



## MILJÖ- OCH SAMHÄLLSEKONOMISK ANALYS – INSAMLING AV MARINT VÄXTMATERIAL FRÅN STRÄNDER

Författare **Henrik Nordzell (Ramboll) och Frida Franzén (Tyréns)**

Datum **2022-03-31**

---

Detta uppdrag görs inom ramen för projektet Greater Bio som finansieras under perioden 2020-01-01 – 2022-09-30 inom Interreg Öresund-Kattegat-Skagerraks insatsområde Grön ekonomi. Greater BIO är ett internationellt projekt som innefattar flera samarbetspartners från både Sverige och Danmark, och syftar till att optimera användningen av biomassa genom att dela kunskap mellan kommuner som arbetar aktivt med bioekonomi. Projektet ska bidra till insamlingen och användningen av biomassa utifrån aspekter som ekonomi, energi och biodiversitet. Greater Bio ska resultera i bättre förutsättningar att öka produktionen av biogas baserat på nya biomassor och undersöka användningen av biokol, genom att ta fram verktyg och riktlinjer som ska göra det lättare för kommuner att prioritera användningen av lokala biomassor.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1.</b>	<b>Introduktion och bakgrund</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Metod</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Miljöanalys</b>	<b>6</b>
3.1	Klimatpåverkan	6
3.2	Näringsinnehåll	7
3.3	Miljögifter	8
3.4	Skillnader mellan alternativa behandlingsmetoder	9
<b>4.</b>	<b>Samhällsekonomiska aspekter</b>	<b>10</b>
4.1	Rekreation	10
4.2	Minskad övergödning – bättre vattenkvalitet	11
4.3	Negativa och positiva effekter på ekosystemet på och kring stränderna	12
4.4	Cirkulär ekonomi med marin biomassa – möjligheter och utmaningar	13
<b>5.</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>Referenser</b>	<b>15</b>
	<b>Bilaga 1. Uppsamlad mängd ton på Trelleborgs badstränder</b>	<b>16</b>
	<b>Bilaga 2. Klimatpåverkan</b>	<b>16</b>
	<b>Bilaga 3. Näringsinnehåll</b>	<b>17</b>
	<b>Bilaga 4. Kadmium</b>	<b>18</b>

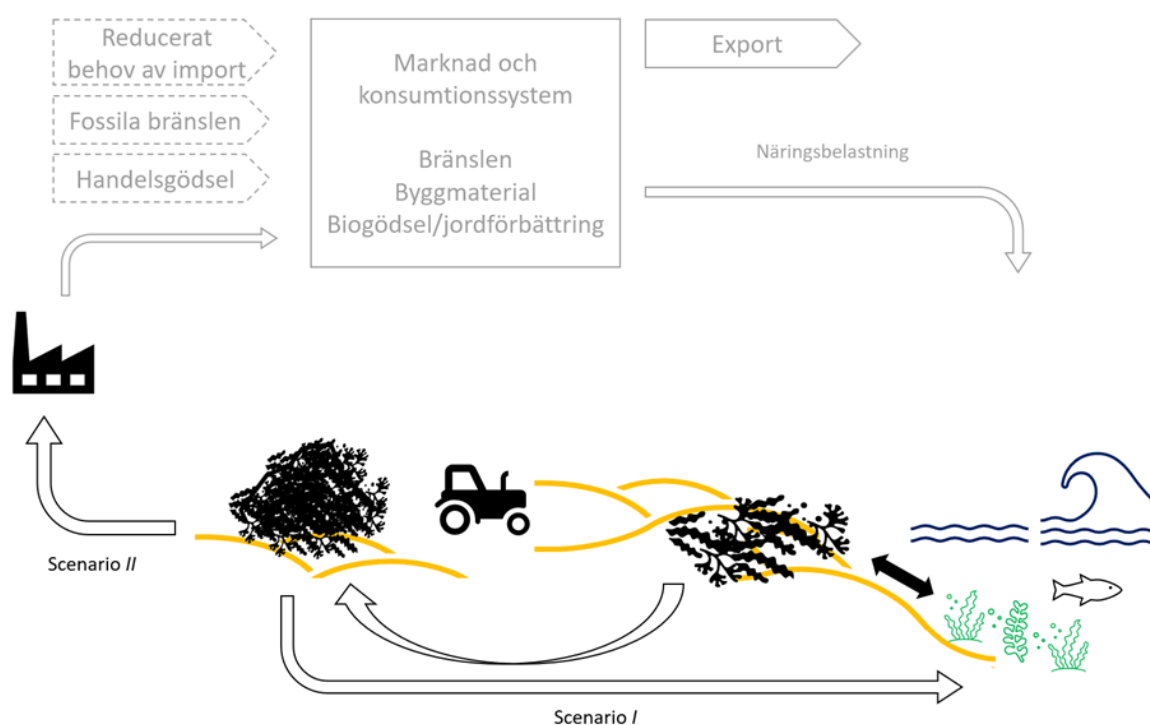
## 1. Introduktion och bakgrund

Kvävebelastningen i våra hav orsakar ökad produktion av marin biomassa. Biomassan ansamlas i stora mängder på stränderna längs kusten, vanligtvis benämnt "tång". Denna innebär olägenheter dels eftersom den luktar illa och drar till sigflugor, dels eftersom den upptar stora delar av stränderna vilket hindrar nyttjandet av strandlinjen för bad och rekreation. Samtidigt innehåller tången mycket näring vilket gör det till ett intressant material för vidareförädling.

Skånes kommuner har anlitat Ramboll och Tyréns för att genomföra en kombinerad miljöanalys och samhällsekonomisk analys av marint växtmaterial insamlat på stranden. Miljöanalysen beskriver skillnaderna mellan att behandla marint växtmaterial som sköljts upp på stranden på det sätt som man gör idag (*I*) och att behandla och använda materialet på ett optimalt sätt utifrån ett cirkulärt perspektiv (*II*).

- I.* Idag samlas ilandfluten biomassa ihop med hjullastare under sommaren och läggs på hög på stranden för att förbättra möjligheterna att nyttja stränderna för bad och rekreation. På hösten används återigen hjullastare för att föra tillbaka biomassa till havet, vilket görs i direkt anslutning till stranden.
- II.* Den alternativa behandlingen innebär att den insamlade biomassa lastas för transport från stranden till en anläggning för vidare förädling och användning.

Vad som är en optimal användning i scenario *II* ingår inte i denna studie att bedöma, men det skulle exempelvis kunna vara produktion av biogas, biokol eller näringsprodukter, eller en kombination av dessa. Analysen omfattar därmed den avgränsade kedjan insamling-lagring-transport (se Figur 1), och resultaten bör bedömas med detta i åtanke.



**Figur 1. Illustration av den avgränsade kedjan insamling-lagring-transport som denna studie omfattar, och användningssteget inom vad som kan bli en cirkulär ekonomi saknas därmed i analysen.**

När användningsområde har preciserats kan det komma att påverka utgångspunkten för analysen, t.ex. vad gäller insamlingsstrategi eller lagring och torkning, och därmed ändra resultaten för de delmoment som analyserats. Exempelvis är det vid produktion av biogas en fördel att använda våt tång, medan materialet vid produktion av biokol bör torkas på förhand. Den största nyttan med att samla in marint växtmaterial ur ett cirkulärt perspektiv uppstår i användningsfasen där det kan ersätta jungfruliga resurser, men omfattas alltså inte av denna analys.

Den samhällsekonomiska analysen omfattar att belysa vilka ekosystemtjänster som påverkas vid bortförel av marint växtmaterial från stranden, samt vilka ekonomiska aspekter detta ger upphov till för såväl kommun som samhället i stort. Den samhällsekonomiska analysen är inte begränsad av de scenarier som beskrivs ovan, utan belyser ekonomiska aspekter ur ett bredare perspektiv.

