrån ovanstående aspekter.”

Nedan följer en översikt av det positiva samt negativa med bomull och alger i både dess egenskaper och dess miljöpåverkan.

### 4.1 Miljö

Tabellen nedan visar bomullens positiva och negativa effekter på miljön.

**Tabell 1** Bomullens miljöpåverkan

<b>Bomull</b>	
<b>Positivt (+)</b>	<b>Negativt (-)</b>
Skonsam spinning	Hög vattenanvändning vid odling
Är nedbrytningsbar	Hög kemikalie- och bekämpningsmedelsanvändning vid odling
	Förstör odlingsjord
	Krävs nästan alltid blekning på ett bomullsgarn eller tyg
	Vid färgning krävs olika kemikalier
	Restavfall i våra vattendrag

Tabell 2 visar alger positiva och negativa effekter på miljön.

**Tabell 2** Algens miljöpåverkan

<b>Alger</b>	
<b>Positivt (+)</b>	<b>Negativt (-)</b>
Ingen vattenåtgång när algen växer	Genomgår en kemisk process vid tillverkning av fiber och garn
Ingen kemikalieanvändning eller bekämpningsmedel behövs vid odling	Övergödning skadar marint liv
Innehåller naturligt färgpigment	
Är nedbrytningsbar	
Snabb tillväxt	
Konkurrerar inte med odlingsbar mark	

Andra utforskade delar kan också ställa till med problem. Ett exempel är om de finns tillräckligt med alger som kan ersätta all produktion som sker idag av bomull. Det finns en överproduktion av alger i vissa områden, exempelvis Östersjön. Det är en av de stora fördelarna med alger är att det inte krävs någon odling för tillfället eftersom en extrem tillväxt har skett. Men hur mycket alger kan användas utan att förstöra det marina livet eftersom alger har en stor betydelse, är svårt att forska fram. Ett sätt som hade möjliggjort är att producera tillräckligt med alger är genom odling. Hur detta hade påverkat vattendrag och vattenlivet är en del som bör undersökas innan en odling startar. Fördelen med alger är deras snabba tillväxt och kräver inte mycket för att vara odlingsbart, jämfört med bomull.

## 4.2 Egenskaper

Tabellen nedan visar bomullen och algers olika egenskaper.

**Tabell 3** Bomull och algens egenskaper

<b>Bomull</b>	<b>Alger</b>
Matt och låg lyster	Låg absorption
Bra motstånd mot abrasion	Innehåller näringsämnen
Hög absorption	Resistent mot eld
Hög komfort mot huden	Hög kristallinitet
Bra elektrisk ledningsförmåga	Har lyster

Slitstark	Mjuk och len mot huden
Bra värmeledningsförmåga	Töjning 1-3%
Ingen elasticitet	Hög dragstyrka i torrt tillstånd

## 4.3 Intervju

### 4.3.1 Mailintervju

Under mailintervjun med företaget ställdes en rad frågor angående algers egenskaper samt om produktionen för alger är miljövänlig. Företaget undersöker och använder sig främst av Cladophora alger för att tillverka ett textilt fiber. Fördelarna med att använda alger som råmaterial för att tillverka ett textilt fiber är att den har miljövänliga fördelar. Den främsta fördelen är att alg är ett biomaterial, det vill säga ett förnybart, naturligt material. Andra fördelar är att det odlas i vatten och inte kräver någon "extra" vattenanvändning samt att vid skördning har algen en snabb återtillväxt vilket gör att det inte skadar ekosystemet. Det som forskningen idag har upptäckt är att det krävs en viss mängd kemikalier för att framställa algens cellulosa till en textil fiber. Dock nämnde intervjuperson A att dessa kemikalier har en avsevärt lägre miljöpåverkan än många andra kemikalier som används inom textilindustrin.

Intervjuperson A skriver även att många andra fibrer har liknande egenskaper som alger såsom absorption, slitstyrka och draghållfasthet. Dock finns det två utstickande egenskaper. Den första är att alger är naturligt resistent mot eld vilket gör att det inte krävs några kemiska efterbehandlingar samt att de innehåller näringsrika ämnen som kan främja kroppens egna hud. Vad som var de exakta egenskaperna i mått på alger kan intervjuperson A inte med säkerhet svara på eftersom forskningen ännu inte är 100 procent säkerhetsställd. Detta ledde till att fråga 4 inte kunde besvaras. Hur känslan är när man håller ett textilt material beror lite på hur materialet är stickat och hur grovt garnet är. Det intervjuperson A med säkerhet kunde berätta var att det liknar badkläder i sin känsla och var bekvämt och skönt mot huden.

Om alger kunde jämföras med bomull är ett mer komplext svar än ja eller nej. Detta beror på att bomullen länge har funnits medans alger fortfarande forskas på. Det som intervjuperson A kunde informera om är att många egenskaper liknar varandra men de har i grund och botten olika estetik och känsla. Detta gör att det idag är svårt att jämföra dessa två material på alla grunder, dock kan det med mer forskning finnas möjlighet att jämföra dessa material inom alla aspekter.

Alger kan definitivt vara en del av framtidens material, men det krävs även andra material för att rädda den textila industrin.

### 4.3.2 Skypeintervju

Under skype intervjun användes samma mall som användes under mailintervjun och svaren var liknande, men något kortare och innefattar mindre information. Intervjuperson B har

hittills endast använt alger i ett studentprojekt och berättar därför att hon inte har stor insyn i algers egenskaper.

