

# Salixodling – mer än bara biomassa?

En studie om effekten av Salix på jordens växtförhållanden, och om dess lönsamhet som energigröda i Sverige

---

JOEL GUNNARSSON 2016  
MVEK02 EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN 15 HP  
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Joel Gunnarsson

MVEK02 Examensarbete för Kandidatexamen 15 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Tina D'Hertefeldt, Biologiska Institutionen, Lunds universitet

Per Bengtson, Biologiska Institutionen, Lunds Universitet

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2016

# Abstract

In order to secure a sustainable development it is important to switch our resource and energy production from finite sources to bio-based, renewable sources. Biomass is, although not the definitive solution to a sustainable society, a good stepping stone towards it. A lot of agricultural land in Sweden is unused and could be used for cultivation of energy forest. Salix is an energy wood that has been shown to increase the rate of organic carbon in soil as well as increase crop resistance to pathogens. In this study, the prospect of direct effects on the growth of crop biomass due to previous Salix cultivation was investigated. Wheat was sown in wheat soil and Salix soil as well as in autoclaved soil samples. No significant correlation between growth of wheat biomass in Salix soil in comparison to wheat soil was found, although there was a higher shoot biomass in autoclaved soil. There was also a tendency for a higher total biomass in autoclaved soils than in live soils, but this was not significant. Salix soils proved to have a higher proportion of carbon than wheat soils. Salix is a good competitor in terms of energy gain, the economic trend in Sweden is however negative due to decreasing prices in recent years which greatly influences the profitability of Salix. Due to this, policy measures, for example subsidies on energy crops or higher taxes on fossil fuels, is probably necessary in order to improve the conditions and profitability of Salix cultivation in Sweden.

# Innehållsförteckning

Abstract **2**

1. Inledning & Syfte **4**

1.1 Syfte och frågeställningar **5**

2. Metod **6**

2.1 Odlingsexperiment **6**

2.1.1 Bestämning av kolhalten i jorden **9**

2.2 Litteraturstudie **9**

3. Resultat **10**

3.1 Odlingsexperiment av vete i Salix- och sädesjord **10**

3.2 Kolhaltsbestämning av jordarna **12**

3.3 Litteraturstudie av förutsättningarna för Salixodling i Sverige **12**

4. Diskussion **14**

4.1 Undersökning av påverkan från Salix på tillväxt hos vete **14**

4.2 Odling av Salix i förhållande till andra energigrödor **15**

4.3 Situationen för Salixodling i Sverige **16**

6. Slutsatser **18**

5. Källförteckning **19**

# 1. Inledning & Syfte

För att säkra en hållbar utveckling och ett hållbart samhälle är det viktigt att förändra våra produktions- och konsumtionsmönster, att använda mark och resurser på ett mer hållbart och effektivt sätt och att ställa om från fossila energikällor till förnybar, långsiktigt hållbar energi. Man pratar ibland om en biobaserad ekonomi där material, resurser och energi alla härrör ur biologiska och förnybara källor (McCormick & Kautto, 2013).

Biomassa är en viktig pusselbit för att lyckas ställa om samhället till ett biobaserat samhälle (Gavrilescu, 2008). En sådan förändring kräver bioenergi för att tillgodose vårt energibehov. Den främsta fördelen med biomassa är att det är förnybart, förutsatt att nya biomassgrödor odlas i samma takt som de förbrukas i. Dessutom har odling av energigrödor och energiskog visat sig kunna vara gynnsamma för mark, miljö och i vissa fall även biologiska mångfald (Weih, 2006). Den globala ekonomin har lett till ökade geografiska avstånd mellan produktion och konsumtion, en mer lokal produktion har dock flera fördelar som främjar ett hållbart jordbruk, bland annat genom kortare transportsträckor och användning av fossila bränslen i mindre utsträckning (Vaarst et al, 2015).

I Sverige har arealen använd åkermark minskat stadigt under de senaste decennierna, omkring 150 000 ha åkermark har lagts ner mellan 1999 och 2014 (Olofsson & Börjesson, 2016). 2008 gjorde Jordbruksverket en uppskattning att 400 000 hektar mark i Sverige inte utnyttjades för jordbruk. I denna uppskattning ingick såväl nedlagd jordbruksmark som betes- och trädesmark. Utifrån detta uppskattades sedan att omkring 100 000 hektar ansågs lämplig för odling av biomassgrödor med kort omloppstid på omkring 5-10 år (Jordbruksverket, 2009). En GIS-analys genomförd på uppdrag av f3, ”The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels”, uppskattar i sin tur att det idag finns ca 88 000 hektar oanvänd åkermark i Sverige som skulle kunna användas för odling av exempelvis energiskog (Olofsson & Börjesson, 2016). För att lyckas med omställningen till en biobaserad ekonomi krävs det att mark används på ett effektivt sätt och ett exempel på hur detta uppnås hade kunnat vara att odla energigrödor på annars oanvänd åkermark.

Flertalet studier har påvisat hur odling av energiskog förbättrar växtförhållanden i jorden. Snabbväxande energiskog på gammal jordbruksmark kan troligtvis tillföra en ökad kolbindning i marken och därmed lindra effekterna från ökade koldioxidutsläpp i atmosfären (Rytter, 2012). Jord där energiskog med kort omloppstid odlats under 10-20 års tid har visat sig ha markant högre koncentration av organiskt kol än jord som använts till konventionellt jordbruk (Dimitriou et al, 2012). Undersökning av gammal jordbruksjord där energiträdslagen Salix och poppel sedan vuxit visade på en ökning av organiskt kol med ca 4 g/kg och en ökning av kväve med 0,2 g/kg efter en tolvårsperiod (Kahle, et al 2007). I allmänhet uppvisade den undersökta jorden förbättrade fysiska förhållanden och ökad biologisk aktivitet efter planteringen av energiskog. Energiskog är alltså inte bara en energikälla, det kan också generera positiva effekter till miljön och marken där den odlas.

Salix är ett flerårigt snabbväxande trädslag som odlas för produktion av värme och el (Jordbruksverket 2016) och är dessutom den viktigaste energigrödan i Sverige (Helby, et al 2004). I Sverige har Salix odlats sedan 1970-talets början (Jordbruksverket, 2011), då det i svallvågorna från oljekrisen introducerades med avsikten att ersätta fossila bränslen med förnybara energikällor (Dimitriou & Aronsson, 2005). Salixodlingen var som störst under 1990-talet då den totala arealen Salixodling uppgick till omkring 16-17 000 hektar, medan den idag har sjunkit till ca 12 000 hektar (Jordbruksverket, 2011).

