



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Examensarbete

Plusenergi Kronoberg 2050

En studie om framtida energiscenarion och ytterligare åtgärder för att nå klimatneutralitet och självförsörjning av energi i Kronobergs län.



Författare: Simon Kempinsky, Niklas Nilsson

Handledare: Truong Nguyen

Examinator: Michael Strand

Handledare, företag: Pierre Ståhl och Göran Gustavsson, Energikontor Sydost

Datum: 2021-05-26

Kurskod: 2BT01E, 15hp

Ämne: Examensarbete

Nivå: Kandidat

Institutionen för Teknik

This page has intentionally been left empty

Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Fakulteten för teknik

391 82 Kalmar | 351 95 Växjö

Tel 0772-28 80 00

teknik@lnu.se

[Lnu.se/fakulteten-for-teknik](https://lnu.se/fakulteten-for-teknik)

Sammanfattning

För att kunna möta framtiden och de miljöproblem som finns i världen så har mål och direktiv skapats på europeisk och nationell nivå. Dessa mål har även lett till att egna initiativ tagits för mindre regionala nivåer. Initiativen handlar bland annat om att på sikt ta ytterligare steg för att göra sig oberoende av extern energi samt användandet av fossila energikällor. Flera av dessa initiativ har uppkommit ur ett stödprogram ”*Interreg Europé*” som driver projektet *POTEnT* som står för ”*Public Organisations Transform Energy Transition*”. Kronobergs län i Småland är en av dessa regioner, och som tagit fram en målsättning att till år 2050 bli ett så kallat Plusenergi län. Detta innebär att Kronobergs län ska vara självförsörjande på hela sitt energibehov samt att vara klimatneutrala till år 2050. Energikontor Sydost har av regionen givits i uppdrag att följa upp de här målen, vilket sätter premisserna för det här projektet.

Syftet med rapporten är således att ta fram ett scenario för hur energibalansen i länets sektorer kan påverkas och se ut till år 2030 respektive 2050 och hur detta med extra åtgärder leder till att det år 2050 endast existerar förnybar energi i länet. För detta ändamål skapas även en nutida energibalans för året 2019, att använda som referens för framtida scenarion.

För att uppnå rapportens syfte har en kvantitativ studie med dataextraktion från framförallt Statistiska centralbyrån, SCB, och Energimyndigheten genomförts, men också kompletterats med egna antaganden och beräkningar. Detta för att skapa en sammanställning utifrån statistik till en nutids energianalys för regionen. För skapandet av framtida scenarion så användes Energimyndighetens långtidsscenarion baserade på en hög grad av elektrifiering i samhället. Detta skalades ned till regional nivå i Kronoberg. Som sista komplement i framtidsscenariot för att nå Plusenergilän, föreslogs tre ytterligare åtgärder till år 2050. Åtgärderna som föreslogs var a.) en stor utbyggnad av vindkraft, b.) en egen produktion av flytande biobränslen till framförallt transportsektorn, c.) applicering av ”*Bioenergy carbon capture and storage*”, BECCS, för att bli helt klimat neutralt.

Resultatet visar att, år 2050 med de ytterligare åtgärder som vidtagits består nu den tillförda energin i länet från hälften elenergi och hälften fasta biobränslen. Vindkraften ersätter helt den importerade elen som tidigare fanns i Kronoberg uppgår till 2,67 TWh av det nu totala elenergiebehovet på 3,08 TWh. En liten minskning i eltillförseln från kraftvärmen uppkommer på grund av tillämpningen av BECCS som då ytterligare ersätts med vindkraft. Användningen av fasta biobränslen ökar också till totalt 2,73 TWh, där en stor ökning sker från referensåret 2019. Detta beroende på ett stort behov av fasta biobränslen för omvandling till flytande biobränslen som sker av den egna produktionen i länet. Den tillförda energin är således nu helt framställd inom Kronobergs läns egna gränser.

Som slutsats kan sägas att utifrån hur energibalansen såg ut år 2019, är det en lång väg för Kronobergs län att uppnå de fastställda målen till Plusenergi, där energi inom transportsektorn och den totala tillförseln av el som är de stora parametrarna som behöver förändras i grunden, där stora andelar är fossila bränslen samt importerad el från övriga Sverige. Utifrån dessa antaganden kunde med hjälp av trender i energisektorerna, samt nationella scenarion påvisa en markant förändring av användningen av energi och dess ursprung fram till år 2050, där förändringen var som störst i transportsektorns användning av energimedel.

Summary

In order to meet the future needs but lessen environmental problems, goals and directives have been created in the European Union, which also include Sweden. These goals have led to own initiatives being taken on a smaller scale on a regional level. These initiatives includes taking further steps to, in the long term, become independent on external energy supply as well as the use of fossil fuels. Several of these initiatives have arisen from the support program “Interreg Europe”, which runs the project POTEnT (Public Organizations Transform Energy and Transition). The county of Kronoberg in Småland is one of these regions which has developed a goal to become a so-called Plus-energy county by the year of 2050. This means that the Kronoberg must be self-sufficient in all its energy needs together with being carbon neutral by the year of 2050. Energikontor Sydost has by the region been commissioned to follow up on these goals, which sets the terms for this project.

In this degree project energy, balance scenarios in the Kronoberg county are developed for the years of 2030 and 2050. Different aspects and, extra measures that leads the county to be based solely on locally available renewable energy resources in 2050 are being investigated. For this purpose a contemporary energy balance for the year 2019 was established and used as a reference for the development of future scenarios.

In order to achieve these purposes, a quantitative study with data extraction primarily from the Swedish Statistics Central Bureau (SCB), and the Swedish Energy Agency and supplemented by own assumptions and calculations has been carried out. This is to create a contemporary energy system analysis for the whole county. For the creation of future scenarios, the Swedish Energy Agency’s long-term scenarios, based on a high degree of electrification in the society were used. This was scaled down to a regional level based on the county’s context. As the last complement to achieve the target of Plus-energy in 2050, three additional measures were proposed including a.) a major expansion of wind power, b.) a regional production of liquid biofuels, primarily for the transport sector, c.) an application of Bio-energy carbon capture and storage, BECCS, to become completely climate neutral.

The results show that, in the year of 2050, with the additional measures being taken, the supplied energy in the county now consists of half electricity and half solid biofuels. Wind power almost completely replaces the imported electricity that previously existed in Kronoberg, while also making up for the increased electricity demand which now amounts to 3,08 TWh. When BECCS is applied, there is a small reduction in the supply of cogenerated electricity from district heating system and this is then further supplemented by wind power. The use of solid biofuels will also increase to a total of 2,73 TWh. This is due to a great need of biomass for liquid biofuel productions within the county. The supplied energy is thus now fully produced within Kronoberg County’s own boundaries.

It is concluded that, based on the current energy balance in the year of 2019, which based largely on fossil fuels and external electricity supply, Kronoberg County has a long way towards the set goals of Plus-energy in 2050. Energy for the transport sector and the total supply of electricity are the major parameters that need to change fundamentally. However, based on the trends in the energy sectors and national scenarios of energy supply which can demonstrate a remarkable change in the use of energy and its origins until 2050, the transport sector could make the greatest change and with the proposed measures, Plus-energy target for Kronoberg county can be achieved.

Abstract

För att kunna möta framtida energibehov och samtidigt värna om miljön kommer det krävas att energisystemet och transportsektorn, som den ser ut idag, förändras i grunden. För att få till förändring läggs på Europeisk och nationell nivå direktiv respektive mål. Detta har lett till att man på regionala nivåer kollar över sina energibalanser och hur ens klimatpåverkan ser ut och kan minskas. En av dessa regioner är Kronobergs län i Småland som år 2050 vill bli ett Plusenergilän. Plusenergilän innebär att Kronoberg ska vara självförsörjande på sitt energibehov samt vara helt klimatneutrala. Energikontor Sydost har av regionen givits i uppdrag att följa upp de här målen, vilket sätter premisserna för det här projektet.

För detta ändamål har en nutida energibalans i länet skapats för år 2019 för att utifrån denna ge en bild av de utmaningar Kronoberg kommer ställas inför, och på så sätt skapa ett framtida scenario med milstolpar för år 2030 och 2050.

I rapporten skapas utifrån Energimyndighetens framtidsprognoser, ett elektrifieringsscenario där främst transport och industrisektorn i högre grad förväntas använda elenergi. Utifrån prognoserna och elektrifieringsscenariot fastslogs att Plusenergi inte uppnås år 2050 och därför föreslogs tre ytterligare åtgärder som innefattade mer vindkraft, egenproduktion av flytande biobränslen samt *Bioenergy Carbon Capture and Storage*.

Med dessa åtgärder uppnås Plusenergilän år 2050 men som slutsats dras också att utifrån hur energibalansen såg ut år 2019, är det en lång väg för Kronobergs län att uppnå de fastställda målen till Plusenergi, och att det främst är energi inom transportsektorn och den totala tillförseln av el som är de stora parametrarna som behöver förändras i infrastrukturen.

SCB, PHEV, BEV, BECC, Pyrolysolja, HDO, Plusenergilän, Scenario, Elektrifiering, Energibalans, Vindkraft, EnergyPLAN

Förord

Det här examensarbetet är slutmomentet av utbildningen Högskoleingenjör – Energi och Miljö på Linneuniversitetet i Växjö och som omfattar 15 högskolepoäng per person. Det har genomförts på uppdrag av Energikontor Sydost, som beställt ett arbete på en nutida energibalans på Kronoberg där scenarion tas fram för att få en överblick på det framtida energisystemet och hur självförsörjning kan uppnås.

Vi vill tacka Pierre Ståhl och Göran Gustavsson från Energikontor Sydost, som gjort detta examensarbete genomförbart samt för deras engagemang och goda råd.

Ett stort tack till vår handledare Truong Nguyen som hjälpt oss på vägen med detta examensarbete genom stöttning och konstruktiv feedback, samt många trevliga veckomöten.

Niklas Nilsson och Simon Kempinsky

Växjö 2021

Innehåll

Sammanfattning	III
Summary	IV
Abstract	V
Förord	VI
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Avgränsningar	2
2. Teori	3
2.1 Energitillgång och efterfrågan	3
2.1.1 Tillförd energi	3
2.1.2 Slutanvändning	3
2.2 Energibehovet i Sverige	4
2.2.1 Transport	4
2.2.2 Bostäder och service	5
2.2.3 Industri	5
2.2.4 El- och fjärrvärme	5
2.2.5 Energieffektiviseringar	5
2.3 Förnybara energiresurser	5
2.3.1 Skog	5
2.3.2 Vind	7
2.3.3 Sol	8
2.3.4 Vatten	9
2.4 Teknikskiften	9
2.4.1 BECC	9
2.4.2 Flytande biobränslen	10
3. Metod	12
3.1 Energimodellering	12
3.1.1 EnergyPLAN	12
3.1.2 Sankey diagram	13
3.2 Kritik av metod	13
4. Genomförande	14
4.1 Energibalans 2019	14
4.2 Scenario - Elektrifiering	15
4.2.1 Skildring och antaganden	15
4.2.2 Elektrifiering – år 2030 och 2050	15

4.3	Elektrifiering - Ytterligare åtgärder	16
4.3.1	Bioenergy carbon capture and storage – BECCS	16
4.3.2	Flytande biobränslen	17
4.3.3	Mer Vindkraft	17
5.	Resultat och analys	19
5.1	Nutidsanalys 2019	19
5.2	Scenario – Elektrifiering	22
5.2.1	Scenario elektrifiering – år 2030	23
5.2.2	Scenario elektrifiering – år 2050	25
5.4	Ytterligare åtgärder för Plusenergilän år 2050	27
5.4.1	Potential för BECC i länet	27
5.4.2	Egen biobränsleproduktion	28
5.4.3	Mer Vindkraft	28
5.5	Uppnådd Plusenergi	28
5.6	Analys från år 2019 till Plusenergi 2050	29
6.	Diskussion	31
6.1	Nutidsanalys år 2019	31
6.2	Framtida energisystem – år 2030	31
6.3	Framtida energisystem – år 2050	32
6.4	Ytterligare åtgärder för Plusenergilän år 2050	32
7.	Slutsats	35
	Referenser	36
	Bilagor	1

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

För att kunna möta framtiden och de miljöproblem världen ställs inför, har Europeiska Unionen, EU, infört flera miljödirektiv till dess medlemsländer, att efter sin egen förmåga rätta sig efter. I Sverige har man utefter dessa direktiven för miljön ställt fram egna nationella miljömål som ska ledsaga till en minskad energianvändning samt användning av fossila bränslen till året 2030, vilka beskrivs nedan. [1]

Växthusgaser utanför utsläppshandeln ska minskas till senast år 2030. Detta innebär att med år 1990 som referens, ska det till år 2030 vara minst 63 % mindre utsläpp inom Sverige i ESR-sektorn som innefattar de verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter (flygtrafik) [2] [3]. Dessa utsläpp var år 1990, 71,3 miljoner ton CO₂-ekvivalenter. [4] För detta mål finns även ett bivillkor, vilket är att högst 8 % av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.

Växthusgasutsläpp från inrikes transporter ska också som mål minskas till år 2030 [2] [3]. Tills dess ska därför växthusgasutsläpp minska i Sverige med 70 % med år 2010 som referens [2] [3]. För år 2010 uppgick utsläppen till 20,5 miljoner ton CO₂-ekvivalenter. [4] Detta exkluderar dock inrikes flyg.

Det sista målet för år 2030 är att Energianvändningen ska vara 50 % effektivare, med år 2005 som referens. Detta innebär att även om energianvändningen inte minskar med 50 %, ska energianvändningen per capita minska med motsvarande %sats [2] [3].

De nämnda målen innebär att det totalt till år 2030 i Sverige behöver minska sina utsläpp av CO₂-ekvivalenter med 14,5 miljoner ton inom transportsektorn respektive 44,9 miljoner ton totalt. [4]

Utefter dessa mål på både EU-nivå och nationell nivå i Sverige har även egna initiativ tagits att på regional nivå uppnå dessa ställda krav och även på sikt ta ytterligare steg för att göra sig oberoende av extern energi samt användandet av fossila energikällor. Dessa projekt stöds bland annat av ett av EU:s stödprogram, *Interreg Europé* som driver projektet *POTenT* som står för ”*Public Organisations Transform Energy Transition*”, vars syfte är att på kort sikt minska samt på längre sikt helt avlägsna utsläppen genererat av fossila bränslen, detta efter flera av de direktiv som stadgats av EU. Kronobergs län är en av dessa regioner som är med i *POTenT*, och som tagit fram en målsättning kallad Plusenergilän. Denna målsättning är fastställd till år 2050 och innebär att Kronobergs län till detta året ska vara självförsörjande på sitt hela sitt energibehov samt bli klimat neutrala. Energikontor Sydost har därför, av regionen givits i uppdrag att följa upp de här målen. [5]

Kronoberg är ett av Smålands tre län och ligger i södra Götaland och har en landareal på 8467 km², där en stor del av ytan täcks med skog om ca 70 %. Länet hade år 2019, 202 263 invånare som fördelas på totalt 8 kommuner där ca hälften bor i centralorten Växjö med omnejd. Kronobergs näringsliv domineras av industrier så som skog och pappersbruk, aluminiumtillverkning och bearbetning, men IT-företag har också på senare år växt och blivit en stor och viktig del av näringslivet. [6] [7]

År 2018 importerades i Kronoberg en stor del av den elenergi som används i länet, dock är länet självförsörjande på värme via bland annat fjärrvärme, som i stor majoritet drivs med olika biobränslen och avfall. Precis som i övriga Sverige står transportsektorns användning av fossila bränslen också för ca en tredjedel av den totala energikonsumtionen i Kronoberg och ger således det största klimatavtrycket. Kronobergs län vill vara mer energioberoende och till större del inom länet producera

sitt egna elbehov, speciellt inför de förväntade ökningarna i elbehov inom industri och transportsektorn, vilket korrelerar med de uppställda målen för Plusenergilän och bildar förutsättningen för detta arbete.

1.2 Syfte och mål

Kronobergs län ska år 2050 vara ett Plusenergilän. Detta har av författarna tolkats som att Kronoberg ska producera mer energi på ett år än vad det görs av med. Samtidigt ska inga fossila eller icke förnybara energikällor heller finnas i omlopp i Kronoberg. För att ge en bild över hur detta kan uppnås, ska två scenarion tas fram för hur energibalansen i länets sektorer kan påverkas och se ut till år 2030 respektive 2050 och hur detta med extra åtgärder leder till att det år 2050 endast existerar förnybar energi i länet. För att uppnå satta miljömål att bli en region som är Plusenergi till år 2050 har följande frågeställningar formulerats.

- Skapa en nulägesanalys för hur energibalansen ser ut i länet år 2019 som är det år som har senast tillgänglig data. Detta året ska användas som referens för hur energikutvecklingen kommer se ut i framtiden.
- Om transportsektorn blir driven på förnybar energi i Kronoberg, hur kan det påverka energibalansen i länet, till exempel hur många vindkraftverk skulle krävas att driva transportsektorns energibehov?
- Vilka drivmedel kan förväntas att användas i olika scenarion samt vilka fordonstyper, och hur påverkar dessa energibalansen i länet?
- För att kunna uppnå energibalansmålet Plusenergi 2050 med avseende på omvandling och användning av energi, vad kommer detta medföra för krav på förnybara energikällor och lagringsmedier i form av utbyggnad och produktion.
- En energibalans för Kronoberg som Plusenergi år 2050 ska redovisas som ett Sankeydiagram för dess energiflöden.

1.3 Avgränsningar

Frågorna avgränsas till att endast omfatta energiperspektivet, där ekonomi och logistik exkluderas. Vidare tas i åtanke att inte alla energivägar finns registrerade på grund av sekretess och därav kommer vissa antaganden att göras som kommer beskrivas i rapporten. Vidare räknas ej förluster i systemet från SCB med, och enligt deras egen uppskattning ges därför förlusterna ett antaget värde av 8% på de redovisade siffrorna. [8]

För framtidsanalyserna år 2030 samt 2050 avgränsas arbetet till en undersökning av klimatavtryck och energianvändning inuti länet, det vill säga importerade produkter vad gäller logistik och tillverkning tas inte med som energi eller klimatavtryck. För framtidsanalyserna tas även vissa tekniskiften i åtanke och implementeras i teoretiska dimensioner för att uppnå ställda mål och vissa förenklingar och antaganden görs därför då det inte är teknik som kunnat implementerats i större kommersiell drift. Påverkningar av Coronapandein har i framtidsanalyserna inte heller tagits i åtanke då dess långsiktiga effekter är svåra att förutse samt avsaknaden av, i nuläget, publicerat forskningsmaterial för detta.

2. Teori

2.1 Energitillgång och efterfrågan

Ett energisystem är en balans mellan energikällor, energiproduktion, omvandling och slutlig användning. Energisystemet är komplext och har flera ingående parametrar som infrastruktur, lagar, politik och sociala aspekter. Det handlar även om sambandet mellan aktörer, avtal samt värderingar. Att göra en omställning i energisystemet påverkar på så vis alla delar av systemet, så som andra samhällssektorer [9]. Statistiska centralbyrån, SCB, tar varje år fram energidata på nationell, regional och kommunal nivå för Energimyndighetens räkning. Denna data delas upp i tillförd energi och slutanvändning [8].

