

ROSKILDE UNIVERSITET

NATURVIDENSKABLIG OG HUMANISTISK-TEKNOLOGISK  
BACHELORUDDANNELSE

---

## Kortlægning af tang i Guldborgsund

FAGMODULPROJEKT I GEOGRAFI

---

*Udarbejdet af:*

Charlotte POULSEN  
Kristina LARSEN  
Niels CHRISTIANSEN  
Rasmus JENSEN

*Vejleder:*

Thomas Theis NIELSEN

5. JANUAR, 2020

**RUC**



## Resumé / Abstract

Interessen for tang er i vækst globalt, og den bruges i store mængder som stivelse i fødevarer, og som foder. På grund af makroalgernes indholdsrige sammensætning af næringsstoffer, store globale udbredelse og lette høsttilgang, er tang et værdifuldt produkt sundhedsmæssigt, miljømæssigt og samfundsmæssigt fremadrettet. Der er i samarbejde med Guldborgsund kommune forsøgt at finde en model til at kortlægge tangvæksten i og omkring vandene ved Guldborgsund for økonomisk og effektivt at kunne udnytte ressourcen til produktion af fødevarer, foder, gødning med mere, samt give et realistisk bud på det kommercielle potentiale, der kan ligge i tangen. Ved hjælp af data indsamlet ved Alstrup strand i det nordlige Guldborgsund, er der fundet frem til en mulig sammenhæng mellem havbundens tangdække i procent og vanddybde. I Matlab er der beregnet sammenhænge og standardafvigelser, og det er her forsøgt at komme frem til en model, der ud fra indsatte parametre kan lokalisere makroalgerne og dermed mindske arbejdet ved at søge vandet igennem manuelt. I ArcGIS Pro er der produceret kortmateriale, som illustrerer målingen af bunddække i grid ved feltarbejdet. Vanddybde i sig selv har ikke betydning for tangvæksten, da det er forholdene af de abiotiske faktorer, som temperatur, lys og salinitet, der er afgørende for tangens udbredelse og vækst. Derfor er den beregnede model utilstrækkelig og bør i stedet videreudvikles med flere vækstafhængige parametre, for at kunne fungerer i praksis. Det anbefales derudover at foretage en mere randomiseret dataindsamling, end den benyttede metode i dette projekt, for at kunne lave bedre interpolationer over dataene. Ud fra observationer under feltarbejdet, samt kort fra DHI, vurderes der at være gode muligheder for tanghøst og opstart af tangproduktion i og omkring Guldborgsund kommune. Dette vil kræve dispensation på grund af områdets inkludering i bevaringsnetværket Natura 2000, der dog ikke anses som en større forhindring.

Nøgleord: Tang; Makroalger; ArcGIS Pro; Matlab; Interpolation; QGIS; Guldborgsund

---

Interests in macro algae and its applications as e.g. starch in food produce and animal fodder is on the rise globally. Due to the composition of nutrients in macro algae, they are a valuable commodity with potential benefits to health, the environment and society. A test area has been mapped and an attempt at producing a model to predict the occurrence of macro algae has been attempted in cooperation with the municipality of Guldborgsund in Denmark, with the aim of exploiting these in the production of food, fertilizer etc., and investigate the commercial potential for Guldborgsund. Through data collected at the beach near Alstrup, a possible correlation between algae occurrence and water depth is explored. Correlations and standard errors have been calculated and the beginnings of a model to predict the whereabouts and density of algae is begun. ArcGIS Pro has been utilized to produce interpolations of the sampling area. Water depth is not believed to be relevant to the occurrence and growth of macro algae but works as a proxy for other things such as temperature, light, wave interference etc. and the model is as such inadequate and needs to be expanded on. Furthermore, it is recommended to use a sampling method that introduces a degree of randomness in order to produce better interpolations. Observations made during field work and from exploring DHI's marine vegetation map it is the assessment of this report that there are indeed opportunities for harvest and production of macro algae in the waters surrounding the municipality of Guldborgsund. This will however require a dispensation as large parts of the area is protected by legislation related to Natura 2000.

# Indholdsfortegnelse

<b>1 Forord</b>	<b>3</b>
1.1 Indledning . . . . .	4
1.2 Problemformulering . . . . .	5
<b>2 Teori</b>	<b>6</b>
2.1 Tangs Potentiale . . . . .	6
2.1.1 Indholdsstoffer og brug . . . . .	6
2.1.2 Eksport, Import og Økonomi . . . . .	7
2.1.3 Tangproduktion Globalt og i Danmark . . . . .	9
2.2 Vækstbetingelser for tang . . . . .	10
2.2.1 Vækstbehov for tang . . . . .	10
2.2.2 Abiotiske forhold i Danmark . . . . .	10
2.3 Interpolation . . . . .	11
2.3.1 Natural Neighbor interpolation . . . . .	12
<b>3 Metode</b>	<b>13</b>
3.1 Billedbehandling . . . . .	14
3.2 Databehandling . . . . .	15
3.3 Kortproduktion . . . . .	15
<b>4 Resultatanalyse</b>	<b>17</b>
4.1 Grafer og figurer . . . . .	19
<b>5 Fejlkilder, mangler og usikkerheder</b>	<b>23</b>
5.1 Indsamlingsmetode . . . . .	23
5.2 Opmåling . . . . .	23
5.3 Billedbehandling . . . . .	24
5.4 Modellen . . . . .	25
<b>6 Diskussion</b>	<b>26</b>
6.1 For og imod dyrkning af tang i Guldborgsund Kommune . . . . .	26
6.2 Potentialet for tang i Guldborgsund Kommune sammenlignet med øvrige områder i Danmark . . . . .	27
6.3 Tangs økonomiske potentiale . . . . .	29
<b>7 Konklusion</b>	<b>30</b>
<b>8 Perspektivering</b>	<b>31</b>
<b>Litteraturliste</b>	<b>32</b>
<b>Bilag</b>	<b>34</b>

# 1 Forord

Dette projekt er udarbejdet af 5. semesterstuderende på Roskilde Universitet i efteråret 2019 under faget Geografi, og er udviklet i samarbejde med Guldborgsund Kommune. Projektet er baseret på data indsamlet ved Alstrup Strand for at kortlægge væksten af makroalger, med henblik på mulig kommerciel udvikling i området, og henvender sig til interessenter for indsamling af tang til kommercielt brug, samt geografi- og biologistuderende indenfor samme niveau som de studerende bag projektet.

Vi ønsker at takke vores vejleder, Thomas Theis Nielsen, for god og konstruktiv vejledning under projektperioden, samt Mette Jørgensen fra Guldborgsund Kommune, der har ageret kontaktperson og forbindelsesled til kommunen og brugbare organisationer. Derudover vil vi takke Geodatastyrelsen, FCOO og Aarhus Universitet for udlevering af brugbare data til projektet, Ivar Dencker fra HTX, Nordisk Tang A/S og Daniel Listh fra Sony for lån af kameraudstyr. Samt Esbern Holmes og Morten Foldager Pedersen for deres individuelle ekspertise indenfor henholdsvis GIS og makroalger, og endvidere Institut for Environmental Biologi og FabLab for brug af faciliteter, materialer og yderligere vejledning.

---

Roskilde, december 2019

Charlotte Maj Poulsen

Kristina Vallentin Larsen

Niels Gudmand Christiansen

Rasmus Grevinge Jensen



## 1.1 Indledning

På globalt plan er tangproduktionen i dag en milliardvirksomhed, hvor 85% af produktionen bliver til fødevarer (Ferdouse et al., 2018). Den globale årlige produktion af tang svarer til 25 millioner tons i vådvægt. Heraf kommer 95,5% fra akvakultur og 4,5% fra høst af vildtvoksende arter. Størstedelen af tangproduktionen anvendes i fødevarerindustrien og til udvinding af emulgatorer, stabilisatorer og fortykningsmidler. De seneste år er tangen også set anvendt i medicin, kosmetik, foder, energi, gødning, vandrensning og jordforbedring, samt til bioaktive ingredienser i fødevarer og foder. På verdensplan er der en gennemsnitlig årlig vækst af dyrkning af tang på 8,6%, hvoraf Asien står for 96% af denne vækst. I Europa er væksten af tangproduktionen mindre end 0,5% (Petersen et al., 2016).

Der kan dyrkes store mængder tang på begrænset plads, og et areal på en hektar kan give et udbytte på op til 25 tons i tørstof, til sammenligning kan det samme areal opdyrket korn give 4,5 tons. Desuden vil der for hvert ton tang produceret blive fjernet tæt på 40 kg nitrogen (N) og 5 kg fosfor (P) fra havmiljøet, samt fikseres store mængder CO<sub>2</sub> (Andersen et al., 2016). Prisen på 100 gram tang i tørvægt ligger på 70-200 kroner, alt afhængig af arten og høsttidspunkt (Petersen et al., 2016). Der er på den måde masser af potentiale i tang, både økonomisk og miljømæssigt.

Danmark har gode muligheder for udnyttelse af farvandet til produktion af tang, takket være de lange kyststrækninger og store vandområder, og der dyrkes allerede op mod 10 tons sukkertang årligt i vådvægt til kommercielt brug ved Midtjylland. Endvidere har Kystdirektoratet i perioden 2011 til 2015, tilladt opsætning af syv tangelæg til forskning i tangdyrkning til kommercielt brug for arterne blåre-, sav-, sukkertang og søsalat (Petersen et al., 2016). På grund af den lave produktion i Danmark, vurderes det af interesseorganisationer, at det største og vigtigste potentiale ligger i fødevarer på grund af tangens rigdom på næringsstoffer og mineraler. Der ses desuden et værdifuldt aktiv i at bioraffinere tangen for at udvinde særlige værdifulde stoffer på en effektiv måde (Petersen et al., 2016).

Kommercielt kan dyrkning af tang være med til at skabe værdi i form af arbejdspladser, lokalt forbedret vandmiljø og bidrage til landbrug i form af foder og gødning. Den kommercielle dyrkning er dog udfordret ved teknologisk-, økonomisk- og lovgivningsmæssige barrierer, og der kan være en udfordring i produktionsomkostninger for Danmark i forhold til andre lande, hvor omkostningerne er langt mere konkurrencedygtige (Andersen et al., 2016).

I samarbejde med Guldborgsund Kommune vil der blive set på mulighederne for kommerciel høst i området, hvor tangen endvidere vil kunne fungere som et virkemiddel til at promovere kommunen. Med udgangspunkt i området ved Alstrup Strand vil projektet beskæftige sig med en kortlægning af tang i området, og diskutere mulighederne for høstning af tang til kommercielt forbrug.

## 1.2 Problemformulering

Hvordan kortlægges udbredelsen af tang, og hvad er det kommercielle potentiale i tang i Guldborgsund Kommune med casestudy i Alstrup Strand?

## 2 Teori

### 2.1 Tangs Potentiale

Tang, eller makroalger, findes i varierende mængder tæt på de fleste kyster og kan opdeles i tre grupper: brun-, grøn- og rødalger. De seneste år er opmærksomheden for anvendelsen af tang i fødevarer og som dyrefoder steget, og har åbnet op for projekter som havhaver og produktion af gourmetprodukter. I 2017 startede projektet Tang.nu, støttet af Villum Fonden og Velux Fonden, der blandt andet arbejder på at finde bæredygtige metoder til dyrkning af de danske tangarter sukkertang (*Saccharina latissima*), havsalat (*Ulva lactuca*), søl (*Palmaria palmata*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) i Kattegat og Limfjorden (Tang.nu, 2019a).