I jämförelse med odling av ettåriga energigrödor som till exempel raps och vete är odling av Salix ett mer energieffektivt alternativ och dess energibalans, det vill säga differensen mellan energiskörd och energiinsats, är ca 3 gånger högre än de andra grödornas (Börjesson, 2006). När det kommer till utsläpp av växthusgaser, övergödande och försurande ämnen är utsläppen från Salix generellt 2-4 gånger lägre än motsvarande för ettåriga energigrödor (Börjesson, 2006). Salix har visat sig förbättra jordkvalitet i form av ökad bördighet och halt markbundet kol. Bland annat en studie utförd i Nederländerna (Schrama et al 2016) påvisade detta. Samma studie indikerade att jord som det tidigare vuxit Salix i ger vete ett bättre skydd mot infektioner, och därmed indirekt ökar biomassan hos vete. Vete infekterat med patogener växte relativt bra i Salixjord i förhållande till ej infekterade grödor, medan det i sädesjord växte mycket sämre (Schrama et al, 2016).

En logisk följdfråga till detta är rimligtvis om dessa positiva effekter på jordkvaliteten från Salixodling har någon direkt inverkan på grödor som odlas därefter. Ett sådant samband skulle med en samordnad korsodling av biomassa och födoegrödor därmed kunna generera både en mer hållbar energikälla och på sikt bättre skördar från jordbruksmarken. Att dessutom odla på oanvänd åkermark skulle inbringa inkomst för annars outnyttjad mark. Detta skulle gynna både ett hållbart jordbruk och en mer hållbar energiproduktion. Att undersöka om och hur växtförhållanden i jorden förbättras av Salixodling, alltså om grödor växer bättre i jord där Salix odlats först, är både intressant och har praktiska tillämpningar.

Kolhalten i jord är starkt bidragande till hur väl plantor växer i den, en högre kolhalt i jorden ger generellt en bättre tillväxt hos plantorna. Det är därför relevant att vid en jämförelse av Salixjord och vanlig jordbruksjord undersöka kolhalten i jorden, för att se hur denna aspekt påverkar resultatet och således lättare kunna dra slutsatser om vad det givna resultatet beror på.

I detta arbete undersöks om Salix har någon märkbar effekt på produktionen hos en vanlig växtgröda. Dessutom undersöks också förutsättningarna för Salixodling i Sverige jämfört med andra energigrödor, med fokus på ekonomisk lönsamhet.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med arbetet var att undersöka om Salix har en direkt effekt på växtförhållanden hos jord, samt att undersöka de ekonomiska förutsättningarna för Salixodling i Sverige. Arbetet utgick från följande frågeställningar:

- Har Salix en positiv inverkan på växtförhållanden hos jord som det odlas i?
- Hur ser lönsamheten för Salix ut i förhållande till andra energigrödor?

För att besvara den första frågeställningen genomfördes ett odlingsexperiment i växthus för att undersöka eventuella skillnader i tillväxt för vete odlat i Salixjord respektive i vanlig jord från annuella sädesslag. För att besvara den andra frågeställningen genomfördes en litteraturstudie där odling av Salix jämfördes med odling av andra energigrödor sett ur en ekonomisk synvinkel.

## 2. Metod

### 2.1 Odlingsexperiment

Odlingsexperimentet utfördes i växthus under tre veckors tid. Huvudsyftet var att undersöka om en gröda, vete i detta fall, växer bättre i jord som Salix tidigare vuxit i jämfört med jord som annuella grödor vuxit i. Experimentet utfördes genom att vetekorn odlades i totalt fyra olika jordar med 10 replikat vardera. De fyra olika jordtyperna var följande:

1. Jord som Salix vuxit i.
2. Jord som Salix vuxit i och som autoklaverats
3. Jord som vete vuxit i.
4. Jord som vete vuxit i och som autoklaverats

Jorden togs från åkermark belägen strax söder om Lund (se Figur 1), dels från en Salixodling och dels från en åker med en årlig växtföljd av höstraps och sädesslag. Vid tidpunkten då jorden hämtades var det raps som odlades där. Omkring 20 liter jord togs från vardera plats. Jorden som togs var främst från toppskiktet och djupet varierade mellan ungefär 0-15 cm. På Salixodlingen togs jord i närheten av Salixsstammar för att få jord som var under så stort inflytande av Salixträden som möjligt. På den andra åkern togs jorden från en då icke odlad åkerremsa belägen längs den södra kanten av åkern.



**Figur 1:** Lokaler varifrån Salixjord (punkt 1 i figuren) och sädesjord (punkt 2) hämtades. Ungefärliga koordinater för punkt 1 = 55°40'37.61"N; 13°10'11.55"O, koordinater för punkt 2 = 55°40'47.36"N; 13°10'21.72"O

Hälften av Salixjorden autoklaverades, det vill säga steriliserades, för att ha som en jämförelse mot levande Salixjord och se om mikroorganismerna i jorden hade någon speciell inverkan på växtförhållandena. Sädesjord autoklaverades också, detta för att möjliggöra en jämförelse mellan steril Salixjord och en annan steril jord. Autoklaveringen utfördes med hjälp av en autoklav, vari prover kan steriliseras genom att kokas under hög temperatur. Omkring 15 liter jord från vardera jordtyp lades i varsin plastpåse och autoklaverades sedan i 121°C i 15 minuter, varefter de togs ut ur autoklaven.

Till experimentet användes 1-liters plastkrukor. Innan användning rengjordes dessa med diskmedel och vatten och därefter med. Krukorna fylldes till brädden med jord – totalt 40 krukor, 10 krukor för varje jordtyp. Två vetekorn planterades i varje kruka på 3-4 cm avstånd från varandra. Krukorna placerades sedan på ett växthusbord i växthuset på Biologiska institutionen, Lunds Universitet (se Figur 2).





**Figur 2:** Upställning av odlingsexperimentet med vete planterat i Salix- och sädesjord.

Krukorna vattnades en gång varannan dag och med stor noggrannhet; då krukorna inte var så stora blev jorden snabbt torr och behövde vattnas regelbundet, dock inte för mycket så att vatten läckte ut i botten eftersom partiklar från olika jordprover då skulle riskera att kontaminera de andra krukorna. Under den första veckan tillfördes dessutom en näringslösning, Blomstra, till samtliga krukor, för att jämna ut den förhöjda näringshalten i de autoklaverade jordarna till följd av de döda mikroorganismerna däri. 5 ml kapsyl Blomstra tillfördes 1000 ml vatten, 25 ml hälldes sedan i varje kruka. Om mer än ett skott kom upp i en kruka togs den ena bort så snart detta upptäcktes för att inte få ett felaktigt resultat till följd av detta. Där fler än en planta växte skulle en konkurrenssituation om näring riskera att uppstå som inte skulle finnas i krukor med bara en planta.