## 2. Metod

För att i miljöanalysen bedöma konsekvenserna av den alternativa behandlingen jämfört med dagens behandling formuleras ett generellt scenario för en fiktiv strand i en skånsk kommun, dock baserat på verkliga förutsättningar och insamlade data från de strandstädningar som genomförs i Trelleborgs kommun. Beräkningar av konsekvenser förutsätter antaganden om längden på stranden, hur mycket marint växtmaterial som samlas in på denna strand samt hur långt materialet ska transporteras. Vid en inventering av mängden biomassa längs Trelleborgs kust konstaterades att ca 20 km av den 30 km långa kustremsan utgörs av sandstrand, varav ca 1/3 rensas i rekreationssyfte (Detox Biogas AB, 2009). Inventeringen visade att det marina växtmaterial som flutit iland i huvudsak utgörs av rödalger, ålgräs och blåstång. Överlag var mängden biomassa högre i västra delen av Trelleborgs kommun, både på strand och i havet, och biomassan avtog allt mer österut. Mängden marint växtmaterial som finns på stranden och ut till ca 1 meters djup längs hela kusten under en sommarsäsong (4 månader) beräknades till 7 800 ton våtvikt, motsvarande ca 260 ton per kilometer kust i genomsnitt (Detox Biogas AB, 2009).



**Figur 2. Uppsamlad hög av alger observerad under inventering av algförekomst i juli 2009 på platsen Solviksvägen. Källa: Detox Biogas AB (2009)**

Den fiktiva strand som denna analys bygger på antas vara 1 km lång och att det på denna strand ansamlas ca 250 ton tång årligen<sup>1</sup> (baserat på faktiska mängder, se Bilaga 1). Vidare antas att tången samlas upp med hjullastare och körs till en lagringsplats i anslutning till stranden (se Figur 2), och sedan i scenario II lastas för att köras med lastbil till en anläggning för produktion av biogas/biokol på ett avstånd av 50 km. I scenario I förs istället tången tillbaka till havet med hjullastare efter badsäsongens slut.

Mängden biomassa på stränderna beror till stor grad på vindriktningen, och bestämmer därmed hur ofta rensning behöver ske. Enligt en entreprenör som utfört strandrensningar behövs vissa stränder ibland köras varje dag, men i genomsnitt handlar det om ca 1-2 gånger i veckan under perioden juni-aug (personlig kommunikation, 2022-03-08). Den hjullastare som används på stränderna behöver tas hem till maskinhallen varje dag för att tvättas av så att inte saltvattnet orsakar rost. Entreprenören hade enligt egen utsago ca 3-4 km i genomsnitt att köra till stränderna. Den maximala uppsamlingskapaciteten för en hjullastare med grep är ca 30 ton per timme (Detox Biogas AB, 2009). För denna analys antas att det på den fiktiva stranden sker 10 städningar á 1 h, med ett upptag på 25 ton per gång. Våt biomassa har en torrsbstanshalt på ungefär 20 procent (mellan 15 och 40 procent beroende på bland annat säsong och väder). Det insamlade materialet antas torkas från 20 till 70 procent torrsbstans för att minska antalet transporter<sup>2</sup>. Det bedöms därmed att det torkade materialet väger ca 75 ton, 30 procent av det ursprungliga 250 ton våtvikt. Lastning och transport med lastbil sker när tillräckligt med torkad biomassa finns för en full last på 30 ton (lastbil med stort släp). Totalt behövs alltså tre körningar till anläggningen under en säsong för att köra bort alla 75 ton torkat material.

**Tabell 1. Sammanfattning antaganden scenario för beräkningar av konsekvenser**

Parameter	Värde	Källa
Insamlad mängd	250 ton per år	Bilaga 1
Uppsamling hjullastare	25 ton/h	Detox Biogas AB (2009)
Antal städningar	10 per år	Per. kom. entreprenör
Avstånd maskinhall till strand	4 km enkel väg	Per. kom. entreprenör
Vikt efter torkning	75 ton (30% av våtvikt)	Paulsson (2020)
Transportsträcka till anläggning	50 km	Antaget
Antal ton per lass	30 ton ena vägen, tom tillbaka	Paulsson (2020)
Antal lass	3	
Körsträcka ToR	300 km	
Utsläpp CO2 lastbilstransport	23,6 g CO2/km och ton	v. Bahr (2016)

<sup>1</sup> 250 ton/km är ett ungefärligt medelvärde över flera år av den uppspolade mängden marin biomassa som har förts ihop till högar på stranden under sommarmånaderna. Vikten inkluderar fukt samt sand.

<sup>2</sup> Enligt Detox AB (2008) har dock våt biomassa en högre biogasproduktion, och att materialet därför bör användas så färskt som möjligt.

### 3. Miljöanalys

#### 3.1 Klimatpåverkan

Utsläpp av växthusgaser och påverkan på klimatet kan delas upp i bränsleförbrukning respektive läckage från det marina växtmaterialet vid nedbrytning. Läckage av växthusgaser från biomassan sker i samband med lagring på stranden (båda scenarier). Förbrukning av bränsle i hjullastare och lastbil sker vid ett flertal moment;

- Transport av hjullastare till och från stranden
- Maskinarbete under strandstädningen
- Lastning av material till lastbil (scenario *II*)
- Lastbilstransport till anläggning (scenario *II*)
- Lossning vid anläggning (scenario *II*)
- Tillbakaförsel till havet (scenario *I*)

Vid nedbrytning av rödalger, ålgräs, blåstång och annan biomassa under anaeroba (syrefattiga) förhållanden sker utsläpp av växthusgaserna metan (CH<sub>4</sub>) och kvävedioxid (N<sub>2</sub>O). Vid högre syretillgång bildas i högre grad CO<sub>2</sub> som avgår till luften. Detta sker i såväl orörda band av biomassa i vattenlinjen som i högar på stranden. Specifika jämförelser mellan anaeroba och aeroba förhållandena i band och högar har dock inte studerats i någon större utsträckning (Söderqvist m.fl., 2021). Däremot har studier av komposterat organiskt avfall identifierat viktiga faktorer som påverkar mängden utsläpp, som att hög temperatur och luftfuktighet ökar utsläppet av både CH<sub>4</sub> och N<sub>2</sub>O och att högens storlek kan påverka anaeroba processer. Även den specifika artens kol/kväve-ratio har en inverkan på utsläppen. En studie indikerar att upp till två procent av kolinnehållet kan avgå som CO<sub>2</sub> och CH<sub>4</sub> från sjögräs som torkat på land, till skillnad från 3-6 procent från sjögräs som ligger kvar i vattenbrynet (Liu m.fl., 2019). Men denna studie tittade alltså inte på utsläpp av kväveföreningar. Utifrån ovanstående är det svårt att bedöma hur stort läckaget av växthusgaser är från de högar som blir efter strandrensningarna. Det är dock inte en orimlig förenkling att utgå från att utsläppen är i samma storleksordning i de två scenarierna. Det som skiljer sig är att högen inte hinner växa sig lika stor i scenario *II* eftersom biomassan körs iväg succesivt och att varje enskild enhet biomassa därmed inte heller läcker under lika lång tid som i scenario *I*. I Thomas (m.fl., 2021) konstateras dock att det skulle vara fördelaktigt för klimatet att ta hand om och använda marint växtmaterial som sköljts upp så snabbt som möjligt, eftersom den nedbrytning som annars skulle ske på stranden då kan undvikas.