#### 2.1.1 Indholdsstoffer og brug

Der findes i de danske farvande omtrent 400 forskellige arter af makroalger, hvoraf 10 arter forhandles kommercielt, enten fra dyrkning eller fri høst. De fleste arter kan bruges til en variation af produkter, som fødevarer, dyrefoder, medicin, kosttilskud og kosmetik (Dolmer & Schriver, 2018). Ålegræs, der ikke er en makroalge, men en dækfrøet plante, har været brugt i fyld til maddresser og som tagdække, især på Læsø (VisitDenmark, 2019).

Makroalger i de danske farvande er ikke giftige, men kan, afhængigt af art og levested, indeholde tungmetaller, arsen, og kainsyre (Fødevestyrelsen, 2019). Den øvre grænse for indtag af jod ligger på 0,6 mg per døgn. Flere af tangarterne godkendt til fødevarer af Fødevestyrelsen, kan have et indhold af jod på op til 5.000 mg/kg tørret tang (Fødevestyrelsen, 2019). Der er dog ikke sat nogle europæiske standarder for mængden af jod i tang til fødevarer (Tabel 1). Der er fundet høje koncentrationer af jod i danske brunalger på op til 6.100 mg/kg, hvilket overstiger de franske standarder på 0,5 mg/kg, og standarder sat af USA på 5.000 mg/kg (Tabel 1). Desuden opfordrer Fødevestyrelsen til forsigtighed ved indtag af tang på daglig basis.

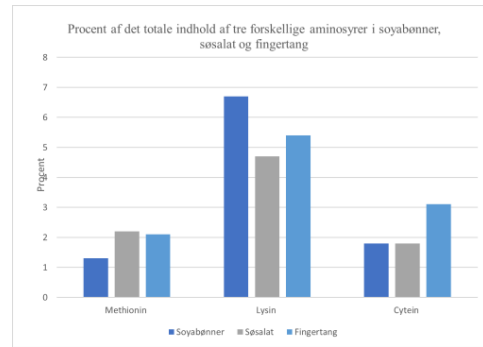
Algerne er dog en god kilde til omega-3-fedtsyre, proteiner og kostfibre, og kan derfor med fordel inkluderes i kosten, så længe det ikke samles ved havne eller tæt på spildevandsdræn. Sukkertang, søl, bule- og blæretang er de primære arter, der bruges til fødevarer i Danmark. Sukkertangen har et højt indhold af sødestoffet mannitol, samt et kostfiberindhold på omkring 40%, og er derudover meget fedtfattig med kun 1% fedt (Dansk Tang - Seaweed, 2019). Ved bioraffinering kan der udtrækkes alginat, der bruges til fortykningsmiddel i for eksempel is, ost og kagecremespulver (Dolmer & Schriver, 2018). Rødalger bruges i stor grad til produktion af agar til både fødevarerindustrien og til produktion af agarplader til laboratorier (Kim, 2012). Søl, eller dulse, betegnes som havets bacon, da det har en salt umami smag og kan røges (Dolmer & Schriver, 2018).

Toxic minerals	Limit (mg kg <sup>-1</sup> dry matter, ppm)		
	France	USA	EU regulation
Inorganic arsenic	<3.0	<3.0	No regulation
Lead	<5.0	<10	<3.0
Cadmium	<0.5		<3.0
Tin	<5.0		
Mercury	<0.1		<0.1
Iodine	<0.5	<5,000	
Heavy metals		<40	

Tabel 1: Øvre grænser i Frankrig, USA og EU, for mineraler og tungmetaller i tangarter godkendt til fødevarer (Holdt & Kraan, 2011).

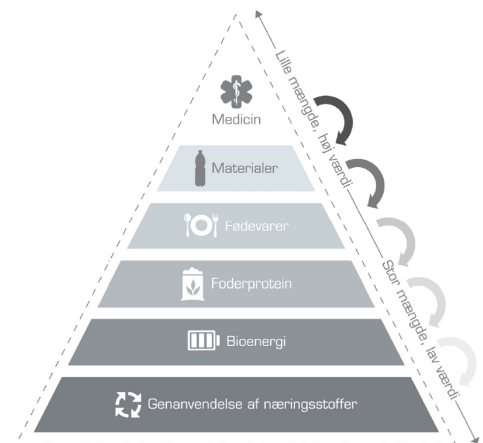
Bule- og blæretang smager intenst af hav og bruges derfor mest i supper eller som chips, men har et højt indhold af kostfibre på over 50%, samt høje koncentrationer af vitaminer, mineraler og antioxidanter (Dolmer & Schriver, 2018).

Ved bioraffinering er det muligt at udtrække proteiner, mineraler og ekstrakter, der kan bruges i medicinalindustrien, i skønheds- og hudplejeprodukter, og sælges som kosttilskud. Særligt rød tubetang og kelp bruges til eksempelvis mascara, serum og antirynkecremer. Efter bioraffineringen kan pulpen, i nogle tilfælde, anvendes som gødning eller til dyrefoder (Dolmer & Schriver, 2018). Tang er derudover en god kilde til protein (Figur 1), og en ideel erstatning for landproducerede afgrøder, da det ikke behøver gødning, pesticider eller vandforbrug i produktionsprocessen. Ved en øget national fødevarer- og foderproduktion af tang, kan behovet for at importere soja mindskes og dermed være med til at sænke karbonaftrykket for Danmark, da sammensætningen af aminosyrer i makroalger gør dem ideel til produktion af kylling, svin og fisk (Dolmer & Schriver, 2018).



Figur 1: Procent af det totale indhold af tre forskellige aminosyrer i sojabønner, søsalat og fingertang (Kilde: Dolmer & Schriver, 2018).

Tang kan også bruges til at forbedre lokalt vandmiljø ved bio-filtrering. For at undgå ophobning af næringsstoffer i vandet, fra for eksempel spildevandsløb og afstrømning fra landbrugsmarker, kan specifikke makroalger dyrkes til opsamling af mineraler. Arter i familien *Ulva*, er oftest udbredt steder med højt næringsstofindhold i vandet, og kan rense spildevand for metaller som zink, kobber og jern (Kim, 2012). De er derfor også en god indikator på urent badevand. Arten *Sargassum* er også effektiv i optag af næringsstoffer og tungmetaller, men er en invasiv art i de danske vande. Makroalger der bruges til bio-filtrering, har efterfølgende en meget lav kommerciel værdi, idet de ikke har anden anvendelse end biobrændsel (Figur 2). Dette opvejes dog af de høje miljømæssige fordele, som også kan bidrage til en øget biodiversitet i vandet (Dolmer & Schriver, 2018).



Figur 2: Model for værdioptimering via kaskadeudnyttelse af biomasse gennem bioraffinering, hvor komponenterne adskilles og isoleres så de mest værdifulde komponenter kan anvendes til medicin, og andre kan anvendes til foder og gødning (Kilde: Andersen et al., 2016).

### 2.1.2 Eksport, Import og Økonomi

Lige nu indbringer tang til fødevarer de højeste priser per kilo tørvægt. Derudover kan et eventuelt spildprodukt bruges til blandt andet emballage, hvilket giver mulighed for at skabe

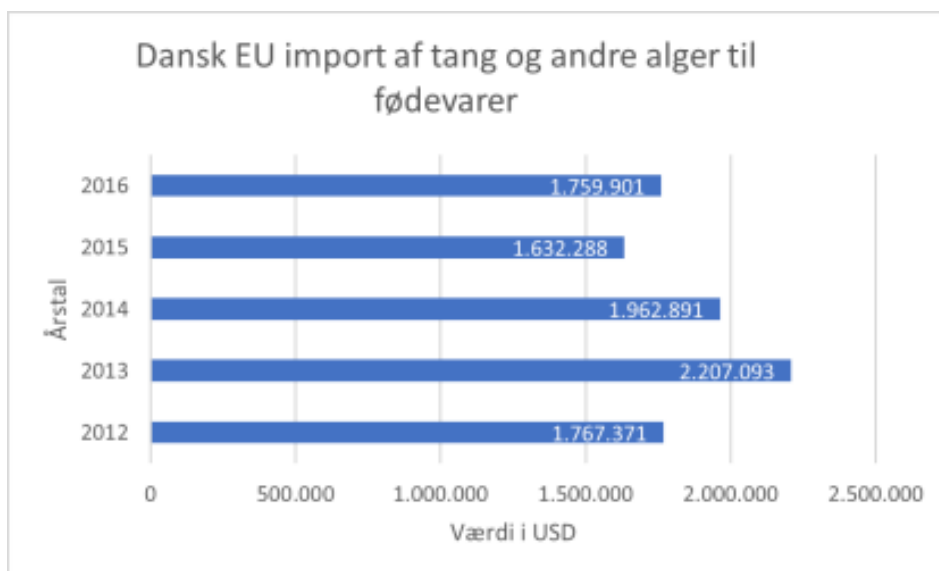
en cirkulær økonomi. Der er stor forskel på værdien mellem tangarterne, og det kan derfor anbefales at kigge på markedsværdien, før valget af art til dyrkning bestemmes (Dolmer & Schriver, 2018).

I Danmark har flere iværksættere startet produktion af tang med eksport og import til og fra udlandet, blandt andet virksomheder med en indtjening på op mod 9 millioner DKK årligt før beskatning (Cvr.dk, 2019). Danske virksomheder eksporterer primært tang høstet eller produceret til fødevarer, og importerer tangprodukter som agar og carrageenan, som det kan ses i Tabel 2.

År	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Eksport af tang til fødevarer</b>					
<i>Ton</i>	609	549	364	364	361
<i>USD</i>	4.737	4.575	3.332	2.853	2.880
<b>Eksport af agar</b>					
<i>Ton</i>	1	7	16	27	23
<i>USD</i>	79	632	594	633	491
<b>Import af tang til fødevarer</b>					
<i>Ton</i>	145	117	191	184	175
<i>USD</i>	1.767	2.207	1.963	1.632	1.760
<b>Import af carrageenan</b>					
<i>Ton</i>	4.647	5.198	4.714	5.601	5.009
<i>USD</i>	52.262	57.970	59.974	62.750	48.360
<b>Import af agar</b>					
<i>Tons</i>	126	106	88	95	119
<i>USD</i>	3.277	3.288	2.784	2.644	3.350

Tabel 2: Import og eksport af tang for Danmark i ton og tusinder USD (Kilde: Dolmer & Schriver, 2018).

Fra producenter i EU importerede Danmark i år 2016 for 1,7 millioner USD, hvilket er en stigning i forhold til året før, der havde den laveste importværdi af tang til fødevarer (Figur 3).



Figur 3: Dansk import af tang og andre makroalger til fødevarer fra EU i USD (Kilde: Ferdouse et al., 2018).

Samlet eksporterede og importerede EU i år 2016 henholdsvis 101.594 tons og 17.846 tons tang, hvoraf 4.607 tons blev eksporteret (Tabel 3) og 15.184 blev importeret til fødevarer (Tabel 4). Det illustrerer udmærket en efterspørgsel på tang i europæisk regi.

<b>Eksport af tang i EU</b>					
År	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Vægt i tons</b>					
Tang til fødevarer	3.733	4.691	5.041	5.219	4.607
Tang til andet	35.138	42.910	48.833	55.974	53.723
Agar	2.897	2.431	2.634	2.766	2.462
Carrageenan	40.403	45.379	46.939	37.587	40.802
<b>Total</b>	<b>82.171</b>	<b>95.411</b>	<b>10.3447</b>	<b>101.546</b>	<b>101.594</b>

Tabel 3: Eksport af tang i EU fra år 2012 til år 2016 i tons (Kilde: Dolmer & Schriver, 2018).