Intervjuperson B berättar att hen använder sig i största del av Cladophora. Fördelarna med att använda alger som ett råmaterial för tillverkning av textila fibrer är att det växer mycket fortare än rotade växter, de binder CO<sub>2</sub>, de växer i vatten och behöver endast några få näringsämnen. Vad fördelarna är med egenskaperna kan intervjuperson B inte svara på eftersom hen inte har testat de i laboratoriet än. Samma svar gäller även på frågan vad alger har för egenskaper då hen inte hade detta som mål i sitt arbete. Dock kan intervjuperson B berätta att materialet känns som ull när hen håller det i sina händer och att de känselsinnets egenskaper troligen är de samma som bomullen har.

Under frågan om alger har en negativ påverkan på miljön berättar intervjuperson B att allt har en negativ påverkan på miljön och även alger kan ha det när det gäller exempelvis blommorna. Hen berättar även att alger har en potential att bli en framtida textil fiber.

## 5. Diskussion

*En diskussion förs i detta avsnitt kring studiens resultat utifrån uppsatsens problemformulering och syfte vilket nyanserar och konkretiserar uppsatsens resultat.*

---

Svaret på om alger kan konkurrera ut bomullen, finns det inte ett ja eller nej på. Frågan är mer komplex än så. Under de delar som har undersökts i den teoretiska bakgrunden är detta byte önskvärt ur en miljösynpunkt. Om alger hade kunnat bytas ut mot bomull hade en stor del av det som förstör miljön kunnat försvinna. Den stora vatten- och kemikalieanvändningen hade minskat, vilket hade haft en positiv inverkan på miljön. Bomullens produktion är idag så stor att det är svårt att producera ett annat material i samma mängd. Trots den stora miljöpåverkan är bomullen en mycket omtyckt och använd fiber. Dock har hållbarhetsfrågorna lyfts fram de senaste åren på grund av de klimatförändringar som sker. Därför har forskare hittat andra alternativ för att minska på miljöutsläppen och använda något mer miljövänligt, liknande material som kan ersätta vissa delar. Nya innovativa material tas fram och etiska värderingar har blivit allt mer viktigare. Ur ett miljöperspektiv bör ambitionen vara att minimera oönskade miljöeffekter och samtidigt effektivisera användningen av naturresurser, genom ökad användning av förnyelsebara energikällor och ökad materialåteranvändning. Ur ett etiskt perspektiv bör alla modeföretag aktivt arbeta för mer hållbara alternativ. I dagsläget finns det lösningar och att det riktas allt mer kritik mot modeindustrin. Alger kommer troligen kunna eliminera behovet av kemikalier och skapa bättre förutsättningar genom naturens rörelse på ett annat sätt än vad som pågår idag. Hur ny forskning runt alger ska kunna ersätta en av världens mest använda fibrer är en dock en fortsatt utmaning. Det finns stora och positiva upptäckter med alger men även en hel del utforskade delar som ännu inte kan besvaras. För varje undersökning som görs på alger, kommer modeindustrin allt närmre ett arbetssätt som klassificeras som hållbart. Det finns redan en hel del positiva förmåner med alger och dess funktionalitet även om det är så pass nytt på marknaden. Tänk hur mycket alger eventuellt kan bidra med i framtiden inom

modeindustrin, allt från bättre egenskaper, mindre kemikalier, miljön och så mycket mer. Detta är bara början på ett fiber som kommer ersätta bomullen inom vissa delar. De två företagen som vi har varit i kontakt med har konstaterat att alger kan användas och utvecklas till ett textilt fiber. Från den fakta vi har samlat in och hittat kan det redan nu visa olikheter mellan bomull och alger från olika miljöaspekter.

## 5.1 Miljöskillnader

Den tidigare forskning som presenteras under teoretisk referensram har visat att det finns andra alternativ för att minska på föroreningar som släpps ut av textilindustrin. Ett naturdefinierat biomaterial kan vara svaret för att förbättra vissa miljöaspekter inom den textila värdekedjan. En övergång från bomull till alger hade varit ett önskvärt materialbyte för miljön. Det är mer miljövänligt att framställa ett textilt material baserat på alger, jämfört med bomullsfibrer. De olika parametrarna inom miljöaspekterna har tydligt visat att alger är ett mer hållbart alternativ för produktion av textilier. Fibrer baserade på cellulosa från alger, kräver ingen vattenanvändning eller någon stor kemikalieanvändning under framtagningen av textila garn, som för bomull. De flesta algsorter kan växa världen över vilket minskar på transportkostnader, föroreningar, energi och tid (Kite-Powell, 2018).

Textilavfall från kläindustrin har en stor roll när det kommer till hållbarhet och miljö. Textilt avfall kan i de flesta fall inte brytas ner naturligt. Alger är en råvara som inte kräver några farliga kemikalier under produktionsprocessen och är därför helt naturligt nedbrytbar. Det är ett biokompositmaterial som kan med naturliga processer återupptas på nytt och spinna vidare till ett nytt material. Bomull har liknande förmåner och är också en råvara som kan återvinnas på ett miljövänligt sätt. Skillnaden är att bomullsmaterial innehåller kemiska ämnen som måste utvinnas.

Världen står inför ett antal miljöutmaningar som föroreningar av luft, vatten och mark från textilindustrin. Detta har äventyrat individers hälsa och andra djurarter på jorden. Ekosystemet förstörs, stora sjöar torkas ut, djur- och människor tvingas flytta från sina hem, på grund av vattenbrist som går åt till bomullsodlingen. En del av kemikalierna rinner ut från produktionen ner till sjöar, hav och åar där levande varelser badar, dricker och livnär sig på. Forskning har även visat att 10 procent av dessa kemikalier som tilläggs i bomullens textila material överförs till människans hud (Karlsson, 2010). Kläder av bomull används dagligen och är ett av världens vanligaste material. Det är den textila industrin som skapar dessa livshotande miljöaspekter.