Med hjälp av tidigare studier har växthusgasutsläppen från bränsleförbrukningen med respektive behandlingsmetod uppskattats till 710 kg koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>-ekv) för scenario *I* och 1200 kg CO<sub>2</sub>-ekv i scenario *II*, se Bilaga 2. Detta kan också uttryckas som 2,8 respektive 4,7 kg CO<sub>2</sub>-ekv per ton våt biomassa. Det delmoment som ger upphov till störst klimatutsläpp är själva strandstädningen, och motsvarar drygt 40 procent. En bidragande orsak till detta är att varje strand städas flera gånger under en säsong (i verkligheten kan det till och med ske flera gånger per vecka) för att hålla stranden attraktiv och badvänlig. Hade huvudsyftet varit att utnyttja näringsinnehållet i biomassan hade insamlingen kunnat ske på ett mer rationellt sätt. Utsläpp vid transport av maskiner till stranden beror helt och hållet på avståndet från maskinhallen. Ju längre sträcka hjullastaren behöver köra till stranden desto större blir utsläppen, och det är alltså fördelaktigt för klimatet att kunna använda entreprenörer från närområdet. Dessa utsläpp är dock lika oavsett behandlingsmetod. Också avståndet från stranden till den anläggning där biomassan ska vidareförädlas har en avgörande inverkan på den totala klimatpåverkan. I scenario *II* står lastbilstransporten för knappt 20 procent av de totala koldioxidutsläppen från den avgränsade kedja som här studeras. Ifall avståndet istället begränsas till 10 km sjunker denna andel till under 5 procent. Utsläppen kan också minskas ifall man använder andra drivmedel, eller t.ex. eldrivna lastbilar.

Det bör också påpekas att vi till dessa beräkningar antagit att biomassan torkas för att minska antalet transporter. Att torka materialet är också fördelaktigt i det fall man avser att göra biokol (Paulsson M, 2020). Det finns dock flera anledningar att använda det marina växtmaterialet så snart som möjligt, t.ex. för att undvika läckage av växthusgaser vid nedbrytning (Thomas m.fl., 2021) eller för att våt biomassa ökar biogaspotentialen (Detox AB, 2008). Slutligen konstateras att denna studie endast har analyserat en avgränsad del av värdekedjan, och användningsområde har inte preciserats. Resultaten för denna avgränsade del antyder att det finns en klimatförlust med scenario *II*, men då har det inte inkluderats att biomassan innehåller kol som kan nyttiggöras och ersätta annat behov av kol (t.ex. fossilt bränsle). Detta diskuteras mer under nästkommande avsnitt.

### 3.2 Näringsinnehåll

Det insamlade växtmaterialet innehåller en rad olika näringsämnen. Det finns flertalet studier genomförda på näringsinnehåll av marin biomassa från ständer, både i Sverige och på andra platser i Östersjön och närliggande havsområden såsom Kattegatt och Skagerrak. De flesta fokuserar på de centrala näringsämnena kväve (N) och fosfor (P), men flera analyser redovisar även värden för kalium (K) och kol (C). Det finns naturligtvis variationer mellan dessa studier, men proportionerna mellan innehållet av kväve, fosfor och kalium är relativt överensstämmande mellan studierna, och är ungefär: 13:1:6 (N:P:K). Utifrån denna proportion kan även studier som inte redovisar innehållet av kalium användas för att göra en uppskattning av kalium-innehållet

Utifrån de tidigare studierna kan följande näringsvärden uppskattas för det marina växtmaterialet på den fiktiva strand som här analyseras: 5,0 kg N/ton; fosfor 0,38 kg P/ton tång, och 2,3 kg K/ton färsk insamlad tång, vilket framgår i Tabell 2 nedan. För att se vilka studier och analyser som antagandena utgår ifrån se Bilaga 3. I tabellen finns även en bedömning av kolinnehållet i biomassan, vilket relaterar till diskussionen i tidigare avsnitt om klimateffekter. Kolinnehållet är hämtat från Thomas m.fl. (2021).

Ett visst näringsläckage sker från tånghögarna tillbaka ner till havet, vilket beror på många faktorer såsom hur stora högarna är, hur marken och växtligheten på platsen är beskaffad samt hur långt ifrån havslinjen högarna är placerade. Det är således svårt att hitta siffror kring rimliga antaganden kring detta läckage. I scenario *I* (som dagens behandling, då växtmaterialet läggs tillbaka igen) är det dessutom av mindre relevans, eftersom den absolut största delen av näringen som växtmaterialet innehåller kommer tillbaka till havet efter sommaren. I scenario *II* som innebär att tången forslas bort kan det ha viss påverkan på analysen kring hur mycket näring som tas bort från systemet vid tånginsamling. Analysen använder dock ett antagande om att högarna forslas bort relativt snabbt, och att näringsläckaget därför är försumbart. Materialet i högarna kan däremot börja kompostera och på så sätt släppa ut metan, dikväveoxid och koldioxid till luften, vilket innebär att kväveinnehållet reduceras. Som beskrivs i avsnitt 3.1 råder stora osäkerheter kring dessa utsläpp från uppsköld biomassa, samt i vilken grad det skiljer sig mellan naturliga band och ihopsamlade högar av olika storlek och position. Därför bedöms det rimligt att anta att skillnaden mellan de två behandlingsmetoderna är försumbar.

Totalt innebär de uppskattade värdena att insamlingen på exempelstranden som används i analysen kan ta bort 1250 kg kväve, 95 kg fosfor, 575 kg kalium samt 16 750 kg kol från kustområdet. Det bör poängteras att det relativt höga kolinnehållet är av betydelse vid en fullständig livscykelanalys där också användning av biomassan ingår, t.ex. för produktion av biogas eller biokol. I en livscykelanalys som gjordes i Sverige på olika typer av marina biomassor underströks just potentialen att genom insamling av tång skapa en positiv netto nytta angående kolcykeln och klimateffekter (Thomas m.fl., 2021). Om det uppstår en positiv eller negativ klimateffekt totalt sett påverkas dock av hur biomassan processas och hur mycket kol eller koldioxid den processen kräver.



**Tabell 2. Näringsinnehåll i insamlad våt biomassa från stränder**

	Kväve	Fosfor	Kalium	Kol
Ratio (proportion)	13	1	6	-
Medelvärde tidigare studier	5,0 kg N/ton	0,38 kg P/ton	2,3 kg K/ton	67 kg C/ton
Näringsinnehåll i biomassa på exempelstrand	1250 kg N	95 kg P	575 kg K	16 750 kg C

### 3.3 Miljögifter

Växtmaterial både på land och i hav tar upp kadmium från jorden eller vattnet där de lever. Kadmium är en tungmetall och bör inte finnas i för stor koncentration i kroppen eftersom den stannar kvar i kroppen, och kan då bland annat leda till njurskador. Insamlat växtmaterial från stränder innehåller en mängd olika arter såsom grönalger, rödalger, blåstång och ålgräs, vilka också innehåller varierande mängd kadmium. I en studie på Gotland analyserades insamlat marint växtmaterial utifrån art och kadmiuminnehåll (Franzén m.fl., 2019). Variationen var stor mellan olika arter: mellan 0,13 och 2,2 mg Cd/kg torrsbstans (TS). Ålgräs innehöll i studien de största koncentrationerna kadmium, och de lägsta värdena i rödalger. I Trelleborg har kadmiuminnehållet i insamlad biomassa också analyserats, men dessa analyser är äldre (Detox AB, 2008). Analyserna visar värden från 0,4 till 2,4 mg/kg TS. Slår man ihop dessa studier så får man ett medelvärde på 1,2 mg Cd/kg torkad biomassa, vilket används för att uppskatta kadmiuminnehållet i denna analys. Omräknat till kg Cd/ton blir det 0,0012 kg/ton torr biomassa.

