

POTENTIELLA HÖGVARDESPRODUKTER FRÅN PRODUKTIONSVÅTMARKER

Potential high value products from production wetlands

av MIMMI LJUNGBERG, Hässleholmsgatan 5b, 214 43 Malmö,
e-post: mimmiljungberg@gmail.com



Abstract

As a part of the BUCEFALOS project, which aims to decrease the eutrophication in the Baltic Sea, production wetlands has been constructed in the creeks Tullstorpsån and Albäcksån in the municipality of Trelleborg in Scania. The plants in the wetlands are to be continuously harvested, thereby ensuring that the phytoremediation efficiency of the wetlands is managed at the same time as biomass is generated, from which biogas and fertilizers can be achieved. However, to increase the profitability of the project it is interesting to evaluate whether the biomass can be utilized for more lucrative high value products. This article summarizes information about research and possible application areas about four common wetland plants that are to be grown at the sites. In conclusion, some of the main findings are that there is a certain interest for locally produced common reed for thatching roofs, and that reed canarygrass is grown in Northern Sweden for production of bioenergy, mainly in the form of pellets. Moreover, that stonewort has an abundant content of the easily extracted growth hormone gibberellin (GA), which is extensively used internationally by farming industries. And supposedly that organic batteries before long will be produced in broad scale, made from a composite material fabricated partly from the unique cellulose of the green algae called mermaid's hair.

Key words – Production wetland, high value products, *Phragmites Australis*, *Chara vulgaris*, *Cladophora s.p.*, *Phalaris arundinacea*, gibberellic acid, polypyrrole cellulose

Sammanfattning

Som en del i BUCEFALOS-projektet, vilket syftar till att minska övergödningen i Östersjön, har produktionsvåtmarker anlagts på försök i Tullstorpsån och Albäcksån i Trelleborgs kommun i Skåne. Planen är att växterna i våtmarkerna ska skördas kontinuerligt för att därigenom underhålla våtmarkerna och förhindra att de blir mättade på näringsämnen. På så sätt försäkras man sig om att våtmarkerna förblir effektiva ur vattenrenings-synpunkt och man får dessutom biomassa som kan rötas till biogas och gödsel. För att öka lönsamheten i projektet är det av intresse att undersöka om biomassan kan användas till mer lukrativa högvärdesprodukter. Denna artikel sammanfattar information om forskningsrön och tillämpningsområden för fyra vanliga våtmarksväxter som är tänkta att växa i produktionsvåtmarkerna. Rapport pekar bland annat ut att det finns ett klart intresse för lokalproducerad vass till stråtak i regionen, och att rörfen odlas högre upp i landet för att användas till bioenergi i form av pellets. Tillika att kransalger innehåller mycket höga halter av tillväxthormonet gibberellin (GA), vilket ska vara lättextraherat och används i stor omfattning av internationella odlingsindustrier. Troligen kommer det inom kort finnas en storskalig tillverkning av miljövänliga biobatterier, gjorda av ett kompositmaterial framställt bland annat av grönalgens unika cellulosa.

Inledning

Trelleborg är Sveriges sydligaste kommun, beläget på en av landets bördigaste jordbruksmarker. Slättlandskapets fält och åkrar sluttar mjukt ut i havet, där söderläget

med rik solinstrålning över den långgrundade havsbotten i kombination med näringsämnen från åkrarna orsakar massiv alg tillväxt. Ute till havs leder denna övergödning till bottendöd, eftersom stora mängder syre förbrukas när biomassan bryts ner, och vid kusten belamras

stränderna med illaluktande tångmassor. Förutom de komplexa och svåröverskådliga miljöproblem som detta vållar, orsakar det också direkta inkomstbortfall för både fiske- och turistnäring.

Tillsammans med Region Skåne och Malmö Stad deltar Trelleborgs kommun i det EU-finansierade projektet BUCEFALOS, som pågår från hösten 2012 och avslutas under 2015 och vars syfte är att minska övergödningen i Östersjön. Detta ska uppnås genom optimering och utvärdering av en rad nyskapande projekt, inkluderande musselodlingar i Öresund, odling av mikroalger i reningsverk, uppsamling av tång på stränderna, samt anläggning av produktionsvåtmarker. Den övergripande tanken i projektet är att låta de överflödiga näringsämnen ackumuleras i biomassa. Biomassan samlas sedan in och rötas till biogas och biogödsel. På så sätt flyttas substraten från den plats där de orsakar problem till en plats där de istället utgör en resurs (Trelleborgs kommun, 2013).

Produktionsvåtmarker i Trelleborgs kommun

Det senaste århundradet har stora markarealer dränerats för att bereda jordbruksmark runt om i världen. Där det förut fanns naturliga våtmarker, träsk och meandrande vattendrag finns nu torrlagd åkermark kantad av raka diken och utträtade strömfåror för vattendragen, och vattnet har därmed kortare och snabbare väg att rinna till havet. Snabbt rinnande vatten för i större utsträckning med sig föroreningar och näringsämnen, jämfört med vatten som långsamt letar sig fram genom landskapet. Där vattnet förut renades på naturlig väg genom absorbering i svämzoner, sedimentering i stillastående gölar och långsam filtrering genom våtmarker, rinner det numera mer eller mindre rakt ut i havet, och detta är en av de faktorer som lett fram till dagens problem med övergödning.

Detta har på senare tid uppmärksammats, och våtmarker har därför börjat återanläggas på många ställen runt om i världen. Vattnet som passerar genom våtmarken renas från både näringsämnen som kväve och fosfor, såväl som från tungmetaller och andra gifter. Studier har visat att våtmarker rentav kan vara effektivare än reningsverk avseende att avlägsna läkemedelsrester från vattnet (Teixeira et al., 2011). Fördelarna med våtmarker har konstaterats vara många: de är förhållandevis billiga att konstruera jämfört med andra vattenreningsanläggningar, de är lätta att hålla i drift, kan klara många typer av förorenat vatten, producerar jämförelsevis lite slam, ökar den biologiska mångfalden och är ett naturligt och förskönande inslag i landskapet, för att nämna några. De huvudsakliga utmaningarna med våtmarksanläggning består i att kunskaper och dokumentation saknas om hur man bäst optimerar våtmarken, bland annat

avseende utformning, vilka plantor som med fördel ska växa där och hur våtmarken ska underhållas (Haarstad et al., 2012).

En produktionsvåtmark är en våtmark som anläggs i syfte att regelbundet skörda och bortforsla biomassan med avsikt att undvika att våtmarken blir mättad på näringsämnen, vilket den annars tenderar att bli efter en viss tid, med förminskad vattenreningsförmåga som effekt (Gradin, 2014).

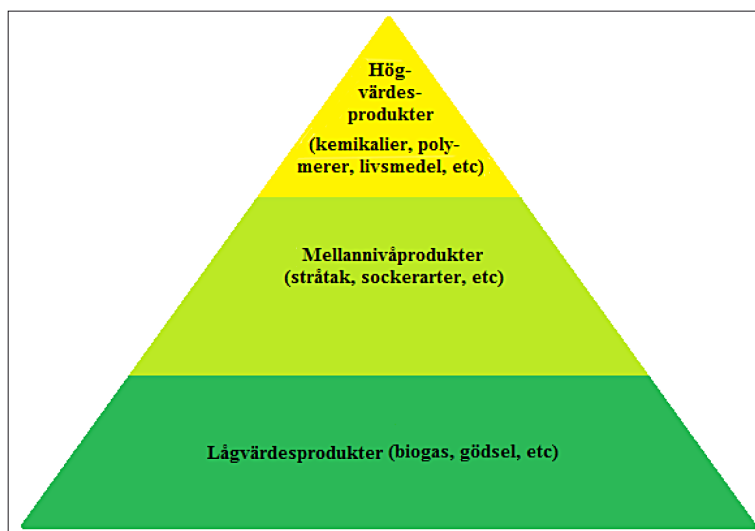
I Trelleborgs kommun har produktionsvåtmarker nyligen anlagts som försöksexperiment i Tullstorpsån och Albäcksån. Våtmarkerna är »homogent utformade» för att göra det möjligt att köra i dem med traditionella skördemaskiner. Med detta avses plan botten och lågt vattenstånd, svämzoner, huvudsakligen beväxna med övervattensvegetation, utom i en djupare fåra, beväxnen med undervattensvegetation, där ett något högre vattenstånd hålls permanent.