Experimentet pågick i 18 dagar från den 2 maj 2016, då fröna planterades. På den 18:e dagen togs plantorna ur krukorna; de sköljdes och rengjordes från jord, skott och rötter från varje kruka separerades sedan från varandra och lades var för sig i en i förväg märkt papperspåse. Totalt gav detta 80 påsar – en för skott och en för rötter för var och en av de 40 plantorna. Dessa påsar torkades sedan i en torkugn med 60°C temperatur i totalt 72 timmar. Efter torkning vägdes påsarna med innehåll och den torra biomassans vikt beräknades genom att subtrahera totalvikten med ett medelvärde på vikten på en papperspåse. Värdena sammanställdes som skottmassa, rotmassa och total biomassa (skott + rot) för varje planta.

Medelvärde för samtliga mätningar togs sedan fram för alla jordprover. Dessa jämfördes sedan med hjälp av ett tvåvägs Anova-test med jordtyp och autoklivering av jorden som påverkande variabler mot biomassan, för att se om någon signifikant skillnad mellan medelvärdena kunde upptäckas som kunde härledas till en av variablerna eller en kombination av båda.

### 2.1.1 Bestämning av kolhalten i jorden

Beräkningen av jordarnas kolhalt utfördes med hjälp av glödförlustmetoden; jordprover torkas i ugn så att fukten avdunstar, därefter bränns de i en glödugn varvid allt kol i jorden förbränns. Genom att dividera differensen mellan jordens torrsvikt och glödförlustsvikt med den ursprungliga vikten ges jordens kolhalt. Steg för steg utfördes kolhaltsbestämningen som följer:

- Till utförandet togs fem replikat från var och en av de fyra jordtyperna, totalt 20 prover. Till dessa användes små keramikdeglar som först vägdes för sig själva, därefter fylldes de med jord och vägdes på nytt.
- Deglarna placerades sedan i en torkugn med konstant temperatur på 60°C. Proverna stod i ugnen i 48 timmar för att säkerställa att all fukt avdunstade från dem. När de tagits ut vägdes de på nytt, med hjälp av dessa data kunde fukthalten i jordarna bestämmas.
- Proverna ställdes nu i en glödugn. Denna värmdes först upp, med jordproverna inuti, i två och en halv timme upp till 600°C. Därefter stod proverna i konstant temperatur i 3 timmar, varvid ugnen stängdes av. Proverna stod i ugnen över natten för att svalna.
- Dagen därpå togs proverna ur glödugnen och vägdes ytterligare en gång, viktminskningen från bränningen var massan kol i jorden, således kunde nu kolhalten beräknas. Ett medelvärde togs för varje jord och en tvåvägs-Anova gjordes för att se om någon signifikant skillnad mellan jordarnas kolhalt gick att utläsa.

## 2.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien syftade till att undersöka de ekonomiska förutsättningarna för Salixodling i Sverige. Fokus låg på att jämföra kostnadseffektiviteten hos Salix med andra energigrödor. Lönsamheten hos Salixodling jämfördes med odling av andra grödor och det material som användes till detta var kostnadskalkyler för energigrödor framtagna av Jordbruksverket. Vidare jämfördes Salix med poppel, till den jämförelsen användes vetenskapliga artiklar som innehöll data om produktionskostnad och skördemängd.

Det vetenskapliga materialet hittades med hjälp av databasen ”Web of Science”, de kombinationer av sökord som användes listas nedan:

- Salix OR poplar OR maize OR maise OR corn OR wheat
- Economy\* OR profit\* OR income\* OR gain
- Bioenergy OR “bio energy” OR “energy crop” OR “bioenergy crop”

De data som hittades sammanställdes i två tabeller, en för lönsamhetsjämförelsen av Salix och andra energigrödor och en för jämförelsen mellan Salix och poppel.

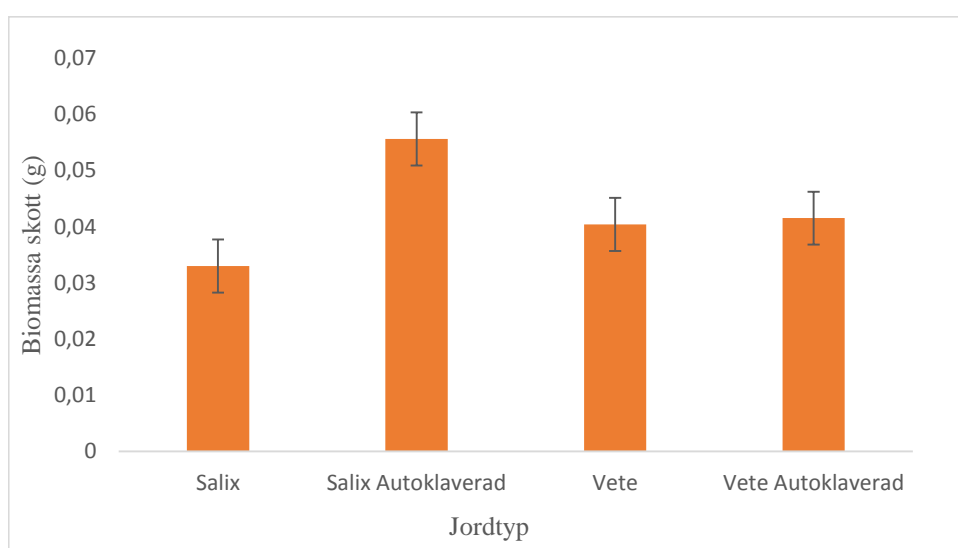
## 3. Resultat

### 3.1 Odlingsexperiment av vete i Salix- och sädesjord

Resultatet av odlingsexperimentet, den torra skott- och rotbiomassan från veteplantorna presenteras i Figur 3 och 4. Dessa visar medelvärdena för skott- respektive rotmassa för plantor som odlats i en viss jordtyp och dessa står i förhållande till varandra.