De 250 ton färsk biomassa som samlas in på exempelstranden motsvarar uppskattningsvis 50 ton torrsbstans (varje ton färsk biomassa består av 20 procent torrsbstans). Det innebär att för den mängd som samlas in på exempelstranden i denna studie blir det totala kadmiuminnehållet ca 0,06 kg. Detta motsvarar mängden kadmium i 3 500 ton potatis, som innehåller 0,017 mg Cd/kg potatis (Livsmedelsverket, 2017).

Med behandling av biomassan enligt scenario *I* hamnar kadmiumet slutligen återigen i havet. En liten mängd kan eventuellt tas upp av strandväxlighet runt lagringshögen, men även denna växlighet bryts ner tids nog. Slutsatsen är oavsett att inget kadmium lämnar kretsloppet med dagens metod. I scenario *II* avlägsnas kadmiumet från stranden. Hur detta sedan kan komma att påverka natur och människa beror på hur man väljer att använda biomassan. I samband med produktion av både biogas och biokol finns det idag tekniker för att rena näringsprodukten på kadmium, och beroende på metod är det möjligt att avlägsna upp till 99 procent (se Bilaga 4). Vid dessa processer bildas dock restprodukter som måste tas om hand. Ett alternativ är att deponera, vilket aldrig är önskvärt, men det får i alla fall bort det skadliga kadmiumet från naturens kretslopp så att det inte riskerar att ackumuleras i människor och djur.



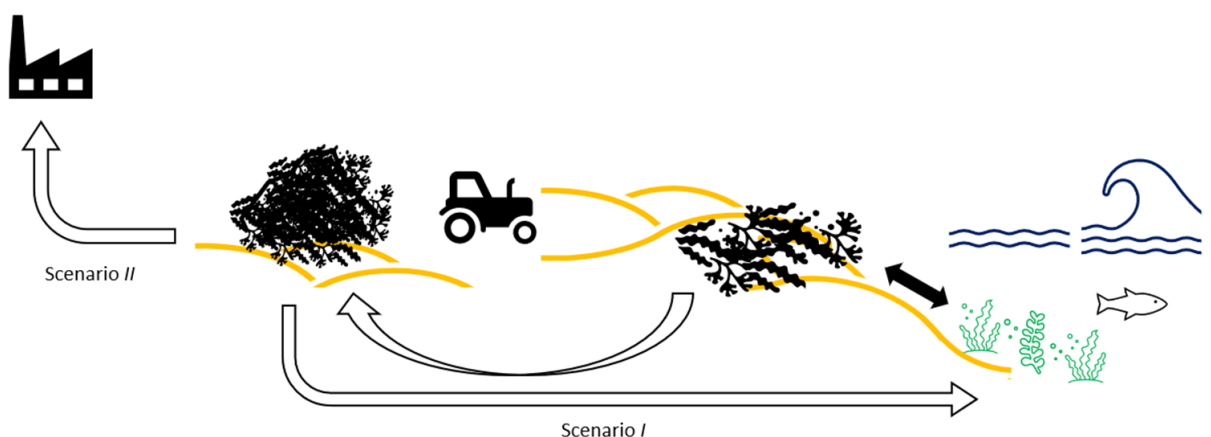
### 3.4 Skillnader mellan alternativa behandlingsmetoder

Den stora skillnaden mellan behandlingsmetoderna är att biomassen som samlas in från stränderna i scenario *II* forslas bort från stranden och att dess närings- och kadmiuminnehåll inte återförs (direkt) till havet. Biomassan kan på så sätt nyttiggöras, och beroende på hur denna biomassa används kan detta bidra till att skapa cirkulära flöden av näringsämnen eller till viss del ersätta fossila bränslen.

I Tabell 3 nedan jämförs utsläpp av växthusgaser samt bortförsl av näring (N, P, K), kol och kadmium i det fiktiva fallet (scenario *II*) jämfört med nuläget (scenario *I*). Antagandet gäller en fiktiv strand på 1 km med ett årligt upptag av 250 ton våt biomassa, se Tabell 1. Som framgår av tabellen innebär till exempel scenario *II* ett större bidrag till utsläpp av växthusgaser. Men denna jämförelse ska ses med försiktighet eftersom det i scenario *II* endast speglar en del av livscykeln och inte tar hänsyn till det upptag av kol som insamlingen innebär. Livscykeln för insamling och användning (t.ex. biokol) av marin biomassa har således potential att snarare ta upp och binda ner mer kol än vad som konsumeras under processen. Alternativt att bidra till att ersätta fossila bränslen, vid produktion av biogas. Utöver upptag av kol innebär även scenario *II* att andra näringsämnen förs bort från kustsystemet vilket kan ha positiva samhällsekonomiska effekter, samt bidra till cirkulära flöden av näringsämnen. Mer om detta i avsnitt 4.

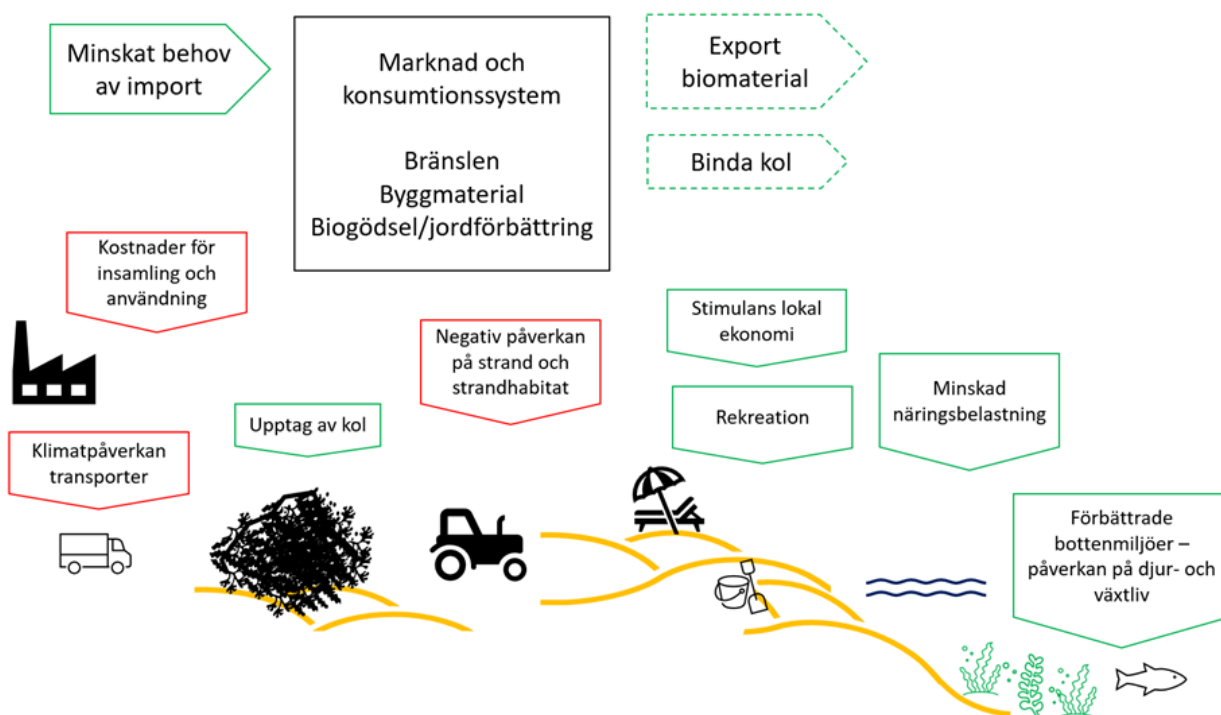
**Tabell 3. Sammanfattning klimatpåverkan från bränsleförbrukning och bortförsl av näringsämnen och kadmium från havet med respektive behandlingsmetod. Resultat för 1 km strand med en insamling på 250 ton våt biomassa.**