<b>Import af tang i EU</b>					
År	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Vægt i tons</b>					
Tang til fødevarer	50.631	31.768	22.953	17.175	15.184
Tang til andet	21.717	65.882	65.310	89.103	88.485
Agar	3.117	4.396	3.359	3.734	4.171
Carrageenan	61.146	72.113	63.302	57.158	70.627
<b>Total</b>	<b>136.611</b>	<b>174.159</b>	<b>154.924</b>	<b>167.170</b>	<b>178.467</b>

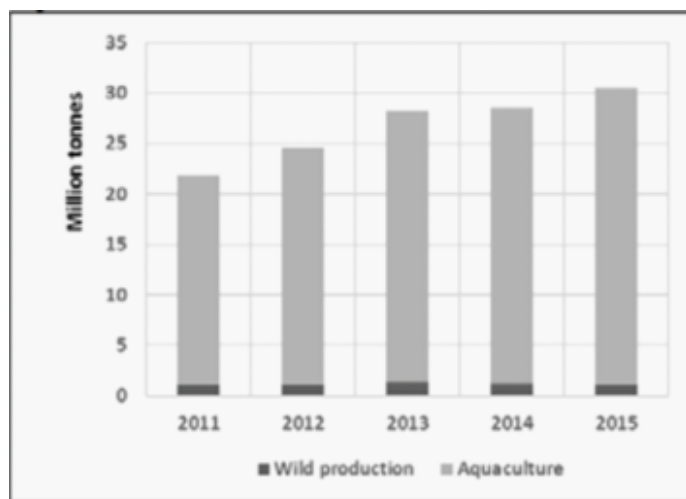
Tabel 4: Import af tang i EU fra år 2012 til år 2016 i tons (Kilde: Domler & Schriver, 2018).

### 2.1.3 Tangproduktion Globalt og i Danmark

Tangs potentiale er omfangsrigt brugsmæssigt, miljømæssig og økonomisk. Asien har det største salg af supermarkedsprodukter med tang, som dækker mere end 80% af det globale marked. Herefter følger EU som nummer 2 og Nordamerika som nummer 3. En af årsagerne til at EU ligger på en måske uventet 2. plads, er den stadig voksende ide om tang som en superfood (Ferdouse et al., 2018).

I Danmark høstes der kun få tons per år, men ifølge rapporten 'Vækst i blå biomasser' fra år 2016, er der

et produktionspotentiale på mellem 2.200-8.100 tons vådvægt årligt, hvis allerede eksisterende produktionsanlæg udnyttes fuldt ud. På det globale plan producerede tangindustrien i år



Figur 4: Procent af det totale indhold af tre forskellige aminosyrer i sojabønner, søsalat og fingertang (Kilde: Dolmer & Schriver, 2018).

2015 30,4 millioner tons (Figur 4), og har en årlig værdi på 5,3 milliarder Euro, hvoraf Kina står for 60% af produktionen. Nogle af de vigtigste arter er Japansk kelp, af hvilket der årligt produceres 8 millioner tons, samt rødalgen *Eucheuma*, af hvilket der årligt produceres 10,2 millioner tons, som indeholder en stor procentdel carrageenaner (polysakkarider), og bruges til stivelse i fødevarer (Dolmer & Schriver, 2018).

## 2.2 Vækstbetingelser for tang

Tang er en varieret gruppe organismer, der har forskellige behov for at kunne vokse i forskellige omgivelser. Temperatur, salinitet og lysforhold er vigtige parametre for tangs vækst, og varierer meget henover tid og sted. Yderligere spiller bundforhold en vigtig rolle for tangs rumlige udbredelse. Danmark er et lille land med kystlinjer der strækker sig over 7.300 km, hvilket giver rigelig plads til de mange kystnære tangarter.

### 2.2.1 Vækstbehov for tang

Der er grundlæggende tre måder hvorpå tang kan vokse: De kan være flydende, de kan sidde fast på et hårdt substrat ved hjælp af en holdfast, eller de kan vokse fra et blødt substrat ved hjælp af en rodlignende holdfast (Kim, 2012). Dette sætter nogle umiddelbare begrænsninger for, hvilke arter, der kan vokse hvor, da alger der vokser på et hårdt substrat, ikke kan vokse på sandbund, og omvendt. Dertil kommer en række andre abiotiske faktorer, der har betydning for tangens vækstbetingelser, henholdsvis: temperatur, salinitet, lys, og næring.

Tempererede tangarter kan som regel tolerere temperaturer ned til 1,5°C og op til omkring 28°C, og trives bedst ved stabile forhold (Hurd, Harrison, Bischof, & Lobban, 2014). De fleste tangarter i dansk farvand oplever den største vækst, når vandet de vokser i, har en temperatur mellem 10°C og 15°C (Fortes & Lfning, 1980).

### 2.2.2 Abiotiske forhold i Danmark

Salinitet, temperatur og lysindfald er nogle af de faktorer, der betyder mest for tangs vækst. Da store dele af de indre danske farvande udgøres af fjordsystemer, varierer de abiotiske forhold meget, alt efter geografien. Saliniteten kan for eksempel veksle mellem 35‰ i Vesterhavet og ned til under 10‰ ved Sydhavsøerne. Tangen vokser, som tidligere nævnt, bedst i mere stabile områder, hvor temperaturen ikke bliver for høj og saliniteten ikke bliver for lav. Det betyder også at antallet af arter, i det nordlige danske farvand, varierer med mellem 35-500 arter, hvilket er langt højere end ved Sydhavsøerne, hvor artstallet er omkring 50 (Ferdouse et al., 2018).

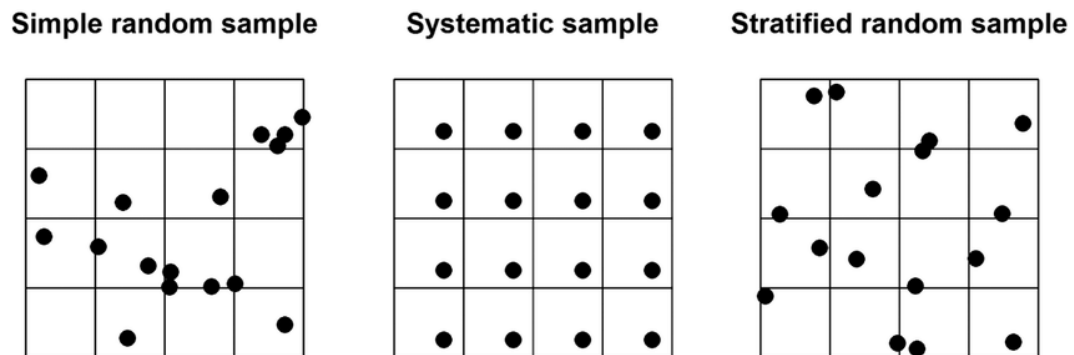
Vandene omkring Guldborgsund kommune varierer i temperatur, hvilket kan skabe udfordringer for diverse tangarter i området. Mange arter oplever dog vækst selv ved meget varierende temperaturer, for eksempel blæretang, der oplever vækst ved 0°C og op til 25°C. For de kommercielt interessante arter som sukkertang, blæretang og søsalat, er den optimale temperatur 15°C (Fortes & Lfning, 1980).

Salinitet har stor indflydelse på væksten og overlevelsen af marine makroalger. Bäck, Collins & Russell (1992) viser, at der findes stor forskel i salinitetstolerancen for populationer af blæretang fra det atlantiske og det baltiske hav. Rapporten viser endvidere, at baltisk blæretang oplever vækst i vand med salinitet mellem 1‰ og 5‰, hvor atlantisk blæretang

ikke overlever. Den baltiske blæretang oplever størst procentvis vækst ved salinitet omkring 12‰.

## 2.3 Interpolation

Interpolering er en matematisk metode, der benyttes til at estimere værdier i spændet mellem samlede datapunkter. Et eksempel som de fleste er bekendt med, er temperaturkort, der vises i vejrudsigten på tv. Disse kort er interpolerede ud fra data kendt fra vejrstationer fordelt ud over et større område (Balstrøm, Jacobi & Bodum, 2006). Inden der udføres en interpolation, er det vigtigt at have godt kendskab til sine data og metoden med hvilken de er blevet samlet, da dette har betydning for hvilken type interpolation, der er hensigtsmæssig at benytte. Afhængig af hvilke typer data der indsamles, og hvilken interpolation der udføres, er det også relevant at tilpasse sin samplingmetode, da en regelmæssig sampling, for eksempel, ikke nødvendigvis er den mest hensigtsmæssige måde at samle data på.



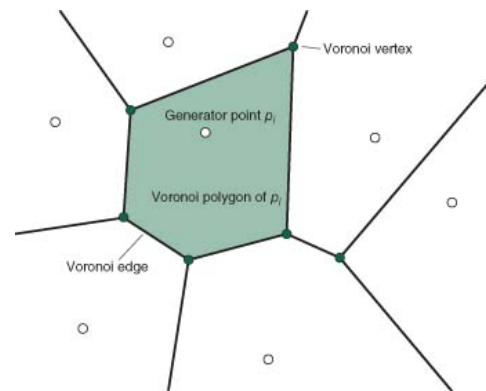
Figur 5: Eksempel på forskellige samplingmetoder (Kilde: Wills, Roecker, Williams & Murphy, 2018).

I figur 5 ses et eksempel på nogle af de metoder der kan samples på. Ved at vælge en systematisk tilgangsvinkel, er der risiko for at fænomenet ikke bliver samlet ordentligt, hvis det har en udbredelse, der er mindre end afstanden mellem samplingpunkterne/transekterne (Balstrøm et al., 2006). Dette kan forsøges undgået ved at benytte en mere tilfældig samplingmetode som vist overfor. I forbindelse med at udlægge tilfældige punkter, er det vigtigt at benytte en computer til dette, da det ikke kan lade sig gøre at bestemme punkterne tilfældigt selv (Balstrøm et al., 2006).



### 2.3.1 Natural Neighbor interpolation

Natural Neighbor interpolationsmetoden benytter en algoritme, der finder et udvalg af de nærmeste prøver i relation til et punkt og vægter dem i forhold til arealproportioner. Det er en lokal metode der garanterer, at de interpolerede værdier falder indenfor intervallet af samlede værdier. Metoden benytter sig af udlægningen af Thiessen/Voronoi-polygoner til at bestemme vægtning i forhold til arealproportioner. Thiessen/Voronoi polygoner dannes ud fra et sæt datapunkter, således at alle lokationer inden for et givent polygon, er tættere på det datapunkt polygonet ligger omkring, end på noget andet datapunkt, se Figur 6. (Yamada, 2016).



Figur 6: Illustration af Thiessen/Voronoi polygoner (Kilde: Yamada, 2016).

### 3 Metode

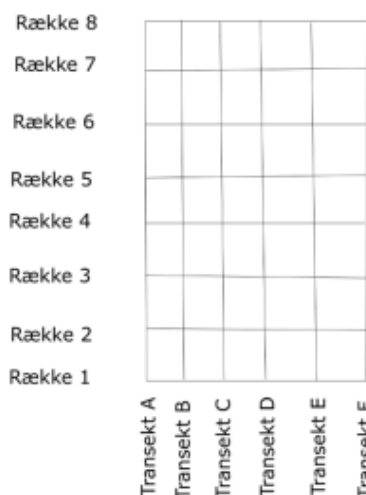
Guldborgsund Kommune udpegede områderne ved Vignæs og Alstrup (Figur 7), der begge blev undersøgt fredag den 27. september. Tang blev fundet begge steder, men ved Vignæs ud for Statshusvej blev der ikke fundet nok til, at lokationen er relevant som case. Derudover var havbunden meget sandet, og egner sig derfor ikke til makroalger der gror med holdfast, herunder blæretang. Ved stranden ud for Alstrup blev der fundet en større variation af tang, og i større mængder. Desuden var der blæretang på de få sten, der fandtes i området, hvilket indikerer at blæretang kan vokse i området.