Alger skapar miljöutmaningar genom ökad tillväxt som påverkar vissa delar av världen, detta kan hanteras genom den textila industrin. Nasa har konstaterat att den överdrivna tillväxten av alger som är oönskad, orsakar problem som försämrad vattenkvalitet och negativa effekter på lokalsamhället (NASA, 2019). Vanligtvis bidrar alger till att hålla vattnekologi i balans, för mycket av alger kan skada sötvattenhabitaterna, människorna och djuren som lever runt alger. Genom att använda överskottet av alger och omvandla det till en textil fiber, kan det rädda sjöar och hav från försämrad vattenkvalité.

### 5.1.1 Odling

Odling av alger sker på ett mer miljövänligt sätt än vad det gör med bomull eftersom alger kommer direkt från havet. De är inte beroende av skadliga gödningsmedel eller bekämpningsmedel för att kunna växa. Detta beror på att alger redan livnär sig i vatten och kräver därav inte någon extra vattenanvändning. Alger behöver inte rent vatten för kunna odlas, då alger även kan livnära sig på förorenat vatten (Kite-Powell, 2018). Detta är en stor möjlighet att få bort föroreningar i miljön som till exempel, kemikalier. Alger har visat sig vara ett uppenbart val inom odling och miljöaspekterna jämfört med bomull. Alger må ha sina få negativa effekter kring odling och skördning eftersom det inte är tillräckligt forskat hur det kan påverka marint liv inom de närmsta kommande åren. Men i dagsläget är det granskat att alger bör skördas från vissa vattenområden för ekosystemets naturliga balans inte ska förstöras. Tyvärr finns det inga positiva förmåner kring framtagningen av bomullsfibrer och dess odling. Bomullen kräver en hög vattenanvändning och gödningsmark under odlingen, vilket är en av dagens miljöproblem (Naturvårdsverket, 2017). Alger kräver inte stora mängder av mark och kan odlas på platser i svåra förhållanden som inte är lämpliga för jordbruk och på så sätt konkurrerar inte alger om åkermark. Förmånen med alger och dess tillväxt är att de odlas väldigt snabbt och minskar på växthusgaser utan att lämna avtryck på miljön. Bomullen kräver stora mängder av gödnings- och bekämpningsmedel för att kunna behålla sin tillväxt. Gödningsmedlet försämrar markkvalitén och på så sätt förflyttas bomullsodlingen till nya marktytor. Det skapas avtryck på miljön så att levande varelser påverkas och växthusgaser ökar (Naturvårdsverket, 2017).

Kvaliteterna på bomullen påverkas utifrån den kemikalieanvändning som används. Under bomullsodlingen används mycket bekämpningsmedel för att förebygga insekter och andra växtliga sjukdomar som hindrar bomullen till att växa (Yilmaz, Akcaoz & Ozkan, 2004). Kemikalieanvändningen för alger är låg och kräver inte något för att erhålla vissa egenskaper. Alger som lever i vatten är inte utsatta för samma typ av skadegörelse som bomull under odling, vilket gör att det inte krävs någon extra kemikalie- eller bekämpningsmedelsanvändning. Alger behöver inte energi eller bli underhållen av människan i jämförelse med bomullen, organismen använder planetens fundament för att kunna växa (Barsanti & Gualtieri, 2014).

### 5.1.2 Skördning

Skördning kan göra en stor skillnad på miljön och på djurens samt människans levnadslopp. Både alger och bomull kan skördas manuellt, detta sker för att kunna bevara bomullens samt algens bästa egenskaper. Skördningen av alger sker när algen har vuxit till en lämplig storlek. Algen avlägsnas hela vägen eller enbart genom att ta bort delar av den, för att den ekologiska värde skall behållas (Kadir, et al., 2014). För att få fram de bästa egenskaperna från bomullsfibern krävs en manuell skördning, detta är tidskrävande och arbetarnas hälsa blir kritisk på grund av kemikalieanvändningen. Det finns ett alternativ som sker mekaniskt via en maskin, det är fortfarande inte ett bättre miljöalternativ men påverkan på människors hälsa blir mindre (Bakhsh, et al., 2017).

### 5.1.3 Spinning

Under spinningen av bomullsfibrer är både vattenanvändningen och kemikalieanvändningen låg. Den vattenanvändning samt kemikalieanvändning som krävs för att kunna spinna en bomullsfiber sker under tvättningen. Här används vatten och kemikalier i form av rengöringsmedel. Spinnprocessen är endast en energikrävande process, men kräver inte lika mycket vatten- och kemikalieförbrukning som andra processer gör. Under processen kan även korta bomullsfibrer användas istället för att tas bort vilket skapar en bättre förutsättning för miljön. Fibrerna spinns till ett nytt återvunnet material och mindre bomullsfibrer eller material behöver produceras på nytt (Ibid).

Under processen då alger ska tillverkas till ett textilt fiber krävs det en del både vatten- och kemikalieanvändning. Detta beror på att alger genomgår en process som liknar lyocell processen. Under processen blandas cellulospulvret med lösningen som innehåller aminoxid. Sedan tvättas cellulosa fibrerna vilket kräver vattenanvändning. Fördelen med alger och processen är att stora delar av lösningsmedlet kan återanvändas till nästa framtagning (Mihhels, 2017).

### 5.1.4 Färgning

Färgningen av alger är en mer miljövänlig process på grund av att deras färger redan existerar i deras pigment. Det är en bra källa att använda sig av eftersom alger har en snabb tillväxt och att få åtkomst till dessa naturliga färgämnen förstör inte ekosystemets balans. Under produktionen släpps det inte ut några onödiga kemikalier eftersom det inte behövs och färgpigmentet lämnar inte kvar någon speciell lukt. Färgprocessen av dess färgpigment kan läggas till redan under framtagningen av pastan som tillförs under lyocell-processen. Färger som finns naturligt hos alger är röd, brun och grön (Mir, et al., 2019).