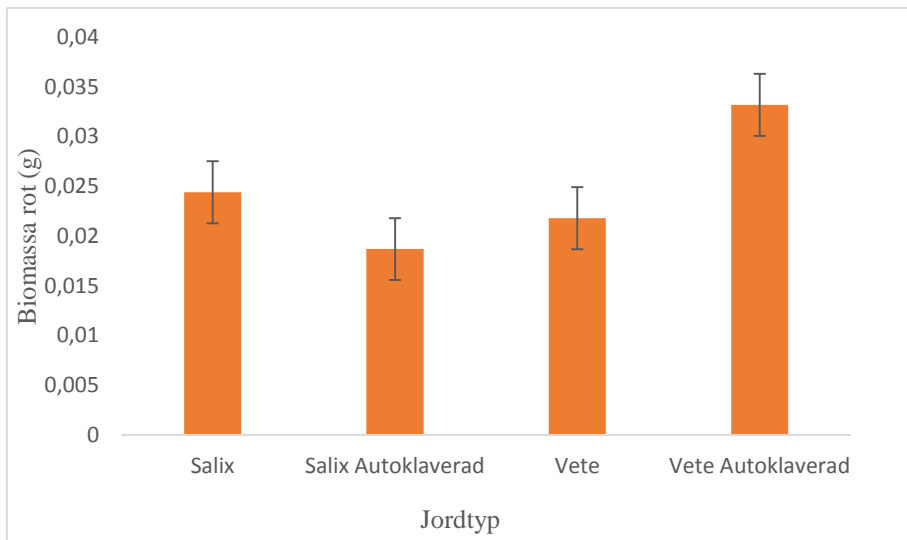
Den statistiska undersökningen visade ingen signifikans för varken jordtyp kombinerat med om den var autoklaverad eller jordtypen allena hade någon direkt påverkan på veteskottens tillväxt ( $p=0,559$  respektive  $0,067$ ). Däremot fanns en signifikans mellan skottens tillväxt och autoklavering, närmare bestämt mellan en högre skottmassa och autoklaverad jord (se Figur 3).

Medelvärdena för skottmassan visade ingen större skillnad på vete odlat i Salix- jämfört med vete odlat i sädesjord. Biomassan för levande jord var något högre hos sädesjorden medan vete odlat i den autoklaverade Salixjorden hade en medelmassa ca 33 % högre än vete odlat i autoklaverad sädesjord. Autoklaverad Salixjord gav betydligt högre biomassa än levande Salixjord, medan biomassan från sädesjordarna knappt skiljde sig åt alls.



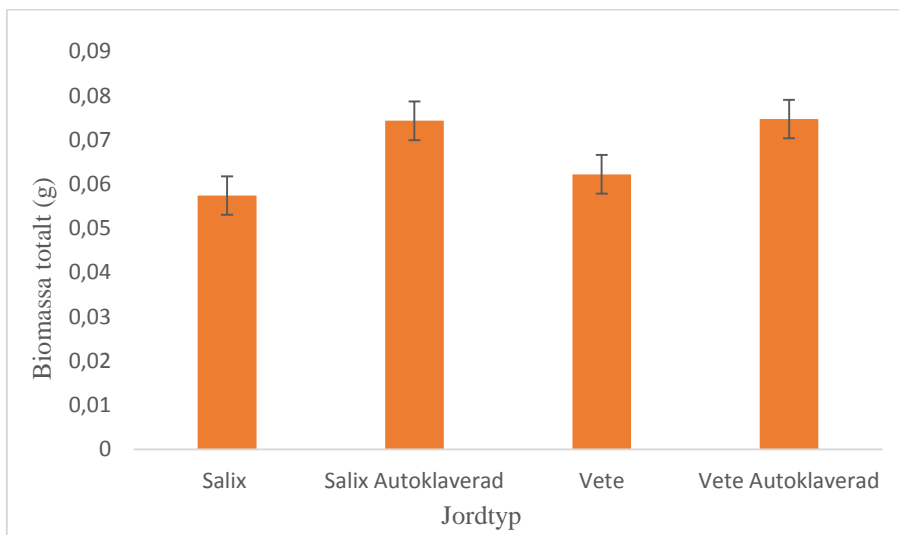
**Figur 3: Medelvärde av den torra biomassan för skotten hos veteplantorna i de olika jordtyperna.**

Statistiken för rotmassan visade signifikans för jordtyp i kombination med autoklavering som en påverkande variabel av biomassan (se Tabell 1). Det gick dock inte att se några direkta biologiska skillnader som uppkommit av detta samband (se Figur 3). För jordtyp och autoklavering av jorden separat fanns emellertid ingen signifikans ( $p=0,117$  respektive  $0,446$ ), inte heller några antydande tendenser mellan medelvärdena gick att utläsa (se Figur 3).



**Figur 4: Medelvärde av den torra biomissan hos veteplantornas rötter i de olika jordtyperna.**

Slutligen gjordes en analys av den sammanlagda torra biomissan av skott och rot för plantorna, förhållandet mellan dessa medelvärden för plantor i de olika jordarna presenteras i Figur 5. Den statistiska analysen visade inget signifikant samband för någon av variablerna (se Tabell 1). Figur 5 visar högre medelvärden av den totala biomissan för de autoklaverade jordarna, samt marginellt högre medelvärden för sädesjordarna framför Salixjordarna, dock finns det som sagt ingen statistisk säkerhet för dessa samband.



**Figur 5: Medelvärde av den totala torra biomissan hos veteplantorna i de olika jordtyperna.**

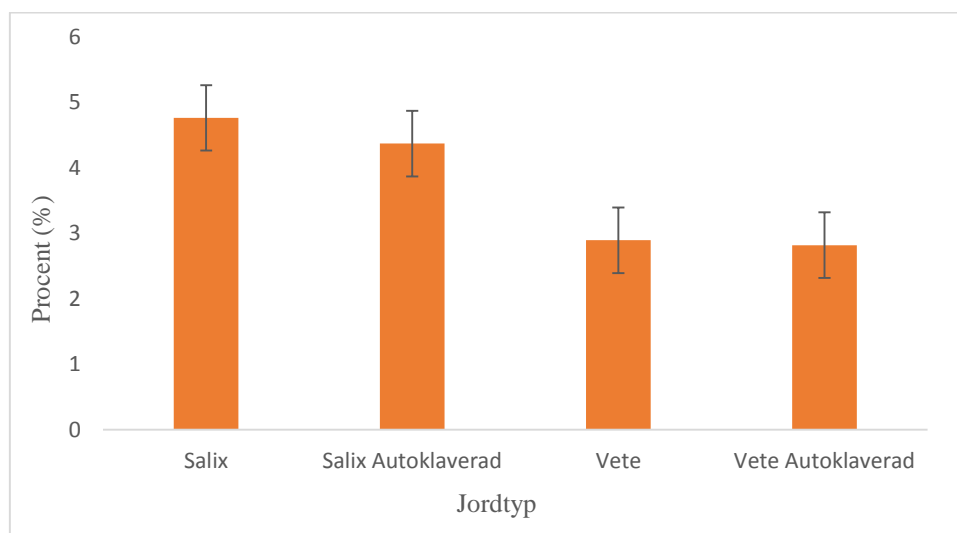
**Tabell 1**

P- och F-värden från utförda tvåvägs-Anova-test på skottmassa, rotmassa, total biomassa och kolhalt för olika variabler, samt df-värde för samtliga tester. Levandestatus i tabellen åsyftar huruvida jorden autoklaverats eller inte.