Dataindsamlingen blev foretaget i lavvandede områder, da projektet ikke havde en båd til rådighed, og derfor var begrænset til vanddybde, der kunne tilgås i waders. Ved Alstrup blev der samlet tang til senere artsbestemmelse. Tangen blev indsamlet ud fra kriteriet at finde så mange arter som muligt.



(a) Der tages billede af tangdække med kamera. (b) Samplingområde markeret med rød firkant.

Figur 7: Der blev samlet ved Alstrup strand.



Figur 8: Oversigt over transektlinjer og rækker.

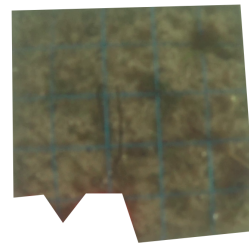
Ved den endelige dataindsamling den 13. oktober, blev der ved Alstrup Strand trukket seks transektlinjer, med otte datapunkter på hver line. Transekterne blev navngivet med bogstaver fra A til F, og datapunkterne med numrene 1 til 8 (Figur 8). Dette blev markeret med røde akrylbogstaver og -tal produceret i FabLab på RUC. Fra bredden blev der målt 10 meter ud i sundet, hvorfra den første transektline (A) blev trukket yderligere 35 meter ud. Ved hver transektline blev der, ved start og slutpositionen, målt GPS-koordinater ved hjælp af appen "GPS Coordinates" på mobiltelefon.

Hver transektline havde markeringer med farvet tape for hver meter. Data blev indsamlet ved hver 5. meter på transekten. Det første datapunkt (A1) blev lagt ved transektline A. Der blev opmålt 5 meter

mellem hver transekt parallelt med kysten, hvilket gav et grid på 35x25 meter. Med otte datapunkter i hver transekt, blev det til 48 målinger i alt. Ved hvert datapunkt blev der lagt en kvadratisk metalramme på havbunden, hvorefter der blev filmet med et Sony HDR-AZ1 kamera på en kamerastang fra vandspejlet og ned, til metalrammen fyldte billedet. Der var på forhånd udvalgt otte tal ved hjælp af appen "Random UX", der udvalgte datapunkter, hvor prøver af tang skulle indsamles til artsbestemmelse. Et gruppe-medlem stod for at dykke ned og indsamle tangen, som blev opbevaret i 8-liter fryseposer med datapunktets markering vedlagt. Prøverne blev lagt på køl i laboratorium på RUC til dagen efter, den 14. oktober. Prøverne af tangen blev fordelt mellem gruppe-medlemmerne i laboratoriet, hvor der ved hjælp af lup, nøglebøger og Google, og med bekræftelse af Morten Foldager Pedersen fra RUCs miljøbiologifdeling, blev bestemt femten arter i alt, som kan ses i resultatafsnittet (afsnit 4).

### 3.1 Billedbehandling

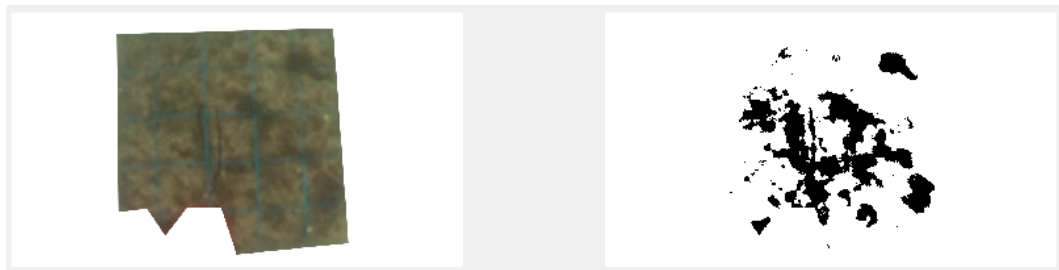
Ved hver af de 48 punkter på transektlinerne, blev der taget en film med et Sony HDR-AZ1 kamera på en kamerastang, med det formål at fange et billede af hele metalrammen og dens indhold. Efterfølgende blev der, for hver film, udtaget et billede ud fra kriterier om sigtbarhed og størst andel af metalrammen som var synlig i billedet. For at opnå en dækprocent af makroalger indenfor metalrammen, blev hvert billede beskåret i vektorgrafikredigeringsprogrammet 'Inkscape', så



Figur 9: Billede tilpasset metalrammen og fraklippet punktindikatorer.

der kun var indholdet af metalrammen tilbage (Figur 9). Efterfølgende blev hvert billede kørt igennem et Matlab-script (kan findes i Bilag 1), der først omdanner billedet til sort-hvid, hvorefter hver pixel i billedet blev gjort helt sort eller helt hvid, ud fra pixelens lysværdi. Dette blev gjort ud fra ræsonnementet, at makroalger og ålegræs er mørkere end sandbund. Fordi lysintensiteten ikke var den samme på alle billederne, blev der for hvert billede bestemt en værdi, der afgjorde om de enkelte pixels blev sorte eller hvide. Dette blev gjort med visuel kontrol, med et ønske om at alt makroalge og ålegræs blev sort, og alt sandbund blev hvid (Figur 9).

Herefter kunne den procentvise andel af billedet med sorte pixels udregnes og bruges som bunddækkeprocent.



Figur 10: Eksempel på billede omdannet til sort/hvid, ud fra tangbunddække.

## 3.2 Databehandling

Da vi ikke målte vanddybden, estimerede vi dybden i de fire hjørnepunkter ud fra erindring om, hvor højt på kroppen vandet gik ved de fire punkter. Derefter blev vanddybden i de øvrige punkter udregnet, ved ligeligt at fordele forskellen mellem dybden til punkterne ved kysten, og dybden til de yderste punkter mellem de mellemliggende punkter.

Ud fra bunddækkeprocenten, der blev fundet for hver position, blev der ved hjælp af Matlab udført to grafer. Henholdsvis en graf med afstand fra kysten på  $x$ -aksen og bunddækkeprocenten på  $y$ -aksen (Figur 12), og en graf med dybden på  $x$ -aksen og bunddækkeprocenten på  $y$ -aksen (Figur 13). For hver graf blev der udført en regressionsanalyse til punkterne, der i begge tilfælde beskriver et andengradspolynomium. Da  $R^2$ -værdien var højest for andengradspolynomiet til grafen med dybden på  $x$ -aksen, valgte vi at bruge denne til videre databehandling.

For at finde forskellen i sammenhængen mellem dybde og bunddækkeprocent, beskrevet af andengradspolynomiet, og den sammenhæng der er mellem den målte bunddækkeprocent og dybden, valgte vi at trække det af ligningen forudsagte bunddække med dybde som input, fra vores målte bunddække procent.

Der blev brugt interpolation til producering af kortmateriale, fordi interpolation kan finde sammenhænge i rumligt data, ved hjælp af kendte data inden for et bestemt område, og dermed give en sammenlignelig karakteristik af nærtliggende materiale. Der blev startet ud med et kort lavet på Kriging Interpolation i ArcGIS Pro. Efterfølgende blev det besluttet at bruge Natural Neighbor Interpolation i ArcGIS Pro, fordi de indsamlede data fra Alstrup Strand er diskrete, og modellen ikke er lige så følsom over for et lavt antal datapunkter, som for eksempel Kriging, samtidig giver den en mere jævn harmonisering med virkeligheden.

I ArcGIS Pro blev der udført to kort med Natural Neighbor interpolationen. Et med det målte bunddække, og et med den procentvise afvigelse mellem det målte og det forudsagte bunddække. Dette blev gjort for at vise forskellen mellem det forudsagte og det målte, og derved retfærdiggøre den tendens andengradspolynomiet er udtryk for. For yderligere at tydeliggøre dette, blev standartafvigelsen udregnet for både det målte og den procentvise afvigelse, mellem det målte og det forudsagte bunddække.

## 3.3 Kortproduktion

Til brug for kortproduktion er de indsamlede data, og de efterbehandlede billeddata blevet samlet i et vektorlag i QGIS, med en attributtabel med følgende datakolonner:

- Transekt
- Transektpunkt
- Tangdække %
- Afstand til kyst
- Dybde
- Korrigeret
- Afvigelse
- *Ceramium nodulosom*
- *Ceramium ciliatum*
- *Chaetomorpha linum*
- *Chara spp.*
- *Cladophora glomerata*
- *Cladophora rupestris*
- *Cladophora spp.*

- *Desmarestia viridis*
- *Polysiphonia stricta*
- *Ulva comprassa*
- *Ulva prolifera*

Forskellen mellem "Transekt" og "Transektpunkt", er at "Transektpunkt" indeholder det fulde navn, eksempelvis "A5", hvor "Transekt" blot beskriver hvilken transekt det drejer sig om, eksempelvis "A". Dette er gjort for at give en øget fleksibilitet i fremvisning af data ved kortproduktion. Herefter følger "Tangdække %", som beskriver, hvor stor en del af bunden i det givne transektpunkt er dækket af makroalger eller ålegræs, udregnet som beskrevet i afsnittet "Billedbehandling". De latinske slægts- og artsnavne beskriver hvorvidt en given art er fundet i et givent transektpunkt, hvor:



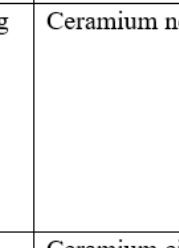



- 0 = Not present
- 1 = Present
- 2 = No data (Betyder der ikke er samlet tang i transektpunktet)

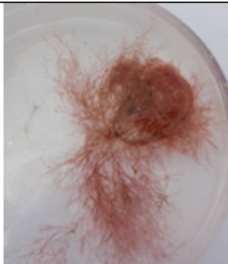
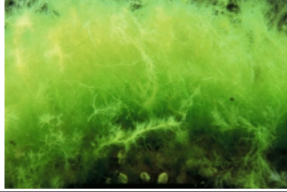




id	Transekt	Transektpunkt	Tangdække %	um	nodl	num	cili	morph	hara	sp	ora	gl	hora	n	phori	arestia	ihonia	compi	a	prolif	Afstand til Kyst	Dybde	Korrigeret tangdæ	
1	A	A1	33	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	10	30	
8	A	A8	27	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	45	119,95	-24,7995
7	A	A7	27	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	40	107,01	-13,95
6	A	A6	30	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	35	94,25	-2,4239058
5	A	A5	49	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	30	81,04	21,75
4	A	A4	22	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	25	68,55	-2,493
3	A	A3	15	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	20	55,07	-10,0
2	A	A2	15	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	15	42,85	-13,095
17	B	B8	25	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	45	124,15	-31,770
16	B	B7	27	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	40	110,07	-17,0
15	B	B6	17	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	35	97,25	-16,993
14	B	B5	38	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	30	83,08	10,2
13	B	B4	31	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	25	70,35	6,8269491
12	B	B3	12	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	20	56,09	-12,7
11	B	B2	18	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	15	43,45	-9,930
10	B	B1	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	-




Tabel 5: Screenshot af attributtabel i QGIS.

## 4 Resultatanalyse

Ved dataindsamlingen ud for Alstrup Strand, blev der udtaget tangprøver for otte transekt-punkter. Tangen blev senere artsbestemt i laboratorium, hvor der blev fundet frem til femten forskellige arter, der kan ses i skemaet nedenfor.