Tanken är att biomassan ska skördas drygt två år efter plantering och därpå rötas till biogas och gödsel i biogasverk (Åbjörnsson, 2013). Förutom att borttransporteringen av biomassa förhindrar att våtmarken blir mättad på näringsämnen finns studier som visar att artrikedomen ökar om växterna skördas regelbundet (Escutia-Lara et al., 2012). På detta sätt ska våtmarkerna hållas myllrande och på ett effektivt sätt minska de näringsämnen som läcker ut och orsakar övergödning i Östersjön, på samma gång som biogasverken får substrat och åkarnas gödsel. Målet är att skapa ett slutet kretslopp och därmed bidra till en mer hållbar samhällsutveckling.

Högvärdesprodukter från produktionsvåtmark

Haken med ovan beskrivna projekt är att produktionsvåtmarker fortfarande är så pass nytt att marknaden inte hunnit anpassa sig. Det finns därmed inte skördemaskiner som är lämpade för de specifika förhållanden som råder i en våtmark, och det finns fortfarande för lite data och kunskaper kring hur våtmarkerna bäst ska utformas för att på samma gång optimera skörden och alla de värden man samtidigt vill få ut av produktionen, nämligen tillväxt av biomassa, vattenrening och biologisk mångfald. Konsekvensen är att biomassan kostar mer att skörda än vad den ger i tillbaka i form av biogas och gödsel. En möjlig lösning på detta problem är att hitta andra möjliga och mer lukrativa användningsområden för biomassan. Biogas och biogödsel är i sig samhällsnyttiga och viktiga produkter, men med ett förhållandevis lågt ekonomiskt värde. De ämnen som tas tillvara vid rötningen är kemiskt okomplicerade: huvudsakligen rör det sig om kol i form av metangas, kväve i form av ammonium och fosfor i form av fosfat. Alla nämnda är små och enkla basmolekyler som spjälkas ur biomassans större och mer komplicerade molekyler, vilka i sitt ur-

Figur 1. Produktpyramiden illustrerar sambandet mellan värde och mängd hos ämnena i biomassan: I botten finns den stora mängden med lågt ekonomiskt värde. Högre upp i pyramiden återfinns utvalda delar biomassa till något högre ekonomiskt värde, och högst upp i toppen finns de små och ovanliga guldklimparna.



sprungliga skick är i form av polymerer: proteiner av hundratals eller tusentals aminosyror, cellulosa av långa strängar sockerarter, lipider av triglycerider och fettsyror. Utöver sina biologiska byggstenar innehåller växter och andra levande varelser också unika substanser som gör att de klarar av att anpassa sig efter förändringar i habitatet eller försvara sig mot parasitangrepp med mycket mera. Exempelvis är många våtmarksväxter välkända för att ha mycket god tolerans mot föroreningar och höga halter tungmetaller i vattnet där de växer. Andra exempel är alger och annan undervattensvegetation som innehåller högre koncentrationer och bättre kvalitet av näringsämnen jämfört med landväxter. Dessutom visar sig sjögräsen många gånger även innehålla preparat med antibiotiska egenskaper som skulle kunna användas i utvecklingen av nya mediciner, framför allt mot multiresistenta bakterier. Potentiellt borde det alltså gå att utvinna och utnyttja fler ämnen ur biomassan än de lågvärda ämnena metan, ammonium och fosfat. Processen kan beskrivas med en produktpyramid, se figur 1, där de unika molekylerna som bara finns i små men värdefulla kvantiteter placeras i toppen. I denna grupp ingår kemikalier och polymerer som kan användas för framställning av exempelvis läkemedel, elektronikkomponenter eller näringstillskott. En nivå ned i pyramiden finns en större grupp med mellanvärdesprodukter, där biomassan kanske används relativt obehandlad som råvara till stråtak, eller raffinerats till sockerarter som kan användas för framställning av biobränsle. Biogasen och biogödseln återfinns sedan längst ner i pyramiden – den absolut största kvantiteten biomassa som sluter kretsloppet sedan allting annat tagits tillvara.

Växterna i produktionsvåtmarkerna

De växter som planteras i produktionsvåtmarkerna är etablerade våtmarksväxter, utvalda för att efterlikna naturliga förhållanden och på grund av sina vattenrenande egenskaper. I Tullstorpsån planterades våren 2014 övervattensvegetation av arterna bladvass (*Phragmites australis*), smalkaveldun (*Typha angustifolia*), bredkaveldun (*Typha latifolia*), jättegröe (*Glyceria maxima*) och rörflen (*Phalaris arundinacea*) (Prade, 2014). I Albäcksåns produktionsvåtmark planterades vass och undervattensväxten kransalg (*Chara*, troligen *Chara vulgaris*) (Åbjörns-son, 2014). I genomgången nedan återfinns även grönalgen *Cladophora sp.*, då detta är en alg som tenderar att etablera sig i de flesta långsamt rinnande söt- och bräckvatten i Sverige. Fokus ligger i studien på de tre växterna bladvass, kransalg och grönalg, bland annat därför att de är vanligast förekommande. Även rörflen utreds i kort- och i detalj i denna artikel (kortare genomgångare finns dock i litteraturstudieversionen av denna artikel, som ursprungligen genomfördes på uppdrag av Trelleborgs kommun sommaren 2014).

Bladvass (*Phragmites australis*)

Phragmites australis, på svenska bladvass eller rörvass, är Nordens största gräspenn och växer i diken, våtmarker och sjöar. Stråna blir vanligen 1–4 m höga och växer på en jordstam, rhizom, som får fler och fler strån ju äldre plantan blir. Från stråna skjuter grågröna breda blad och

växten blommar med en vippliknande och gråskimrande brunviolett blomma i augusti–september. Till utseendet är bladvassen lätt att förväxla med rörflen, men till skillnad från rörflen, som har helt släta blad, har bladvassen ett så kallat bett mitt på bladet. Bladvassen trivs i näringsrika jordar och är ofta en indikator på övergödning (Naturhistoriska riksmuseet, 2009). *Phragmites australis* växer i stora delar av världen och betraktas ofta som en invasiv art som utkonkurrerar andra växter. Dess biomassa har använts och används alltjämt som material till tak, korgar, mattor, kvastar med mera (Sathisuksonah et al., 2009).

Många delar av vassplantan är ätliga. Historiskt har dess jordstam malts och använts till nödbröd, och de späda plantorna på våren passar som fiberrikt djurfoder (Naturhistoriska riksmuseet, 2009). Ännu bättre lämpar sig dock bladvassen för fytoemediering, då det är en tålig växt som effektivt renar det förbiströmmade vattnet från både näringsämnen, som kväve och fosfor, och tungmetaller, som t ex kadmium, bly och koppar. Vid provtagning kan bladvassen fungera som biologisk monitor på hur förorenat ett vatten är (Alfadul och Al-Fredan, 2012). Dess lämplighet som livsmedel och foderväxt kan därmed ifrågasättas, åtminstone i de fall vassen kommer från bestånd där vattnet misstänks innehålla olämpligt höga halter tungmetaller. Emellertid gör kombinationen god fytoemedierande förmåga och riklig produktion av biomassa att bladvass lämpar sig utmärkt för att odlas i produktionsväxtmarker.

Stråtak

Traditionellt har många hus på bygderna i regionen kring Trelleborg haft stråtak av halm eller vass. Flertalet hus har fortfarande sina stråtak kvar, även om många tak tenderar att läggas om med takpapp, plåt eller tegel. Anledningarna är framför allt att stråtak är något dyrare att lägga och att de tidigare inneburit en brandrisk. Med dagens teknik är dock brandrisken eliminerad och stråtak anses inte längre vara brandfarligare än andra tak, av vare sig takläggare eller försäkringsbolag (se bland annat Sepatec, <http://www.sepatec.dk/>).

