



# LUND UNIVERSITY

## Energitillförselmodeller för övergång till förnybar och närgenererad energi: en studie över Tjörns kommuns möjlighet att göra en energiomställning

Ström, Ida

2011

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Ström, I. (2011). *Energitillförselmodeller för övergång till förnybar och närgenererad energi: en studie över Tjörns kommuns möjlighet att göra en energiomställning*. International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



*Foto: Ida Ström*

# **ENERGITILLFÖRSELMODELLER FÖR ÖVERGÅNG TILL FÖRNYBAR OCH NÄRGENERERAD ENERGI**

**- EN STUDIE ÖVER TJÖRNS KOMMUNS MÖJLIGHET ATT  
GÖRA EN ENERGIOMSTÄLLNING -**

**IDA STRÖM**



Internationella Miljöinstitutet vid Lunds universitet



Ida Ström, 2011

Magisteruppsats i Miljövetenskap

Handledare:

Åke Thidell, IIIEE, Lunds universitet

Institutionen för Miljövetenskap

Lunds universitet



LUNDS  
UNIVERSITET

Denna publikation ska citeras som följande:

Ida Ström. Internationella Miljöinstitutet (IIIEE). (2011). Energitillförselmodeller för övergång till förnybar och närgenererad energi – En studie över Tjörns kommuns möjlighet att göra en energiomställning. Lund: IIIEE.

ISBN: 978-91-88902-80-1

©Författaren & IIIEE, 2011

# I. Abstract

An energy system that relies on fossil fuel is not sustainable. Emissions, such as carbon dioxide, nitric oxide and corpuscles, affect the climate and pollute the air. Furthermore, the supply of oil, coal and natural gas is located a few places worldwide, which can give rise to geopolitical conflicts for access to these areas. This is not a local issue for Tjörn, nor even a national issue for Sweden, but a global issue that in the end is about the survival of the earth as we know it. Sweden has come far in switching away from fossil fuels in terms of production of electricity and heating. On the other hand, the production system is centralized and nuclear power and hydropower are the main resources for generating electricity. The municipality of Tjörn is a member of Cradle to Cradle Islands, which is an EU-cooperation with focus on e.g. a decentralized energy system. Cradle to Cradle Islands argue that islands have big potential for locally produced, renewable energy since they are surrounded by water, often have plenty of sun hours and the wind is rarely still. Samsö is an island in Denmark, also partners in Cradle to Cradle Islands. In less than ten years Samsö succeeded in switching their energy supply from mainly fossil, imported raw materials to providing themselves with 100 percent renewable electricity and 75 percent renewable heating. With this in mind, this report will study if Tjörn can do the same transposition, based on their own capacity. Natural resources and conditions were analyzed on the island and used to calculate the realistic energy supply from each of the energy sources; geothermal heating, bio fuel, sun energy, wind power and wave power. The knowledge of the total amount of potential renewable energy was later used to make energy production models in four different scenarios.

## II. Författarens tack

Så snabbt har tiden för examensarbetet passerat. Det har varit roligt och utmanande på samma gång. Minnena och erfarenheterna kommer jag att bära med mig en lång tid, förhoppningsvis för alltid. Även om jag skriver uppsatsen själv, har jag långt ifrån varit ensam. Under arbetets gång har jag fått stor hjälp både med informationsinsamling, nätverkande och moraliskt stöd. Jag skulle därför vilja uttrycka ett tack till dessa.

Ett speciellt tack till min handledare Åke Thidell på IIIIEE för bra råd, kreativa idéer och konstant support. Tack till Mikael Backman för att du ordnade mitt studiebesök på Samsö, som blev starten på hela arbetet.

Särskilt tack till Maria Palm på Tjörns kommun för att du ordnat alla mina besök på Tjörn. Även tack för din optimism, motivation och hjälpsamma inställning. Tack till övriga personer på Tjörn som fått mina besök där att vara rena nöjet.

Tack till Jonas Svensson på Sweco för dina åsikter och råd, vilket har gett mig nya tankar om hur man kan arbeta med en frågeställning. Även tack till Mattias och Per på Vagga till Vagga AB för ert engagemang och vinklar på arbetet.

Ett stort tack till alla mina vänner och min familj som har stöttat och trott på mig och ett alldeles speciellt tack till min pojkvän Fredrik för tålmod, stöd och teknisk support i tid och otid.

# Innehåll

<b>Förkortningar och räknetermer .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Introduktion .....</b>	<b>9</b>
1.1 Bakgrund .....	9
1.2 Problem med dagens resursanvändning .....	9
1.2.1 Klimatförändringar .....	10
1.2.2 Luftföroreningar .....	10
1.2.3 Geopolitiska konflikter .....	10
1.3 Energimål .....	10
1.3.1 Internationella klimat- och energimål .....	11
1.3.2 Nationella mål .....	11
1.3.3 Miljömålen .....	11
1.3.4 Regionala mål för Västra Götaland .....	12
1.3.5 Lokala mål för Tjörn .....	12
1.4 Cradle to Cradle Islands .....	13
1.4.1 Energiomställning på Samsö .....	13
1.5 Problemdefinition och frågeställning .....	14
1.5.1 Syfte .....	14
1.5.2 Frågeställning .....	15
1.5.3 Avgränsningar .....	15
<b>2 Teoretisk bakgrund och metod .....</b>	<b>17</b>
2.1 Strategimodell av Mårtensson och Westerberg .....	17
2.1.1 Samsö i Mårtenssons och Westerbergs modell .....	18
2.2 Metod .....	18
2.2.1 Datainsamling .....	18
2.2.2 Fältarbete .....	19
2.2.3 Analys av data .....	19
<b>3 Tjörn .....</b>	<b>20</b>
3.1 Kort fakta om kommunen .....	20
3.1.2 Tjörns översiktsplan .....	21
3.2 Energiläget i Tjörns kommun .....	21
3.2.1 Energitillförsel till kommunen .....	21
3.2.2 Användning av energin i kommunen .....	22
3.2.3 Lokalt tillförd energi och potential i kommunen .....	23
<b>4 Prognos över framtida energianvändning .....</b>	<b>25</b>
4.1 Framtida energianvändning i Sverige .....	25
4.2 Framtida energianvändning på Tjörn .....	25
<b>5 Energipotential på Tjörn .....</b>	<b>27</b>
5.1 Bergvärme .....	27
5.1.1 Potential .....	27
5.1.2 Ersättning .....	27
5.1.3 För- och nackdelar .....	28
5.2 Biobränsle .....	28
5.2.1 Potential .....	28
5.2.2 Ersättning .....	29
5.2.3 För- och nackdelar .....	29
5.3 Solenergi .....	30
5.3.1 Potential .....	30

5.3.2 Ersättning.....	31
5.3.3 För- och nackdelar.....	31
5.4 Vindkraft .....	31
5.4.1 Potential .....	32
5.4.2 Ersättning .....	33
5.4.3 För- och nackdelar.....	33
5.5 Vågkraft .....	33
5.5.1 Potential .....	34
5.5.2 Ersättning .....	35
5.5.3 För- och nackdelar.....	35
<b>6 Energitillförselmodeller för Tjörns kommun .....</b>	<b>36</b>
6.1 Scenarioupbyggnad .....	36
6.1.1 Satsa idag med en långsam befolkningsutveckling - Modig.....	36
6.1.2 Satsa idag med en kraftig befolkningsökning - Visionär.....	37
6.1.3 Satsa imorgon med en långsam befolkningsutveckling - Säker.....	37
6.1.4 Satsa imorgon med en kraftig befolkningsökning - Intensiv.....	38
6.2 Hänsynstagande för energitillförselmodeller .....	38
6.3 Förslag av energiproduktionssystem .....	39
6.3.1 Satsa idag med en långsam befolkningsutveckling - Modig.....	39
6.3.2 Satsa idag med en kraftig befolkningsökning - Visionär.....	41
6.3.3 Satsa imorgon med en långsam befolkningsutveckling - Säker.....	43
6.3.4 Satsa imorgon med en kraftig befolkningsökning - Intensiv.....	45
<b>7 Analys och diskussion .....</b>	<b>47</b>
7.1 Slutdiskussion .....	47
7.2 Vidare studier .....	49
<b>Referenser.....</b>	<b>50</b>
<b>Bilaga 1. Sankey-diagram över energitillförseln .....</b>	<b>52</b>

# Förkortningar och räknetermer

C2CI – Cradle to Cradle Islands

CO<sub>2</sub> – Koldioxid

EU – Europeiska Unionen

IIIEE – The International Institute for Industrial Environmental Economics

LRF – Lantbrukarnas Riksförbund

OPEC – The Organization of the Petroleum Exporting Countries

SEK – Svenska enkronor

ÖP – Översiktsplan

1 TWh – terawattimmar = 1000 GWh – gigawattimmar = 1 000 000 MWh – megawattimmar  
= 1 000 000 000 kWh – kilowattimmar





# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Världen över uppmärksammas nödvändigheten av en hållbar utveckling för att kunna möta vårt dagliga behov utan att äventyra detsamma för framtida generationer (Brundtlandrapporten, 1987). En global lösning kan åstadkommas genom att börja arbeta lokalt och regionalt för att ställa om det ohållbara, fossilbränslebaserade energisystem vi har idag till ett hållbart, fossilfritt och decentraliserat energisystem.

Wallner et al, (1994) menar att det viktigaste för att utveckla en hållbar region är att förändra intensiteten och hastigheten för användandet av externt material. Behovet av material i en region ska inte överstiga den lokala tillgången (Wallner et al, 1994).

Öar har ofta stor potential för förnybara energislag, så som sol, vind, vatten och biomassa (Stuart, 2006). Svårigheter på öar kan istället vara allmänt motstånd mot exempelvis vindkraft som ”förfular” landskapet. Expertrådgivning kombinerat med allmänhetens deltagande kan leda till en känsla av lokalt ägande av energisystemet och därmed förändra inställningen till förnybara energikällor (Stuart, 2006).

Genom att börja arbeta lokalt kan man nå en energiomställning globalt, då dagens resursanvändning i allra högsta grad blivit en fråga som påverkar oss jorden över.



*Tjörn är en ö med möjligheter för förnybar energi. Foto: Ida Ström*

## 1.2 Problem med dagens resursanvändning

Den ekonomi och det energisystem som vi har idag och som är beroende av fossila bränslen medför flera problem, så som klimatförändringar och föroreningar samtidigt som det ökar känsligheten för geopolitiska konflikter. Dessutom är fossila bränslen en ändlig resurs och det är ett faktum att de kommer att ta slut. Dessa problem är mer eller mindre komplexa och en

övergång till andra energibärare och ett energieffektivare samhälle är en nödvändighet för att reducera svårigheterna

### **1.2.1 Klimatförändringar**

Klimatförändringen kan vara den största miljömässiga utmaningen mänskligheten någonsin har stått inför. Främst kommer de klimatförändrande utsläppen från förbränning av fossila bränslen (Wuebbles et al, 2001). IPCC slår fast i sin rapport från 2007 att den globala genomsnittstemperaturen förväntas öka mellan 1,1 och 6,4 grader Celsius under de kommande 100 åren. En temperaturökning kan komma att leda till bland annat höjning av havsnivån samt förändrade nederbördsmönster och vindsystem (IPCC, 2007). Detta kan leda till stora mänskliga och materiella skador samt konsekvenser för de naturliga ekosystemen och de socioekonomiska förhållandena (Wuebbles et al, 2001). Likaså finns risk för ett ökat antal epidemier som kan påverka mänskligheten (Wuebbles et al, 2001).

### **1.2.2 Luftföroreningar**

Förbränning av fossila bränslen ger upphov till utsläpp av bland annat kväveoxid, svaveldioxid och partiklar (Granovskii et al, 2007). Det är föroreningar som påverkar människans hälsa, naturen, byggnader och infrastruktur. Sambandet mellan dessa utsläpp och användningen av fossila bränslen är inte lika självklar som för CO<sub>2</sub>, då många av föroreningarna går att rena eller reducera genom effektivare förbränningsmotorer. Istället kan man, enligt Västra Götalandsregionen (2007), snarare se ett samband med landets BNP och mängden av vissa föroreningar. Föroreningar per BNP-enhet är högt om BNP är lågt men minskar sedan när BNP nått över en viss nivå. En förklaring till det kan vara att rikare länder har råd att hantera miljöproblemen med renare, men dyrare, teknik. Västra Götalandsregionen (2007) menar dock att trots utsläppen per BNP minskar vid ekonomisk tillväxt kan den underliggande tillväxten i BNP medföra att de totala utsläppen ökar.

### **1.2.3 Geopolitiska konflikter**

Europa prognostiseras ha en importkvot på över 80 procent när det gäller konsumtionen av olja och gas år 2030. Omkring 60 procent av världens återstående oljereserver finns i områden kring Persiska viken. Det är därför avgörande för resten av världen som har en fossilberoende ekonomi att olje- och gasresurserna från Persiska viken finns tillgängliga på världsmarknaden. Därtill har olika internationella aktörer olika intressen för området. Exempelvis så vill Indien och Pakistan bygga en gasledning från Iran vilket USA motsätter sig då de anser att den ekonomiska inkomst detta ger till Iran kan utnyttjas för landets kärnvapenprogram. Dessutom har kapaciteten inom OPECs produktion minskat de senaste åren, vilket har lett till stigande oljepriser som kan eskalera konflikter. (Västra Götalandsregionen, 2007).

## **1.3 Energimål**

Problemen med fossila bränslen har lett fram till omfattande lagstiftning och målsättningar på alla nivåer i samhället. Nedan sammanställs de viktigaste besluten och målen på europeisk nivå samt på nationell och regional nivå för att beskriva förutsättningarna för det lokala planeringsarbetet för förnybar energi.

### 1.3.1 Internationella klimat- och energimål

År 2008 lade EU- kommissionen fram ett energi- och klimatpaket i form av förslag till direktiv och beslut. Målen i direktiven är bindande men har i vissa fall satts med hänsyn till andra länders förmåga. (Europaparlamentet, 2008)

Innehållet i direktiven och besluten är i kortfattad form bland annat:

- År 2020 ska 20 procent av EU:s energitillförsel komma från förnybara energikällor. Målet är olika fördelat mellan EU:s länder beroende på ländernas möjligheter att nå målet. För Sveriges del ska 49 procent komma från förnybar energi år 2020. Enligt Regeringskansliet (2010) kommer Sverige nå målet.
- För sektorer som inte omfattas av handelsrätter, så som jordbruk, avfall och hushåll, ska utsläppen vara 10 procent lägre år 2020 jämfört med år 2005. Målet är olika fördelat mellan EU:s länder och Sverige ska minska sina utsläpp med 17 procent.

(Europaparlamentets och rådets direktiv; 2009/28/EG)

### 1.3.2 Nationella mål

Med utgångspunkt från EU-direktivet (2009/28/EG) har Sverige satt upp följande nationella mål för förnybar energi:

- Andelen förnybar energi ska vara minst 50 procent av den totala användningen år 2020.

(Regeringskansliet, 2010)

### 1.3.3 Miljömålen

Sveriges energiomställning kan bidra till ett ekologiskt och ekonomiskt hållbart samhälle genom att fokusera på de 16 miljömål som är beslutade av Sveriges riksdag. Vid energianvändning och produktion är det särskilt viktigt att beakta miljömålen: begränsad klimatpåverkan, frisk luft, bara naturlig försurning och god bebyggd miljö. Miljömålen lyder:

*Begränsad klimatpåverkan* – Förbränning av fossila bränslen som huvudsakligen används för el- och värmeproduktion samt för transporter står för största mängden av växthusgasutsläpp, både i Sverige och internationellt. (Naturvårdsverket, 2010)

*Frisk luft* – Sotpartiklar, svaveldioxid och andra miljöfarliga ämnen släpps ut i luften vid förbränning. (Naturvårdsverket, 2010)

*Bara naturlig försurning* – Fossila energianläggningar är en av de sektorer som försurar mest, då exempelvis svaveldioxid och kväveoxider som bildas vid förbränning är försurande. (Naturvårdsverket, 2010)

*God bebyggd miljö* – Bebyggelsen står för cirka 40 procent av den totala användningen av energi i Sverige. (Naturvårdsverket, 2010)

### 1.3.4 Regionala mål för Västra Götaland

Västra Götalandsregionen har tagit fram en klimatstrategi för hur de kan bryta beroendet av fossil energi till år 2030. Strategin omfattar sex områden (områden som omfattar produktion och användning av el och värme är kursiverade):

1. *effektiv energianvändning i bostäder och lokaler*
2. effektiva godstransporter
3. effektiva persontransporter
4. alternativa drivmedel och effektivare fordon samt sjöfart
5. *ökad produktion av energi från jord, skog, sol, vind och vågkraft*
6. *livsstil, konsumentmakt och producentansvar*

(Västra Götalandsregionen, 2009).

Sedan år 2004 finns endast en miljöpolicy med lösa formuleringar och inga mätbara mål. (Horner, 2010)

### 1.3.5 Lokala mål för Tjörn

Den lokala nivån är viktig för att ställa om energisystemet till att bli mer hållbart. Kommunal verksamhet har stora möjligheter att påverka och ska föregå som gott exempel när det gäller att minska sin klimatpåverkan. I Tjörns klimatplan går att läsa att energin ska användas på ett effektivt sätt med lite påverkan på klimat, miljö och hälsa och utsläppen av växthusgaser och förorenande ämnen ska minska (Tjörns kommun, 2008).