Variabel	Värde	Skottmassa	Rotmassa	Total biomassa	Kolhalt
Jordtyp	p	0,559	0,117	0,751	0,000
Levandestatus	p	0,044	0,446	0,079	0,001
Jordtyp*Levandestatus	p	0,067	0,027	0,788	0,019
Jordtyp	F	0,348	2,584	0,102	782,229
Levandestatus	F	4,351	0,593	3,269	14,672
Jordtyp*Levandestatus	F	3,580	5,336	0,073	6,672
	df	1	1	1	1

### 3.2 Kolhaltsbestämning av jordarna

Resultatet från undersökningen av de använda jordarnas kolhalt presenteras i Figur 6, med medelvärden av den procentuella kolhalten för varje jordtyp. Den statistiska undersökningen visade på signifikanta samband för samtliga variabler med mycket låga p-värden (se Tabell 1). Jämförelsen av medelvärdena i Figur 6 uppvisar en högre kolhalt i Salixjordarna än i sädesjordarna, samt en marginellt högre kolhalt i de levande jordarna jämfört med de autoklaverade jordarna.



**Figur 6: Andel kol i de olika jordtyperna angett i procent.**

I samband med kolhaltsbestämningen erhöles också jordarnas fukthalt, vilka visade på att proverna från Salixjordarna var fuktigare än sädesjordarna (cirka 20 % respektive cirka 13 %). Angående jordarnas textur noterades att sädesjorden var mer kompakt och upplevdes lerigare än Salixjorden.

### 3.3 Litteraturstudie av förutsättningarna för Salixodling i Sverige

Jordbruksverket ger årligen ut kalkyler för odling av utvalda energigrödor. Data från de fyra senaste av dessa rapporter sammanställdes för Salix, rörfilen och majs och redovisas som Tabell 2. De data som sammanställdes rörde kalkyler för produktionskostnad, skördens storlek, marknadspris och nettointäkter för odling av dessa energigrödor.

I jämförelse med odling av majs är produktionskostnaden per energienhet närapå hälften så stor för Salixodling. Marknadspriset per ton är å andra sidan mindre än hälften så högt för Salix i förhållande till majs. Kalkylen för intäkter för odling av Salix har kraftigt minskat sett över de senaste fyra åren – intäkterna per hektar odlingsmark har minskat från en positiv inkomst av 1 276 kronor per hektar 2013 till en förlust på 230 kronor per hektar i kalkylen för 2016. Samtidigt har priset på Salix minskat från 858 kronor per ton till 726 kronor per ton. Intäkterna från odling av majs har under samma tidsperiod ökat från under 4 000 till runt 5 800 kronor per hektar.

I förhållande till rörflen, en annan gröda som odlas för produktionen av fast bränsle, ger Salix generellt större skördar till en lägre produktionskostnad per energienhet. Marknadspriset för rörflen är högre än för Salix men ger lägre intäkter. Båda grödorna har en negativ trend under de senaste fyra åren med kontinuerligt minskade intäkter.

**Tabell 2**

Produktionskostnad, skörd, pris och intäkter för odling av tre energigrödor i Sverige över en fyraårsperiod.

Gröda	Produktionskostnad (kr/GJ)	Skörd (ton/ha*år)	Pris (kr/ton)	Intäkter (kr/ha)	Referens
Salix	46,9	13,9	726	- 230	Jordbruksverket (2016)
Salix	47,8	13,9	770	185	Jordbruksverket (2015)
Salix	47,8	13,9	836	1124	Jordbruksverket (2014)
Salix	48,3	13,9	858	1276	Jordbruksverket (2013)
Majs	96,7	12,0	1600	5820	Jordbruksverket (2016)
Majs	98,3	12,0	1600	5606	Jordbruksverket (2015)
Majs	99,4	12,0	1600	5452	Jordbruksverket (2014)
Majs	99,2	12,0	1472	3953	Jordbruksverket (2013)
Rörflen	64,7	7,4	760	- 2817	Jordbruksverket (2016)
Rörflen	64,7	7,4	808,5	- 2469	Jordbruksverket (2015)
Rörflen	63,3	7,4	882	- 1746	Jordbruksverket (2014)
Rörflen	64,7	7,4	906	- 1756	Jordbruksverket (2013)

Utöver en jämförelse av kostnads kalkyler för odling av energigrödor i Sverige utfördes i litteraturstudien också en likande jämförelse mellan Salix och poppel, för att se hur dessa grödor står mot varandra. De variabler som undersöktes var produktionskostnad per energienhet och skörd per hektar mark, då det var dessa som det gick att erhålla data för, och presenteras i Tabell 3.

Resultatet från de undersökta artiklarna visar att Salix i jämförelse med poppel har en högre produktionskostnad; medel för Salix är 31,2 kr/GJ mot respektive för poppel som är 18,9 kr/GJ) och både det lägsta och högsta värdet för produktionskostnad är högre för Salix än för poppel. Sett till skördemängden har skördarna av poppel ett medelvärde på 14,4 ton per hektar, medan medelvärdet för Salixodling ligger på 10,5 ton per hektar.

**Tabell 3**

Sammanställning av resultat från vetenskapliga artiklar rörande produktionskostnad och skörd för odling av Salix och poppel.

Gröda	Produktionskostnad (kr/GJ)	Skörd (ton/ha*år)	Referens
Salix	37	12	Goor et al (2000)
Salix	37-47	9	Ericsson et al (2006)
Salix	26	12	Rosenqvist & Dawson (2005)
Salix	16-24	8,8	Styles et al (2008)
Poppel	19	16,2	Turhollow (1994)
Poppel	30	10	Havlickova et al (2009)
Poppel	7,4-7,9	13,5	Gasol et al (2009)
Poppel	30	18	Fiala et al (2010)

## 4. Diskussion

### 4.1 Undersökning av påverkan från Salix på tillväxt hos vete

Det kunde inte fastställas något signifikant samband mellan det odlade vetets tillväxt och i vilken jordtyp det odlats i, varken för plantskotten eller för rötterna. Utifrån denna studie går det således inte att säga att Salix har någon positiv inverkan på växtförhållandena i jord för odling av vete, vilket besvarar frågeställningen som var knuten till odlingsexperimentet. Rörande skottens tillväxt fanns ett signifikant samband kopplat till om jorden var autoklaverad, vilket är i linje med vad som tidigare nämnts om de förbättrade förhållandena i autoklaverad jord på grund av den näring som frigjorts från de dödade organismerna. Detta försökte jag utjämna genom att tillföra växtnäring till alla plantorna, antingen var dosen inte tillräcklig för att jämna ut förhållandena eller så beror sambandet på något annat. Att den autoklaverade Salixjorden gav högst tillväxt bland plantskotten kan tyda på att Salix faktiskt ger bäst förutsättningar för nästföljande grödor om marklevande organismer och deras påverkan på jordens växtförhållanden bortses.