Att lägga stråtak är ett genuint hantverk som verkar hållas levande både i Skåne såväl som i bland annat Danmark, Polen, England och Holland. Bara i Skåne går det snabbt att hitta en handfull seriösa stråtakläggare med gedigen erfarenhet. Vid kontakt visar det sig att det är viss väntetid på att få sitt tak lagt, då flera av takläggarna är uppbokade. Efterfrågan på stråtak är med andra ord inte obefintlig.

Vassen till stråtak skördas på vintern från vilda bestånd och ska vara ettårig, rak och fri från blad och ogräs och med 150–200 cm långa strån. Varken rörflen eller kaveldun är lämpliga att använda, då deras strån inte är

tillräckligt raka. Vassen buntas ihop till kärvar som har en tjocklek på 20–25 cm. En kärve kostar 25–28 kr, och det går åt ungefär tio av dessa per kvadratmeter tak. Vassen kan även användas till att göra vassmattor, både för dekoration och som isolering och stadgande material i väggar, men produktionskostnaderna för att tillverka dessa i Sverige överstiger vida kostnaden för att importera samma vara (Ooms, 2014).

Takläggaren och vassdistributören Adam Ooms uppger att ett tätt vassbestånd kan ge en avkastning på 2000 kärvar per hektar, och att en uthållig och van vasshuggare med lie kan skörda en 60–80 vassbuntar på en dag. Att låta vasshuggare gå in till fots och manuellt skörda biomassan skulle lösa de problem med framkomlighet och förstörda rotfilar som de tillgängliga skördemaskinerna i dagsläget orsakar (Wennberg, 2012). I Sverige nämns av takläggarna endast sjön Tåkern i Östergötland som ett vasstag, och i övrigt importerar vassen, vanligen från Kina och länder i Östeuropa. Ett par takläggare uttrycker vid förfrågan intresse för mer närproducerad vass. Lokalproducerat är ju ett begrepp som attraherar miljömedvetna konsumenter, och på samma gång verkar det finnas både efterfrågan på vasstak såväl som ett flertal aktiva takläggare och vassdistributörer i regionen. Möjligheterna att använda bladvassens biomassa till stråtak borde därmed tas i reellt övervägande.

Bioraffinering

Bladvassens stjälek är till cellulosainnehåll och fiberlängd lik lövträd i struktur, i det att den består till 50 % av cellulosa och att fibrerna är mellan 0,8 och 3,0 mm långa. Det går därmed att göra papper av biomassan, och det papper som vanligen görs är en brun, papyrusliknande variant (PFAF, 1996). Pappersmassa tillverkad från fiber från annan råvara än skog är en industri på väg att expandera, framför allt i Kina där trä och återvunnet papper inte räcker till. Av den icke träbaserad pappersmassan utgör substrat från vilt växande växter så som bambu och vass en knapp femtedel. Resterande substrat kommer från biprodukter från jordbruket (PPI, 1998).

Precis som från andra cellulosamaterial går det att utvinna sockerarter ur bladvassens biomassa. U.S Environmental Protection Agency (EPA) betraktar bladvassen i USA som en invasiv skadeväxt vars utbredning bör hållas tillbaka. Sathisuksonah et al. (2009) framhåller att denna ogräsbekämpning med fördel kan kombineras med att använda den skördade biomassan som substrat för bioraffinering. De jämför bladvassen med rödhirs, som är en prärieväxt som används för biobränsleproduktion i Nordamerika, och konstaterar att bladvassen i jämförelse producerar 3–5 gånger så mycket biomassa per ytenhet och år, och ju dessutom växer i våtmarker och kan rena vatten på samma gång. I studien raffinerar

torkad biomassa från vass till sockerarter, med huvudsakligt utbyte av glukos (88 % rent) respektive xylos (71 % rent) (Sathisuksonah et al., 2009).

Bränslen som raffinerats ur biomassa är i nuläget sällan energi- och kostnadseffektiva. Dock förutspås efterfrågan på biobränslen komma att öka alltmer inom en snar framtid. Samtidigt förutspås rent vatten bli en alltmer svårtillgänglig resurs. Detta har gjort att allt fler har fått upp ögonen för vassens synergieffekter: en vattenrenande växt som fungerar som råvara för bränsleproduktion. Dessutom är den lättodlad och breder av sig själv ut sig längs kusterna och i vattendragen till följd av den omfattande övergödningen. Till följd av detta pågår många forsknings- och utvärderingsprojekt för att bättra ta tillvara vassens potential. Kuhlman et al. (2013) konstaterar att det finns tre sätt att omvandla vass till energi: direkt förbränning för att generera elektricitet eller värme; raffinering till sockerarter som sedan kan användas till etanol eller transesterifieras till diesel; och slutligen rötning till biogas tillsammans med andra substrat så som exempelvis slam från reningsverk. Av dessa tre utmärker sig den sistnämnda, biogasen, som praktisk i det avseende att den kan utföras i liten skala och därmed förläggas till små lokala anläggningar, till skillnad från de båda andra som kräver storskaliga anläggningar.

Risén et al. (2013) utvärderade i en omfattande studie i Kalmarregionen de lokala vassbeståndens potential för biogasframställning, samt vad rötning av vass har för energieffektivitet och hur dess miljöpåverkan ser ut. I studien konstateras bland annat att 220 m³ metangas kan utvinnas per ton VS, och att energiinsatsen är 40 % mot vad som utvinns. Vidare uppskattas ett ton vass motsvara 40 L petroleumekvivalenter i nettoenergiproduktion, och att 60 % av kvävet och i princip all fosfor i biomassan kan återanvändas till gödsel. En hektar vass uppskattas ha potential att varje år återföra kväve till 0,7 hektar jordbruksland samt fosfor till 0,5 hektar. En annan fördel med vass är att den är förhållandevis näringsfattig jämfört med andra biogassubstrat, och därför kan bidra med en minskad N/P-kvot i rötresten, vilket är önskvärt. Vad gäller miljöpåverkan reduceras växthusgasutsläppen med 80 % för biogas från vass jämfört med fossila bränslen.

Forskningsbaserad potential

Cyanider och indolalkaloider

Bladvassens olika delar innehåller ett spektrum av serotoninderivat och dylika ämnen, framför allt rhizomerna, som påvisats innehålla exempelvis gramin, DMT och bufotenin. Som exempel kan nämnas extraktion av ett känt serotoninderivat med konstaterat hög antioxidativ aktivitet, som eventuellt kan användas som kosttillskott. Preparatet (N-[2-(5-hydroxy-1H-indol-3-yl)ethyl]-p-

couaramide) har även påvisats ha antiinflammatoriska, antibakteriella och antimykotiska (svampdödande) egenskaper (Grigoreva et al., 2013). Tidigare försök har gjorts att utvinna ämnet ur färgtistel och bambu (Zhang et al., 1997).

Vidare har Fossen och Andersen (1998) isolerat tre typer av cyanider från bladvassens blommor (3-O-(6-O-succinyl)-glucopyranoside, 3-O-(6-O-malonyl)-glucopyranoside, respektive 3-O-glucopyranoside, i proportioner om 1:32:17). Vid sökning i Sigma Aldrichs databas ges ett flertal träffar på substanser med snarlika namn som finns i beställningssortimentet från 600 kr/g till uppemot tusentals kronor för samma mängd.