Tjörns kommuns lokala mål för energisystemet är:

- Energianvändningen i kommunens fastigheter ska minska med 20 procent fram till år 2012 jämfört med år 2000.
- De totala koldioxidutsläppen i kommunen ska minska med 40 procent till år 2012 jämfört med år 2000.
- Oljeanvändningen vid uppvärmning av kommunala bostäder och verksamhetslokaler ska minska med 75 procent mellan år 2005 och 2015. År 2018 ska ingen uppvärmning av kommunala bostäder eller skolor ske med olja.
- År 2010 ska 20 procent av energin som förbrukas på Tjörn vara producerad från förnybara energikällor. År 2013 ska andelen vara uppe i 30 procent.

(Tjörns kommun, 2008)

För att nå målen har Tjörns kommun skrivit in åtgärder i klimatplanen (2008-2012). Enligt klimatplanen bör exempelvis en utveckling av fjärr- och närvärmeverk ske samtidigt som man tar tillvara på tillgången av potentiella energiresurser så som sol-, vind- och vågkraft. (Tjörns kommun, 2008). Enligt Grönlund (2010) har Tjörns Bostads AB aktivt arbetat med att isolera och ställa om alla sina fastigheter från fossila bränslen till förnybar energi. Detta har bidragit till att Tjörns kommun i stor utsträckning kan nå flera av sina miljömål. Dock endast en liten del av energin som förbrukas på ön är genererad från lokalproducerad, förnybar energi.

## 1.4 Cradle to Cradle Islands

C2CI är ett EU-projekt kring hållbar utveckling som syftar just till en lokal och regional omställning från dagens centraliserade, ohållbara energisystem. De fokuserar på innovativa lösningar kring energi, vatten och material (Cradle to Cradle Islands, 2010). Både IIIEE och Tjörns kommun har varit delaktiga i projektet sedan det startade år 2009. Tjörn började sitt deltagande i liten skala men under uppdragets gång har det blivit tydligt att ett ökat åtagande skulle gynna kommunen (Maria Palm, 2010). År 2010 beslutades det att Tjörns kommun ska öka sin delaktighet i C2CI för att få möjlighet att utreda och studera fler och väsentliga frågeställningar inom projektets områden (Tjörns kommun, 2010a).

Dagens miljötankegångar uppmuntrar oss till att minska, återvinna och återanvända. Inom C2CI menar man dock att detta endast leder till en fortsättning av det traditionella produktionssamhället med massor av avfall som följd. Konceptet för C2CI är att istället för att göra dåliga saker mindre dåliga, så ska man göra rätt saker från början. Inom just området energi vill C2CI bland annat utreda möjligheterna för förnybara energikällor, så som sol-, vind- tid- och vattenkraft. Dessutom vill man sammanlänka energibesparing med modernisering av bostäder och användandet av förnybar energi. (Cradle to Cradle Islands, 2010)

### 1.4.1 Energiomställning på Samsö

En annan ö som är med i C2CI är den danska ön Samsö. För att minska sitt behov av fossila bränslen och beroendet av andra producenter, valde Samsö att decentralisera energitillförseln och leverera sin egen energi (Saastamoinen, 2009).



*Vindkraftverk på Samsö. Foto: Ida Ström*

När omställningen startade hade Samsö ingen egen generering av energi. Allt fossilt bränsle transporterades till ön med tankfartyg och elektriciteten kom genom sammankoppling till elnäten på fastlandet (Saastamoinen, 2009). Idag är tio havsbaserade vindkraftverk och elva landbaserade vindkraftverk uppställda (Saastamoinen, 2009). Tillsammans genererar de mer än hela öns nettobehov av el (Malmborg, 2008). Lokalt jordbruk producerar basen för produktion av biomassa, huvudsakligen halm och träspån (Saastamoinen, 2009). Värme från bioenergi, tillsammans med 2500 kvadratmeter solfångare och vindkraft stod år 2008 för 70-75 procent av öns totala värmebehov (Hermansen, 2011).

Överskottselen som produceras av vindkraftverken exporteras via elnätet till fastlandet. Detta kompenserar för motsvarande energimängd som fortfarande är fossil på ön, främst inom transportsektorn men även en del uppvärmning (Malmborg, 2008). Så alltså trots att man inte är 100 procent fossilfri på ön så påstår man tack vare el-kompenseringen till fastlandet att man är klimatneutral.

På mindre än tio år uppnådde Samsö sina uppsatta mål om att bli självförsörjande av förnybar energi. Hårt arbete för att engagera alla öbor krävdes men gav slutligen resultat. (Saastamoinen, 2009)

## 1.5 Problemdefinition och frågeställning

### 1.5.1 Syfte

Våren 2010 gjorde studenter från IIIIE ett uppdrag för Tjörns kommun, beläget på svenska västkusten, inom kursen *Styrmedel för förebyggande miljöskydd*. Syftet med uppgiften var att undersöka Tjörns kommuns möjligheter till en hållbar energiproduktion och möjlighet till självförsörjande, främst med fokus på småöarna Dyrön och Åstol. I projektets syfte ingick även att ge förslag på åtgärder kring mobilitet och avfallshantering.

För att gå vidare med uppdraget valdes i uppsatsen ett av arbetsområdena ut, vilket blev energiproduktion. Syftet blev att undersöka om och hur Tjörns energibehov kan täckas av 100 procent förnybar energi innan år 2030. Detta som ett steg i det att den existerande energiplanen för 2008-2012 behöver uppdateras, samt som ett delprojekt för Tjörns kommun i EU-samarbetet C2CI (Maria Palm, 2010). Istället för, som fallet var i kursen *Styrmedel för förebyggande miljöskydd*, att fokus ligger på Dyrön och Åstol valdes hela Tjörns kommun till att omfattas i arbetet, då det ger ett rimligare resultat för energiplanen.

Inspirationskälla till en energiomställning är Samsö, som även den är en C2CI-ö. Tjörn delar många av de förutsättningar som Samsö hade innan de gjorde omställningen till försörjning med förnybar energi. Tjörn är beroende av externa resurser, inte bara i fråga om energi utan även gällande vatten och material (Tjörns kommun, 2008). Båda öarna lockar även till sig många turister under sommarmånaderna, vilket orsakar ett ojämnt behov av resurser under året.

Inom bland annat miljöområdet pratar man om decentralisering. Det innebär en förskjutning från en central makt eller organisation med allt ansvar, till flera ansvariga som verkar på en lägre maktnivå. Ansvaret delegeras ut till flera aktörer för att öka möjligheterna till självbestämmande. Projektiden är att utarbeta decentraliserade energimodeller med fokus på förnybara energikällor för Tjörns kommun. Kommunen ska kunna klara sig utan fossila bränslen och med minsta möjliga import av extern energi.

### 1.5.2 Frågeställning

Det här arbetet syftar till att designa olika energitillförselmodeller för Tjörns kommun, där det önskvärda resultatet är att 100 procent av energin kommer från förnybara resurser. Resurserna bör, om möjlighet finns, produceras på ön. Huvudfrågan i examensarbetet är därför:

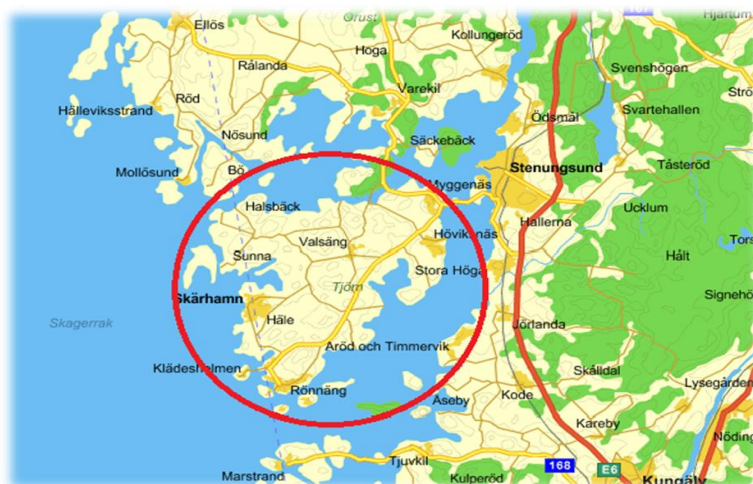
#### Hur kan olika energitillförselmodeller med förnybar energi se ut för Tjörns kommun?

För att förstå och kunna svara på huvudfrågan har några underfrågor tagits fram som är viktiga att beakta:

- *Vilka förutsättningar har Tjörn för att lyckas med en energiomställning och vad kan hindra omställningen?*  
Tjörn har en skärgårdsmiljö med stora förutsättningar för energiproduktion i form av biomassa, sol, vind och vatten. Dock måste man identifiera vilka potentialer som är störst samt vad som kan försvåra omställningen.
- *Vilka energikällor används idag och vilka energislag kan användas i framtiden?*  
Att finna barriärer i dagens system och peka på potentialer i nya, förnybara energislag kan uppmuntra arbetet att ställa om energiförsörjningen.
- *Vilka är de önskvärda, möjliga och troliga framtida utvecklingsscenarier för Tjörn?*  
För att Tjörns kommun ska kunna nå målet att i största möjliga mån blir självförsörjande på energi planeras fyra framtida scenarier tas fram som på olika sätt bemöter huvudfrågan.

### 1.5.3 Avgränsningar

Den geografiska avgränsningen är gjord till Tjörns kommun, som är en ö i västra Sverige (se figur 1). Att Tjörn valdes var för att de är involverade i C2CI och vill arbeta med hållbar utveckling. Kursen som låg till grund för examensarbetet ägde i viss utsträckning rum på Tjörn och att fortsätta studierna på samma ö kändes intressant och tidseffektivt. Att arbeta med öar underlättar dessutom då de har distinkta gränser och fungerar som isolerade laboratorier.



Figur 1. Tjörns kommun beläget utanför Stenungsund på svenska västkusten. (Bildkälla: Eniro.se, 2011)



I uppsatsen undersöks endast om potentialen finns och om resurserna räcker till för att generera lokal, förnybar energi. Ekonomiska, logistiska och sociala förutsättningar berörs inte.

Det är viktigt att betona att det här arbetet inte behandlar energi inom transportsektorn, utan endast den el- och värmeenergi som används på ön. Transportsektorn står visserligen för det mesta av bränsleförbrukningen på ön men då kommunen har relativt små möjligheter att påverka denna sektor väljs den bort, samt av tidsbrist då hela energiområdet är en stor och omfattande fråga. Vikten av minskad energiförbrukning och energieffektiviseringspotentialer kommer att beröras, men fokus kommer inte att ligga på att finna några råd och lösningar på det i detta arbete.

Ingen hänsyn har tagits till variationer av energikonsumtionen under året. Energibehovet har tagits från SCB och visar genomsnittet under året. Under sommaren ökar dock befolkningsantalet drastiskt då alla turister anländer. Vidare varierar värmebehovet under året. Dessutom varierar energigenereringen från olika källor under året. Dock har en konstant, årlig generering antagits. Detta trots att exempelvis vinden varierar i intensitet under året.

I uppsatsen har värme och elektricitet behandlats för sig. Detta trots att elektricitet fortfarande är en av de vanligaste uppvärmningstyperna i Sverige. Många av fastigheterna på Tjörn använder elektricitet som värme men den summa som kallas ”värme” i uppsatsen inkluderar inte elvärme, endast bränsle. I verkligheten kan man alltså även minska elbehovet genom att övergå från direktverkande el till andra energislag, då en stor del av Tjörns elbehov är för värme. I energimodellerna räknas att solfångare minskar mängden direktverkande el för uppvärmning av tappvarmvatten. Då den inte ersätter ett bränsle, så som olja, är den alltså inte placerad bland ”Värme” i tabeller och figurer utan bland ”Elektricitet” eftersom den minskar den direktverkande eluppvärmningen.

De energislag som har valts att ingå i arbetet är de som Energimyndigheten förordar som lovande, förnybara energislag; biobränsle, solenergi, vindkraft och vågkraft. Dessutom har bergvärme valts till på grund av god potential på Tjörn. Fler förnybara tekniker finns men är för okända och outvecklade för att inkluderas i arbetet.

## 2 Teoretisk bakgrund och metod

En energiomställning innebär att man omsätter nya strategier i handling. När Samsö gjorde sin energiomställning jobbade man dock inte utifrån någon speciell omställningsmodell (Hermansen, 2010). Man prövade sig istället fram och bemötte problemen när de uppstod. För att få en struktur i efterhand över hur Samsö arbetade har i uppsatsen en strategimodell av Mårtensson och Westerberg (2007) använts. Modellen har arbetats fram av författarna efter att de studerat omställning till bibränsle i olika svenska kommuner. Att modellen valdes var eftersom den hanterar en form av energiomställning och därmed har paralleller till uppsatsen. Samsös omställning har sedan placerats in i modellen för att möjliggöra en avgränsning till uppsatsen.

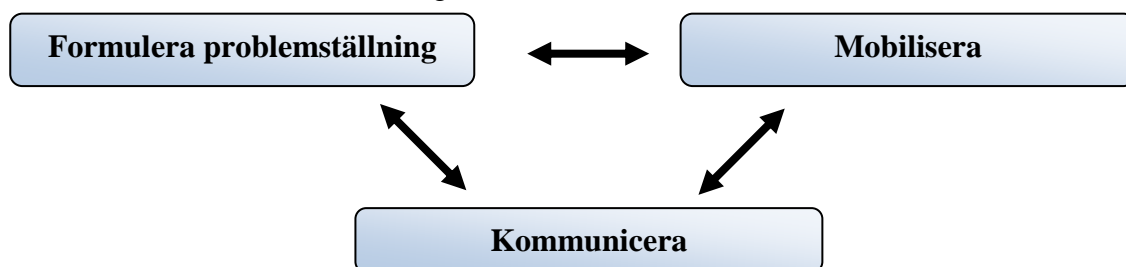
### 2.1 Strategimodell av Mårtensson och Westerberg

En framväxande strategimodell består av flera delprocesser som överlappar varandra i tid och samtidigt stödjer eller utmanar varandra. Mårtensson och Westerberg kallar dessa delprocesser för formulering av problemställning, mobilisering och kommunikering (*se figur 2*). (Mårtensson och Westerberg, 2007)

Problemformulering är den process där nya krav, önskemål och visioner från både omgivning och den egna situationen kopplas till lokala möjligheter för förändring. Delprocessen innefattar identifiering av hur man kan ta tag i förändringen i det lokala sammanhanget samt ett utformande av ett konkret projekt som skulle kunna lösa ärendet. Problemformuleringen är själva avtrampet för en förändring men återuppstår även när nya aktörer eller möjligheter kommer in i bilden. (Mårtensson och Westerberg, 2007)

I mobiliseringsprocessen organiseras arbetet genom aktivering av befintliga nätverk, arbetsgrupper och företag samt skapandet av nya. I denna fas återfinns dessutom de olika handlingar och åtgärder som aktörer, nätverk och stödjande system utför. (Mårtensson och Westerberg, 2007)

Delprocessen kommunikeringen innehåller de aktiviteter där processen och dess resultat blir synliga. Kommunikation innefattar både information om själva resultatet samt interaktion redan under de två tidigare processtegen med exempelvis dialog om planer, beräkningar och möten. (Mårtensson och Westerberg, 2007)



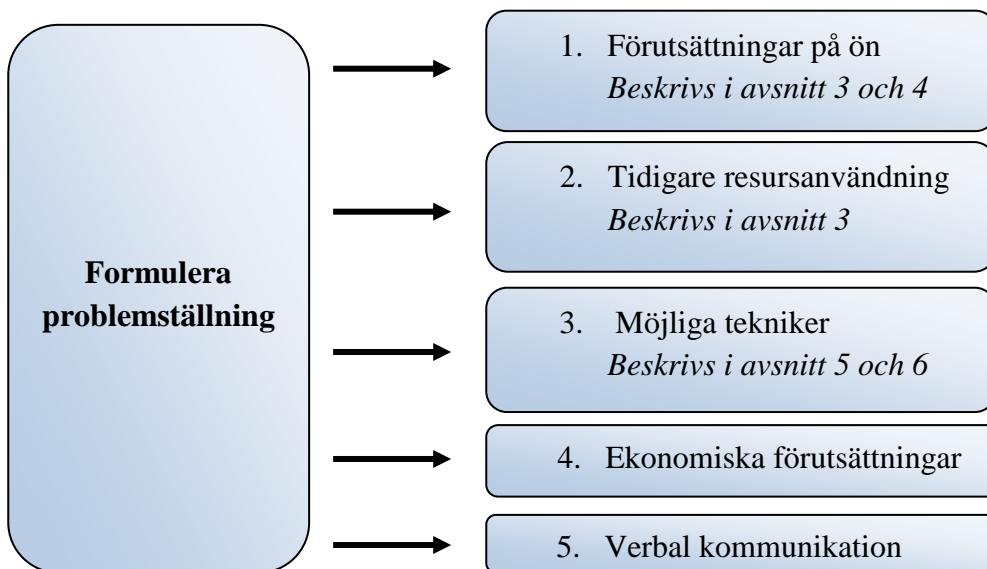
**Figur 2.** De tre delprocesser som krävs för en omställning enligt Mårtensson och Westerberg (2007).

