



Marin biogas- odling av ascidier för biogasproduktion

Peter B Odhner, Grontmij AB
Hans Thelin, Grontmij AB
Fredrik Norén, IVL Svenska Miljöinstitutet
Olle Stenberg, Marin Biogas AB

Namnteckning

Granskad av

Godkänd av

Förord

Projektet har finansierats av Region Skånes utvecklingsmedel för biogas, Grontmij AB och Marin Biogas AB. Denna rapport är ämnad för Region Skåne och följer därmed deras krav vad gäller utformning och formalia.

Huvudsökande och projektägare: Grontmij AB
Uppdragsledare: Peter Berglund Odnher på Grontmij
Medsökande och medförfattare: Olle Stenberg på Marin Biogas AB
Medförfattare: Fredrik Norén på IVL, Svenska Miljöinstitutet AB

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	4
2	INLEDNING.....	5
2.1	BAKGRUND	5
2.2	SYFTE	6
2.3	AVGRÄNSNINGAR OCH METODIK	6
3	ALLMÄNT OM ASCIDIER - ODLING OCH RÖTNING	8
3.1	<i>CIONA INTESTINALIS</i> - TARM SJÖPUNGAR	8
3.2	ODLINGSFÖRUTSÄTTNINGAR OCH KRAV	9
3.3	ODLINGSTEKNIK	10
3.4	PÅGÅENDE ODLINGAR OCH SKÖRDEFÖRSÖK	11
3.5	BIOMASSAPRODUKTION	12
3.6	KVÄVEUPPTAG	15
3.7	RÖTFÖRSÖK OCH BIOGASUTBYTE	16
3.8	RISKER MED ODLING	17
4	ASCIDIEODLING I SKÅNE - REGIONALA FÖRUTSÄTTNINGAR	20
4.1	HYDROGRAFISKA FÖRHÅLLANDEN	20
4.2	VÄXTNÄRINGSSTATUS	21
4.3	MARIN FLORA OCH FAUNA	21
4.4	OMRÅDESSPECIFIKA FÖRUTSÄTTNINGAR - ZONINDELNING	22
4.5	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	28
5	TEKNIK OCH KAPACITET	30
5.1	SKÖRDETEKNIK	30
	BEARBETNING	31
5.2	31
5.3	TRANSPORT	32
5.4	HANTERING PÅ BIOGASANLÄGGNINGEN (BGA).....	32
5.5	RÖTNING	33
5.6	DISTRIBUTION OCH SPRIDNING	34
6	HANTERINGSKOSTNADER	35
6.1	INVESTERING OCH UTSÄTTNING	36
6.2	SKÖTSEL OCH UNDERHÅLL AV ODLING	36
6.3	SKÖRDEKOSTNADER	37
6.4	ÖVRIGA KOSTNADER	38
6.5	TOTALA HANTERINGSKOSTNADER	40
7	LÖNSAMHETSBEDÖMNING	41
7.1	INTÄKTER	41
7.2	KOSTNADER	41
7.3	PRODUKTIONSKALKYL OCH TÄCKNINGSBIDRAG	42
8	ANALYS OCH DISKUSSION.....	43
8.1	EKONOMI OCH PRODUKTIONSKOSTNADER	43
8.2	RENING AV HAVET	43
8.3	AFFÄRSUTVECKLING OCH IMPLEMENTERING	43
8.4	SLUTSATSER	44
9	REFERENSLISTA.....	45

1 Sammanfattning

Odling av sjöpungar (ascidier) är en relativt ny metod för vattenrening, näringscirkulation och energiproduktion. Metoden är fortfarande under utveckling, men fördelarna är många jämfört med landbaserad odling, där konkurrensen med livsmedelsproduktionen är ett faktum samtidigt som läckage av växtnäringsämnen ökar, istället för att recirkuleras.

Det pågår försök i Bohuslän med odling, skörd och rötning av ascidier och i detta projekt har produktionssystemet utvärderats ur ett ekonomiskt och biologiskt perspektiv, utifrån skånska förhållanden och med de tidigare studierna och försöken som underlag.

Generellt gäller att *ascidier* tillväxer bäst i strömmande näringsrika havsvatten. Djupkraven är modesta och *C. intestinalis* växer bra redan från 1 meters djup på odlingar. I naturen finns de i rika bestånd på mellan 10 och 25 meters djup. Kraven på salthalt anges i litteraturen till 10 ‰. Några fysiska skydd eller liknande behövs inte utifrån ascidierna behov, men exponerade odlingar ställer stora krav på odlingens utformning för att klara fysiska påfrestningar. Utifrån vår bedömning av odlingsförutsättningar vid Skånes kust har framför allt två platser pekats ut; Skälderviken och havsområdet strax söder om Höganäs. På både dessa platser finns det goda naturliga förutsättningar för odling av ascidier utifrån parametrarna; djup, salthalt, strömmar och förekomst.

Logistikkedjan och hanteringskostnaderna för momenten; odling, skörd, transport, rötning och distribution av rötrest har beskrivits och beräknats och en produktionskalkyl har tagits fram för tre olika scenarier; 500, 5000 och 10 000 ton torrsbstans (TS) per år. Utgångspunkten har varit att integrera och samröta ascidierna tillsammans med andra substrat i befintliga biogasanläggningar (BGA) och därför har vi inte räknat med någon investering i BGA (kapitalkostnad) i kalkylen. Intäkterna i kalkylen består av biogasen (metan) som produceras och den rötrest som bildas, vilken innehåller stora mängder kväve och andra växtnäringsämnen. Avyttringspriset på gasen har satts till 6,89 kr/kWh och priset för rötresten 10 kr per ton våtvikt (250 kr/ton TS). Biogasutbytet från ascidier har uppmätts till cirka 150 Nm³ CH₄ per ton TS (~1 500 kWh/ton TS).

Alla tre scenarier visar på ett negativt resultat för hela hanteringskedjan, men själva produktionskostnaden (odling, skörd) hamnar på 300-400 kr/MWh för scenario 3 (10 000 ton TS/år), vilket är något under produktionskostnaden för landbaserade energigrödor som vall och majs. Undersökningen har även visat att det finns stora skalfördelar. Hela produktions- och hanteringskostnaden inklusive rötning och distribution ligger på cirka 1 600 kronor för scenario 3 (10 000 ton TS/år), vilket är likvärdigt med produktion av energigrödor. I Danmark anläggs nu många biogasanläggningar, vilket bland annat beror på de ekonomiska styrmedel som införts och en möjlighet är att exportera substrat (ascidierna) dit strax under energigrödornas prisnivå. Enligt Naturvårdsverket kan det även bli aktuellt med handel av utsläppsrätter för kväve. Skulle man värdera och prissätta kväveupptaget (50 kr/kg) skulle resultatet bli mycket positivt.

2 Inledning

Behovet av biomassa ökar i samband med att produktionen av biogas ökar. Det råder redan konkurrens på området där biomassa som anses som särskilt bra är eftertraktad bland de större biogasproducenterna i Skåne. Exempelvis planeras en ny anläggning i Malmö (Sysav) samtidigt som det matavfall som nu genereras i Sysavs uppsamlingsområde körs till Kristianstad. På sikt innebär det att biogasanläggningen i Kristianstad (Karpalund) kommer att få mindre mängder substrat, som måste kompenseras med andra substrat för att upprätthålla biogasproduktionen. Detta exempel visar på att det krävs andra substrat för att tillgodose marknaden och uppfylla Region Skånes mål om en fossilfri region, 2020¹. Genom att nyttja andra organiska substrat som i dagsläget inte används för biogasproduktion skulle biogaspotentialen öka samtidigt som andra fördelar kan uppnås. I denna studie ska odling och produktion av biogas från ascidier (sjöpungrar) utvärderas ur ett ekonomiskt och biologiskt perspektiv utifrån skånska förutsättningar.

Ascidierna renar havet från växtnäringsämnen samtidigt som biomassatillväxten är hög (Norén m.fl 2012). Genom att sjöpungrarna bärgas eller skördas nås därför miljömålen; Hav i balans och Begränsad klimatpåverkan (framförallt om pungrarna rötas för fordonsgasproduktion). En annan fördel med havsbaserad biomassaproduktion är att den inte konkurrerar med den reguljära livsmedelsproduktionen. Enligt den nya CAP-reformen (Common Agricultural Policy) i EU kommer också begränsningar att införas gällande andelen energigrödor som får omvandlas till drivmedel². Förslaget är att endast 6 % av den totala drivmedelskonsumtionen i EU får härröra ifrån energigrödor till och med 2020, vilket ytterligare aktualiserar frågan om nya substrat som är fränkopplat livsmedelssektorn.

2.1 Bakgrund

Musselodling sker redan i stor skala för livsmedelsproduktion. På försök har musslor även odlats för vattenrening, näringscirkulation och energiproduktion (biogas) med blandade resultat. På västkusten har det visat sig vara en möjlig väg framåt (Petersen och Loo 2004) men på Östkusten blir odlingskostnaderna för höga (Lindahl 2012).

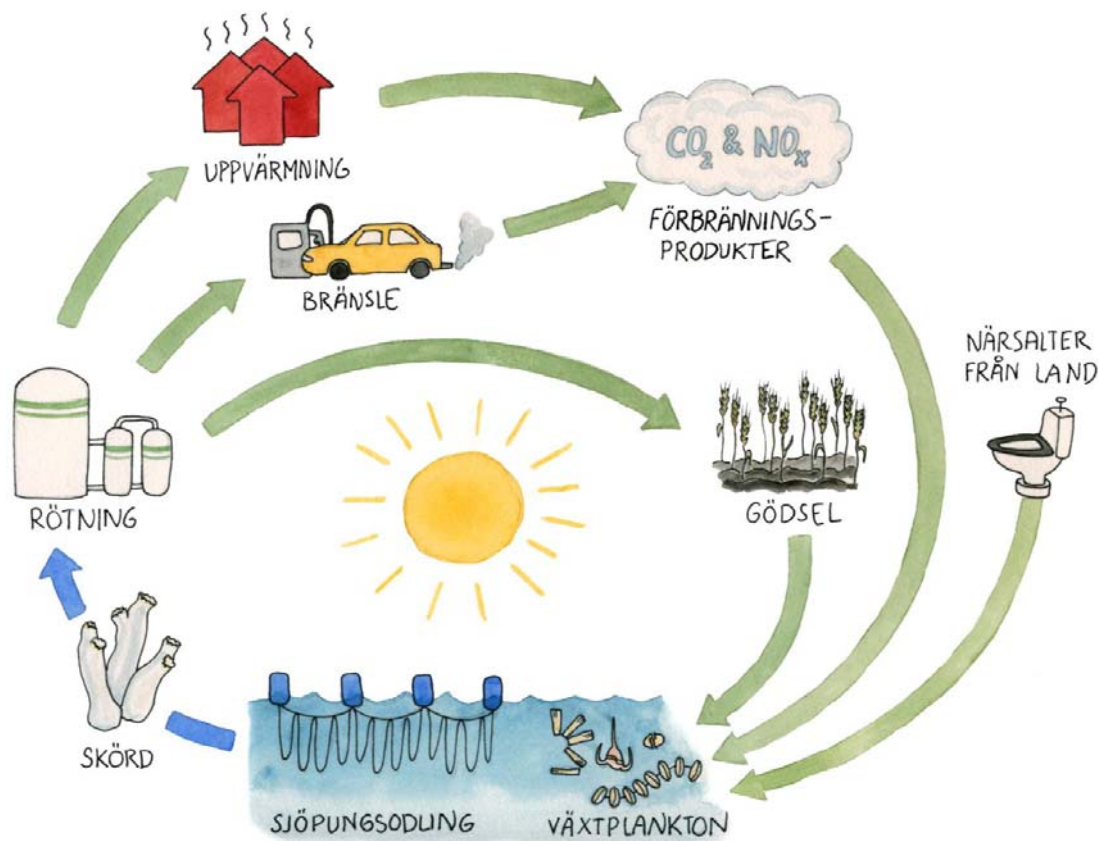
Försök har visat sig att odling av ascidier har en högre produktion per area och år än blåmusselodling, mätt som ton kol, och därför lämpar sig ascidier bättre som system för upptag och återföring av växtnäringsämnen till land (Norén, 2012). Marin Biogas har funnits sedan 2009 då konceptet utvecklades för konkreta substratbehov från biogasindustrin i mellersta Bohuslän. Konceptet har verifierats i flera steg där fokus först låg på skattningar av biomassan i odlingar samt biogasutbytet. Dessa undersökningar har senare även inkluderat ekologiska effekter av odlingarna samt rötade ascidiers potential som biogödsel, men det behövs fler utvärderingar för att metodiken ska kunna implementeras i större skala (Norén m.fl 2012).

Produktion av ascidier sker genom att tillämpa samma odlingsteknik som inom musselodling. Ascidierna, eller substratet, skördas till havs och transporteras sedan till en konventionell rötningsanläggning. I rötningsanläggningen genereras biogas som kan uppgraderas till fordonsgas³, användas för energigenerering eller utgöra förnyelsebar råvara för kemiprodukter. Rötresten som bildas innehåller växtnäringsämnen som i sin tur återförs till jordbruket. Nettoeffekten av detta är att havet renas på näringsämnen (främst kväve och fosfor) som återförs till jordbruket, se figur 1.

¹ http://www.skane.se/sv/Webbplatser/Regionservice-samlingsnod/Regionservice/Aktuellt_/Region-Skane-blir-fossilfri-ar-2020/

² <http://fuelsandlubes.com/flw/european-parliament-votes-to-cap-biofuel-production-from-food-and-energy-crops/>

³ Biogas är det renaste bränslet i förhållande till övriga alternativ på marknaden. En vanlig miljöbil får högst släppa ut 120 gram koldioxid per kilometer. Kör du på ren biogas släpper du bara ut mellan 8 till 15 gram.



Figur 1. Visar hur odling av ascidier skulle kunna generera flera synergier i form av energi och näringsåterföring.

I nuläget har de fundamentala tekniska och biologiska förutsättningarna för systemet utretts, finansierat av bland annat Havsmiljöanslag och KASK (Norén, 2012; Stenberg, 2012). Verifiering av odlingspotential, kväve- och fosforupptag, biogasproduktion och praktisk rötning i stor skala har visat att det finns förutsättningar för att skapa ett hållbart system med ascidieodling som bas.

Nästa steg är att utvärdera odlings- och rötningssystemet med avseende på ekonomi. Dessa data krävs för att gå vidare till nästa steg, som mer handlar om att verifiera hela systemet under en längre tid med mer storskalig odling för att praktiskt demonstrera hur odling, bärning och logistik kan implementeras under mer industriella förhållanden.

2.2 Syfte

I föreliggande projekt ska odling av ascidier utvärderas ur ett ekonomiskt och biologiskt perspektiv utifrån skånska förutsättningar och med de tidigare studierna och försöken som underlag. Hur ser odlingsförutsättningarna ut på ett generellt plan och i Skåne, hur ser logistikkedjan ut (från odling till spridning på åkrarna), hur stor är biomassatillväxten och gaspotentialen, vad kostar hanteringen och produktionen och hur ser intäkterna ut från detta produktionssystem är några av de frågor som ska besvaras i studien.

2.3 Avgränsningar och metodik

Detta är en teoretisk utvärdering av konceptet och bygger på de försök som genomförts av Marin Biogas AB. Utredningen ska besvara frågan huruvida detta koncept kan implementeras i Skåne och hur de ekonomiska förutsättningarna för odling i regionen ser ut.

Studien är uppdelad i sex (6) moment:

- 1 Tidigare studier samt odlingsförutsättningar och odlingskrav för ascidier
- 2 Odlingförutsättningar i Skåne (hydrografisk och biologisk)
- 3 Beskrivning av logistikkedjan, teknik och kapacitet
- 4 Hanteringskostnader
- 5 Produktionskalkyl och täckningsbidrag
- 6 Diskussion och slutsatser

2.3.1 Förutsättningar för de ekonomiska beräkningarna

Den ekonomiska utvärderingen utgår ifrån att ascidierna rötas i en eller flera befintliga biogasanläggningar, som lider av substratbrist, som ett komplement. Det innebär att kapitalkostnader för investering i en biogasanläggning inte finns med i studien utan bara de ökade drift- och underhållskostnaderna. Beräkningarna utgår ifrån en tänkt plats vid Skånes västkust.

Kalkylerna baseras på tekniska lösningar anpassade efter odling, skörd, transport, förbehandling, rötning och gasanvändning.

Vi har utgått från bedömda investeringsnivåer för odlingssystemets olika huvudkomponenter baserat på diskussioner med olika leverantörer av tekniska lösningar för hanteringskedjan där vi varit delaktiga som konsult eller samverkat med entreprenör. Drift- och underhållskostnader är baserade på erfarenhetsvärden från befintliga anläggningar där Grontmij varit delaktiga i.

Beräkningarna bygger på att det producerade substratet ska integreras i befintliga biogasproduktionsanläggningar, som ett komplement. Det innebär att kostnader för investering (kapitalkostnader) i princip inte påverkar kalkylerna.

Ett bedömt fordonsgaspris ligger mellan 6-7 kr/Nm³. Biogas beskattas som naturgas och skattereduktionen är för 2012; 1,624 kr/Nm³. Hanteringskostnaderna beskrivs i kr per ton våtvikt (15 % TS). Lönsamhetsberäkningarna beskrivs i kronor per kilowattimme (kr/kWh).

Övriga antaganden som används i kalkylerna:

Ränta: 5 % inkl avkastning

Internränta: 5 %

Avskrivningstid: 15 år i genomsnitt

Annuitet: 0,0963

Komprimerad fordonsgas till tankstation: 6,89 kr/Nm³

Värmekostnad: 0,5 kr/kWh

Elkostnad: 0,6 kr/kWh

3 Allmänt om ascidier - odling och rötning

3.1 *Ciona intestinalis* - tarmsjöpungar

År 1767 beskrev Carl von Linné arten som *Ascidia intestinalis*, där släktesnamnet visar att den tillhör djurgruppen ascidier och artnamnet *intestinalis* att den är tarmliknande. Numera är artens vetenskapliga namn *Ciona intestinalis* och det svenska namnet för organismen är tarmsjöpungar.