Kransalg (*Chara vulgaris*)

I Albäcksån har förutom övervattensvegetation planterats in kransalger av släktet *Chara*. En exakt artbestämning har inte gjorts, men det är troligt att det är fråga om arten *Chara vulgaris* (Åbjörnsson, 2014), en kransalg (omnämns ofta även som grönalg) som trivs i både bräck- och sötvatten ner till 1 m djup. Dess utseende liknar kärlväxternas i det att den har en stam som växer rakt upp med förgreningar. Plantan blir upp till 50 cm hög och dess stam och grenar har en tjocklek på 0,5–1 mm i diameter (Algae base, 2002). Kransalgen är vanligt förekommande i de tempererade zonerna (Encyclopedia of life, 2014) och trivs bäst i kalkrika vatten. Ofta är plantans delar täckta med ett lager kalk, vilket ger en grynig känsla om man gnuggar växten i händerna. Kransalgsbestånd gynnar den biologiska mångfalden genom att erbjuda skydd åt invertebrater och småfiskar. Även om *Chara* är något känsligare för föroreningar än andra våtmarksväxter, som exempelvis vass, så är växten förhållandevis lätt att plantera ut och få att etablera sig. En botten med en matta av kransalger fungerar därmed också som något av en indikator på att vattnet är förhållandevis friskt, och renar miljön ytterligare genom sin goda förmåga att ta upp näringsämnen direkt ur vattnet (Åbjörnsson, 2014).

Chara vulgaris har också påvisats ha allelokemiskt hämmande effekt på vissa typer av giftiga cyanalger, och kan därmed med fördel planteras för att på naturlig väg och utan bekämpningsmedel förhindra algblooming i våtmarker och dammar (Zhang et al., 2009).

Tillväxthormonet gibberellin (GA₃)

På 1920-talet undersökte den japanske forskaren Kurosawa orsaken till att varför vissa risplantor växte sig mycket större än övriga plantor, ett fenomen kallat »foolish seedling». Kurosawa fann att de infekterade plantorna var angripna av svampen *Gibberella fujikuroi*,

vilken utsöndrar ett ämne som stimulerar planttillväxten. 1939 isolerades ämnet och identifierades som ett tillväxthormon som kom att kallas gibberellin (NOP, 2011). Under 1900-talet har forskningen kring gibberelliner fortsatt och i dagsläget är ett hundratal varianter identifierade. Man har funnit att gibberelliner förekommer i varierande halt i en mängd kärllväxter och även i bakterier och svampar (se t ex MacMillan, 2001). Forskningen kring gibberelliner i alger är mycket mer knapphändig än kring kärllväxter, men *Chara vulgaris* har visat sig innehålla mycket höga koncentrationer av GA₃: en GA-halt på omkring 58 mg GA/kg våtvikt i har påvisats i *Chara vulgaris*, att jämföra med 7.8 µg GA/kg våtvikt i mandarinblommor (Kaźmierczak, 1999). I svampen *Gibberella fujikuroi* finns gibberellin i koncentration om 100–250 mg/L våt celluspension (Candau et al., 1992).

Gibberellinhormonet ökar planttillväxten och fördröjer mognadsprocessen. Hos många växter finns tillväxthormonet lagrat i fruktkärnorna, varför det hos exempelvis kärnfria vindruvor finns ett klart behov av att tillsätta hormon utifrån. I stort sett alla amerikanska odlare av kärnfria vindruvor använder GA₃ på sina vindruvor: enbart i Kalifornien uppgår den årliga användningen till ungefär 8 ton (Taiz och Zeiger, 2010). Gibberellin används på samma sätt för att öka växtkraften och minska defekter hos exempelvis sockerrör och citrusfrukter, liksom för att fördröja mognadsprocessen hos mängder av exotiska frukter, bland annat bananer, så att de hinner skeppas till återförsäljarna utan att bli övermogna (NOP, 2011). Även florister använder gibberellin för att öka hållbarheten på snittblommor, samt för att gro frön och driva fram större växter (Wright, 1993). Gibberellin används också som tillsatsmedel i öl för att påskynda maltningsprocessen (Machado och Soccol, 2008). 1973 fanns gibberellin tillsatt i 70 % av all brittiskt producerad malt (NOP, 2011). Den kommersiella användningen av gibberellin, främst GA₃, uppgår till omkring 50 ton per år (siffran inkluderar dock inte Kina då uppgift saknas) (Taiz och Zeiger, 2010).

United States Department of Agriculture lät göra en National Organic Program (NOP)-utredning av gibberellin, i vilken konstateras att ämnet verkar tämligen ofarligt: låg giftighet har rapporterats efter djurförsök och inga rapporter har inkommit om att ämnet skadar miljön eller visat sig farligt för människor. Ämnet bryts ner till 85 % på 5 dagar och till 90 % på 10 dagar. Dessutom benämns gibberellin vara mer effektivt än liknande existerande ämnen, däribland auxin och etylen, vilka för övrigt har kvalificerats som syntetiska ämnen och därmed inte är godkända för ekologisk odling enligt amerikansk standard. Även gibberellin kan framställas på syntetisk väg, men i USA är detta inte önskvärt av samma skäl (NOP, 2011).

GA₃-preparat är utredda och godkända för ekologisk odling i USA enligt NOP. Inom EU är preparat innehållande GA₄ och GA₇ tillåtna som växtskyddsmedel förutsatt att man har särskild dispens (EG 2008/127). I Sverige görs enligt Kemikalieinspektionen omkring 20–30 dispensansökningar om året, exklusive eventuella forskningsansökningar (Isaksson, 2014) och användningen inom skogsbruk uppgår till omkring 100 kg/år vardera av GA₄ och GA₇ (KemI, 2012). Exakt vad som ligger till grund för restriktionerna och att användningen inte är mer utbredd i Sverige är oklart. Troligtvis beror det till största del på okunskap om ämnets existens, då Sverige inte självt producerar gibberellinkrävande produkter så som kärnfria vindruvor, bananer och exotiska snittblommor.

Forskningsbaserad potential

Alternativ till antibiotika och desinfektionsmedel från Chara vulgaris

Antibiotikaresistens är ett växande problem, och stora resurser läggs ner på att hindra spridningen av multi-resistenta bakterier och att försöka få fram alternativa läkemedel. Det är känt att alger ofta innehåller bakterie-hämmande eller på andra sätt antibiotiska ämnen, men kunskaper härom är ännu begränsade. Cai et al. (2013) utvärderade antimikrob aktivitet hos extrakt från *Nitellopsis obtusa* och *Chara vulgaris*. Sex olika bakteriesträngar utsattes för extrakten, som visade sig ha mycket hämmande effekt på de gram-positiva strängarna *S. aureus* och *B. subtilis*, vilka enligt författarna är resistenta mot flera typer av etablerad antibiotika. Cai et al. (2013) argumenterar för att det finns stor potential till att utvinna antibakteriella substanser ur de båda algsorterna.

Forskning på kransalgens motorproteiner

Aktin är ett protein som finns i cytoplasman i så gott som alla eukaryota celler, där det bland mycket annat sköter transporter och cellrörelser tillsammans med motorproteiner som t ex myosin (Reisler och Egelman, 2007). Forskningsfältet kring aktin, motorproteiner och cytoplasmisk strömning (fritt översatt från *cytoplasmic streaming*) är tämligen aktivt men också svårtillgängligt för den oinsatte. Klart är i varje fall att kransalgen *Chara* spelat en väsentlig roll redan från början inom denna forskningsgren, och att det fortfarande forskas kring *Charans* cytoplasmaproteiner.

Chara är till utseendet lik kärllväxter och en av de vattenarter som är mest lik landväxterna, men är likheterna till trots klassad som en alg. På cellnivå skiljer sig kransalgen markant från kärllväxterna, bland annat genom storleken på cellerna, som kan vara 1 mm i diameter och upp till 10 cm långa (Woodhouse och Goldstein, 2013). Dessa extremt stora celler har länge fascinerat forskarna,

då det ju måste krävas finurligt utvecklade transportmekanismer för att hålla hela växten vid liv. Aktin-myosin-systemet upptäcktes i och med forskningen på kransalgens transportmekanismer (Shimmen och Yokota, 1994). Forskningen kring aktiner har i sin tur pågått i mer än 60 år (Reisler och Egelman, 2007). Higashi-Fujime et al. (1995) utvann och isolerade ett motorprotein ur kransalgceller och konstaterade att *Charans* celler har unika egenskaper. Denna studie har bekräftats och följts upp av bland andra ett flertal andra forskargrupper, däribland Malinowski et al. (2002), som undersökte eventuella samband mellan kransalgens effektiva aktin-myosinsystem och den höga förekomsten av tillväxthormonet gibberellin, GA₃ (för mer om gibberellin, se avsnitt ovan).