När alger ska färgas används det kranvatten som ett vattenhaltigt element. Det krävs ingen tillsättning av färgämne eftersom alger innehåller ett naturligt färgämne som används vid färgning. Detta medför ett miljövänligare alternativ eftersom färgämnet är baserat på algens egna cell och är på så sätt naturligt. Om detta färgämne hamnar i naturen som exempelvis restavfall skulle det inte medföra någon miljöförstöring eftersom det lätt kan brytas ned. Vid färgning av bomull så tillsätts färgämnen som är svåra för naturen att bryta ner. Dessutom används det olika kemikaliska substanser för att bomullen ska kunna färgas. Vissa kemikalier innehåller hög fisktoxicitet vilket orsakar fiskdöd när restavfall når olika vattendrag. När bomullen ska färgas utförs nästan alltid en blekning. Vid blekning av bomull används det oftast väteperoxid som är ett oxiderande ämne. Detta ämne är frätande och kan självantändas vid kontakt med exempelvis en textil (Kemikalieinspektionen, 2019). När bomullen har färgats eller blekts måste textilen tvättas. Vid tvättningen tvättas överflödiga färgpartiklar samt kemikalier bort som sedan når naturens vattendrag och bidrar till miljöförstöring. Hur mycket restavfall som sker vid färgning av en textil som är gjord av alger finns det inget mått på. Detta kan bero på att forskningen bara är på ett första stadie. Dock är, som nämnts tidigare, färgämnet naturligt vilket gör det miljövänligt. Dessa färgämnen från alger kan även tilläggas till andra textila fibrer, som till exempel, bomull. Detta kan eventuellt utesluta kemiska färgningar på textila material, få plaggen att bli mer hållbara och bättre mot kroppshuden (Mir, et al., 2019).

## 5.2 Egenskaper

Det som framkommer från den teoretiska referensramen är att alger kan presentera en hel uppsättning av oupptäckta möjligheter till den textila världen. Men bomull är också en unik cellulosa-fiber och har enastående sortiment av egenskaper, vilket gör den till en av de mest populära textila fibrer världen över. Det som gör det möjligt att producera textilier av alger är utvinningen av cellulosa. Hos slutprodukten av alger är egenskaperna täthet, flexibilitet, biologiskt nedbrytbar och innehåller antioxidanter som kan användas vid framtida medicinska läkemedel som till exempel, bandage. Då alger är resistenta mot eld kan det också vara en stor möjlighet att utveckla andra branscher som räddningstjänsten (Janarthanan & Kumar, 2018).

Utifrån de uppgifter som följs under teoretisk referensram framgår det att det finns en viss möjlighet att ersätta alger mot bomull då egenskaper mellan bomull och alger är liknande. Dock finns det en viss oklarhet angående egenskaperna hos alger. Det är fortfarande ett så pass nytt ämne inom den textila industrin att det saknas vissa mått på egenskaper som är mycket kända inom bomullen. På de egenskaper som är påtagliga hos alger framgår det att alger och bomull har gemensamma parametrar. Dessa parametrar gör det möjligt för alger att ersätta bomull. Dock är det vissa mått som saknas som kan vara avgörande för att alger ska uppnå samma attraktion som bomullen idag besitter.

### 5.2.1 Estetik och komfort

Alger och bomull har en viss skillnad i dess estetik. Bomull har en naturlig matt yta utan lyster medan textil baserat på algers cellulosa har mer lyster i sin yta. Dock finns det olika behandlingar som mercerisering som kan öka lystern på bomullens ytan. Det krävs olika behandlingar på bomullen för att få fram den bästa komfort och textur som önskas.

Bomullsmaterial ger en mjuk känsla mot huden medan alger har en känsla liknande den som badkläder har. Dock kan alger spinnas på ett sätt så att den får en liknande känsla som bomull, tack vare cellulosan och utbudet av olika algarter som finns. Alger har olika egenskaper samt sätt att framställas på tack vare, cyanobakterie, vars cellväggar kan producera en textil av liknande kvalitet som bomull (Mihrianyan, 2010). Bomull har extremt bra förmåga att fånga upp fukt och är andningsbart vilket är en av anledningarna till att bomullsfiber passar bra som textilplagg (Kadolph, 2017).

Material gjort av alger har en fast struktur som inte skrynklar eller ändrar form lika lätt. Solljuset förändrar inte egenskaperna eller plaggets estetik. Fukt eller vatten påverkar inte strukturen på materialet och den förblir densamma (Cirino, 2018).

### 5.2.2 Slitstyrka och retention

Bomull har en utsträckning på enbart 3 procent och ingen naturlig elasticitet. Dessutom är bomullen ett väldigt tåligt material och är känd för sin höga slitstyrka och höga absorptionsförmåga. Alger har en hög slitstyrka både i vått och torrt tillstånd, dock har den en låg absorptionsförmåga vilket gör att den skiljer sig från bomull. Bomullens slitstyrka ökar i vått tillstånd, medan algers förblir oförändrat. Bomullsmaterial kan få fram vissa önskvärda egenskaper genom en stor mängd kemikalier. Ett färdigt garn baserat på algens cellulosa

innehåller redan många fördelaktiga egenskaper som styrka, fasthet och motståndskraft. På grund av kristallinitet hos alger, medföljer bra dimensionsstabilitet. Testerna visade även att algfilamenten har en töjning på en till tre procent vilken kan jämföras med andra cellulosa-fibrer (Johnsona, Shivkumara & Berlowitz-Tarrantb, 1996).