### 2.1.1 Samsö i Mårtenssons och Westerbergs modell

Samsös väg till självförsörjning går att placera in i Mårtenssons och Westerbergs teoretiska modell över hur en omställning kommer till stånd. Modellen är heltäckande för omställningsprocessen men i detta arbete hanteras endast den första delprocessen; *Formulera problemställning*. Planeringsarbetet och att formulera problemställning är en viktig process för att möjliggöra en realistisk omställning och för att skapa ett diskussionsunderlag.

#### **Formulera problemställning**

Trots att Samsö inte hade något utarbetad strategi kan man genom att läsa rapporter om omställningen på ön se att de i den första delprocessen lade tyngd vid fem parametrar; förutsättningar på ön, tidigare resursanvändning, möjliga tekniker, ekonomiska förutsättningar samt kommunikation. För att undersöka möjligheterna till en energiomställning på Tjörn valdes parametrarna 1-3 ut i delprocessen *formulera problemställning* (se figur 3). Att undersöka de praktiska förutsättningarna och potentialerna gör det möjligt att avgöra om det är meningsfullt att undersöka de ekonomiska förutsättningarna och i nästa steg, möjligheterna till implementering.



**Figur 3.** Delprocesser för energiomställning på Tjörn.

## 2.2 Metod

För att undersöka hur Tjörns kommuns energibehov kan mötas av lokalt tillförd energi användes olika metoder.

### 2.2.1 Datainsamling

En litteraturstudie utfördes över Tjörn och dess förutsättningar för förnybar energi, nuvarande produktion, förbrukning av energi med mera. Därefter beskrevs samtliga förnybara energislag som är möjliga på Tjörn för att skapa förståelse för hur de kan utnyttjas på bästa vis på ön.

Intervjuer ger mer specifik information om problemet, lösningar och utvecklingsmöjligheter. Genom intervjuer på plats med inblandade aktörer och intressenter undersöktes åsikter om

förnybar energi och möjligheterna på Tjörn. Intressanta intervjuobjekt listades för att leda vidare till andra intressanta personer med så kallad med snow ball-effekt, alltså att en kontakt leder fram till en annan.

### **2.2.2 Fältarbete**

Ett studiebesök genomfördes på Samsö under de dagar de var värdar för EU-mötet C2CI. Under mötet skapades en uppfattning om Samsös arbete samt så knöts kontakter med viktiga intervjuobjekt. Hur andra C2CI-öar arbetar med energifrågor undersöktes för att finna inspiration till uppsatsen. Under mötet skapades även en djupare förståelse för C2CI.

Fältarbete utfördes på Tjörn för att undersöka området, intervjuar berörda parter, samla information med mera. Genom att vara på plats där den tänkta omställningen ska ske gjorde det inte bara enklare att samla information. Även en mer komplett bild skapades över hur åsikterna är om förnybar energi och hur rollerna på Tjörn är fördelade.

### **2.2.3 Analys av data**

Samtliga energitekniker som undersöktes och beskrevs testades kvantitativt. Det för att se hur mycket förnybar energi som realistiskt sett finns ön. Utifrån detta gjordes en kvalitativ bedömning av energiteknikerna som resulterade i att fyra olika energitillförselmodeller togs fram. Dessa bygger på fyra olika framtidsscenarier för Tjörns kommun. Två av scenarierna har dagens befolkningstillväxt och där den ena omställningen sker genast, medan den andra omställningen sker längre in i framtiden. De två andra scenarierna har en kraftig befolkningstillväxt, där omställningen på samma sätt sker antingen idag eller i framtiden.

# 3 Tjörn

## 3.1 Kort fakta om kommunen

Tjörn är en ö i västra Sverige beläget cirka en timmas resväg från Göteborg. Ön är Sveriges sjätte största ö med en yta på 16 km<sup>2</sup> (Tjörns kommun, 2010b). 2008 hade Tjörn 14 963 invånare och under sommarmånaderna tredubblas befolkningen (Tjörns kommun, 2010b). Säsongsvariationerna i antalet boende på ön, kombinerat med att Tjörn har en ambition öka sin befolkning upp mot 25 000 invånare till senast år 2030 (Palm, 2010) gör att energiförsörjningen behöver en flexibilitet och robusthet som klarar av förutsättningarna. Möjligheterna till en expansiv befolkningsökning undersöks i framtagandet av den nya ÖP. Realistiskt är dock att befolkningsökningen kommer öka väsentligt långsammare. De senaste tio åren har kommuninvånarantalet ökat med cirka 1,5 procent (Tjörns kommun, 2010b). För att kunna möta en befolkningsökning byggs nya bostäder. Idag är bebyggelsen utspridd vilket försvårar infrastrukturen för exempelvis avlopp och kollektivtrafik, men även såväl för energiplaneringen (Palm, 2010).

Tjörn binds ihop med fastlandet vid Stenungsund i och med Tjörnbron. Närheten till storstaden Göteborg och den relativt goda förbindelsen med fastlandet gör att många pendlar till andra kommuner för att arbeta. (Tjörns kommun, 2010b)

Precis som övriga Sverige får Tjörn en allt äldre befolkning (Palm, 2010). Många ungdomar i åldern 18-24 år väljer dessutom att flytta ifrån Tjörn då arbetsmöjligheterna och aktivitetsutbudet är större i exempelvis Göteborg (Tjörns kommun, 2010b).

Tjörn har lägre arbetslöshet än övriga Sverige. Arbetslösheten ligger på 3,3 procent (Tjörns kommun, 2010b) jämfört med riksgenomsnittet på 8,3 procent (SCB, 2009). Medelinkomsten för kvinnor på Tjörn är densamma som för genomsnittskvinnan i Sverige: 222 000 SEK per år medan medelinkomsten för män ligger 38 000 SEK över riksgenomsnittet, alltså på 336 000 SEK (Tjörns kommun, 2010b).

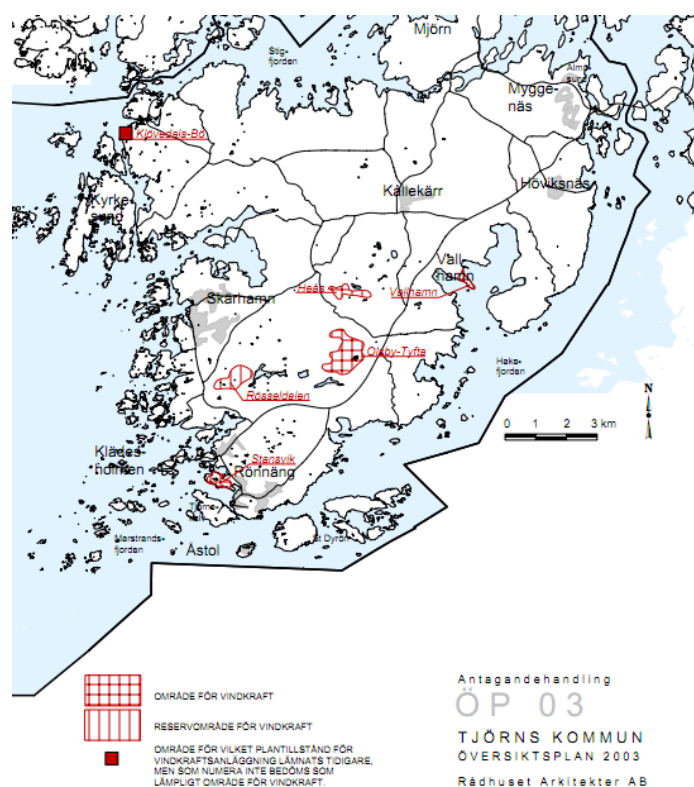


*Tjörnbron. Foto: Ida Ström*

### 3.1.2 Tjörns översiktsplan

Tjörns kommuns gällande ÖP är från 2003 och en ny är under utarbetning. I gällande ÖP 03 har kommunen en restriktiv hållning till vindkraft på grund av dess inverkan på landskapsbilden samt kostnad. Fyra stycken områden och ett reservområde finns markerade som lämpliga för vindkraft (*se figur 4*), varav inget till havs. I planen nämns istället vikten av att undersöka möjligheterna att nyttja lokala energikällor, framförallt sol-, jord-, berg- och vattenvärme. (Tjörns kommun, 2003)

I koncepthandlingen inför den nya översiktsplanen kommer förutom områden som är lämpliga för vindkraft, även lämpliga områden för vågkraft att markeras ut. För vågkraft bedöms två platser som passande. Områdena är inte markerade som lämpliga fiskeområden och ligger utanför själva skärgården. Den nya översiktsplanen beräknas att bli antagen år 2011 eller 2012. (Tjörns kommun, 2010c)



**Figur 4.** Tjörns ÖP 03. Fyra platser finns markerade för vindkraft, samt ett reservområde. (Tjörns kommun, 2003)

## 3.2 Energiläget i Tjörns kommun

### 3.2.1 Energitillförsel till kommunen

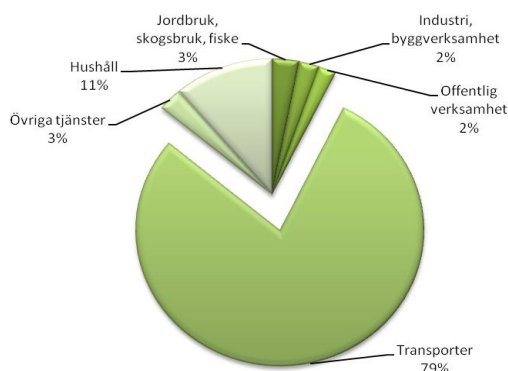
År 2008 var bruttotillförseln av energi till Tjörns kommun cirka 356 000 MWh, varav 194 000 MWh energi var i bränsleform, såsom bibränsle, olja, bensin, gasol, träbränsle med mera. 153 000 MWh av bränsleförbrukningen användes inom transportsektorn och berörs inte

i detta arbete. Övrig bränsleenergi bedöms i uppsatsen att gå till uppvärmning av hus och varmvatten, alltså 41 000 MWh. 162 000 MWh var elenergi. (SCB, 2010).

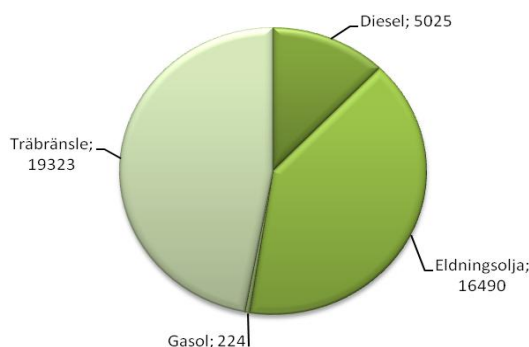
Bränsleanvändningen i kommunen minskar på grund av bättre isolering och energieffektivisering i husen samt att allt fler väljer att gå över från oljeeldad panna till värmepumpar (Grönlund, 2010). Elkonsumtionen på Tjörn är relativt hög då många använder värmepumpar, men framförallt eftersom många värmer sitt hus med direktverkande el (Sandberg et al, 2003).

### 3.2.2 Användning av energin i kommunen

Transporter stod för största användningen av bränsle år 2008 men innefattas inte i arbetet. Högst slutanvändningen av bränsle stod då hushållen för med en användning av 22 000 MWh per år. Övriga sektorer som förbrukade bränsle är jordbruk, skogsbruk, fiske, industri, byggverksamhet, offentlig verksamhet och övriga tjänster med en genomsnittlig förbrukning på cirka 5000 MWh per år vardera (se figur 5). Den främsta bränslekällan år 2008 i kommunen var träbränsle tätt följt av eldningsolja (se figur 6). (SCB, 2010)

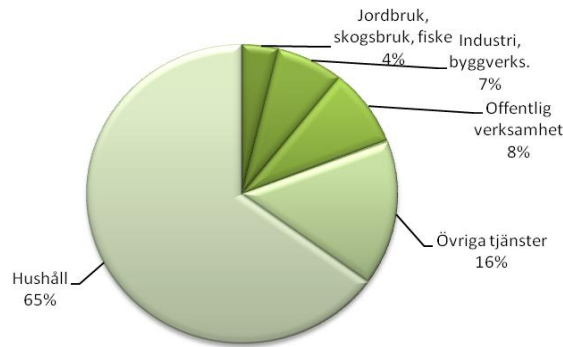


**Figur 5.** Sektorsförbrukning av bränslen år 2008, %.



**Figur 6.** Slutanvändning år 2008 av olika bränslen bland samtliga sektorer exklusive transportsektorn, MWh. Om dieseln används till uppvärmning är oklart, men kommer i uppsatsen bedömas som om den gör det.

Av slutanvändningen för elenergi år 2008 förbrukade hushållen totalt cirka 97 000 MWh (se figur 7). Näst mest förbrukade tjänstesektorn med cirka 24 000 MWh. Jordbruk, skogsbruk, fiske, industri, byggverksamhet, offentlig sektor och transporter förbrukade knappt en femtedel tillsammans av den totala elförbrukningen. (SCB, 2010)



**Figur 7.** Sektorsförbrukning av elenergi år 2008, %. Hushållen stod överlägset för den största energiförbrukningen på ön.

### 3.2.3 Lokalt tillförd energi och potential i kommunen

Tjörns kommun vill medverka till en hållbar framtid genom en samhällsutveckling som baseras på hållbara principer (Tjörns kommun, 2008). Att generera sin energi lokalt går i linje med kommunens vision, då det medför kortare transportsträckor och är därför att föredra framför råvaror som har färdats långt och importerats.

Ytterst lite energi genereras lokalt trots att 80 procent av oljan i de kommunala fastigheterna tagits bort de senaste fyra åren (Grönlund, 2010). Oljan har ersatts med värmepumpar och pellets (Grönlund, 2010). Den pellets som har ersatt oljan är dock importerad från andra kommuner (Grönlund, 2010) istället för att man tar tillvara på restprodukter och sly från lokala jordbruk och skogsbruk. Gren, flis och övriga restprodukter får idag antingen ligga kvar på marken eller transporteras till värmeverket i Kungälv (Tjörns LRF, 2010). Åkermarken på Tjörn genererar mer biomassa än vad som krävs för utfodring av djuren och enligt Tjörns LRF (2010) skulle slåttning av marken ge ett öppnare landskap.

Tjörn har två stora fiskeindustrier vars restavfall transporteras till Trollhättan för att rötas till biogas (Dahllöf, 2010). Det är en transport som är både lång och dyr (Dahllöf, 2010). Tjörns kommun har dessutom fyra reningsverk där reningsverket i Skärhamn genom en röt-kammare årligen utvinnet cirka 30 000 kubikmeter metangas från 230 ton slam (Tjörns kommun, 2008). Gasen används till uppvärmning och drift av röt-kammaren (Tjörns kommun, 2008). Slammet från kommunens alla fyra reningsverk transporteras till Stenungsund för att bli jordförbättringsmedel (Dahllöf, 2010).

Tjörn har fem stycken privatägda vindkraftverk på ön, fyra stycken i Rönnäng och ett vid Sidbräcka (Tjörns kommun, 2008) med en total installerad effekt om 1750 kW (Statens Energimyndighet, 2010). Uppskattat utifrån verk i samma storleksordning (fyra stycken 225 kW-verk och ett styck 850 kW-verk) levererar dessa verk totalt 4000 MWh per år. Enligt Grönlund (2010) tillståndsprövas fyra nya vindkraftverk hos Miljödomstolen just nu. Dessa landbaserade verk kommer att ägas av Wallhamnsbolagen och ha en installerad effekt om minst 2 MW vardera (Triventus Consulting AB, 2009). Varje verk beräknas generera 7000 MWh per år (Triventus Consulting AB, 2009). Det är en väldigt optimistisk siffra, flera andra



källor talar snarare om en genomsnittlig produktion på cirka 6000 MWh per år från ett 2 MW-  
verk.

# 4 Prognos över framtida energianvändning

I detta kapitel beskrivs hur energikutvecklingen beräknas se ut år 2030, både i Sverige och på Tjörn.

## 4.1 Framtida energianvändning i Sverige

Under de kommande åren förväntas slutanvändningen av energi att börja öka inom industrin, som ett resultat av ökad industriproduktion. Enligt Statens Energimyndighets framtidsscenario (2009) beräknas industrins, jordbrukets och skogsbrukets bränsleanvändning öka med cirka sex procent från år 2005 till år 2030 (*se tabell 1*). Den totala elanvändningen inom samma sektor förväntas öka med cirka 5,5 procent samma period. Inom sektorn bostäder, service med mera beräknas den totala mängden bränsle för uppvärmning och varmvatten minska med cirka tolv procent mellan åren 2005 till 2030. Elanvändningen samma period i samma sektorer uppskattas totalt minska med cirka tre procent. (Statens energimyndighet, 2009)

**Tabell 1.** Procentuell energiändring från år 2005 till år 2030.

Sektor	Energiförändring totalt (%)
Industri m.m. (Bränsle)	+6
Industri m.m. (El)	+5,5
Bostad m.m. (Bränsle)	-12
Bostad m.m. (El)	-3

## 4.2 Framtida energianvändning på Tjörn

För Tjörns del så står bostads-, service och offentliga sektorn för cirka 76 procent av bränsleförbrukningen i kommunen medan övriga sektorer tillsammans står för resterande 24 procent (*se figur 6*). År 2008 förbrukade Tjörns kommun ungefär 41 000 MWh bränsle (*se Energitillförsel till Tjörns kommun*). Industrin m.m. använde cirka 9900 MWh bränsle och bostäder m.m. använde resterande bränslemängd. Beräknat bränslebehov i sektorerna år 2030 redovisas i tabell 2.