Arten tillhör djurgruppen urochordata (manteldjur på svenska) vilken har både solitära och kolonibildande arter. Larverna hos urochordaterna har alla karaktärerna som ryggradsdjurens har och främst då förekomst av en ryggräng. Men ryggrängen tillbakabildas när larverna bottenfaller och utvecklas till vuxna individer. Lite förenklat kan man säga att ryggrängen behövs när larverna gör aktiva val kring var den skall sätta sig och bearbeta intryck för detta – men efter bottenfällningen behöver den inte "tänka" mer utan bara filtrera vatten och föröka sig. Som vuxen förvandlas alltså djuret till ett ryggradslöst djur.

Arten är mycket välstuderad utifrån ett embryologiskt och fysiologiskt perspektiv då arten kan anses vara ryggradsdjurens äldsta släkting och har varit modelldjur för att studera embryologi och andra fysiologiska processer som är generella även för oss människor. Just embryologisk forskning på ascidieägg genomfördes mycket på Kristinebergs Marina Forskningsstation runt förra sekelskiftet. En mycket läsvärd artikel om *Ciona* ekologi är (Carver et al., 2006) där kunskap från ett stort antal ekologiska undersökningar har sammanställts.



Figur 2 En tät koloni av *Ciona intestinalis* på en bryggkätting

Livscykeln hos *C. intestinalis* karakteriseras av en snabb tillväxt (~20 mm/månad), tidig könsmognad (8-10 veckor) samt en hög reproduktion (>10 000 ägg/individ).

Antalet ägg som produceras varje dag har uppmätts från 500 per dygn (C. E. Carver, Chisholm, and Mallet 2003) till 2 000-3 000 ägg var 2-3 dag (Yamaguchi 1975). Könprodukter produceras från det att

vattentemperaturen överstiger 8°C. Det senare är en generalisering då vi har noterat nya individer i akvarier med havsvatten hela året runt, om än i mindre utsträckning under vintern. Arten är hermafrodit men undviker självbefruktning genom att delvis producera ägg och spermier vid olika tidpunkter samt att ägg och spermier från en individ inte anses kunna befrukta varandra. Äggen befruktas i vattnet utanför djuret och larven blir fort fullt utvecklad. Man har visat att ljuset är viktigt för att styra leken och att leken mestadels sker i gryningen, dvs i skiftet mellan en mörk och en ljus period (Lambert and Brandt 1967; Whittingham 1967)

Äggen släpps antingen enskilda eller i slemsträngar, det senare antas fylla funktionen att hindra långväga transport och gynna bildandet av lokala kolonier där platsen är gynnsam (Petersen and Svane 1995). Äggen släpps delvis i strängar vilka sjunker i havsvatten och fäster sig vid ytor. Äggen kan leva i upp till 30 timmar.

Spermierna kan leva i upp till 16 timmar men livslängden (fortplantningsdugligheten/viabiliteten) kortas till 5 timmar när det finns ägg närvarande. De sparar alltså på sina resurser när det inte finns lämpliga ägg i närheten. Förkortningen i livslängd motsvaras också av en ökad aktivitet. *C. intestinalis* är kolonibildande på så sätt att den ofta växer i täta bestånd där inga andra fastsittande arter får plats. Dessa täta bestånd uppstår p.g.a. larvernas förmåga att hålla sig kvar på samma ställe och att de väljer att bottenfälla intill vuxna individer (Havenhand and Svane 1991). Som ett exempel på detta är att unga individer till och med kan ses sätta sig på individer av föräldragenerationen. *C. intestinalis* förekommer naturligt från någon meters djup ned till flera hundra meters djup. I svenska vatten produceras två omgångar larver i ytvattnet (0-20 m) men endast en gång per år på djupare vatten. Även livslängden beror på vattentemperaturen så att *C. intestinalis* i ytvatten endast lever i cirka 1 år medan de kan bli minst 2 åriga på djupare vatten (Dybern 1965).

Ciona intestinalis är en generalist vad gäller krav på temperatur och salinitet. De har rapporterats förekomma i vatten med salinitet från 12-40 promille samt inom temperaturspannet -1° till +30°. Dock är extrema temperaturer stressande för djuren och de överlever därför endast kortare perioder. De förekommer längs hela svenska västkusten och det mest sydliga fyndet är rapporterat från Kullaberg i nordvästra Skåne. Från Kungsbacka och norrut är den rapporterad som vanlig. Den verkar föredra lokaler med måttligt strömmande vatten. De är vanliga på lodräta klippor i Bohuslän på 15-25 meters djup samt på bryggpålar och kättingar.

C. intestinalis räknas som inhemsk i nordeuropeiska vatten och Linné beskrev den som vanlig i våra vatten på 1700 talet. I övriga världen har den rapporterats som introducerad, via skeppstrafik, och finns nu i Afrika, Australien, Nya Zeeland, Kina samt både Nord- och Sydamerika. Kort sagt har den spridit sig kraftigt och orsakar stora ekonomiska kostnader, främst för skeppsfart och akvakultur (C. Carver, Mallet, and Vercaemer 2006).

3.2 Odlingsförutsättningar och krav

Generellt gäller att *Ciona* tillväxer bäst i strömmande näringsrika havsvatten, även om bra tillväxt har uppmätts i mer stillastående vatten. Då vuxna individer av *C. intestinalis* har rapporterats vid Kullaberg, men inte söder därom, kan vi anta att det är den sydliga utbredningsgränsen på Svenska västkusten. Djupkraven är modesta och *C. intestinalis* växer bra redan från 1 meters djup i odlingar. I naturen finns de i rika bestånd på mellan 10 och 25 meters djup vilket ungefär stämmer överens med djupet av det planktonrika ytvattnet. Odlingsmöjligheten vad avser djup sträcker sig då mellan 1 och 20 meter.

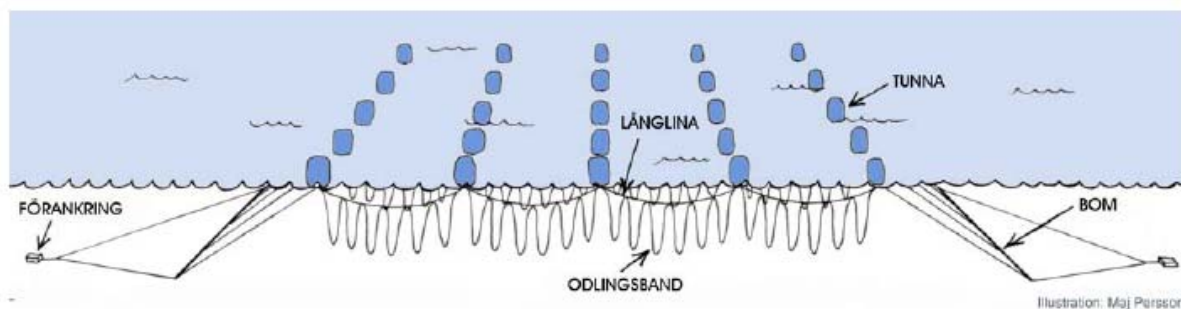
Strömmande vatten är en förutsättning för att föra in planktonrikt vatten i odlingen och man kan anta att det finns ett samband mellan strömshastighet, planktonmängder och tillväxt. Alla svenska mätningar i gjorda i relativt lugna och skyddade vatten med svaga strömmar då det är sådana platser som musselodlare väljer för sina anläggningar. I Norge rapporteras tio gånger så höga biomassor i testodlingar av *Ciona* som i Sverige! (Cristoffer Troedsson pers com) Detta kan, om siffrorna även stämmer i större odlingar, förklaras av högre strömshastighet i de norska odlingarna.

I Sverige har vi inte starka tidvattenströmmar vilket hade kunna förhindra en odling. I litteraturen nämns att ascidielarver inte bottenfaller vid strömhastigheter över 3 knop. Djupavståndet mellan odling och botten är inte så viktigt utifrån tillväxt av *C. intestinalis*. Det är dock viktigt för att inte påverka bottenmiljön negativt. Om avståndet är kort mellan odling och botten blir mängderna fekalier större än vad botten klarar av att bryta ned vilket leder till syrebrist och minskad fauna på botten. Detta motverkas av ökad strömhastighet eller större avstånd till botten.

Kraven på salthalt anges i litteraturen till 10 ‰ men *Ciona* klarar kortare perioder av sötare vatten. Då vattentemperaturen kan anses vara liknande i norra som södra delarna av svenska västkusten finns det ingen anledning att tro att den låga temperaturen hindrar tillväxten. Några fysiska skydd eller liknande behövs inte utifrån ascidiernas behov men exponerade odlingar ställer stora krav på odlingens utformning för att klara fysiska påfrestningar.

3.3 Odlingsteknik

Odling av ascidier har hittills skett med sedvanlig teknik för musselodling, dvs long-line tekniken som beskrivs i bild 1. Tekniken har använts sedan 70-talet av svenska odlare med gott resultat och hög produktionssäkerhet och den består i korthet av polypropylenband (5 cm bredd) som hänger under bärlinor vilka hålls uppe av vattentäta tunnor. Odlingens banden går ned till 5 eller sju meters djup och total längd på en odling (15 * 200 meter) är ~24.000 meter. Hela anordningen hålls på plats av ankare på kortsidorna.



Figur 3 Odlingssystem för blåmusslor enligt long-line metoden (källa: Musselodling, 2004).

Tekniken beskrivs i flera källor och utrustningen går att köpa från svenska grossister.

Dock kan man tänka sig en odlingsteknik som är särskilt anpassad till odling av *Ciona intestinalis*. Dagens metod är utvecklad för att maximera upptaget per tid och minimera arbetsinsatsen, detta då skördekostnaden är den enskild största utgiften i konceptet marin biogas. Vid blåmusselskörd måste skördaren vara försiktig för att inte krossa skalerna och på så sätt bli av med den säljbara produkten, uppskattningsvis kan ~20 % av en blåmusselskörd förloras i hanteringen. För ascidier gäller inte detta då produkten är helt utan skal och skall mixas direkt efter skörd för snabb avlivning av djuren.

En norsk metod (Smartfarm) använder långa polypropylenrör istället för tunnor samt ett nät som odlingsyta. Detta har några viktiga fördelar då denna struktur inte syns lika mycket på havet samt tål vågor bättre. Vidare orsakar inte lossnade tunnor samma nedskräpningsproblem som vid traditionell odling.

En möjlighet är att samodla ascidierna med alger (tång) i samma system, Detta är en mycket bra lösning av tre skäl: 1. Ascidierna utsöndrar lättillgängligt ammonium (ungefär som vår urin) vilket gödslar algerna och är det bästa sättet att uppnå maximal tillväxthastighet 2. Band med algbevuxna linor fungerar som vägar in i ascidieodlingen för planktonrikt vatten – om vi har för mycket ascidier på samma ställe åter de upp all föda ur vattnet som passerar 3. Ascidiernas filtrering gör att siktdjupet ökar i vattnet och att algerna på så sätt får mer solljus. I denna rapport diskuterar vi inte denna möjlighet mer ingående då sådana tester eller samodling inte har skett i större skala. Dock är det en mycket attraktiv väg att gå för att få ännu mer energismarta lösningar.

3.3.1 Utsättning och skörd

Det är av yttersta vikt för projektet att odlingsbanden blir bevuxna av just *Ciona intestinalis* och i sådana tätheter att en hög produktionssäkerhet kan nås. Utsättning av riggarna sker under våren och några veckor innan ascidierna kan antas leka vilket sker vid en vattentemperatur av $\sim 9^\circ$. Anledningen till att utsättningen sker några veckor innan är att banden då hinner få en biofilm av mikroorganismer på sig vilket underlättar larvsettligen (när larverna sätter sig på banden). Marin biogas-systemet har två principiella sätt att erhalla ascidier (*Ciona intestinalis*) på odlingsbanden. Den första metoden är en passiv metod där sjöpunslarver från närliggande kolonier sätter sig på rena band och fyller dessa. Sådana närliggande kolonier kan vara redan bevuxna band som har lämnats kvar från föregående skörd på samma sätt som fröplantor används i skogsbruket. Den andra metoden är en mer teknisk lösning där odlingsbanden förkultiveras i bassänger tillsammans med lekande vuxna individer. Metoden baseras på att *Ciona intestinalis* lekmognad och larvsläpp är mycket väl styrt av förändring i vattentemperatur samt att larver sätter sig mycket snabbt efter larvsläppandet.

Av de två ovan nämnda metoderna för att säkerställa att larver av *Ciona* sätter sig på banden är den första metoden (naturlig settling) den billigaste och enklaste men kräver redan befintliga bestånd medan den senare metoden är säkrare men har en inbyggd kostnad och är inte tekniskt verifierad i dagsläget. I ett pilotförsök skall båda metoderna (samt en kombination av de båda) testas och utvärderas.

Arean per odlingsrigg uppgår till $\sim 3000 \text{ m}^2$ ($15 \times 200 \text{ m}$). Riggarna skall placeras med ett mindre avstånd mellan varje rigg för passage av skördebåt samt planktonrikt vatten in till riggarnas centrala delar.

Angående skörd gäller att ha i åtanke att *Ciona intestinalis* är 1-årig i svenska ytvatten (< 25 meter). Majoriteten av individerna kommer från larvsläppet av nästan 1-åriga individer i april-juni. Därefter kommer en andra omgång larver i augusti då individerna som släpptes under våren blir könsmogen vid en längd av $\sim 7 \text{ cm}$ och vattentemperaturen fortfarande är hög. Detta sker dock inte för hela beståndet utan endast en del. Under hösten och våren sker en tillväxt av *Ciona* och en liten larvspridning sker kontinuerligt under denna tid.

Den första skörden kan starta i augusti. Då har *Ciona* vuxit till 6-8 cm längd och 30 % av banden kan skördas. I augusti släpper de sin andra omgång larver vilka då har rena band att settla på. I november har biomassan vuxit till och 30 % av biomassan kan skördas och den spridda larverna har rena bandytor att slå sig ned på. Årets största skörd sker i mars-april där ~ 80 % av biomassan skördas. De kvarlämnade 20 % ascidier fungerar som larvspridare för de rena banden. Årscykelns sista skörd är skörden av de kvarlämnade sista 20 % vilket kan ske efter att en god larvspridning har uppmätts. Totalt skördas sålunda 160 %. Skördecykeln kommer kontinuerligt att modifieras för produktionsmaximering efter odlingsstart med ett mål på 250 % årsproduktion.

Riskbegränsning för produktionsbortfall kan ske genom att odla 10 % extra.

3.4 Pågående odlingar och skördeförsök

Skördar har genomförts både i odlingar utanför Lysekil samt Ljungskile. Filmer från skördar kan ses på www.marinbiogas.se

2011-04-11 Trälebergskile, Lysekil, Orust Shellfish. Odlingsbanden var av typen Xmas Tree rope (Donaghys) se Fig 2. Det var mindre *Ciona* högst upp på banden (0-0,5 meters banddjup och på bärlinan). Biomassan i odlingen mättes för att ge underlag till undersökningar av miljöeffekter på botten, totalt innehöll odlingen 65 ton ascidier. Detta redovisas i stycke X. Totalt skördades 2960 kg vilket vägdes vid lastning i land.

2011-06-28. Ulvön, Ljungskile, Scanfjord. Små blåmusslor dominerade 100 % den översta delen av banden (1-1,5 m) och därunder 100 % *Ciona*. Odlingsbanden var vita, 5 cm polypropylenband.

2011-08-17 samt **2011-08-18** Ulvön, Ljungskile. Scanfjord. Skörd under två dagar (2 m^3 samt 8 m^3). De skördade ascidierna mixades med en kraftigare kvarn för hushållsavfall. En slamsugningsbil hämtade biomassan båda dagarna och körde den sammanlagda biomassan (10 m^3) till rötningskammaren i

Lysekil (en del av Reningsverket i Långevik vilket ägs av LEVA i Lysekils kommun). De ascidier vilka settlade i juni var nu skördeklara. Skördeeffektiviteten i augusti var dock mycket låg – en stor del av ascidierna lossnade och föll tillbaka i havet. 13 ton ascidier skördas under två dagar och lasten innebar 25 % av Långeviks hydrauliska belastning under ett dygn. Bibehållen gasproduktion uppmättes.



Figur 4 Nyskördade *Ciona intestinalis* i s.k. big-bag

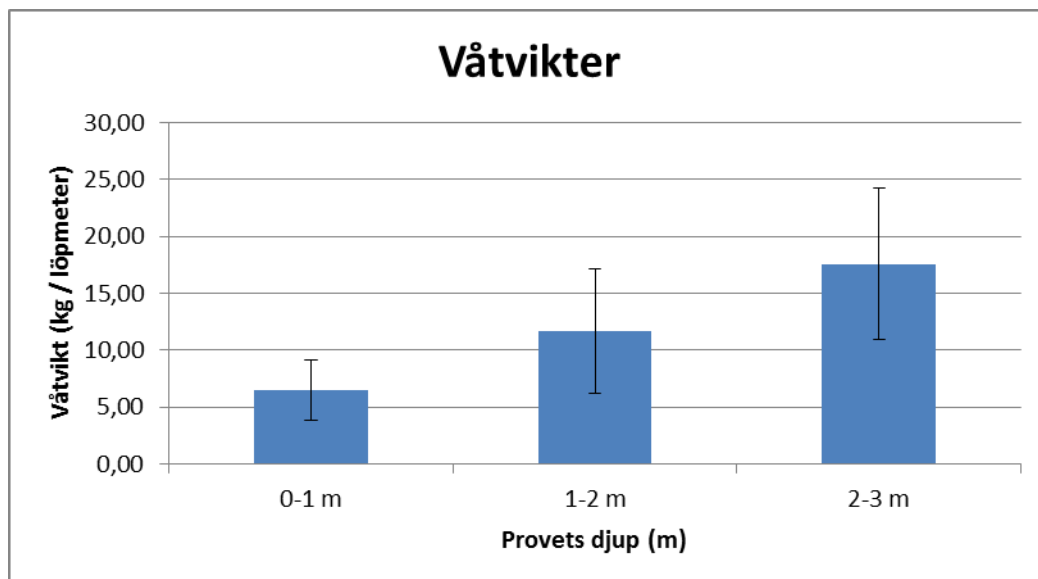
2012-03-15. Trälebergskile, Lysekil, Orust Shellfish. Ascidier skördades inför testerna av gödselkvalitet. Totalt skördades 1 ton. Ascidierna mixades direkt efter skörd och avvattnades i big-bags (nätkassar använda för att lagra t. ex. ved). Substratet rötades och användes i gödseltester.