Grodäggcellsubstitut i labbstudier

Inom medicinsk forskning finns olika system för att undersöka signalering i jonkanaler, varav ett väletablerat är att använda äggceller från grodarten *Xenopus*. Äggcellerna är dock begränsat effektiva, besvärliga att hålla i labb och dessutom dyra. Av dessa skäl undersökte Lüring och Witzemann (1995) om grodäggcellerna går att ersätta med celler från kransalgen *Chara corallina*. Resultatet var positivt och slutsatsen i deras artikel var att de hittat ett effektivt lågkostnadsalternativ till *Xenopus*. Sedan denna studie genomförts verkar dock inget mer ha hänt på området. En enda referens till artikeln påträffas i databassök. Denna referens återfinns i en litteraturstudie (Miller och Zhou, 1999) om funktion, användning och möjliga alternativ till grodäggceller.

Grönalgen grönslick (*Cladophora sp.*)

Grönalgen *Cladophora sp.*, på svenska även kallad grönslick, är ett vanligt förekommande sjögräs som trivs bäst i sötvatten men även växer i saltare vatten. På engelska kallas den passande nog mermaid's hair, vilket är deskriptivt då det är en fintrådig alg som växande på stenblock under vattnet inte alls är olik grönt hår. *Cladophora sp.* kan flyta runt fritt i vattnet, men trivs allra bäst fäst på någon typ av hårdare substrat i vågsvallet eller i rinnande vatten. Eftersom den har samma färgpigment som landlevande växter kan den inte leva på lika djupt vatten som röd- och brunalger, utan etablerar sig nära vattenytan där ljusinstrålningen är riklig. Fintrådiga alger har stor kontaktyta mot vattnet och kan därför ta upp näringsämnen mer effektivt än andra alger. Rik förekomst av fintrådiga alger fungerar därmed som en indikator på övergödning; med effektivt näringsupptag och snabb tillväxt tenderar de att utkonkurrera den mer långsamt växande blåstången (Naturhistoriska Riksmuseet, 1998a).

Det har varit känt sedan 1900-talets början att många sjögrässorter innehåller medicinskt intressanta substanser, och på senare år har intresset för desamma formligen exploderat inom läkemedelsforskningen. Det är nu allmän kändedom att ett flertal ämnen med brett användningsområde kan extraheras eller syntetiseras från olika sjögrässorter. En färsk studie påvisar att *Cladophora rupestris* lipidinnehåll är en rik substratkälla till både antibiotiska preparat, kosttillskott och bioplast (Stabili et al., 2014). Rön tyder också på att *Cladophoras* cellulosa har unika egenskaper vilket kan utnyttjas inom så brett skilda områden som batterier och dialysmembran (se avsnitt nedan).

Cladophora sp. planteras inte ut aktivt i vare sig Albäckssån eller Tullstorpsån, men då den är en vanligt förekommande växt som tenderar att snabbt etablera sig i långsamt rinnande näringsrikt sötvatten, kan den ändå lugnt förväntas vara en av de dominerande arterna i våtmarkerna. På grund av sitt effektiva näringsupptag och sin potentiellt intressanta biomassa är den också tacksam att ha i produktionsvåtmarker.

Forskningsbaserad potential

Cellulosa med unika egenskaper

Vid Uppsala universitet finns en grupp forskare (se Strömme med flera på Institutionen för teknikvetenskaper) som verkar ligga i framkant vad gäller *Cladophoras* cellulosa. Med denna har man upptäckt att det går att framställa ett semipermeabelt kompositmaterial med mycket hög porositet, som tack vare sina unika egenskaper ser ut att kunna få många tillämpningsområden.

Cellulosa ingår som hjälpämne i de flesta läkemedelstabletter och dess egenskaper är av stor relevans för hur den aktiva substansen tas upp av kroppen. Mihranyan et al. (2003) undersökte sambandet mellan ett par av dessa egenskaper och graden av kristallinitet hos fem sorters mikrokristallin cellulosa (MCC). Den studerade cellulosan framställdes under studien ur olika substrat, varav ett var *Cladophora sp.* (fullständigt tillvägagångssätt för syntetiseringen finns beskrivet i rapportens Material- och metodavsnitt). Resultatet visade på att cellulosa materialet framställt från *Cladophora sp.* var flera gånger bättre än de övriga materialen på samtliga testade egenskaper och studien slutleds med att

»A unique combination of high porosity, surface area, and crystallinity distinguishes *Cladophora* cellulose powder from any other cellulose hitherto reported.»
(Mihranyan et al., 2003)

Denna artikel ser sedan ut att ha blivit startskottet till omfattande forskning runt om i världen, bland annat inom nanoteknologin, och på Uppsala universitet har en grupp forskare sedan dess publicerat en uppsjö artiklar

och åtminstone en avhandling som utreder denna cellulosas användbarhet. Framför allt ligger fokus på cellulosas lämplighet att ingå i kompositmaterial tillsammans med elektriska ledare, i dessa fall polymeren polypyrrol:

»(...) the presented PPy-cellulose composite material is mechanically robust, lightweight, and flexible. It can be molded into various shapes and its thin sheets can be rolled to make very compact energy storage devices.» (Nyström et al., 2009)

Olsson (2014) sammanfattar en del av detta fält i sin avhandling, som är ett led i forskningen om organiska batterier. Detta är en ny typ av miljövänligt batteri som framställs av kolbaserade material, till skillnad från konventionella batterier vars material bryts i gruvor med stor miljöförstöring som följd. I avhandlingen konstateras att batterier framställda av den unika cellulosan från *Cladophora sp.* och polymeren polypyrrol är miljövänliga att framställa, kan laddas och laddas ur 4000 gånger utan att lagringskapaciteten nämnvärt försämras, och slutligen fullständigt återvinnas utan skadligt restavfall. Mer forskning återstår innan kompositmaterialet kan framställas i stor skala för industriell tillverkning av batterier, men framtiden för de organiska batterierna och kompositmaterialet förutspås bli ljus.

Ett annat användningsområde för kompositmaterialet som förutspås bli ljus är som membran i dialysapparater. Vid dialys pumpas blodet ut ur kroppen och in i en maskin där det renas genom ett membran mot en dialysvätska. För att behandlingen ska vara effektiv måste detta membran kunna filtrera blodet från alla typer av patogena ämnen, oavsett egenskaper och molekylstorlek. Detta är en av de stora utmaningarna för utvecklingen av dialystekniken, men här verkar kompositmaterialet av *Cladophora*-baserad cellulosa och polypyrrol kunna erbjuda en bättre lösning än dagens teknik (Ferraz et al., 2013).

Övriga extrakt från *Cladophora sp.*

Hundratals miljoner människor i framför allt Afrika och Asien lider av malaria, och hundratusentals dör varje år i sjukdomen. Då parasiterna som orsakar sjukdomen har börjat utveckla resistens mot de antimalariapreparat som finns, är det av nöden att nya mediciner utvecklas. Spavieri et al. (2010) upptäckte att grönalger, och då framför allt *Cladophora rupestris*, har ett så kallat brett terapeutiskt fönster i detta avseende, vilket innebär att de har omfattande hämmande effekt på parasiterna utan att orsaka bieffekter i människokroppen, något som nuvarande malariamediciner annars är ökända för att göra. I uppföljning av studien (Spavieri et al., 2013) finns *Cladophora sp.* med bland 23 sjögrässorter vilkas aktivitet testas mot malariaparasiten i flera av dess olika utveck-

lingsstadier. Denna studie har dessvärre inte lika positiva slutsatser som den ovan nämnda, och även om det antagligen finns potential för antiparasitiska naturpreparat från sjögräs, utmärker sig inte *Cladophora sp.* i denna studie som ett av de mer framträdande.