2.1.1 Tillförd energi

Den tillförda energin presenteras i form av elproduktion, fjärrvärme/värmeproduktion samt fordonsbränslen, och har underkategorier vad gäller produktionskälla och insatta bränsletyper. Insatta bränslen delas in i grupperingar om icke förnybara och förnybara och båda dessa med underkategorierna, flytande, fasta och gas. Elproduktion delas in i kraftslagen kraftvärme, industriellt mottryck (egen producerad energi överbliven från tillverkning), övrig värmekraft (kärnkraft, kondens etc.), vattenkraft, vindkraft och övrig värmeproduktion från mindre privata aktörer. [8]

2.1.2 Slutanvändning

SCB:s data för den kommunala och regionala energistatistiken, *KRE*, presenterar energidata i flera olika kategorier och underkategorier avseende slutanvändning samt tillförd energi. All energi presenteras för KRE i enheten MWh. Slutanvändningen av energi ifrån KRE delas in i underkategorier utefter vilka förbrukarna är.

Dessa är följande:

- **Industri och byggsektorn:** Består av tillverkning, utvinning av mineral, skog med mera. Byggnadsverksamhet inkluderas även och det är inom denna sektorn all användning av eventuell stenkol och koks ingår.
- **Offentlig verksamhet:** Inom denna kategori ingår i princip alla offentliga serviceverksamheter så som hälsa- och sjukvård, sociala tjänster, utbildning, gatu- och vägbelysning samt vatten och avlopp med mera.
- **Transporter:** Här presenteras användning av flytande icke förnybara bränslen inom användningen av kollektivtrafik, privat trafik och järnväg. Även användning av förnybara bränslen inom samma kategorier redovisas. För el inkluderas endast järnvägstransporter samt kollektivtrafik.
- **Övriga tjänster:** Inkluderar energiförsörjning i form av el och värme till serviceverksamhet så som kontor, lager, hotell- och restaurangverksamhet, fastighetsförvaltning, post, finans.
- **Hushåll:** Inkluderar energiförsörjning till all form av hushåll, det vill säga småhus (villor och radhus), flerbostadshus samt fritidsbostäder.
- **Jordbruk, skogsbruk, fiske**

Noterbart är att elenergi inte inkluderas för privat användande av elbilar i KRE. På grund av laddstolpar i kommuner samt laddanordningar i hembostäder antas elanvändningen för dessa eltransporter hamna under kategorierna Övriga tjänster samt Hushåll. Slutanvändningen för alla kategorier delas alla upp i

förbrukning av förnybart bränsle, icke förnybart bränsle, fjärrvärme och elanvändning. Förluster i el och fjärrvärmenät antas i KRE ha ett fast värde om 8 %. [8]

2.2 Energibehovet i Sverige

Energimyndigheten tar varje år fram framtida scenarion av hur Sveriges energikonsumtion kan förväntas se ut fram till år 2050. För året 2021 togs följande framtidsscenarion fram utefter vissa fasta antaganden.

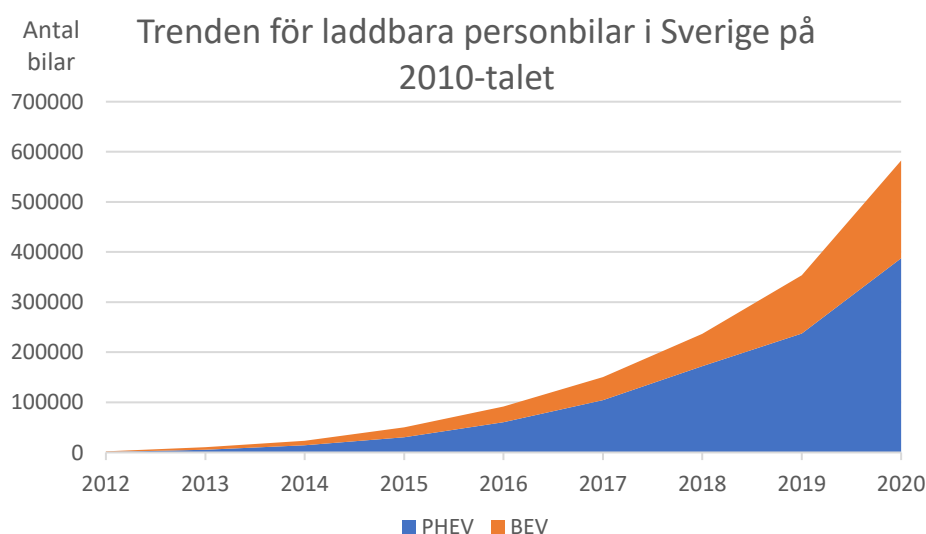
- *Referens EU, modell förväntad av Europeiska Unionen för energiutveckling*
- *Lägre energipriser*
- *Lägre BNP*
- *Elektrifiering av transport och industrisektor (med eller utan kärnkraft)*
- *Ytterligare åtgärder, ökad användning av biobränsle tillsammans med elektrifiering*
- *Känslighetsfall med högre respektive lägre trafikarbete*

De tre översta scenarierna beskrivs av Energimyndigheten och är framtagna utefter befintliga styrmedel, nationellt och EU, som finns från och med 1 Juli år 2019. Dessa ska användas som underlag för klimat utsläpp till EU. [10]

2.2.1 Transport

Energianvändningen inom transportsektorn i Sverige förväntas att i alla scenarion minska från 2018 till 2050 och anses i störst grad komma att bero på en större elektrifierad transportsektor, trots en förväntad ökad transportefterfrågan. Detta beror på att elektrifierade fordon är betydligt energieffektivare än förbränningsmotorer sett till energibärare, det innebär dock en förväntad ökad användning av elenergi och därav belastning av elnätet. [10]

Den totala elbilsanvändning i form av PHEV (Plug-in hybrid electrical vehicle) och BEV (Battery electrical vehicle) har sedan början på 2010-talet ökat exponentiellt, se figur 1, men har de senaste åren utvecklat en mer linjär ökning då elbilsflottan i Sverige blivit större. [11] Trenderna för elbilsanvändandet i Sverige tyder på att den mer och mer kommer ersätta förbränningsmotorer och flera företag utannonserar idag att de inom de närmsta åren inte kommer utveckla fler bilar som enbart går på förbränningsmotorer [12]. Lastbilar och tyngre fordon ligger fortfarande på efterkant i denna utveckling men framsteg inom detta område förväntas också ske inom tidsspannet för dessa scenarion, där stora satsningar idag görs på både vätgas och el som alternativ. [13]



Figur 1 - Antal elbilar i form av hybrid(PHEV) och batteri(BEV) från 2012 till 2019.

2.2.2 Bostäder och service

I samtliga scenarion från Energimyndigheten antas energianvändningen minska inom bostäder och service fram till året 2030, främst på grund av effektiviseringar inom nybyggnationer och renoveringar av äldre hus. Till året 2050 förväntas i dessa fallen renoveringar i stor skala vara gjorda och därav ökar energianvändningen i sektorn igen till år 2050 i sektorn till dagens nivåer. [10]

2.2.3 Industri

Energianvändningen i industrin antas öka marginellt till året 2030 i samtliga scenarier, där det framförallt är elanvändningen inom den tyngre industrin som förutsägs bidra. Detta säger Energimyndigheten kommer att bero på att elektrifiering av tidigare fossila processer inom industrin är mer energikrävande för samma produkter. Förutsatt att den tyngre industrin i större skala elektrifieras ökar även energianvändandet fram till år 2050 för scenariot *elektrifiering* medans energieffektiviseringar i övriga scenarion innebär en mindre minskning av energianvändandet till år 2050. [10]

2.2.4 El- och fjärrvärme

Den totala elanvändningen i Sverige förmodas öka i alla scenarion. I alla scenariona antas även solkraften i landet byggas ut till att motsvara ca 9-11 TWh år 2050 och antas därför vara en mindre bidragande energikälla, medans vindkraft förväntas öka i stor utsträckning. Kraftvärme samt det industriella mottrycket(egenproducerad värme etc.) förväntas bestå på nuvarande nivåer. Fjärrvärme användning förväntas också bete sig likvärdigt i de olika scenarion och kommer ligga kring 55 – 62 TWh motsvarande dagens ca 55 TWh(2019). [10]

2.2.5 Energieffektiviseringar

I Sverige så används ca 40% av den slutliga energin i Bostad och servicesektorn. Detta är en faktor som har förändrat fokuset till att energieffektivisera byggnader och fastigheter. Energieffektiviseringen av fastigheter har även blivit alltmer upplyst i den politiska debatten om renoveringsbehov av bland annat miljonprogram.

Den drivande delen av energieffektivisering har länge varit den ekonomiska biten, där investeringar bland industrier har lett till vinningar i form av korta Pay-off tider. På de senare åren har det sociotekniska perspektivet blivit allt större där policys och olika energistrategier är utformade av både ledningar och driftkunniga för att uppnå lokala eller globala mål. Dessa energieffektiviseringar förväntas också bidra till en minskning av energianvändningen i bland annat bostads och service sektorn. [14]

2.3 Förnybara energiresurser

I Följande del redovisas potentialen för olika förnybara energiresurser som finns tillgängliga i Kronobergs län.

2.3.1 Skog

Skogen är en stor naturresurs i Kronobergs län, som täcker dess yta till 74%. Varje år i Kronoberg avverkas 3,6 miljoner m³ skog och med en återväxt på 4 miljoner m³. Stora andelar av den avverkade skogen används inom virkes handel för byggnation, möbler med mera, men upp till ca 40 % av den avverkade skogen består också av grot. Groten är de kvistar, barr och rötter som blir över vid avverkningen och som bland annat används till förbränning och energiutvinning i form av värme och el. Utöver detta tillkommer ytterligare restprodukter vid produktion av trärelaterade produkter i form av flis, som också har potential som energibärare i ett regionalt energisystem. Restprodukterna flis och grot från skogsindustrin kan utöver värme och el vid direkt förbränning i exempelvis kraftvärmeverk,

också omvandlas till transportbränslen och olika typer av biobränslen (pellets, flis) för privat brukande till mindre hushåll och fastigheter. [15]

En stor andel av den grot som blir över från avverkningar används idag redan till energiutvinning i länet, och för att sätta siffror på den totala potentiella energin för denna andel, ges utifrån 40 % av den totala avverkningen i länet, ett totalvärde på 1,44 miljoner kubikmeter grot. Denna volym antas vara obearbetad, det vill säga ej flisade eller på annat sätt förädlade. Obearbetad grot har ett energivärde på 0,4 MWh per m³ torr [16]. Detta ger således ett potentiellt energivärde om 576 GWh från endast grotet, vidare finns potential från rester så som flis i trä tillverkningsindustrin.

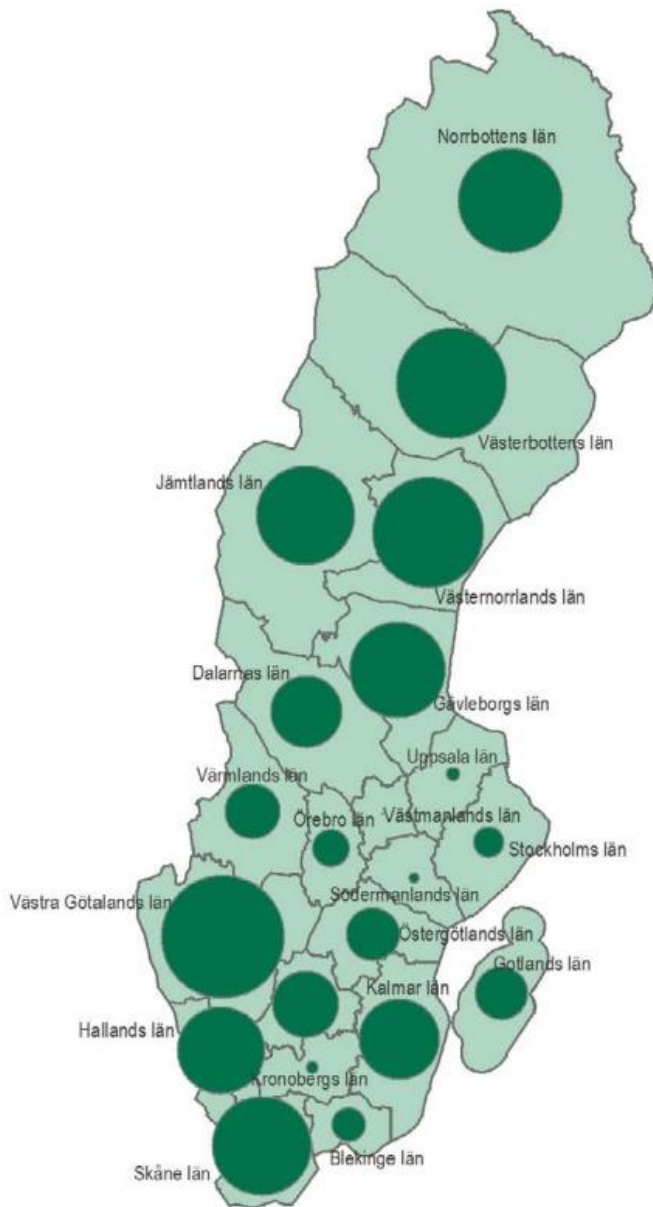
Sett till tillväxt kontra avverkning av skog i Kronobergs län kan det även antas slutsatser med avseende på hur mycket koldioxid som naturligt binds upp i skogen. Med antagande att det främst är gran och tall som tillväxer i Kronoberg kan med dess densitet på ca 440 kg/m³, en total vikt på tillväxt skog uppskattas till 1,76 miljoner ton per år. Tabell 1 nedan visar en generell fördelning av kemiska komponenter i träslag. [17]

Tabell 1-De generella fördelningarna av kemiska komponenter i trä [16]

Kemisk komponent	Andelen av vedens torrsvikt [%]
Kol (C)	50
Väte (H)	6
Syre (O)	43
Kväve (N)	0,1
Aska	0,5
Övrigt (Svavel, metaller)	0,4

Med 1,76 miljoner ton och ca 50 % av dess vikt kan antas vara kol enligt tabell 1, innebär det att 0,88 miljoner ton kol binds upp från atmosfären. Koldioxid består av en kolatom och två syre atomer med en totalvikt av 44 gram per mol, kol står för 12 gram av detta, det vill säga 27 %. Med dessa serier av antaganden ges att ca 3,26 miljoner ton koldioxid varje år, grovt uppskattat, kan bindas upp från skogens tillväxt i Kronobergs län.

2.3.2 Vind



Figur 2: Karta över Sveriges installerade vindkraftseffekt per län. Större cirkel innebär större installerad effekt. [51]

Fram till 2019 har Kronoberg installerat 7st vindkraftverk med en total elproduktion på 17 GWh och en installerad effekt på 8 MW [18].

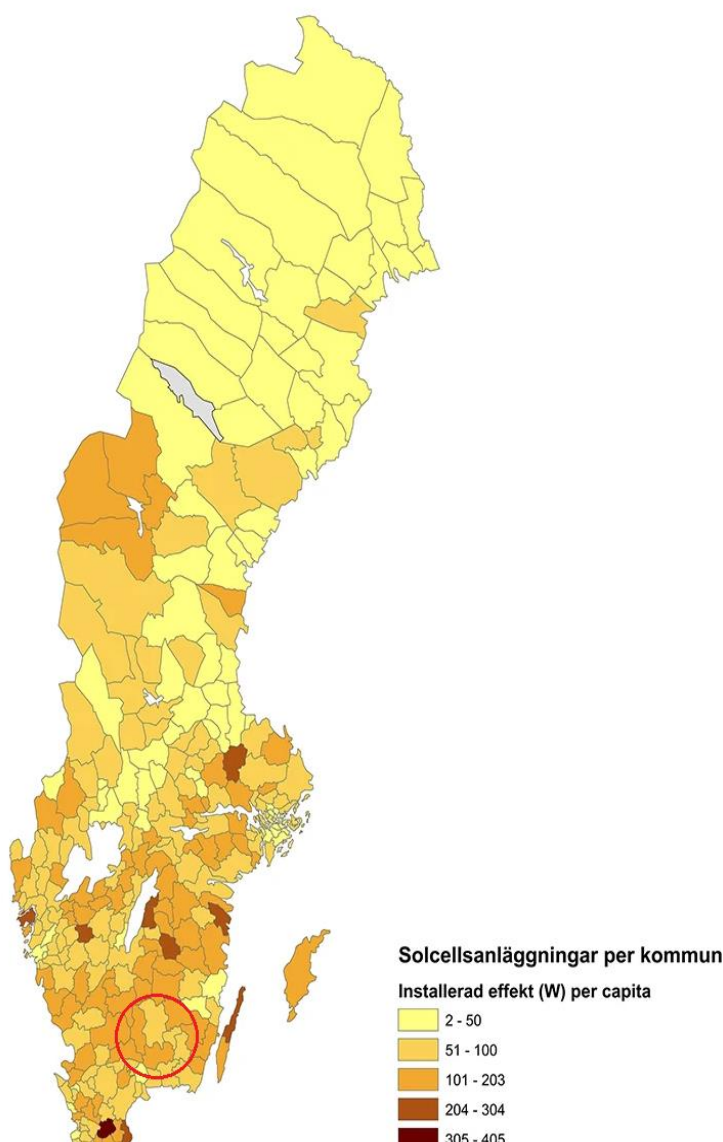
I figur 2 visualiseras det att Kronoberg är ett av de län som satsat minst på vindkraften jämfört med närliggande länen, där elproduktionen från vindkraft endast står för 0,3% av den tillförda elenergin i länet och ca 3% av den totala producerade elenergin. I Sverige som nation står vindkraften för ca 11% av den totala producerade elenergin i landet. Vilket medför att Kronoberg ligger under medel av vindkraftsproduktion uppdelat på kommunnivå. [7]

I Kronoberg finns det en stor potential att installera vindkraft. I sex av länets kommuner har man tagit fram en vindkraftsbrukplan som visar på en potential på nästan 4 TWh elenergi. Särskilt Uppvidinge har pekats ut som särskilt intressant för att etablera vindkraftsparker på grund av dess högre höjdläge geografiskt. I nuläget byggs 72 vindkraftverk i Växjö, Uppvidinge och Alvesta med en total estimerad energitillförsel på 955 GWh per år. Detta skulle fylla ca 43% av elenergibehovet för Kronoberg i ett årsperspektiv, exkluderat eventuella effektbrister under året och under förutsättningen att inga förändringar kring energianvändningen sker fram till att byggnationen är färdigställd. [19]

Enlig uppgifter från Energikontor Sydost så vill man bygga 231 stycken vindkraftverk i Kronoberg [18]. Av dessa är 72st under konstruktion och resterande vindkraftverk är ansökta eller håller på att handläggas för att få byggnadslov. Det är många parametrar som kan styra i vilken mån av vindkraftverk som kommer byggas. Något som påverkar antalet är mängden investeringar av

entreprenörer, förbud och godkännande av byggnation med tanke på olika intressenter och även drivkraften från kommuner och befolkning.