3.5 Biomassaproduktion

Produktionen av ascidier per år kan beräknas utifrån verifierade uppmätningar av biomassor, se nedan, och utifrån dessa data kan vissa antagande göras utifrån uppskalning vilket ger en maximal produktion. En sådan produktion skall ses som ett realistiskt och nåbart mål genom teknikutveckling och pilotodlingar inom en 7 årsperiod. Även en teoretisk produktionskapacitet kan räknas ut som en grov kontroll att mängden kol i vattnet räcker till för tillväxten av *Ciona* biomassa.

3.5.1 Uppmätt produktion

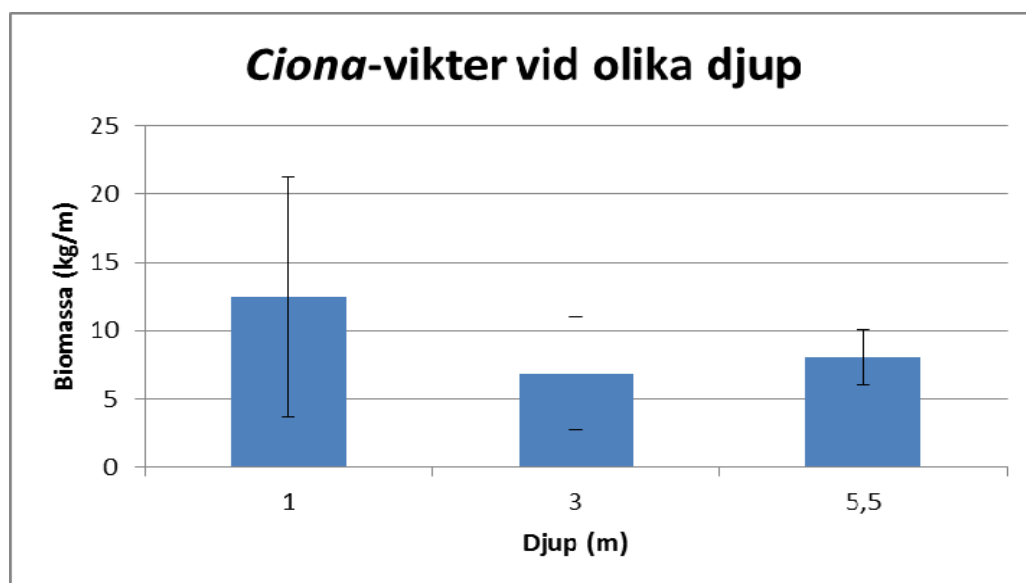
Biomassa av *Ciona intestinalis* mättes i Lysekilsodlingen 2011-04-09, se **Fel! Hittar inte referensskälla..** Baserat på totala bandlängden och medelvärdet för de tre djupen (6,5 kg/m (0-1m), 11,7 kg/m (1-2m) resp 17,6 kg/m (2-3 m)) samt att det på två bärlinor av tre endast fanns biomassa på 2/3 av linorna (de södra delarna var tomma på *Ciona*) kunde den totala biomassan i odlingen räknas ut till 65 ton våtvikt. Arean under odlingen var 2740 m² (mättes i Google Earth baserat på uppmätta hörnpositioner) vilket ger en täthet av biomassan på 24 kg/m². Ingen skillnad i torrvikter uppmättes på de olika djupen och medelvärdet var 5,1±0,3 % TS (n=8).



Figur 5: Våtvikter för odlingen i Trälebergskile, Lysekil, baserat på djupet i odlingen (n=10 för alla djup)

Uppskattad bandlängd i odlingen var ~10.000 löpmeter där banden gick från 0,5 meter till 5 meters djup på 4 bärlinor med 200 meters längd. Odlingen var av klassiskt västsvensk long-line typ. Banden var ej bevuxna med *C. intestinalis* den översta metern, i övrigt var tätheten av *Ciona intestinalis* 6,6 kg våtvikt/meter band (n=10, Stdav.=4,3).

Odlingen i Ljungskile uppmättes till biomassa i maj 2011. Odlingen var till 95 % täckt med *Ciona intestinalis*, resterande 5 % bestod av blåmusslor och alger. Biomassan av *C. intestinalis* mättes på 36 punkter i odlingen uppdelat på 3 djup, se Figur 6. Baserat på uppmätta vikter och bandlängd på 48 km innehöll odlingen 437 ton *C. intestinalis*. Banden gick ned till ett djup av 5,5 meter under bärlinorna (som såg på ~0,5 meters djup)



Figur 6 Våtvikter för odlingen i Ljungskile baserat på djupet i odlingen (n=12 för alla djup)

3.5.2 Maximal produktion

Baserat på vetenskaplig litteratur och egna undersökningar av förekomsten av *Ciona intestinalis* på svenska västkusten vet vi att de förekommer rikligt ned till ~25 meter vilket motsvarar djupet av det språngskikt där växtplanktonrikt ytvatten skiljs från mer planktonfattigt djupvatten. Det ger oss en möjlighet att ha odlingsband som är 20 meter djupa utan minskad produktion. Denna ökning i banddjup från 5 meter till 20 meter tillåter en fyrubbling av bandlängden till en total längd av 96 km.

Har vi kvar den initiala uppskattningen av en årsproduktionen på 160 % av en enda skörd av fullvuxna individer får vi sålunda en total maximal produktion av 8.640 ton våtvikt per hektar och år. Se Tabell 2.

Tabell 1 Sammanställning av uppmätt och potentiell produktion

Uppmätt årsproduktion på 24 km band	450	ton
Fyrubblad bandlängd (från 5 till 20 meter)	1 800	ton
Utökade skördetillfällena (160 %)	2 880	ton
Angivet som våtvikt per hektar (3 riggar per hektar)	8 640	ton
Angivet som torrsvikt (TS =5%)	432	ton
Angivet som mängd rötbart kol (50 % av TS)	216	ton
Potentiell biogasproduktion (verifierat till 300 Nm ³ / ton kol)	64 800	Nm ³
Angivet som bensinekvivalenter (1 Nm ³ = 1 liter bensin)	64 800	liter bensin

Olika skördescenario kan uppställas baserat på Dålig skörd (5kg/lm). Normal skörd (15 kg/lm) samt Bra skörd 25 kg/lm. Dessa scenarier får sedan verifieras under pilotodlingarna.

Vidare har produktionsdata från ett liknande projekt vid Universitetet i Bergen, Norge, visat på 10 gånger högre biomasseproduktion per m² odlingsyta. Deras resultat baseras på odling på mindre testytor, men forskarna hävdar att det är realistiska och upprepningsbara värden i mer strömmande vatten i norska fjordar. Vi har dock inte räknat in deras resultat i våra beräkningar då det inte är oberoende verifierat - men givetvis skulle det öka produktionen i Marin Biogas systemet i stor grad.

3.5.3 Teoretisk produktionspotential

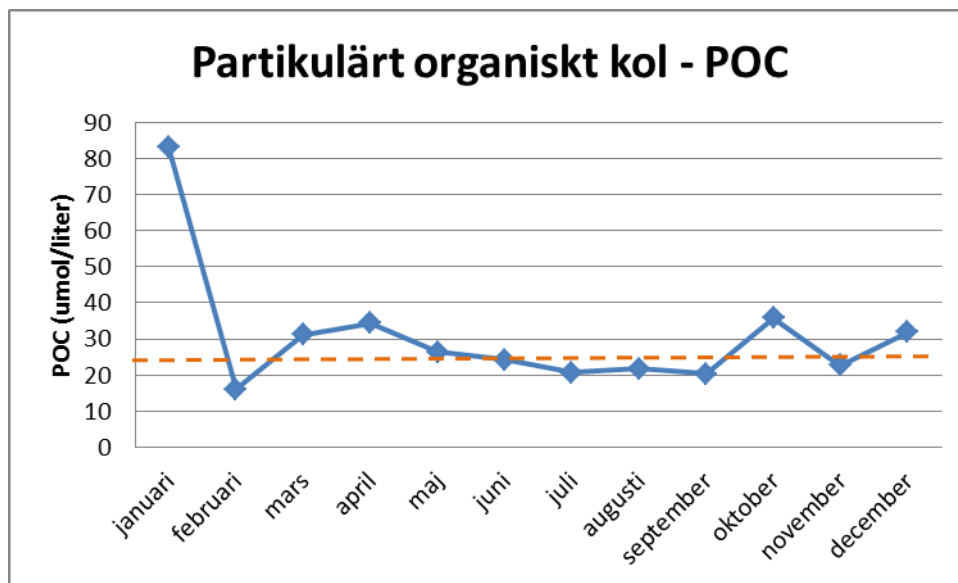
En teoretisk produktionspotential kan beräknas utifrån förbipasserande kolmängd. En sådan största möjliga biomasseproduktion. är summan av både den autotrofa samt heterotrofa produktionen i havet, dvs både den planktontillväxt som sker av fotosyntes (autotrof) samt den planktontillväxt som sker genom att utnyttja löst eller partikulärt kol (heterotrof). Då filtrerande djur som ascidier filtrerar och utnyttjar alla kolinnehållande plankton och bakterier är det viktigt att inkludera den heterotrofa produktionen.

- Mängden partikulärt kol hämtades från SHARK-databasen för Laholmsbukten (med motiveringen att den lokalen har störst likhet med Skälderviken). Ett medelvärde för åren 2009-2012 räknades ut till 25 µmol organiskt kol/liter, detta motsvarar 0,3 g organiskt kol/m³ vilket är den maximala mängd föda som ascidierna kan filtrera och omvandla till vävnad.
- Filtreringshastigheten anges som ett *Population specific filtration rate* (F_{pop}) och litteratordata från Danska fjordar anger ett F_{pop} på 6*10⁻⁵ m³*m⁻²*s⁻¹ ⁴
- Strömshastigheten hämtades från mätningar i Skälderviken av Nordvästskånes kustvattenkommitté. Strömmen varierade mellan 0,05 – 0,3 m*s⁻¹ vilket ger en medelström på 0,17 m^{-s}.

⁴ Riisgård, Hans Ulrik, Carsten Jürgensen, and Torben Clausen. 1996. "Filter-feeding Ascidiarians (*Ciona Intestinalis*) in a Shallow Cove: Implications of Hydrodynamics for Grazing Impact." *Journal of Sea Research* 35 (4) (June): 293–300. doi:10.1016/S1385-1101(96)90756-X.

- Då odlingen skall förläggas med långsidan mot strömriktningen kan odlingens area räknas ut till 200 meters bredd (vilket vi i vanliga sammanhang kallar odlingens längd) och 20 meters djup _ area = 4000 m².
- Angivet odlingens sidoarea samt strömshastighet kan vattenflödet igenom odlingen räknas ut till 68 m³*s⁻¹
- Givet F_{pop} samt en area av odlingsbanden på 4800 m² (48000 löpmeter och 5 cm bandbredd) kan maximal filtrering uppskattas till 0,3 m³*s⁻¹
- ➔ En normalodling filtrerar ~230 gånger mindre vatten än vad som i medeltal passerar odlingen
- ➔ En maximerad odling (fyrdubbel bandlängd) filtrerar ~60 gånger mindre
- ➔ Kolmängden i det förbipasserande vattnet uppgår till 643 ton kol / år per odlingsrigg vilket är 3 gånger mer än vår beräknade maximala produktion av kol från ascidierna.

Sammanfattningsvis kommer det, rent teoretiskt, inte bli en brist på planktonföda i ett stort odlingssystem lokaliserat i Skälderviken och vi utnyttjar 1/3 av den maximala kolproduktionen i havet.



Figur 7 Mängd tillgängligt kol som föda för ascidier. Data är medelvärde för yttre Laholmsbukten för åren 2009 - 2012.

3.6 Kväveupptag

Halterna av kväve i skördad biomassa är mellan 5 och 7 % (av torrsubstansen) i undersökningarna. För en sammanställning av uppmätta kvävehalter se Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av kväveundersökningar av *Ciona intestinalis*. Not 1: % TS = procentuell torrsubstans av våtvikt. Not 3: VS = Volatile substans = kolhalt.

Tabell 2 Sammanställning av skördedata; Torr vikter - TS, angivet som % av totalvikt, samt kolhalten – VS (volatile substance angivet som % av totalvikt).

Laboratorium	Datum	Behandling	TS (%)	VS (%)	Kväve (Kjeldahl, % TS)	Kväve (Kjeldahl, mg/kg TS)	Totalkväve (% TS)	Fosfor (% TS)	Fosfor (mg/kg TS)
ANOX, Lund	nov-09	Färska	4,6%	2,0%					
		Gravitations avvattnade 30 min 0,3 mm							
ANOX, Lund	nov-09		6,3%	3,7%					
ANOX, Lund	nov-09	Press-avvattnade 0,3 mm	10,8%	7,4%					
BELAB	nov-11	Press-avvattnade 0,3 mm	11,6%				5,03%		
Eurofins	sep-10	Endast mixade. Avrunna 10 min	4,5%	2,3%	5,11%			0,54%	5400
Alcontrol	nov-09	Endast mixade. Avrunna 10 min	4,1%	1,5%					
N-research	apr-12	Endast mixade i skördekvamen	5,0%	2,5%					
Eurofins	apr-12	Mixade i avfallskvarn samt fick rinna av i 1 dygn (2 mm maskor)	8,0%	2,5%	6,6%	5300		0,42%	4200
Eurofins	apr-12	Mixade i avfallskvarn samt fick rinna av i 1 dygn (2 mm maskor)	8,6%	2,6%	5,5%	4700		0,45%	4500
N-research		Endast mixade. Avrunna 10 min	5,0%	2,2%					
N-research		Endast mixade. Avrunna 10 min	5,1%	2,3%					
N-research		Endast mixade. Avrunna 10 min	5,0%	2,3%					
							6,04%		
							7,47%		

Mängden kväve som tas upp kan också anges per hektar baserat på ascidievävnadernas kvävehalt. Givet en produktion på 8.640 ton vätvikt per hektar **tas 24 ton kväve per hektar och år upp** (data enligt ovan: 8.640 ton vätt * 5 % torrsvikt * 5,5 % kvävehalt i torrsvikten).

Som jämförelse åtgår då 337 hektar odlingar för att reducera hela Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan på 8100 ton kväve.

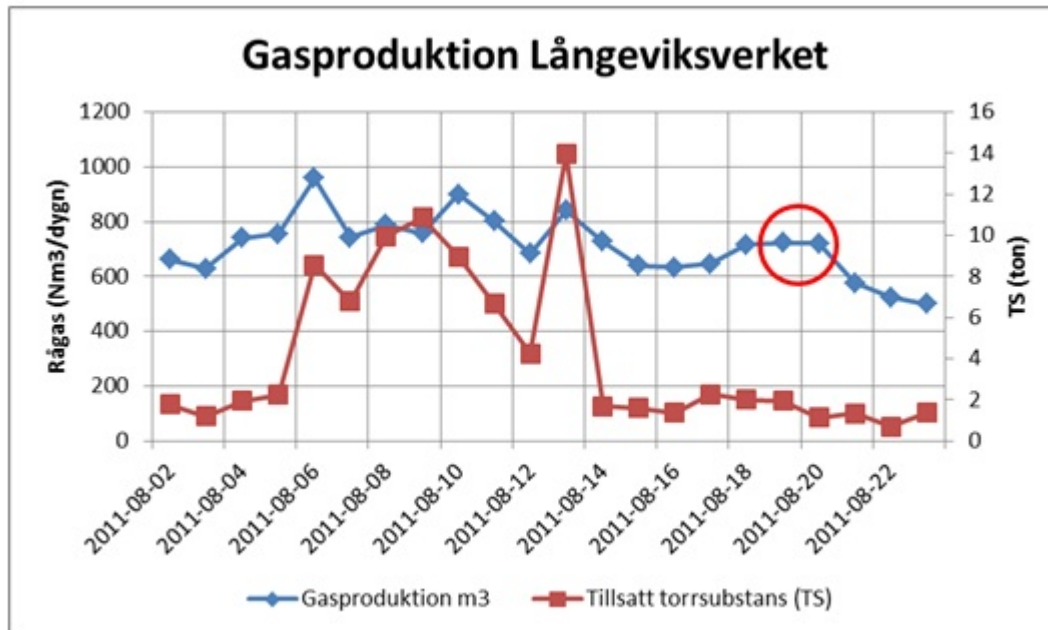
I jämförelse med Skånes miljömål⁵: "Utsläpp av kväve. Kväveutsläppen till Skånes kustvatten ska senast år 2012 ha minskat med minst 25 procent". Detta motsvarar, enligt ett medel på kväveutsläpp 1995-2010⁶, ett mål på cirka 1000 ton kvävereduktion. Att nå detta mål med ascidieodling hade krävt en area på 42 hektar.

3.7 Röt försök och biogasutbyte

Gasproduktionen av skördade *Ciona intestinalis* mättes av Anox Kaldnes, Lund, i november 2011. Se bilaga till denna rapport. Gasproduktionen mättes också i Långeviksverkets rötningskammare efter det att den biomassa som skördades 2011-08-17 samt 2011-08-18 tillsatts där. Mängden gas som produceras i den 500 m³ stora rötningskammaren bestäms primärt av mängden rötbart kol som matas in. Ett indirekt mått på detta är mängden torrsvikt som når röt kammare och mäts i ton TS (torrsustans).

⁵ http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/miljo-och-klimat/miljomal/de-skanska-miljomalen/Pages/Ingen_övergodning.aspx

⁶ <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=130&pl=3&t=Lan&l=12>



Figur 8 Gasproduktion i Långeviksverket, Lysekil efter tillsats av 8 ton ascidier (röd ring).

I utrottningsförsök på oberoende laboratorium (Anox Kaldness, Lund) har biogaspotentialen uppmätts i två omgångar. I den andra omgången, följt av en teknikutveckling av substratbehandlingen (ej vidare nämnt i denna rapport) uppgick metanutbytet till 306 Nm³ CH₄/ton kol. Vidare räknades den teoretiska metanpotentialen ut till ~500 Nm³ CH₄/ton kol och kan anses som produktionsmål.

Salthalten i biomassan har inte varit ett problem i utrottningsstesterna då behandlingstekniken har minimerat salthalten och det faktum att bakterierna i en rötmarkkultur anpassar sig till olika salthalter. Begränsningar i effekt pga. salthalt uppstår när salta biomassor förs in i processer utan sälta.