TANGTYPE	NAVN	VIDENSKABELIGT NAVN	BILLEDE
Ålegræs	Almindelig Bændeltang	<i>Zostera marina</i>	
Brunalge	Blæretang	<i>Fucus vermiculatus</i>	
Brunalge	Blød Kællingehår	<i>Desmarestia viridis</i>	
Brunalge	Streng Tang	<i>Chorda filum</i>	
Rødalge	Almindelig Klotang	<i>Ceramium nodulosum</i>	
Rødalge	Pigget Klotang	<i>Ceramium ciliatum</i>	

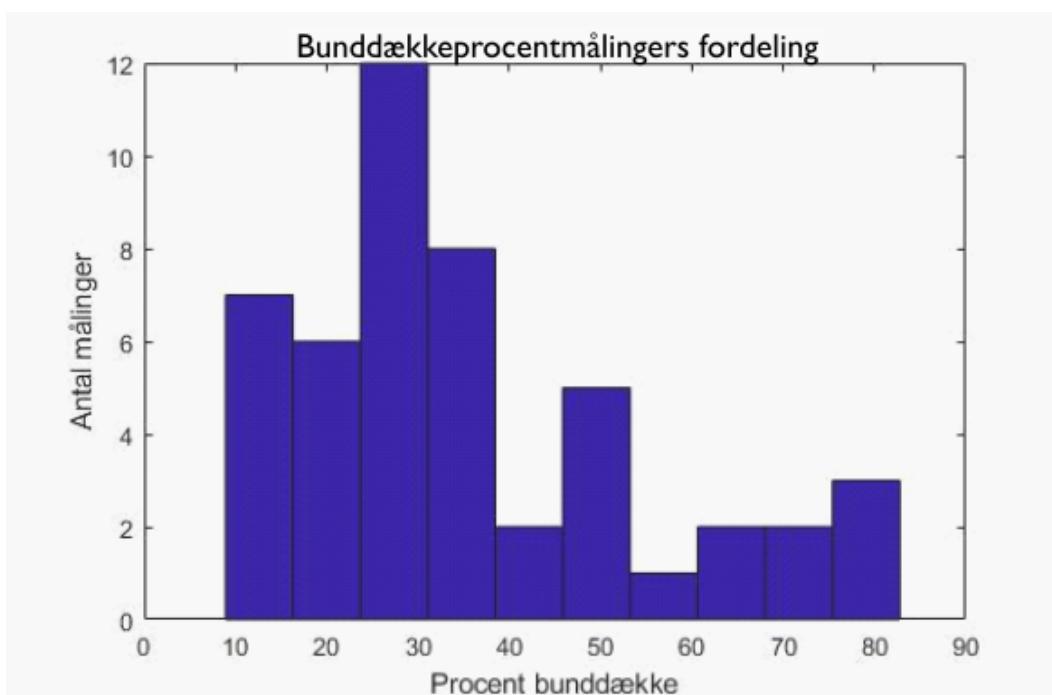
Rodalge	Røddokke	<i>Polysiphonia stricta</i>	
Grønalge	Duskvandhår	<i>Cladophora glomerata</i>	
Grønalge	Klippevandhår	<i>Cladophora rupestris</i>	
Grønalge	Krølhårstang	<i>Chaetomorpha linum</i>	
Grønalge	Kransnålalge	<i>Chara</i> spp.	
Grønalge	Tarmrørhinde	<i>Ulva intestinalis</i>	

Grønalg	-	Cladophora spp.	
Grønalg	-	Ulva compressa	
Grønalg	-	Ulva prolifera	

Tabel 6: Fundne arter af makroalger ved Alstrup Strand. Billedkilder kan findes i Bilag 2.

#### 4.1 Grafer og figurer

Den indsamlede data er behandlet i Matlab og Excel, med det formål at illustrere dataene og påbegynde en ekstrapolationsmodel over udbredelsen af makroalger, samt til at udvide kortproduktionen.



Figur 11: Viser antallet af målinger indenfor nogle intervaller af bunddækkeprocenter.

Figur 11 viser fordelingen af bunddækkeprocenterne. Af figuren ses det at dataene ikke er normalfordelt, hvilket har betydning for hvilke former for statistik, der kan laves på dataene.

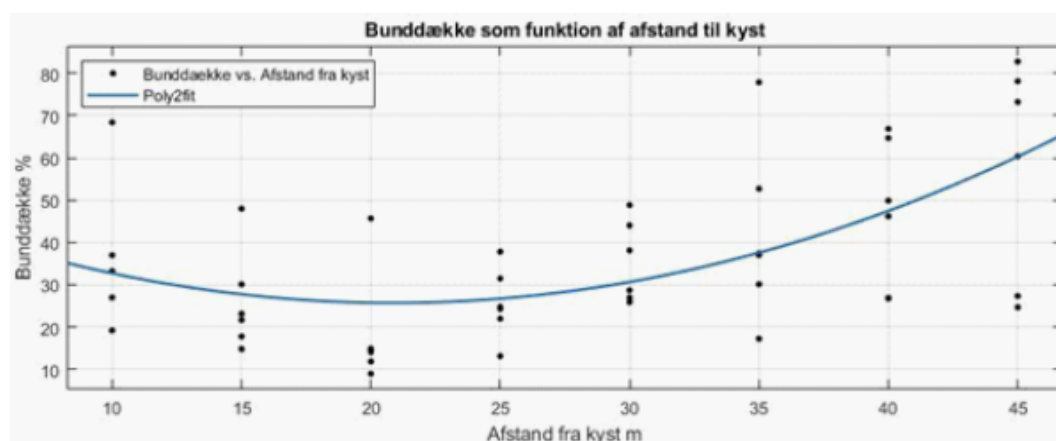


Desuden giver en Kolmogorov-Smirnov test for normalfordeling en p-værdi på  $3,4e-40$ . For at undersøge sammenhængen mellem dybde og tangdække, blev der udført en Spearman Rank korrelationstest med resultaterne:  $R=0,42$  og  $P=0,003$ .

Linjen på Figur 12 er udregnet ved hjælp af funktionen:

$$f(x) = 0.05945 * x^2 - 2.48 * x + 51.55 \quad (1)$$

Ligningen beskriver et andengradspolynomium.  $R^2$ -værdien viser hvor stor en del af variansen i  $y$  der forklarer variansen i  $x$ . Det ser altså ud som om variansen af  $x$  i svag grad forklarer variansen af  $y$ . Derudover egner 'afstand til kysten' sig ikke som regression, da den er opmålt med diskrete intervaller.

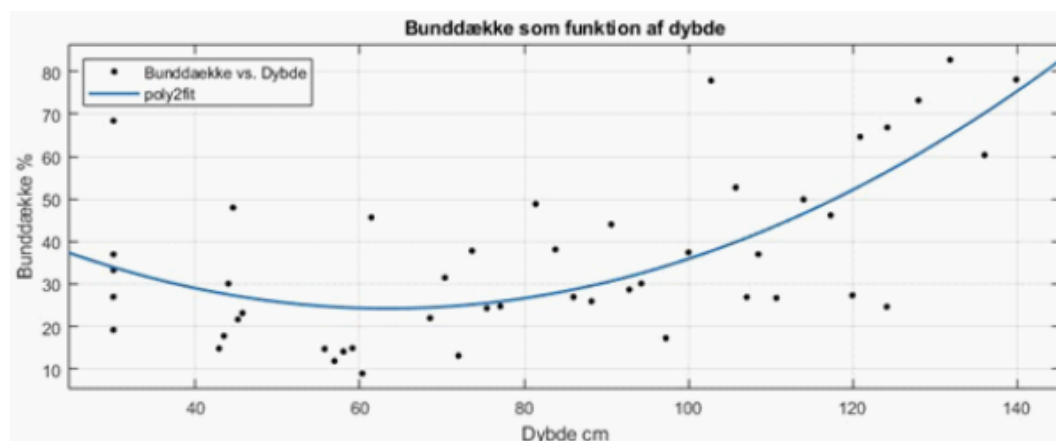


Figur 12: Andengradspolynomium over bunddække som funktion af afstand til kyst i henhold til de indsamlede data.  $R^2 = 0,34$   $p = 0,47$ .

Linjen på Figur 13 er udregnet ved hjælp af funktionen:

$$f(x) = 0.008717 * x^2 - 1.105 * x + 59.23 \quad (2)$$

Denne linje beskriver også et andengradspolynomium.  $R^2$ -værdien viser at variansen af  $x$ -værdierne i nogen grad forklarer variansen af  $y$ -værdierne.



Figur 13: Andengradspolynomium over bunddække som funktion af dybden i henhold til de indsamlede data.  $R^2 = 0,46$   $p = 0,52$ .

Dybden har ikke effekt på tangvæksten på disse vanddybder, men fungerer som en proxy for vækstafhængige faktorer som lysgennemtrængning i vandsøjlen, temperatur og salinitet.

På Figur 14 ses af interpolationen (forklaret i afsnit 2.3) af vores data, at der er størst forekomst af tang i det sydvestlige hjørne af samplingområdet, og at der ser ud til at være en tendens i retning af, at der er mindre forekomst af tang inde ved kysten, end på dybere vand. Dette stemmer overens med vores observationer på lokaliteten, og giver god mening i forhold til antagelsen om, at vanddybde (proxy) hænger sammen med mængden af tang.

Det lader umiddelbart også til at forekomsten af tang følger Toblers første geografiske lov:

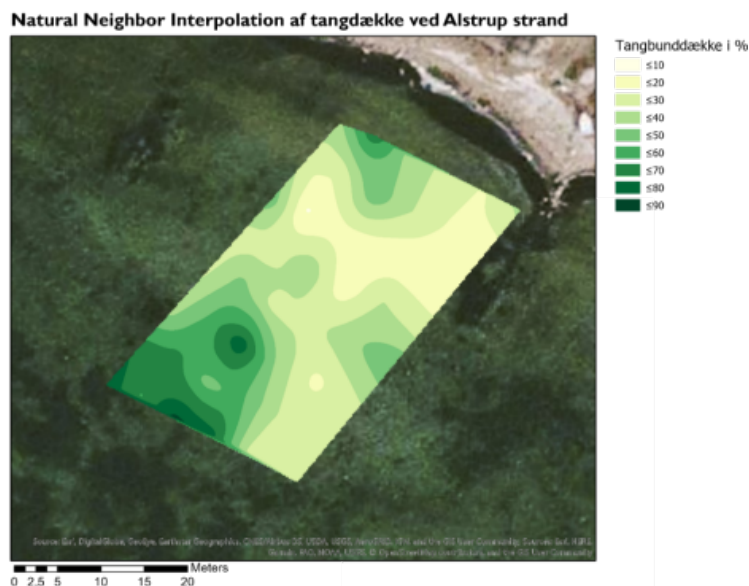
*”Everything is related to everything else. But near things are more related than distant things.”*

(W. R. Tobler, 1970)

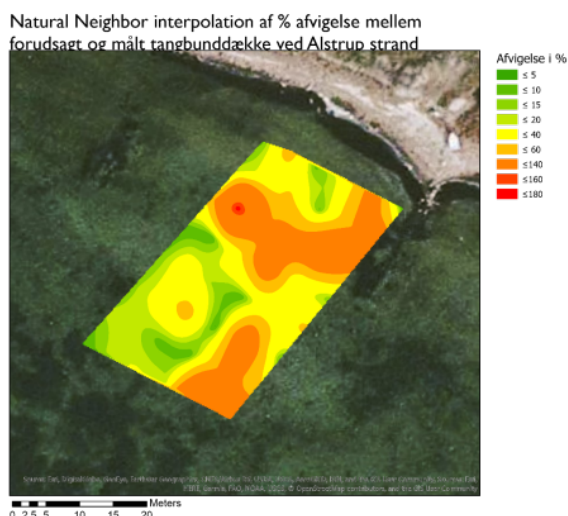
Dette ses ud fra grupperingen af tangen i det sydvestlige hjørne, og hvordan densiteten af tang mindskes i retning mod nord og øst.

Interpolationskortet i Figur 15 viser den procentvise afvigelse imellem det målte tangbunddække og tangbunddækket udregnet fra ligningen tilhørende Figur 13 (Afsnit 4.1, ligning 2), med den estimerede dybde som  $x$ -værdi. Af kortet fremgår det, at der er størst afvigelse mellem det målte og udregnede bunddække i det sydøstlige hjørne, og i et bælte lige efter de første målinger, set fra kysten.