2.3.3 Sol



Figur 3: Installerad solcellseffekt per invånare och kommun i Sverige. [52]

I Kronoberg har installerade solceller ökat kraftigt de senaste fem åren. Från år 2016 till år 2019 har det installerats 1567st solcellsanläggningar, med en installerad effekt på 25,55 MW. [20]

I figur 3 presenteras en karta från Energimyndigheten år 2018, där den installerade solcellseffekten kan följas per invånare och kommun. Figuren visar att Kronoberg ligger i linje med den ökande installations trenden. I nuläget 2019 så står solkraften för mindre än 1% av den totala producerade elenergin i Kronoberg samt Sverige som stort. [21]

Potentialen för solkraft är stor i hela landet där solen strålar upp till 1000 Watt per kvadratmeter och innehåller en energimängd på drygt 1000 kWh per år och kvadratmeter i Sverige. Beroende på system så kan en solfångare generera upp till 700 Watt värmeeffekt och mellan 200-700 kWh värmeenergi. För kommersiella solceller så kan de generera upp till 150 Watt elektrisk effekt och mellan 50-150 kWh elenergi per kvadratmeter och år. [22]

Kronoberg har en landyta på 8458 km² och har en exponerad area på ca 2200 km² räknat med att skog täcker 74% av arean. Skulle all dess area utnyttjas till solkraft skulle detta grovt uppskattat motsvara 187.000 GWh per år, med en uppskattad

vinkel på 50 grader och en verkningsgrad på 17%. I ett perspektiv så skulle denna energimängd förse energianvändningen av Kronoberg 30 gånger. [23]

Energimyndigheten har med uppdrag från regeringen tagit fram analyser och fem scenarion för att lösa målet med att uppnå 100 % förnybarenergi år 2040. Som ett förslag gav energimyndigheten utifrån dessa prognoser att solkraft skulle kunna produceras mellan 5-10% av den totala elanvändningen i Sverige år 2040. [21]

2.3.4 Vatten

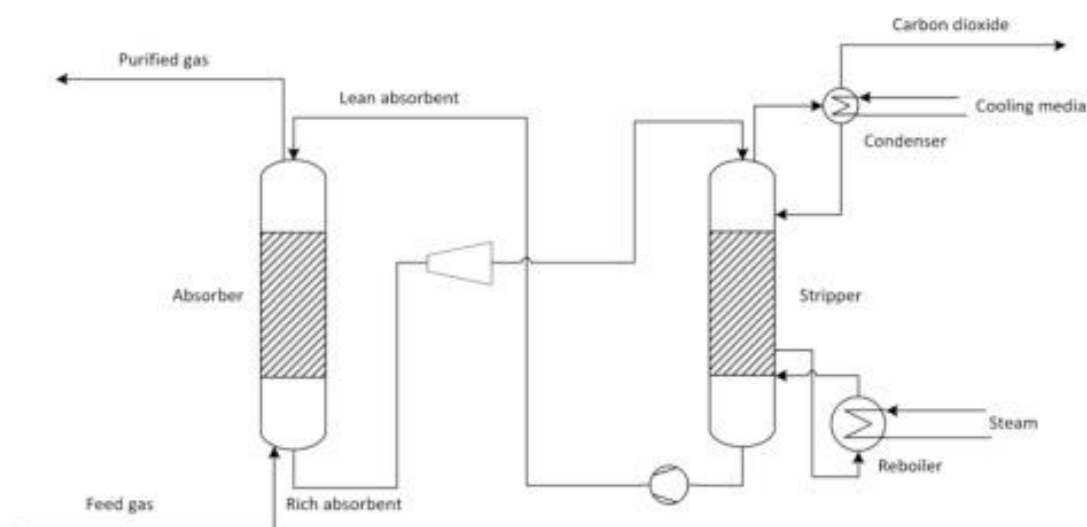
I Kronoberg står vattenkraften för 46% av all producerad el i länet och står till 12% av den totalt tillförda elenergin. I Kronoberg finns det ett 40-tal anläggningar som är uppkopplade på elnätet. Anläggningarna är placerade vid vattendrag som exempelvis Mörrumsån, Ronnebyån, Helge å, Lagan m.m. Summerat har anläggningarna en installerad effekt på 72,3 MW, där mängden energi som går att utvinna är beroende på perioder av torka och nederbörd. [24]

Vattenkraftens installerade effekt antas vara relativt konstant till åren 2030 och 2050 då det bland annat har tagits beslut från regeringen att verkställa vattenmyndighetens plan om att systematiskt ompröva den svenska vattenkraften. Prövningen och de nya miljövillkoren träder i kraft för att bevara den biologiska mångfalden men även för att ge vattenkraften moderna miljövillkor. Vattenkraften har en 140 årig historia i Sverige och har en stor betydelse för både lokala och nationella mål om ett helt förnybart energisystem. Kraftverken ger en viss påverkan på ekosystemet där olika arter kan drabbas. Därför är det viktigt att nyttja dessa kraftverk på ett hållbart sätt där både natur och elproduktion bevaras och optimeras efter läge. [25]

2.4 Teknikskiften

2.4.1 BECC

BECC står för ”*bio energy carbon capture*” och är en process som bland annat kan användas i kraftvärmeprocesser med rökgaser som utsläpp. I BECC separeras koldioxid från rökgaserna med hjälp av tvätt med ett kemiskt flytande ämne, exempelvis amin eller kaliumkarbonat [26]. Koldioxiden binds upp i tvättningen av rökgasen till det kemiska ämnet och kan sedan föras bort till en kokare för att separeras igen via kokning av vätskan. Därefter kan koldioxiden komprimeras till flytande tillstånd under högt tryck och därefter fraktas vidare till slutlagring i exempelvis berggrunden där den förblir inert separerad från kolets kretslopp. Detta är den generella tanken med BECC och eftersom koldioxiden som restprodukt kommer från det naturliga kretsloppet, blir det ett negativt nettoutsläpp av koldioxid förutsatt en återväxt av skog eller andra växter för ändamålet. Den stora majoriteten av rökgasernas koldioxid kan med denna metod plockas ur det naturliga kretsloppet [27]. Figur 4 visar en förenklad BECC process.



Figur 4 - Enkelt processdiagram över Bio-energy carbon capture (BECC). [26]

Det finns dock nackdelar med processen och det är bland annat att det är energikrävande i form av energi från framförallt el. Generella siffror ger att effektiviteten för nyttig energi ifrån kraftvärmens

minskar med mellan 25 och 50 % enheter vid användning av BECC. Flera studier har dock gjorts som till större del kan återanvända överbliven värmeenergi från BECC-processen för att minska energibortfallet till motsvarande 2 till 4 %. [26]

Tabell 2 nedan visar siffror på hur BECC påverkar effektiviteten av ett kraftvärmeverk med avseende på värmeenergi samt elenergi och är baserad på nyare effektivare varianter med bättre utnyttjande av värmeenergi.

Tabell 2 - Variationen av effektivitet för ett el och värmeproducerande kraftvärmeverk utan och med BECC.

Parameter	Kraftvärmeverk	Kraftvärmeverk med BECC	Enhet
Effektivitet el	30,3	14,7	%
Effektivitet energi	87,7	86,0	%

Utifrån tabell 2 kan ses att det kräver mer elenergi men att värmeenergi från processen till större grad går att tillvarata.

2.4.2 Flytande biobränslen

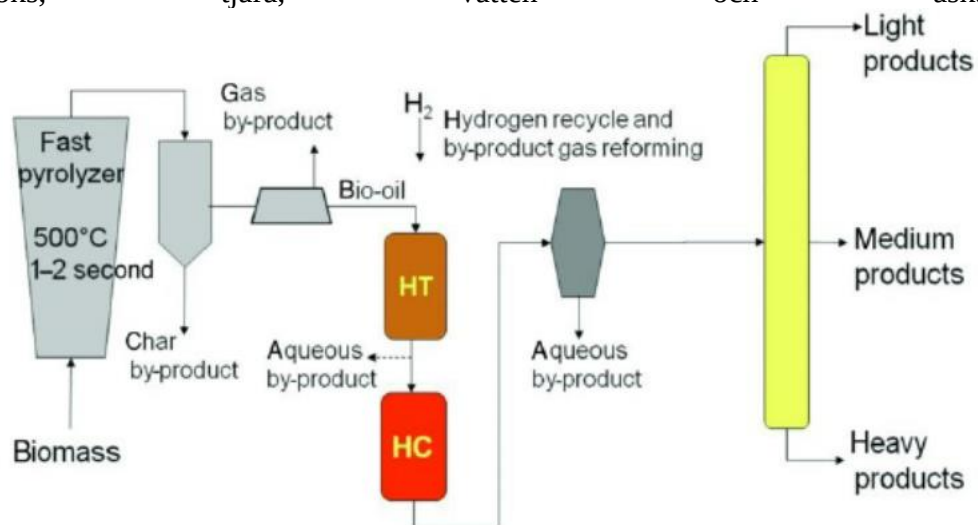
År 2021 importeras i stort sett allt biobränsle för fordonsbruk in till Sverige. För att bli självförsörjande på detta finns flera metoder att skapa biobensin eller biodiesel. I framtiden antas biodiesel eller former av HVO vara den främsta källan till biobränslen, och alternativa sätt att skapa biodiesel på från skogsrester undersöks och anläggningar byggs ut i Sverige för att möta den kommande efterfrågan. [28]

Pyrolysolja är en bioolja som från biomassa framställs genom en så kallad snabb pyrolysis. Denna sker vid relativt låga temperaturer om 450-550 °C och atmosfärstryck. Förloppet sker under endast någon sekund och bildar kondens som sedan kan kondenseras till en vätska, pyrolysolja. Pyrolysoljan som skapas i processen har generellt sett inte de egenskaper önskvärt i förbränningsmotorer och endast ett värmevärde på 17 MJ/kg, jämfört med diesel på 44 MJ/kg. [29]

Rätt komponenter finns dock i pyrolysoljan för att kunna förädla den till ett bättre bränsle, godtagbart för transportanvändning och flera förädlingsprocesser har därför utvecklats där en av de mer lovande är hydrodeoxygenation, HDO. HDO kan i teorin förädla pyrolysoljan till ungefär samma energivärde och egenskaper som diesel, mellan 42,3 – 45,3. I HDO används vätgas och en katalysator, vanligtvis aluminium och nickelföreningar, för att efter pyrolyssteg och separationer av gaser samt stoft och partiklar, få bort syret i kolkedjorna. Detta höjer energivärdet och sänker bland annat aciditeten i pyrolysoljan, ett processchema över pyrolysisprocessen med HDO kan ses i figur 5. [30] [31]

Pyrolysoljan kan skapas från exempelvis sågspån överblivet från träindustri och i processen skapas restprodukter så som gas innehållande metan, koks och tjära som kan återinföras i uppvärmningsprocessen. I förädlingsprocessen krävs större mängder av väte och katalysatorer, vilket också är energikrävande. [32]

I teorin kan ca 31% av det satsade bibränslet konverteras till pyrolysolja där resterande blir gas, koks, tjära, vatten och aska. [28]



Figur 5 - Enkelt processschema av skapande och förädling av pyrolysolja.

3. Metod

För att uppnå rapportens mål och syfte genomförs en kvantitativ studie med dataextraktion från framförallt Statistiska centralbyrån, SCB, och Energimyndigheten kompletterad med egna beräkningar samt antaganden. Detta för att skapa en sammanställning utifrån statistik till en nutids energianalys för regionen. Vidare baseras framtidsanalyserna för år 2030 samt år 2050 och dess energibalanser på dataförändringar med referens från nutidsanalysen på regional nivå. Utefter utvecklingen från scenariona för år 2030 och 2050, tas ytterligare åtgärder fram baserad på energipotential i regionen samt framtida teknikutveckling. Detta för att skapa ett potentiellt scenario där Plusenergimålet i regionen uppnås.

För prognoser och alternativa framtidsscenario utförs litteraturstudier från nationella framtidsprognoser vad gäller el och energianvändning och tillförsel. Energisimuleringsverktyget *EnergyPLAN* används för att simulera energibehov, detta avgränsat till elektriskenergi in och ut ur regionen. *EnergyPLAN* har använts i många tidigare studier av regionala eller nationella undersökningar av framtida energisystem, exempel vid analys av Ålands framtida energisystem år 2030 och Kroatiens framtida energisystem år 2030. [33] [34]

Den kvantitativa data som extraheras från SCB samt Energimyndighetens framtidsscenario motiveras av att det är den tidsmässigt mest hållbara metoden. Eftersökt data kan troligtvis med ihärdighet hittas och sammanställas på annat sätt genom kontakter och enkäter, men slutresultatet och tiden det tar är inte förenlig med storleken och tidsbegränsningen på arbetet. Den data som används ger dock en tillräckligt god överblick för att göra framtida prognoser och antaganden. Den data som används kan dessutom lätt extraheras och valideras av tredje part.

3.1 Energimodellering

Slutresultatet och de framtida så som nutida energibalanserna redovisas i så kallade Sankeydiagram. För skapandet av sankey-diagrammen används i detta projektet programmet *E-Sankey!*. Modelleringsverktyg beskrivs i underliggande rubriker.

3.1.1 EnergyPLAN

EnergyPLAN är ett simuleringsverktyg för regionala och nationella energisystem. Programmet simulerar efterfrågan av energi på timmar som bas, och inkluderar bland annat elektricitet, värme, kyla, industri och transportsektorer. *EnergyPLAN* är utvecklat samt underhålls av "Sustainable Energy Planning Research Group" vid Aalborg Universitet i Danmark och vars modell används av flera konsulter och olika typer av beslutsfattare i världen. [35]

Syftet med *EnergyPLAN* är att bidra till modeller av framtida strategier på uppbyggnad av energisystem och analysera energi, miljö och ekonomiska aspekter på dessa strategier och hur de ska kunna bli 100% förnybara. Input är således energitillförsel och utförsel i ett system och output är olika alternativ på hur det aktuella systemet kan bli fossilfritt under med olika typer och blandningar av energibärare beroende på vad som föredras i varje specifikt fall.

EnergyPLAN output baseras på *Smart energy systems* som är en definition som följer en rad uppsatta principändamål som beskrivs nedan. [36]

- 100% förnybara energisystem.
- Energisystemet tillämpar användning bioenergi.
- Använder synergier i energisystemet för att maximera effektivitet och reducerar kostnader.

- Det ska inte vara ett dyrare alternativ än byggande av befintliga energisystem.

3.1.2 Sankey diagram

Sankey-diagram är ett energiflödesdiagram där pilar vars tjocklek bestämmer storleken av ett flöde i ett system. Sankey-diagrammet visar vilka primära energikällor som finns i systemet, och som representeras till vänster om diagrammet. I mitten av diagrammet kan konverteringar av energin ske. I detta projekt kommer konverteringar handla om att omvandla fast biomassa till fjärrvärme och kraftvärme. Vid konverteringen kan ytterligare strömmar visa på förluster vilka sker vid omvandlingen av energi. [37]

3.2 Kritik av metod

Vid nutidsanalysen används främst KRE. Från början så var statistiken menad till att redovisas på riksnivå och inte på kommunal eller regionalnivå. Detta betyder att kvaliteten på den data som finns på kommunnivå kan variera och måste bedömas utifrån vilka olika fel som kan förekomma under arbetet. Det finns även risker med bortfall och urvalsfel i denna typ av uppgifter. Ibland svarar företag inte på enkäterna och kan medföra till att mätvärden helt saknas från undersökningen. Detta kan dock motverkas något med importerade värden från exempelvis föregående år, men kan ha en viss påverkan av kvalitet. Vid ett urvalsfel så har ett fel uppstått eftersom man inte har totalundersökt hela populationen och man i stället undersöker ett fåtal objekt som sedan skalas upp och uppskattas. Detta betyder i sig att resultaten eller den kommunala data som hämtas blir ytterligare osäker och kan vara påverkade av urvalet. [8]

Statistik har en svaghet när det gäller mätningar. Ett problem med statistik är vid mätfel, det vill säga när det uppmätta värdet skiljer sig från det sanna värdet. SCB själva har beskrivit detta problem där bland annat ett exempel tas upp med KomOlj, där uppgiftslämnarna många gånger kan ha problem med att fördela sina leveranser per kommun. För just petroleumprodukter är det svårt att skilja på leveransadress och faktura-adressen, detta betyder i sin tur att den rapporterade data som fås har en viss osäkerhet. Ett annat fel bland statistiken är enhetsfel och felrapporteringar, som kan vara svåra att upptäcka om uppgifter från tidigare saknas. [8]

Vid detta projekt så har det funnits ett återkommande problem med sekretessbelagd statistik. Sekretessen är till för att statistiken inte ska gå att urskilja specifika företag och objekt, men även för att kunna skydda personuppgifter. Detta betyder att värden från den kommunala och regionala energistatistiken kan saknas, vilket har lett till kompenserade värden. [8]

4. Genomförande

Under detta kapitel redovisas tillvägagångssättet för uppnått resultat av milstolparna energibalans 2019, scenariona för år 2030 respektive 2050 samt ytterligare åtgärder för Plusenergi. Genomförande för energibalansen 2019 skiljer sig från balanserna gjorda för 2030 respektive 2050, som i stället är baserade på nationella elektrifieringsscenarion från Energimyndigheten.

4.1 Energibalans 2019

Data har i stor utsträckning tagits från Statiska Centralbyråns(SCB) kommunala och regionala energidatasamling, och kompletterats med data från energimyndigheten, för den nutidsanalys som gjorts av Kronobergs energibalans. Dessa finns att extrahera som Excel fil från SCB:s webbsida [38]. Denna data är sammanställd från år 2019 och är den senaste data som vid projektets tidpunkt fanns tillgänglig. Data från SCB är redan uppdelad i flera underkategorier inom tillförsel och utförsel(slutanvändning) av energi. Energikategoriernas värde har utefter dessa underkategorier, delats upp och sammanställts efter energityperna fossilt, elenergi och bioenergi och på så sätt skapat vägar för vart den externt producerade elen samt de fossila energibärarna har som slutmål, vilket är av intresse för den här rapporten. Energidata från SCB sammanställdes med enklare summeringar och subtraktioner i Microsoft Excel(se bilaga 1 för sammanställning).

SCB:s energidata innehåller en del hål i sin energirapportering som beror på sekretess i fall där enstaka företag, industrier eller annan verksamhet står för en stor andel av energianvändningen i en viss kategori. Detta leder till att sekretess sprider sig i energidatasammanställningen så att man inte ska kunna räkna bakåt och på så sätt få fram sekretessdata. Detta faktum har lett till att energidata i vissa fall fått extraheras från tidigare år eller om inte det heller funnits tillgänglig, har ett medelvärde av de 10 senaste åren räknats ut då energianvändningen från år till år är konstant runt ett värde.