**Tabell 2.** Bränslebehov på Tjörn år 2030.

Sektor	Bränsleförbrukning år 2008 (MWh)	Förändring till år 2030 (%)	Bränsleförbrukning år 2030 (MWh)
Industri och jordbruk	$0,24 * 41\ 000 \approx 9900$	6	$9900 * 1,06 \approx 10\ 000$
Bostad, offentlig, service	$0,76 * 41\ 000 \approx 31\ 100$	-12	$31\ 100 * 0,88 \approx 27\ 000$

Bostads-, service och offentliga sektorn står tillsammans för 89 procent av elförbrukningen (se figur 8).

På ön förbrukades år 2008 ungefär 162 000 MWh el (se *Energitillförsel till Tjörns kommun*). Industrin m.m. använde cirka 18 000 MWh el och bostäder m.m. använde resterande elmängd. Beräknat elbehov i sektorerna år 2030 redovisas i tabell 3.

**Tabell 3.** Elbehov på Tjörn år 2030.

Sektor	Elförbrukning år 2008 (MWh)	Förändring till år 2030 (%)	Elförbrukning år 2030 (MWh)
Industri och jordbruk	$0,11 \cdot 162\ 000 \approx 18\ 000$	5,5	$18\ 000 \cdot 1,0505 \approx 19\ 000$
Bostad, offentlig, service	$0,89 \cdot 162\ 000 \approx 144\ 000$	-3	$144\ 000 \cdot 0,97 \approx 140\ 000$

# 5 Energipotential på Tjörn

Tjörns kommun har potential för förnybar energi. Nedan beskrivs den uppskattade, realistiska potentialen för samtliga energislag, både som tekniken ser ut idag samt som den bedöms kunna utvecklas de närmsta åren. De förnybara energikällor som beskrivs i arbetet är de som Energimyndighetens förordar samt bergvärme som har stor potential på Tjörn.

## 5.1 Bergvärme

Tekniken bakom bergvärme innebär att ett borrhål genomströmmas med grundvatten och i hålet förs en slang ner. En lösning cirkulerar i slangen mellan borrhålet och en värmepump. Den relativt låga temperaturen i värmepumpens köldmedia höjs med hjälp av värmepumpens kompressorer. (Energimyndigheten, 2010a)

### 5.1.1 Potential

En modern bergvärmepump har en värmefaktor på 3,2 (Bertenstam, 2011), alltså för varje del el som tillförs värmepumpens kompressor så levereras 3,2 delar värme till huset (1 del el och 2,2 delar värme från hålet).

Vid granskning av en bergvärmepump i Skärhamn på Tjörn så levererade den årligen cirka 160 kWh värme per meter hål (inte elenergi inräknat) (Sandberg, 2011). Om 150 meter av hålet är vattenförande ger det ett energiuttag på cirka 24 000 kWh per år samt 11 000 kWh elvärme från kompressorn (*se tabell 4*), alltså fullt tillräckligt för att värma ett hus (16 000 kWh för uppvärmning och 5000 kWh för varmvatten enligt Energimyndigheten, 2010b).

Den framtida potentialen för bergvärme ligger i att skapa bättre driftförhållande hos värmepumpen eller borra djupare hål som dessutom kan kopplas samman (Bertenstam, 2011). Då bergvärme är solenergi som är lagrad i marken och ledningsförmågan i berget är en begränsande faktor som man inte kan påverka, så kommer sannolikt inte energiuttaget per meter bli bättre än det är idag (Bertenstam, 2011). Den framtida potentialen på Tjörn beräknas därför till att energiuttaget är detsamma per meter men att man borrar djupare och flera hus delar på samma hål, som en form av närvärmsystem. Acuña (2010) forskar på att kunna förbättra värmefaktorn med 8-10 procent (*se tabell 4*).

**Tabell 4.** Energipotential från bergvärme med dagens respektive morgondagens teknik.

	Potential idag (per hål och år)	Potential imorgon (per hål och år)
<b>Bergvärme</b>	24 000 kWh + 11 000 kWh el	24 000 kWh + 10 000 kWh el

### 5.1.2 Ersättning

Bergvärme skulle kunna ersätta oljeuppvärmning eller direktverkande el. En förutsättning är dock att man har ett vattenburet värmsystem.

### 5.1.3 För- och nackdelar

Temperaturen i berggrunden håller i princip samma temperatur året runt. Att använda bergvärme är en säker och miljövänlig uppvärmningsteknik och själva värmekällan är kostnadsfri. (SVEP)

Nackdelen med bergvärme är den höga installationskostnaden. Dock medan en värmepump håller i 15-20 år, är själva borrhålet funktionsdugligt i upp till 60 år (Bertenstam, 2011). Samma borrhål kan användas igen när värmepumpen har blivit utsliten och kostnaden vid bytet blir därför väsentligt lägre (Bertenstam, 2011). En annan nackdel är att en bergvärmepump inte är dimensionerad för att värma upp ett hus om utomhustemperaturen understiger minus sex grader Celsius (Bertenstam, 2011). Sjunger temperaturen så lågt används istället värmepumpens elpatron. (Bertenstam, 2011).

## 5.2 Biobränsle

Sverige har gott om skog och till följd av det används främst träbränslen, så som grenar, toppar och andra rester som blir över när man avverkar skog (Energimyndigheten, 2010c). En del avfall fungerar även som material till biobränsle (Swebio, 2010).

Kraftvärmeproduktion är väldigt effektiv då den både genererar el och tar vara på spillvärmen. En turbin genererar el medan överskottsvärmen i kylvattnet leds ut på fjärr- eller närvärmenätet och värmer upp bostäder och lokaler. Enligt Murphy et al. (2004) kan cirka en tredjedel av energin bli elektricitet medan resterande två tredjedelar energi blir värme.

### 5.2.1 Potential

Enligt Tjörns LRF (2010) uppkommer minst 18 000 ton restprodukter från jord- och skogsbruk årligen på ön. För att kunna förbränna materialet måste det förädlas till exempelvis flis. Fukthalten sänks då från cirka 50 procent till omkring 20 procent och vikten sjunker från totalt 18 000 ton till 13 000 ton. Enligt Bioenergiportalen (2010) har flis ett energivärde på cirka 900 kWh per ton. Tjörns restavfall från jord- och skogsbruk, inklusive dikesrensning, skulle alltså kunna generera 12 000 MWh energi vid förbränning (*se tabell 5*). Tjörns LRF (2010) menar att det är svårt att optimera biobränsleproduktionen ytterligare då marken på Tjörn är väldigt svårbrukad och saknar stora fält för exempelvis salixodling.

Biobränslet, inklusive avloppsslam, matavfall och fiskrens skulle även kunna generera biogas. Dessa går dessutom att samröta trots att deras sammansättning ser olika ut med proteiner, fetter, kolhydrater med mera (de Lacos et al, 1997).

Stora mängder rötbart material uppkommer i hushållen. Enligt Avfall Sverige (2008) ger varje person årligen upphov till cirka 100 kilo matavfall i Sverige (storkök och restauranger inte inräknat), varav 70 kilo skulle vara rimligt att sortera ut för kompostering eller rötning. Idag skickas matavfallet från Tjörn till Borås för vidare behandling. Beräknat på 15 000 året runt-boende uppstår 1500 ton matavfall årligen på ön, varav cirka 1000 ton skulle vara möjligt att röta. Ökar det fasta invånarantalet till 25 000 i framtiden skulle 2500 ton matavfall genereras årligen varav cirka 1800 ton skulle gå att röta.

Rötbart material på Tjörn kan även komma från öns två stora fiskindustrier, som genererar cirka 400 ton avfall per år. Som nämnt tidigare så genererar jord- och skogsbruket cirka 13 000 ton torkat material per år.

Totalt genereras idag nästan 14 500 ton bioavfall från olika källor per år i Tjörns kommun. Biogasproduktionen varierar enligt Laclos et al, (1997) mellan 0,2 kubikmeter per kilo avfall och 0,3 kubikmeter per kilo avfall beroende på sammansättningen av rötbart material. I beräkningarna används ett genomsnitt på 0,25 kubikmeter biogas per kilo avfall. Det skulle totalt resultera i cirka 3 600 000 kubikmeter biogas per år. Enligt Egriells (2009) beräkningar ger en kubikmeter biogas motsvarande 6,5 kWh energi. 3 600 000 kubikmeter biogas skulle alltså generera cirka 23 000 MWh energi (*se tabell 5*). Stiger befolkningmängden till 25 000 invånare ökar den totala avfallsmängden till 15 300 ton vilket istället skulle ge upphov till 25 000 MWh energi.

Idag är cirka hälften av invånarna på Tjörn kopplade till det kommunala reningsverket (Egriell, 2009). Gasproduktion från slamrötningen skulle enligt Egriells beräkningar ge cirka 600 MWh per år (*se tabell 5*) om man har 7500 anslutna personer. Skulle istället 20 000 personer i framtiden vara anslutna till verket kan en energimängd på upp till 1900 MWh per år utvinnas.

**Tabell 5.** Energipotential från biobränsle med två olika befolkningsscenarier.

	<b>Potential 15 500 inv. (MWh per år)</b>	<b>Potential 25 000 inv. (MWh per år)</b>
<b>Biobränsle</b>		
<i>Eldning</i>	12 000	12 000
<i>Gas</i>	23 000 + 600	25 000 + 1900

### 5.2.2 Ersättning

Det biobränsle som blir värme kan ersätta oljeuppvärmning eller direktverkande el. En förutsättning är dock att man har ett vattenburet värmesystem. Det biobränsle som blir elektricitet ersätter importerad elektricitet.

### 5.2.3 För- och nackdelar

Användning av biobränsle på ön är redan utbredd i och med stor träbränsleeldning (*se figur 6*). Att ta vara på det egna biobränslet kan minska import och generera arbetstillfällen. Dessutom öppnar slåttningsupp landskapet.

För att inte en utarmning av marken ska ske bör aska och slam återföras till marken. Samrötning med avloppslammet kan försvåra den processen då det kan innehålla läkemedelsrester eller patogener.

## 5.3 Solenergi

På tio minuter strålar solen in lika mycket energi på jordens yta som hela mänskligheten förbrukar på ett helt år (Ståhl et al, 2009). I Sverige utnyttjar vi solens strålar till både värme (solfångare) och elektricitet (solceller).

I solfångaren ombildas solinstrålningen till värme genom att solljuset får lysa på en matt, svart yta. Solfångarkretsen med glykolvatten transporterar värmen från solfångaren till värmelagret (ackumulatortank). Genom värmeutbyte kyls värmebäraren ner och vattnet i värmelagret värms upp. På så vis kan glykolvattnet fortsätta tillbaka till solfångaren för att värmas upp på nytt. (Energimyndigheten, 2009)

Solceller består av en tunn skiva av ett halvledande material. När solstrålen träffar skivan polariseras den så att framsidan får en negativ laddning och baksidan får en positiv laddning. I varje kiselcell bildas en elektrisk spänning på cirka 0,5 volt som ger en elektrisk ström. Cellerna seriekopplas om cirka 30-36 stycken. Solceller har en verkningsgrad på cirka 15 procent. (Ståhl & Sundqvist, 2009)

I Sverige finns flera större anläggningar för produktion av solenergi. Några närliggande exempel för Tjörn är Kungälv där det finns en anläggning på 10 000 kvadratmeter solfångare som levererar fyra miljoner kWh fjärrvärme per år och på idrottsarenan Ullevi i Göteborg är 750 kvadratmeter solceller placerade som genererar cirka 65 000 kWh per år. (Ståhl et al, 2009)



*Ett hus med solfångare på Åstol, Tjörn. Foto: Ida Ström*

### 5.3.1 Potential

Potential för solenergi finns för en begränsad del av året. Solinstrålningen är som störst under sommarmånaderna och både solfångare och solceller ger energi under främst sommarhalvåret. Då behovet av att värma huset under denna period ofta är låg räknas endast att man värmer sitt vatten med solfångarna. En genomsnittsvilla använder 5000 kWh per år för uppvärmning av vatten (Energimyndigheten, 2010b) och enligt Energirådgivningen sparar solfångare för uppvärmning av varmvatten cirka 50 procent av den energiförbrukningen. Det innebär en besparing på 2500 kWh per år och bostad. Cirka 40 procent av småhusen i Sverige värms med direktverkande el (Mahapatra et al, 2008) och Västra Götalandsregionen ligger bland de regionerna i Sverige med högst andel småhus med eluppvärmning (Sandberg et al, 2003). I

beräkningen bedöms därför att 40 procent av helårsbostäderna och samtliga fritidsbostäder värmer sitt vatten med el och har möjlighet att installera solfångare. Det skulle totalt innebära 5760 bostäder som investerar i solfångare och sänker elförbrukningen på Tjörn med cirka 14 000 MWh (se tabell 6). En teknikutveckling för att spara mer el genom solfångare är inte trolig (Svensk Solenergi). Idag ger solfångaren i princip hela uppvärmningen av varmvattnet under perioden april/maj till september och mer går alltså inte att generera. Notera att solfångarna inte genererar el utan beräknas spara el.

Kommunen förvaltar fastighetsytor på totalt cirka 100 000 kvadratmeter (Tjörns kommun, 2010d). En rimlig bedömning är att åtminstone 15 000 kvadratmeter tak befinner sig i gynnsamt läge för solceller, baserat på att varje fastighet har tre våningar och att en viss del tak inte ligger i fördelaktigt solläge. Anläggningen på Ullevi i Göteborg genererar cirka 87 kWh per kvadratmeter och år. En generering av samma energimängd används i beräkningen för Tjörns kommun, vilket skulle ge cirka 1000 MWh elektrisk energi per år (se tabell 6). Om man i framtiden räknar med att solceller genererar 150 kWh per kvadratmeter och år (Ståhl et al, 2009) så skulle samma antal kvadratmeter solceller ge ungefär 2000 MWh årligen (se tabell 6).

**Tabell 6.** Energipotential från solenergi med dagens respektive morgondagens teknik.

	Potential idag (MWh per år)	Potential imorgon (MWh per år)
<b>Solenergi</b>		
<i>Solfångare</i>	14 000 (sparad elektricitet)	14 000 (sparad elektricitet)
<i>Solceller</i>	1000	2000

### 5.3.2 Ersättning

Solfångare genererar inte elektricitet, utan sparar el från att förbrukas om man tidigare värmdes sitt vatten med el. Solceller som genererar elektricitet ersätter importerad elektricitet.

### 5.3.3 För- och nackdelar

Trots möjligheterna med solenergi används det området tämligen lite i Sverige, av den anledningen att tillgången på solljus är som lägst under vinterhalvåret när behovet av värme och elektricitet är som störst (Svensk Solenergi). Man kan inte heller sätta på solvärmesystemet om det inte är tillräckligt mycket solinstrålning eller lagrad värme i systemet. (Svensk Solenergi)

På grund av höga installationskostnader för sol-el är det idag endast konkurrenskraftigt med solceller i områden där det är för dyrt eller komplicerat att dra el från det allmänna nätet. Solfångare å andra sidan är en relativt billig teknik som kan spara el. När väl installationen är gjord för respektive energikälla så är ju bränslet, solinstrålningen, gratis.

## 5.4 Vindkraft

Vind uppstår genom tryck- och temperaturskillnader från solens energiinstrålning och i vinden som blåser finns rörelseenergi (Svensk Vindkraftförening, 2010). Vindkraftsverk utnyttjar detta genom att fånga upp rörelseenergin och omvandlar den till el (Svensk



Vindkraftförening, 2010). En modern vindturbin kan ta tillvara på maximalt 50 procent av vindens energiinnehåll (Energimyndigheten, 2010d). Vindkraftsverk klarar av att producera energi när det blåser mellan 4-25 m/s (Svensk Vindkraftförening, 2010). Vid övriga vindhastigheter stoppas verket (Energimyndigheten, 2010d). För att ett verk ska anses vara effektivt behöver vindhastigheterna ligga däremellan drygt 6000 timmar av året 8760 timmar, alltså cirka 80 procent av tiden (Svensk Vindkraftförening, 2010).

Sverige har den fördelen att det blåser mer under vinterhalvåret vilket gör att elproduktionen från ett vindkraftverk följer elbehovet i samhället (Energimyndigheten, 2010d). Vindkraftbolaget O2 rankar kommuner som är lämpliga för vindkraft och Tjörn hamnade år 2010 på plats 82 av 290 kommuner (O2, 2010). Förutsättningen för att rankas som lämplig är att kommunen ska ha områden där medelvinden är minst sju meter per sekund på 72 meters höjd. Rankingplaceringen beror sedan på hur stor areal förutsättningarna uppfyller (O2, 2010).