Antal kilogram per 250 ton våt biomassa	Scenario I	Scenario II
Växthusgaser bränsleförbrukning (CO <sub>2</sub> -ekv)	710	1 200
Läckage växthusgaser vid nedbrytning (CO <sub>2</sub> -ekv)	X	~X
Kväve	~0	1 250
Fosfor	~0	95
Kalium	~0	575
Kol	~0	16 750
Kadmium	~0	0,06



## 4. Samhällsekonomiska aspekter

Ekosystemen på jorden bidrar med en mängd olika tjänster, produkter och möjligheter för människan, vilka bidrar till livskvalitet och välfärd. Dessa brukar kallas för ekosystemtjänster. Att rensa stränderna på marint växtmaterial påverkar både kustekosystemen och dess möjlighet att producera dessa tjänster. Det finns olika effekter på människor och ekosystem som insamlingen av det marina växtmaterialet från stränderna innebär. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv räknas sådana positiva och negativa effekter på miljön och människors välmående som "samhällsekonomiska nyttor och kostnader", även om dessa effekter oftast saknar ett marknadspris. Men strandstädningen av marint växtmaterial kan också innebära direkta eller indirekta effekter på en kommuns ekonomi. I detta avsnitt diskuterar vi vilka olika samhällsekonomiska effekter som är förknippade med insamling av marin biomassa från stränder. Avsnittet är inte begränsat till de scenarier som används i den inledande miljöanalysen, utan tar ett större grepp om effekter kopplat till insamling och användning av marin biomassa. Figur 3 visar några potentiella effekter av en ökad insamling och användning, där näringsinnehållet vidareförädlas och kan ersätta jungfruliga resurser som annars tillförs systemet.



Figur 3. Potentiella effekter av en ökad insamling och användning av marin biomassa

### 4.1 Rekreation

Den för allmänheten mest märkbara effekten av bortförslagen av det marina växtmaterialet, är att stränderna blir mer tillgängliga och attraktiva för bad och rekreation. Det är också detta som är den främsta anledningen till att tången tas bort idag, vilket i sin tur förklarar varför insamling endast sker under sommarsäsongen. Det är svårt att sätta ett ekonomiskt värde, i kronor och ören, på effekten på människors trivsel och välmående som detta skapar. Men det finns studier som genom så kallade scenarievärderingsstudier gör en ansats att uppskatta detta värde. I Risén m.fl. (2017) undersöktes betalningsviljan av ett handlingsprogram i Trelleborg som syftade till att städa stränder från marint

växtmaterial och göra biogas av biomassan. Skattningen gjordes genom en enkätstudie, där boende i Trelleborg fick uppge hur mycket de var villiga att betala för handlingsprogrammet. Det visade sig finnas en mycket hög gemensam betalningsvilja på totalt ca 13 miljoner kronor för genomförandet av programmet bland kommunens invånare. Det kan vara svårt att tolka resultaten från en betalningsviljestudie, eftersom respondenterna de facto inte betalar något. Men det tyder åtminstone på att det finns ett stort värde att rensa stränderna från det uppsköljda växtmaterialet, för att stränderna ska vara tillgängliga för bad och rekreation.

För kommuner som utför bortforsling av marint växtmaterial kan det innebära en positiv effekt på kommunens ekonomi, om människor väljer att resa till de städade stränderna inom kommunen från andra platser där städning inte sker. Att besöksnäringen frodas innebär ofta en klar stimulans på den lokala ekonomin, vilket kan bidra till att verksamheter som är kopplade till besöksnäring kan hålla igång och erbjuda sysselsättning. Denna verksamhet innebär skatteintäkter till kommunen.

#### **4.2 Minskad övergödning – bättre vattenkvalitet**

Som tidigare nämnts innehåller det insamlade växtmaterialet från stränderna, en stor del näringsämnen såsom kväve och fosfor. Östersjön är idag starkt övergödd på grund av för stort läckage av näring från land, vilket också gör att tillväxten av biologiskt material i havet ökar. Att städa stränderna på växtmaterial innebär alltså att ta bort näring från havet, och kan på så sätt bidra till att minska övergödningen. Från exempelstranden i denna studie antas ca 250 ton marint växtmaterial kunna samlas in varje år, under sommarmånaderna. Det motsvarar en reduktion av näringsämnena om ca 1250 kg kväve och 95 kg fosfor. Som jämförelse kan vi studera effekterna av åtgärder som föreslås och genomförs inom lantbruket för att reducera näringsläckage från jordbruksmark. En anlagd våtmark i jordbrukslandskapet förväntas reducera ungefär 200 kg kväve per år och hektar. I de fall näringsreduktion prioriteras ska värden uppmot 500 kg kväve och 50 kg fosfor kunna uppnås per år och hektar (Jordbruksverket, 2015).

Om näringsupptaget ska få någon väsentlig effekt på havsmiljön behöver större kvantiteter föras bort. Även för att få igång en processkedja där den marina biomassan används krävs förmodligen större kvantiteter än vad sommarstädningen ger. Under höst och vinter sköljs vanligen de största mängderna marint växtmaterial upp på stränderna. I Detox AB (2008) uppsattas att mängden insamlad tång från Trelleborgs kommuns stränder maximalt skulle kunna vara 30 000 ton/år och 215 000 ton/år för skånska sydkusten. Dessa beräkningar utgår från en full potential, och kan vara orimlig att uppnå eftersom det omfattar att växtmaterialet även ska skördas från vattnet (ej endast stränderna). Det kan även innebära risker att inte lämna växtmaterial på vissa platser under vissa perioder av året (se 4.3 nedan). Därför används här en uppskattning att 20% av denna maximala potential är en mer rimlig nivå. Det skulle innebära 6 000 ton/år i Trelleborg och 43 000 ton för hela skånska sydkusten. Används dessa uppskattningar skulle 30 ton N, 2,3 ton P och 402 ton C kunna föras bort från havet i fallet Trelleborg, och för sydkusten 215 ton N, 16 ton P och 2890 ton C.

### **Box 1 Samhällsekonomiska värden av bortförd näring från havet**

Det finns ett flertal studier som har syftat till att sätta ekonomiskt värde på förbättrad vattenkvalitet i avseende till minskad övergödning, såsom bättre siktdjup och mindre algblomning. I Söderqvist m.fl. (2021) finns en sammanställning av olika studier, med medelvärde SEK 358 (USD 38) mätt i kg reducerad PO4-ekv (fosfat). Fosfat-ekvivalenter fångar det faktum att både kväve och fosfor behöver reduceras för att minska övergödningen i Östersjön. Omräkning från kväve och fosfor till fosfat är följande: 1 kg N motsvarar 0,42 kg PO4-ekv, och 1 kg P motsvarar 3,07 kg PO4-ekv. För exempelstranden om 250 ton insamlad biomassa får vi därför sammanlagt 817 kg PO4-ekv. Genom att använda medelvärdet på 358 SEK är näringsborttaget från exempelstranden i den aktuella analysen värt ungefär 300 000 SEK. Om tio sådana stränder städas innebär det 3 miljoner SEK.

Värdet för insamlad tång från hela den skånska sydkusten, baserat på 20% av den maximala potentialen hämtat från Detox AB (2008), skulle innebära ett värde på nästan SEK 50 miljoner! Se bilaga 3 för uträkningar och referenslitteratur.