Inte heller några signifikanta samband kunde finnas rörande rötternas tillväxt fanns ett signifikant samband för kombinationen av jordtyp och autoklavering av jorden som en påverkande faktor för tillväxten av biomassa. Dock gick det inte att upptäcka någon biologisk skillnad mellan jordarna när medelvärdena av rotmassan från dem jämfördes, således går det inte att dra några konkreta slutsatser trots den statistiska signifikansen.

När den totala torra biomassan för plantorna analyserades upptäcktes inget signifikant samband mellan tillväxt och någon av variablerna. En grafisk jämförelse av medelvärden för den totala biomassan visade högre medelvärden för autoklaverad jord och sädesjord, dock gick det som sagt inte att dra någon slutsats om att så är fallet i verkligheten.

Mätningen av jordarnas kolhalt och påföljande statistiskt test visade att Salixjordarna innehöll mer än 50 % mer kol än sädesjordarna. Detta kan bero på att Salixrötternas storlek och struktur ger

upphov till en förhöjd kollagring samt att Salix har en längre omloppstid än sädesslag och andra födo­grödor (Mehdi et al, 1999).

Trots att Salixjordarna innehöll klart mer kol än sädesjordarna kunde alltså ingen direkt positiv effekt från Salixjorden märkas på vetets tillväxt, vare sig på vetets skott eller dess rötter. Experimentet kan ha varit för småskaligt i omfattning och tidsåtgång för att en skillnad mellan plantorna skulle hinna uppstå. Vetet har stora frön och varje planta har därför ganska mycket resurser till att börja med. Försökstiden kan därför ha varit för kort för att eventuella tillväxtskillnader skulle hinna utvecklas. Det är också möjligt att en variabel som inte har undersökts i detta arbete ha påverkat resultatet. Kvävetillgången i jordarna är något som kan ha påverkat resultatet, då plantor är beroende av kväve på samma sätt som de är av kol (Amandeep et al, 2012). Tillväxten kan ha bromsats i Salixjorden om tillräckligt med kväve inte fanns att tillgå för plantorna, i det fallet gjorde den höga kolhalten i jorden ingen skillnad. Även andra näringsämnen som är viktiga för tillväxten hos växter, till exempel fosfor, kan ha påverkat och begränsat produktionen av biomassa. Eftersom fröna såddes i kompostjord och dessutom fick en näringsdos så har det dock förmodligen inte utvecklats någon näringsbrist under det 18 dagar långa försöket.

Detta experiment var tidsbegränsat och för att kunna dra säkra slutsatser om Salix inverkan på växtförhållandena i jord krävs betydligt mer omfattande studier i fält och under en mycket längre tidsperiod. Samtidigt som det inte säkert går att säga att vete växer bättre i Salixjord går det inte heller att hävda motsatsen. Salixodling kan vidare bidra med andra samhällsnyttor, bland annat som en potentiell kolkälla (Rytter et al, 2015) och till rening av avloppsvatten (Börjesson & Berndes, 2006).

Att integrera fler biologiska tjänster i samhället är viktigt sett ur ett hållbarhetsperspektiv, och att odla växter med flera användningsområden innebär en mer effektiv användning av mark och resurser. Salixodling är ett exempel på hur detta kan se ut i praktiken, vare sig det är som kombinerad energikälla och kolsänka, jordförbättrare eller filter för rening av avloppsvatten. Vidare forskning kommer att avgöra vilket alternativt som är lämpligast.

## 4.2 Odling av Salix i förhållande till andra energigrödor

Att jämföra kostnads- och intäktskalkyler för olika energigrödor kan ge en uppfattning om den rådande konkurrenssituationen grödor emellan. Även om det inte ger en bild över hur situationen faktiskt ser ut så ges ändå förutsättningarna som den verkliga konkurrenssituationen bygger på. Genom att jämföra kostnader för produktion och kalkyler för intäkter för olika energigrödor kan lantbrukare välja det alternativ som gynnar dem bäst, vilket också är syftet med dessa kalkyler (Jordbruksverket, 2016a).

Rörflen är likt Salix en fastbränslegröda (Jordbruksverket, 2015), varför en jämförelse dem emellan är intressant. Salix visar sig vara betydligt mer effektivt än rörflen både sett till produktionskostnad och skördemängd. Prismässigt är grödorna relativt jämna, men Salix genererar betydligt högre intäkter. Båda grödorna har dock en negativ intäktsutveckling över den undersökta



tidsperioden, och det är möjligt att detta är en trend gemensam för fastbränslegrödor och energiskog i allmänhet.

Jämfört med majs odlat för biogasframställning var Salix inte alls konkurrenskraftigt, detta till största del beroende på den stora prisskillnaden grödorna emellan, där majs för kalkylen 2016 ger mer än dubbelt så mycket pengar per ton gröda. Trots att produktionskostnaden sett till energimängd är omkring dubbelt så stor för majs är intäkterna ändå mer än 5 000 kronor mer per ton.

Som Tabell 2 visar minskar priset på Salix mellan 2013 och 2016 – från respektive 858 till 726 kronor per ton. Detta har medfört att Salixodling från att ha genererat en vinst på över 1 000 kronor per ton med den senaste kalkylen istället genererar en förlust. Vad denna prisförändring beror på har inte undersökts i detta arbete. Vilka orsakerna är och om det ser ut på samma sätt i andra länder skulle vara intressant att undersöka i framtida studier. Vad som kan konstateras är att priset på Salix är en starkt bidragande faktor till en odlings lönsamhet. En studie genomförd av Stolarski et al 2015 visade att det som gav störst effekt på bruttovinsten för en Salixodling var just grödans marknadspris; en prisökning på 10 % ökade intäkterna med minst 33 % och som mest upp till 92 %.

Ser man till enbart intäkterna från skörden så ger Salixodling i Sverige i dagsläget ingen vinst. Hur intäkterna ser ut om man räknar med bidrag för Salixodling har inte undersökts i denna studie och således kan ingen slutsats om hur lönsamheten för Salixodling i praktiken ser ut. Dock kan man säga att Salixodlingen för sig själv inte är lönsam, vilket besvarar studiens andra frågeställning.