Sedan mitten av 80-talet har vindkraftsverken fördubblats i storlek ungefär vart fjärde år. Idag har de största svenska kommersiella verken ett torn med en höjd på 108 meter, en rotordiameter på 100 meter, 3 MW installerad effekt och producerar cirka 8000 MWh el per år (Svensk Vindkraftförening, 2010). Vindkraftsverk med en installerad effekt på upp till 6 MW är på väg att installeras i Sverige och på ritborden ligger ännu större verk (Svensk Energi, 2011).

#### 5.4.1 Potential

Ett modernt vindkraftverk på land, i bra vindläge och med en installerad effekt på 1 MW, genererar cirka 2000 MWh per år (Svensk Vindkraftförening, 2010) medan ett 2 MW-verk på land genererar cirka 6000 MWh (Svensk Vindenergi, 2010). Större verk kan ta tillvara på vindarna på ett effektivare sätt och därmed få ut en större mängd energi.



*Vindkraft i Rönnäng, Tjörn. Foto: Ida Ström*

Den framtida potentialen ligger alltså i större verk men för Tjörns del så är inga större vindkraftverk än 2 MW med i bedömningen. Kommunen har en utspridd bebyggelse och därmed få områden som lämpar sig för vindkraft. Fyra områden finns markerad i

översiktsplanen för vindkraft på land, med en total area på cirka 2,5 kvadratkilometer. För att vindkraftverken inte ska ”stjäla” energi från varandra bör de placeras med ett visst avstånd, cirka 500 meters ifrån varandra enligt Vattenfall (2011). Området i Rönnäng bedöms då gå bort i och med att området redan har fyra mindre verk. Ytterligare två verk bör kunna uppföras i Heås utöver det som står där samt så kan två verk placeras i Vallhamn. Olsby-Tyfta är det största markerade området för vindkraft och bedöms kunna innefatta fyra verk. Totalt bör åtta verk kunna uppföras om 2 MW, baserat på ÖP 03, tidigare vindkraftsplaner (Bendix, 2007) samt Wallhamnsbolagens pågående tillståndsprövning (Triventus Consulting AB, 2009). Om respektive verk ger 6000 MWh skulle de sammantaget generera 48 000 MWh el om året (se tabell 7). Skulle de fem nuvarande verken bytas ut mot nya 2 MW-verk skulle ytterligare 30 000 MWh el kunna genereras, minus de 4000 MWh som de genererade tidigare (se tabell 7).

Ingen plats finns markerad i översiktsplanen för vindkraft till havs. Möjligheter finns måhända till att placera havsbaserade vindkraftverk på samma plats där område för vågkraft finns markerat i den nya översiktsplanen. Där skulle man kunna installera verk med en effekt om 3 MW som enligt Favonius genererar 10 000 MWh styck per år.

**Tabell 7.** Energipotential från vindkraft exklusive respektive inklusive utbyte av gamla verk.

	<b>Potential exklusive att byta ut gamla verk (MWh per år)</b>	<b>Potential inklusive att byta ut gamla verk (MWh per år)</b>
<b>Vindkraft</b>	48 000 + 4000	48 000 + 30 000

#### 5.4.2 Ersättning

Vindkraft genererar elektricitet som ersätter importerad elektricitet.

#### 5.4.3 För- och nackdelar

Vindkraft är en ren energikälla och tillgången till vind är oändlig. Dock kan ljud och de roterande skuggorna från rotorn upplevas som störande (Svensk Vindkraftförening, 2010). På land konkurrerar dessutom vindkraften om utrymme mot annan användning av marken och mot debatten om att verken förfular landskapsbilden (Esteban et al, 2010).

### 5.5 Vågkraft

Havets vågor rymmer mängder med energi och vågkraft är en oexploaterad källa till produktion av förnybar energi. När det blåser skapar energin i vinden vågor i vattnet då energin övergår från luften till havet. Rörelseenergin i vågorna utnyttjas och ombildas i ett vågkraftsverk till elektricitet. (Vattenfall, 2010b).

Det finns olika tekniker för att utvinna energi ur vågor:

- En linjärgenerator placeras på havsbotten och kopplas samman med en boj som flyter på vattenytan. Vågrörelserna går via bojen och driver generatorn.
- Vågor leds in i en fåra som smalnar av och överflödigt vatten rinner över i en damm. När vattnet släpps ut från dammen tillbaka till havet sker det genom en turbin som genererar elektricitet.

- Vågor pressas in i en kammare. Vattenytan oscillerar inne i kammaren på grund av vågorna och luft trycks ut via en luftturbin som driver en generator. Luften dras in igen när vågorna rinner tillbaka. Energi kan då produceras i båda riktningarna.

(Vattenfall, 2010b)



*Tjörn är omgivet av vatten. Foto: Ida Ström*

I Sverige finns endast vågkraftverk som är på experimentstadiet varav ett är placerat i Lysekil (se nedan *Seabased*).

#### ***Exempel i Tjörns närhet - Seabased***

Vid företaget Seabaseds pilotanläggning i Lysekil används linjärgeneratorsteknik. En linjärgenerator placeras på 20-50 meters djup och förankras i ett betongblock. Betongblocket är utformat med hål där fiskar och andra havslevande djur kan skapa artificiella rev. (Mjörnell, 2010)

Seabased har fått tillstånd att anlägga Sveriges första vågkraftspark i större skala i Lysekil utanför svenska västkusten. Energimyndigheten och energibolaget Fortum står bakom projektet tillsammans med Seabased (Eriksson, 2010). Parken är planerad att börja byggas under 2011 (Mjörnell, 2010). Den beräknas ha en installerad effekt om 40 MW och maximalt bestå av 2000 aggregat med en total area på cirka 2 km<sup>2</sup> (Seabased Industry AB, 2009). I inledningsfasen ska 500 aggregat placeras ut för att sedan bygga ut parken i etapper (Mjörnell, 2010). Den inledande fasen beräknas generera 25 GWh per år och när parken är fullt utbyggd kommer omkring 100 GWh elektricitet produceras i Lysekil (Seabased Industry AB, 2009).

Projektet kommer att stötta den lokala ekonomin och sysselsättningen genom att aggregaten produceras i Lysekil. Enligt Mjörnell (2010) kommer detta att generera cirka 50 arbetstillfällen.

#### **5.5.1 Potential**

Tjörn är en ö och har därmed stor tillgång till vatten och dess energi. I den kommande översiktsplanen är dessutom två områden markerade som lämpliga för vågkraft. Skulle en park i samma storlek som den i Lysekil byggas skulle cirka 100 GWh el genereras, alltså mer än hälften av den el som förbrukas år 2008 i kommunen (*se tabell 8*).

**Tabell 8.** Energipotential från vågkraft med dagens respektive morgondagens teknik. Tekniken finns inte tillgänglig idag.

	<b>Potential idag (MWh)</b>	<b>Potential imorgon (MWh)</b>
<b>Vågkraft</b>	-	100 000

### 5.5.2 Ersättning

Vågkraft genererar elektricitet ersätter importerad elektricitet.

### 5.5.3 För- och nackdelar

En fördel med vågkraft är att den syns eller hörs inte på samma sätt som vindkraftverk och konkurrerar inte heller om mark på land. Dock kan de komma att konkurrera med fiskeområden till havs.

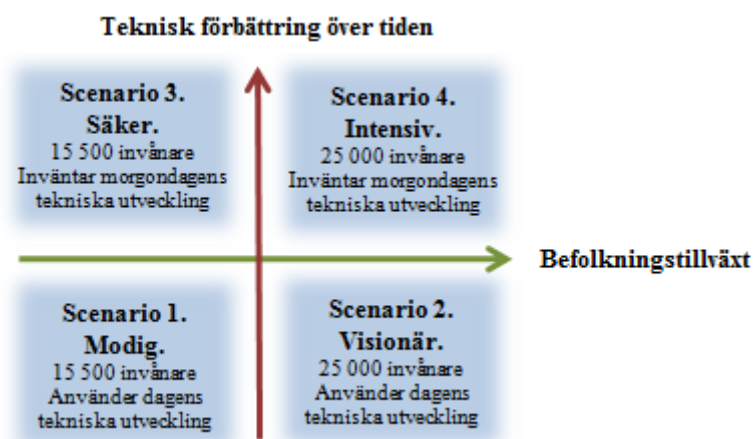
Idag är det ännu för dyrt för att vågkraftverk ska vara ekonomiskt lönsamma. Även i de storskaliga installationerna blir kostnaden flera kronor per kWh. (Sidenmark, 2010)

# 6 Energitillförselmodeller för Tjörns kommun

## 6.1 Scenarioupbyggnad

I det här arbetet används de energiprognoser Statens Energimyndighet (2009) har utarbetat (*se tabell 1*) samt två andra dimensioner – befolkningstillväxt på Tjörn och teknisk utveckling för energikällorna (*se figur 8*). De två dimensionerna reflekterar de främsta ovissheterna som påverkar omställningen. Verkligheten kommer inte att bli något av de fyra nedanstående scenarierna utan kommer troligtvis att innehålla element från samtliga. Målet är istället att med olika scenarier skapa energitillförselplaner som består av endast förnybara energislag trots olika förutsättningar och med det visa flexibiliteten och robustheten i en fossilfri teknik.

Den horisontella axeln visar från en långsam befolkningsutveckling till de mål Tjörns kommun har satt upp för år 2030. Den vertikala axeln visar teknikutvecklingen. Dagens tekniska utveckling innefattar den effektivitet som de olika energislagen har idag medan morgondagens tekniska utveckling kommer baseras på den effektivitet som respektive teknik förväntas få de närmsta kommande åren. Baserat på dessa förutsättningar har fyra scenarier utarbetats för uppsatsen och namngivits till; Modig, Visionär, Säker och Intensiv.



**Figur 8.** Fyra olika scenarier för vad som påverkar Tjörns energibehov och energitillgång år 2030.

### 6.1.1 Satsa idag med en långsam befolkningsutveckling - Modig

Inte mycket har skett de senaste tio åren med Tjörns kommuns befolkningsantal (Tjörns kommun, 2010b). Endast lite fluktuationer från år till år i befolkningsantalet har gett en stabil befolkningscifra på 15 000 invånare. I detta scenario bedöms att en ökning av befolkningsantalet sker i samma takt med 1,5 procent per tio år och år 2030 kommer invånarantalet att uppgå till cirka 15 500 personer. I scenariot sker en modig omställning omedelbart för att kommunen ska vara en initiativtagare till en hållbar utveckling. Dagens tekniska potential är det som finns att tillhandahålla.

Det totala bränslebehovet år 2030 beräknas med hjälp av tabellerna 2 och 3 från avsnitt 4. I scenario Modig uppgår bränslebehovet till cirka 40 000 MWh per år för 15 500 invånare medan elbehovet uppgår till cirka 160 000 MWh per år (se tabell 9).

**Tabell 9.** Energibehovet år 2030 i scenario Modig.

Sektor	Bränsleförbrukning år 2030 (MWh per år)	Elförbrukning år 2030 (MWh per år)
Industri och jordbruk	10 000	19 000
Bostad, offentlig, service	27 000	140 000
<b>Totalt</b>	<b>Cirka 40 000</b>	<b>Cirka 160 000</b>

### 6.1.2 Satsa idag med en kraftig befolkningsökning - Visionär

Tjörns kommun har en målsättning om att öka sitt invånarantal till 25 000 invånare till år 2030. I scenario Visionär sker en kraftig tillväxt i befolkningsantalet till år 2030. Scenariot visar att man är visionär om befolkningsutvecklingen men väljer ändå att satsa på en omställning redan idag för att vara en föregångare som hållbarhetskommun. Därmed använder man dagens teknik med dess potential.

Det totala bränslebehovet år 2030 beräknas med hjälp av tabellerna 2 och 3 från avsnitt 4. Sektorn bostäder m.m. räknas om för att täcka en kraftig befolkningsökning. I scenario Visionär uppgår bränslebehovet således till 55 000 MWh per år för 25 000 invånare medan elbehovet uppgår till cirka 250 000 MWh per år (se tabell 10).

**Tabell 10.** Energibehovet år 2030 i scenario Visionär.

Sektor	Bränsleförbrukning år 2030 (MWh per år)	Elförbrukning år 2030 (MWh per år)
Industri och jordbruk	10 000	19 000
Bostad, offentlig, service	$27\,000/15\,000 * 25\,000 \approx 45\,000$	$140\,000/15\,000 * 25\,000 \approx 233\,000$
<b>Totalt</b>	<b>55 000</b>	<b>Cirka 250 000</b>

### 6.1.3 Satsa imorgon med en långsam samma befolkningsutveckling - Säker

I scenario Säker följer befolkningstillväxten en långsam utveckling med samma förändring som i scenario Modig. Invånarantalet uppstiger således år 2030 till omkring 15 500 personer. Kommunen väljer att vänta med en omställning för att vara säkra på resultatet. Man vill lära sig från andra kommuner och låta teknikerna utvecklas och mogna. Samtliga tekniker bedöms ha hög effektivitet i scenario Säker.

Energibehovet är detsamma som i scenario Modig.

### 6.1.4 Satsa imorgon med en kraftig befolkningsökning - Intensiv

Kommun utvecklas expansivt på samma sätt som i scenario Visionär. År 2030 är befolkningen 25 000 invånare. För att på ett effektivt sätt tillgodose samtliga invånare med energi väntar man med att göra omställningen. Tekniker har nått en högre effektivitet och kunskaperna om dem är bättre. En intensiv omställning startar några år innan år 2030.

Energibehovet är detsamma som i scenario Visionär.

## 6.2 Hänsynstagande för energitillförselmodeller

Scenarierna, den realistiska potentialen och inställningen till de olika energislagen i kommunen ligger som grund för hur energikällorna har prioriterats vid skapandet av energitillförselmodellerna. Det som har tagits hänsyn till vid prioriteringen i uppsatsen är:

- Potentialen för bergvärme är stor i kommunen. Ett borrhål är dock en kostsam investering. Dessutom förbrukar kompressorn elektricitet. Bergvärme = Låg prioritet.
- Många eldar bibränsle i egen panna, främst importerad pellets. Detta ger onödiga transporter och ett ekonomiskt läckage då potentialen finns på ön och istället kan utnyttjas. Eldning av bibränsle = Medelhög prioritet.
- Avlopp och avfall bör hanteras lokalt genom biogasframställning, istället för att transporteras till grannkommuner. Biogasframställning av bibränsle = Hög prioritet.
- Solceller är fortfarande en dyr teknik i förhållande till de traditionella sätten att generera elektricitet. För att öka acceptansen för tekniken bör kommunen gå i spetsen och visa dess potential. Solceller = Medelhög prioritet
- Solfångare har stor potential att spara elektricitet för de som idag värmer sitt vatten med direktverkande el. Dessutom är tekniken billig. Solfångare = Hög prioritet.
- Natur och landskapsbild spelar ofta en stor roll när folk väljer att bosätta sig på Tjörn och fler vindkraftverk kan strida mot kommunens vilja att skapa en befolkningstillväxt. Då det politiska styret anser vindkraftverk vara störande för landskapsbildningen har i bedömningen vindkraftverk endast placerats på markerade platser i översiktsplanen. Vindkraft = Låg prioritet.
- Vågenergi har stor potential i området då Tjörn är en ö och det stör inte landskapsbildningen på samma sätt som vindkraftverk. Tekniken är dock outvecklad och jämförelsevis dyr. Vågkraft = Medelhög prioritet.

Dessa villkor tillsammans med energibehov och energitillförsel har i uppsatsen lett till prioriteringsordningen:

<b>Värme</b>	<b>Elektricitet</b>
1. Egenproducerat bibränsle för eldning och biogas	1. Solfångare (för att spara elektricitet)
2. Importerat bibränsle för eldning	2. Biogas
3. Bergvärme	3. Solceller
	4. Vågkraft (om den utvecklas)
	5. Vindkraft

## 6.3 Förslag av energitillförselmodeller

### 6.3.1 Satsa idag med en långsam befolkningsutveckling - Modig

För att satsa idag krävs mod. En omställning kan inledningsvis vara kostsam och acceptansen från allmänheten kan vara svag på grund av exempelvis kunskapsbrist. Genom att satsa idag kan dock intresset för kommunen öka och man har möjlighet att sälja sin kunskap om omställningen.

#### **Värme**

Trävaror är idag den största bränslekällan på ön (*se figur 6*), dock främst importerad pellets. Material finns för att tillverka sin egen flis för eldning i närvärmeverk eller till försäljning för privata pannor. Från biomassa bedöms 12 000 MWh energi per år kunna genereras (*se tabell 11*) och då materialet, om det inte används på Tjörn, ändå transporteras iväg avgörs att lokalproduktion av flis från all biomassa är lämpligast. Enligt statistik används cirka 20 000 MWh träbränsle per år på ön (*se figur 6*). Det kan vara personer som använder träbränsleeldad panna samt närvärmeverket som står för förbrukningen. Mer av biobränslet bör dock vara lokalproducerat. Då inte mer än 12 000 MWh biobränsle genereras på ön per år bör resterande 8000 MWh träbränsle per år importeras.