Fler medicinska aspekter och andra användningsområden för extrakten som kan utvinnas ur *Cladophora sp.* har påträffats under informationssökandet i denna litteraturstudie. Nedan räknas ett par av dessa upp i kort-het:

Feng et al. (2007) isolerade ett extrakt från *Cladophora socialis*, som visade sig vara en effektiv hämmare av proteinet PTB1B, vilket är ett protein som orsakar många sjukdomar. Framför allt hoppas man att substansen ska gå att använda i för att utveckla bättre mediciner mot typ 2-diabetes.

Som ovan nämnts konstaterar Stabili et al. (2014) att *Cladophoras* biomassa har en uppbyggnad och ett näringsinnehåll som potentiellt lämpar sig för så vitt skilda områden som framställning av bioplast, kosttillskott i form av omega-3 och framställning av läkemedel mot GBS, vilket är patogena bakteriesträngar som visat tecken på att utveckla resistens mot befintliga mediciner.

Horincar et al. (2014) analyserar och listar innehållet av lättflyktiga ämnen och fettsyror i *Cladophora sp.* och två andra sjögräs, och det konstateras att ett par av de påträffade ämnena kan användas som exempelvis konserveringsmedel inom livsmedels-, läkemedels- och kosmetikaindustrin.

För övrigt är grönslicken ätlig. I Laos äts *Cladophora sp.* i torkade ark som kallas kaipen och t ex kan rullas runt andra livsmedel, motsvarande japanska nori. Dess spridning utanför Laos verkar ännu inte ha fått genomslag, utom på en och annan matmarknad i USA.

Rörflen (*Phalaris arundinacea*)

Rörflen är ett kraftigt gräs som gärna växer i fuktig jord, diken och strandkanter, men även återfinns på torr mark. Växande i lämplig mark och under gynnsamma förhållanden kan grässtråna bli mer än två meter höga. Rörflen är lätt att blanda ihop med bladvass, vilket inte minst märks i det latinska namnet, där artnamnet *arundinacea* betyder 'som liknar vass'. Ett skiljetecken mellan de båda växterna är dock att bladvass har ett karakteristiskt brett mitt på bladet som rörflen saknar. Ett annat skiljetecken är blomstervipporna: bladvassens vippor är smäckrare medan rörflens är grövre och bulligare. Rörflen blommar också tidigare än vassen, redan i juni-juli. Rörflen har en krypande jordstam, som lätt bildar svärgenomträngliga rotfilar och gör att arten lätt breder ut sig och bildar stora bestånd. Rörflen finns som odlat prydnadsgräs i en form som kallas randgräs (*Picta*), vars

blad är grön- och vitrandiga, och därmed borde vara lätta att förväxla med jättegröe (Naturhistoriska riksmuseet, 1998b). Rörflen är en mycket populär våtmarksväxt eftersom den gynnar djurlivet och har utmärkta fyto Remedierande egenskaper. Vidare är det en otroligt produktiv gröda som kan ge upphov till 8–20 ton biomassa per hektar och år (PFAF, 2012).

Just på grund av sin stora tillväxt har rörflen god potential som jordbruksgröda, främst avseende bioenergi. Biomassan lämpar sig också som djurfoder, dock bara i början av året eftersom stråna senare blir för grova. Granström (1997) redogör för möjligheterna att använda rörflen som substrat till pappersmassa, och konstaterar att det finns många fördelar. Bland annat kan åkermarken utnyttjas året runt och lagerkostnaderna hållas nere, eftersom rörflen till pappersmassa lämpar sig allra bäst om den skördas tidigt på våren efter att ha fått stå hela vintern. Massan har stor fiberdensitet och lämpar sig utmärkt för finpapper, men även till mittskiktet i kartong och till mjukpapp.

I Norrland finns Glommers Miljöenergi AB (GME) som av tidningen Norrbruk (2011) beskrivs som ett företag som länge legat i framkant vad gäller rörflensodling. GME beskriver entusiastiskt möjligheterna med rörflen och har tydligt fokus på hållbarhet i sin strävan efter att framställa förnybar energi. I artikeln redogörs för att en hektar rörflen ger energi motsvarande 1,5–2,5 m³ olja per år, och att 300 hektar motsvarar 3 MW vindkraft, vilket skulle kosta 35 miljoner att bygga. Rörflen berättigar också odlaren ersättning i form av gårdsstöd och miljösättning för vallodling (Norrbruk, 2011).

Sedan artikeln skrevs för tre år sedan verkar GME ha fortsatt i samma spår med rörflen, åtminstone om man ska tro deras hemsida (<http://www.glommersmiljoenergi.se/>), från vilken man kan få mer information om bioenergiproduktion av rörflen, beställa pellets samt läsa om deras satsning på förnybar energi i Tanzania. Vid snabbsök på Bioenergiportalen (2014a) framkommer att GME inte är det enda företag i Sverige som producerar pellets från rörflen. På Bioenergiportalen går vidare att läsa att Energimyndigheten har beviljat medel för forskning om att framställa pyrolysolja från rörflen till Energitekniskt Centrum i Piteå (Bioenergiportalen, 2014b).

Diskussion

I denna studie har utretts vilka potentiellt intressanta substanser och tillämpningsområden, utöver rötning till biogas och biogödsel, som finns för biomassan från ett antal våtmarksväxter. Rapporten ska inte på något vis ses som heltäckande, utan snarare som en första ingång till ett fält som är närmast outtömligt informationsmässigt.

Omfattande forskning pågår världen över på våtmarksväxter, speciellt kring deras fyto Remedierande egenskaper men också kring vilka högvärdesprodukter som kan extraheras från dem. Något som dock ofta poängteras i litteraturen är att kunskapen om i synnerhet undervattensvegetation är låg i förhållande till landväxter, och att forskningen här ännu bara är i sin linda. De intressanta ämnena tenderar ofta att finnas i högre koncentrationer i undervattensvegetation än i landväxter, då förhållandena under vatten är annorlunda än mot de på land. Till exempel behöver inte vattenväxter investera i biomassa som ger struktur och stadga på samma sätt som landväxter, eftersom vattnet lyfter dem och håller dem uppe. Denna energiinsats kan därmed användas till annat. I och med den ökande medvetenheten om havets och vattenväxternas outnyttjade potential (Submariner Roadmap, 2013) är det rimligt att förvänta sig att detta forskningsfält ytterligare kommer att expandera och aktualiseras.

Av det som framkommit av denna studie är tillvaratagandet av vass för att använda till stråtak det i särklass mest näraliggande tillämpningsområdet. Om vassbeståndet är tätt och välvuxet kan en hektar ge upphov till 2000 kärvar, motsvarande ett värde runt 50–60 000 kr då de används till stråtak. Vassen går att skörda manuellt med lie, men det finns även specialanpassade skördemaskiner för ändamålet (Ooms, 2014).

Författaren fann också tillväxthormonet gibberellin synnerligen intressant. Gibberellin är ett naturligt tillväxthormon som finns i varierande halt i många växter och svampar (MacMillan, 2001) och har konstaterats finnas i exceptionellt höga halter i kransalger av släktet *Chara* (Kaźmierczak, 1999). Detta är också den typ av kransalger som odlas i Trelleborgs produktionsvåtmarker i Albäcksån. Gibberellin används av livsmedels- och jordbruksindustrin i betydliga kvantiteter runt om i världen. Dess användningsområden omspänner att påskynda groddning av fröer, att stimulera växterna att producera mer biomassa och att öka hållbarheten på frukter och snittblommor (Taiz och Zeiger, 2010). Av den information som samlats in framstår gibberellin som ett möjligt verktyg för att främja känsliga och konkurrenssvaga växter och på så sätt gynna och bevara den biologiska mångfalden. Trots den utbredda internationella användningen är brukandet i Sverige nästan obefintligt, och för att använda tillväxthormonet här måste speciell dispens sökas (Kemikalieinspektionen, 2012). Jag har dock inte lyckats få klarhet i varför det finns restriktioner mot gibberellin här i landet. Enligt en omfattande utredning som utfördes 2011 av National Organic Program (NOP) i USA har inte gibberellin kunnat beläggas vara skadligt eller miljöfarligt på något sätt, och gibberellinprodukter i USA har därmed kunnat miljömärkas. Jag misstänker att det i huvudsak rör sig om

dåligt informationsläge kring produkten, och efterlyser en fördjupad utvärdering kring möjligheten att använda gibberellin från *Chara* som ett naturligt tillväxthormon för växtodling i Sverige.