3.8 Risker med odling

Riskerna med odling av *Ciona intestinalis* har undersökts i projektet Ekologiska effekter av storskalig ascidieodling som finansierades av Naturvårdsverket och Havsmiljöanslaget 2010. Projektet studerade ekologiska risker på både bottenmiljön, vattenmassan samt fiskförekomst. Vidare undersöktes riskerna med att larver sprider sig till oönskade lokaler (t ex musselodlingar).

För effekter på bottenmiljön visar resultaten att negativ påverkan av odlingen förekommer, men endast är lokaliserad till botten under odlingen. Redan på ett avstånd av 30 meter är negativa effekter svåra att upptäcka, vilket stämmer väl med andra undersökningar. Resultaten visar också att bottenmiljön under odlingen återhämtade sig till en acceptabel miljöstatus sex månader efter odlingens borttagande. Inga tydliga effekter på växtplanktonsamhället eller på närsaltskoncentrationerna. En tydlig ökning av siktdjupet, från 2 m till 3 m efter passage samt uppmätt låga bioolymer inne i odlingen. Tydliga förändringar i djurplanktonsamhället uppmättes också. Djurplanktongruppen *copepoder* (både de vuxna djuren samt larverna) minskade i antal under passage genom odlingen, men denna minskning komparerades av en ökning av bentiska (bottenlevande) copepoder.

Det var mer fisk inne i odlingen än i kontrollområdet utanför, både i undersökningen med nätfiske samt med time-lapse fotografering. Dock var förekomsten inne i odlingen inte så hög att det går att avgöra om det är en viktig skillnad ur ekologiskt eller förvaltningsmässigt perspektiv.

Risken för spridning av *Ciona*-larver är störst i närområdet och avtar redan inom 1 km från odlingen. I en förvaltningsmässig bedömning av säkerhetsavstånd till exempelvis andra akvakulturanläggningar får en individuell bedömning göras baserat på lokala strömningsförhållande.

3.8.1 Miljögifter

3.8.1.1 Generellt

Djur i havet utsätts för samma halter av miljögifter som omgivande vatten. Termen miljögifter är mycket bred och innefattar många olika typer av ämnen med olika upptag och förekomst i havet. Halterna av ämnen varierar både lokalt - beroende på lokala utsläpp från städer, industrier och andra punktkällor samt regionalt från t ex. fordon, förbränning och jordbruk. Upptaget i vattenlevande djur och växter varierar också mellan olika ämnen och som exempel kan skillnaden mellan tungmetaller, som oftast inte anrikas, och organiska miljögifter som anrikas i djurens fettvävnader och får negativa effekter högst upp i näringskedjan. Ascidier lever längst ned i den betande näringskedjan då de lever på att filtrera växtplankton (och bakterier). Detta gör att halterna av organiska miljögifter inte byggs upp på samma sätt som hos toppredatorerna säl och laxfisk.

I tidigare undersökningar är halterna av de vanligaste miljögifterna undersökta i ascidier från odlingarna runt Lysekil och Ljungskile, se tabell 3.

Tabell 3 Sammanställning av kemiska parametrar i skördade ascidier. TS anger torrsusbtansen

	enhet	Analys [EUROFINS]		Gränsvärden		Tolkning
		Ascidie 1	Ascidie 2	Enligt förordnign 1	Enligt Slamkvalitet 200 enhet	
Torrsubstans	%	8	8,6			
pH		7,2	7,4			
Bly	mg/kg TS	2,8		100	28 mg/kg TS	OK
Bor	mg/kg TS	56				
Fosfor	mg/kg TS	4200	4500			
Järn	mg/kg TS	980				
Kadmium	mg/kg TS	0,16		2	1 mg/kg TS	OK
Kalcium	mg/kg TS	54000				
Kalium	mg/kg TS	8600	7800			
Koppar	mg/kg TS	20		600	358 mg/kg TS	OK
Krom	mg/kg TS	3,5		100	29 mg/kg TS	OK
Kvicksilver	mg/kg TS	0,048		2,5	0,8 mg/kg TS	OK
Magnesium	mg/kg TS	11000	11000			
Mangan	mg/kg TS	80				
Natrium	mg/kg TS	71000	82000			
Nickel	mg/kg TS	5,1		50	19 mg/kg TS	OK
Svavel	mg/kg TS	19000				
Vanadin	mg/kg TS	170				
Zink	mg/kg TS	200		800	552 mg/kg TS	OK
Kol	mg/kg TS	31,7	30,7			
Klorid	%	1,12%		1% i musslor enligt Olrog		
Klorid	% Ts	14%				

3.8.1.2 Kadmium

För Kadmium ligger halterna i ascidier ~10 gånger under den totalt tillåtna kadmiummängden i avloppsslam (2 mg/kg TS) och ungefär hälften så lågt som högsta tillåtna värdet i jordbruksmark. Därmed kan anses att halterna av kadmium inte utgör en fara för användning i jordbruket.

Begreppet kadmium per kilo fosfor är ett begrepp som används mycket inom jordbruk och bedömning av gödsel. Detta då just mineralisk fosfatgödsel alltid är kontaminerat av kadmium. Detta gäller då för gödseltyper som används som fosforgödsel och där man doserar gödslet efter den mängd fosfor man vill få till jorden. Ascidier innehåller, i jämförelse med fosforgödsel, mycket lite fosfor och då är det inte tillämpligt att använda parametern kadmium/kg fosfor. Det är totalinnehållet av kadmium som är viktigt att använda.

3.8.1.3 Vanadin

Ascidier har länge rönt vetenskapligt intresse då de är ett av få djur som aktivt tar upp grundämnet vanadin i vävnaderna. Det är främst inne i djuret som vanadin ansamlas medan den yttre manteln har lägre halter. Uppmätta värden av vanadin i *Ciona intestinalis* är högre än i andra substrat, t ex är de uppmätta halterna på 170 mg /kg TS tio gånger högre än angivet i svenskt avloppslam (~18 mg/ kg TS). I rapporten Vanadin i Svensk Miljö (Gustavsson och Johnsson 2004) diskuteras halterna av vanadin i svenska jordar utförligt. Rapportens slutsatser inkluderar att vanadin binder hårt till jordarna i normalt pH och därför inte förs direkt vidare till grödorna samt att toxiciteten i vatten är låg. Rapporten nämner svenska jämförvärde för förorenad mark (sedimentjordarter) på 60 mg/kg TS och med ett riktvärde på 120 mg/kg TS för känslig markanvändning. Jämför vi med internationella data ligger naturliga vanadinhalter jordar från 3 - 310 mg V per kg TS (US Department of Health and Human Services 2012). Vid gödsling med ascidiebiomassa (rötad eller färsk) späds vanadinkoncentrationen ut i det tänkta systemet då ascidierna samrötas med annan biomassa och blandas med annat gödsel innan spridning. Vidare späds vanadinkoncentrationen ut rent fysiskt i jorden då odlingsdjupet kan antas vara cirka 20 cm. Utifrån detta kan vi konstatera att vanadinförekomsten i gödsel bör övervakas och långtidsackumulering av vanadin i gödslade jordar bör undersökas vidare i samband med att man börjar gödsla med ascidier.

3.8.1.4 Musselgifter

Om man skall konsumera vattenlevande filterare, såsom blåmusslor och ostron, finns en risk att djuren har ansamlat för höga halter av gifter som naturligt finns i växtplankton. Det kan röra sig om diarreiska eller i värre fall paralytiska gifter. Vidare måste dessa livsmedel kontrolleras för bakteriehalter som kan vara skadliga. Då ascidierna inte skall användas som livsmedel är dessa substanser inte en risk och de utgör inte heller en risk efter rötning eller fortsatt användning, då gifterna bryts ned i processen.

4 Ascidieodling i Skåne - regionala förutsättningar

Enligt kapitel 3 krävs det vissa specifika förhållanden, både hydrografiska och biologiska, för att ascidier eller tarmsjöpunger (*Ciona Intestinalis*) ska trivas och växa till på ett effektivt och naturligt sätt. För låg salthalt tycks hämma tillväxten av *Ciona Intestinalis* och naturligt växer de vid en salthalt på över 2 ‰, men kan klara kortare perioder med lägre salthalter. Näringsförhållandena är en annan viktig faktor. Ascidier äter plankton som i sin tur påverkas positivt av höga kväve- och fosforhalter i kombination med solljus och koldioxid. Vid storskalig odling krävs därför att vattnet har en relativt hög omsättning (så att nya plankton kan tillföras odlingsystemet), vilket innebär ett svagt strömmande vatten. Havsdjupet och bottenförhållanden är andra viktiga faktorer för att odlingen ska fungera på ett effektivt sätt. Ascidier odlas tredimensionellt därför är djupet viktigt. Alltför stort djup påverkar dock tillväxten negativt för att andelen plankton minskar, men runt 20 meter har visat på god tillväxt. Det är även viktigt att ascidier ska finnas som en naturlig del av den marina faunan, för att inte påverka och konkurrera ut andra mer känsliga arter. Nedan beskrivs de regionala odlingsförutsättningarna i Skåne.

4.1 Hydrografiska förhållanden

Landskapet i Skåne skiljer sig på flera sätt från resten av Sverige, och främst då genom sin speciella geologi. Tvärs igenom länet går den skånska diagonalen (Tornquistzonen). Norr om diagonalen ligger urberget nära ytan och söder om råder geologiska förhållanden som är karaktäristiska för Mellaneuropa. Längs diagonalen i Skåne finns flera andra kraftiga förskjutningar i berggrunden, förkastningar, som har gett upphov till bl.a. flera horstar (Hallandsåsen, Linderödsåsen, Söderåsen m.fl.). Berggrundsryggarna sammanfaller med strandlinjens positiva former, dvs uddar och halvöar, medan försänkningarna överensstämmer med vikarna och buktena. De geologiska förutsättningarna påverkar därmed kustzonens utseende och premisser i form av botten- och djupförhållanden.

4.1.1 Djup

Öresund delas hydrografiskt upp i tre områden dels genom en linje Helsingör-Helsingborg och dels genom den så kallade Limhamnströskeln, mellan Dragör-Limhamn, med ett vattendjup på max 8 m. Norra Öresund, dvs området norr om linjen Helsingör-Helsingborg, utgör gränsområde mellan det centrala Öresund och Kattegatt. I mittpartiet är djupet 25-40 meter. Djupast är det vid Öretvisten, norr om Helsingborg, med ca 50 meter.

I centrala Öresund, som begränsas av linjen Helsingör - Helsingborg och Limhamnströskeln är bottenpogografien mycket varierande. Medeldjupet är endast 15 m men djup på upp till 50 m finns väster om Landskrona. Stora grundområden finns både i Lundåkra- och Lommabukten.

Södra Öresund, vilket omfattar bassängen söder om Limhamnströskeln, har ett vattendjup på mellan 12-18 m.

4.1.2 Strömmar

Vattnet strömmar motsols runt Nordsjön. På vägen runt Nordsjön till förs vatten från floder och engelska kanalen. Ytvattnet från Kattegatt består till en tredjedel av färskvatten som tillförts Östersjön och ger normalt en nordgående ström i Öresund. Vid speciella vattenståndsskillnader kan dock en inåtgående ytvattenström uppkomma. Under den utåtgående ytströmmen förekommer en motriktad inåtgående ström från Kattegatt. Generellt är det en nordgående ytvattenström i Öresund. På så sätt strömmar det bräckta Östersjövattnet genom Öresund mot Kattegatt. Vatten med hög salthalt från Kattegatt strömmar samtidigt in längs botten. Dessa två mycket olika vattenmassor blandas oftast inte, men skapar ett så kallat språngskikt. Vid språngskiktet sker en mycket snabb ändring från bräckt vatten till saltvatten. Språngskiktet finns som regel på 10-12 meters djup.

4.1.3 Salthalt

Salthalten i ytvattnet längs Skånes kust varierar från ca 0,7% vid Hanöbukten till 1,6-1,7 vid Kullen och Bjäre. Detta får stora effekter för det marina livet och artrikedomen är betydligt högre vid högre salthalt. Limhamnströskeln utgör en naturlig barriär mellan Östersjöns sötare och lättare vatten och det saltare och tyngre Kattegattvattnet. Hydrografiskt är detta område starkt påverkat av Kattegatt och salthalten i bottenvattnet kan vara upp till ca 35 0 ‰ (promille), medan ytvattnet normalt håller ca 10-15 promille (www.lansstyrelsen.se A).

4.2 Växtnäringsstatus

En annan viktig faktor som påverkar tillväxten av ascidier är näringsförhållandena. Övergödningssituationen är allvarlig i Skåne, både i havet och i inlandsvatten. Trots insatser via LOVA-bidrag, Greppa Näringen, förbättrad rening av avloppsvatten m.m. har tillförseln av kväve och fosfor till havet inte minskat tillräckligt för att ett förbättrat miljötillstånd har kunnat påvisas (Brandt, m.fl., 2008).

Det har i dagsläget ännu inte gjorts någon samlad bedömning av miljöstatusen i havet med avseende på övergödning enligt havsmiljöförordningen. Det vi däremot vet är att det inte går att se några ihållande nedåtgående trender av tillräcklig storlek avseende näringstillförseln till havet för att få bukt med övergödningssituationen. Vi behöver fortfarande tampas med algbloomingar, stora mängder fintrådiga alger och minskad mängd makroalger. Miljöstatusen i havet är beroende av internationella åtgärder och problemen är av en sådan omfattning att god miljöstatus bedöms ta lång tid att nå.

Kvalitetsfaktorn näringsämnen (enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, 2007) utgörs av följande parametrar: Totalmängder av kväve respektive fosfor (Tot-N och Tot-P) samt löst oorganiskt kväve (DIN) och löst oorganiskt fosfor (DIP). För en statusklassificering av kvalitetsfaktorn näringsämnen vägs de enskilda parametrarna samman. Ifall den sammanvägda statusen är sämre än god bör de enskilda parametrarna var för sig analyseras mer ingående för att undersöka om och i så fall vilka åtgärder i vattenförekomsten eller i dess närhet som är nödvändiga. 2010 års statusklassning för näringsämnen visas i Tabell 7. Vid Höganäs och Höllviken var statusen måttlig medan stationerna i Lommabukten och Lundåkrabukten visar på otillfredsställande status (Edman, 2011). Det är således en bit kvar för att nå målet god ekologisk status till år 2021 (www.lansstyrelsen.se B).

En påtaglig effekt av den måttliga näringsstatusen är en överproduktion av fintrådiga alger. Dessa alger driver ofta omkring i stora mattor och lägger sig på botten, där t.ex. ålgräs, fleråriga alger och mjukbottnar med bottendjur täcks över och kvävs. Detta leder också till en näringsanrikning i bottarna som gör att eventuella åtgärder i tillförseln av näringsämnen inte kommer att leda till omedelbara positiva effekter. Effekter på grund av övergödningen finns sannolikt även för fisket genom att produktionen på grunda havsbottnar potentiellt minskat men detta är svåranalyserat (Hav i balans, 2010).

Halten av totalkväve är för hög i Öresund jämfört med både de kortsiktiga och de långsiktiga målen. Halten av kväve på den norra stationen vid Gilleleje ligger på gränsen till det kortsiktiga målet på maximalt 300 µg totalkväve per liter. På en annan station vid Höganäs är halten av kväve för hög. I centrala Öresund, representerat av stationer vid Ven och i Lundåkrabukten, är halten av totalkväve också väsentligt över målen och detsamma gäller för södra Öresund (Öresundsvattensamarbetet, 2003).

4.3 Marin flora och fauna

Ascidierna måste finnas naturligt utefter skånes västkust och vid en inventering framkom att för det marina livet har salthalten stor betydelse. Längs Skånes kust ökar salthalten från Hanöbukten till Bjärehalvön och antalet arter är betydligt fler vid västkusten. Växtplankton, som består av mikroskopiskt små alger, är basen för livet i havet. Dessa utgör födobasen för stora delar av havsekosystemen.

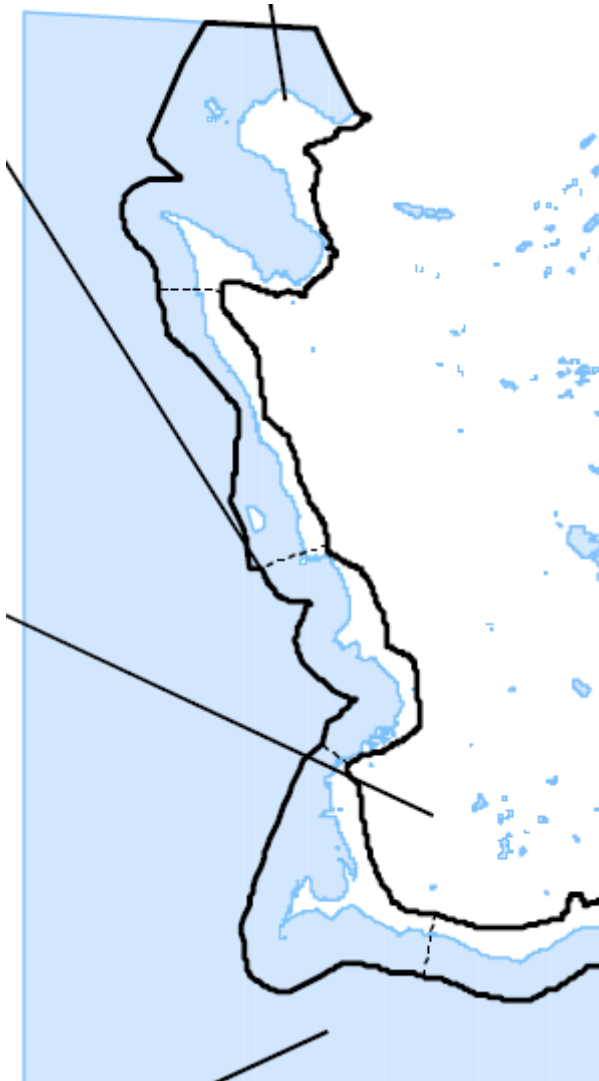
Växtplanktonsamhällen är ofta mycket artrika och många arter har en förhållandevis kort generationstid, från en halv dag till någon vecka.

Trots att hårbottenarna upptar en liten yta står de för en stor andel av artantalet. Detta beror bl.a. på den varierade miljön som gynnar ett stort antal specialiserade arter och ett stabilt underlag för algerna att fästa vid.

Sjöpunngarna är vanligast på västkusten och trivs med så kallade hårbottenar. De fäster på bland annat på stenar och andra fasta föremål i vattnet. Av de totalt fyra arterna finns vid Grollegrund *Corella parallelogramma* och *Dendrodoa grossularia* ned till sydvästra Östersjön medan *Ascidia mentula* och *Ascidella scabra* har sin utbredningsgräns i Öresund.