Data taget från externa källor från SCB har också tagits och beräknats vilka bland annat är tillförd energi från sol. Solcellernas bidrag på den producerade elenergin är baserad på installerad effekt från nätanslutna solcellsanläggningar på energimyndighetens databas. På databasen togs ett värde för år 2019 som sedan beräknas vidare med hjälp av en karta för hur många soltimmar som finns för ett normalår i Kronobergs län. Grovt uppskattat tas ett genomsnitt på 1 550 soltimmar. Eftersom instrålningsvinkeln har en påverkan av hur mycket av solens energi som går att generera antas bara att häften av solenergin träffar panelerna för att få ett uppskattat värde. [20] [39] [40]

I energibalansen ingår också en tunn elenergiström till slutanvändningen av transportsektorn. Denna består dels av den elenergi som redovisas av SCBs statistik och dels av grövre beräkningar på laddbara fordon. I SCBs statistik så redovisas enbart transporter så som järnvägstransport och kollektivtransporter. För att få en överblick på hur mycket energianvändning plug-in hybrider och elbilar står för har antaganden gjorts. Elbils statistiken visar att i Kronoberg finns det drygt 2 518st laddbara fordon. Här ingår bland annat ladd hybrider, elbilar, lastbilar och motorcyklar. Av dessa 2 518 är drygt 66% ladd hybrider och resterande elbilar plus övriga fordon. Enligt siffror från Vattenfall så drar en elbil ca 2 400 KWh/år baserat på genomsnittlig körning. Med dessa siffror beräknas och adderas all energianvändning för laddbara fordon i Kronoberg till en summa av 4,95 GWh. [41] [42]

4.2 Scenario - Elektrifiering

4.2.1 Skildring och antaganden

Framtida scenario för år 2030 och 2050, har skapats utifrån energimyndighetens elektrifiering-scenario [10]. Den förutsätter en framtid där vindkraftsinvesteringar blir mer kostnadseffektiv samtidigt som bilar med förbränningsmotorer i större utsträckning byts ut mot eldrivna bilar och industrisektorns elektrifiering bidrar till en högre energiåtgång i denna sektor. För detta scenario används %uella minskningar/ökningar i energianvändning för varje sektor och som skalas ned till Kronobergs nivå utifrån andelen energi som Kronoberg stod för i Sverige vid referensåret 2019. Detta för att på så sätt få en regional uppskattad framtida energianvändning i länet.

För framtidsscenario till år 2030 görs flera antaganden för modellering av framtida energi- och produktionsbehov. Planerade utbyggnationer inom de närmsta åren av Vindkraft tas därför i beaktning vid modellering för att Kronoberg antas ha en högre utbyggnation av vindkraft i länet i jämförelse med det resterande landet. Till scenariot 2050 antas det att Kronobergs län har kommit ifatt landet när det gäller vindkraftsproduktion och antas då att växa i samma takt vid vindkraftsutbyggnad mellan scenariot 2030 och 2050. Vindkraften kommer öka betydligt till 2030 då det finns stor potential att utbygga vindkraften i Kronoberg. I länet byggs det 72 vindkraftverk och det finns en potential till att bygga 231st [18]. Det finns många faktorer som kan påverka mängden kraftverk, exempelvis investeringar och bygglov. För 2030 balansen tas drygt hälften av vindkraftverken med i simuleringsverktyget EnergyPLAN, där det simuleras en tillförd energimängd på 1030 GWh under ett år räknat utifrån generella vindkartläggningar. Ett annat antagande som görs till scenariot år 2030 och 2050 är anpassningen av fjärrvärme till Kronobergs län. I Kronoberg har fjärrvärmesystem länge varit etablerad och antas därför inte att öka i samma takt som resterande Sverige. För detta framtagna scenario antas därför fjärrvärmekonsumtionen vara relativt konstant fram till år 2050, där det inte tas någon hänsyn till om åren generellt kommer ha kalla vintrar eller varma somrar även om detta skulle påverka både kraft- och värmeproduktionen. Förluster antas också vara lika stora för samtliga scenarion, där verkningsgrad och andelen distributionsförluster antas vara konstanta.

4.2.2 Elektrifiering – år 2030 och 2050

De antaganden som är beskrivna samt långtidsscenariot elektrifiering appliceras på nutidsanalysen för år 2019 i Kronoberg som är framtaget med statistik från SCB [38]. Från energimyndigheten finns samtliga data presenterad i tabeller som använts och skalats ned till nutidsanalysen. Dessa hänvisas till bilaga 2, och förklaras vidare i nästa stycke.

I samtliga energibalanser börjar arbetet vid slutanvändningen hos energibehovet. Efter att energibehovet är beräknat med omvandlingsfaktorer så kan den primära energin bestämmas genom att justera den tillförda energin. För att applicera Energimyndighetens scenario 2030 så används förändringen av den slutliga energin mellan deras scenario 2020 och 2030 se ekvation 1.

$$\left(\frac{Tot\ s.\ ansv\ 2030}{Tot\ s.\ ansv\ 2020}\right) \times (Nt\ 2019) = Ask\ 2030 \quad Ekv.1$$

Där *Tot s. ansv 2020 och 2030* är kvoten mellan den totala slutliga användningen enligt Energimyndighetens scenario, som utgör en förändringsfaktor. *Nt 2019* är nutidsanalysen som är gjord för Kronobergs län och *Ask 2030* är den applicerade scenariot för Kronobergs län år 2030.

När den slutliga användningen är beräknad med ekvation 1 måste energin fördelas till andelar. I varje sektor delas energin upp i olika energibärare. I exempelvis transportsektorn delas energin upp i flytande biobränslen, fossil olja, biogas och el. Nästa steg i balansen är att justera andelen energi från respektive energibärare. Detta görs genom att kolla i scenariots tabeller för energianvändning hos

bostäder och service, inrikestransport och industrin. På samma sätt som slutanvändningen så hämtas andelen av exempelvis el, fasta biobränslen, fossil olja för respektive sektor. Hos transportsektorn delas slutanvändningen upp i olika drivmedlen som fossil olja, el, flytande biobränslen och biogas. Dessa kan även dela upp sig ytterligare inom flytande biodrivmedel till HVO, FAME, biobensin, förnybart flygbränsle osv. När andelen är hämtad så multipliceras dessa på det uträknade resultatet från ekvation 1 se på exemplet ekvation 2 där andelen olja beräknas för scenariot 2030.

$$\left(\frac{E.olja}{Tot.Et}\right) \times (s.anv transport 2030) = \%olja \quad \text{Ekv.2}$$

Där E.olja är den beräknade oljan som energimyndigheten tagit fram för hela nationen. Tot.Et är den totala energianvändningen för transportsektorn för hela nationen. S.anv transport 2030 är den beräknade slutliga användningen för transportsektorn framtaget från ekvation 1. Slutligen fås den %uella andelen olja som transportsektorn använder.

När all slutanvändning är beräknad tillsammans med uppdelningen av energibärare så ska den tillförda energin tillfredsställa det så kallade energibehovet. Här antas en ökande användning av vindkraft som ökar i snabbare takt än resterande Sverige. Därför används siffror på de vindkraftverk som planeras att byggas, där det antas att hälften byggs då olika intressenter kan påverka bygglov. Den beräknade energin från programmet EnergyPLAN ger ett simulerat värde av hur mycket energi som dessa vindkraftverk kan tillföra under ett år. Samtliga simuleringar för vindkraft hänvisas till kapitel 4.3.3. Mellan scenario 2030 och 2050 så antas vindkraften öka i samma takt som övriga Sverige och där ytterligare en andel förväntas öka enligt Energimyndighetens elektrifieringsscenario.

Solkraften och vattenkraften i länet antas följa samma utveckling som Sverige i övrigt. Utbyggnaden av solkraft sker på grund av skattereduktion för inmatad el samt att antaganden görs om stigande elpriser och förutsättningar att kostnaden för solkraft minskar [14]. För vattenkraften görs antaganden om en produktion som är konstant med den som finns idag. Av dessa antaganden så ingår inte några analyser för torr-perioder eller andra extrema väderförhållanden som kan tänkas påverka genererad kraft från år till år.

Fast biomassa- och värmebehovet antas att vara konstant i samtliga scenarion. Detta antagande är gjort utifrån resonemanget att värmebehovet kommer vara liknande det vi har idag, i enlighet med de nationella framtidsscenarierna. I dessa scenarion så kvarstår förbränning av biomassa som värmeproduktion samt kombinerad kraft och värmeproduktion. Ett undantag görs hos hushåll och service mellan scenariot 2030 och 2050 där en viss minskning av fastbiomassa antas utifrån att värmepumpar blir mer konkurrenskraftiga jämfört med pellets och vedugnar etc.

4.3 Elektrifiering - Ytterligare åtgärder

4.3.1 Bioenergy carbon capture and storage – BECCS

I den här rapporten används värden från tidigare studier inom effektivisering av *Carbon capture and storage* processer som valts för sin lämplighet till framtida liknande processer i Kronoberg. I denna uppsättningen används ämnet Kaliumkarbonat (K_2CO_3) för tvättningen av rökgaserna. Processen är optimerad utefter ett kolkraftverks koldioxidutsläpp och där eventuella skillnader därför kan uppstå i mätresultat utefter varje enskilt kraftvärmeverks dimensioner och styrning. [43]

Uppsättningen för BECCS i det här fallet är att 90% av koldioxiden från kraftvärmens binds upp och att för varje ton koldioxid som binds krävs 1,02 GJ elektrisk energi och som därav går förlorad från kraftvärmens [43]. Värmeenergin anses i stor utsträckning i den här konstellationen kunna återvinnas och därav försummas värmeförlusterna [26]. I rapporten appliceras endast BECC på

fjärrvärmeverket Sandviksverket i Växjö som har en tillräckligt stor elproduktion med en kapacitet på ca 60 MW [44].

4.3.2 Flytande biobränslen

För beräkningar av flytande biobränslen gjordes ett flertal antaganden i form av energivärden utifrån flera tidigare rapporter inom ämnet. Utifrån detta antogs värden som används i tabell 3 till beräkningar av vilka energisatsningar som behövs i form av biomassa. [30] [31] [45]

Tabell 3 - Fastställda värden för uträkningar av producerad bioolja med användning av biprodukter i enheterna Megajoule per kilogram respektive vikt%.

Kategori	Värde	Enhet
Energivärde Sågspån	20	[MJ/kg]
Energivärde Förädlad Bioolja	45	[MJ/kg]
Andel Bioolja efter förädling av flis	37	Vikt%(Wt%)
Andel gas som biprodukt	23	Vikt%(Wt%)
Energivärde biproduktgas	4,45	[MJ/kg]

Från tabell 3 används således ett energivärde på 20 MJ/kg för sågspån samt 45 MJ/kg för den förädlade biooljan. Andelen producerad bioolja från flis efter förädling uppskattas vara 37 Wt% (vikt%) och den bildade gasen som biprodukt 23 Wt%, resterande antas bli aska, tjära och koks och dess energivärde antas också återföras i processen för uppvärmning. Utifrån dessa värden kunde mängden flytande biobränsle i form av förädlad pyrolysolja beräknas från det totala behovet av flytandebiobränslen och fossila bränslen från år 2050 års energibalans utan ytterligare åtgärder. På samma sätt kunde faktorn förädlad pyrolysolja mot satsad biomassa i form av flis ge behovet i form av energi från fasta biobränslen samt hur mycket biprodukter i form av gas och koks som kan återanvändas till andra ändamål. Energin i gasen som bildas i pyrolysen kommer från kolmonoxid, väte och metan. Dessa gaser antas även i viss utsträckning kunna förädlas till energigas som kan användas i exempelvis industrin för att minska behovet av fossil gasol, varför dess totala energivärde räknas ut och uppskattas kunna användas till industrin. [46]

4.3.3 Mer Vindkraft

För att möta framtidens elenergibehov används utefter Kronobergs energiresurser vind. Eftersom det vid rapportens skapande planeras och byggs vindkraftverk antogs denna vara inkluderad i analysen till år 2030 och mer vindkraft togs ej i åtanke för att ytterligare minska importbehov i Kronoberg. Till år 2050 antas livslängden för de vindkraftverk som byggts innan år 2030 gått ut och att de då behöver ersättas. Med hjälp av framtidsprognoser över effektiviteten och produktionskapaciteten från framtidens vindkraftverk efter år 2030, kunde antalet beräknas utifrån dessa antaganden. Eftersom vindkraftverken skiljer i storlek och vingspann redovisas i tabell 4 vilka vindkraft som till år 2050 tas i anspråk, vilken kapacitet de har och generell potentiell årsproduktion. Generellt innebär detta att vindkraftverken kommer vara större och innehålla effektivare generatorer och därav betydligt högre produktion per vindkraftverk än dagens. [14]

Tabell 4-Olika vindkraftverk och hur dess vingspann ger högre effekt samt årsproduktion. Vindkraftverken med 95 m vingspann är baserad på nutida generella värden, medan övriga ses som framtida kraftverk.

Vingspann [m]	Kapacitet [MW]	Årsproduktion [GWh]
95	2	5,2
140	4	12,85
210	6	22,5
Större än 210	12	45

Det totala vindkraftbehovet simulerades i EnergyPLAN där även fler parametrar sattes in i form av tillförsel och utförsel av energityper och behov. Simuleringen var avgränsad till att försörja elbehovet i länet för att ge en bild av export respektive importbehovet över ett år, och att värmebehovet ansågs vara försörjt i dessa fallen. Data för sol, vind, vatten och värmebehov från kraftvärme(som även genererar el) lades in i form av kapacitet, utefter ett tim- behov och tillgänglighet över ett år, det vill säga hur exempelvis mycket sol som i genomsnitt kan produceras från 100 MW installerade solpaneler. Dessa är tagna från generella värden i EnergyPLAN och kan avvika något från Kronobergs län. Vidare användes en korrektionsfaktor för vindkraftverkens produktion i EnergyPLAN för att överensstämma med framtida uppskattade produktionsvärden på större vindkraftverk. Korrektionsfaktorn sattes i simuleringen till 0,7324 för att överstämja med de uppskattade värdena för framtidens vindkraft. Exakta parametrar som används i simuleringen finns bifogade i Bilaga 3 och är sammanställda främst från energibalansen för året 2019 men data för kraftvärme produktion i form av kapacitet är även hämtad ifrån kraftverkens egna uppgifter vad gäller generering av el [44].

5. Resultat och analys

I detta avsnitt kommer resultaten för samtliga scenarion att presenteras i cirkeldiagram, energiflödesdiagram samt ytterligare åtgärder som tagits fram till scenariot 2050 för att uppnå Plusenergimålen i Kronoberg. Scenarion har uppdelats enligt följande punkter:

- Energibalans och nutidsanalys för året 2019
- Elektrifieringsscenario för år 2030 med anpassade antaganden
- Elektrifieringsscenario för år 2050 med anpassade antaganden

5.1 Nutidsanalys 2019

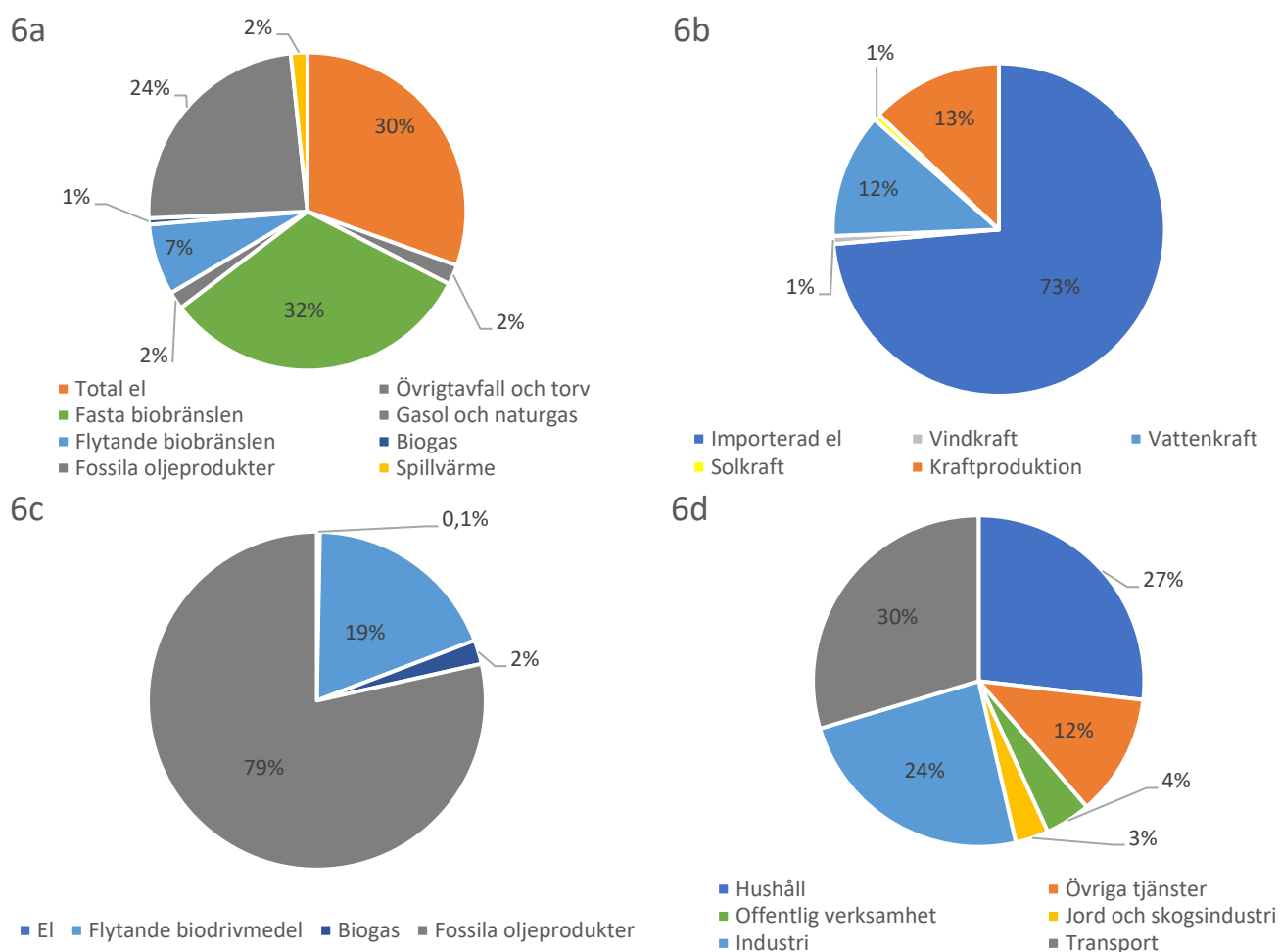
Resultatet av nulägesanalysen är att förhållandevis stora mängder av den tillförda energin i Kronobergs län är importerad. Av den totalt tillförda energin i länet står el för 1869 GWh och bidrar med 30% av energibehovet i länet (se figur 6a). Utöver denna tillförda elenergi så produceras ytterligare 275 GWh el från fasta biobränslen. De fasta biobränslena som tillförs har en total energimängd på 1966 GWh där energin fördelas vidare till kraftvärmeproduktion, fristående värmeverk och industri/hushåll. Vid kraft och värmeproduktion så används även en del torv och övriga avfall som år 2019 stod för ca 123 GWh där ca 23 GWh är torv och resterande är övriga avfall eller sopor som förbränns i Ljungby.