Rörflen är ett av jättegräsen som planteras ut i produktionsvåtmarken i Tullstorpsån. Högre upp i landet, exempelvis i Lappland, börjar detta bli en populär gröda som i huvudsak odlas för att bli bioenergi. I likhet med de andra gräsen har rörflen god förmåga att ta upp näringsämnen och gynnar också den biologiska mångfalden. Grödan kan med fördel odlas i och omkring våtmarker, och är välkänd för att ge stora mängder biomassa per ytenhet. Dessutom har odlaren möjlighet att få gårdstöd och miljöersättning för vallodling om åkermarken används till rörflen (Norrbruk, 2011). Huruvida denna ersättningsmöjlighet finns även för produktionsvåtmarker är dock oklart.

Grönslickens (*Cladophora sp.*) cellulosa har påvisats ha unika egenskaper i det att den är mycket porös och har mycket stor yta i förhållande till sin volym. Detta gör att den är ett intressant substrat att använda i kompositmaterial som kan användas till exempelvis organiska batterier. Detta är en typ av miljövänliga och förnybara batterier som inom kort kan förväntas lanseras i storskalig produktion (Olsson, 2014).

När högvärdesprodukter ska extraheras ur biomassa har växtsubstraten nästan uteslutande odlats in vitro i steril och kontrollerad laboratoriemiljö. Under dessa förhållanden går det att renodla produkten och få fram egenskaper som sannolikt skiljer sig avsevärt från de egenskaper som uppvisas då växten lämnas i sin naturliga miljö. Därmed tycks det också osannolikt att växter som vuxit i våtmarker och tar upp näringsämnen och föroreningar ur vattnet skulle kunna tjäna som substrat för att extrahera substanser till exempelvis läkemedel. Med detta sagt vill författaren ändå trycka på det upplytande i vetenskapen om att så till synes oansenliga växter som grönalger innehåller substanser som råar på multiresistenta bakterier.

Tack till

Avdelningen för hållbar utveckling på Trelleborgs kommun som tilldelade mig uppgiften med litteraturstudien under högskolepraktikkurs som ingick i civilingenjörsprogrammet i ekosystemteknik. Extra stort tack till Tony Fagerberg som handledde arbetet och var den bästa mentor man kan önska sig.

Referenser

Alfadul, S.M.S., Al-Fredan, M.A.A. (2013) Effects of Cd, Cu, Pb, and Zn Combinations on *Phragmites australis* Metabolism, Metal Accumulation and Distribution. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2013, 38(1):11–19.

Algae base (2002) Characeae. http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=27184 (2014-08-14)

Bioenergiportalen (2014a) Småskalig pelletsproduktion med ny torkteknik och lokala råvaror. [online] <http://bioenergiportalen.se/?p=6921> (2014-08-22)

Bioenergiportalen (2014b) Pengar till pyrolysolja från rörflen. <http://bioenergiportalen.se/?p=7185> (2014-08-22)

Cai, J., Xie, S., Feng, J. (2013) Antimicrobial activities of *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) Groves and *Chara vulgaris* L. School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan, People's Republic of China. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 86, 24 – 32 (2013).

Candau, R., Avalos, J., Cerdá-Olmedo, E. (1993) Regulation of Gibberellin Biosynthesis in *Gibberella fujikuroi*. *Plant Physiology*, 11/1/1992, Vol. 100, Issue 3, p. 1184–1188.

EG 2008/127, KOMMISSIONENS DIREKTIV 2008/127/EG av den 18 december 2008 om ändring av rådets direktiv 91/414/EEG för att ta upp flera verksamma ämnen. EUT L 344, 20.12.2008, 89–111.

Encyclopedia of life (2014) *Chara vulgaris* – common stonewort. <http://eol.org/pages/921718/overview> (2014-08-14)

Escutia-Lara, Y., Lara-Cabrera, S., Gomez-Romero, M., Lindig-Cisneros, R. (2012) Common reed (*Phragmites australis*) harvest as a control method in a Neotropical wetland in Western Mexico. *Hidrobiologica*; aug, 2012, 22 2, 125–131.

Feng, Y., Carroll, A.R., Addepalli, R., Fechner, G.A., Avery, V. M., Quinn, R.J. (2007) Vanillic acid derivatives from the green algae *Cladophora socialis* as potent protein tyrosine phosphatase 1B inhibitors. *J Nat Prod*, 70, 1790–1792.

Ferraz, N., Leschinskaya, A., Toomadj, F., Fellström, B., Strømme, M., Mihrianyan, A. (2013) Membrane characterization and solute diffusion in porous composite nanocellulose membranes for hemodialysis. *Springer. Cellulose*, 20(6), 2959–2970.

Fossen, T., Andersen, Ø.M. (1998) Cyanidin 3-O-(6-succinyl-β-glucopyranoside) and other anthocyanins from *Phragmites australis*. *Phytochemistry*, 49(4), 1065–1068.

Glommers Miljöenergi AB (2014) <http://www.glommersmiljoenergi.se/> (2014-08-22)

Gradin, M. (2014) Trelleborgs kommun, samhällsbyggnadsförvaltningen. Pers. komm

Granström, E. (1997) Rörflen som fiberåvara – att göra papper av gräs. *SLU Repro 1997. Fakta teknik vol 3 1997.*

Grigoreva, A.V., Galyautdinov, I.V., Khalilov, L.M., Yanybin, V.M., Odinokov, V.N. (2013) N-[2-(5-Hydroxy-1 H-indol-3-yl)ethyl]-p-coumaramide from *Phragmites australis*. *Chemistry of Natural Compounds*, 2013:1–2.

Haarstad, K., Bavor, H. J., Maehlum, T. (2012). Organic and metallic pollutants in water treatment and natural wetlands: a review. *Water science and technology*. Vol. 65 Issue 1, 76–99.

Higashi-Fujime, S., Ishikawa, R., Iwasawa, H., Kagami, O., Kurimoto, E., Kohama, K., Hozumi, T. (1995) The fastest actin-based motor protein from the green algae, *Chara*, and its distinct mode of interaction with actin. Department of Molecular Biology, Faculty of Science, Nagoya University. *FEBS Letters*, 375(1–2), 151–154.

Horincar, V.B., Parfene, G., Tyagi, A.K., Gottardi, D., Dinica, R., Guerzoni, M.E., Bahrim, G. (2014) Extraction and