Matavfall och fiskrens kan utnyttjas för biogas. 1400 ton avfall genererar nästan 2300 MWh energi per år. Avloppsslammet kan ge upphov till ytterligare cirka 600 MWh per år. Av all biogas kan cirka 1000 MWh per år utnyttjas som elektricitet och 2000 MWh som värme per år.

Övriga 18 000 MWh energi per år bör komma från bergvärme. Skulle 18 000 MWh per år komma från bergvärme behövs cirka 510 hål, om 150 meter med ett uttag på 160 kWh per meter hål, behöva anläggas. Jämförelsevis kan nämnas att sedan 2002 har över 300 ansökningar för att borra bergvärme inkommit till kommunen (Tuvdal, 2011). En ökning av värmeproduktionen från bergvärme skulle dock även öka elförbrukningen. Detta är inkluderat i framtidsprognosen från Statens Energimyndighet (2009) och anses därför redan finnas inbakat i beräkningarna.

**Tabell 11.** Värmetillförsel i scenario Modig. (*Se även bilaga 1, figur A1*)

	(MWh per år)
<b>Egenproducerad flis</b>	12 000
<b>Importerad flis</b>	8000
<b>Biogas - värme</b>	2000
<b>Bergvärme</b>	18 000
<b>Summa</b>	40 000

#### **Elektricitet**

Av de 160 000 MWh som bedöms förbrukas år 2030 så kan 4000 MWh räknas bort då de redan genereras från lokala vindkraftverk (*se tabell 12*). För att minska elbehovet bör



solfångare installeras för uppvärmning av tappvarmvatten. Om samtliga som kan installerar solfångare i mina beräkningar gör det, skulle elförbrukningen minska med 14 000 MWh.

Kommunen kan agera föregångare och placera solceller på sina fastigheter. Dessa skulle kunna generera cirka 1000 MWh el årligen. Kraftvärmeproduktion kan generera 1000 MWh elektricitet per år. Nya vindkraftverk på land skulle maximalt leverera 48 000 MWh per år. Byter man ut de fem nuvarande verken mot nya 2 MW-verk skulle samtliga verk istället generera 78 000 MWh elektricitet per år (*se tabell 13*). Om man ska klara att generera lika mycket el som man förbrukar på ön behövs vindkraft till havs. Beroende på om man byter ut de gamla verken på land eller ej, behövs knappt sju stycken respektive tio stycken 3 MW-verk till havs.

**Tabell 12.** Eltillförsel i scenario Modig exklusive utbyta vindkraftverk. (*Se även bilaga 1, figur A1*)

	(MWh per år)
<b>Nuvarande vindkraft</b>	4000
<b>Ny vindkraft - Land</b>	48 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	92 000
<b>Solceller</b>	1000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	-
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	1000
	146 000
<b>Summa</b>	(160 000)

**Tabell 13.** Eltillförsel i scenario Modig inklusive utbyta vindkraftverk. (*Se även bilaga 1, figur A2*)

	(MWh per år)
<b>Nuvarande vindkraft</b>	-
<b>Ny vindkraft - Land</b>	78 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	66 000
<b>Solceller</b>	1000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	-
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	1000
	146 000
<b>Summa</b>	(160 000)

### 6.3.2 Satsa idag med en kraftig befolkningsökning - Visionär

För att satsa idag krävs som tidigare nämnt mod, och att satsa idag med bedömningen att visionerna om en rejäl befolkningsökning går i hamn kräver stort kurage av en liten kommun.

#### **Värme**

Även om befolkningsantalet skulle öka kraftigt de kommande 20 åren så klarar kommunen av att generera sitt eget värmebehov.

I scenariot så bedöms att restprodukter från jord- och skogsbruk lämpar sig bäst för fliseldning. 12 000 MWh per år av bränsleproduktionen kan eldning av biomassa stå för (se tabell 14). Då 20 000 MWh värme per år används i småskaligt bruk idag bör 8000 MWh importeras per år. På grund av en större befolkning skulle biogas kunna ge upphov till cirka 6000 MWh energi per år varav cirka 4000 MWh kan användas till värme. Resterande 31 000 MWh per år kan uppnås med hjälp av bergvärme. Den mängden energi utvinns från cirka 900 borrhål om 150 meter djup á 160 kWh per meter.

**Tabell 14.** Värmetillförsel i scenario Visionär. (Se även bilaga 1, figur A3)

	(MWh per år)
<b>Egenproducerad flis</b>	12 000
<b>Importerad flis</b>	8000
<b>Biogas - värme</b>	4000
<b>Bergvärme</b>	31 000
<b>Summa</b>	55 000

#### **Elektricitet**

Precis som i scenariot Modig kan solfångare minska elförbrukningen med 14 000 MWh per år. Dock när antalet bergvärmehål måste öka så drastiskt som till 900 borrhål kommer det att öka elförbrukningen troligtvis mer än vad Statens Energimyndighet beräknar i sin långtidsprognos (2009). Därför uppskattas en ökning av elförbrukningen med ytterligare 5000 MWh per år. Solceller kan ge 1000 MWh elektricitet årligen medan kraftvärmeproduktion kan ge cirka 2000 MWh per år. Vindkraft på land kan generera 48 000 MWh per år samt ytterligare 4000 MWh per år om de gamla verken står kvar (se tabell 15). Byts de gamla verken ut mot lika många nya 2 MW-verk skulle vindkraft på land producera 78 000 MWh elektricitet per år (se tabell 16). För att möta elbehovet i scenariot behövs hela 19 stycken 3-MW vindkraftverk till havs placeras ut om de gamla verken inte byts ut, medan 16 verk behövs om nya verk placeras på land.

**Tabell 15.** Eltillförsel i scenario Visionär exklusive utbytta vindkraftverk. (Se även bilaga 1, figur A3)

	<b>(MWh per år)</b>
<b>Nuvarande vindkraft</b>	4000
<b>Ny vindkraft - Land</b>	48 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	186 000
<b>Solceller</b>	1000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	-
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	2000
<b>Summa</b>	241 000 (255 000)

**Tabell 16.** Eltillförsel i scenario Visionär inklusive utbytta vindkraftverk. (Se även bilaga 1, figur A4)

	<b>(MWh per år)</b>
<b>Nuvarande vindkraft</b>	-
<b>Ny vindkraft - Land</b>	78 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	160 000
<b>Solceller</b>	1000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	-
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	2000
<b>Summa</b>	241 000 (255 000)

### 6.3.3 Satsa imorgon med en långsam befolkningsutveckling - Säker

Väntar man med att satsa på en omställning hinner man se utvecklingen av flera tekniker och kan då säkrare välja de som är både teknik- och kostnadseffektiva

#### **Värme**

I scenario Säker används allt biologiskt material till biogas istället för som i tidigare scenario även fliseldning. Detta för att visa på två olika tillämpningsområden. Det innebär att 20 000 MWh träbränsle som redan används på ön behöver importeras årligen (se tabell 17).

Används allt det biologiska materialet från jord- och skogsbruk, fiskavfall samt matavfall, för biogasproduktion skulle 14 500 ton material kunna generera cirka 24 000 MWh energi årligen. Ytterligare strax över 500 MWh biogasenergi kan årligen genereras från avloppsslammet. Cirka 16 000 MWh per år av all biogas kan utnyttjas som värme vid kraftvärmeproduktion. För att möta värmebehovet behöver 4000 MWh energi komma från bergvärme. Det motsvarar strax över 100 borrhål.

**Tabell 17.** Värmetillförsel i scenario Säker. (Se även bilaga 1, figur A5)

	(MWh per år)
<b>Egenproducerad flis</b>	-
<b>Importerad flis</b>	20 000
<b>Biogas - värme</b>	16 000
<b>Bergvärme</b>	4000
<b>Summa</b>	40 000

#### **Elektricitet**

Sker en utveckling inom vågkraftområdet har Tjörn stora möjligheter att i framtiden bli självförsörjande på elektricitet. En vågkraftpark i samma storleksordning den i Lysekil skulle kunna generera 100 000 MWh elektricitet per år.

Om installation av solfångare i den storleksordningen som i bedömningen anses vara realistisk utförs, skulle elkonsumtionen minska med 14 000 MWh årligen. Dessutom kan solen bidra till elproduktion genom solceller. I framtiden bedöms solceller på taken på kommunens fastigheter kunna generera cirka 2000 MWh elektricitet per år. Kraftvärmeproduktion av biogasen genererar cirka 8000 MWh elektricitet per år.

Genom att byta ut de befintliga landbaserade vindkraftverken skulle de generera 30 000 MWh årligen (se tabell 18). Endast ytterligare ett 2 MW-verk skulle behöva sättas upp på land för att möta elbehovet.

**Tabell 18.** Eltillförsel i scenario Säker inklusive utbyta vindkraftverk. (Se även bilaga 1, figur A5)

	(MWh per år)
<b>Nuvarande vindkraft</b>	-
<b>Ny vindkraft - Land</b>	36 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	-
<b>Solceller</b>	2000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	100 000
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	8000
<b>Summa</b>	146 000 (160 000)

### 6.3.4 Satsa imorgon med en kraftig befolkningsökning - Intensiv

Tjörn kan vänta med att ställa om för att som i scenario Säker se hur utvecklingen går för de olika teknikerna. Ökar dock befolkningen måste man arbeta intensivt med omställningen för att nå målet innan år 2030.

#### **Värme**

Det träbränsle som redan eldas på ön bör som i tidigare scenarier vara kvar då installationen av eldningspannorna redan är gjord. Alltså behövs 20 000 MWh träbränsle importeras årligen (se tabell 19). Öns biologiska avfall samt avloppsslam används för att generera nästan 27 000 MWh biogasenergi per år. Av biogasen kan cirka 18 000 MWh per år utnyttjas till värme. De sista 17 000 MWh per år kan utvinnas från bergvärme. Det skulle krävas cirka 500 borrhål av samma dimension som i tidigare beräkningar.

**Tabell 19.** Värmetillförsel i scenario Intensiv. (Se även bilaga 1, figur A6)

	(MWh per år)
<b>Egenproducerad flis</b>	-
<b>Importerad flis</b>	20 000
<b>Biogas - värme</b>	18 000
<b>Bergvärme</b>	17 000
<b>Summa</b>	55 000

#### **Elektricitet**

Sker en befolkningsökning till den nivå kommunen har som vision år 2030 så kommer elkonsumtionen öka markant. Skulle Tjörn anlägga en vågkraftspark i samma storlek som den planerade i Lysekil så kan 100 000 MWh elektricitet per år täckas av parken.

Som i övriga scenarier så kan en installation av solfångare minska elförbrukningen med 14 000 MWh per år. Solceller kan dessutom bidra med 2300 MWh elektricitet årligen och elproduktion från biogas kan generera 9000 MWh per år. Nuvarande fem vindkraftverk genererar 4000 MWh per år (se tabell 20). För att på bästa möjliga sätt utnyttja de få platser som finns markerade för vindkraftverk kan de fem gamla verken bytas ut mot nyare och effektivare 2 MW-verk. De skulle då totalt generera cirka 30 000 MWh per år. Att dessutom även installera åtta stycken nya verk med samma effekt, skulle ytterligare generera 48 000 MWh per år (se tabell 21).

För att täcka öns elbehov behövs dessutom knappt åtta verk om 3 MW placeras till havs. Byter man ut de gamla verken på land behövs knappt fem 3 MW-verk placeras ut till havs för kommunen ska generera lika mycket elektricitet som man förbrukar.

**Tabell 20.** Eltillförsel i scenario Intensiv exklusive utbytta vindkraftverk. (Se även bilaga 1, figur A6)

	<b>(MWh per år)</b>
<b>Nuvarande vindkraft</b>	4000
<b>Ny vindkraft - Land</b>	48 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	73 000
<b>Solceller</b>	2000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	100 000
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	9000
<b>Summa</b>	236 000 (250 000)

**Tabell 21.** Eltillförsel i scenario Intensiv inklusive utbytta vindkraftverk. (Se även bilaga 1, figur A7)

	<b>(MWh per år)</b>
<b>Nuvarande vindkraft</b>	-
<b>Ny vindkraft - Land</b>	78 000
<b>Ny vindkraft - Havs</b>	47 000
<b>Solceller</b>	2000
<b>Solfångare</b>	14 000 (i minskat elbehov)
<b>Vågraft</b>	100 000
<b>Biobränsle - Elektricitet</b>	9000
<b>Summa</b>	236 000 (250 000)

# 7 Analys och diskussion

Det här avsnittet kommer att sammanfatta slutsatser och diskutera valda tekniker. Även möjliga vidarestudier diskuteras.

## 7.1 Slutdiskussion

De olika föreslagna energitillförselmodellerna påvisar att en omställning är tekniskt möjligt, både med de välbeprövade, förnybara energislagen samt med de nyare teknikerna på marknaden om de vidareutvecklas.

Omställningen till förnybart bränsle för värmeproduktion har redan kommit en bra bit på vägen på Tjörn, då nästan hälften av bränslet kommer från träbränsle. För att uppnå ett decentraliserat energisystem bör dock materialet produceras lokalt, framför allt då potentialen finns på ön. Import av externa råvaror ökar mängden transporter samt ökar det ekonomiska läckaget. Egen produktion av biobränsle kan generera arbetstillfällen, där om inkomsten spenderas lokalt kan ge en mereffekt på kommunekonomin. Dock är en viss import av träbränsle nödvändig på Tjörn om man inte byter ut alla biobränsleeldade pannor. Idag används 20 000 MWh träbränsle. Så mycket kan inte genereras lokalt utan mellanskillnaden behöver importeras. Importen bör, om möjligheter finns, komma från grannkommuner för att minimera transporter. Väljer man istället att göra biogas av allt material behöver allt träbränsle till eldningspannor importeras. Beräkningarna visar att man får ut mer energi från biogas än från eldning. För att effektivt hantera tillgången på material bör biobränslet rötas. Möjligheterna med biogas är dessutom större än för eldning av biobränslet. Blir det i framtiden mer ekonomiskt lönsamt att uppgradera biogasen till drivmedel kan Tjörn då i viss mån generera egen biogas för exempelvis några av kommunens fordon.

Solfångare kan bidra till uppvärmning av tappvarmvatten och samtidigt spara elektricitet då det i uppsatsen räknas med att de som installerar solfångare tidigare värmdes sitt vatten med el. Solfångare är dessutom billiga att installera och relativt harmlösa för landskapsbilden.

Potentialen för bergvärme är stor på ön. Dock är installationen dyr. Förslagsvis kan bergvärmehålen borraras djupare för att man ska få ut mer energi per hål. Flera hus kan då dela på ett antal hål, som en form av närvärmesystem. Det kan diskuteras om man ska styra en energiomställning mot värmepumpar då deras kompressorer förbrukar elektricitet. Av den anledningen hamnade bergvärme sist i prioriteringsordningen för värme i energitillförselmodellerna. Värmebehovet bör i största möjliga mån mötas utan elektricitet. Högvärdig elektricitet bör inte användas som lågvärdig värme. Största tillförseln av elektricitet i Sverige kommer från kärnkraft och vattenkraft. En utbyggnad av båda vid ökad elkonsumention är inte förenlig med en hållbar utveckling. Kärnkraft baseras på en ändlig resurs och ger upphov till farligt avfall medan en utbyggnad av vattenkraft stör habitat och biologiskt liv. Att lämna tanken på en decentraliserad energilösning och lokaltillförsel av energi kan i detta fall vara en mer hållbar lösning. Istället för att öka bergvärmens och därmed



även elförbrukningen kan man möta värmebehovet genom att importera ytterligare biobränsle för eldnings eller biogasframställning.

För att bli självförsörjande av elektricitet krävs stora investeringar i förnybara energislag. Idag produceras endast 4000 MWh per år lokalt genom vindkraft. En svårighet för elproduktion på Tjörn är motståndet mot vindkraft. För många som bor på Tjörn, både åretruntboende och säsonsboende, är landskapsbilden en avgörande faktor för valet av boplats. Dessutom är bebyggelsen utspridd vilket gör att få platser lämpar sig för en vindkraftsutbyggnad. För kommunen skulle en utveckling av vindkraften, kanske främst på land men även till havs, kunna orsaka ekonomiska förluster om turister och nya, potentiella fastboende väljer andra platser att besöka och bo på. Man riskerar visionen av en kraftig befolkningsökning om ett ökat antal vindkraftverk upplevs som negativt. Att placera fler vindkraftverk till havs kan minska motståndet. Verken kommer då längre ifrån de boende och både syns och hörs mindre. Dessutom kan man placera ut större verk som har högre effektivitet. Färre antal verk kan då generera samma mängd energi. Dock är detta dyrare än landbaserade verk och i energitillförselmodellerna är därför havsbaserade verk endast med som ett komplement till övrig elproduktion.

Vågkraft skulle i stor utsträckning kunna bidra till att göra Tjörns kommun självförsörjande på elektricitet. Tekniken är dock utvecklad. Genom att invänta resultat om utvecklingen för parken i Lysekil kan man fatta mer överlagda beslut. Sker en installation av en vågkraftpark utanför Tjörn påverkas inte landskapsbilden på samma sätt som om man istället skulle resa vindkraftverk. Bojarna i vågkraftverken är placerade ute till havs och vilar endast just ovanför havsytan. Vågkraft skulle för Tjörns kommun kunna bidra till en hållbar utveckling utan påverkan på landskapsbilden och turistnäringen.