### **4.3 Negativa och positiva effekter på ekosystemet på och kring stränderna**

Miljöer med ilandspolad tång har flera naturvärden. Effekterna av att ta bort de stora vallarna av marint växtmaterial på stränderna kan ha negativa effekter på strandekosystemet. När det marina växtmaterialet forslas bort påverkas strandhabitatet, vilket kan påverka olika arter som lever i och i närhet av vallarna av växtmaterial. Det kan till exempel påverka fågellivet, då miljön utgör viktiga födosökslokaler för framför allt rastande flyttfåglar (främst vadarfåglar). Födan i tången utgör ett viktigt energitillskott för fåglarna vid den energikrävande flytten till vinterkvarteren. Då man samlar in tång stör man fåglar och deras möjligheter till födosök negativt. Genom att undvika flyttperioderna samt att arbeta i områden som redan är påverkade av människans närvaro kan denna störning minskas (Niras, 2020). Genom att samla in strandtång sker oundvikligen också bortförsl av de organismer som befinner sig i det insamlade materialet. Bland annat tångloppor av släktet *Orchestia gammarellus* (strandloppa) har påträffats vid den skånska sydkusten. Denna art är rödlistade under kategorin DD ("kunskapsbrist")<sup>3</sup>. Det kan därför finnas anledning att, om arterna påträffas, inventera kuststräckor där man inte ska samla in tång för att visa på att arterna får tillräckligt med livsutrymme trots insamling (Uthas, 2018). Det är därför viktigt att veta vilka stränder som kan vara extra känsliga för strandstädning av marint växtmaterial och eventuellt endast städa delar av dessa stränder, eller på ett mer försiktigt sätt.

Band av uppsköld tång kan under årens lopp förändra geomorfologin och topografin på en strand och potentiellt ge naturligt erosionsskydd genom att stödja dynbildning och ge sandstabilisering. Följaktligen kan insamling av tång minska sådant skydd och öka risken för stranderosion. Detta kan förvärras än mer om stora mängder sand avlägsnas med den insamlade tången och genom packning av sandskikt under trycket av tunga maskiner (Söderqvist m.fl., 2021). För områden där tången bedöms som viktig för att reducera erosion bör det utvärderas om insamlingen på sådana platser ska begränsas, eftersom det annars kan medföra framtida kostnader för restaurering av dessa kustområden.

Det finns även positiva effekter bortforslande av strandtång kan ge. När stora mängder tång ansamlas på ytan kan underliggande miljö i grunda kustnära områden, t.ex. ålgräsängar och blåstångsbälten,

<sup>3</sup> Kategorin DD innebär att man har dålig kunskap om i vilken omfattning dessa arter förekommer och att få, eller inga, undersökningar har gjorts för att få en uppfattning om hur vanlig och talrik arten är.

skadas eftersom algmattorna hindrar ljuset från att nå botten. Insamlingen av marint växtmaterial förbättrar också bottenmiljön eftersom det blir en minskning av döda alger som annars sjunker till botten och sedimenterar. Sedimenteringen skapar syrebrist på botten och i förlängningen bottendöd. En del bottendjur tål ganska långa perioder med syrebrist, men känsliga arter flyr eller dör. Det får förstås konsekvenser även för rovfiskar, eftersom bottendjur är en viktig födoresurs för många arter.<sup>4</sup> Tidigare studier ger indikationer på att förutsättningarna för plattfisk blir bättre på bottenarna i vikar där marint växtmaterial plockas bort (Martinsson, 2015).

#### 4.4 Cirkulär ekonomi med marin biomassa – möjligheter och utmaningar

Insamling av marint växtmaterial på stränderna kan systematiserat och effektiviserat innebära många möjligheter och positiva samhällsnyttor. Att få bort materialet från stränderna under sommarhalvåret skapar bättre förutsättningar för rekreation. Att som idag lägga tillbaka materialet i havet efter sommarsäsongen innebär att många av de möjligheter som materialet ger går förlorade. En av de största samhällsekonomiska vinsterna med att samla in det marina växtmaterialet i större skala, och inte endast på sommarhalvåret, är att biomassan innehåller ansevärd mängder näringsämnen: kväve, fosfor, kalium och kol. Vid upptag finns således positiva effekter för havet såsom minskad övergödning, och positiva effekter för att skapa cirkulära flöden av näringsämnen, inte minst fosfor som är en ändlig resurs. Den marina biomassan kan vidareanvändas för att göra biokol, eller biogas med biogödsel som potentiell restprodukt från processen. Denna användning kan på olika sätt bidra till både ekonomiska och miljömässiga värden, med potential att till exempel bidra till att fasa ut fossila bränslen, eller binda in kol (klimatnytta) i form av biokol. Biomassan kan processas på olika sätt beroende på vad som ska utvinnas, men i ett cirkulärt perspektiv bör den största delen av näringen återigen komma produktions- eller konsumtionsområdet till del, till exempel genom biogödningsmedel. Först då kan importen av näring genom handelsgödsel minska, och på så sätt har de cirkulära flödena av näringsämnen stärkts.

Idag finns utmaningar med återförandet av marin biomassa till jordbruket eftersom växtmaterialet även innehåller tungmetallen kadmium. För kadmium finns ett gränsvärde för vad biogödsel och slam som ska spridas på åkermark får innehålla, vilket är 2 mg Cd/kg torrs substans. Dessutom finns gränsvärden för hur många mg kadmium som får spridas per hektar åkermark. Ofta uttrycks den tillåtna mängden kadmium i förhållande till mängden fosfor som tillförs. För avloppsslam som sprids på åkermark från Revaq-certifierade reningsverk ska kadmium-innehållet vara under 20 mg Cd/kg P. Med EU:s nya förordning om gödselprodukter (EU 2019/1009) som börjar tillämpas den 16 juli 2022 införs ett gränsvärde för kadmiuminnehållet i fosforgödselmedel på 60 mg Cd/kg fosforpentoxid (P205), motsvarande 137 mg/kg fosfor (P). Detta sänks sedan med tiden till först 92 och sedan 46 mg Cd/kg P.<sup>5</sup> I Sverige, som tillsammans med Finland har beviljats undantag för att ha hårdare krav med avseende på kadmiumhalten i gödselmedel, gäller en gräns på 100 mg Cd/kg P.<sup>6</sup> Och Sverige får fortsätta tillämpa den hårdare nivån även efter införandet av gränsvärdet på 137 mg Cd/kg P, som gäller i t.ex. Danmark och andra EU-länder, enligt den nya förordningen.<sup>7</sup> Vad som händer med de svenska reglerna efter att EU-nivån sänks till under 100 är i nuläget oklart. Utifrån resultaten som visas i Tabell 3 ovan kan det konstateras att kadmium/fosfor-kvoten är hög i den insamlade biomassan, uppskattningsvis 630 mg Cd/kg P (60 000 mg Cd/95 kg P). Som beskrivs i Bilaga 4 finns dock i samband med biogasproduktion eller tillverkning av biokol möjlighet att reducera mängden kadmium med över 90 procent. Om de näringsprodukter som tas fram på detta sätt kan ersätta handelsgödsel som innehåller 100 mg Cd/kg P finns stora samhällsekonomiska vinster att göra.

<sup>4</sup> <https://www.sverigesvattenmiljo.se/>

<sup>5</sup> <https://www.regeringen.se/contentassets/4e6c1e400bff4b0cafd4bd0215b6abd4/svensktvatten.pdf>

<sup>6</sup> <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/>

<sup>7</sup> <https://valtioneuvosto.fi/sv/>

## **Box 2 Samhällsekonomisk nytta av minskad spridning av kadmium**

I SOU 2017:102 görs en värdering av ett kilo kadmium som sprids på åkermark. Värderingen bygger på direkta, indirekta och immateriella effekter från frakturer och mortalitet orsakat av ett intag av kadmium över tid. Mer specifikt ingår kostnader för professionell vård och medicinering, värdet av förlorad arbetstid och nedsatt produktivitet till följd av exempelvis sjukfrånvaro, förtidspensionering och vård av anhörig, värdet av nedsatt livskvalitet samt förtida död. Utifrån att schablonvärdet för ett statistiskt liv har reviderats från 24 till 40,5 miljoner kronor sedan SOU:n skrevs kan kostnaden per kilo tillfört kadmium nu uppskattas ligga inom intervallet 0,46 – 1,1 miljoner kr/kg Cd, med 0,77 miljoner kr/kg Cd som ett medelvärde.