Ligningen til Figur 13 (Afsnit 4.1, ligning 2) er vores bud på en model for, hvor der vokser tang. Modellen er dog svag med en relativ lav  $R^2$ -værdi, der kun forklarer lige under halvdelen af



Figur 14: Estimeret tang i området ved Alstrup Strand baseret på de 48 transektpunkter, der blev udlagt d. 13. oktober.



Figur 15: Interpolation af procentafvigelse af bunddække i henhold til faktiske målinger.

tangbunddækkeprocenten. Ydermere har relationen mellem dybde og bunddækkeprocent kun en  $p$ -værdi på 0,52, hvilket betyder, at det er lige så sandsynligt, at der ikke er en sammenhæng mellem de to, som at der er en sammenhæng. Dette gør at modellen ikke kan bruges som den ser ud nu, men bliver nødt til at få tilført flere variabler for at forklare mere af bunddækkeprocentens fordeling, og muligvis også få tilført helt andre parametre, der har en signifikant korrelation med bunddækkeprocenten. Det ses også af kortet på Figur 14, at modellen heller ikke indenfor det datasæt den bygger på, har tilfredsstillende svar, hvilket må så tvivl om modellens evne til at forudsige fremkomster af tang uden for vores dataområde. Af kortet på Figur 14, kan der dog tolkes at være tendens til en sammenhæng mellem dybde og bunddække i den vestlige del af kortet, hvilket betyder at det ikke kan udelukkes, at der er en sammenhæng. For at finde ud af dette, er der behov for at indsamle mere data over et større område.

## 5 Fejlkilder, mangler og usikkerheder

### 5.1 Indsamlingsmetode

Efter hjemkomsten fra dataindsamlingen er der gjort en del overvejelser om ændringer i metode, der kunne have gjort dataindsamlingen nemmere og/eller mere præcis. En åbenlys udfordring ved dataindsamlingen var årstiden den blev udført på. Vi har siden starten af projektet været opmærksom på at jo længere vi ventede med dataindsamlingen, jo koldere ville det blive, hvilket skaber udfordringer når der arbejdes i et marint miljø. Vi havde fra starten af projektet fastsat den 15. oktober som deadline for, hvornår dataindsamlingen skulle være udført. Datoen var sat som et kompromis mellem, hvornår det ville blive for koldt og hvornår vi mente at have opnået tilstrækkelig viden til at kunne udføre indsamlingen. Da vi udførte dataindsamlingen, den 13. oktober, var luften og vandet dog allerede så koldt, at vi måtte afkorte vores indsamling. Bedre udstyr, i form af neoprensokker og -handsker eller tørdragt, havde højst sandsynligt kunne forlænge indsamlingen, men det er klart at indsamlingen kunne have været meget mere omfangsrig, hvis den var udført i en af sommermånederne.

En anden udfordring vi oplevede, var fint sediment, der blev hvirvlet op af vores skridt på havbunden og som slørede tangvæksten på bunden. En åbenlys måde at undgå dette, er at svømme hen til de områder, der skal afbilledes. En anden løsning kunne være at tage prøver længere væk fra kysten, hvor sedimentet bestod af større partikler, der ikke havde tendens til at blive i suspension i vandsøjlen. En tredje løsning ville være at tage prøverne fra båd, hvilket også kunne løse andre af vores udfordringer. Udover disse problemer, var der et par småjusteringer, der kunne have gjort dataindsamlingen mere effektiv. Kameraet vi brugte, havde ingen skærm, hvorfor vi var nødt til at videooptage i "blinde", i stedet for at tage billeder, der med sikkerhed havde det ønskede indhold. En anden detalje var at de udskårne stykker akryl vi brugte til at indikere transekt og transektpunkt, ikke var tunge nok til, at sig selv, at lægge sig på bunden. Dette gjorde at tilrettelæggelsen af billeder under vandet tog unødigt lang tid. En bedre løsning havde måske været at skrive direkte på rammen, eller digitalt at markere billederne på stedet.

Under billedbehandlingen og kort produktionen, blev det klart, at der var yderligere problemer med vores dataindsamling. Vi havde under affotograferingen af havbunden lagt indikatoren i rød akryl inden for rammerne, hvilket blev et problem under billedbehandlingen, da indikatorerne, grundet den ensartede overflade, enten ville blive aflæst som tang eller havbund. Vi endte med at klippe indikatoren ud af billederne i vektorredigeringsprogrammet Inkscape. Dette ændrer selvsagt resultatet af bunddækkeprocenten, endog på en uens måde, men vi vurderede at det var den mindste, og bedste påvirkning, da det på denne måde ikke påvirker resultatet på anden måde end ikke at inddrage den påvirkning, der eventuelt var under bogstaverne.

### 5.2 Opmåling

Under feltarbejdet blev der registreret usikkerheder omkring opmåling af transekterne. Da en af transektlinerne ikke var fuldt ud 35 meter lang, måtte der herfra måles via øjemål – omtrent 0,5 meter. Derudover var 1-meter markeringerne på transektlinerne ikke helt

nøjagtige, hvilket desværre først blev opdaget da opmålingen var igangsat. Der har derfor været nogle usikkerheder i forhold til afstanden imellem vores transektpunkter, langs den enkelte transekt.

En stor udfordring vi oplevede under dataindsamlingen var, at nogle af vores afstandsindikatorer på transektlinerne var påsat forkert. Dette gjorde at vi fik forkerte målinger på hver anden transektline, og det senere var nødvendigt at korrigere for. Det er selvsagt nemt at undgå ved i fremtiden at tjekke og, hvis nødvendigt rette, afstandsmarkørerne på en lånt transektline.

Der blev ved hver transekt målt GPS-koordinater ved transektbegyndelsen og -slutningen, via en app på mobiltelefon. Koordinaterne via denne app viste sig at være yderst nøjagtige, og det blev derfor vurderet, at kun tre af GPS-placeringerne var gyldige. Ud fra disse tre koordinater blev der i QGIS placeret de øvrige punkter i et grid, i henhold til hvordan transektlinerne blev lagt ud. Mere præcist blev der opmålt en vektor på 35 meter, og benyttet et plugin til at sætte punkter for hver femte meter langs denne vektor. Efterfølgende blev vektoren forskudt 5 meter i retning af næste transekt, og processen med indsættelse af punkter for hver 5 meter blev gentaget.

Det står klart at estimeringen af vanddybderne er fejlbehæftet, dels da de bygger på andre estimater, af hjørnepunkterne af samplingområdet, samt erindringer om dybdeforhold, og dels fordi der forudsættes en lineær udvikling fra starten af en transekt til slutningen. Der blev under de to besøg til Alstrup strand, fundet femten forskellige arter af tang. Disse blev artsbestemt i laboratorium under lup og ved hjælp af nøglebøger, men der kan være blevet fejlbedømt på nogle af arterne. Det menes dog ikke at have den store betydning, da det i større grad er tangens type, der er det essentielle.

### 5.3 Billedbehandling

Som det fremgår af Tabel 7, er der en meget stor potentiel usikkerhed omkring vurderingen af, hvad der på et billede er klassificeret som tang, og hvad der er klassificeret som sand/sediment. Der skal ikke rykkes ret meget ved grænseværdierne i scriptet før end der klassificeres ganske meget mere tang, eller ganske meget mindre, hvorfor det er absolut nødvendigt at kontrollere dette manuelt for hvert enkelt billede for at sikre at resultatet ikke er misvisende.

Et andet problem vi oplevede under billedbehandlingen var en varierende lysmængde på vores billeder. Dette gjorde at der var behov for en individuel vurdering af hvert billede, hvilket formodentligt, har tilført resultatet en stor usikkerhed. Under vores opfølgende

Ændring af afgørende lysværdi	Gennemsnitligt bunddække	Ændring total	Ændring procentvis
10%	41.72	12.84	44.44
5%	34.42	5.53	19.16
1%	29.21	0.33	1.13
<b>Gennemsnit</b>	28.89	0	0
-1%	27.04	1.85	6.41
-5%	21.40	7.49	25.92
-10%	15.67	13.21	45.74

Tabel 7: Billede tilpasset metalrammen og fraklippet punktindikatorer.

dataindsamling forsøgte vi os med en medbragt lyskilde bestående af en mekanikerlampe i transparent kasse, men dette havde ingen effekt på lysmængden, der nåede bunden. Der er derfor behov for yderligere at afprøve metoder til ordentlige lysforhold.

Dette vil kunne forbedres betydeligt ved at anvende maskinlæring i stedet for et Matlab script, for eksempel kunne der benyttes Python og computer vision-biblioteket OpenCV. Man kunne med et større datasæt træne en model enten med et Artificial Neural Network, eller et Convolutional Neural Network, der med al sandsynlighed ville være i stand til at opnå en signifikant højere nøjagtighed (University of Maryland, 2019). Det er heller ikke utænkeligt at man kunne opnå en mere acceptabel nøjagtighed ved at lave farvesegmentering i Python og OpenCV (Stone, 2018).

Disse foreslåede forbedringer af billedbehandlingen kræver et vist kendskab til programmering i Python og forståelse for maskinlæring, men det vil, uden tvivl, give mærkbart bedre resultater, og ligeledes vil en ordentligt trænet model til at segmentere tang i et billede, være et særdeles værdifuldt redskab fremadrettet for alle der måtte arbejde med denne problemstilling.

## 5.4 Modellen

Til trods for at den udarbejdede model viser en vis sammenhæng mellem vanddybde og tangforekomst, er det også tydeligt at den ikke er brugbar i en kommerciel sammenhæng, hvorfor det vil være nødvendigt at arbejde videre med den såfremt den skal opfylde dette formål.

Toblers første lov har været kort nævnt tidligere, men lige så vigtig er i den sammenhæng hans anden lov.

*"The phenomenon external to an area of interest affects what goes on inside."*

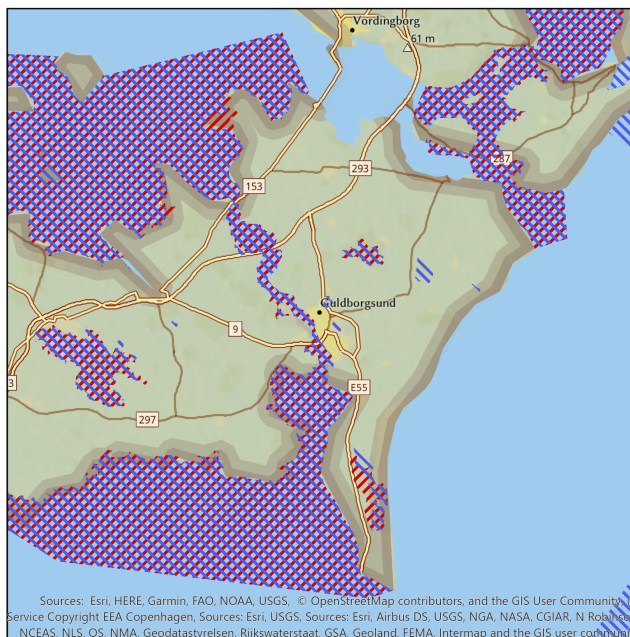
(W. R. Tobler, 1999)

Dette er relevant da det er med til at minde om, at der ikke arbejdes med et lukket system og at algevæksten er afhængig af tilførsel af eksempelvis sollys og næringsstoffer, ligeledes har bølgeintensitet en effekt på algevæksten. Vi ved også at temperatur og salinitet spiller en stor rolle for tangs vækstforhold, det må derfor erkendes at en mangel i forbindelse med vores model er, at der ganske enkelt ikke er indarbejdet nok relevante parametre.