### 5.2.3 Övriga egenskaper

Det finns två egenskaper som är unika för algen. Den första unika egenskapen som algen har när den omvandlats till en textil fiber är att den är resistent mot eld (Mahan, 2010). Denna egenskap hittar vi inte hos bomull som istället är en lättantändlig fiber. Den andra unika egenskap som finns hos alger är dess förmåga att bibehålla näringsämnen även i den omvandlade textila fibern. Dessa näringsämnen kan med hjälp av egen kroppsvätska absorberas av huden. Bomull har en skön och mjuk känsla mot huden men har inte egenskapen att föra över näringsämnen på samma sätt som alger. Dessutom har tidigare forskning visat att 10 procent av kemikalierna i kläderna transporteras in till människohuden (Karlsson, 2010). Trots att bomull är en populär, mjuk och behaglig fiber är den inte så skonsam mot huden till skillnad från algen som istället främjar huden.

Även om alger och bomull har liknande egenskaper när slutprodukten är klar, är chansen väldigt liten att alger kan ersätta bomull i textilier. Alger är ett utforskat område vilket gör att de chanser som idag lyfts fram ska tolkas med viss oklarhet. Det finns många frågor och funderingar kring alger kombinerat med textilier. Det som är mest trovärdigt är att möjligtvis kombinera bomull och alger ihop. Bomull är största miljöboven inom textilproduktion men har väldigt bra egenskaper. Vi noterar även att hitta andra möjligheter kring produktion och kemikalier kan det vara ett första steg till ett mer hållbart alternativ.

- I. Hur önskvärt är en övergång från bomull till alger ur ett miljöperspektiv?
  - Att ersätta alger som ett textilt material mot bomull är önskvärt vilket beror på att alger har en mindre negativ påverkan på miljön. Dock är detta utbyte mer önskvärt än genomförbart i dagens läge.
- II. Hur skiljer sig egenskaperna mellan fibrer utvunna från alger respektive bomull?
  - Det finns små skillnader mellan alger respektive bomull. Alger kan framställas på olika sätt och få önskvärda egenskaper som liknar bomullens. Bomullen har också olika processer som till viss del kan ge speciella egenskaper. Detta gör att bomullen och algens egenskaper kan skilja sig åt men också likna varandra.

## 5.3 Etiska aspekter

Inom den textila branschen finns det problem inom ett flertal olika etiska aspekter. Denna rapport stödjer alla delar inom CSR. De delar som är mest relevanta för denna studie är konsumtion och produktion samt hav och marina ekosystemet (CSR, 2019).

Konsumtion och produktion syftar till att främja hållbar konsumtion och produktionsmönster. (Agenda, 2019. Mål 12) Alger är ett råmaterial som växer naturligt i vattnet vilket gör det till, förnybar, hållbar konsumtion. Bomull är ett material som kräver mycket kemikalier och bekämpningsmedel vilket gör att det inte är hållbart miljömässigt. Men hållbar produktion

handlar inte bara om miljön. Trots att bomull inte har en miljömässig produktion så är det en fiber som är förnybar och kan återvinnas samt återanvändas. Finns det en fiber som har både delar? Är alger den fibern?

Hav och marina ekosystem syftar till att bevara och utnyttja de marina resurserna på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling (Agenda, 2019. Mål 14). Produktionen av bomull medför stora utsläpp av kemikalier och bekämpningsmedel i vattendrag som förstärker det marina ekosystemet. Produktionen av alger medför inte detta utsläpp och växer dessutom i vattnet. Faktum är att det är en överproduktion av alger i vissa vattendrag som skadar det marina livet. Att skörda överflödiga alger för att tillverka textila fibrer kan gynna det marina ekosystemet.

Det finns många delar som kan förbättras inom den textila industrin och det är mycket som modeföretagen bör göra för att bidra till att uppnå CSR-målen. Att hitta miljövänligare material kan vara en av lösningarna.

## 6. Slutsats

*Detta avsnitt redogör kortfattat för uppsatsens slutsatser. Här presenteras även förslag på vidare forskning.*

---

*Denna kandidatuppsats syftar till att ta reda på om det är önskvärt ur ett miljöperspektiv att använda alger som råmaterial i en textil fiber istället för bomull. Rapportens innehåll kommer också studera och diskutera huruvida bomullens egenskaper skiljer sig från algers, när den har omvandlats till en textil fiber.*

Att alger kan användas för att framställa ett av framtidens textila material har tydligt framgått under arbetet. Med mer forskning och tester kan ett textilt material baserat på algens cellulosa revolutionera modebranschen. Det är mer önskvärt ur ett miljöperspektiv, att med mer forskning, byta ut bomull mot alger. Om detta är genomförbart återstår att se.

Om alger kan bli lika omtyckt som bomull, är en svår slutsats att dra. Undersökningen har visat att det finns vissa gemensamma parametrar vad gäller materialens egenskaper, dock finns det mer egenskaper som skiljer de åt. Vad framtiden har att erbjuda återstår att se, men alger är definitivt ett råmaterial att räkna med. Att använda alger som ett textilt material kan förbättra och förnya textilbranschen vilket är ett måste för ett fortsatt gott levande på jorden.

### 6.1 Vårt bidrag

Det finns ett behov av förändring inom den textila branschen. Vårt arbete bidrar till en hållbar lösning utifrån ett nytt material och ger en även en jämförelse som, med mer forskning, kan vara avgörande för framtiden.

## 6.2 Vidare studier

Arbetet är grundat i den forskning som har funnits tillgänglig för undersökningen om alger i skrivandets stund vilket anses vara bristfälligt i det avseende att forskningsområdet är så pass nytt. Det finns många delar inom textil som kan studeras vidare. Fortsatta studier bör ske med avseende på att utforska alger och dess egenskaper som ett textilt material. Studier bör också ske på hur alger påverkar miljön utifrån ett produktionsperspektiv, dvs. hur miljövänlig är processen av alger omvandlat till ett textilt fiber. Det som har utforskats inom miljöperspektivet, är att alger har växt enormt inom de kommande åren och att det påverkar levande vattenorganismer negativt. Hur vattenlivet påverkas om stora mängder alger används till textilt fiber är en del som forskningen bör fokusera på innan de går vidare med forskningen.