## **5. Slutsatser**

Den insamling som sker idag genererar nytta i form av tillgängliggörande av stränder med förbättrade badmöjligheter och rekreationsvärden som följd. Denna nytta fås mot en kostnad för att anlita entreprenörer, en ökad klimatpåverkan från den bränsleförbrukning som sker vid transporter och maskinarbete, samt en negativ påverkan på de arter som lever i och av tångvallarna. Däremot har dagens tillvägagångssätt ingen betydelse för näringsbalansen i haven i det långa loppet, i och med att den marina biomassan förs tillbaka till havet. Om materialet används kan flera positiva samhällsnyttor skapas. Genom att föra bort fosfor och kväve från kustekosystemen minskas övergödningen och de negativa effekter som denna har på strandhabitat och bottenmiljön, och de arter som lever där. Genom att vidareförädla näringsinnehållet finns också en möjlighet till cirkulära system och att ersätta jungfruliga resurser. Detta är särskilt viktigt när det kommer till fosfor som är en ändlig resurs.

I miljöanalysen har vi endast tittat på en avgränsad kedja, och resultaten speglas av att användningsfasen inte inkluderas. Det är först när hela kedjan inkluderas som det går att bedöma om t.ex. påverkan på klimatet är positiv eller negativ. Det finns också en stor potential att effektivisera insamlingen jämfört med dagens strandstädning ifall huvudsyftet istället är insamling för vidareanvändning. Dessutom kan insamling göras under hela året och under höst och vinter sköljs vanligen de största mängderna marint växtmaterial upp på stränderna. Detta bör öka chanserna att få till en rationell affärsmodell. Insamling och bortförsl av näringsämnen kan också ses som en miljöåtgärd och bör därför jämföras med andra åtgärder utifrån kostnad och effekt, t.ex. att minska näringsläckage från jordbruket.

## 6. Referenser

- v. Bahr, B., 2016. Miljösystemanalys av Ekobalans process för pyrolys av slam. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. SP-rapport 2016:61
- Bergström, 2012. Impact of Using Macroalgae from the Baltic Sea in Biogas Production: A Review with Special Emphasis on Heavy Metals. Linneaus University, Master thesis Nr: 2012:Bi4
- Detox AB, 2008. Tång och alger som en naturresurs och förnyelsebar energikälla. Sammandrag av Rapport Steg 2. Trelleborgs kommun
- Detox Biogas AB, 2009. Tekniska lösningar för uppsamling och bortforsling av alger på strand, hav och längs kustremsan i Trelleborgs kommun. Delprojekt inom Kretsloppet. Trelleborgs kommun
- Franzén, D., Infantes, E., & Gröndahl, F., 2019. Beach-cast as biofertiliser in the Baltic Sea region-potential limitations due to cadmium-content. *Ocean & Coastal Management*, 169, 20-26.
- Grundestam, C., Johansson, K., Mellin, A., Malmaeus, M., & Rahmberg, M., 2020. Konsekvensbeskrivning för framtida slamhantering och fosforåtervinning. IVL Rapport Nr C 541
- Jordbruksverket, 2015. Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket. Analys av mätresultat och effekter av landsbygdsprogrammet. Rapport 2015:7
- Liu, S., S.M. Trevathan-Tackett, C.J. Ewers Lewis, Q.R. Ollivier, Z. Jiang, X. Huang, and P.I. Macreadie., 2019. Beach-cast seagrass wrack contributes substantially to global greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Management* 231: 329–335.
- Livsmedelsverket, 2017. Kadmium i livsmedel – Riskvärderingsrapport. Rapport 15 del 2
- Martinsson, J. 2015. Betydelsen av bortforsling av alger för rekrytering av plattfisk på Gotland. Rapport 2015:12, Länsstyrelsen i Gotlands län, Visby, Sverige.
- Niras, 2020. Faunainventering och naturvärdesbedömning av strandliggande tång, Trelleborgs kommun. Rapport 030-20
- Paulsson, M., 2020. Sammanfattande slutrapport för projektet Rest till Bäst (steg 2).
- Risén, E., Nordström, J., Malmström, M. E., & Gröndahl, F., 2017. Non-market values of algae beach-cast management–Study site Trelleborg, Sweden. *Ocean & coastal management*, 140, 59-67.
- Söderqvist, T., Nathaniel, H., Franzén, D., Franzén, F., Hasselström, L., Gröndahl, F., ... & Thomas, J. B., 2021. Cost-benefit analysis of beach-cast harvest: Closing land-marine nutrient loops in the Baltic Sea region. *Ambio*, 1-12.
- Thomas, J. B. E., Sinha, R., Strand, Å., Söderqvist, T., Stadmark, J., Franzén, F., ... & Hasselström, L., 2021. Marine biomass for a circular blue-green bioeconomy?: A life cycle perspective on closing nitrogen and phosphorus land-marine loops. *Journal of Industrial Ecology*. DOI: 10.1111/jiec.13177
- Uthas, H. 2018. En förstudie – inför ett kommande projekt om alg- och tångprocessverksamhet. Trelleborgs kommun, Ystad kommun och Vellinge kommun.



**Bilaga 1. Uppsamlad mängd ton på Trelleborgs badstränder**

Badstrand	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Skåre skansar	30	110	50	40	100	220	195	110	200
Östra stranden	40	200	130	95	350	700	180	180	150
Dalabadet	250	750	300	200	650	1300	525	545	600
Nybo-karinbadet	60	70	50	20	200	300	90	40	110
Gislövs strandmark	65	250	10	5	100	200	60	45	60
Äspö	10	20	20	5	20	10	45	0	0
PärLAN	20	15	10	5	10	10	45	20	10
Skateholm	15	15	10	5	10	10	45	30	20
<b>Summa</b>	<b>740</b>	<b>1 430</b>	<b>580</b>	<b>375</b>	<b>1 440</b>	<b>2 750</b>	<b>1 305</b>	<b>970</b>	<b>1 150</b>

På denna hemsida finns kartor över de stränder som under badsäsongen rensas från tång som har flutit i land, <https://www.trelleborg.se/uppleva-gora/idrott-motion-och-friluftsliv/friluftsliv-och-motion/badplatser/strandrensning/>.

**Bilaga 2. Klimatpåverkan**

För att uppskatta utsläpp av växthusgaser har det använts flera underlag för att pussla ihop de olika moment som ger upphov till bränsleförbrukning. Dieselförbrukning och emissionsfaktor för transport och maskinarbete vid städning med hjullastare har hämtats från Söderqvist m.fl. (2021). De använder två olika verktyg för livscykelanalys för att beräkna växthusgasutsläpp vid dieselanvändning i traktorer. Uttryckt som koldioxidkvivalenter är resultaten 3,2 (USLCI) respektive 8,0 kg CO<sub>2</sub>-ekv per liter diesel (Ecoinvent). Skillnaden ligger i att Ecoinvent fångar upp ammoniak, en växthusgas med hög Global Warming Potential (GWP). I denna analys har vi använt genomsnittet av dessa två resultat. Emissionsfaktor för utsläpp vid lastbilstransporter kommer från Rest till Bäst-rapporten författad av Paulsson (2020) som i sin tur använt metoden från v. Bahr (2016). Där beskrivs att energiåtgången som krävs för en lastbilstransport beror av en mängd olika faktorer såsom lastbilstyp, körsätt, vägförhållanden mm. En ungefärlig förbrukning för att köra 10 mil med en stor lastbil (30 ton last) ligger på ca 30 liter diesel. Detta innebär att förbrukningen per tonkm blir 0,01 liter. Med en energiförbrukning på 0,33 MJ/tonkm ger detta en emissionsfaktor på 23,6 g CO<sub>2</sub>/tonkm, vilket alltså innebär 0,71 kg CO<sub>2</sub>/km med en last på 30 ton. Lastgraden har stor betydelse för den totala miljöpåverkan från transporter, och eftersom lastbilen går tom tillbaka blir den faktiska lastgraden som bäst 50 procent. Lastning och lossning av biomassan på lastbil är i sin tur hämtat från Detox Biogas AB (2009) som anger utsläpp per ton material för just dessa aktiviteter (här har vi inte inkluderat arbete för att placera biomassan i plansilo efter lossning). Det bör dock poängteras att dessa uppgifter börjar bli gamla utifrån perspektivet att bränsleeffektiviteten förbättras kontinuerligt. Med dagens emissionsfaktorer i åtanke är dessa utsläpp därför troligen något överskattade.