År 2019 importerades drygt 1578 GWh elenergi och som står för 73% av slutanvändningen av el i länet (se figur 6b). Den producerade elenergin inom Kronobergslän består av vattenkraft, el från kraftvärmeproduktion, vindkraft och solkraft. Vattenkraften i länet står för 260 GWh och motsvarar 12% av det totala elenergibehovet. Elenergin från kraftvärmeproduktionen kommer främst från Veab i Växjö och de producerade år 2019 ca 275 GWh elenergi som står för drygt 13% av elenergibehovet. Vindkraften och solkraften står för knappt 2% av elbehovet i länet där vindkraften producerat ca 17 GWh och solkraften 14 GWh beräknat utifrån installerad solcellseffekt från SCB och klimatdata från SMHI

Av drivmedlets uppdelning så står mängden fossila oljeprodukter till 79% av den totala slutanvändningen i transportsektorn. Andelen förnybart står för resterande 21% där flytande biodrivmedel står för 19%, biogas för 2% och el till 0,1%, se figur 6c.

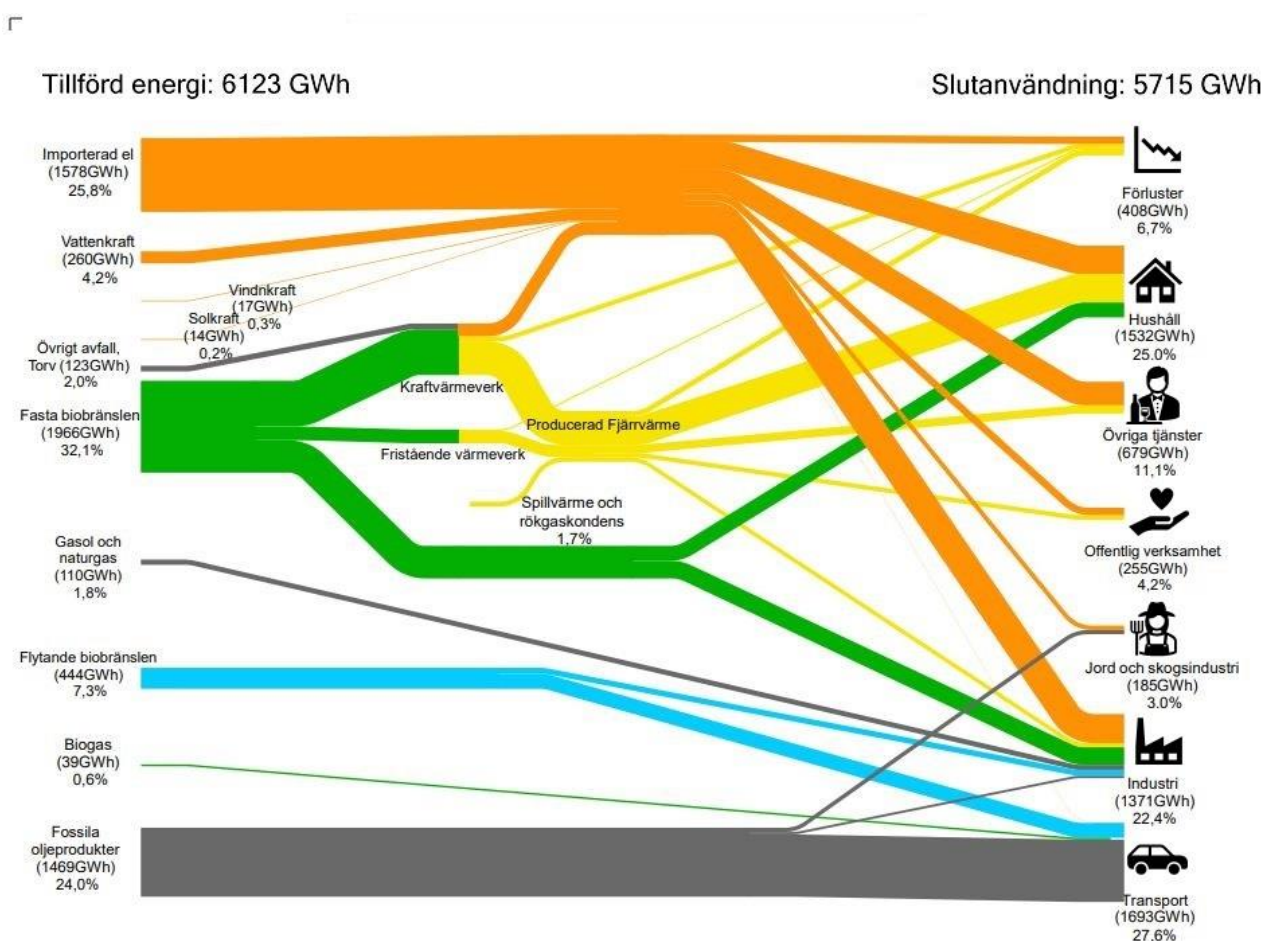
I den totala slutanvändningen (se figur 6d), så står den största delen av slutanvändningen från transportsektorn på 1693 GWh eller 30%. Sedan i storleksordning kommer hushåll på 27%, industri på 24%, övriga tjänster på 12%, jord och skog samt offentlig verksamhet på 3% respektive 4%.

I transportsektorn så tillförs 32% av den totala energin till bland annat personbilar, flyg, tåg och lastbilar. Av denna mängd energi så är fossila oljeprodukter den största andelen på 1469 GWh och en %sats på 24% (se figur 6c). Flytande biobränslen importeras till Kronoberg och används bland annat till att spåda de fossila oljeprodukterna till diesel och bensin. Denna energikälla står för 444 GWh eller en andel på 7% av den totala tillförda energin i länet. I transportsektorn används även biogas som går till biogasbussarna i Växjö stad, mängden varierar varje år där Sundet står för ungefär hälften och Alvesta för den andra halvan av produktionen. Mängden är beräknad till 39 GWh sedan tidigare undersökningar och uppskattas att stå för mindre än 1% av den totala energitillförseln i länet. I länet importeras även Gasol och naturgas som används i industrin, denna mängd står för drygt 2% av tillförseln och är uppskattad till 110 GWh.



Figur 6: Cirkeldiagram för a: Tillförd energi, b: Eldistribution, c: fördelningen av transportmedel och d: Slutlig användning i Kronobergs län 2019

I figur 7 presenteras energiflödesdiagrammet för 2019, där energin mellan tillförd och slutlig användning konverteras eller delas upp i Kronobergs län. Den tillförda energin består av energimängder av el, fasta biobränslen, flytande biobränslen, biogas och fossila bränslen så som naturgas och oljeprodukter. De största energibidragen för 2019 är importerad el, fast biomassa och fossila oljeprodukter.



Figur 7: Sankeydiagram över energiflödena för baserad på året 2019, slutanvändning redovisas exklusive förluster.

Den fasta biomassan presenteras i diagrammet i grön färg se figur 7 och delas upp till tre olika energiflöden. Det översta flödet går till länets kraftproduktion där träflis, sopor och torv förbränns till att producera både fjärrvärme och elektricitet. Tillsammans utgör de 1101 GWh som sedan konverteras till 724 GWh fjärrvärme och 275 GWh elektricitet. För att få balans läggs förluster till med på 102 GWh utefter antaganden från SCB att deras statistik innehåller förluster om 8%. Dessa förluster medför till en konverteringsverkningsgrad på drygt 91%. Det mellersta energiflödet för fast biomassa går till fristående värmeverk där träflis förbränns för att producera enbart fjärrvärme. Verkningsgraden för dessa fristående värmeverk uppskattas till ca 89%. Det sista energiflödet för fast biomassa fördelas till hushåll och industri och som består av bland annat pellets till hushåll och trämassa som går till massabruk eller till byggbranschen i industrin. I gul färg presenteras energiflödena av fjärrvärme som kommer från det gröna energiflödet av kraft och värmeproduktionen. Utöver förlusterna i konverteringen av biomassan så tillkommer också förluster från distributionen av fjärrvärmevatten. I orange färg presenteras energiflödet i form av elektriskenergi där både importerad och producerad el fördelar sig på samtliga sektorer. Utöver den tillförda energin och slutanvändningen så läggs det till förluster från elnätet på 8%. De fossila produkterna som används i energisystemet presentera i svar/grå färg där bland annat oljeprodukter till transportsektorn, gasolen till ståltillverkning och sopor och torv som används till kraftvärmeproduktion. Siffror för slutanvändning och tillförd energi presenteras i tabeller i bilaga 1.

I tabell 5 redovisas en sammanställning av energiläget samt klimatavtryck i Kronobergs län för åren som används som referensvärden enligt de nationella miljömålen, vilka används som jämförelse för hur miljömålen uppnås i Kronoberg med elektrifieringsscenario till år 2030. [47] [48]

Tabell 5-Kronobergs län energivärden samt klimatavtryck totalt och per capita för referensåren 1990 och 2005 enligt de nationella miljömålen. För året 2010 samt data om växthusgaser är hämtad från naturvårdsverkets sammanställningar tillsammans med tidigare invånarantal.

	År 1990	År 2005	År 2010
Bruttotillförsel	6,10 TWh	6,88 TWh	-
Per capita	34,29 MWh	38,92 MWh	-
Växthusgaser	1 453 351 ton	1 317 898 ton	1 142 384 ton
Växthusgaser per capita	-	-	6,21 ton
Fossila bränslen	2 616 GWh	2 876 GWh	-
Elenergi	2 002 GWh	2 199 GWh	-

5.2 Scenario – Elektrifiering

Dessa scenarion har tagits fram utifrån premisserna från Energimyndighetens *elektrifiering med kostnadseffektiv vindkraft* för framtida scenarion fram till år 2050. I dessa fallen undersöks energianvändningen utifrån en elektrifiering av främst transport och industrisektorn genom dels elbilar men också teknikskiften med elektrifiering av metallindustrin samt arbetsmaskiner, men behovet av fler och större datacenter tas också i beaktning. Dessa faktorer leder till ett minskat totalt energibehov men ett ökat behov av elektricitet. Utöver dessa förväntas biobränsleanvändandet öka till år 2030 främst i anledning av de ökande reduktionsplikterna som bidrar till att inblandningen av förnybara drivmedel i dieseln och bensinen kommer att öka. Efter den ökade användningen av biodrivmedel till år 2030 kommer användningen av biodrivmedel att sjunka på grund av den fortsatta elektrifieringen som i det stora sänker efterfrågan på biodrivmedlet. [10]

Scenariot kostnadseffektiv vindkraft som appliceras för scenariot 2030 samt 2050 är framtaget av Energimyndigheten som vartannat år skapar långtids scenarion för Sverige för att kunna tolka och förutse framtida energiomställningar på samhällsnivå. I detta arbete skalas detta scenario ner till Kronoberg med kompletterande antaganden. [10]

5.2.1 Scenario elektrifiering – år 2030

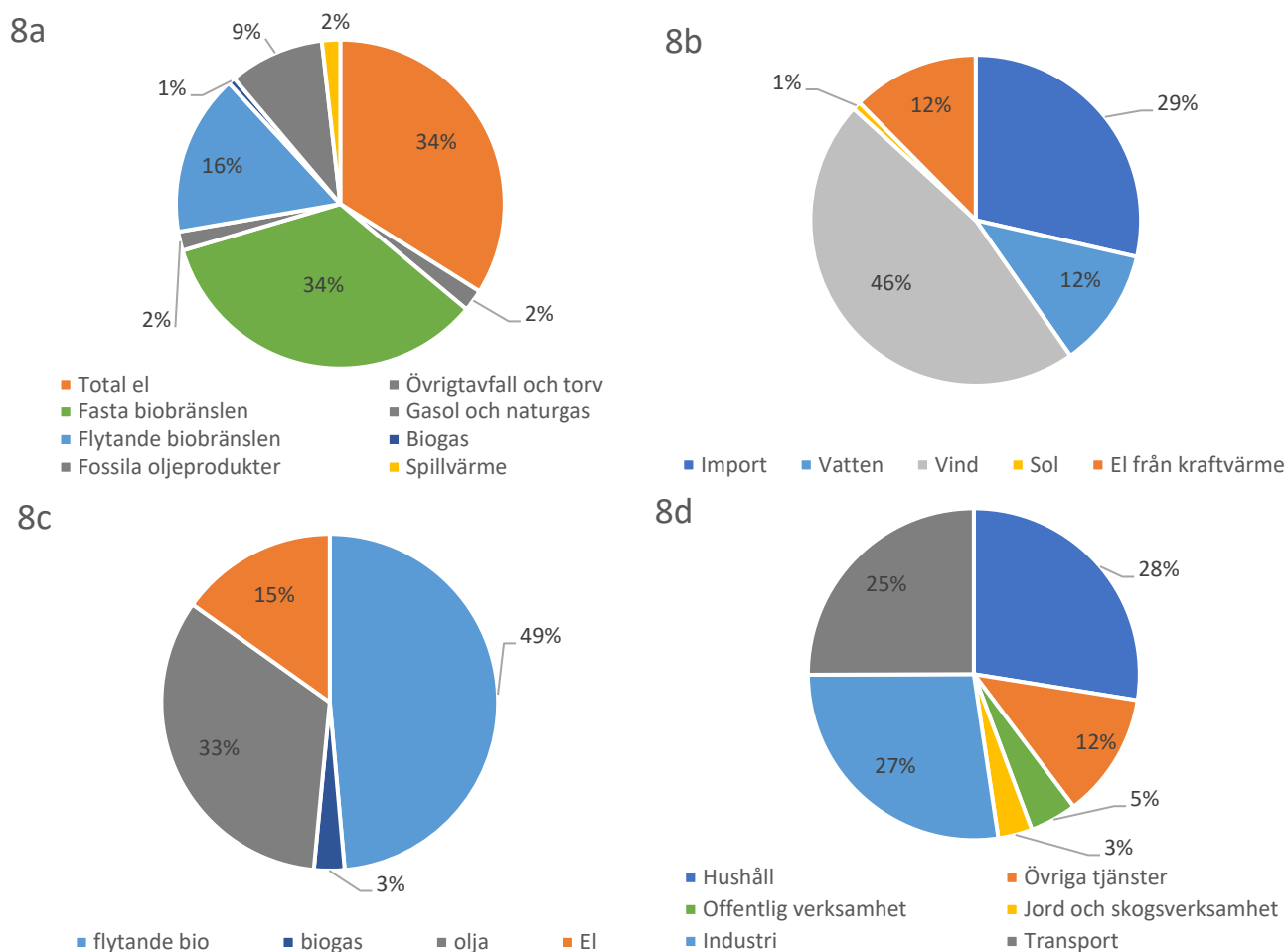
Till år 2030 prognostiseras befolkningen öka från dagens 202 263 till 214 690 invånare vilket kommer påverka till hur energi per capita läget kommer se ut år 2030. [49]

På den tillförda energisidan har de största ändringarna från 2019 varit hos energislagen flytande biodrivmedel samt de sjunkande fossila bränslena (se figur 8a). Andelen flytande biodrivmedel ökar från 444 GWh till det drygt dubbla 907 GWh, vilket motsvarar en andel på 16% av den totala tillförda energin. Efter en förväntande ökning på elanvändningen hos industri och transportsektor så ökar elbehovet och därmed den tillförda elenergin från 2144 GWh till 3247 GWh mellan år 2019 och år 2030, där den totala tillförda elenergin står för 34% av den totala tillförda energin i länet. På grund av en kraftig ökning av vindkraft år 2030 så ökar den totala produktionen av elenergi med en faktor på drygt 45ggr. År 2030 står fasta biobränslen för ungefär lika mycket energi 34% som den tillförda elenergin på drygt 1966 GWh. På grund av elektrifieringen till 2030 sker en förväntad minskning av fossila oljeprodukter i transportsektorn, där den tillförda energin sjunker från 1469 GWh till 536 GWh. Detta medför till en lägre andel tillförda fossila oljeprodukter för 2030 där de totalt sett står för 9% av den totala tillförda energin, detta motsvarar en sänkning med 274% sedan år 2019.

Andelen elenergi i den totala användningen ökar som energikälla och en mindre andel el behöver numera importeras utan produceras från länets vindkraft (se figur 8b). Vindkraften kan således nu producera 46% av länets totala elenergibehov, ca 1000 GWh, medan importen nu sjunker till 29% av elbehovet, ca 633 GWh. Vattenkraften antas befinna sig på konstant nivå utan varken utbyggnad eller deontering och står således fortfarande för ca 12% av elenergikonsumtionen. Likadant anses värmebehovet ligga relativt konstant och därav följer också att elen från kraftvärme förblir relativt konstant även år 2030.

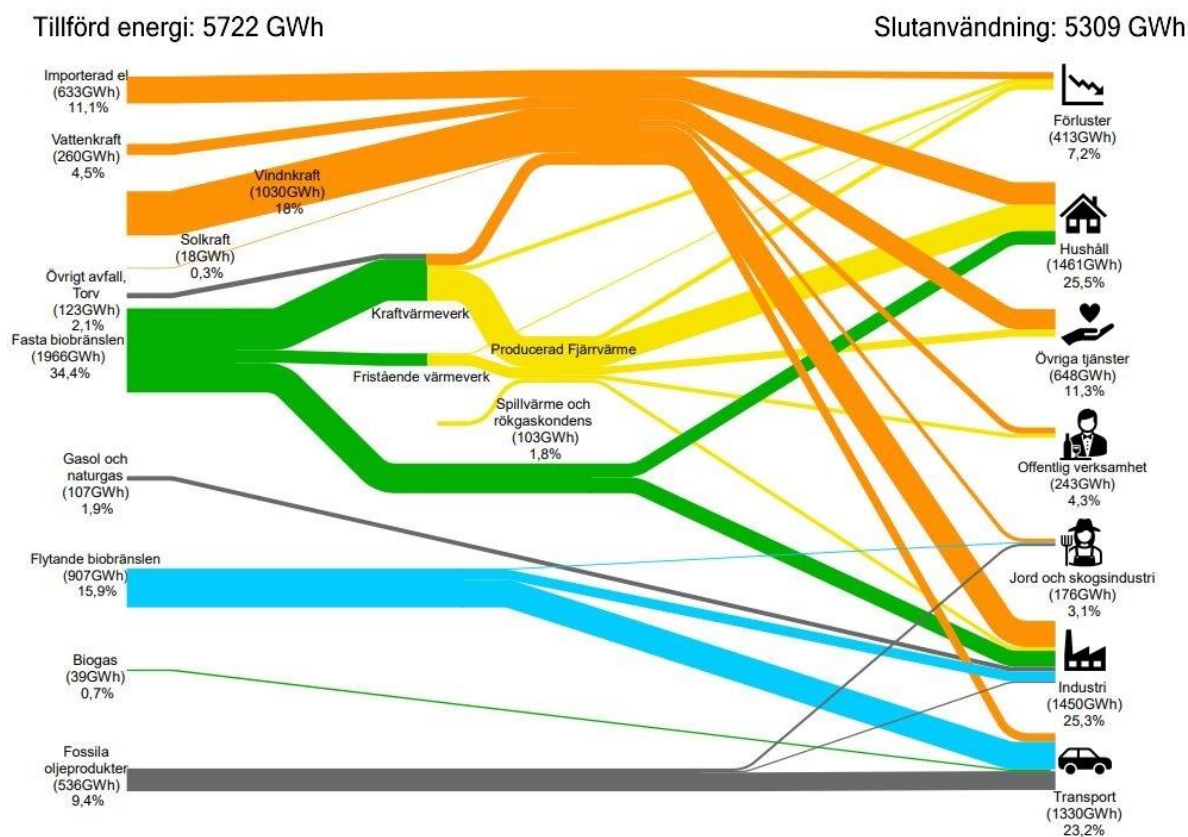
I transportsektorn kommer andelen förnybara drivmedel att öka till scenariot 2030 (se figur 8c). Andelen förnybart antas att öka från 21,5% år 2019 till 67% i scenariot år 2030. Den största ökningen bland det förnybara sker hos flytande biobränslen som ökar från 320 till 646 GWh. I detta scenario sker en elektrifiering i transportsektorn som medför till en ökning av mängden elenergi från knappt 5 till 202 GWh. Således står elenergin för 15% av transportflottans energi i scenariot och användningen av flytande biodrivmedel till nästan 50% av energianvändningen. Eftersom andelen förnybart ökar kommer de fossila oljeprodukterna att sjunka hos drivmedlen till scenariot 2030, andelen fossilt står för ca 33% för scenariot till skillnad från år 2019 där oljeprodukterna stod för 79% av det totala behovet av drivmedel. Biogasproduktionen antas vara konstant sedan år 2019 på 39 GWh.