- characterization of volatile compounds and fatty acids from red and green macroalgae from the Romanian Black Sea in order to obtain valuable bioadditives and biopreservatives. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 551–559.
- Kaźmierczak, A., Stepinski, D. (2005) GA₃ content in young and mature antheridia of *Chara tomentosa* estimated by capillary electrophoresis. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 43(1), 65–67.
- Kaźmierczak, A. (1999) Determination of GA₃ in *Chara vulgaris* by capillary electrophoresis system. *Acta Physiologiae Plantarum*, 1999, 21(4), 345–348.
- Kemikalieinspektionen (2012) Försälda kvantiteter av bekämpningsmedel 2011. Sundbyberg.
- Kuhlman, T., Diogo, V., Koomen, E. (2013) Exploring the potential of reed as a bioenergy crop in the Netherlands. *Biomass & Bioenergy*, 55, 41–52.
- Isaksson, B. (2014) Kemikalieinspektionen. Pers. komm.
- Lotus Foods (2014) The healthiest rice for people and planet. <http://www.lotusfoods.com/> (2014-08-14)
- Lühning, H., Witzemann, V. (1995) Internodal cells of the giant green alga *Chara* as an expression system for ion channels. Institut für Biologische Informationsverarbeitung, Forschungszentrum Jülich GmbH. *FEBS Letters*, 1995, 361(1), 65–69.
- MacMillan, J. (2001) Occurrence of gibberellins in vascular plants, fungi, and bacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20(4), 387–442.
- Malinowski, S., Kwiatkowska, M., Popłowska, K., Knake, S., Sobala, A. (2002) Velocity of cytoplasm streaming in basal and subbasal cells of antheridium as well as internodal cells of pleuridium in *Chara vulgaris* L. and GA₃ influence on it. Videomicroscopic observations. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 71(4), 283–288.
- Maria, C., Machado, M., Soccol, C.R. (2008) Gibberellic acid production. Del 3, s 277–301 i Pandey, A., Soccol, C.R., Larroche, C. (ed), *Current Developments in Solid-state Fermentation*. pp 528, Springer New York.
- Mihriyan, A., Llagostera, A.P., Karmhag, R., Strømme, M., Eka, R. (2003) Moisture sorption by cellulose powders of varying crystallinity. *International Journal of Pharmaceutics* 269, 433–442.
- Miller, A.J., Zhou, J.J. (1999) *Xenopus* oocytes as an expression system for plant transporters. *Biochimica et Biophysica Acta* 1465, 343–358
- National Organic Program (NOP). (2011) Gibberellic acid, Technical Evaluation Report. Compiled by ICF for the USDA National Organic Program. December 14, 2011.
- Naturhistoriska riksmuseet (2009) Den virtuella floran: Vass – *Phragmites australis*. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phrag/phraaus.html> (2014-08-13)
- Naturhistoriska riksmuseet (1998a) Grönsläck, *Cladophora glomerata*. <http://www.nrm.se/faktaomnatuarenochrymden/vaxter/kryptogamer/manadenskryptogam/alger/gron-slickCladophora.glomerata.1736.html> (2014-08-14)
- Naturhistoriska riksmuseet (1998b) Den virtuella floran: Rörflen – *Phalaris arundinacea*. <http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/poa/phala/phalaru.html> (2014-08-21)
- Nilsson, N.A. (2014) Stråtakläggare. Pers. komm. Se även hemsidan <http://www.timmerochtak.se/> (2014-08-25)
- Nilsson, U. (2014) Stråtakläggare. Pers. komm. Se även hemsidan <http://www.olarpssvastak.se/> (2014-08-25)
- Norrbruk (2011) Rörflen – en del av den gröna omställningen. Norrbruk – Nytt inom lantbruk och landsbygd i Norrbotten län och Västerbottens län, nr 4 2011.
- Nyström, G., Razaq, A., Strømme, M., Mihriyan, A., Nyholm, L. (2009) Ultrafast All-Polymer Paper-Based Batteries. *Nano Letters*, 9(10), 3635–3639.
- Olesen, A. (2014) Stråtakläggare. Pers. komm.. Se även hemsidan <http://nackagard.se/tak/stratak> (2014-08-25)
- Olsson, H., 2014. Nanocomposites of Cellulose and Conducting Polymer for Electrical Energy Storage. Uppsala : Acta Universitatis Upsaliensis, 2014.
- Ooms, A. (2014) Stråtakläggare. Pers. komm. Se även hemsidan <http://adamooms.se/> (2014-08-25)
- Persson, J. (2013) Förslag till experimentuppställningen av produktionsvåtmarkerna i Allbäckån. Naturcentrum.
- PFAF – Plants for a future (2012) *Phalaris arundinacea*. <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Phalaris+arundinacea> (2014-08-21)
- PPI – Pulp & Paper International Magazine (1998) European prospects for using nonwood fibers. <http://www.risiinfo.com/magazines/June/1998/PPI/pulp-paper/magazine/international/june/1998/European-prospects-for-using-nonwood-fibers.html> (2014-08-11)
- Prade, T. (2014) Environmental impact assessment of multifunctional production wetlands for nutrient recycling and biogas substrate production. Formansökan. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Dept. of Biosystems and Technology
- Reisler, E., Egelman, E.H. (2007) Actin structure and function: what we still do not understand. *The Journal of Biological Chemistry*, 282, 36133–36137.
- Risén, E., Gregeby, E., Tatarchenko, O., Blidberg, E., Malmström, M.E., Welander, U., Gröndahl, F. (2013) Assessment of biomethane production from maritime common reed. *Journal of Cleaner Production*, 53, 186–194.
- Sathitsuksanoh, N., Zhu, Z., Templeton, N., Rollin, J.A., Zhang, Y.-H.P., Harvey, S.P. (2009) Saccharification of a Potential Bioenergy Crop, *Phragmites australis* (Common Reed), by Lignocellulose Fractionation Followed by Enzymatic Hydrolysis at Decreased Cellulase Loadings. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48(13), 6441–6447.
- Sepatec (2014) fire-protection system for thatched roof. <http://www.sepatec.dk/> (2014-08-25)
- Shimmen T, Yokota, E. (1994) Physiological and biochemical aspects of cytoplasmic streaming. *International Review of Cytology – a survey of cell biology*, 155, 97–139.
- Spavieri, J., Tasdemir, D., Kaiser, M., Casey, R., Hingley-Wilson, S., Lalvani, A., Blunden, G. (2010) Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of some British green algae. *London. Phytotherapy Research*, 24(7), 1095–1098.
- Spavieri, J., Allmendinger, A., Kaiser, M., Itoe, M.A., Blunden, G., Mota, M.M., Tasdemir, D. (2013) Assessment of Dual Life Stage Antiplasmodial Activity of British Seaweeds. *Mar Drugs*. 11(10), 4019–4034.
- Stabili, L., Acquaviva, M.I., Biantolino, F., Cavallo, R.A., Narra, M., Cecere, E., Petrocchi, A., De Pascali, S.A., Fanizzi, F.P. (2014) Biotechnological potential of the seaweed *Cladophora rupestris* (Chlorophyta, Cladophorales) lipidic extract. *New Biotechnology*, 31(5), 436–444.

- Przedzimirska, J., Schultz-Zehden, A., Zaucha, J. (eds). (2013) *Submariner Roadmap. Towards a blue-green economy in the Baltic Sea Region*. Gdansk, Polen.
- Taiz, L., Eduardo Zeiger, E. (Ed) (2010) *Plant Physiology, Fifth Edition*. Sinauer Associates Inc.
- Teixeira, D. Martins, Silva, Z. Carvalho, A.J. Palace, Pinto, A.P. Dordio, A. (2011) Removal of Diclofenac by constructed wetlands planted with *Phragmites australis* and *Typha* spp.
- Trelleborgs kommun (2013) Bucefalos. <http://www.trelleborg.se/sv/bygga-bo-miljo/klimatforandringar-och-miljo/miljo-projekt/bucefalos/> (2014-08-13)
- Wennberg, P. (2012) Skörd och hantering av biomassa från våtmarker för biogasproduktion. Tecnofarm, Lantbruks och miljöteknik.
- Woodhouse, F.G., Goldstein, R.E. (2013) Cytoplasmic streaming in plant cells emerges naturally by microfilament self-organization. *PNAS*, 110(35), 14132–14137.
- Wright, L. (1993) Gibberellins – Plant Growth Hormones. *Practical hydroponics and greenhouses*, 11.
- Zhang, T.T., He, M., Wu, A.P., Nie, L.W. (2009) Allelopathic effects of submerged macrophyte *Chara vulgaris* on toxic *Microcystis aeruginosa*. *Allelopathy Journal*, 23, 391–402.
- Zhang, H.L., Nagatsu, A., Watanabe, T., Okuyama, H., Sakakibara, J. (1997) Antioxidative compounds isolated from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil cake. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 45(12), 1910–1914.
- Åbjörnsson, K. (2014) Ekoll AB. Pers. komm.
- Åbjörnsson, K. (2013) Förslag till experimentuppställning våtmark/produktionsvåtmark – Albäcksån. Ekoll AB / Trelleborgs kommun, samhällsbyggnadsförvaltningen.