Jämförelsen mellan Salix och poppel visade ingen större skillnad dem emellan, dock var siffrorna till fördel för poppel när det kom till såväl produktionskostnaden som skördens storlek. Poppel används i allt större utsträckning i Sverige (Rytter et al, 2011). En orsak till detta kan vara att lantbrukare numera kan få ekonomiskt bidrag för att etablera en poppelodling (Rytter et al, 2011). En studie utförd på en långtgående poppelodling har visat att poppel också genererar positiva långsiktiga effekter på jorden (Sierra et al, 2013). Det är således troligt att poppel har liknande inverkan som Salix på jord och närmiljö där det odlas. I framtida studier skulle det vara intressant att vidare jämföra dessa energigrödor och vilka för- och nackdelar de har i förhållande till varandra och andra energigrödor.

### 4.3 Situationen för Salixodling i Sverige

Salixodling förutspåddes en god framtid i Sverige i början på 1990-talet (Helby et al, 2006), situationen har dock inte utvecklats till den positiva som man först räknade med (Helby et al, 2004), vilket har flera orsaker. Lantbrukare som började odla Salix under 90-talet saknade tillräckligt med kunskap rörande Salixodling, vilket ledde till felbeslut och ineffektiv odling (Helby et al 2006). Dessutom bidrog dåligt reglerade bidragssystem och prisutvecklingen på marknaden till att odlingen av Salix snabbt minskade (Helby et al, 2006). Ett annat starkt bidragande problem är att den höga risk som Salixodling innebär då den ofta måste pågå under en lång tid, samtidigt som marknaden är osäker (Helby et al, 2004), som lösning föreslås en riskfördelning mellan aktörerna på marknaden (Helby et al, 2004). Det finns också åtgärder rörande produktionskostnaderna hos Salix som kan öka lönsamheten. I en studie från 2013

utförd av Rosenqvist et al tas flera aspekter inom Salixodling upp som kan förbättras för att reducera kostnader. Den största potentialen ligger hos den möjliga ökade kunskap hos lantbrukare som odlar Salix då detta påverkar flera aspekter inom odlingen. Att expandera Salixodlingar skulle vidare effektivisera odlingen och reducera kostnader. Totalt uppskattas produktionskostnaderna kunna minska med upp till 35 % (Rosenqvist et al, 2013).

Ökade kolpriser gör att efterfrågan på biomassa ökar. Tillräckligt höga kolpriser skulle göra biomassodling mer lönsamt och därmed ge incitament till lantbrukare att börja odla energigrödor (Berndes et al, 2003). Att främja en mer hållbar energiproduktion bör vara önskvärt för beslutsfattare. Ekonomiska styrmedel för att främja odling av energigrödor skulle här kunna vara tillämpligt, till exempel i form av subventioner av biomassa, bidrag för att odla energigrödor eller en högre beskattning på kol och andra fossila bränslen. Enligt Sveriges landsbygdsprogram för åren 2014-2020 går det att ansöka om ett investeringsstöd för plantering av bland annat poppel och Salix på åkermark (Jordbruksverket, 2016b). Detta är en viktig åtgärd för att öka odlingen av energigrödor i Sverige, men fler åtgärder behövs antagligen. Som Tabell 2 i resultatdelen visar har priset på Salix minskat stadigt under de senaste åren. Det är möjligt att de ekonomiska stöd som finns att tillgå är nog för att väga upp den ekonomiska förlusten för den enskilde lantbrukaren. I ett större perspektiv behövs emellertid insatser för att vända den negativa trenden och på så vis göra odling av Salix till ett ekonomiskt hållbart alternativ. Detta går hand i hand med samhällets övergång från fossila till biobaserade bränslen – när efterfrågan ökar kommer också priserna att stiga.

Det finns mycket att göra rörande förutsättningarna för odling av Salix i Sverige, samtidigt som det finns potential för att odling av Salix ska etableras på allvar i Sverige. Grödan själv har ett högt energiinnehåll och Salixodlingar kan tillhandahålla samhälls- och miljönyttor som lagring av kol och vattenrening. Om tjänster som dessa i större utsträckning beaktades i vinstkalkyler och utvärderingar för Salix och andra energigrödor skulle statusen och den potentiella lönsamheten hos dessa antagligen höjas.

Efterfrågan av biomassa blir allt högre och dessutom finns en stor mängd outnyttjad jordbruksmark som mycket väl kan utnyttjas för Salixodling. För att på riktigt etablera Salix som framstående energigröda i Sverige krävs dock åtgärder som gör det lättare att försörja sig på att odla Salix, antingen från beslutsfattare eller från marknadsaktörer. Tids nog kommer Salix och andra energigrödor att bli tillräckligt lönsamma för lantbrukare att investera i utan hjälpmedel, när fossila bränslen blivit för dyra och inte längre ses som den mest effektiva energikällan. Frågan är om det är värt att vänta på att det ska ske. Omställningen till ett hållbart, biobaserat samhälle kommer inte ske av egen maskin, och en etablering av Salix och andra energigrödor på oanvänd åkermark i Sverige skulle kunna vara ett av de första stegen mot vart vi till slut vill komma.

## 6. Slutsatser

- Ingen direkt effekt på vetetillväxt från Salixjord kunde upptäckas i studien. Dock fanns en signifikans mellan autoklivering av jord och skottens biomassa. För den totala biomassan var det i stort sett ingen skillnad alls mellan Salix- och sädesjord.
- Andra studier har tidigare visat att odling av Salix ökar kolhalten i jorden, något som också bekräftats i och med denna studie.
- En statistisk signifikans från interaktionen mellan jordtyp och autoklivering på tillväxten av rotmassa fanns, emellertid upptäcktes ingen biologisk skillnad att koppla detta samband till.
- Salix och poppel har flera likheter, bland annat skördestorlekar, produktionskostnad och effekt på jorden.
- Salixodling i Sverige genererar inte någon vinst i dagsläget utan ekonomiskt stöd. Den främsta orsaken för detta är att marknadspriset på Salix har sjunkit de senaste åren. Det är möjligt att detta är den generella situationen för fastbränslegrödor likt Salix.