## 6 Diskussion

For at finde frem til, om høst af tang er økonomisk rentabelt og kan give et udbytte for Guldborgsund Kommune fremadrettet, er det nødvendigt at tage i betragtning, hvilket udbytte der ønskes, og om forholdene i vandene omkring Guldborgsund Kommune egner sig til den, eller de, typer af tang, der skal dyrkes eller høstes. Derudover kræver det også en fremsynet planlægning og grundige overvejelser i vigtigheden af det økonomiske udbytte, samt indsigt i Natura 2000 lovgivning, da store dele af kystzonen i Guldborgsund kommune er udlagt som Natura 2000 habitat (Figur 16).

Der blev, under feltarbejdet til projektet, fundet fjorten forskellige arter af makrolager, samt en stor del opskyllet ålegræs ved Alstrup Strand (Tabel 6). De primære arter til stede i vandet var rødalgerne *C. nodulosum* og *C. ciliatum*. Der blev også fundet blæretang, men det var begrænset ved Alstrup grundet en sandet bund med mangel på sten som arten kan gro på. Ved tre andre lokaliteter i Guldborgsund Kommune - Gedser Odden, kysten ved Middelaldercenteret og Ravnse Skovvej – blev der fundet lidt til moderate mængder af makrolager, af typerne rød- og brunalger, blandt andet sunde vækster af blæretang. Ved Ravnse Skovvej var der opskyllet store mængder af ålegræs på bredden, der indikerede megen vækst af arten i området.



Figur 16: Natura 2000 habitatområder i Guldborgsund Kommune, markeret med blå-rød skravering.

### 6.1 For og imod dyrkning af tang i Guldborgsund Kommune

Gennem rapportens teoriafsnit er der nævnt flere former for anvendelse af tang, blandt andet til fødevarer, bioraffinering, dyrefoder, gødning, isolationsmateriale og biobrændsel. Der er dermed mange muligheder for at udnytte tangs potentiale alt afhængigt af den ønskede vinkel. Tang kan være med til at opbygge en cirkulær økonomi, hvor tangen høstes til produktion, der leder til genanvendelse. Et eksempel er at restproduktet fra tangproduktionen omdannes til emballage for produkterne, hvilket fjerner produktionsspild og samtidig gør produktet nedbrydeligt og bæredygtigt (Nordisk Tang, 2017). Dyrkning af tang kan, afhængigt af arten, forbedre vandmiljøet ved at rense det for tungmetaller og mindske afløb af næringsstoffer fra spildevand, og derved øge biodiversiteten i vandet samt skabe et bedre vandmiljø. Endvidere kan tangen, hvis den indgår i kosten for både mennesker og landbrugsdyr, som erstatning for anden proteinrig kost importeret fra andre dele af verden, være med til at sænke udledning af CO<sub>2</sub> til atmosfæren (Dolmer & Schriver, 2018).

Skal tangen dyrkes i større skala, er der mulighed for at skabe arbejdspladser lokalt, og dermed trække mennesker til kommunen fra andre dele af landet, og eventuelt også fra udlandet. I Figur 3 ses det at Danmark importerer store mængder tang fra EU, og havde et indkøb på 1,7 millioner USD i 2016 (Ferdouse et al., 2018), der udelukkende var til brug for fødevarerproduktion. Der kan derfor siges at være en større efterspørgsel på tang til fødevarer, selvom importtallene for de sidste par år ikke kendes. På den måde kan der tegnes en bæredygtig, klimavenlig og økonomisk vision til Guldborgsund Kommune, der samtidig tager højde for fremtidens fødevarerstrategi og kan være med til at gøre kommunen til en innovativ frontløber på feltet.

Tangindustrien er i vækst globalt og der forskes i større stil med tang i Danmark på landets universiteter. På grund af landets lange kystlinjer og gode abiotiske forhold, er Danmark et oplagt land til tangproduktion. Det vil derfor være en fordel at tage del i den evolutionære udvikling, som tangproduktionen undergår og som ser ud til at ville øges eksponentielt i fremtiden.

For at dyrke tang kommercielt, kræver det opstartskapital og en grundig forundersøgelse af, hvilke arter der skal dyrkes og hvorfor, samt om de pågældende arter kan vokse under forholdene i dyrkningsområdet. Der skal desuden tages højde for klimaets ændringer, hvilket også inkluderer opvarmning og forsuring af havene.

På Aarhus Universitet forskes der i at få sukkertang til at gro på podede liner ved blandt andet Dybvig, syd for Fejø, omtrent syvhundrede meter fra land. Forsøget har været i gang fra november 2018, hvor en 50 meter lang flydeline blev monteret ved en vanddybde på 3,5 meter og påsat tangliner. Forsøget resulterede i et fint udbytte ved måling i februar 2019, hvor den største vækst lå på 25 cm. Desværre forårsagede en storm i foråret at udbyttet gik til spilde. Dog endte podningen med et stort udbytte af spisekvalitets sukkertang, udfra opsynshavende Ivan Denckers vurdering. Det var desværre ikke muligt at få en eksakt opgørelse af udbyttet. Forsøget illustrerer en risiko ved kommerciel dyrkning på liner, hvor hele udbyttet kan gå tabt på grund af voldsomt vejr. I samarbejde med tolv interesseorganisationer i Tang.nu, er Aarhus Universitet ved at indsamle data om havtemperatur, salinitet og lysforhold de steder, hvor det forsøges at dyrke sukkertang i Danmark (Tang.nu, 2019b). Det er desuden ikke mange arter ud over sukkertang, som det er muligt at dyrke ved podning. Blæretang har ved flere forsøg vist sig ikke at kunne dyrkes på denne måde, da arten stopper sin vækst efter et par centimeter ved dyrkning på liner. Grunden til dette vides endnu ikke.

## **6.2 Potentialet for tang i Guldborgsund Kommune sammenlignet med øvrige områder i Danmark**

Ud fra de fundne arter ved de fire lokaliteter, kan der argumenteres for en god og mangfoldig tangvækst i området, dog præget af meget ålegræs og rødalger. Det vil derfor være anbefalelsesværdigt at se på en bæredygtig høst af disse typer.

En stor del af Guldborgsund Kommunes vandareal er en del af de beskyttede naturområder under Natura 2000, med undtagelse af Falsters østvendte kystside (Miljøstyrelsen, 2019). Dette kan give komplikationer i forhold til muligheden for kommerciel tangdyrkning, da det vil kræve tilladelse hos Miljøstyrelsen at opdyrke i Natura 2000 områderne, og vil betyde en grundig forundersøgelse i, hvilke arter der ønskes dyrket og deres indvirkning på det

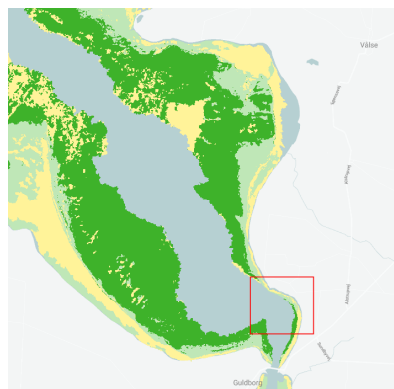


nuværende miljø og biodiversitet i det pågældende område. Da tang er velegnet til at akkumulere næringsstoffer fra vandet, og samtidig skaber gode muligheder for dække til vandets dyreliv, kan argumentet for det bedre vandmiljø bruges til fordel for en tilladelse for tangproduktion i et Natura 2000 område (Dolmer & Schriver, 2018). Uden for Natura 2000 området, ved østkysten af Falster, kan der være mulighed for tangdyrkning, men dette er ikke undersøgt til denne rapport. Der blev taget billeder af sedimentet ved Gedser Odden, hvor resultatet for dette område ikke talte til en fordel for tangdyrkning, da den naturlige tangvækst var relativ lav, hvilket indikerer ringe vækstforhold for tangen. Der kan dog argumenteres for at starte en bredere undersøgelse, længere ude på vandet og under den rette årstid, for at afvise påstanden, da flere forhold spiller ind på væksten af algerne (se afsnit 2.2).

Ses der bort fra bredningen, er selve Guldborgsund heller ikke egnet til kommerciel tangdyrkning. Sundet er for lavvandet de fleste steder, og vidden for smal til både skibstrafik og tangdyrkning kan lade sig gøre samtidigt. Der er derudover også flere udløb af spildevand og regnvand langs sundet, der enten kan give tangen for højt indhold af tungmetaller til menneskeligt indtag, eller gøre salinitetsniveauet i vandet for omskifteligt til at kunne give et egentligt udbytte. Ved bredningen, i den sydlige del af Guldborgsund, er forholdene bedre til dyrkning, da arealet er større end sundet.

De største udfordringer for dyrkning af tang i kommunen, vil være vandtemperaturer og salinitetsændringer. Fordi en stor del af vandet omkring Guldborgsund Kommune er forholdsvist lavt og stillestående, vil det opvarmes hurtigere hen over sommeren, hvilket kan forhindre vækst af tangen og dermed give et dårligt udbytte. Nogle af de største producenter af tang til fødevarer er Nordisk Tang, der høster ved Grenå, og Dansk Tang ved Odsherred. Begge lokaliteter er beliggende ud til den nordlige del af Kattegat, hvor tangen har gode vækstforhold på grund af tilførsel af næringsstoffer inde fra Østersøen, og en højere salinitetsværdi i vandet.

DHI lagde i december 2019 et kort på nettet (Figur 17), der viser kortlægning af ålegræs og makroalger i kystzonen i hele Danmark. Kortet er baseret på data fra Sentinel-2 satellitterne fra ESA's Copernicus program, der efterfølgende er blevet behandlet ved hjælp af maskinlæringsteknikker. På kortet har man klassificeret "Sparsom vegetation", "tæt vegetation" og "sand". Projektet er enormt spændende, hvis man for eksempel ønsker at arbejde med tangproduktion, da der på denne måde kan dannes et bedre overblik over hvilke områder det kan betale sig at undersøge nærmere. Kortet fra DHI er desværre begrænset af, i øjeblikket, kun at være tilgængeligt for maj 2018. De atmosfæriske og lysmæssige forhold der muliggør kortproduktion af høj kvalitet af andre tidsperioder, er begrænset til sent forår/tidlig sommer (DHI, 2019). Ligeledes oplyses det ikke nærmere hvad begreberne "sparsom vegetation" og "tæt vegetation" dækker over, hvilket betyder at kortet endnu kun kan bruges som støtte til



Figur 17: Kortudsnit fra DHI over marinvegetation. Grøn = "tæt vegetation", lysegrøn = "sparsom vegetation", gul = "sand". Samplingområdet ligger inden for den røde firkant.

udførelse af mere arbejdsintensive undersøgelser. Da kortet først blev publiceret i december 2019, har det desværre ikke været muligt at udnytte det i forbindelse med dette projekt.

### 6.3 Tangs økonomiske potentiale

I rapporten *'The global status of seaweed production, trade and utilization'* udsendt af FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) i 2018, anslås det at de 35 største importører af tang tilsammen har importeret 618.723 tons tang i tørvægt, til en værdi af 1.903.660.000 USD i år 2016. Mellem år 2005 og år 2015 er produktionen af tang fordoblet fra 14,7 millioner tons til 30,4 millioner tons.

Tallene giver udtryk for et stort globalt marked for tang i voldsom fremgang. Til sammenligning blev der i Danmark importeret 5.303 tons tang i år 2016 til en samlet værdi af 53.470.000 USD, hvoraf størstedelen af det importerede bestod af produktet carrageenan, i forhold til agar og tang til fødevarer. Det samme år blev der høstet 9,1 millioner tons korn i Danmark (DST, 2019).