C2CI har en roll att hjälpa Tjörn med en omställning. Genom ett samarbete kan Tjörn lära och finna inspiration från andra öar med samma förutsättningar, exempelvis Samsö. Tjörn måste anpassa omställningen till sina egna premisser, men C2CI kan utöver teknisk och praktisk information även bidra med mentalt stöd från likasinnade som vill nå en hållbar utveckling.

Potentialen finns på Tjörn för att göra en energiomställning. Energitillförselmodellerna visar att tillgång kan möta efterfrågan, dock endast om en vindkraftutbyggnad sker. Min uppfattning är att en hållbar utveckling kräver inte bara förnybar energi utan även en minskad och effektivare energianvändning. Innan Tjörn går vidare med att undersöka ekonomiska incitament och implementeringsstrategier enligt Mårtenssons och Westerbergs modell, så bör en energieffektivisering genomföras. Stora besparingspotentialer finns då många fastigheter är gamla och dåligt isolerade. Dessutom i ett inledande skede bör de boende i Tjörns kommun som värmer sina fastigheter med direktverkande el ställa om till exempelvis träbränsle. Det kräver dock en dyr omställning till ett vattenburet värmesystem men en effektivare energiförbrukning kan minska behovet av vindkraft.

## 7.2 Vidare studier

- Avgörande för att uppskatta den verkliga potentialen för en energiomställning skulle vara att veta vad mina olika scenarioförslag i uppsatsen skulle kosta, hur ägarförhållanden skulle kunna se ut och vad återbetalningstiden skulle bli.
- Att närmare studera variationerna av energibehov och energitillförsel skulle vara intressant för att mer detaljerat kunna göra energitillförselmodellerna. Exempelvis hur tillgång och efterfrågan ser ut månad för månad under ett år.
- Vidare studier i hur vågkraft skulle kunna implementeras på Tjörn kan båda sätta ön på kartan som en innovativ kommun, samt bidra med forskning och kunskap i utvecklingen av hållbara energislag.



*Kommer Tjörn ha förnybar energi år 2030? Foto: Ida Ström*

# Referenser

## Tryckta källor:

Bendix. B (2007). Tjörn planerar sexton nya vindkraftverk. *Göteborgs-Posten*. Pressdag 2007-03-19

Brundtlandrapporten (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*

Cradle to Cradle Islands (2010). 'Cradle to Cradle Islands'-broschyr

de Laclos. H.F, Desbois. S, Saint-Joly. C (1997). Anaerobic digestion of municipal solid organic waste: valorga full-scale plant in Tilburg, the Netherlands. *Water Science and Technology*. Volym: 36. Sidor: 457-462

Egriell. N; Norconsult (2009). Information om utbyggnad av Ängholmens avloppsreningsverk, Tjörns kommun Samråd enligt 6 kap 4 § miljöbalken. Norconsult AB. Göteborg

Esteban. M.D, Diez. J.J, López. J.S, Negro. V, (2011). Why offshore wind energy? *Renewable Energy*. Volym 36, Nummer 2, Sid. 444-450

Europaparlamentets och rådets direktiv (2009/28/EG) om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/E

Granovskii. M, Dincer. I, Rosen. M.A (2007). Air pollution reduction via use of green energy sources for electricity and hydrogen production. *Atmospheric Environment*. Volym 41, nummer 8, sidor 1777-1783

IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon. S, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor och H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom och New York, NY, USA

Mahapatra. K, Gustavsson. L (2008). An adopter-centric approach to analyze the diffusion patterns of innovative residential heating systems in Sweden. *Energy Policy*. Volym 36, nummer 2, sidor 577-590

Murphy. J.D, McKeogh. E, Kiely. G (2004). Technical/economic/environmental analysis of biogas utilisation. *Applied Energy*. Volym 77, nummer 4, sidor: 407-427

Mårtensson. K, Westerberg. K, (2007). How to transform local energy systems towards bioenergy? Three strategy models for transformation. *Energy Policy* 35, 6095–6105

Regeringskansliet (2010). Bilaga till regeringsbeslut. Sveriges Nationella Handlingsplan för främjande av förnybar energi enligt Direktiv 2009/28/EG och Kommissionens beslut av den 30.6.2009.

Sandberg. T, Overland. C; Svensk Fjärrvärme (2003). Nulägesanalys – värmekällors andelar av värmemarknaden för småhus. *Värmegles 2003:1*

Seabased Industry AB (2009). 'Vågkraft i Sotenäs'-broschyr

Statens Energimyndighet (2010). Vindkraftsstatistik 2009. *ES 2010:0*. Eskilstuna

Statens Energimyndighet (2009) Långsiktsprogno 2008. *ER 2009:14*. Eskilstuna

Stuart. E. K (2006). Energizing the island community: a review of policy standpoints for energy in small island states and territories. *Sustainable Development*. Volym: 14 Sidor: 139-147

Tjörns kommun (2010a). Projektdirektiv. Cradle to Cradle – Hållbar samhällsutveckling för Tjörn

Tjörns kommun (2010b). 'Tjörn Kommunfakta'-broschyr

Tjörns kommun (2010c). ÖP 20XX. Koncepthandling inför arbetet med en ny översiktsplan på Tjörn

Tjörns kommun (2008). Tjörns kommuns klimatplan 2008 – 2012

Tjörns kommun (2003). Tjörns kommun Översiktsplan 2003

Triventus Consulting AB (2009). Samrådsunderlag inför samråd med allmänheten. *Samråd enligt 6 kap 4§ Miljöbalken för uppförande av tre vindkraftverk på fastigheterna Olsby 2:18 och Tyfta 2:4*

Västra Götalandsregionen (2007). En mindre fossilberoende ekonomi – Kan en region gå före? Kan Västra Götaland gå före? *Rapport 2007-022*

Wallner. H.P, Narodoslowsky. M (1994). The concept of sustainable islands: cleaner production, industrial ecology and the network paradigm as preconditions for regional sustainable development. *Journal of Cleaner Production*. Volym: 2. Sidor: 167-171

Wuebbles. D.J, Jain. A.K (2001). Concerns about climate change and the role of fossil fuel use. *Fuel Processing Technology*. Volym 71, nummer 1-3, sidor 99-119

#### **Internetkällor:**

Acuña. J (2010). P8- Effektivt Uttnyttjande av Energibrunnar.

<http://effsys2.se/Presentationmaterial/4e%20Effsys2dagen/P8%20-%20Effsys2%20dagen%202010.pdf>

(Hämtad 2011-02-08)

Avfall Sverige (2008). Avfall blir energi – fakta om biogas.

<http://www.sundbyberg.se/download/18.b718cdc11c525ace2d8000146646/Fakta+Biogas.pdf> (Hämtad 2011-02-10)

Bioenergiportalen (2010). Flis som värmekälla. <http://www.bioenergiportalen.se/?p=2045> (Hämtad 2011-02-22)

Energimyndigheten (2010a). Geotermisk energi. <http://energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Geotermisk-energi/> (Hämtad 2010-12-20)

Energimyndigheten (2010b). Hur mycket el i kW förbrukar en normal villa i genomsnitt?

<http://www.energikunskap.se/sv/VANLIGA-FRAGOR/I-hemmet/Hur-mycket-el-i-kW-forbrukar-en-normal-villa-i-genomsnitt/> (Hämtad 2011-02-08)

Energimyndigheten (2010c). Biobränslen.

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Energikallor/Biobranslen/> (Hämtad 2010-12-13)

Energimyndigheten (2010d). Bygga vindkraftverk. <http://www.energimyndigheten.se/sv/Om-oss/Var-verksamhet/Framjande-av-vindkraft1/Bygga-vindkraftverk/> (Hämtad 2010-11-29)

Energirådgivningen. Solvärme.

[http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com\\_content&task=view&id=93&Itemid=1](http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com_content&task=view&id=93&Itemid=1) (Hämtad 2011-02-07)

- Europaparlamentet (2008) 20-20-20-paketet: Hur EU ska möta klimatförändringarna. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20080121STO19278+0+DOC+XML+V0//SV> (Hämtad 2010-12-07)
- Favonius. Om vindkraft. <http://www.favonius.se/> (Hämtad 2011-03-09)
- Malmberg J, (2008). Ön mitt i vinden, *Dagens Nyheter*. <http://www.dn.se/nyheter/varlden/on-mitt-i-vinden-1.472147> (Hämtad 2010-11-12)
- Naturvårdsverket (2010). Om miljömålen. <http://www.miljomal.se/Undre-meny/Om-miljomalen/> (Hämtad 2010-12-07)
- O2 (2010). Vindligan 2010. [http://www.o2.se/Upload/File/press/O2\\_kommunranking\\_vindliga.pdf](http://www.o2.se/Upload/File/press/O2_kommunranking_vindliga.pdf) (Hämtad 2010-11-29)
- Saastamoinen M, (2009). Case Study 18: Samsö - renewable energy island programme. <http://www.energychange.info/casestudies/175-samsö-renewable-energy-island> (Hämtad 2010-11-12)
- SCB (2010). Energiöversikt för kommun, län och rike. *Tjörn 1491*. [http://www.h.scb.se/scb/mr/enbal/guide2/en\\_frame.htm](http://www.h.scb.se/scb/mr/enbal/guide2/en_frame.htm) (Hämtad 2010-11-25)
- SCB (2009). Minskad sysselsättning under 2009. [http://www.scb.se/Pages/PressRelease\\_289055.aspx](http://www.scb.se/Pages/PressRelease_289055.aspx) (Hämtad 2010-11-16)
- Ståhl. K, Sundqvist. R; S-Solar (2009). Energifakta DEL 1: Solen - framtidens basenergi. <http://www.ssolar.com/Solenergi/SolenFramtidensbasenergi/tabid/599/Default.aspx> (Hämtad 2010-12-08)
- SVEP - Svenska Värmepumpsföreningen. Fakta om bergvärme. [http://www.svepinfo.se/usr/svep/resources/filearchive/9/faktablad\\_bergvarme.pdf](http://www.svepinfo.se/usr/svep/resources/filearchive/9/faktablad_bergvarme.pdf) (Hämtad 2010-12-20)
- Svensk Energi (2011). Om vindkraft. <http://www.svenskenergi.se/sv/Om-el/Vindkraft/> (Hämtad 2011-04-06)
- Svensk Solenergi. Frågor och svar. <http://www.svensksolenergi.se/page.php?page=startsida> (Hämtad 2010-12-01)
- Svensk Vindenergi (2010). Vindkraft - en viktig del av framtidens kraftsystem. <http://www.svenskenergi.se/sv/Vi-arbetar-med/Elproduktion/Vindkraft/> (Hämtad 2010-11-30)
- Svensk Vindkraftförening (2010). Om vindkraft. [http://www.svensk-vindkraft.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=16&Itemid=27](http://www.svensk-vindkraft.org/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27) (Hämtad 2010-11-29)
- Swebio (2010). Vanliga frågor om Bioenergin. <http://www.swebio.se/?p=760&m=509> (Hämtad 2010-12-13)
- Tjörns kommun (2010d). Tjörns Bostads AB. <http://www.tjorn.se/kommunpolitik/organisation/kommunalabolag/tjornsbostadsab.4.3f6ce9a51288179dfcb800018115.html> (Hämtad 2011-02-07)
- Uppvärmning. Bergvärme. <http://www.uppvarmning.net/399-Bergvarme> (Hämtad 2010-12-20)

Vattenfall (2011). Frågor och svar om vindkraft och miljöpåverkan. <http://www.vattenfall.se/sv/miljopaverkan---fragor-och-sv.htm> (Hämtad 2011-02-08)

Västra Götalandsregionen (2009). Smart Energi – Klimatstrategi för Västra Götaland. <http://www.vgregion.se/upload/Regionkanslierna/informationsavdelningen%20RK/styrdokument/klimatstrategi%202009.pdf> (Hämtad 2010-12-07)

**Muntliga källor:**

Bertenstam. A-L; Svenska Värmepumpföreningen (2011). Mailkonversation 2011-02-07

Dahllöf. Sten-Ove; Projektledare VA på Tjörns kommun (2010). Muntligen 2010-11-18

Eriksson. Mikael; Manager för vågkraftsresurser på Seabased Industry AB (2010). Muntligen 2010-12-15

Grönlund. Berndt; VD Vallhamnsbolaget AB och Tjörns Bostads AB (2010). Muntligen 2010-11-17

Hermansen. Søren; Projektledare på Samsö (2011). Mailkonversation 2011-02-01

Horner. Ingrid; Miljöinformatör på Västra Götalandsregionen (2010). Mailkonversation 2010-12-15

Mjörnell. Tommy; Arbetsledare på Seabased Industry AB (2010). Muntligen 2010-12-15

Palm. Maria; Planeringsledare på Tjörns kommun (2010). Muntligen 2010-11-16

Sandberg. Maria; Boende Skärhamn, Tjörns kommun (2011). Mailkonversation 2011-02-07

Tjörns LRF (2010). Muntligen 2010-11-17

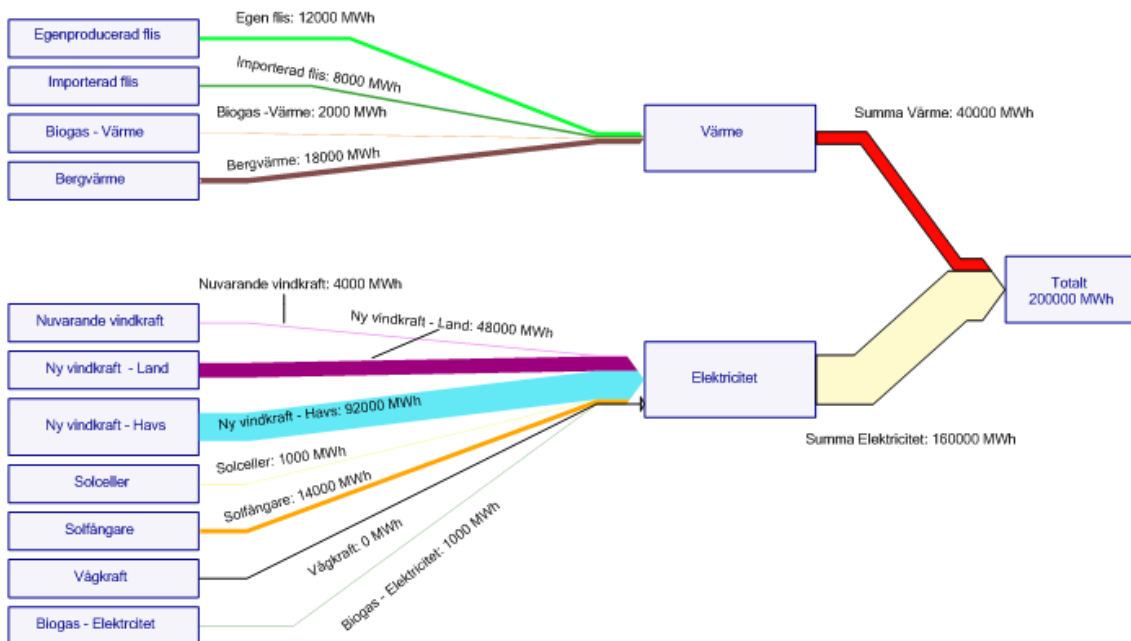
Tuvdal. Hanna; Miljö- och Hälsoskyddsinspektör, Tjörns kommun (2011). Mailkonversation 2011-02-10

**Bildkällor:**

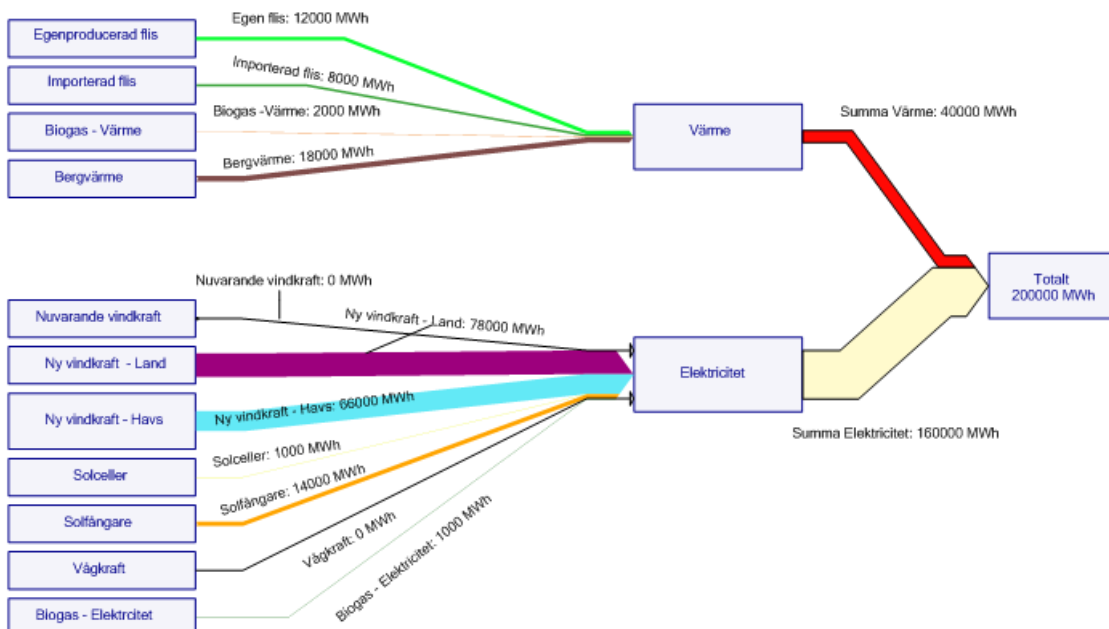
Eniro.se; Tjörn (2011)