# Källförteckning

A. H&M Foundation. (u.å.). *About the award*. Tillgänglig:

<https://globalchangeaward.com/about-the-award/> [Hämtad 2019-04-14]

Aka, CJ. (2018). Young *Cladophora glomerata* in Holma, Gullmarsfjorden [Fotografi]

Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/149020226@N07/39716438253/in/photolist-rc7qQm-noYZcH-aAYuiE-29ExRQs-85aVGS-857PYX-gp9RmK-gp9wNf-HDQ5pU-hFJvm-QmHyyt-23vB8oM-23vB7Fz-2dRxAQ7-d6awBQ-RNbZam-ejuU1U-23vAWE2-23vAXb2-N9hE6o-RNc1As-25MRrTv-25MRrVK-xcWGPn-xcQg97-M2Lvze-adBqxz-23vAXwT-G8zvQa-aAVN5k-SdgDP7-25MRrXD-HDQ5mN-rRjpKE-25MRtvP-25HSGco-25MRwvX-nSLzQ2-rHqUJf> (CC0 1.0) <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/> [Hämtad 2019-05-15]

Alga Life. (2018). *Our revolution*. Tillgänglig: <https://www.alga-life.com/our-revolution-1> [Hämtad 2019-04-14]

AlgiKnit. (2019). *Press*. [Fotografi]. Tillgänglig: <https://www.algiknit.com/press> [Hämtad 2019-05-15]

Agenda. (2019). Målen, 12 hållbar konsumtion och produktion. *CSR Sweden*. Tillgänglig: <https://agenda2030delegationen.se/blogg/agenda-2030/om-agendan/mal-12/> [Hämtad 2019-07-15]

Agenda. (2019). Målen, 14 hav och marina resurser. *CSR Sweden*. Tillgänglig: <https://agenda2030delegationen.se/blogg/agenda-2030/om-agendan/mal-14/> [Hämtad 2019-07-15]

Backman, J. (2016). *Rapporter och uppsatser*. 3. uppl., Lund: Studentlitteratur AB.

Barsanti, L & Gualtieri, P. (2014). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. Second Edition. Istituto di Biofisica. Pisa, Italy.

Barsanti, L & Gualtieri, P. (2006). *Algae : Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. *Taylor & Francis Group*.

Bell, J. (2000). *Introduktion till forskningsmetodik*. 3. uppl., Lund: Studentlitteratur.

Bellinger, E. G. & Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. West Sussex: Wiley.

B. H&M Foundation. (u.å.). *Winners*. Tillgänglig: <https://globalchangeaward.com/winners/> [Hämtad: 2019-05-03]

*BioDesign: The (R)evolution of Sustainable Fashion | Theanne Schiros | TEDxFIT* (2018) [video]. TEDx Talks. <https://www.youtube.com/watch?v=0aDmtThjH3U> [2019-05-13]

Camera, S & Karana, E. (2017). Growing materials for product design. *ResearchGate*. Delft: University of Technology.

Cheriaa, J., Bettaieb., Denden, I & Bakhrouf, A. (2009). Characterization of new algae isolated from textile wastewater plant. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. Helsinki. Vol.7, (3:4). ss.700-704.

Chieza, N. A. (2017). *Fashion has a pollution problem*. TED. Tillgänglig: [https://www.ted.com/talks/natsai\\_audrey\\_chieza\\_fashion\\_has\\_a\\_pollution\\_problem\\_can\\_biology\\_fix\\_it#t-328674](https://www.ted.com/talks/natsai_audrey_chieza_fashion_has_a_pollution_problem_can_biology_fix_it#t-328674) [2019-05-04]

Cirino, E. (2018). *The Environment's New Clothes: Biodegradable Textiles Grown from Live Organisms*. Tillgänglig: <https://www.scientificamerican.com/article/the-environments-new-clothes-biodegradable-textiles-grown-from-live-organisms/> [Hämtad 2019-04-14]

Cock, J., Akira, F & Coelho, M. (2011). Brown algae. *Current Biology*. Vol. 21(15), ss. 573-575

Costa, A., Rocha, M & Sarubbo, A. (2017). *Bacterial cellulose: An eco-friendly biotextile*. Vol.7. Issue 1. International Journal of textile and fashion technology.

CSR. (2019). Agenda 2030 - globala målen för en hållbar utveckling. Tillgänglig: <https://www.csrsweden.se/vad-ar-csr/agenda-2030/> [Hämtad 2019-07-10]

Dominquez, H. (2013). *Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals*. Philadelphia, Woodhead.

European IPPC Bureau. (2003). *Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry*. European commission. Tillgänglig: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/txt\\_bref\\_0703.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/txt_bref_0703.pdf) [2019-04-29]

Friberg, Febe. (red.) (2006). *Dags för uppsats - Vägledning för litteraturbaserade examensarbeten*. Lund: Studentlitteratur AB.

Gonçalves, I. Martins, M. Loureiro, A. Gomes, A. Cavaco-Paulo, A. Silva, C. (2014). *Sonochemical and hydrodynamic cavitation reactors for laccase/hydrogen peroxide cotton bleaching*. Ultrasonics - Sonochemistry. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2013.08.006

Gubelit, Y. I. & Berezina, N. A. (2010). The causes and consequences of algal blooms: The *Cladophora glomerata* bloom and the Neva estuary (eastern Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 61(4-6), pp. 183-188.

Gunter, P. (2010). *Fibers from Algae*. Tillgänglig: [https://www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case\\_77\\_fibers\\_from\\_algae.pdf](https://www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_77_fibers_from_algae.pdf) [Hämtad 2019-04-14]

Hannon, M., Gimpel, J., Tran, M., Rasala, B., & Mayfield, S. (2010). Biofuels from algae: challenges and potential. *Biofuels*.1(5), 763–784

Hipler, U., Elsner, P., Itin, P., Jemec, G & Jemec, G. (2006). Biofunctional Textiles and the Skin. Vol. 33.