## 5. Källförteckning

- Amandeep K., Seema B., Gurjit Kaur G., Mahesh K. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L) genotypes. *Maydica* 57: 75-82
- Berndes G., Börjesson P., Azar C. 2003. Carbon Sequestration in Plantations and the Economics of Energy Crop Production: The Case of Salix Production in Sweden. *Greenhouse Gas Control Technologies - 6th International Conference 2*: 1413-1418.
- Dimitriou I., Aronsson P. 2005. Willows for energy and phytoremediation in Sweden. *Unasylva* 221: 47-50
- Ericsson K., Rosenqvist H., Ganko E., Pisarek M., Nilsson L. 2006. An agro-economic analysis of willow cultivation in Poland. *Biomass & Bioenergy* 30: 16-27
- Fiala M., Bacenetti J., Scaravonati A., Bergonzi A. 2010. Short rotation coppice in Northern Italy: comprehensive sustainability. *Proceedings of 18th European Biomass Conference & Exhibition - From research to industry and markets; 2010 May 3-7; Lyon, France, ETA-Florence Renewable Energies, Florence*: 342-348
- Gasol C.M., Martinez S., Rigola M., Rieradevall J., Anton A., Carrasco J., Ciria P., Gabarell X. 2009. Feasibility assessment of poplar bioenergy systems in the Southern Europe. *Renew Sust Energ Rev* 13: 801-812
- Goor F., Jossart J.M., Ledent J.F. 2000. ECOP: an economic model to assess the willow short rotation coppice global profitability in a case of small scale gasification pathway in Belgium. *Environ Modell Softw* 15: 279-292
- Gavrilescu M. 2008. Biomass power for energy and sustainable development. *Environmental Engineering and Management Journal* 7: 617-640
- Havlickova K., Weger J., Zanova I. 2009. Short rotation coppice for energy purposes – economy conditions and landscape functions in the Czech Republic. *Solar energy and human settlement. Proceedings of ISES solar world congress 2007; 2007 Sept 18-21; Beijing, China. Berlin: Springer*: 2482-2487.
- Helby, P., Rosenqvist, H., Roos A. 2006. Retreat from Salix - Swedish experience with energy crops in the 1990s. *Biomass & Bioenergy* 30: 422-427
- Helby P., Börjesson P., Hansen A.C., Roos A., Rosenqvist H., Takeuchi L. 2004. *Market development problems for sustainable bio-energy systems in Sweden. (The BIOMARK project)*. Lunds Tekniska Högskola. <http://www.miljo.lth.se/helby/biomark.pdf> (Hämtad 2016-04-27)
- Jordbruksverket. 2016a. *Kalkyler för energi- och spannmålsgrödor*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/Salix/kalkylerforenergiochspannmalsgrödor.4.2ae27f0513e7888ce2280009180.html>. (Hämtad 2016-05-12)

Jordbruksverket. 2016b. *Sweden – Rural Development Programme (National)*.  
<https://www.jordbruksverket.se/download/18.229ea55815233ba0390e8c59/1452694447806/Landsbygdsprogrammet+2014-2020.pdf> (Hämtad 2016-05-17)

Jordbruksverket. 2015. *Rörflen*.  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/vall/vallarter/rorflen.4.1e57ec3514d1bf97964d4228.html> (Hämtad 2016-05-18)

Jordbruksverket (2009). *Jordbruk, bioenergi och miljö. Rapport 2009:22*.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra09\\_22.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra09_22.pdf) (Hämtad 2016-04-21)

Jordbruksverket (2008). *Kartläggning av mark som tagits ur produktion. Rapport 2008:7*.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra08\\_7.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_7.pdf) (Hämtad 2016-04-21)

McCormick K., Kautto N. 2013. The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability* 5: 360-366

Mehdi B., Zan C., Girouard P., Samson R. 1999. Soil organic carbon sequestration under two dedicated perennial bioenergy crops. *Biomass: A Growth Opportunity in Green Energy and Value-Added Products* 1 & 2: 17-23

Olofsson, J., Börjesson, P. 2016. *Nedlagd åkermark för biomassproduktion - kartläggning och potentialuppskattning*. [http://www.f3centre.se/sites/default/files/f3\\_report\\_2016-01\\_nedlagd\\_akermark\\_for\\_biomassproduktion\\_20160219.pdf](http://www.f3centre.se/sites/default/files/f3_report_2016-01_nedlagd_akermark_for_biomassproduktion_20160219.pdf) (Hämtad 2016-03-21)

Rosenqvist H. 2016. *Kalkyler för energigrödor 2016*. Jordbruksverket.  
<http://www2.jordbruksverket.se/download/18.7f491a01152af1c55ce44b54/1454671125036/ovr378.pdf> (Hämtad 2016-05-11)

Rosenqvist H. 2015. *Kalkyler för energigrödor 2015*. Jordbruksverket.  
<http://www2.jordbruksverket.se/download/18.4c6781514b9df8f29ea3732/1424334435406/ovr336.pdf> (Hämtad 2016-05-11)

Rosenqvist H. 2014. *Kalkyler för energigrödor 2014*. Jordbruksverket.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_ovrigt/ovr304.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr304.pdf) (Hämtad 2016-05-11)

Rosenqvist H. 2013. *Kalkyler för energigrödor*. Jordbruksverket.  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_ovrigt/ovr268.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr268.pdf) (Hämtad 2016-05-11)

Rosenqvist H., Berndes G., Börjesson P. 2013. The prospects of cost reductions in willow production in Sweden. *Biomass & Bioenergy* 48: 139-147

Rosenqvist H., Dawson M. 2005. Economics of willow growing in Northern Ireland. *Biomass & Bioenergy* 28: 7-14

- Rytter R-M., Rytter L., Hogbom L. 2015. Carbon sequestration in willow (*Salix* spp.) plantations on former arable land estimated by repeated field sampling and C budget calculation. *Biomass & Bioenergy* 83: 483-492
- Sierra M., Martínez F.J., Verde R., Martín F.J., Macías F. 2013. Soil-carbon sequestration and soil-carbon fractions, comparison between poplar plantations and corn crops in south-eastern Spain. *Soil and Tillage Research* 130: 1–6.
- Stolarski M.J., Rosenqvist H., Krzyżaniak M., Szczukowski S., Tworkowski J., Gołaszewski J., Olba-Zięty E. 2015. Economic comparison of growing different willow cultivars. *Biomass & Bioenergy* 81: 210-215
- Styles D., Thorne F., Jones M.B. 2008. Energy crops in Ireland: an economic comparison of willow and *Miscanthus* production with conventional farming systems. *Biomass & Bioenergy* 32: 407-421
- Turhollow A. 1994. The Economics of Energy Crop Production. *Biomass and Bioenergy* 6: 229-241
- Vaarst M., Steinfeldt S., Horsted K. 2015. Sustainable development perspectives of poultry production. *World's Poultry Science Journal* 71: 609-620
- Weih M. 2006. *Energiskogsodling på åkermark – möjligheter för biologisk mångfald och kulturmiljö i ett landskapsperspektiv*. Naturvårdsverket. [http://pub.epsilon.slu.se/3075/1/SNV\\_Dnr802-114-04.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/3075/1/SNV_Dnr802-114-04.pdf) (Hämtad 2016-04-29)