<b>Växthusgasutsläpp bränsleförbrukning</b>	<b>kg CO2-ekv totalt</b>	<b>Andel av total scenario II</b>	<b>CO2-ekv per ton biomassa</b>
Transport av hjullastare till och från stranden (10 tillfällen, både scenarier)	178	15%	0,71
Maskinarbete under strandstädningen (10 tillfällen, båda scenarier)	502	43%	2,01
Lastning av material till lastbil (scenario II)	169	14%	0,68
Lastbilstransport till anläggning (scenario II)	212	18%	0,85
Lossning anläggning (scenario II)	115	10%	0,46
Tillbakaförsel till havet (scenario I)	30		0,12
<b>Totalt scenario I</b>	<b>711</b>		<b>2,84</b>
<b>Totalt scenario II</b>	<b>1177</b>		<b>4,71</b>
<i>Skillnad</i>	466		1,87

### Bilaga 3. Näringsinnehåll

Söderqvist m.fl. (2021) baserar sina värden dels på en analys av näringsinnehåll i tång (Franzén et al. 2019) samt rapporterade analyser från ett stort antal LOVA-projekt på Gotland. Studien använder sig av värdet 5,2 kg N/ton våt tång och 0,39 kg P/ton våt tång. Det finns inga siffror för kalium i denna studie. Dessa värden är något lägre än vad som rapporterats från LOVA-projekten, där snittet för kväve t ex ligger strax över 6 kg N/ton. I Detox Biogas AB (2009) används värden 4,73 kg kväve och 0,37 kg fosfor per ton insamlad tång. I Detox AB (2008) görs en beräkning av hur mycket näring som skulle kunna återföras till åkermark efter rötning av tång. Det är oklart om de räknar med att näringsämnen under tiden försvinner, men de siffror som återstår är 3,6 kg N/ton, 0,3 kg P/ton och 1,8 kg K/ton. I Bergström (2012) som gör en litteraturstudie och sammanställer data från analyser både i Sverige och på andra ställen i Östersjön samt i Danmark är siffrorna annorlunda, men proportionerna lika. Där är de sammanlagda värdena för samtliga studier 28 kg N/ton tång, 2,1 kg P/ton tång, och 13 kg K/ton tång. Dock är denna studie per ton torrsbstans vilket ger en förklaring till skillnaden. Värdena för Trelleborg i denna studie skiljer sig inte från genomsnittet.

Eftersom ration (proportionerna) mellan dessa studier är det som är mest överensstämmande utgår vi i denna studie från denna ration: 13:1:6 (N:P:K) och använder en kombination av de mest aktuella studierna Söderqvist m.fl. (2021)/Franzén m.fl. (2019) där prover är tagna från Gotland, samt Detox Biogas AB (2009) som är äldre studier men där proverna är tagna i Trelleborg. Utefter dessa studier får vi ett medelvärde för N på 5,0 kg N/ton färsk tång, och räknar därefter ut vad det innebär för fosfor och kalium, givet de rimliga proportionerna.

#### Värdet av näringsbortförsel från Östersjön

Fosfat-ekvivalenter fångar det faktum att både kväve och fosfor behöver reduceras för att minska övergödningen i Östersjön. Omräkning från kväve och fosfor till fosfat är följande: 1 kg N motsvarar 0,42 kg PO<sub>4</sub>-ekv, och 1 kg P motsvarar 3,07 kg PO<sub>4</sub>-ekv. För exempelstranden om 250 ton insamlad biomassa får vi därför:

1250 kg N = 525 kg PO<sub>4</sub>-ekv

95 kg P = 292 kg PO<sub>4</sub>-ekv

Sammanlagt 817 kg PO<sub>4</sub>-ekv, värde (SEK) = 817 x 358 = 292 486

Använder vi istället värdena från den potentiella årliga insamlingen i Trelleborg från Detox AB (2008) på 1500 00 kg N och 11 400 kg P får vi:

150 000 kg N = 63 000 PO<sub>4</sub>-ekv

11 400 kg P = 35 000 PO<sub>4</sub>-ekv

Sammanlagt = 98 000 PO<sub>4</sub>-ekv; värde (SEK) 98 000 x 358 = 35 084 000 (35 milj SEK)

Använder vi fallet hela den skånska sydkusten från Detox AB (2008), och att 20% av den maximala potentialen samlas in, får vi:

215 ton N = 215 000 kg N = 90 300 PO<sub>4</sub>-ekv

16 ton P = 16 000 kg P = 49 100 PO<sub>4</sub>-ekv

Sammanlagt = 139 400 PO<sub>4</sub>-ekv; värde (SEK) 139 400 x 358 = 49 906 274 (ca 50 milj SEK)

#### **Bilaga 4. Kadmium**

Avlägsning av kadmium kan ske i samband med biogasproduktion samt vid tillverkning av biokol. I projektet Rest till Bäst testades en metod för att separera kadmium från biokol producerat av slam, i syfte att kunna få fram ett biokol med högt innehåll av fosfor och låg halt av kadmium. Separationen börjar vid 700°C och vid 800°C kan man få bort mer än 90% av kadmiumet. För att producera biokol av relativt kadmiumrika råmaterial såsom slam och tång krävs pyrolystemperaturer på minst 700°C för att klara uppsatta gränsvärden för spridning på åkermark. Kadmiumet avgår då med rökgaserna. Vid så höga temperaturer påverkas dock också kväveinnehållet negativt (Paulsson, 2020). Den processlösning för biokolproduktion som det svenska företaget Ekobalans erbjuder drivs med en hög temperatur som innebär att över 90 % av kadmium, 99 % av kvicksilver och över 50 % av bly, zink och silver kan reduceras. Metallerna fångas sedan upp av ett biokolfilter när tungmetallerna övergår i gasform (Uthas, 2018).

Detox AB (2008) beskriver metoder för att avskilja kadmium i samband med rötning i syfte att få en jordförbättringsprodukt ren från kadmium. Försöken visar att det är möjligt att reducera kadmiumhalten i tång och alger och att totala reningsgraden (extraktion plus avskiljning) av kadmium som uppnåtts var 71-75 %. Fortsatt optimering av extraktionstekniken kommer sannolikt att ge en högre extraktionsgrad och därmed en ökad reningsgrad (Detox AB, 2008). I en rapport från IVL Svenska Miljöinstitutet beskrivs en process för att utvinna fosfor ur det slam som bildas efter rötprocessen i ett kommunalt avloppsreningsverk (Grundestam m.fl., 2020). Med den metod som beskrivs (EasyMinings process Ash2Phos) kan kadmium/fosfor halten sänkas från 25-30 mg Cd/kg P i slammet till mindre än 1 mg Cd/kg P i slutprodukten.