4.4 Områdesspecifika förutsättningar - zonindelning

Skånes kust har delats in i fyra zoner för att möjliggöra en mer detaljerad studie av odlingsförutsättningarna, enligt figur 9.



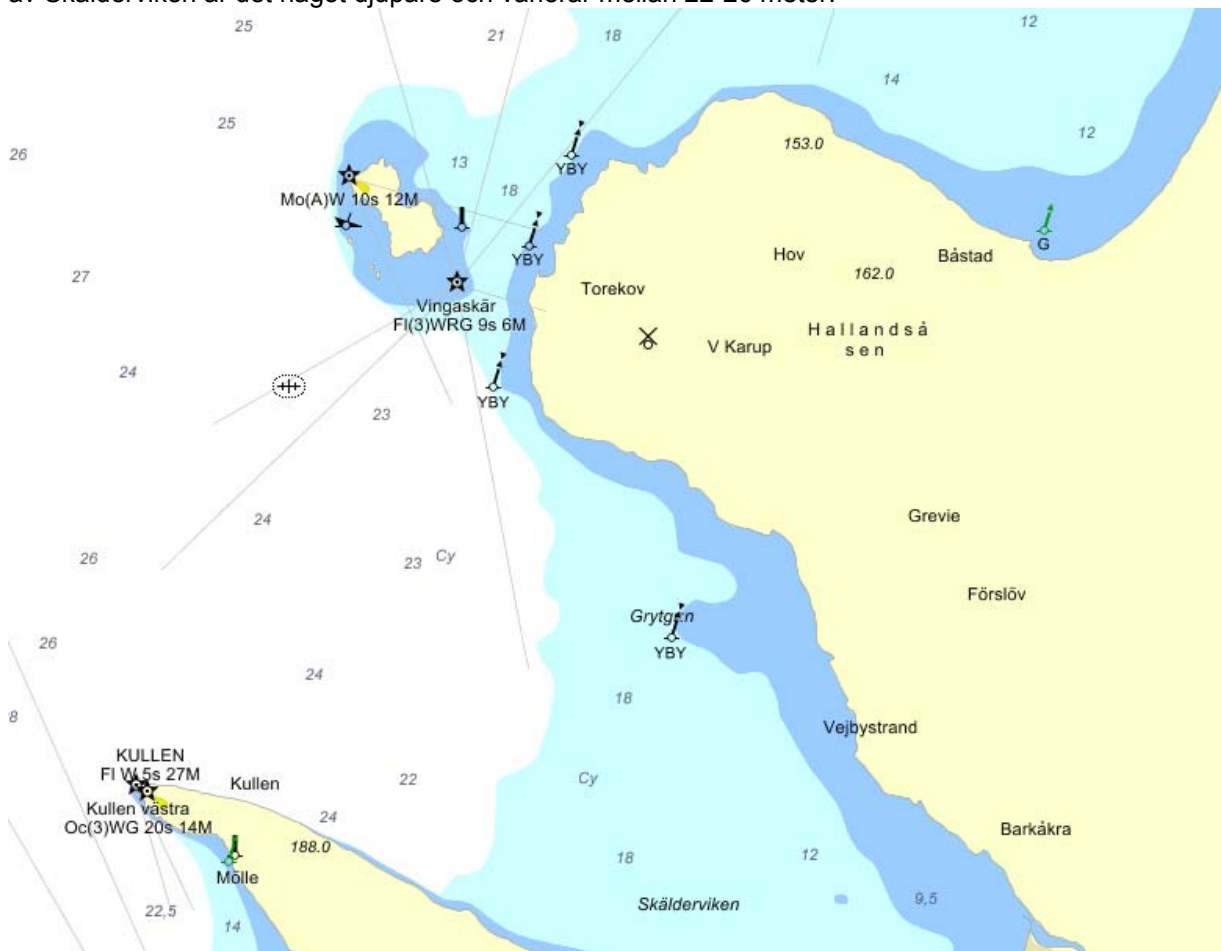
Figur 9. Skånes västkust indelad i olika kustzoner med olika förutsättningar och förhållanden med avseende på exempelvis strömmar, bottenar och näringsförhållanden. Den översta zonen består av **Södra Laholmsbukten och Skålderviken**. Området söder om Skålderviken benämns **Höganäs-Landskrona** och det sista området som studerats närmare är **Landskrona och Malmö**.

4.4.1 Södra Laholmsbukten och Skälderviken

I nordväst sticker två urbergshorstar ut i havet vid Kullaberg och Hovs hallar med dramatiska branter. Norr om Bjärehalvön ligger Laholmsbukten och mellan horstarna ligger Skälderviken med flacka stränder.

Bottentyper och djupförhållanden

Djupet i de södra delarna av Laholmsbukten ligger på 10-14 meter i de yttre delarna. I de yttre delarna av Skälderviken är det något djupare och varierar mellan 22-26 meter.



Figur 10. Bottendjup i nordvästra Skåne. Norr om Kullen är djupet över 20 meter, vilket är ett lämpligt djup för odling av ascidier (källa: www.eniro.se).

Bottenbeskaffenheten i de yttre delarna av Skälderviken består av mjukbotten bestående av lera och silt. Detta mjukbottenområde avgränsas västerut, dvs längre in i viken av hårbotten (berghällar med inslag av block). I vikens norra delar består botten av kuperat revområde med större djupvariationer (www.lansstyrelsen.se C).

Strömmar, salt- och syrehalt

Salthalterna vid ytan har enligt tidigare utredningar legat ganska konstant på cirka 15-20 promille (1,5 till 2 %) i båda områdena. Under vintern kan dock salthalterna sjunka något och detta är speciellt uttalat på vissa platser, där sötvatten från bl a Rönne å sänker salthalten periodvis. Salthalten i området styrs dock i stor utsträckning av utflödet från Östersjön, som i sin tur styrs av färskvattentillflödet till Östersjön och rådande vädersystem som styr in- och utflöde. Vid vissa vindförhållanden kan en uppvällning av saltare vatten nära kusterna detekteras. Vid mätningar längre ut, på djupare vatten är vattenpelaren

ofta skiktad genom en haloklin, som även styr förekomsten av en termoklin. Där förekommer under vissa månader ibland starka skiktningar då högsalint (3-3,5 %) bottenvatten tränger in. Skiktningen styrs i hög grad av utflödet av det bräckta Östersjövattnet som ligger ovanpå det saltare Kattegattvattnet (www.toxicon.se).

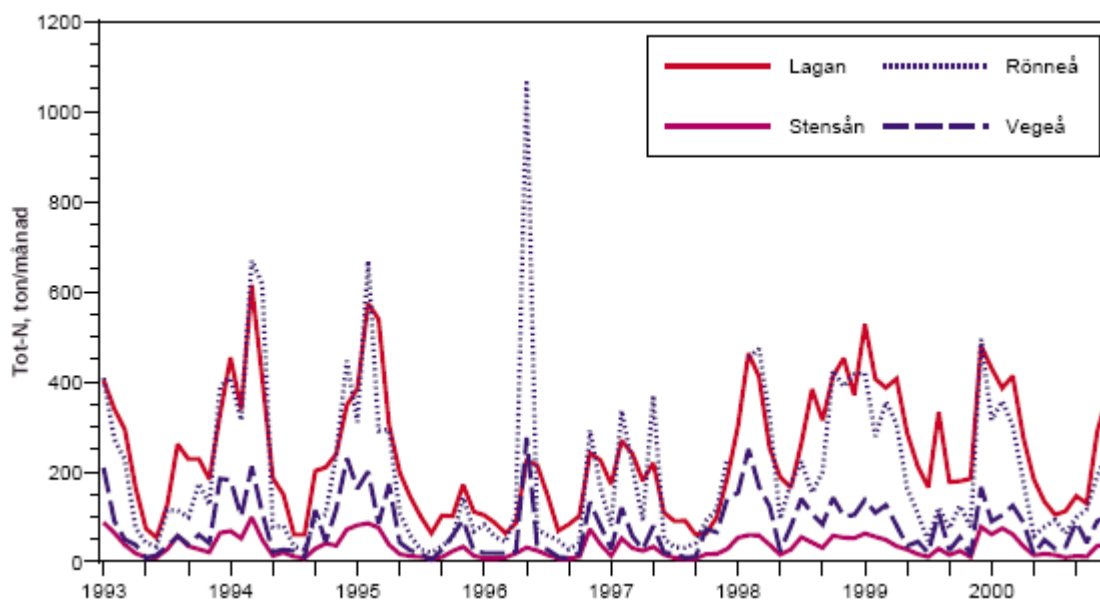
Vad gäller syrehalten vid bottarna har det inte förekommit några extremt låga värden enligt de undersökningar som genomförts, däremot sjunker syrehalten under senvåren-sommaren beroende på ökande vattentemperaturer, som minskar syrets löslighet, och ökande mängder dött organiskt material, som ökar syrekonsumtionen.

Vad gäller strömmar, av framför allt ytvatten, så är resultaten från Laholmsbukten mycket varierande med strömmar i nästan alla riktningar. En viss övervikt fanns dock för strömmar i väst-nordvästlig riktning, d.v.s. längs kusten. Strömhastigheten var i regel mellan 5 och 30 cm/s (=0,1-0,6 knop). Längre ut i Skälderviken är bilden mer enhetlig. Vid de enstaka tillfällena då strömmen gick i östlig riktning eller in i Skälderviken var den svag. De starkaste strömmarna gick i väst-nordvästlig riktning med upp till 1,2 knop. Längre in i Skälderviken går ofta strömmarna i en bred nordöstlig till sydvästlig riktning och något enhetligt mönster går dock inte att skönja.

Näringsförhållanden och näringsstatus

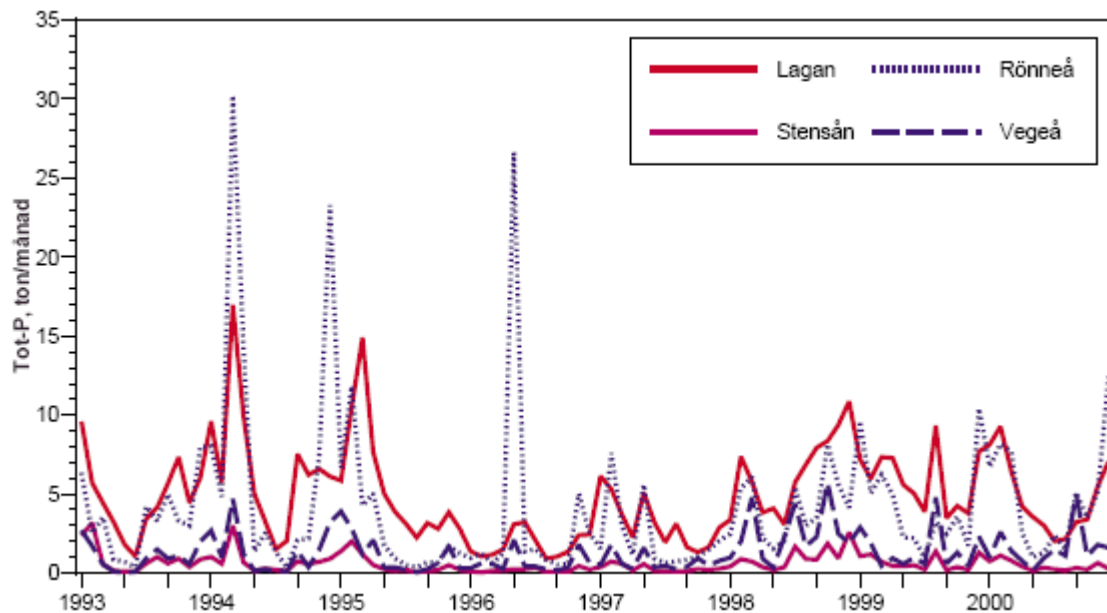
De studier som gjort med avseende på kväve visar relativt låga halter av i Laholmsbukten och i de yttre delarna av Skälderviken under sommaren. Längre in i Skälderviken har ett periodvist påslag av nitrattillskott från Rönneå varför halterna och variationen är betydligt högre på denna punkt (www.toxicon.se).

Tillförsel av kväve till de två vikarna beskrivs i tabell 11.



Figur 11. Visar tillförsel av total-N via fyra vattendrag vid Skånes västkust (källa: www.toxicon.se).

Tillförseln av fosfor har också kartlagts. Tabell 12 visar resultaten från en sådan studie.



Figur 12. Tillförsel av P via fyra vattendrag utefter Skånes västkust (källa: www.toxicon.se).

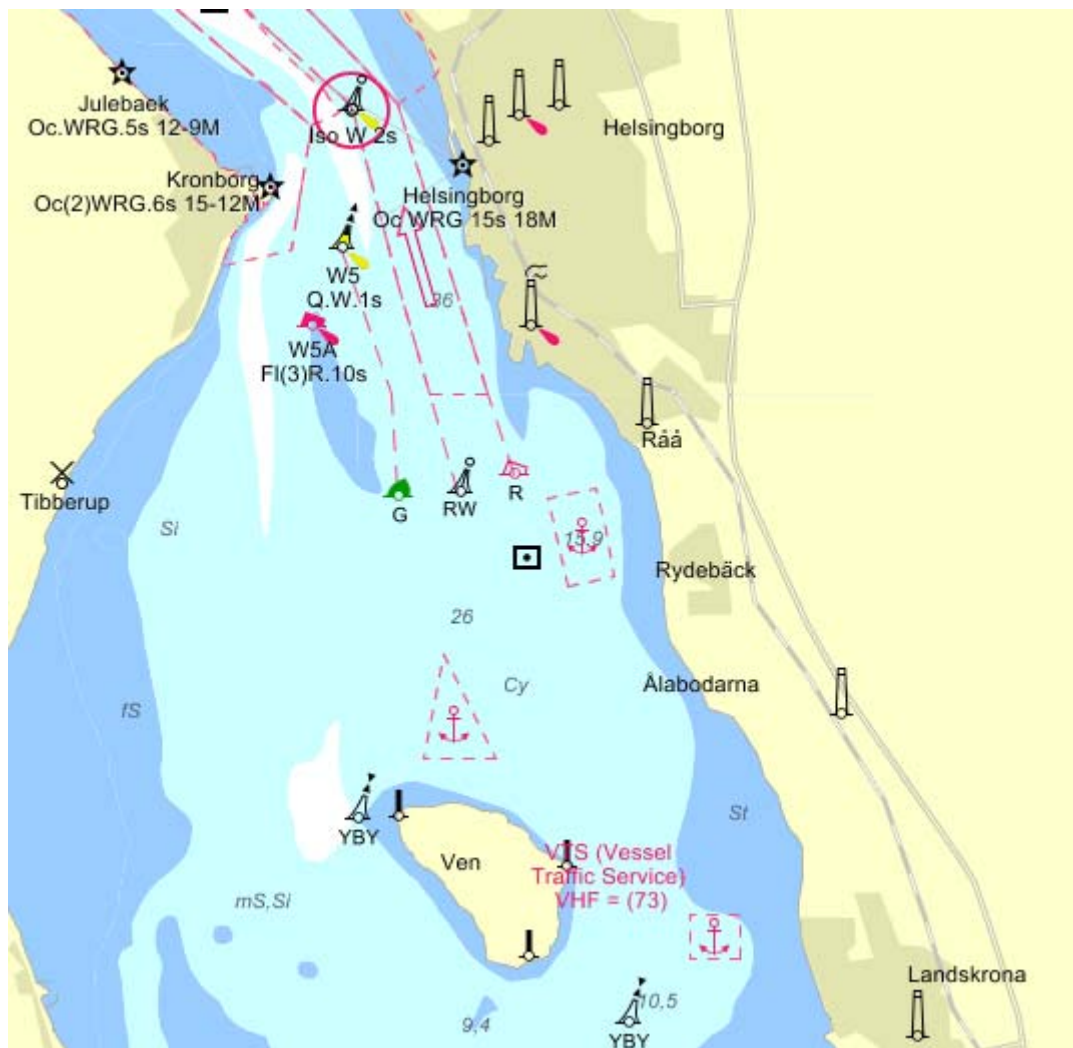
Tillförseln av näringsämnen är störst via Lagan som har sitt utlopp i Laholmsbukten och Rönne å som rinner ut i Skälderviken. Det innebär att periodvis är halterna höga i såväl Skälderviken som Laholmsbukten, det är dock oklart hur halterna sjunker längre ut från kusten. Naturligt finns det dock relativt höga halter av de viktigaste makronäringsämnena för odling av ascidier.

4.4.2 Kustområdet mellan Höganäs och Landskrona

Längre söderut, söder om Kullen förändras förutsättningarna ganska drastiskt. Öresund sträcker sig från Falsterbo i söder till Kullen i norr. Det största djupet i Öresund uppgår till ca 50 m och ligger öster om Ven. I området påverkas strömmar, salthalt och näringsförhållanden av innanhavet Öresund

Djup och bottenförhållanden

Djupet utanför Höganäs kust ligger på mellan 22-26 meter. I farleden mellan Helsingborg och Helsingör är djupet något över 26 meter



Figur 14. Djupförhållanden mellan Landskrona och Helsingborg. I farleden är djupet över 26 meter (källa: www.eniro.se).

Sandbottnar är den dominerande bottenytan i Öresund och Kattegatt. Vegetationen är ofta sparsam. I de djupare områdena består botten ofta av lera och gyttja och salthalten är hög. I mindre omfattning finns dessutom stenrev, musselbanker och bar berggrund (Wennberg & Lindblad, 2006).

Strömmar och salthalt

Strömmarna i norra Öresund drivs av sötvattenöverskottet i Östersjön och av hög- och lågtrycksförhållanden i haven runt Sverige. Den årliga tillförseln av sötvatten från land gör att Östersjöns yta i genomsnitt under året ligger högre än Kattegatts yta och därför strömmar ytvatten norrut genom Öresund och Bälten. Även om ytströmmen i genomsnitt under en längre period är nordgående och går ut i Kattegatt, bestäms ytvattenflödena från dag till dag av vattenståndsskillnaderna mellan sydvästra Östersjön och södra Kattegatt och det är inte ovanligt med strömhastigheter i ytan på mer än 1 m/s. Vattenståndsskillnaderna beror främst på storskaliga variationer hos vinden och lufttrycket, och varierar på en tidsskala av dygn eller veckor. Tidvattnet saknar i princip betydelse för vattenomsättningen i sundet. Den normala skiktningen i Öresund består av ett sötare ytskikt av främst östersjövatten ner till 10 – 15 m djup med en salthalt på 8-15 promille. Under det kommer först ett lager som består av ytvatten från Kattegatt med en salthalt på 1,5-3,0 %. Allra djupast återfinns saltare vatten från Kattegatts djupområden med en salthalt på 3,0-3,4 %. Ytvattnets salthalt i Öresund ökar från ca 0,8 % i söder genom blandning mellan skikten till ca 1,5 % norr om Helsingborg.