I scenariot elektrifiering minskar den totala slutanvändningen i länet från 5 715 till 5 309 GWh år 2030 jämfört med 2019 års energianvändning, med utbyggnationen av vindkraftverk (se figur 8d). Sänkningen består delvis av energieffektiviseringen som sker bland annat från teknikskiften så som övergången från förbränning till elektriska motorer. Av sektorerna så antas alla minska i energianvändning förutom industrin. Industrin, enligt scenariot, kommer öka i energianvändning från 1371 till 1450 GWh där framför allt det är flytande biodrivmedel som ökar medan gasol, olja och el sjunker förväntas sjunka i användande. Jord och skogsindustrin antas få en liten sänkning av energianvändning från 185 till 176 GWh där en ökad elektrifiering sker och en högre inblandning av flytande biodrivmedel. Transportsektorn antas att sjunka i energianvändning från 1693 till 1330 GWh, trots att de flytande biodrivmedlen kommer att nästan fördubblas.



Figur 8: Cirkeldiagram för a: Tillförd energi, b: Eldistribution, c: fördelningen av transportmedel och d: Slutlig användning i Kronobergs län 2030

Energiflödet för scenariot 2030 (se figur 9) visar en ökande elektrifiering av transportsektorn från nulägesanalysen år 2019, och en ökande användning av flytande biodrivmedel. Det flytande biodrivmedlet är i sin tur dominerat av drivmedlet HVO med en andel på 73,5%. Elektrifieringen av transportsektorn består framför allt av personbilar i form av elbilar (BEV) eller bränsleceller (vätgas) men även järnvägstrafik. På den tillförda sidan så sker en omställning där vindkraften kraftigt ökar och ersätter den totalt sätt importerade elen med 945 GWh eller knappt 60%. Fler siffror för andel drivmedel finns i Bilaga 5, tabell 4.



Figur 9: Energibalans för scenario kostnadseffektiv vindkraft i Kronobergs län år 2030, slutanvändning är exklusive förluster.

5.2.2 Scenario elektrifiering – år 2050

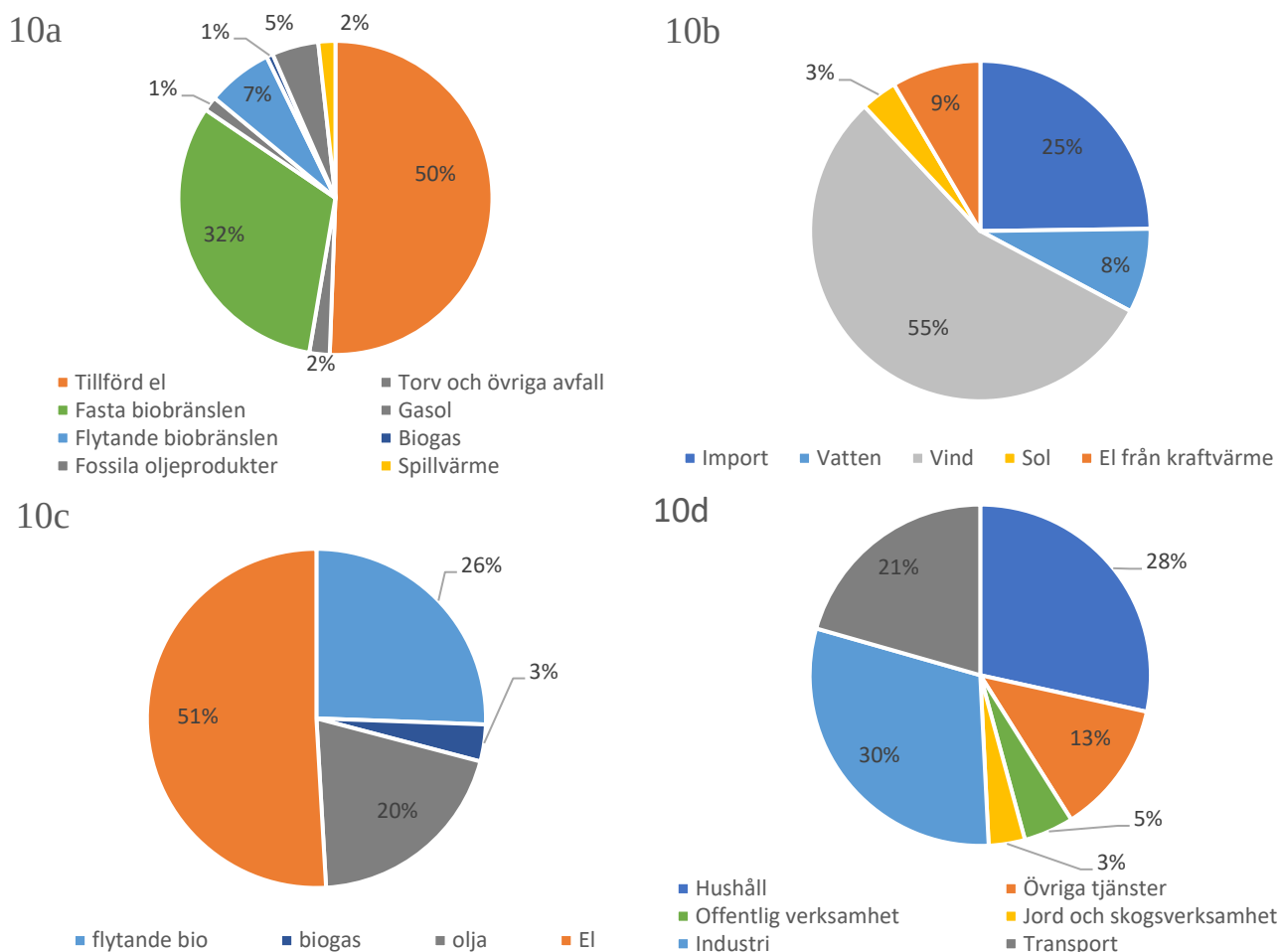
Till scenariot 2050 antas en betydligt högre grad elektrifiering, som kommer att öka slutanvändningen av elektricitet som i sin tur ökar andelen tillförd energi i form av el från 30% år 2019 till 34% år 2030 sedan till drygt 50% år 2050 (se figur 10a). Fasta biobränslen antas vara relativt konstant sedan tidigare år där inga större förändringar skett i energiflödet. Flytande biobränslen kommer att sjunka i scenariot från året 2030 till 2050 från 34% till 7% av den totalt tillförda energin på grund av den ökade användningen av elektriska fordon som förväntas konkurrera ut användningen av flytande biobränslen.

Elanvändningen i scenariot 2050 antas öka men där importen av el sjunkit i andel då en högre andel vind och sol kommer sänka importen från 29% 2030 till 25% år 2050 (se figur 10b). Solkraften antas öka med 2% mellan 2030 och 2050 från 1% av det totala elenergiebehovet till 3%. Vindkraften förväntas även att öka med ytterligare i andel från 2030 till 2050 från 46% till 55%, vilket skulle motsvara drygt 80 vindkraftverk på 6 MW installerad effekt. I övrigt antas vattenkraften och elen från kraftvärmeproduktionen att vara konstant.

På drivmedelsidan kommer en stor övergång av fordon att konvertera från biobränslen och fossila drivmedel till elektricitet av både fordon som drivs av bränsleceller och el (se figur 10c). I scenariot 2050 antas en andel på 20% fortfarande driva på fossila drivmedel medan flytande biodrivmedel kommer sjunka från 2030 till 2050 och kommer svara för 26% av drivmedelsanvändningen. År 2050 kommer ca 51% av drivmedlet 2050 att vara från elektricitet.

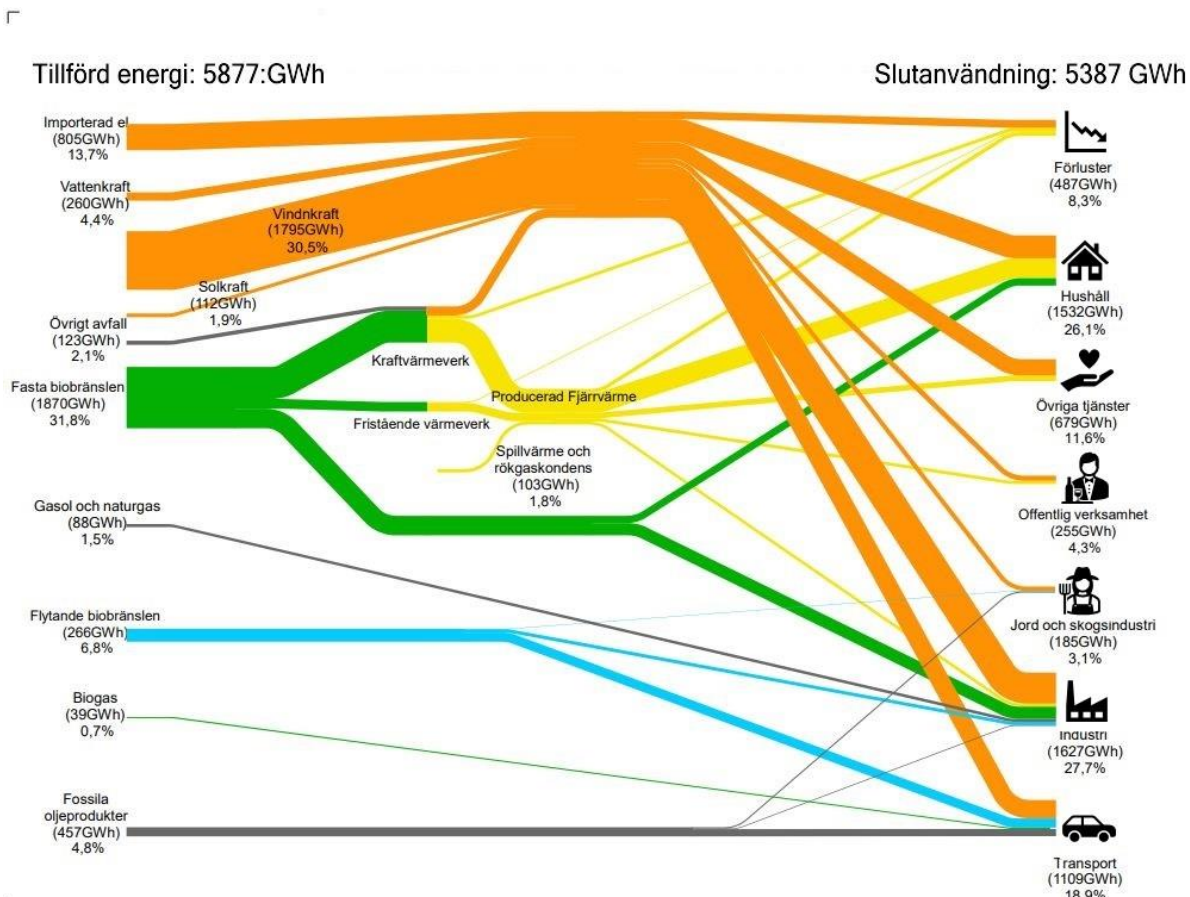
Slutanvändningen vid scenario 2050 kommer vara relativt likt scenariot för 2030 (se figur 10d). Skillnaderna finns bland annat vid industrin som antas använda och stå för mer av den slutliga energianvändningen samt i transportsektorn där en total minskning av energianvändning förväntas på

grund av effektivare fordon. Sammanfattningsvis för den totala energianvändningen förväntas i industrin en ökning från 27% år 2030 till 30% år 2050 och i transportsektorn sjunker andelen från 25% till 21%.



Figur 10: Cirkeldiagram för a: Tillförd energi, b: Eldistribution, c: fördelningen av transportmedel och d: Slutlig användning i Kronobergs län 2050, scenario kostnadseffektiv vindkraft.

Till skillnad från scenariot för år 2030 så har en högre andel el ökat i både transportsektorn och industrin (se figur 11, sankeydiagram). Ett sänkt energiflöde kan även ses i det blåa flödet där en viss sänkning av flytande biodrivmedel i och med att elfordon blir mer populära. En ökning hos vindkraften förväntas där ytterligare 782 GWh genereras jämfört mot scenariot för 2030. Solkraften antas även att öka från att stå för drygt 0,3% av den totala tillförda energin för 2030 till 1,9% för 2050 där en ökning förväntas på drygt 94 GWh. För slutanvändningen så förväntas en sänkning av fast biomassa hos hushåll där pellets användningen förväntas att sjunka en del och ersättas med antingen fjärrvärme, värmepump eller andra konkurrerande medel.



Figur 11: Energibalans för scenario kostnadseffektiv vindkraft i Kronobergs län år 2050 utan ytterligare åtgärder, slutanvändning är exklusive förluster.

5.4 Ytterligare åtgärder för Plusenergilän år 2050

Här presenteras resultatet för ytterligare åtgärder till att uppnå plusenergilän i Kronoberg. Dessa är baserade på ytterligare behov som kunde identifieras utefter energibalansen år 2050 baserad på ett nationellt elektrifieringsscenario.

5.4.1 Potential för BECC i länet

Potentialen för att använda Bio Energy Carbon Capture and Storage anses vara som störst på det större kombinerade fjärr- och kraftvärme anläggningen i länet, det vill säga anläggningen i Växjö, Sandviksverket. Enligt naturvårdsverket sammanfattning av koldioxidutsläpp från olika anläggningar i Sverige gavs att 286 137 ton koldioxid släpps ut i rökgaser år 2020 [50]. Av detta kan således 90 % i teorin bindas upp, vilket ger ett beräknat värde på 257 523 ton koldioxid till förvaring. Med ett uppskattat värde på att 1020 MJ_e(elektrisk energi) kommer behövas för uppbinding av ett ton koldioxid, ges ett totalt elenergiebehov för BECC-processen i Kronobergs län till 73 GWh.

5.4.2 Egen biobränsleproduktion

Resultatet gav att totalt behövs 681 GWh flytande bränslen (se figur 11). Detta i energi motsvarar ett behov av förädlad pyrolysolja om 54 483 ton per år som ska skapas från 147 252 ton flis med ett motsvarande energivärde på 818 GWh. Restprodukter i form av gas blir från detta 33 868 ton med ett totalt energivärde om 42 GWh. Utifrån detta bildas 58 901 ton övriga restprodukter vars energiinnehåll antas återföras till processen. Värdena finns sammanfattade i tabell 6.

Tabell 6 - Sammanfattning av energi och massbalans/behov för biomassa till förädlad pyrolysolja

Kategori	Värde	Enhet
Totalbehov flytandebränslen	681	GWh
Behov förädlad pyrolysolja	54 483	Ton
Behov biomassa (flis)	147 252	Ton
Energiinnehåll biomassa	818	GWh
Skapad biprodukt, gas	33 868	Ton
Energiinnehåll gas	42	GWh
Skapad biprodukt, övrigt	58 901	Ton

5.4.3 Mer Vindkraft

Med hjälp av EnergyPLAN fastställdes att det totalt krävs 742 MW installerad effekt från vindkraftverk som tillsammans genererar 2,78 TWh el. Detta är med utgångspunkt från ett normalår av vind samt framtida effektiviseringar och storlekar på vindkraftverken. Siffran togs fram så att import och export av el ska vara i balans, och det årliga behovet för detta simulerades med ovanstående värden till 770 GWh export respektive import vid behov. Resultatet och inputvärden av simuleringen redovisas även i bilaga 3.

För att täcka behovet på 742 MW vindkraftverk presenteras i tabell 7, exempel på hur många som behövs av varje storleksordning.