Fordi tang ses som en god kilde til næringsrige fødevarer, og en erstatning for eksempelvis sojabønner, giver det mening at udforske havets muligheder for at udvinde lignende produkter. Specielt set i lyset af at landmasser til dyrkning af afgrøder svinder ind, og de miljømæssige problemer relateret til dette er til stor debat, vil produktion af tang være et godt alternativ til konventionelt landbrug. Dertil kommer den fordel at de produkter tang kan erstatte, som sojabønner, ikke behøves importeres, da tangen kan dyrkes og høstet lokalt, hvilket vil sænke CO<sub>2</sub> udledningen ved transport. Der ses også en interesse indenfor brugen af tang til afgangning til biogasanlæg, som et alternativ til fossile brændstoffer. I artiklen *'Biogas for macroalgae: is it time to revisit the idea?'* beskrives problematikken ved brugen af afgrøder til biogasproduktion:

*"The economic and Environmental viability of dedicated terrestrial energy crops is in doubt."*

(Hughes et al. 2012)

Der ses en økonomisk fremgang indenfor tangsektoren på baggrund af den globale efterspørgsel i markedet. Derudover ses der en fremgang i udvikling af produkter og anvendelsesmuligheder, hvilket gør tangsektoren interessant for investorer. Producenten Nordisk Tang høster deres tang bæredygtigt, fra bestande af blæretang og savtang fra kysten ved Fornæs, nord for Grenå, og Endelave. Fordi høstningen foregår ved håndplukning i wadersdybde, er det billigt at indsamle og derfor ligger firmaets omkostninger primært i forarbejdning af tangen til deres fødevarerprodukter. Ved denne metode kan der opstartes en forholdsvis billig løsning på en virksomhed, der efterfølgende kan udvikle sig fremadrettet. På det danske marked kan der dog være udfordringer i form af manglende kendskab til brug af tang i madlavning, hvilket kan skabe problemer for afsæt af produkter nationalt. Tendensen ser dog ud til kunne vende indenfor den nærmeste fremtid.

## 7 Konklusion

For at kortlægge tang i Guldborgsund Kommune så effektivt som muligt er det nødvendigt at finde nogle parametre, der tilstrækkeligt kan forklare tangs udbredelse i et givent område. Dybde, salinitet, temperatur og lys i vandsøjlen er oplagte parametre at tage med i udarbejdelsen af en model til forudsigelse af tangforekomster i et givent farvand. Ud fra vores beregning baseret på dybde, som eneste parameter, ser der ud til at være en svag sammenhæng mellem dybde og forekomsten af tang, beskrevet ud fra ligningen der beskriver andengradspolynomiet i Figur 13 (afsnit 4.1, ligning:2):

$$f(x) = 0,009 * x^2 - 1,1 * x + 59$$

Hvor  $x$  repræsenterer vanddybde i cm, og  $f(x)$  repræsenterer bunddække i %.

Foruden en forbedring af modellen med ovennævnte parametre vil det også være hensigtsmæssigt at lave mere randomiseret dataindsamling i stedet for at samle data langs transekter, da dette i henhold til litteraturen kan give bedre interpolationer.

For rentabelt at høste tang i og omkring Guldborgsund, er det nødvendigt at finde områder med større koncentrationer af tang. Ud fra kortet over marin vegetation fra DHI, ses det at der er store forekomster af tang i kommunen, hvorfor vi vurderer at det må være muligt at finde et sted med økonomisk rentabelt høstpotentiale. Fra vores case-område har vi set, at der er størst forekomst af ålegræs og rødalger, derfor anbefaler vi at fokusere på høst af disse arter. Da vi ikke har et større overblik over forekomsterne af tang i kommunen, kan det ikke udelukkes at der andre steder vil kunne findes andre arter i stort nok omfang til at kunne høstes. Såfremt der findes større mængder af blæretang eller søsalat, vil vi anbefale at prioritere en høst af disse, da de i højere grad er kendt som fødevarer til mennesker.

For både dyrkning og høst af tang er det nødvendigt at søge dispensation til kommerciel aktivitet i de Natura 2000 områder, der dækker store dele af kommunen.

## 8 Perspektivering

Tang som fødevarerprodukt, bliver gradvist et mere populært aktiv på grund af de mange sundheds-, miljø- og klimamæssige fordele. Derudover er der også god økonomi i tangproduktion, import og eksport. Ved at udvikle matematiske modeller, der kan beskrive, hvor makroalger til høst kan findes, kan der spares penge på arbejdstimer, og tid til at lede efter tangen. Det vil effektivisere arbejdet med kortlægningen til brug for tanghøsten og eventuelt opstart af dyrkningsproduktion. Skal modellerne kunne bruges udenfor teorien, vil det kræve et større testområde og en grundigere gennemgang af arbejdsmetoden for at udvikle kort, der mere præcist siger noget om tangvækst i vandene, og som bygger på flere parametre end der er blevet arbejdet med i denne rapport.

Ved at en eventuel model tager udgangspunkt i vandene omkring Guldborgsund, kommer modellerne til at fortælle noget om kystnær tangvækst på lavt vand, samt ved ringere abiotiske forhold. Det kan være med til at give et præg om muligheden for at virksomheder og privatpersoner kan udnytte ressourcen, og dermed gøre tangen lettere tilgængelig for den enkelte person. Dette er en vigtig pointe for at fremme tangens muligheder og potentiale som fødevarer, da kendskab til alternative løsninger øger chancerne for kostændringer hos befolkningen og et mere åbent syn på de naturlige fødekilder, der kan findes i naturen, samt giver et indblik i, hvor let tilgængelig tangen er.

Fremadrettet vil mulighederne for udnyttelse af tangpotentialet med stor sandsynlighed stige. Der er stort fokus i forskningen på at bruge tang til diverse fodertyper og kosttilskud, for at mindske sygdom hos blandt andet pattedyr og dannelsen af metan hos køer (Makkar et al. 2016). Der er også et stigende fokus på at få tangen ud som fødevarer til den enkelte forbruger, som alternativ til andre proteinrige kilder, der kræver større arealudnyttelse og har en større miljøpåvirkning. Der kan derfor ses en lys fremtid for tangudnyttelse og produktion.

## Litteraturliste

- Andersen, K., Haugan, K., Kobbelgaard, S., Larsen, M. H., Nørgaard, J. V., & Podlech, M. K. (2016). Vækst i blå biomasse - Kortlægning af potentialer og udfordringer i værdiskabelse af tang og skaldyr.
- Bäck, S., Collins, J. C., & Russell, G. (1992). Effects of salinity on growth of baltic and atlantic fucus vesiculosus. *British Phycological Journal*, 27(1), 39–47.  
<https://doi.org/10.1080/00071619200650061>
- Balstrøm, T., Jacobi, O., & Bodum, L. (2006). Bogen om GIS og geodata. GIS & geodata.
- Cvr.dk. (2019). CVR på Virk. Retrieved December 18, 2019, from cvr website:  
<https://datacvr.virk.dk/data/>
- Dansk Tang - Seaweed. (2019). Sukkertang. Retrieved December 18, 2019, from  
<https://www.dansktang.dk/tangtyper/sukkertang/>
- DHI. (2019). Marine Vegetation – Just another WordPress site. Retrieved December 17, 2019, from <http://satlas.dk/marine-vegetation/>
- Dolmer, P., & Schriver, A. (2018). Copenhagen Capacity - Denmark as a front-runner in processing of seaweed.
- DST. (2019). Høstresultat efter område, afgrøde og enhed - Statistikbanken - data og tal. Retrieved December 19, 2019, from  
<https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/selectvarval/saveselections.asp>
- Ferdouse, F., Holdt, S. L., Rohan, S., Murúa, P., & Yang, Z. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization Volume 124.
- Fødevarestyrelsen. (2019). Tang som fødevarer. Retrieved December 17, 2019, from  
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Tang-som-foedevare.aspx>
- Fortes, M. D., & Lfning, K. (1980). Growth rates of North Sea macroalgae in relation to temperature , irradiance and p h o t o p e r i o d. *Growth (Lakeland)*, 29, 15–29.
- Holdt, S., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543–597.  
<https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
- Hughes, A. D., Kelly, M. S., Black, K. D., & Stanley, M. S. (2012). Biogas from Macroalgae: is it time to revisit the idea? <https://doi.org/10.1186/1754-6834-5-86>
- Hurd, C. L., Harrison, P. J., Bischof, K., & Lobban, C. S. (2014). Seaweed Ecology and physiology (Second). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139192637>

- Kim, S. K. (2012). Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. In Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology. <https://doi.org/10.1002/9781119977087>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., & Ankers, P. (2016, February 1). Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 212, pp. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.018>
- Miljøstyrelsen. (2019). Miljøgis. Retrieved December 15, 2019, from [http://miljoegis.mim.dk/cbkort?selectorgroups=themecontainer Natura2000 fredning &mapext=277608 6024994.2 1064040 6422715.8&layers=theme-gst-dtkskaerm\\_daempet ef\\_fugle\\_bes\\_omr\\_ramsar\\_omr\\_ef\\_habitat\\_omr\\_theme-pg-natura\\_2000\\_omraader&mapheight=969&mapwidth=1](http://miljoegis.mim.dk/cbkort?selectorgroups=themecontainer+Natura2000+fredning&mapext=277608+6024994.2+1064040+6422715.8&layers=theme-gst-dtkskaerm_daempet_ef_fugle_bes_omr_ramsar_omr_ef_habitat_omr_theme-pg-natura_2000_omraader&mapheight=969&mapwidth=1)
- Nordisk Tang. (2017). Nordisk Tang: Når bæredygtighed skal pakkes ind.
- Petersen, J. K., Bjerre, A.-B., Hasler, B., Thomsen, M., Nielsen, M. M., & Nielsen, P. (2016). Blå biomasse-potentialer og udfordringer for opdræt af muslinger og tang. Retrieved from <http://www.skaldyrcenter.aqua.dtu.dk/>
- Stone, R. (2018). Image Segmentation Using Color Spaces in OpenCv+Python. Retrieved December 15, 2019, from Real Python website: <https://realpython.com/python-opencv-color-spaces/>
- Tang.nu. (2019a). Om Tang.nu. Retrieved December 17, 2019, from <https://tangnu.dk/about/>
- Tang.nu. (2019b). Vækst af sukkertang i danske farvande – Tang.nu. Retrieved December 17, 2019, from <https://tangnu.dk/2019/11/25/havhost-og-tang-nu-kortlaegger-vaekst-af-sukkertang-i-danske-farvande/>
- Tobler, W. (1999). Linear pycnophylactic reallocation comment on a paper by D. Martin. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(1), 85–90. <https://doi.org/10.1080/136588199241472>
- Tobler, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234. <https://doi.org/10.2307/143141>
- University of Maryland. (2019). Training a Mask R-CNN Model Using the Nucleus Data. Retrieved December 15, 2019, from [https://medium.com/ website: @umdfirecoml/training-a-mask-r-cnn-model-using-the-nucleus-data-bcb5fdbbc0181](https://medium.com/@umdfirecoml/training-a-mask-r-cnn-model-using-the-nucleus-data-bcb5fdbbc0181)
- VisitDenmark. (2019). Tangtage på Læsø - VisitNordjylland. Retrieved December 13, 2019, from <https://www.visitnordjylland.dk/nordjylland/feriesteder/tangtage-pa-laeso>
- Wills, S., Roecker, S., Williams, C., & Murphy, B. (2018). Soil sampling for soil health assessment. <https://doi.org/10.19103/as.2017.0033.18>

# **Bilag**

## **Bilag 1**

*bunddeakke.m*

## **Bilag 2**

*Tangbilledereferencer.docx*

## **Bilag 3**

*GisData.zip*