Janarthanan, M & Kumar, M. (2018). The properties of bioactive substances obtained from seaweeds and their applications in textile industries. Vol. 48(I) 361-401.

Johnsona, M., Shivkumara, S & Berlowitz-Tarrantb, L. (1996). Structure and properties of filamentous green algae. *Materials Science and Engineering: B* Vol. 38, Issues 1–2, pp. 103-108.

Kadolph. J. (2017). *Textiles: Pearson new international edition*. Pearson. Eleventh Edition.

Kadir, M.I, Ahmad, W.Y, Ahmad, M.R, Misnon, M.I, Ruznan, W.S, Abdul Jabbar, H, Ngalib, K & Ismail A. (2014). *Utilization of Eco-Colourant from Green Seaweed on Textile Dyeing*. International Colloquium in Textile Engineering. Volume, 6. DOI: 10.1007/978-981-287-011-7\_14.

Karlsson, H. (2010). *Gifter i tyger*. Tillgänglig: [https://bioenv.gu.se/digitalAssets/1309/1309851\\_helene-karlsson.pdf](https://bioenv.gu.se/digitalAssets/1309/1309851_helene-karlsson.pdf) [Hämtad 2019-05-16]

Kemikalieinspektionen. (2019). *Märkning och farosymboler*. Kemikalieinspektionen. Tillgänglig: <https://www.kemi.se/privatpersoner/rad-om-farliga-kemiska-produkter/markning-och-farosymboler> [2019-05-08]

Kim, J., Lee, J-E., Kim, K & Kang, N. (2018). Beneficial Effects of Marine Algae-Derived Carbohydrates for Skin Health. Vol.16(11). *Marine drugs*.

Kite-Powell, J. (2018). *See how algae could change our world*. Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2018/06/15/see-how-algae-could-change-our-world/#3a3dd92f3e46> [Hämtad 2019-04-29]

Kriz, J. (2011). Kelp. [fotografi] Hämtad från: <https://www.flickr.com/photos/27587002@N07/5616563031/in/photolist-9yjmvd-jyrJSS-6cFrJ7-a7gnt4-rgX73Z-omlqps-URaZWY-dJCn4-jhs7E6-riHmfq-nR8urn-a2dpNh-rxZ63w-3KjvYm-cBz5WY-r33bZY-VKAsXn-BJzPj-9cooZ7-8JHttX-7kiEf5-cDmdZ-8JLvWA-8XFUM-cDmcx-4ThkxR-idMTV-cAJpfJ-255Qc66-5oYe1P-wsbZs-6BxYZc-9chTQD-5rFamz-rjtMcx-3enpqr-5oYe1X-r622p-frTJLV-ef4Dyo-3emLRc-cQ3VwG-7gpG9V-2G3FMn-nAxEW3-yV6MF-6WPQrj-r61WS-4DRVWv-r3aiPr/> (CC BY 2.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>

Lu, J., Zhang, H., Jian, Y & Shao, H. (2011). Properties and structure of MWNTs/cellulosa composite fibers prepared by Lyocell process. Shanghai. Wiley.

- Mahan, W. A. (2010). *US 2010/0297436A1*. Tillgänglig: <https://patents.google.com/patent/US20100297436A1/en> [Hämtad 2019-04-15]
- Mihhels, K. (2017). *Recovery of cellulose from green algae for textile manufacture*. Master's thesis for the degree of Master of Science in Technology submitted for inspection. Espoo: Aalto University. [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29093/master\\_Mihhels\\_Karl\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29093/master_Mihhels_Karl_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Hämtad 2019-05-13]
- Mihranyan, A. (2010). *Cellulose from Cladophorales Green Algae: From Environmental Problem to High-Tech Composite Materials*. Nanotechnology and Functional Materials. Doi:10.1002
- Mir, R. A., Adeel, S., Azeem, M., Batool, F., Khan, A. A., Gul, S., & Iqbal, N. (2019). Green algae, *Cladophora glomerata* L.-based natural colorants: dyeing optimization and mordanting for textile processing. *Journal of Applied Phycology*, Vol. 9, DOI: 10.1007/s10811-018-1717-6
- Muthu, S & Gardetti, M. (2016). *Sustainable fibres for fashion industry*. Vol.1. Springer, Hong Kong.
- NASA. (2005). *PHYTOPLANKTON BLOOM IN THE BALTIC SEA*. Tillgänglig: <https://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=73510> [Hämtad 2019-04-15]
- NASA. (2019). *Keeping an Eye on Algae from Space*. Tillgänglig: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/b4h-3rd/eds-keeping-eye-on-algae](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/b4h-3rd/eds-keeping-eye-on-algae) [Hämtad 2019-04-15]
- Naturvårdsverket. (2017). *Bomull och miljö*. Tillgänglig: <https://www.hallakonsument.se/miljo-och-hallbarhet/handla-hallbart/textilier-och-miljon/miljoaspekter-pa-olika-textiltyper/bomull/> [Hämtad 2019-04-10]
- Nextnature. (2015). *Interview: Suzanne Lee, Fashion Innovator Who Grows Clothing in the Laboratory*. [Fotografi] Tillgänglig: <https://www.nextnature.net/2015/06/interview-suzanne-lee/> [Hämtad 2019-05-02]
- Ólafsson, E. Aarnio, K. Bonsdorff, E. & Arroyo, N. (2013). Fauna of the green alga *Cladophora glomerata* in the Baltic Sea: density, diversity, and algal decomposition stage. 160, Issue 9, pp. 2353–2362.
- Olsson, E. Posner, S. Roos, S. Wilson, K. (2009). *Kartläggning av kemikalieanvändningen i kläder*. Swerea IVF. Tillgänglig: [https://www.kemi.se/global/prio/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/kartlaggning\\_kemikalieanvandning\\_i\\_klader\\_2010-03-17.pdf](https://www.kemi.se/global/prio/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/kartlaggning_kemikalieanvandning_i_klader_2010-03-17.pdf) [2019-04-25]
- Posten, C. & Walter, C. (2012). *Microalgal Biotechnology: Potential and Production*. De Gruyter, Berlin.