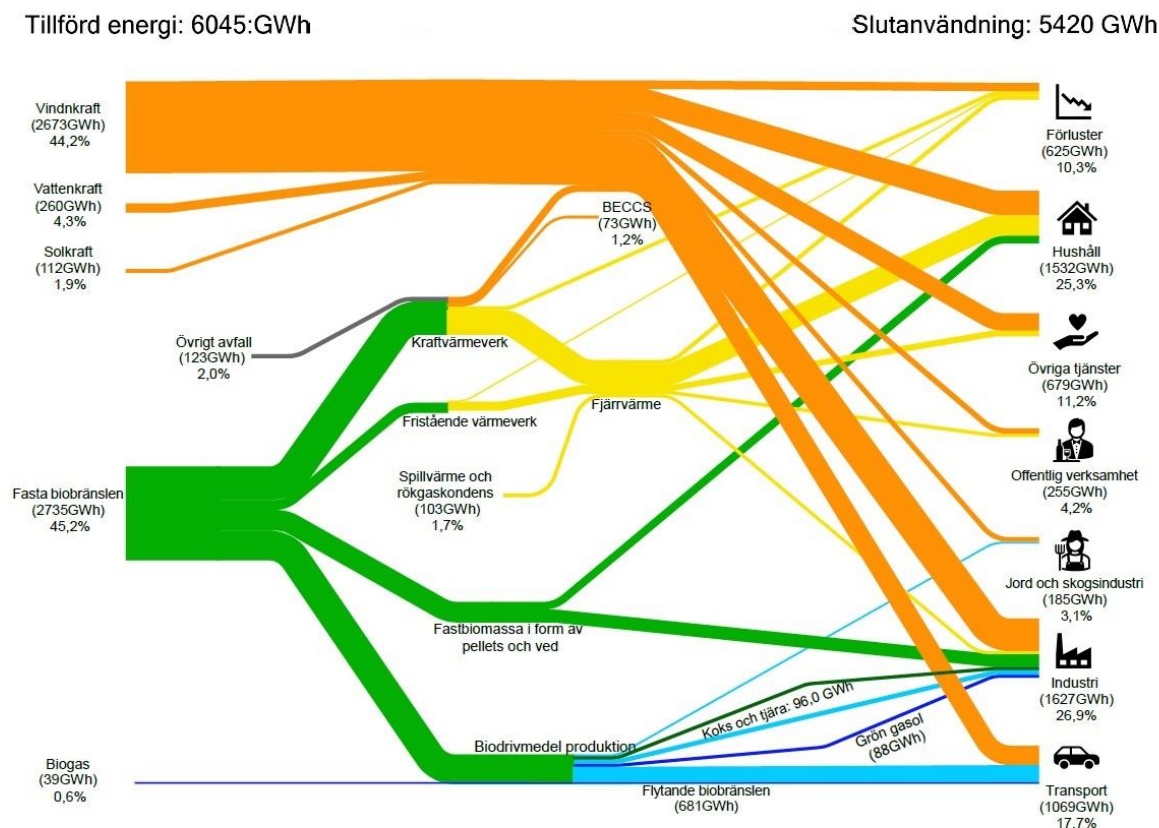
Tabell 7 - Antalet vindkraft som skulle krävas utefter dess storlek (vingspann) samt kapacitet och årsproducerad el.

Vingspann [m]	Kapacitet [MW]	Årsproduktion [GWh]	Antal för 2,78 TWh
95 (dagens vindkraft)	2	5,2	506
140	4	12,85	217
210	6	22,5	124
Större än 210	12	45	62

5.5 Uppnådd Plusenergi

I figur 12 visas slutresultatet på hur scenariot för hur Plusenergi i Kronoberg kan se ut år 2050 från de ytterligare åtgärder som har presenterats. Utifrån figur 12 med de ytterligare åtgärder som vidtagits består nu den tillförda energin i länet från hälften el och hälften fasta biobränslen. Vindkraften ersätter helt den importerade delen som fanns kvar utan extra åtgärder år 2050 och uppgår till 2,67 TWh av det nu totala elenergibehovet på 3,08 TWh. En liten minskning i eltillförseln från kraftvärmens uppkommer på grund av tillämpningen av BECCS som då ytterligare ersätts med vindkraft. Användningen av fasta biobränslen ökar också till totalt 2,73 TWh, där den stora ökningen beror på en stor andel omvandling till flytande biobränslen. Den tillförda energin är således nu helt framställd inom det egna länets gränser. I Bilaga 1 redovisas även alla värden för tillförd och slutanvändning av

energi för alla åren fram till Plusenergi år 2050. Slutanvändningen i övrigt är oförändrad från utvecklingen till år 2050.



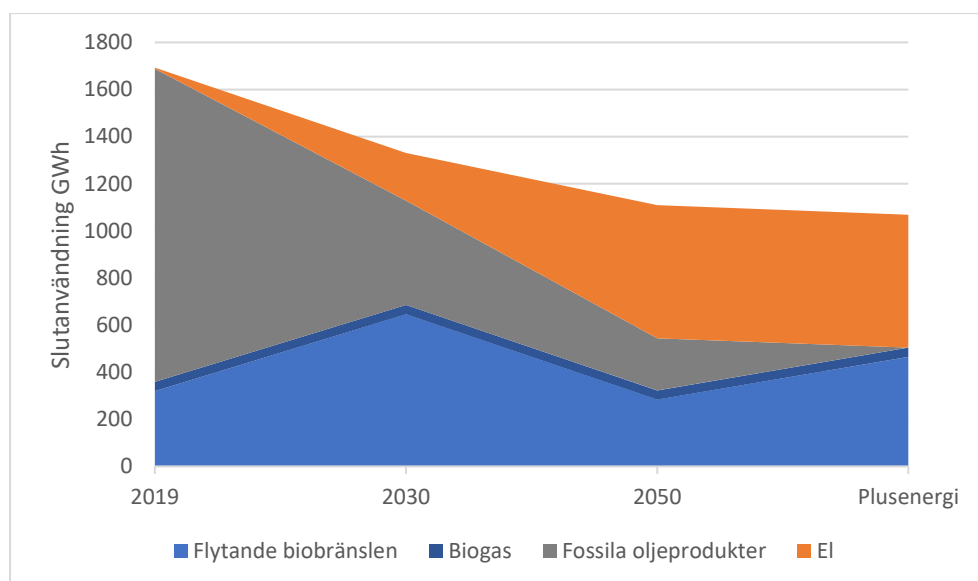
Figur 12: Energibalans för scenario kostnadseffektiv vindkraft i Kronobergs län år 2050 med ytterligare åtgärderna BECC, biobränsle produktion och mer vindkraft, slutanvändning är exklusive förluster.

5.6 Analys från år 2019 till Plusenergi 2050

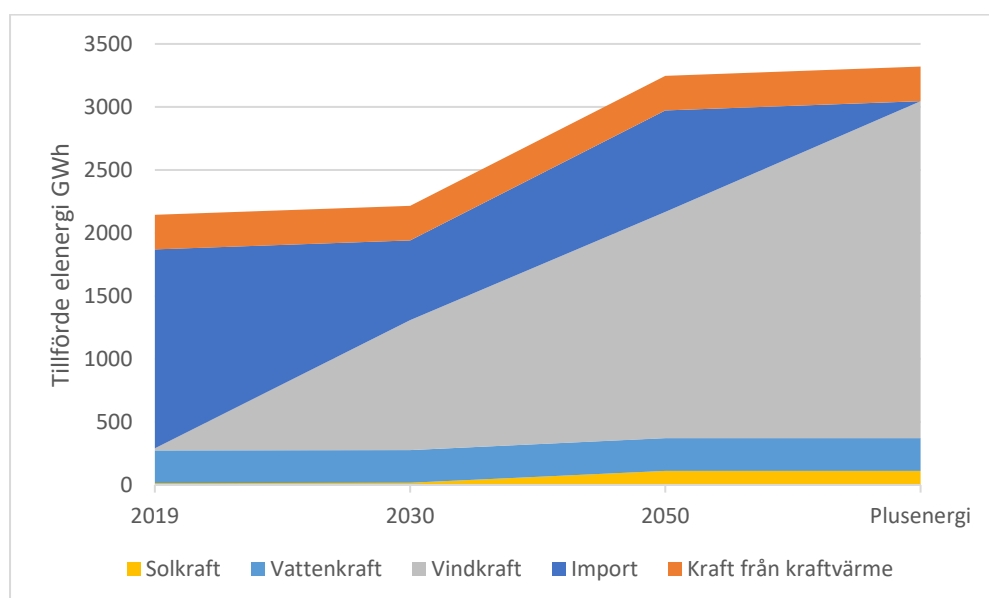
I figur 13 och 14 visas utvecklingen från referensåret 2019 i Kronoberg till Plusenergiscenariot år 2050. Detta med avseende på slutanvändning av transportbränslen respektive tillförsel av elektrisk energi. Dessa parametrar har som nämnts identifierats som de som måste förändras för att bli självförsörjande och klimat neutralt.

I figur 13 åskådliggörs hur den idag stora användningen av fossila bränslen enligt de nationella prognoserna förväntas minska till år 2050 till en fjärdedel av sitt ursprung samt hur det i Plusenergiscenariot helt kommer ersättas med ungefärliga lika delar elenergi respektive flytande biobränslen från Kronobergs egna produktion. Detta samtidigt som också den totala användningen minskar med ca 35 %.

I figur 14 framställs den totala elenergi tillförseln, och här kan ses hur främst den importerade elektriska energin minskar och helt ersätts med framförallt vindkraft men också en mindre andel solkraft fram till år 2050 respektive Plusenergiscenariot. De förnybara energikällor som redan fanns installerade år 2019, vattenkraft och kraftvärme, förblir konstanta med dess bidrag. Den totala tillförda energin ökar dock i denna kategori med ca 40 %.



Figur 13: Energidiagram för drivmedelsutvecklingen enligt nutidsanalys, elektrifieringsscenarion och ytterligare åtgärder.



Figur 14: Energidiagram för utvecklingen av tillförd elenergi i Kronoberg enligt nutidsanalys, elektrifieringsscenarion och ytterligare åtgärder.

6. Diskussion

6.1 Nutidsanalys år 2019

Utifrån energibalansen gjord för år 2019 kan det med enkelhet ses att stora förändringar behöver göras. Medans behovet av värmeenergi till stort sett är försörjt på vad som i dagens läge räknas som förnybar energi (fasta biobränslen), ligger transportsektorn till stora delar efter de framtida klimatneutrala målen för Plusenergi, samtidigt som även en klar majoritet av den använda elenergin också importeras till länet (se figur 7 och 8). Detta innebär att en tillförd energi om totalt 1578 GWh från importerad el samt 1579 GWh fossila bränslen från oljeprodukter, gasol och naturgas till år 2050 behöver bytas ut och ersättas med andra energimedel, samtidigt som efterfrågan för dessa energimedel också förväntas öka med ökad population. För detta ändamål valdes således ett elektrifieringsscenario på nationell nivå med framförallt vindkraft som framtida energikälla vad gäller elförsörjning. Detta motiverades av de energiresurser som finns till hands i länet, där vattenkraft också var en möjlighet som undersöktes. Scenario med utvecklad vindkraft motiverades också av den vindkraft som nu byggs och satsas i Kronobergs län av flera olika aktörer, vilket då kommer leda till att mycket av elenergibehovet redan kommer vara försörjt av planerad påbyggnad till året 2030. Scenario elektrifiering sätter dock mera krav på elproduktion än vad behovet ser ut år 2019 i förhållande på exempelvis ett per capita perspektiv samt flera antaganden om att olika former av elfordon till stor grad kommer ta över transportsektorns fordonsbehov och därav bränsle.

6.2 Framtida energisystem – år 2030

I elektrifierings-scenariot sker till år 2030, som kan ses i figur 9 och 10, stora förändringar inom energibehovet och dess energiursprung inom transport och elenergi. Värmeproduktionen i det här scenariot antas vara konstant och som motiveras med ett varmare klimat som till viss del kan antas motverkas av en ökat antal invånare i länet.

Den projekterade vindkraften har nu tagits med och står för en majoritet av den elenergi som behövs år 2030. Ökningen av flytande biobränslen beror på flera antaganden i scenariot där bland annat inblandning av biobränslen och en högre användning av HVO (biodiesel) tas i bruk (se bilaga 2, tabell 5), och sker på grund av nationella och europeiska styrmedel. Detta kommer dock sätta betydligt högre krav på varifrån de flytande biobränslena kommer ifrån, vilket för slutmålet Plusenergi till år 2050, kommer att behöva lösas för att bli självförsörjande år 2050.

Fortfarande kvarstår också importerad el och fossila bränslen som en större andel på ca en femtedel av den tillförda energin. Dessa kommer ytterligare att behöva ersättas av andra energikällor till året 2050, där en fortsatt användning av flytande biobränslen samt vindkraft och ytterligare elektrifiering av fordon, i det här skedet anses vara den rimligaste vägen att gå. Detta utifrån antaganden inom trender i transportsektorn för elfordon samt lovande ny teknik för biobränslen. Det anses dock inte för år 2030 behöva göras ytterligare åtgärder i det här skedet för att nå Plusenergi, utöver de förändringar som sker nationellt utefter det fastställda elektrifierings-scenariot.

Enligt de nationella miljömålen med antagande att invånarantalet år 2030 är 201 469 blir den totala energianvändningen per capita 30,39 MWh vilket för referens året är en sänkning jämfört med året 2005 (se tabell 5), dock inte med 50% och detta miljömålet uppnås därför inte i detta scenariot. För detta kan det argumenteras att, som hur utvecklingen ser ut idag, är det svårt att effektivisera per capita användandet av energi så pass mycket som 50% utan att inskränka för mycket på funktioner och levnadsätt på vad som idag ses som självklarheter. Sett till växthusgasutsläpp minskar användandet av fossila bränslen markant och ersätts av förnybara alternativ som förvisso står för koldioxidutsläpp men inte fossila växthusgaser. Därför sett till minskningar uppnås till år 2030 för detta scenario båda växthusgasmålen vad gäller växthusgasutsläpp från inrikes transporter samt de totala utsläppen i länet med referensår 2010 respektive 1990.

6.3 Framtida energisystem – år 2050

I elektrifieringsscenariot för år 2050 sker en stor omställning av en utökad energianvändning av el, där elbehovet står för 50% av det totala energibehovet (se figur 10). Elsystemet måste på så sätt utvecklas till 2050 eftersom mycket av den tillförda energin kommer från ojämn kraft så som vind och solkraft. Detta betyder även att det kommer krävas en flexibilitet av elnätet med lagringsmöjligheter. Lagring är även en möjlighet att kunna vara självförsörjande med elenergi under hela året i stället för att importera och exportera beroende på vind, sol och temperatur omständigheter. Som tidigare benämnt i rapporten så är värmebehovet konstant genom bägge scenarion på grund av antaganden som varmare klimat och befolkningsökning. I denna rapport så används värdena för värmebehovet från den framtagna energibalansen år 2019. Denna metod kan förbättras genom att ta värmebehovet för ett normalår i stället för de värden som är taget för just det året. Detta kan ta bort eventuellt tillfälligt högt eller lågt energibehov beroende på hur kall eller varm vintern varit.

I transportsektorn sker stora förändringar vid användningen av drivmedel. Vid detta scenario så sker ett stort skifte av drivmedlen, där bland annat fordonen går från förbränningsmotorer till batteri eller bränsleceller. Detta betyder att över hälften av alla fordon inte kommer köra på förbränning, vilket kommer öka effektiviteten betydligt. Till skillnad från nutidsanalysen och scenariot 2030 så står drivmedlet el med en dominerande andel på 51%, medan fossila produkter och flytande biodrivmedlen står för 20% respektive 26%.

Som det kan ses ur resultatet för scenariot 2050 på kapitel 5.2.2 figur 11, så uppnås inte målet om att bli ett Plusenergilän utan ytterligare åtgärder. Det som saknas för att nå Plusenergi är huvudsakligen fyra faktorer:

- Importerad el (805GWh)
- Gasol och naturgas (88GWh)
- Importerade flytandebiogränslen (266GWh)
- Fossila oljeprodukter (457GWh)

För att nå Plusenergi måste dessa faktorer förändras och kräver på så sätt att alla importerade energimängder ska genereras eller produceras i länet. Med detta scenario så krävs en ytterligare elenergikälla på 805 GWh som måste vara förnyelsebar, gasol som används till stålindustrin måste både bli förnyelsebar och produceras i länet, flytande biobränslen måste börja produceras i länet samt att fossila oljeprodukter i transportsektorn måste bytas ut mot förnyelsebara transportdrivmedel.

6.4 Ytterligare åtgärder för Plusenergilän år 2050

Det finns flera sätt att ta sig an de utmaningar som uppstår för att uppnå Plusenergi i Kronoberg till år 2050. I den här rapporten lades fokus på de tillgångar som fanns till hands i Kronobergs län för att uppnå de ställda kraven för självförsörjning och klimatneutralitet. Sett till hur slutanvändningsbehovet och därav behovet av tillförsel för energi ser ut år 2050, ansågs skog och vind vara de energikällor som är mest lovande utifrån miljömässigt perspektiv och tillgång. Andra energikällor som undersöktes anses inte kunna täcka upp det behovet i form av de krav om energikvantitet som kommer ställas år 2050, det vill säga bestående av stora öknings av elanvändning jämfört med idag. De andra energikällorna som undersöktes var främst sol, vatten och utökad kraftvärme. Solkraft anses här vara en för, över hela året, osäker energikälla. Klimatet är här en begränsning i Kronobergs län för solkraften med stora mängder sol under sommarmånaderna och väldigt små mängder under vintern. Detta ledde till att i det här scenariot följes endast de generella trenderna för solkraft i hela landet, där privat användande av solceller på hustak etc. antas stå för en stor del av solenergin i länet.

Utökad kraftvärme med tillagd elproduktion från mindre fjärrvärmeverk eller utbyggnad av dessa, ansågs inte heller kunna ge det behov som kommer ställas på framtiden. Detta eftersom värmebehovet dels inte antas öka och elproduktionen är beroende av värmegenereringen i fjärrvärmenäten, och utan efterfrågan blir det stora förluster att endast driva verken med elproduktion som energimål. På grund av avsaknaden av större vattendrag i länet samt åldern på existerande vattenkraft som innebär att de snart måste renoveras efter nya miljölagar, blev det här utifrån miljömässiga aspekter inte heller aktuellt med utbyggnad av vattenkraft i de vattendrag som existerar då det heller inte ansågs rimligt att på sikt vara självförsörjande på el via vattenkraft. Inga andra större tidigare elproducerande kraftverk så som kärnkraft existerar heller i länet som man kunnat bygga vidare utifrån, och med tanke på eventuella kostnader samt miljömässiga skäl återstod därför vindkraft och bioenergi från skog som de mest rimliga valen att bygga vidare på utifrån energitillgänglighet och enkelhet.

Vindkraften som valdes att ytterligare satsas på i Kronoberg står dock inför liknande problem som solkraften, med en elproduktion beroende på tillgång till vind. Detta leder till att kapaciteten fluktuerar från vindkraften och under vissa tidsintervall under ett år kommer det att genereras för mycket eller för lite elektrisk energi mot vad som efterfrågas. För att lösa detta kan flera scenarion skapas, och det går att argumentera för olika framtida lagringsmedier som batterier eller vätgasdepositioner som ska användas vid underskott och som laddas upp vid överskott, det finns dock ingen riktig utbyggnad av sådana här energilagringar ännu, men är definitivt en möjlig förbättringsåtgärd eller vidareutveckling av rapportens resultat. Lösningen att använda EnergyPLAN för att simulera behovet av utbyggd framtida vindkraft motiverades för att på ett metodiskt sett uppskatta kapacitet och produktionsbehov för att under ett år kunna importera och exportera samma mängd elenergi. Detta ställer dock ytterligare krav på elnätet dels inom länet men även in- och utförsel av el. Simuleringen har också den nackdelen att den är baserad på generella nordiska väderförhållanden, och är således inte helt representativ för de förhållanden som råder i Kronoberg och med mer tillförlitlig data är det möjligt att elenergibehovet ifrån vindkraftverken kan komma att behöva ändras något. Vidare visar dagens utveckling av elbilar att det inom de närmaste åren kommer finnas tillgång till elbilsbatterier med tvåvägsfunktioner, vilket innebär att varje elbil har förmågan att fungera som en egen lagringspunkt av elenergi för platsen den befinner sig på, om det så rör sig om en företagsanläggning eller ett mindre hushåll kommer detta, om det utökas, kunna bidra till att de så kallade energitopparna kan dämpas något och att det över ett år kan leda till ett mindre behov av importerad elenergi och därav minskat behov av antalet vindkraftverk i omsättning.