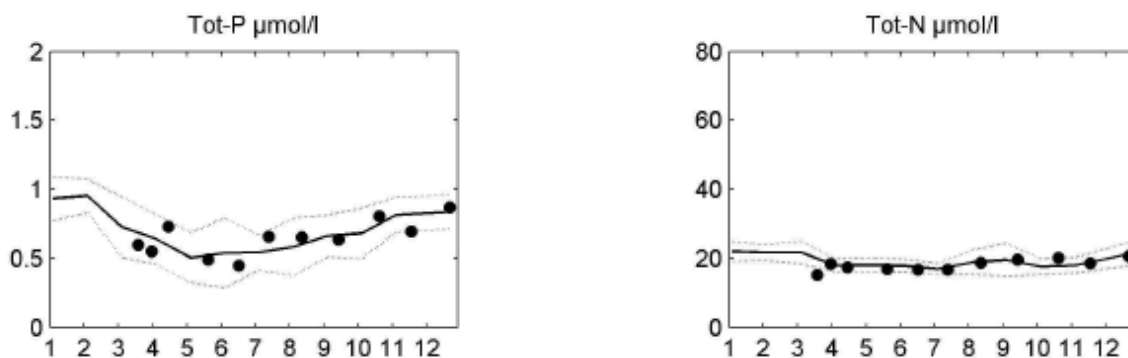
Salthalten utanför Höganäs har uppmätts till ca 2,5-3,0 % i stora delar av pelagialen.

Där Öresund är djupare än 10–15 meter är bottensaliniteten dock konstant hög, kring 30 pcu. Antalet förekommande maritima djurarter är därför förhållandevis högt, omkring 550 st (jämfört med 52 vid Gotland). Strax norr om Råå, på 30 meters djup finns det marina naturreservatet Knähaken, vilket kan liknas vid ett korallrev med stor rikedom av arter.

Öresund är en av världens mest tättrafikerade farleder. Nästan all trafik som skall in till Östersjön väljer denna väg samtidigt som en stor mängd fartyg skall korsa sundet i öst-västlig riktning. Särskilt vid sundets smalaste del, mellan Helsingborg - Helsingör, råder ofta svåra trafiksituationer då fartygen i nord-sydlig riktning måste korsa HH-ledens färjor. Denna fartygstrafik orsakar stora utsläpp i farvattnet. Utöver detta ligger stora delar av danska huvudstadsområdet med Köpenhamn vid sundet och flera av Sveriges största städer. Många industrier och avloppsledningar har igenom åren följaktligen lokaliserats dit och orsakat svår miljöförstöring. Numera är inte utsläppen fullt lika stora på grund av större avloppsrening och utsläppskrav (Edman, 2011).

Näringsförhållanden och näringsstatus

Vid kustområdet Höganäs har höga halter av både kväve och fosfor uppmätts. Figur 15 visar variationen över årets 12 månader. Högst är halterna inledningsvis på säsongen.



Figur 15. Uppmätta värden på total-P och total-N i kustområdet utanför Höganäs

Statusen i vattnet betraktas som måttlig med avseende på fosfor och kväve.

Med avseende på djup, salthalt, strömmar och näringsstatus är det fullt möjligt att odla ascidier på ett par platser i anslutning till Höganäs.

4.4.3 Kustzonen mellan Landskrona och Malmö

Längre söderut, i princip söder om Helsingborg, förändras odlingsbetingelserna påtagligt. Djupet och salthalten minskar och den naturliga förekomsten av ascidier reduceras märkbart. Det är därför inte relevant att inventera detta område närmare med avseende på specifika odlingsförutsättningar.

4.5 Sammanfattande bedömning

För god tillväxt av ascidier krävs bland annat en salthalt på över 2 %, en relativt hög omsättning av vattnet för tillförsel av närsalter, goda djup och bottenförhållanden och att ascidierna ska finnas som en naturlig del av den marina faunan.

Med avseende på dessa faktorer är det relativt få lokaler utanför Skånes västkust som lämpar sig för storskalig odling av ascidier. Det är framför allt områdena utanför Skälderviken och utanför Höganäs kust som torde ha de bästa möjligheterna för storskalig odling med tanke på alla dessa faktorer. Från

land kommer även mycket näringsämnen till Skälderviken framför allt via Rönne å och Vegeå. Man har sedan slutet av 80-talet jobbat med att minska tillförseln av både kväve och fosfor till Skälderviken men Rönne ås och Vegeåns kvävetillförsel har endast minskat marginellt, fosfortillförseln har visserligen minskat något mer men mycket behöver fortfarande göras (www.livetiskalderviken.se).

Enligt denna kartläggning finns de förutsättningarna på ett fåtal ställen efter kusten. Djupet bör överstiga 20 meter för långriggar. Naturlig förekomst av ascidier finns även i de norra delarna av Öresund (Öresundsvattensamarbetet, 2002).

Skälderviken är en havsvik till Kattegatt och avgränsas i söder av Kullaberg och i norr av Hovs Hallar. Skäldervikens botten är nästan bara mjukbotten av varierande slag, sand, lera och mo. Längst kusten finns hårdbottnar, framförallt utmed Kullaberg och Hovs Hallar. Viken är mest långgrund och mitt ute i viken är det ungefär 17-20 meter djupt. Som djupast hittar man 25 meter strax nordost om Kullens spets (www.lansstyrelsen.se A).

Vi ser inga större risker eller hinder för en mer omfattande odling, men mer kunskap krävs kring påverkan på den naturliga marina floran och faunan.

I området runt Landskrona är djupet det största hindret, i övrigt finns det goda förutsättningar för odling där.

5 Teknik och kapacitet

I beskrivningen nedan förutsätts att substratet (ascidierna) används för så kallad våtrötning.

Vid skörd har sjöpunngarna en TS-halt på cirka 5 %. Genom avvattning till en pumpbar massa (runt 15 %) kan över 70 % av vattnet reduceras. Det minskar volymen kraftigt och sänker därmed hanteringskostnaderna i samband med lastning och lossning. Den marina biomassan (slurryn) kan därmed direkt pumpas från skördefartyget till en lastbilstrailer för vidare transport till mottagningstanken på biogasanläggningen. Genom avvattning minskar även mängden salt som i sig kan hämma biogasproduktionen.

5.1 Skördeteknik

Marin Biogas har utvecklat de befintliga tekniker som finns för skörd av blåmusslor använts. Odlingarna har skett i long-lines odlingar (se stycke 3.3) och skördetekniken har anpassats för att minimera skador och spill vid skörd av blåmusslor. Bilderna nedan visar hur skörden kan gå till.



Figur 16. Skörd och transport av ascidier (*Ciona intestinalis*). Händelseförlopp från övre vänstra bilden: Ascidier skördas från odlingsbanden (~17 kg/lpm). Biomassan skördas tills förvaringsutrymmet är fullt. Biomassan suggs upp med slamsugningsbilens slang. Biomassan körs till Långeviksverket (Lysekil) för rötning. Ts = 5 %. Numera mixas biomassan direkt efter skörd vilket ökar pumpbarheten.

Den tänkta odlings- och skördetekniken i kommande projekt presenteras inte närmare i denna rapport då den innehåller patenterbara tekniker. Den utgår dock från betydligt djupare odlingar (som nämnts tidigare) där odlingsbanden går djupare. Vidare skall flytkonstruktionerna vara så utformade att de stör

det visuella intrycket så litet som möjligt. Skördetekniken i sig utgår från att kunna skörda minst fem gånger så snabbt som idag och med en direktavlivning/mixning av biomassan direkt efter upptaget.

5.2 Bearbetning

Som nämnts ovan pågår en teknikutveckling för att effektivisera skördarbetet. Exempel på tekniker för att sönderdela och avvattna biomassan beskrivs översiktligt nedan

5.2.1 Sönderdelning

I samband med lossning av ascidierna på skördefartyget kan biomassan sönderdelas innan avvattning. Tekniker som kan användas är till exempel malning och sönderdelning med hjälp av kvarnar och skärande skruvar. En enklare kvarn monterad på fartyget i anslutning till avlastningstanken. Vid ett försök mixades ascidierna

5.2.2 Avvattning

Efter sönderdelning avvattnas biomassan.

Nedan följer en beskrivning av två avvattningstekniker, centrifugering och filterpress. Metoderna skiljer sig åt i utförande, men båda är vanligt förekommande vid avvattning av diverse blandningar.

Centrifugering

Centrifugering är en mekanisk operation som separerar ämnen genom deras densitetsdifferens. Principen i en centrifug är densamma som gravitation, men skillnaden ligger i att centrifugen kan uppnå en kraft som är mycket starkare och därmed uppnå en mycket effektivare separation vad gäller tidsåtgång. Jordens gravitationskraft är konstant, medan separation i en centrifug kan påverkas genom variationer i rotationshastighet och dimensioner hos utrustning.

Suspenderat material som inte kan separeras genom konventionell sedimentering i tank kan avskiljas genom centrifugering. En sådan utrustning skulle kunna placeras på skördefartyget så att rejecktatnet kan återföras till havet direkt i samband med skörd.

Ju större skillnad i densitet desto lägre acceleration erfordras för separation.

Filterpress

En filterpress kan till exempel vara uppbyggd utav ett varierande antal ramar med filterdukar vilka fungerar som separationsagens. Vid slamavvattning med filterpress pumpas slammet in och fyller mellanrummen som finns mellan ramarna för att sedan pressas ut med hjälp av ett tryck. Filterduken vid pressningen är perforerad till den graden att endast vätskan skall passera, medan slammet fastnar på duken vilket leder till formation av en filterkaka. När kompressionen är över och ramarna dras tillbaka lossnar filterkakan och det upressade vattnet, filtratet, leds bort. Filterkakans uppbyggnad och ökning i tjocklek bidrar till ett ökat genomströmningsmotstånd. Om filterpressen arbetar under isobara förhållanden bidrar detta till en sänkt genomströmningshastighet av suspensionen. Tryck mellan 7-15 bar vid drift av filterpressar är vanligt förekommande, men det finns även filterpressar som arbetar vid betydligt högre tryck, upp till 30 bar eller mer.

Den största nackdelen vid användning av konventionell filterpressteknik är den minskade genomströmningshastigheten på grund av det stora tryckfall som uppstår vid formation av en filterkaka. En hög genomströmningshastighet går emellertid att bibehålla genom att bildning av filterkaka undviks, men då erfordras annan filtreringsteknik (Ganic 2011).

Centrifugering torde vara den mest lämpade metoden för detta substrat. Sönderdelning och avvattning bör ske ute till havs.

5.3 Transport

Skördefartyget ansluter till hamn. I vissa skånska hamnar finns det avloppsreningsverk (ARV). Det är fullt möjligt att pumpa biomassa till en mottagningstank vid ARV. Ska substratet rötas i en större samrötningsanläggning måste biomassan eller slurryn transporteras med lastbilstrailer. Normalt lastas 30-35 ton slurry per fordon. Det är viktigt att det är en pumpbar slurry så att lastning och lossning kan ske utan att behöva använda andra fordon som hjullastare.

Lastbilstrailern har en egen arm med slang och pumpanordning. Armen sänks ner i slurryn och suger upp substratet. Kapaciteten kan ligga på 8 m³ per minut, vilket innebär att lastning kan ske på några minuter. Lossning sker på samma sätt och med samma kapacitet i mottagningstanken på biogasanläggningen.

För hög TS-halt innebär att biomassan inte kan pumpas, vilket kan påverka hanteringskostnaderna negativt. Det innebär också att biomassan måste spädas ut med vatten innan rötning. Enligt vår bedömning är det mest optimala att ha en pumpbar slurry för att reducera hanteringskostnaderna, både vad gäller avvattning, transport och spädning. Kostnadsberäkningarna bygger på en pumpbar slurry med en TS-halt på runt 15 procent.

5.4 Hantering på biogasanläggningen (BGA)

Efter lossning i mottagningstanken på BGA blandas biomassan med andra substrat.

Målet för en mottagnings- och förbehandlingsanläggning är att över tid kunna lagra och förbehandla det material som skall rötas. Det är därför viktigt att uppmärksamma de olika materialens egenskaper och hanteringskrav. Ofta sönderdelas materialet i mottagningstanken ytterligare för att öka gasutbytet. På de flesta moderna biogasanläggningar finns så kallade maceratorer, som sönderdelar materialet innan det transporteras vidare till rötkammaren.

Vanligen används mottagningstank av samma typ som normal gödseltank för lantbruksverksamhet. Om substratblandningen misstänks få ett avvikande pH eller egenskaper som kan misstänkas påverka cementen, föreslår leverantören att tanken ytbeläggs. Detta kan göras med t.ex. epoxybeläggning. Bästa möjliga utvinning av biogas från inkommande substrat styrs bland annat av substratblandningen i sig, rötningsförhållanden och den tekniska utformningen. För optimal biogasproduktion behöver materialet utjämnas kvalitetsmässigt innan hygienisering och rötning. Mottagningstankar av aktuell storlek har vanligen 2-3 toppomrörare och, idealt, en omrörare speciellt för en introduktionspunkt för tillförsel av torra substrat. Torra substrat kan matas in via skruv eller tippas direkt in i mottagningstanken.

Ett hygieniseringssteg är oftast nödvändigt för att uppfylla Jordbruksverkets riktlinjer, vilket innebär upphettning till över 70°C som skall hållas minst en timma. Vanligen gäller att partikelstorleken ska vara maximalt 12 mm.

Kostnaderna för att hantera ett ytterligare substrat i BGA påverkas relativt lite. Utrustningen finns redan på plats och det substrat som tillförs, d v s ascidier är lätthanterbart. I kostnadsberäkningarna förutsätts därför att utgifterna bara stiger marginellt vid rötning av detta nya substrat.

5.4.1 Lagring

Ascidierna skördas inte hela året, det innebär att materialet måste rötas färskt alternativt lagras i behållare. Lagring av förbehandlade ascidier har inte genomförts i någon större skala och det är oklart om det är möjligt att "ensilera" detta substrat. Beräkningarna förutsätter att materialet korttidslagras i mottagningstankar eller på andra ställen, men att materialet i huvudsak rötas färskt. Leverans av färska ascidier kan ske från tidig höst till och med maj månad, dvs under 80 % av året. Det innebär att lagring ej behöver vara aktuell.

5.4.2 Hygiensering

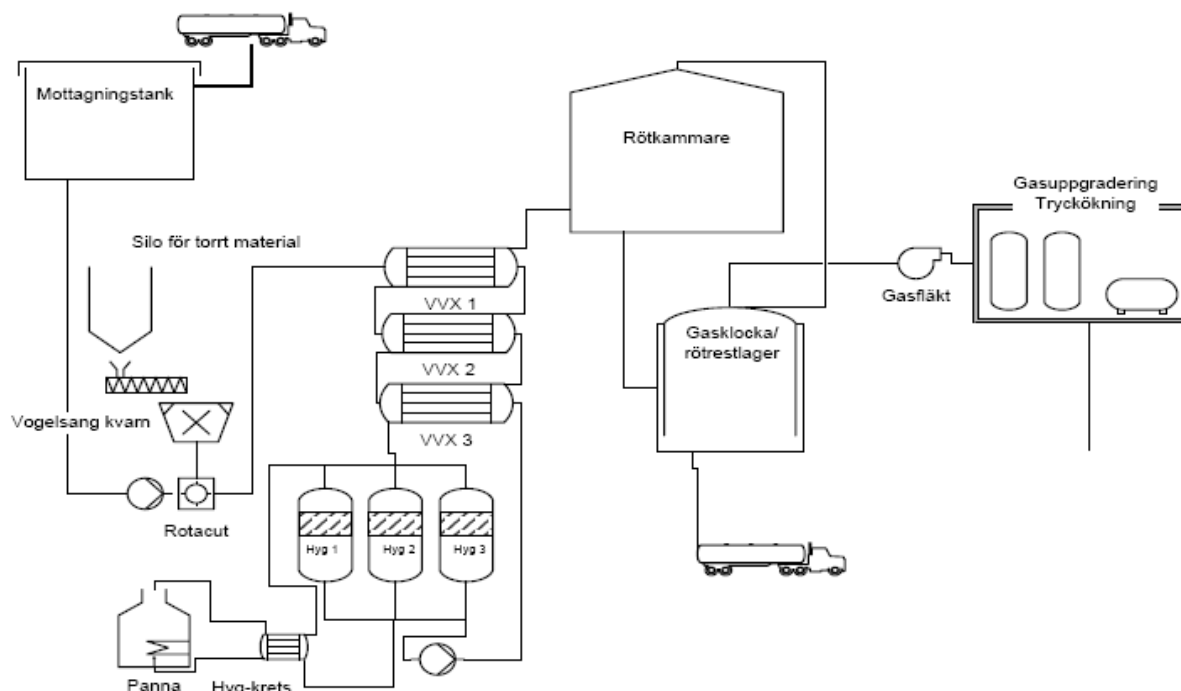
Det är fortfarande inte helt klart om ascidierna behöver hygieniseras innan eller efter rötning. Förfrågningar hos engelska myndigheter har givit svaret att det inte skall ställas krav på hygienisering. Svenska myndigheter har ännu inte svarat, men bedömningen är att de kommer att följa rekommendationer från de engelska myndigheterna. Beräkningarna förutsätter dock att materialet måste hygieniseras enligt gällande krav på 70 grader C minst en timme.

5.5 Rötning

En rötkammare som möjliggör tillräcklig uppehållstid, med tillräcklig omrörning och rätt temperatur på rötslammet skall finnas. Att ha ett rötrestlager med möjlighet till ytterligare gasutvinning är ett bra sätt att säkerställa avgasning av rötresten innan uttransport som gödsel. En gasklocka med dubbelmembran på rötrestslagret möjliggör detta.