- Quinn, B. (2012). *Fashion futures*. Marrell, London.
- Ryen, A. (2004). Kvalitativ intervju – från vetenskapsteori till fältstudier. Malmö: Liber, pp. 195. ISBN: 9789147072781
- Salmons, Janet (2010). *Online Interviews in Real Time*. Kalifornien: Sage Publications, Inc. pp. 28.
- Schiel, D. & Foster, M. (2015). *The Biology and Ecology of Giant Kelp Forest*. University of California Press.
- Shaukat, A. (2007). *Evaluation of cotton dyeing with aqueous extracts of natural dyes from indigenous plants*. University of Agriculture Faisalabad, Pakistan, pp. 62–63.
- Singelton, P. (1999). Bacteria in Biology, Biotechnology and medicine. *Library of Congress Cataloging- in- Publication Data*. ss. 447-448
- Singh, R., Bhashar, T & Balagurumurthy, B. (2013). Biofuels from Algae. *Biofuels Division*. India. ss. 235-260
- Soler, C. Lang, S. Brinkberg, E. Hars, A. Graffner, J. Rhodin, C. Strand, F. Fernmo, A. Nilsson, J. Soxbo, M. Sundh, M. (2019). *Den "hållbara" bomullen håller inte måttet*. Göteborgs Posten. Tillgänglig <https://www.gp.se/debatt/den-h%C3%A5llbara-bomullen-h%C3%A5ller-inte-m%C3%A5ttet-1.14624193> [2019-04-25]
- Synnott, M. (2015). *Aralsjön: sjön som försvann*. National Geographic Sverige. Tillgänglig: <https://natgeo.se/natur/naturkatastrofer/aralsjon-sjon-som-forsvann> [Hämtad 2019-04-13]
- Tyrell, K. Denissen, A-K. Roger, I. Schonenberg, L. Holland, R. Peters, E. Wollford, J. Verhoestraete, E. (2017). *Sustainable cotton ranking 2017*. Sustainable cotton ranking. PDF. Tillgänglig: <https://www.sustainablecottonranking.org/> [2019-04-25]
- Von Zeipel, M. (2009). *WWF och IKEA stöttar en miljövänligare bomullsproduktion*. Tillgänglig: <https://www.wwf.se/projekt/wwf-och-ikea-stottar-en-miljovanligare-bomullsproduktion/> [Hämtad 2019-04-09]
- Whitton, B.A. (1994). Biology of Cladophora in freshwaters. *Water Research*, 4(7), pp. 457-476.
- Wehr, D.J. & Sheath, G.R. (2003). *Freshwater Algae of North America*. Ecology and Classification Aquatic Ecology. Pages 311-352.
- Xue, Z., Zhang, W., Yan, M., Liu, J., Wang, B., Xia, Y. (2017). *Pyrolysis products and thermal degradation mechanism of intrinsically flame-retardant carrageenan fiber*. Royal society of chemistry. Tillgänglig: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2017/ra/c7ra01076a> [Hämtad 2019-05-08]

DOI: [10.1039/C7RA01076A](https://doi.org/10.1039/C7RA01076A)

# Bilagor

## Bilaga 1 Inquiry

Hi, we are two students, named Ellen Johansson and Kelly Gelevska, studying at The Swedish School of Textiles. We wonder if we could have an interview with you or possibly get to know your research on algae as a textile material?

We are now writing our thesis where we compare algae and cotton from an environmental perspective and its characteristics. We would appreciate it so much if you wanted to be part of our work.

Of course all information we use is only for the purpose of the education. If you would like to be anonymous just let us know and we will not mention your name. Is it okay to mention your company's name in the survey?

Best regards,  
Ellen Johansson  
Kelly Gelevska

## Bilaga 2 Information

Hi! Thank you for showing interest in participating in our study. As mentioned in the earlier mail the study will compare cotton and algae from an environmental perspective and also it's characteristics as a textile material. The aim of the study is to find out what differences algae and cotton have in its characteristics and to find out if the exchange of cotton to algae should be desirable from an environmental perspective.

Some information before you get the questions:

- We would like you to answer the questions within five days if that is possible.
- You will be completely anonymous in the study. Your name will not be included in the survey. However, we want to inform you that this is one degree project, which may be published publicly in for example library databases.
- You have the right to cancel at any time during the interview. If you no longer want to participate, just write us an e-mail.

Some information about the questions:

- There are 8 questions that we would like you to answer as extensively as possible.
- If there is some question that is confidential, just skip to answer that question.

That was all. We will attach the questions in a document for you.

Thank you so much for participating in this interview!  
Best regards,  
Ellen Johansson  
Kelly Gelevska

## Bilaga 3 Research questions

Questions:

1. In your research, what kind of algae do you use?
2. What would you say are the benefits of a textile material based on algae? Both environmental and also in their characteristics.
3. What are the exact characteristics of algae as a textile material?
4. Do you have any measure of algae characteristics such as, for example, tensile strength that we can take part of?
5. How does the textile feel like when you hold it in your hand?
6. Would you say that algae can be compared with cotton? Why yes or why no?
7. Does algae have an environmental impact in a negative way? Why yes or why no?
8. Can algae be the future textile fiber?

Thank you!  
Best regards,  
Ellen Johansson  
Kelly Gelevska