## Bilaga 1. Sankey-diagram över energitillförseln

### Scenario Modig

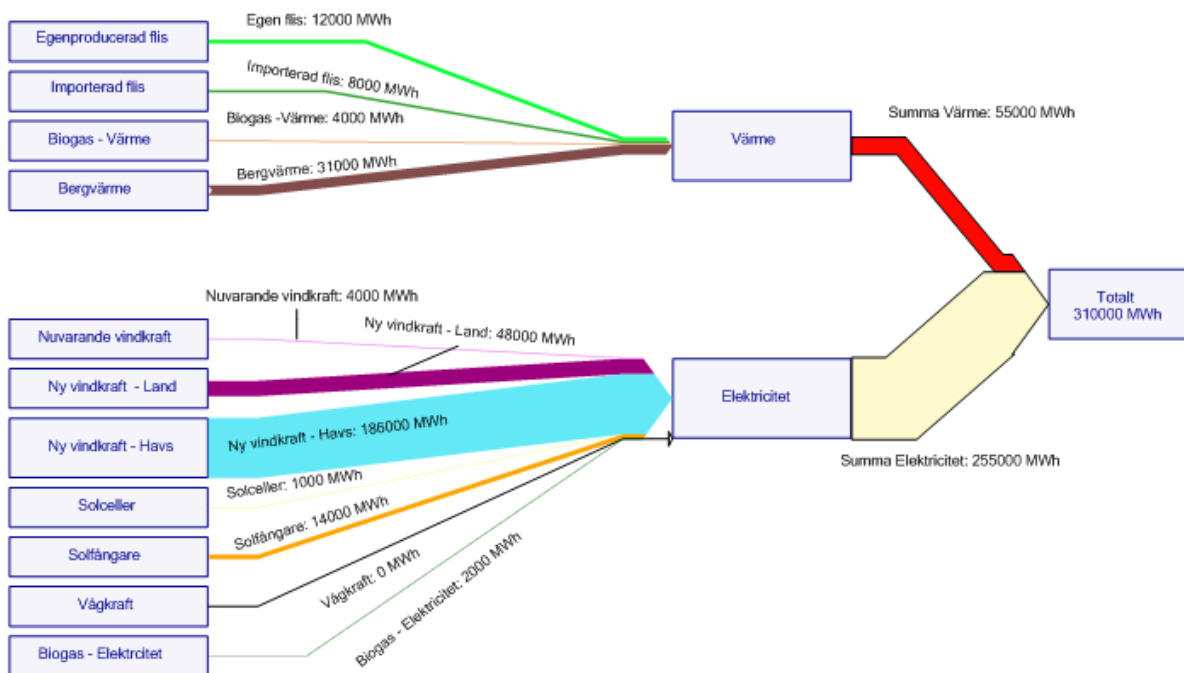


**Figur A1.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Modig om de gamla vindkraftverken inte byts ut. Rester från jord- och skogsbruk används till att göra flis och biogasproduktionen blir därmed begränsad. Bergvärme står för en stor del av värmeförseln. Samtliga energikällor som tillför el är relativt begränsade förutom vindkraft. Solfångare har minskat elbehovet med 14 000 MWh och visas därför på el-sidan även om solfångare inte genererar elektricitet. Då tillförseln från vindkraft på land inte täcker elbehovet bedöms att en stor mängd elektricitet behövs genereras från vindkraft till havs.

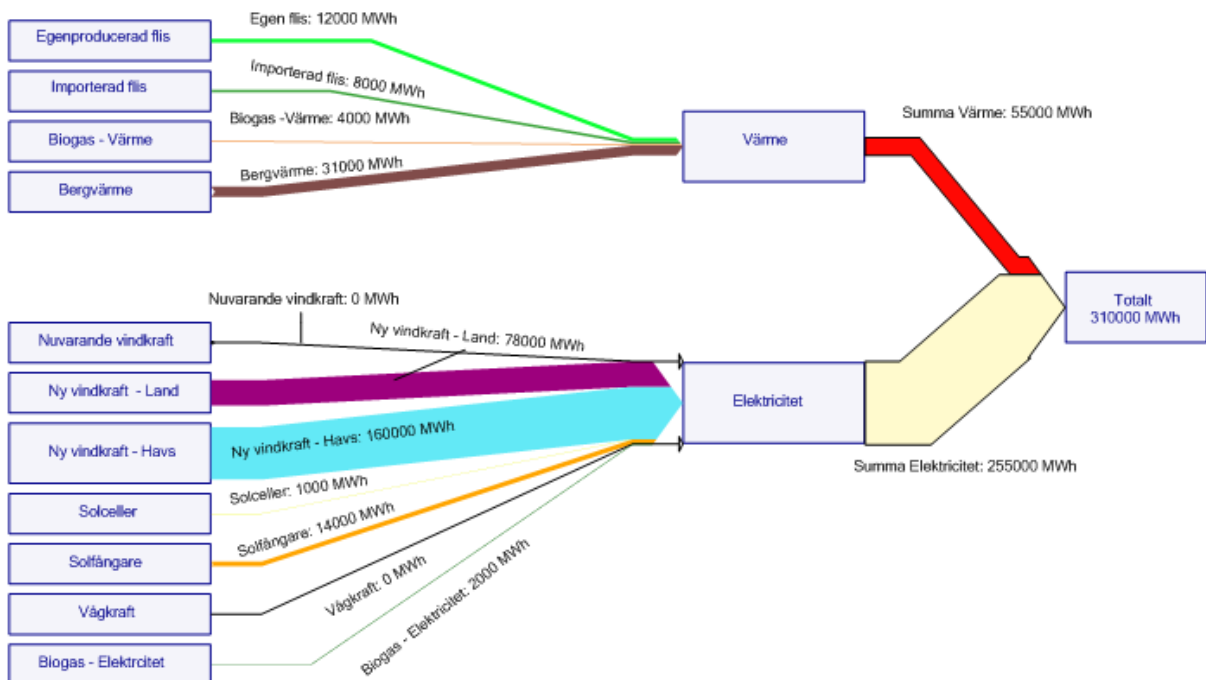


**Figur A2.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Modig om de gamla vindkraftverken byts ut. En större mängd elektricitet kan tillföras från land om de nuvarande vindkraftverken byts ut mot lika många nya men större. Färre vindkraftverk behöver placeras till havs.

## Scenario Visionär



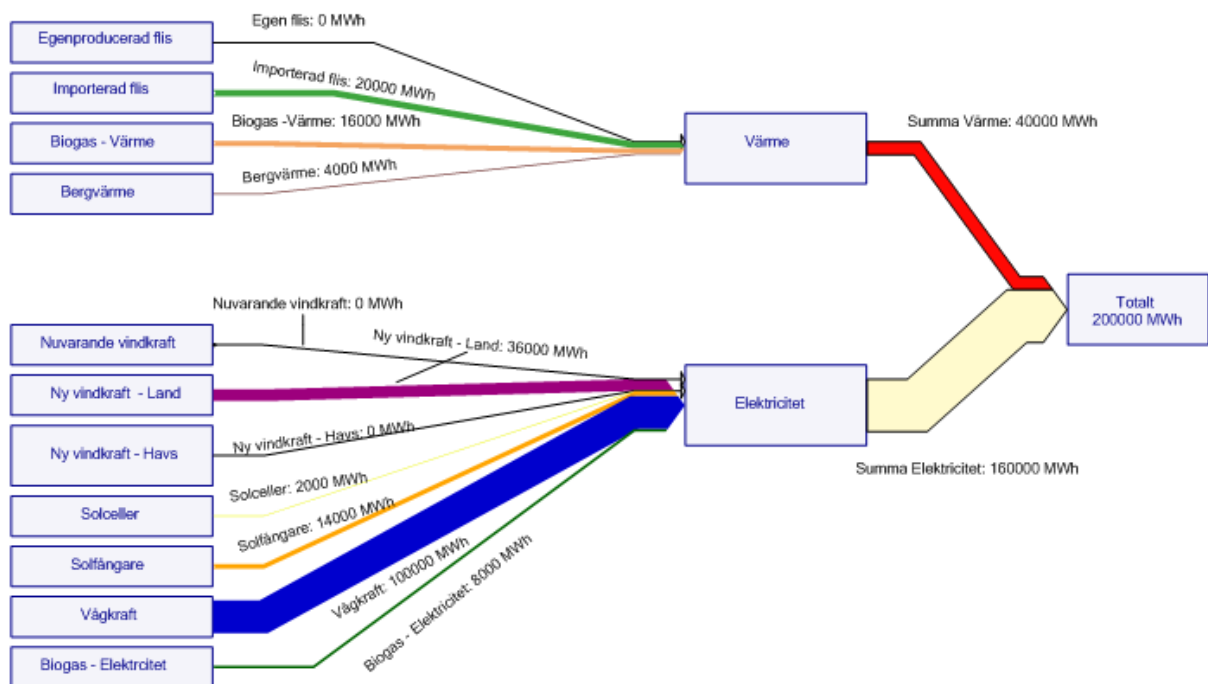
**Figur A3.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Visionär om de gamla vindkraftverken inte byts ut. Rester från jord- och skogsbruk används till att göra flis och biogasproduktionen blir därmed begränsad. En ökad befolkning ger istället mer biologiskt avfall som kan rötas. Bergvärme står för största delen av värmeförseln. Att ökad mängden bergvärme i så omfattande skala ökar elbehovet så mycket att ytterligare 5000 MWh läggs till behovet av eltilförsel. Samtliga energikällor som tillför el är relativt begränsade förutom vindkraft. Solfångare har minskat elbehovet med 14 000 MWh och visas därför på el-sidan även om solfångare inte genererar elektricitet. Då tillförseln från vindkraft på land inte täcker kommunens ökade elbehov bedöms att en stor mängd elektricitet behövs genereras från vindkraft till havs.



**Figur A4.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Visionär om de gamla vindkraftverken byts ut. En större mängd elektricitet kan tillföras från land och färre vindkraftverk behöver placeras till havs.

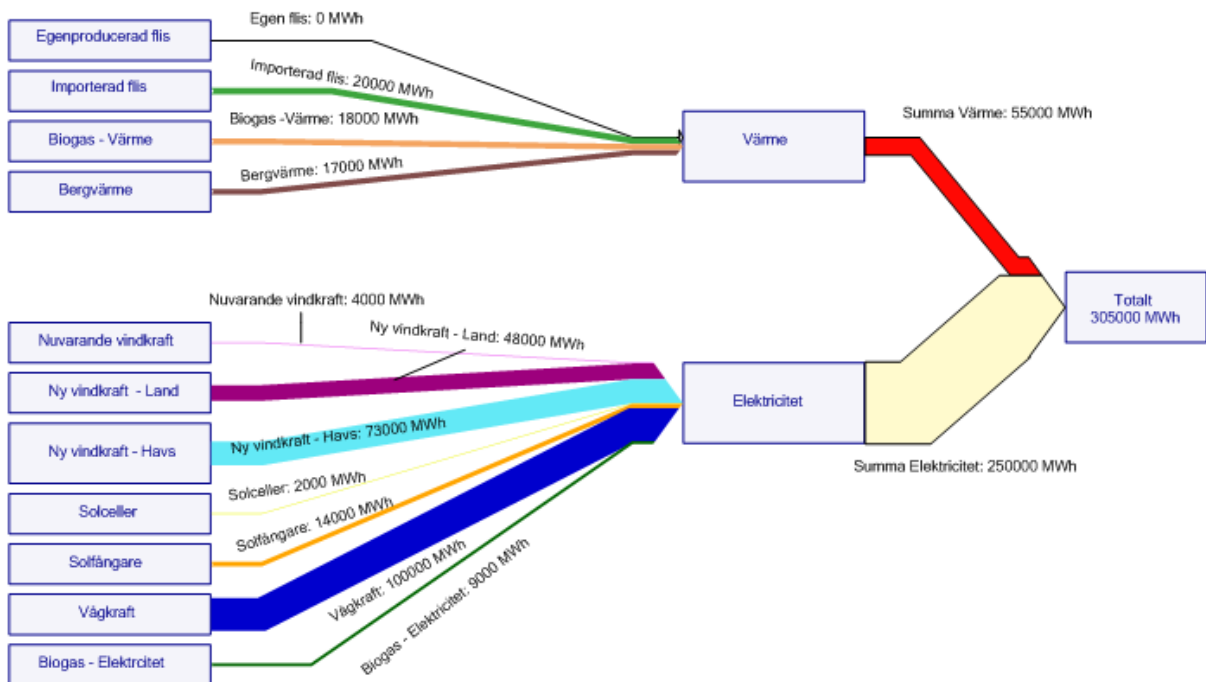


## Scenario Säker

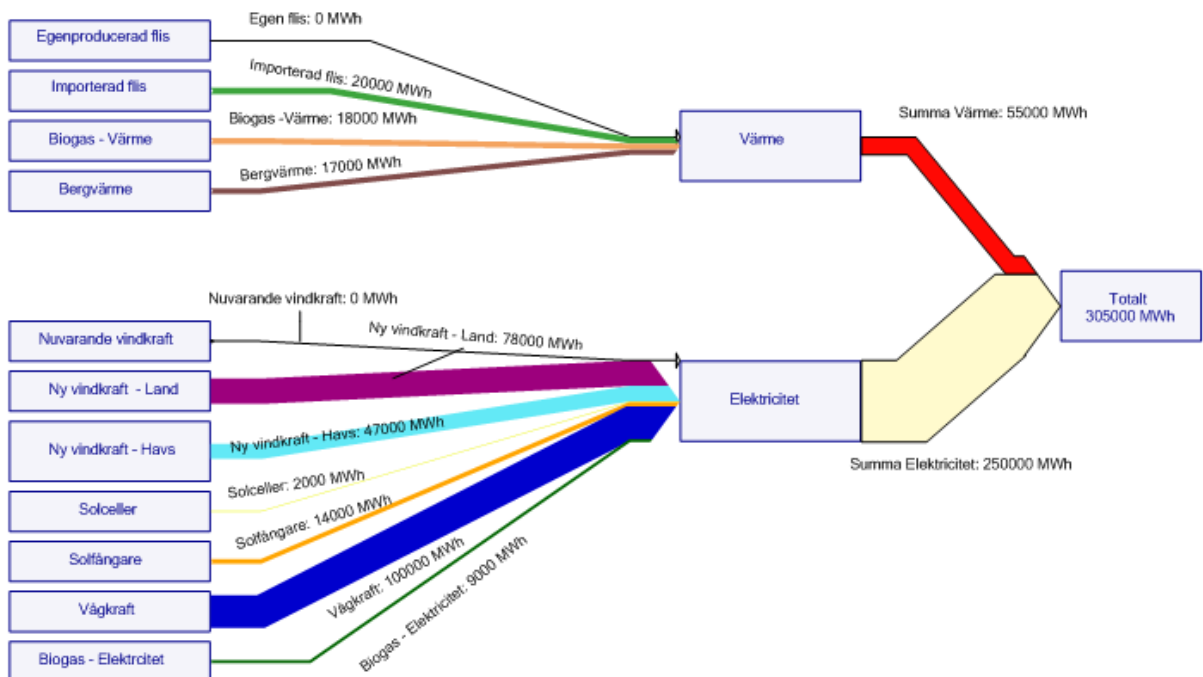


**Figur A5.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Säker. Rester från jord- och skogsbruk används tillsammans med övrigt biologiskt avfall för att producera biogas. All flis importerar. Endast lite bergvärme krävs för att möta värmebehovet. Solfångare har minskat elbehovet med 14 000 MWh och visas därför på elsidan även om solfångare inte genererar elektricitet. Vågkraft kan bidra med en stor del elektricitet. Om de gamla vindkraftverken byts ut behövs endast tre nya verk på land för att möta elbehovet. Vindkraft till havs är inte nödvändigt.

## Scenario Intensiv



**Figur A6.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Intensiv om de gamla vindkraftverken inte byts ut. Rester från jord- och skogsbruk används tillsammans med övrigt biologiskt avfall för att producera biogas. All flis importerar. Bergvärme krävs för att möta värmebehovet. Solfångare har minskat elbehovet med 14 000 MWh och visas därför på el-sidan även om solfångare inte genererar elektricitet. Vågkraft kan bidra med en stor del elektricitet. Trots det räcker inte tillförseln från vindkraft på land för kommunens ökade elbehov. Det bedöms att elektricitet behövs genereras från vindkraft till havs.



**Figur A7.** Sankey-diagram över energitillförsel för scenario Intensiv om de gamla vindkraftverken byts ut. En större mängd elektricitet kan tillföras från land och färre vindkraftverk behöver placeras till havs.