Produktion av biogas är energikrävande och beroende av anläggningslösning och teknisk design kan energibehovet ändras. I föreliggande fall har en enkel och beprövad anläggning föreslagits i samtliga alternativ. Det finns ett antal alternativa lösningar på såväl förbehandling/blandning som omrörning och gasuppgradering. Dessa alternativ medför dock att de specifika fallen behöver studeras djupare för de specifika substratens egenskaper, vilket kan genomföras senare i en fördjupande teknikutredning.

En större samröttningsanläggning som producerar fordonsgas ser ofta ut på följande sätt, figur 17.



Figur 17. Processchema för fordonsgasproduktion. Lastbilen tömmer det flytande materialet i en mottagningsstank. Det finns även en silo för torrare, icke pumpbara substrat. Materialet sönderdelas ytterligare och transporteras vidare via värmeväxlare till hyg tankarna. Materialet röts och biogasen uppgraderas och tryckhöjs innan distribution. Rötresten lagras i en mindre tank på anläggningen och i större externa lager.

I detta tänkta scenario kommer ascidierna med lastbilstransport och töms i en mottagningsstank, enligt figur 17.

Detta kommer att påverka driftkostnaderna, beroende av mängd sjöpungar. Dessa kostnader är dock mycket små jämfört med de övriga produktionskostnaderna i form av kapitalkostnad, transporter och drift/underhåll.

5.5.1 Integrerad rötning och samrötningseffekter

Det är mycket svårt att avgöra hur rötning av ascidier påverkar andra substrat och deras gasutbyte. Vid de försök som är gjorda hämmades dock inte den reguljära biogasproduktionen vid tillförsel av ascidier. I beräkningarna används därför de rötningensdata som finns tillgängliga enligt kapitel 3.

5.6 Distribution och spridning

Distributionen av biogödsel från rötning av ascidier tillsammans med andra substrat förutsätts vara samma som för införsel av ascidier. Biogödseln är pumpbar och har normalt en TS-halt på runt 3-5 %.

Vid rötning omvandlas en del av det organiska kvävet till NH₄-N. Den biogödsel som lantbrukarna får tillbaka är därför ett effektivare gödselmedel jämfört med stallgödsel. En annan fördel med biogödsel är att luktproblemen reduceras vid hantering och spridning av biogödsel, jämfört med stallgödsel, vilket kan uppfattas som ett problem i befolkningstäta områden.

Biogödselns växtnäringsvärde bedöms dock ligga på omkring 50 kr/ton med aktuell substratfördelning och nuvarande priser på handelsgödsel. Hanteringskostnad (transport, spridning, markpackning) av biogödsel bedöms vara kring 35-40 kr/ton och därmed återstår ett värde på cirka 10 kr/ton.

Kalkylen bygger på att övriga lantbrukare som inte har egen lagringskapacitet få betala 10 kr/ton i de olika scenarierna.

5.6.1 Gödsling med rötrest från ascidier

Hushållningssällskapet i Bohuslän har genomfört odlingsförsök med biogödsel baserat på ascidier och matavfall. Enligt denna studie erhöles en något lägre skörd (ton/ha) jämfört med konventionell gödsling, men skillnaderna är små. I princip tycks gödsling med rötrest från ascidier inte ha någon negativ effekt på odlingen, men mer studier krävs för att verifiera denna slutsats.

Tabell 4 Sammanställning av resultat från gödslingsförsök 2012

Försöksled gödsling kg N/ha	Skörd kg/ha	Rel.tal	Stråstyrka 0-100	Rymdvikt g/l	Proteinhalt % av ts	Fetthalt % av ts	Stärkelse- halt. % av ts
A 0	2148	100	93	492	8,3	4,7	49
B 40	2489	116	80	479	9,1	4,6	49,1
C 60	3155	147	68	462	9,3	4,8	48,1
D 80	3127	146	38	447	9,9	4,8	47,1
E 100	2810	131	13	454	9,6	4,8	48,0
F Sjöpung	2702	126	98	487	9,1	4,8	49,3
cv%	3,2		16,3	2,4	3,0	2,6	1,6
Prob F1	*		*	*	*	-	*
LSD F1	130		16	17	0,4	0,2	1,1

6 Hanteringskostnader

Kostnader för odling, skörd och transport av Ciona kan skattas utifrån etablerad teknik för musselodling (se avsnitt 3). Odlingförfarandet är i det närmaste identiskt som för musselodling, men med en stor skillnad. Vid odling av Ciona för biogasproduktion kommer det att krävas betydligt högre skördehastigheter än vid musselodling.

Vid musselodling är det betydligt mindre kvantiteter som skördas och där måste man behandla musslorna varsamt för att undvika krossade skal som innebär kassationer. I normala fall ligger andelen kassationer relativt högt, ca 20-40% av den skördade mängden kan ej användas till livsmedel. Odling av Ciona för biogasproduktion ställer inte samma krav på varsam hantering. Här gäller istället att kunna uppnå effektivitet i materialhantering och komma upp i betydligt högre skördekapaciteter än i fallet med musselskörd.

Som jämförelse kan nämnas att den totala skörden av musslor i Sverige för livsmedelsproduktion uppgår till ca 2-3000 ton/år. Odling av Ciona för biogasproduktion innebär betydligt större volymer. För produktion av biogas på nivån 10 GWh/år krävs det skörd av ca 150 000 ton Ciona i våtvikt.

Idag finns ej färdigutvecklad utrustning för att skörda Ciona i höga hastigheter. Ett mindre utvecklingsarbete kommer att krävas för att öka skördehastigheten. Kostnadsmässigt bedöms det ej någon stor påverkan på totalalkylen, där investeringskostnaden domineras av odlingsutrustning och investering i båt,

För mindre testodlingar har befintlig skördeteknik för musselodling använts och då har skördekapaciteter motsvarande ca 100 ton/dygn uppnåtts utan några modifieringar. För försöks- och teständamål är detta fullt tillräckligt, medan när större system skall skördas kommer det att finnas behov av smärre utveckling.

I kostnadsberäkningarna ingår ej något förbehandlingssteg för settling av larverna på odlingsbanden. Detta sker spontant, men kommer att kräva utsättning vid rätt tid då Cionalarverna är mogna att fästa på ytor. I full industriell skala är det tänkbart att man bör komplettera detta förfarande med en kontrollerad ympning med Ciona larver av odlingsbanden.

I kostnadsberäkningarna är kostnaden för skörd (båt + personalkostnader) den dominerande faktorn. Kapacitetsutnyttjandet blir då avgörande för den specifika skördekostnaden och för projektets totala lönsamhet. För mindre odlingsvolymer finns det stora möjligheter att samverka med etablerade musselodlare. I de flesta fall har deras båtar mycket låg utnyttjandegrad.

I kalkylerna nedan har tre olika fall beräknats:

Scenario	Mängd, ton (våtvikt)	Mängd, ton (TS)
1	10000	500
2	100000	5000
3	200000	10000

I scenario 1 räknas med att utläggning av odlingsriggar och skörd utförs genom underentreprenad av musselodlare. I scenario 2 och 3 kalkyleras med investering i båt och skördeutrustning och personal för att genomföra arbetet. Scenario 3 motsvarar fullt utnyttjad skördekapacitet (210 skördedagar per år).

Basen för kalkylerna är hämtad från uppmätta produktionsdata. En rigg om 15 x 200 m med dubbel bandlängd och två skördar per år, förväntas kunna producera 2880 ton våtvikt per år. Det bör noteras att detta är uppmätta värden som inte nödvändigtvis gäller för alla odlingsplatser. Bl.a. kan djupet på odlingsplatsen begränsa bandlängden per rigg. Det påverkar framför allt den yta som måste tas i anspråk för odlingen. En viss kostnadsökning kan förväntas om samma odlingsvolym måste delas upp på flera grundare riggar (kan t.ex. ge mindre effektiv skördeprocess).

Det faktum att vi arbetar med biologiska system gör förstås även att vi kommer att ha variationer i produktionen. Dessa uppskattas till +/-15%.

6.1 Investering och utsättning

Utsättning av odlingsbanden sker normalt från samma båtar som används för skörd av musslor.

I kostnadskalkylerna är utsättning av odlingsriggarna inkluderad i investering i odlingsutrustning. Detta kan utföras på entreprenad av etablerade musselodlare som tillhandahåller både utrustning och utsättnings tjänst.

I kalkylerna har kostnaden för en odlingsrigg inklusive utsättning satts till 200 000 kr per rigg. Denna kostnad får anses vara relevant för ett system med stor odlingsvolym (>50 riggar), och då utsättningen görs med egen båt och personal. För mindre testsystem kan det vara lämpligt att köpa tjänsten från musselodlare. I det fallet kommer kostnaden att hamna på ca 350 000 kr/rigg. Kostnaden för utsättning kommer självklart att variera beroende på odlingsplats.

Tabell 5 Investeringkalkyl vid olika scenario

Utsättning	Scenario 1 (köpt tjänst)	Scenario 2 (egen båt + personal)	Scenario 3 (egen båt + personal)
Investering riggar	1 750 000	6 100 000	12 200 000
Investering och utsättning, kr/år	175 000	610 000	1 220 000
Antal riggar	5	35	70
Biomassa, ton TS	500	5 000	10 000
Specifik kostnad, kr/ton TS	360	122	122

6.2 Skötsel och underhåll av odling

När väl utrustningen är på plats och Ciona etablerat sig på odlingsbanden är systemet ej speciellt krävande ur underhållssynpunkt. Viss tillsyn, bl a av markeringsutrustning, och etablering behövs göras.

I kalkylen har underhåll och skötsel satts till en schablon om 1 % av investeringskostnaden. Detta förutsätter att odlingen sker i skyddade vatten. I utsatta lägen kan storm och isläggning vålla problem och då kräva betydligt större resurser för att upprätthålla odlingen.

Tabell 6 Underhållskostnader vid olika scenario

Skötsel	Scenario 1 (köpt tjänst)	Scenario 2 (egen båt + personal)	Scenario 3 (egen båt + personal)
Investering	1 750 000	6 100 000	12 200 000
Underhållskostnad kr/år	20 000	61 000	122 000
Biomassa, ton TS	500	5 000	10 000
Specifik kostnad för UH, kr/ton TS	40	12	12

6.3 Skördekostnader

Skördekostnaderna består i huvudsak av investeringskostnader i båt och skördeutrustning, samt personalkostnader. I kalkylen har en investering i båt och modifiering av skördeutrustning uppskattats till 5 MSEK. Kapitalkostnaden landar då på ca 500 000 kr/år

I kalkylen beräknas personalkostnaden utifrån en bemanning om en styrman plus en person. Totalt tre personer.

Tabell 7 Skördekostnader vid olika scenario

Skörd	Scenario 1 (köpt tjänst)	Scenario 2 (egen båt + personal)	Scenario 3 (egen båt + personal)
Skördedagar	22	105	210
Kostnad, kr/år	340 000	2 200 000	2 400 000
Antal riggar	3	35	70
Biomassa, ton TS	500	5 000	10 000
Specifik kostnad, kr/ton TS	680	440	240

6.3.1 Avvattning och övriga kostnader

Avvattning av den skördade biomassan är tänkt att ske direkt på skördebåten. I investeringskalkylen har avvattnings- och sönderdelningsutrustning inkluderats i investering och ombyggnad av båt. Upp till 70 % av våtvikten reduceras vid avvattningen, vilket motsvarar en torrhalt på ca 15 %. Vi förutsätter att slurryn är pumpbar vid 15 %.

Kostnaderna för avvattning består av kapitalkostnad för investering, drift och underhåll. Kapitalkostnaderna ingår i skördekostnaderna. Drift och underhåll är mycket små i sammanhanget och ingår i övriga kostnader (se 6.4).

Övriga årliga kostnader för odling, skörd och transport till hamn för lossning innefattar försäkringar, tele, administration, del i overheadkostnader och övriga kostnader. Dessa kostnader är i huvudsak fasta och kan uppskattas till:

Administration	50 000
Försäkring	50 000
Tele	50 000
Overhead	200 000
Övrigt	100 000
Totalt	450 000

I det fall tjänster köps in för utsättning och skörd reduceras övriga kostnader med 50%

För de tre scenarierna; 10 000 ton, 100 000 ton och 200 000 ton motsvarar det en kostnad på

Tabell 8 Övriga kostnader vid olika scenarier

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Kostnad, kr/år	225 000	450 000	450 000
Specifik kostnad kr/tonTS	450	90	45

Tabell 11 visar de sammanlagda kostnaderna vid hamnleverans för investering i odlingssystem, utsättning, skörd och övriga kostnader.

Tabell 9 Sammanställning av kostnader för odling och skörd

Produktionskostnader, hamn	Scenario 1 (köpt tjänst)	Scenario 2 (egen båt + personal)	Scenario 3 (egen båt + personal)
Utsättning, kr/år	175 000	610 000	1 220 000
Underhåll	20 000	61 000	122 000
Skörd	340 000	2 150 000	2 400 000
Övriga kostnader	225 000	450 000	450 000
Total kostnad, kr/år	760 000	3 271 000	4 192 000
Biomassa, ton TS/år	500	5 000	10 000
Specifik kostnad, kr/ton TS	1520	654	419

6.4 Övriga kostnader

Produktionskostnaderna är det pris som produkten kan avyttras för exklusive avans och andra omkostnader. Detta pris kan jämföras med andra substrat som industriavfall och energigrödor.

I denna utredning ska vi även undersöka hela hanteringskedjan inklusive transport, process- och distributionskostnader, vilka beskrivs nedan.

6.4.1 Transporter till BGA

De sönderdelade och avvattnade ascidierna ska överföras från skördefartyget till lastbilstrailern. Via en slang på lastbilen pumpas slurryn över till trailern. Transportkostnaderna inkluderar fyllning (lastning) och lossning vid BGA, stopptider och eventuellt tvättning av fordonet.

I dessa beräkningar transporteras slurryn i genomsnitt 50 kilometer. Det innebär en kostnad på ca 40 kr/ton med en åkeritaxa på 900 kr/tim, vilket motsvarar en kostnad på 270 kr/ton TS.

Om fordonet som levererar ascidier till BGA kan lastas med biogödsel eller rötrest och reduceras hanteringskostnaderna något. Distributionskostnaderna sjunker med cirka 50 %. I beräkningarna förutsätts dock att inga returer går fulla med biogödsel eftersom det ställer höga krav på tvättning och logistikkedjan.

6.4.1.1 Pumpning

Ligger BGA i nära anslutning (max 2-3 km) till hamnen kan mobila slangar nyttjas för pumpning av materialet. Dessa mobila utrustningar används inom lantbruket för att förflytta flytgödsel med en TS-halt uppemot 10 %. Kostnad för pumpning av materialet i ett sådant system uppgår till 10 kr/ton (Ekdalens maskinstation). Med en TS-halt på 15 % motsvarar det en kostnad på 67 kr/ton TS.

6.4.2 Processkostnader

I praktiken kommer förmodligen substrat att avyttras till befintliga BGA som lider av substratbrist. Där är också betalningsviljan större, framför allt om gaspriset stiger. Leverans av ascidier kan ske från augusti

till november med ett tvåskördesystem. Under denna period levereras ascidierna färska, sönderdelade och avvattade till en TS-halt på 15 % (pumpbar slurry).⁷

Kapitalkostnaderna förväntas inte påverkas av detta tillförda substrat och kostnadsökningarna på driftsidan är relativt marginella. Energibehovet gällande bl a omrörning och hygienisering påverkas dock. Personal- och underhållkostnader förväntas emellertid vara konstanta.

6.4.2.1 Drift och underhåll

Biogasanläggningen använder elektricitet för att driva pumpar, omrörare, ventilation med mera. Dessutom används värme för att hetta upp det substrat som ska hygieniseras till minst 70°C samt för att bibehålla en processtemperatur i reaktorerna på cirka 37°C.

Behovet av elektricitet bedöms uppgå till 16 kWh/ton substrat (el). Behovet av värme bedöms uppgå till 50 kWh/ton (värme) under förutsättning att en del värme kan tas tillvara från biogödseln (via värmeväxlare).

Här antas att det finns en fliseldad panncentral i anslutning till biogasanläggningen som kan leverera värme för 450 kr/MWh.

Därutöver används elektricitet för att driva uppgraderingsanläggningen och för att komprimera den producerade fordonsgasen.

Uppgraderingsanläggningens energibehov varierar, bland annat beroende på teknikval. Här baseras beräkningarna på en vattenskrubber med en antagen elförbrukning på 0,35 kWh/Nm³ rågas som ascidierna genererar. Därutöver tillkommer komprimering som kräver ytterligare cirka 0,25 kWh/Nm³ rengas (CH₄) i beräkning avseende fordonsgasförsäljning. Kostnaderna påverkas inte av mängden ascidier. Tabell 12 visar den totala processkostnaderna.

Tabell 12. Processkostnader för rötning av ascidier

Processkostnader	kr/ton TS	Kommentar
Omrörning, mm (el)	84	El = 0,60 kr/kWh
Värme hygienisering	92	Värme = 0,50 kr/kWh
Värme rötchammare + övrigt	41	Värme = 0,50 kr/kWh
Uppgradering	70	35 Nm ³ rågas per ton våtvikt. 0,30 kr/ton våtvikt
Komprimering	233	19 Nm ³ CH ₄ /ton våtvikt
Summa	521	

De ökade processkostnaderna uppgår till 520 kr/ton TS.

6.4.3 Distribution

Eftersom spridning av biogödsel eller rötrest sker och kommer att ske i anslutning till BGA blir transporterna av biogödsel relativt korta. I dagsläget uppgår transportkostnaderna för BGA i Skåne till cirka 25 kr/ton för distribution av biogödsel. Det motsvarar en kostnad på 250 kr/ton TS.

⁷ Prissättningen påverkas bl a betalningsviljan som i sin tur påverkas av andra substratleveranser och dess priser samt gaspris. Det innebär att det är mer intressant att ta fram ett försäljningspris per ton VS eller per kWh som BGA kan ta ställning till.

Kostnader som är oberoende av transportavståndet (lastning, lossning, tvätt av lastutrymme), svarar för cirka 60 % av den totala transportkostnaden.

6.5 Totala hanteringskostnader

Genom att addera kostnaderna för alla hanteringsmoment framträder en total kostnad för hanteringskedjan. Tabell 13 visar att det finns stora skalfördelar. I scenario 1 med endast 500 ton TS per år ligger kostnaderna på över 2 800 kr/ton. I scenario 3 med 10 000 ton TS per år har kostnaden nästa halverats.

Tabell 13. Totala hanteringskostnader för hantering och rötning av ascidier

Aktivitet	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Enhet
Odling	1520	654	419	kr/ton TS
Transport	270	270	270	kr/ton TS
Rötning	521	521	521	kr/ton TS
Distribution	250	250	250	kr/ton TS
Övrigt, 10 %	258	171	147	kr/ton TS
Summa	2819	1866	1607	kr/ton TS

7 Lönsamhetsbedömning

Förmodligen kommer affären att bygga på leverans av avvattnade ascidier (15 % TS) till BGA. Lönsamhetsbedömningen bygger dock på hela hanteringskedjan.

Intäkterna ligger framför allt inom fordonsgasförsäljning, men också växtnäringsvärdet av rötresten bör ingå som en intäkt.

Lönsamhetsbedömningen utgår ifrån 3 scenarier:

- 10 000 ton färsk skörd per år (5 % TS)
- 100 000 ton - " -
- 200 000 ton - " -

För beräkning av intäkter har fordonsgaspriset för tryckt uppgraderad gas antagits till 7 kr/Nm³ biometan (6,89 kr/kWh). Försäljning av biogödsel till lantbrukare har uppskattats till 250 kr/ton TS.

7.1 Intäkter

7.1.1 Gasutbyte och gasvärde

I föreliggande studie antas att biogasanläggningen tillförs ascidier med en TS-halt på 15 %.

Enligt de genomförda röt försöken uppgår gasutbytet efter 25 dagar till i genomsnitt 300 Nm³ CH₄/ton VS (288 kWh/ton VS). Hälften av TS-halten är VS (volatile solids). Det innebär att 1 ton TS motsvarar en gasintäkt på 144 kWh * 6,89 = 992 kr.

7.1.2 Värdet av rötresten

Spridningskostnaden idag ligger på lantbrukssidan och förväntas göra så även framledes. Däremot ökar andelen växtnäringsämnen i rötresten och det kan påverka värdet av biogödseln. I beräkningarna värderas rötresten till 10 kr/ton (5 % TS), vilket motsvarar 250 kr/ton TS.

Intäkterna beräknas till 1300 kr per ton TS.

7.2 Kostnader

7.2.1 Produktionskostnader

Enligt tabell 14 ligger de rena produktionskostnaderna (odling, skörd och leverans vid hamn) mellan 1 520 till 420 kr/ton TS för de olika scenarierna. Högst kostnad för scenario 1 och lägst för scenario 3. Kostnaden per energienhet (kr/MWh) är också intressant för att kunna jämföra detta substrat med andra råvaror.

Tabell 14. Produktionskostnader av ascidier

Produktionskostnader, hamn	Scenario 1 (köpt tjänst)	Scenario 2 (egen båt + personal)	Scenario 3 (egen båt + personal)
Biomassa, ton TS/år	500	5 000	10 000
Specifik kostnad, kr/ton TS	1 520	654	419
Specifik kostnad, kr/MWh	1 013	436	280

Produktionskostnaden för energigrödor ligger runt 350-400 kr/MWh, vilket är jämförbart med scenario 2 och 3.

Tabell 15 visar produktionskostnader för odling av några utvalda energigrödor med utgångspunkt i Hushållningssällskapet produktionsgrenskalkyler.

Tabell 15. Produktionskostnader för odling av energigrödor

Gröda	kr/ton TS	kr/MWh	Kommentar
Majsensilage	1 200	343	Produktionskostnad
Vallensilage	1 450	414	Produktionskostnad

7.3 Produktionskalkyl och täckningsbidrag

En produktionskalkyl jämför intäkter med kostnaderna. Täckningsbidraget är ett beräknat värde som visar hur mycket en viss produkt bidrar med till att betala de kostnader som är gemensamma för alla produkter.

7.3.1 Produktionskalkyl för hela hanteringen

Genom att utvärdera hela hanteringskedjan inklusive process- och distributionskostnader ser bilden annorlunda ut. Tabell 16 visar en kalkylsammansättning av de tre olika scenarierna.

Tabell 16. Produktionskalkyler för tre scenarier för odling och rötning av ascidier

Produktionskalkyl (TB1)

	Enhet	Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3			
		Kvantitet	Pris, kr	Msek	Kvantitet	Pris, kr	Msek	Kvantitet	Pris, kr	Msek	
Intäkter											
Gasförsäljning	MWh	750	689	0,5	7 500	689	5,2	15 000	689	10,3	
Rötrest	Ton TS	500	250	0,1	5 000	250	1,3	10 000	250	2,5	
Summa intäkter				0,6			6,4			12,8	
Kostnader											
Odling	Ton TS	500	1520	0,8	5 000	654	3,3	10 000	419	4,2	
Transport	Ton TS	500	250	0,1	5 000	250	1,3	10 000	250	2,5	
Rötning	Ton TS	500	521	0,3	5 000	521	2,6	10 000	521	5,2	
Distribution	Ton TS	500	250	0,1	5 000	250	1,3	10 000	250	2,5	
Övrigt	Ton TS	500	258	0,1	5 000	171	0,9	10 000	147	1,5	
Summa kostnader		500	2 799	1,40	5 000	1 846	9,2	10 000	1 587	15,9	
Bruttoresultat				-0,8			-2,8			-3,0	
TB1	kr/ton TS			-1 516			-563			-304	

Resultatet visar att lönsamheten är låg för hela hanteringskedjan inklusive distributions- och processkostnader. Alla scenarier visar på ett negativt resultat. Det scenario som närmar sig balans mellan kostnader och intäkter är scenario 3. Där är underskottet cirka 3 00 kr per ton TS.

8 Analys och diskussion

8.1 Ekonomi och produktionskostnader

För hela produktionskedjan inklusive rötning visar resultatet på ett underskott, men de rena produktionskostnaderna ligger under de priser som råder för exempelvis energigrödor.

En mer rättvis bedömning jämfört med andra substrat som industriavfall, slakteriavfall och energigrödor är därför att bedöma kostnaden för biogasanläggningen för hantering och mottagning av dessa substrat. Vad gäller produktionskostnaden för energigrödor så ligger de i storleksordningen på 1 600 kr/ton TS, vilket inte inkluderar rötnings- och distributionskostnaderna. Omräknat i energienheter motsvarar det cirka 400 kr/MWh för en energigröda som majs eller vall. För ascidier, enligt scenario 3, ligger kostnaden under det och hamnar på ungefär 280 kr/Mwh.

Detta gör storskalig odling av ascidier mycket intressant med tanke på produktionskostnaderna och gasutbytet, oaktat andra effekter som kväverening. Substratet bör kunna avyttras till ett attraktivt pris för de större biogasanläggningarna i regionen (Skåne).

8.2 Rening av havet

Vid skörd av ascidier uppnås även en reningseffekt av den marina miljön. Den skördade biomassan utgörs av kväve till 5 % av TS och av fosfor till ca 0,5 % av TS. Detta innebär att det finns en mycket stor reningspotential kopplat till odling och skörd av ascidier. Om man t.ex. producerar biomassa enligt scenario 2 vilket motsvarar 5 000 ton TS per år, finns det en reningspotential på 250 ton kväve per år.

Det har gjorts stora investeringar i kvävereningsskapacitet på flertalet större reningsverk i Sverige. Det finns ett fortsatt stort behov av att bygga ut kvävereningen för att uppnå de internationella åtaganden som Sverige gjort bl.a. i den s.k. BSAP (Baltic Sea Action Plan). För att klara delar av de åtaganden som gjorts har man från Naturvårdverket tagit fram ett förslag på certifikatssystem för kväverening.

Det innebär att man skall kunna köpa och sälja kvävecertifikat mellan olika reningsverk. På så sätt uppnås ett effektivare utnyttjande av den totala kvävereningsskapaciteten. I underlaget till förslaget har man även diskuterat olika möjliga åtgärder för att minska kvävebelastningen och som kan inkluderas i ett certifikatssystem. Bl.a. omnämns musselodling som ett alternativ. Odling av ascidier har ur detta perspektiv samma typ av verkan, fast upptaget av kväve är betydligt större än vid odling av musslor.

I dagsläget finns det ingen etablerad betalningsmodell för denna reningseffekt. En antagen prisnivå på reningscertifikat ligger på ca 50 kr/kg kväve, vid införandet av systemet. Potentialen omräknat i reningseffekt per ton TS ligger då på ca 2500 kr/ton TS, vilket alltså motsvarar dubbelt så stort värde som gas och rötrest tillsammans.

8.3 Affärsutveckling och implementering

En annan aspekt som diskuterats i projektet är att sälja substrat till Danmark som har infört produktionsstöd för biogasen. De styrmedel som införts ger ett maximalt produktionsstöd på 414 DKK/MWh (0,49 kr/kWh) (Aulik, 2012). Med tanke på att produktionen av fordonsgas ligger på runt 0,60 kr/kWh och priset på gasen understiger 0,70 kr/kWh så innebär stödet att lönsamheten ökar

drastiskt. Det öppnar också upp för möjligheter för biogasproducenternas att betala betydligt mer för adekvata substrat.

I Danmark är priset på substrat betydligt högre och odling av ascidier skulle kanske kunna konkurrera med andra substrat på marknaden. Avståndet från norra Skåne är också relativt kort.

Den kraftfulla reningseffekt som uppnås vid odling och skörd av ascidier har idag ingen etablerad betalningsmodell. Det finns dock ett framtaget förslag på certifikatssystem för kväverening som har utarbetats av Naturvårdsverket. Förslaget är framtaget för att bidra till att Sverige kan uppnå åtaganden som gjorts inom ramen för Baltic Sea Action Plan vad gäller reduktion av kvävebelastning.

I första hand diskuteras försäljning av certifikat mellan ARV, men i förslag till det utarbetade förslaget har även diskuterats alternativa åtgärder för att minska kvävebelastningen. En indikerad prisnivå på 50 kr/kg kväve torde vara relativt realistisk. I det fall ascidieodlingen skulle kunna inräknas i ett certifikatssystem så skulle det innebära att odlingen skulle bli kommersiellt lönsam och leveranser av marin biomassa skulle kunna ske på prisnivåer som vore mycket attraktiva för producenter av biogas. Sannolikt skulle i så fall det även kunna vara kommersiellt motiverat att investera i nya BGA som i huvudsak producerar biogas från marin biomassa.

8.3.1 Tekniska innovationer

Produktionskostnaderna skulle kunna sänkas ytterligare med hjälp av ny skördeutrustning. Mer försök med samrötning skulle även kunna öka gasutbytet och därmed påverka intäktssidan.

Torrötning kan vara ett alternativ under vissa specifika omständigheter. I Norge har man lyckats avvattna ascidierna till 30-40 % med en enkel centrifug. Det är oklart hur det påverkar gasutbytet dock. Det innebär torrötning, vilket därmed kan sänka transportkostnaderna något. De studier som finns visar dock att torrötning är något dyrare än våtrötning.⁸

8.3.2 Implementering

Nästa steg i implementeringen av konceptet blir att starta ett referenssystem med odling ascidier, skörd och rötning till biogas i stor skala över en längre tidsperiod. I nuläget skisseras på en odling om ca 10 000 ton/år våtvikt (500 ton TS) som skall drivas över en tidsperiod om 3 år. Detta kommer att ge en bra bas för fortsatt expansion av konceptet, samtidigt som det kommer att ge möjlighet att utveckla effektivisera skördeteknik, logistik mm.

8.4 Slutsatser

Slutsatserna sammanfattas i nedanstående tabell.

- Goda odlingsförutsättningar utanför norra Skånes kust (Skälderviken, Höganäs)
- Gasutbytet ligger på cirka 300 Nm³ CH₄/ton VS (~3000 kWh/ton VS)
- De rena produktionskostnaderna för scenario 2 och 3 ligger under produktionskostnader för exempelvis energigrödor
- Storskalig produktion skulle därmed generera ett intressant substrat för biogasbranschen i södra Sverige
- Den totala ekonomiska analysen (inkl process- och distributionskostnader) visade dock ett negativt resultat för alla tre scenarier: (1) 500, (2) 5 000 och (3) 10 000 ton TS)
- Naturvårdsverket förslag om kvävehandel skulle förändra lönsamhetsbilden drastiskt
- Substratet skulle även kunna exporteras till Danmark som har helt andra produktionsförutsättningar för biogas

⁸ <http://www.jti.se/uploads/jti/R-357UN.pdf>

9 Referenslista

- Aulik, 2012. Daniel Aulik. Energigas Sverige. Personligt meddelande.
<http://energikontorsydost.se/userfiles/file/BiogasSydost/Danmarks%20st%C3%B6dsystem%20f%C3%B6r%20biogas%20-%20kort.pdf>
- Brandt, M., Ejhed, H., Rapp, L., 2008. Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet. 2006. **RAPPORT 5815 • MAJ**
2008. I. URL:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2jRFKzrxfwJ:www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5815-9_del1.pdf+Kust+och+hav+sk%C3%A5ne+n%C3%A4ringsbelastning&cd=1&hl=sv&ct=link. 2013-03-04.
- Carver, CE, AL Mallet, and B. Vercaemer. 2006. *Biological Synopsis of the Colonial Tunicates (Botryllus Schlosseri and Botrylloides Violaceus)*. Bedford Institute of Oceanography.
- Carver, C. E., A. Chisholm, and A. L. Mallet. 2003. "Strategies to Mitigate the Impact of Ciona Intestinalis (L.) Biofouling on Shellfish Production." *Journal of Shellfish Research* 22 (3): 621–632.
- Dybern, Bernt. I. 1965. "The Life Cycle of Ciona Intestinalis (L.) F. Typica in Relation to the Environmental Temperature." *Oikos* 16 (1): 109–131.
- Edman, A., 2011. UNDERSÖKNINGAR I ÖRESUND 2010. Hydrografi. I: URL:
<http://www.oresunds-vvf.se/Dokument/%C3%96VF%20rapport%202.pdf>. 2013-02-03.
- Hav i balans, 2010.I.
URL: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/10-Hav-i-balans-samt-levande-kust-och-skargard/>. 2013-04-03.
- Ganic, N., 2011. Avvattning av biologiskt slam – Vid Preemraff Göteborg
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/137194.pdf>
- Gustafsson, Jon Petter, and Lars Johnsson. 2004. *Vanadin i svensk miljö: förekomst och toxicitet*. Stockholm: KTH Mark och Vattenteknik.
- Havenhand, J.N., and IB Svane. 1991. "Roles of Hydrodynamics and Larval Behaviour in Determining Spatial Aggregation in the Tunicate Ciona Intestinalis." *Marine Ecology Progress Series. Oldendorf* 68 (3): 271–276.
- Lambert, C.C., and C.L. Brandt. 1967. "The Effect of Light on the Spawning of Ciona Intestinalis." *Biological Bulletin* 132 (2): 222–228.
- Lindahl, Odd. 2012. "MUSSEL FARMING AS AN ENVIRONMENTAL MEASURE IN THE BALTIC – FINAL REPORT". BalticSea2020.
http://www.balticsea2020.org/images/Bilagor/20120227_2181_final%20report_mussel farming.pdf
- Musselodling, 2004. En kretsloppsnäring för god miljö och hälsa. I. URL:
<https://www.havochvatten.se/download/18.64f5b3211343cffddb2800022568/1348912826217/Musselodling.pdf>. 2013-05-01. 2013-01-30
- Norén, 2012. Fredrik Norén. Marin Biogas. Muntligt meddelande, 2012-09-27.
- Norén, 2012. Fredrik, Katja Norén, Kerstin Magnusson, Patrik Börjesson, and Anne Gunnäs. 2012. "Slutrapport Ekologiska Effekter Av Ascidiöodling". Slutrapport inom Hasvmiljöanslaget. Lysekil: N-research. <http://www.n-research.se/pdf/Nor%C3%A9n%20et%20al%202012%20Ekologiska%20effekter%20av%20ascidieodling.pdf>
- Orienterande gödslingsförsök med rötade Sjöpungar. Petersen, Jens Kjerulf, and Ib Svane. 1995. "Larval Dispersal in the Ascidian Ciona Intestinalis (L.). Evidence for a Closed Population." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186 (1) (March 20): 89–102. doi:10.1016/0022-0981(94)00157-9.
- Petersen, J. K., and L. O. Loo. 2004. "Miljøkonsekvenser Af Dyrkning Af Blåmuslinger." <http://www.miljomusslor.tmbi.gu.se/ovrigt1.html>
- Stenberg, 2012. Stenberg, Olle. Marin biogas. Muntlig meddelande, 2012-10-01.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. 2012. "TOXICOLOGICAL PROFILE FOR

- VANADIUM". U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=276&tid=50>
- Wennberg & Lindblad, 2006. Sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljö. Rapport 5591. Juni 2006.
http://www.aquabiota.se/PublikationerSvEng/pdf/Wennberg_2006_SAKU.pdf
- Whittingham, DG. 1967. "Light-induction of Shedding of Gametes in Ciona Intestinalis and Molgula Manhattensis." *The Biological Bulletin* 132 (2): 292–298.
www.lansstyrelsen.se. A. I. URL:
<http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/Rapportkustzonwebb.pdf>. 2013-05-11.
- www.lansstyrelsen.se. B.
<http://www.lansstyrelsen.se/skane/sv/miljo-och-klimat/miljomal/miljomalsuppfoljning/ingen-overgodning/Pages/index.aspx>
<http://www.malmo.se/download/18.4d147ba1286e5bcbb4800014413/10+Hav+i+balans+samst+levande+kust+och+sk%C3%A4rg%C3%A5rd.pdf>. 2013-05-02.
- www.lansstyrelsen.se. C. I. URL:
http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2011/Tumlararrapport_reviderad_20110523_webbfil.pdf. 2013-02-05.
- www.toxicon.se. I. URL: <http://www.toxicon.com/Resources/NVSKK2001.pdf>. 2013-05-06.
- www.livetiskalderviken.se. I. URL: <http://www.livetiskalderviken.se/Visionmal.htm>. 2013-07-01.
- Öresundsvattensamarbetet, 2002. I. URL:
<http://www.oresundsvand.dk/reports/diverse/Grollegrund2002.pdf>. 2013-05-09.
- Öresundsvattensamarbetet, 2003. I. URL:
http://www.landskrona.se/Documents/Landskrona/Documents/Gamla%20dokument%20R-S/statrapp_sv.pdf. 2013-07-01.