Vindkraften kommer också i framtiden sannolikt, enligt flera källor, kunna vara färre men större och generera betydligt mer kapacitet och årsproduktion av el än dagens vindkraft. I framtiden kan man således anta att dagens vindkraftverk eller de som byggts till år 2030 kommer att ha nått sin förväntade livslängd till år 2050 och ersättas av större och effektivare vindkraft. Detta betyder att betydligt färre vindkraftverk kommer att behövas att vara i drift än tidigare och därför efter dagens lagföring vara enklare att bygga med mindre yta som behöver tas i anspråk. Tabell 7 under kapitel 5.4.3 visar också siffror på hur en sådan här fördelning kan se ut för att täcka det totala elbehovet år 2050. Utifrån detta görs antaganden på att det kommer krävas mellan 100-200 vindkraftverk i länet för att förse elbehovet i Kronoberg år 2050 med ett plusenergiscenario.

För att täcka bränslebehovet av förbränningsfordon valdes en produktion av pyrolysolja som kan förädlas till biodiesel. Pyrolysoljan valdes för att det kan skapas från biprodukter i skogsindustrin som spån och flis samt att förädlingsprodukten kan ersätta diesel. Detta följer de nationella trender som indikerar på en ökad användning av HVO (se bilaga 2, tabell 5) som är en förnybar diesel till år 2050. Inhemsk produktion av biodiesel från biprodukter inom skogsindustrin skapar ytterligare arbetstillfällen samt att det anses avgörande för att uppnå Plusenergi-målet till år 2050. Vidare kan gasen som skapas i pyrolyprocessen också förädlas och användas till andra ändamål då den till viss

%-halt innehåller energirika gaser som väte, kolmonoxid och metan. Dessa ändamål skulle exempelvis kunna innefatta ersättning för fossil gasol som i små mängder antas finnas kvar i omsättning inom industrin. Stora krav och utmaningar ställs dock för att en sådan produktion ska kunna ta fart. Om det lyckas kommer detta bli en stor och betydande industri i Kronoberg. De största utmaningar som kan identifieras är följande:

- Det kommer krävas stora mängder biomassa från överblivna processer:

Totalt uppgick ett uppskattat behov av biomassa så som flis och spån till 148 tusen ton per år. Detta innebär att skogsindustrin behöver må bra och skapa dessa biprodukter, samt ha en fortsatt hållbar förhållning mellan avverkning och tillväxt. Kvantiteter av biobränslen blir således starkt beroende av hur marknaden för träd- och skogsprodukter ser ut i Kronoberg då detta direkt styr tillgängligheten på råvara för biodiesel. En möjlig lösning för detta är odling av energiskog med syfte att förse efterfrågan, detta kan dock ses som kontroversiellt då mångfald och djurliv i dessa odlingar starkt begränsas.

- Lönsamhet och pris för att kunna skapa en efterfrågan av biodiesel

Det är möjligt att detta hamnar under nationell lagstiftning för styrmedel eller subventioner, men på regional nivå kan det också satsas mer på denna typen av bränslen genom exempelvis att i kommunal verksamhet använda denna form av bränslen i tjänstebilar för att skapa en efterfrågan. Dock med de nationella trender som tas i antagande, med ökat HVO användande kan det också argumenteras för att sådana subventioner kommer vara i bruk och att en efterfrågan för dessa drivmedel redan existerar i sådan skala år 2050, vilket då löser problemen med att driva dessa anläggningar för produktion av biodiesel från pyrolysolja, förutsatt att det går att driva kostnadseffektivt.

Utöver ovanstående identifierade utmaningar finns också förbättringsmöjligheter i metoden för det totala energibehovet för sådan här produktion, som då också kan påverka nämnda utmaningar. I resultatet görs en del förenklingar och avgränsningar av energivägarna för omvandling av biomassa till flytande biobränslen. Energin in i processen består endast av den energi som finns bundet i den fasta biomassan, som har ett uppskattat medelvärde om 20 MJ/kg som per år uppgår i ett totalt energiinnehåll om 818 GWh. Ut ur processen går det skapade biobränslet med energiinnehåll 45 MJ/kg samt totalt energiinnehåll per år, på 681 GWh. Det kommer skapas restprodukter vars energiinnehåll antas kunna återföras den exotermiska processen vid skapandet av pyrolysolja samt förädlingen av denna. Dock krävs det större mängder extern energi i form av elenergi och tillsatt värmeenergi. Detta är något som om mer tid funnits, kunnat utvecklas mer på. Detta leder till en reducerad total energibalans för produktionsprocessen av pyrolysolja. Det ska också nämnas att pyrolysolja som biodiesel och produktion genom pyrolyprocessen, inte är det enda alternativet som skulle kunna användas. Förgasning hade också kunnat vara en metod för att skapa önskvärda biobränslen i diesel och bensinklasser, detta hade vid en mer omfattande undersökning i ämnet för just Kronobergs län också kunnat jämföras med pyrolyprocessen för att få en insikt över vilken metod som är bäst lämpad för regionen.

“Bioenergy carbon capture and storage”, BECCS, implementeras med motivering att ytterligare kunna binda upp en större mängd koldioxid som annars släpps ut i atmosfären. Planer och undersökningar görs redan för detta ändamålet och grova beräkningar på vad det skulle kosta i energiväg gjordes därför. Utefter detta kunde ca 250 tusen ton koldioxid bindas upp till en kostnad av 73 GWh elektrisk energi per år, där restvärme i processen antogs kunna återanvändas och värmeenergi som går åt i processen därmed försummas. 73 GWh av den totala årsproduktionen på ca 3000 GWh elenergi, får ses i relation som en liten investering för att kunna binda upp en stor mängd koldioxid, och så länge en hållbar inställning till skogsbruk fortsätter, med en större eller lika stor tillväxt som avverkning, kommer Kronoberg kunna binda upp mer koldioxid än vad som släpps ut i atmosfären.

Detta under förutsättningar att den inhemska användningen av flytande biobränslen också är producerad av råvaror från den egna regionen.

Det ska även för denna teknik poängteras att det är teoretiskt uträknade värden tagna från källor där egna antaganden gjorts samt testats i mindre prototyper. I dessa fall har det också klargjorts att processen och hur mycket energi som behövs samt kan tas tillvara på beror mycket på det individuella kraftverket som BECCS appliceras på. De egna utredningarna på Sandviksverket om BECCS kan därför med stor sannolikhet komma fram till andra siffror, men de uppskattade värdena redovisade i den här rapporten ger ändå en god indikation för framtida bindning av koldioxid och dess energikostnader.

7. Slutsats

Utifrån hur energibalansen ser ut år 2019, är det en lång väg för Kronobergs län att uppnå de fastställda målen till Plusenergi, där energi inom transportsektorn och den totala tillförseln av el som är de stora parametrarna som behöver förändras i grunden, där stora andelar är fossila bränslen samt importerad el från övriga Sverige. Utifrån dessa antaganden kunde med hjälp av trender i energisektorerna samt nationella scenarion påvisa en markant förändring av användningen av energi och dess ursprung fram till år 2050. Import av el och en mindre andel fossila bränslen låg fortfarande i denna utvecklingsbild kvar i omlopp och de ytterligare åtgärderna, mer vindkraft, egen flytande biobränsle produktion samt BECC, föreslogs som åtgärder och applicerades i Plusenergiscenariot för att helt bli självförsörjande samt klimatneutralt.

Vidare utvecklingspotential utifrån den här rapporten, är fler jämförelser av vilken metod för produktion av flytande biobränslen, som kan vara bäst lämpad för regionen utifrån tillgänglig biomassa. Dessutom kan det, precis som gjorts för de nationella framtidsprognoserna, vara intressant att ta till alternativa tillvägagångssätt för att uppnå Plusenergi, exempelvis en utvärdering av solkraft med större lagringsmöjligheter av elektrisk energi, och jämföra dessa scenarion för- och nackdelar ur exempelvis socioekonomiska och miljömässiga perspektiv.

Referenser

- [1] Interreg Europe, "Interregeurope.eu," [Online]. Available: <https://www.interregeurope.eu/potent/>. [Använd 24 Mars 2020].
- [2] P. Boberg, "sverigesmiljomal.se," 30 Mars 2021. [Online]. Available: <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2030/>. [Använd 31 Mars 2021].
- [3] Energimyndigheten, "energimyndigheten.se," 18 December 2018. [Online]. [Använd 31 Mars 2021].
- [4] Naturvårdsverket, "naturvardsverket.se," 15 December 2020. [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/klimatutslapp>. [Använd 31 Mars 2021].
- [5] P. Ståhl och G. Gustavsson, *POTenT - Början på en Roadmap*, Växjö: Energikontor Sydost, 2020.
- [6] Nationalencyklopedin, "ne.se," 2020. [Online]. Available: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kronobergs-l%C3%A4n>. [Använd 23 Mars 2021].
- [7] A. Thore och M. Jansson, "Energibalans Kronoberg 2018," WSP Environmental, Kalmar, 2019.
- [8] H. Rehn, "Kommunal och regional energistatistik 2019 - Användarhandledning," Statistiska Centralbyrån, 2021.
- [9] Energimyndigheten, "Energisystemet i samhället," 07 09 2020. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/omraden-for-forskning/energisystemet-och-samhallet/>. [Använd 25 05 2021].
- [10] Statens energimyndighet, "Scenarier över Sveriges energisystem 2020," Arkitektkopia AB, Bromma, 2021.
- [11] Power Circle AB, "elbilsstatistik.se," 2021. [Online]. Available: <https://www.elbilsstatistik.se/elbilsstatistik>. [Använd 29 April 2021].
- [12] Volvo Car Group, "volvocars.com," 2 Mars 2021. [Online]. Available: <https://www.media.volvocars.com/se/sv-se/media/pressreleases/277409/volvo-cars-ska-vara-helt-elektriskt-senast-2030>. [Använd 29 April 2021].
- [13] Mercedes-Benz Sverige AB, "nyheter.mercedes-benz.se," 16 December 2020. [Online]. Available: <https://nyheter.mercedes-benz.se/2020/12/16/lastbilsjattar-och-branslebolag-i-samarbete-ska-skapa-mass-marknad-for-vate-som-lastbilsdrivmedel/>. [Använd 29 April 2021].
- [14] Energimyndigheten, "100 % förnybar el, Delrapport 2 - Scenarier, vägval och utmaningar," Arkitektkopia AB, Bromma, 2019.
- [15] Region Kronoberg, "regionkronoberg.se," 9 November 2020. [Online]. Available: <https://www.regionkronoberg.se/naringsliv-innovation-och-forskning/skog-och-tra/>. [Använd 31 Mars 2021].
- [16] M. Ringman, "slu.se," [Online]. Available: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog95/4s95-05.pdf>. [Använd 5 Maj 2021].
- [17] J. Fransson, A. Olsson och T. Witten, "Träets struktur, egenskaper och identifiering," Växjö University, Växjö, 2006.
- [18] Energikontor Sydost, *202011 Vindkraft Kronoberg*, Växjö, 2020.
- [19] Energikontor sydost, "Vindkrafts potential Kronoberg," 2015. [Online]. Available: <http://energikontorsydost.se/vindkraft>. [Använd 31 03 2021].
- [20] Energimyndigheten, "Energimyndighetens statistikdatabas Nätanslutna solcellsanläggningar," 01 01 2020. [Online]. Available:

- <https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/N%c3%a4tanslutna%20solcellsanl%c3%a4ggningar/>. [Använd 31 03 2021].
- [21] Energimyndigheten, "Energimyndigheten om solenergin och dess potential," 15 09 2015. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller/>. [Använd 05 04 2021].
- [22] Energikontor Sydost, "Solenergipotentialen i Kronoberg," 01 01 2018. [Online]. Available: <http://energikontorsydost.se/solenergi/>. [Använd 05 04 2021].
- [23] Wikipedia, "Area för Kronobergs län," 27 10 2020. [Online]. Available: https://sv.wikipedia.org/wiki/Kronobergs_l%C3%A4n. [Använd 05 04 2021].
- [24] Vattenkraft.info, "Total effekt från vattenkraften i Kronoberg," 16 12 2020. [Online]. Available: <https://vattenkraft.info/?what=Kronobergs+l%C3%A4n&where=lan>. [Använd 07 04 2021].
- [25] Havs och vattenmyndigheten, "Nationell plan för moderna miljövillkor för vattenkraften," 01 04 2021. [Online]. Available: <https://www.havochvatten.se/vattenkraft-och-arbete-i-vatten/vattenkraftverk-och-dammar/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft.html>. [Använd 10 05 2021].
- [26] K. Gustafsson, R. Sadegh-Vaziri, S. Grönkvist, F. Levihn och C. Sundberg, "BECCS with combined heat and power: Assessing the energy penalty," Elsevier, Stockholm, 2020.
- [27] Växjö Energi AB, "veab.se," 9 Mars 2021. [Online]. Available: <https://www.veab.se/om-oss/press/pressmeddelanden/2021/v%C3%A4xj%C3%B6-energi-vill-f%C3%A5nga-in-koldioxid-f%C3%B6r-att-hj%C3%A4lpa-klimatet/>. [Använd 5 Maj 2021].
- [28] Setra Group, "setragroup.com," Pyrocell, [Online]. Available: <https://www.setragroup.com/sv/pyrocell/pyrolysanlaggningen-pa-kastet2/>. [Använd 6 Maj 2021].
- [29] Z. Qiab, C. Jiea, W. Tiejuna och X. Yinga, "Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research," *Energy Conversion and Management*, vol. 48, nr 1, pp. 87-92, 2007 .
- [30] Elliot och D. C, "Transportation fuels from Biomass via Fast Pyrolysis and Hydroprocessing," i *Advances in Bioenergy - The Sustainability Challenge*, John Wiley & Sons, Incorporated, 2016.
- [31] A. Bakhtyari och M. Rahimpour, "Light olefins/bio-gasoline production from biomass," i *Bioenergy Systems for the Future*, Woodhead Publishing, 2017, pp. 601-610.
- [32] M. M. Ambursa och J. C. Juan, "A review on catalytic hydrodeoxygenation of lignin to transportation fuels by using nickel-based catalysts," 22 April 2020. [Online]. [Använd 24 Februari 2021].
- [33] M. Child, A. Nordling och C. Breyer, "Scenarios for a sustainable energy system in the Åland Islands in 2030," Elsevier, Åbo, 2016.
- [34] T. Cerovac, B. Cosic, T. Puksec och N. Duic, "Wind energy integration into future energy systems based on conventional plants - The case study of Croatia," Elsevier, Zagreb, 2014.
- [35] Sustainable Energy Planning Research Group, "energyplan.eu," [Online]. Available: <https://www.energyplan.eu/>. [Använd 30 Mars 2020].
- [36] H. Lund och J. Z. Thellufsen, "energyplan.eu," September 2020. [Online]. Available: <http://www.energyplan.eu>. [Använd 29 Mars 2021].
- [37] Wikipedia, "Sankey diagram och dess användning," 12 04 2021. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey_diagram. [Använd 13 05 2021].
- [38] Statistiska Centralbyrån, "scb.se," [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/>. [Använd 22 Mars 2021].
- [39] Windon, "Solenergi och solinstrålning," 01 01 2015. [Online]. Available: <http://www.windon.se/solinstralning.htm>. [Använd 08 04 2021].
- [40] SMHI, "Normal solskenstid för ett år," 20 03 2017. [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/stralning/normal-solskenstid-for-ett-ar-1.3052>. [Använd 08 04 2021].

- [41] Vattenfall, "Kommer elen räcka till elbilar?," 22 11 2019. [Online]. Available: <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/racker-elen-till-elbilarna/>. [Använd 08 04 2021].
- [42] Elbilstatistik , "Statistik på Laddbara fordon i Sverige," 01 01 2021. [Online]. Available: <https://www.elbilsstatistik.se/elbilsstatistik>. [Använd 08 04 2021].
- [43] T. Harkin, A. Hoadley och B. Hooper, "Using multi-objective optimisation in the design of CO2 capture systems for retrofit to coal power stations," Elsevier, Melbourne, 2012.
- [44] Växjö Energi AB, "veab.se," [Online]. Available: <https://www.veab.se/om-oss/anlaggningar/>. [Använd 12 Maj 2021].
- [45] TNO, "phyllis.nl," [Online]. Available: <https://phyllis.nl/Biomass/View/3160>. [Använd 17 Maj 2021].
- [46] M. Zahedi Nezhada, R. S och M. Eikanic, "Autothermal reforming of methane to synthesis gas: Modeling and simulation," i *International Journal of Hydrogen Energy*, Teheran, Elsevier, 2009, pp. 1292-1300.
- [47] A. Sager, "Nulägesbeskrivning av energitillförseln/-användningen år 2005, Kronobergs län," Energikontor Sydost AB, Växjö, 2008.
- [48] Naturvårdsverket, "utslappsisiffror.naturvardsverket.se," [Online]. Available: <https://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/alla-utslapp-till-luft/>. [Använd 19 Maj 2021].
- [49] M. Hedlund, "Befolkningsutvecklingen i Kronobergs län 2019 och befolkningsprognos för år 2020-2034," Region Kronoberg, Växjö, 2020.
- [50] Naturvårdsverket, "naturvardsverket.se," 2020. [Online]. Available: <https://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/Sok/Anlaggningssida/?pid=2727>. [Använd 11 Maj 2021].
- [51] Energimyndigheten, "Vindkraftsstatistik," 19 05 2019. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/fler-vindkraftverk-men-minskad-elproduktion-2018/>. [Använd 03 05 2021].
- [52] Energimyndigheten, "Nätanslutna solcellsanläggningar," 18 02 2018. [Online]. Available: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/natanslutna-solcellsanlaggningar/>. [Använd 03 05 2021].

Bilagor

Bilaga 1

Sammanställning av sektorers energianvändning i Kronobergs län till från år 2019 – 2050 med tillämpande av Plusenergiscenario.

Tabell 1 – Slutlig användning för samtliga scenarion [GWh]

Scenario	Förluster	Hushåll	Övriga tjänster	Offentlig verksamhet	Jord och skogsindustri	Industri	Transport
Energibalans 2019	408	1532	679	255	185	1371	1693
2030-Scenario	413	1461	648	243	176	1450	1330
2050- Scenario	490	1532	679	255	185	1627	1109
2050-Plusenergi	490	1532	679	255	185	1627	1109

Tabell 2 - Tillförd energi för samtliga scenarion [GWh]

Scenario	Importerad el	Vattenkraft	Vindkraft	Solkraft	Övrigt avfall och torv	Fasta biobränslen	Gasol och naturgas	Flytande biobränslen	Biogas	Fossila oljeprodukter	Spillvärme
Energibalans 2019	1578	260	17	14	123	1966	110	444	39	1469	103
2030-Scenario	633	260	1030	18	123	1966	107	907	39	536	103
2050-Scenario	805	260	1795	112	123	1870	88	399	39	282	103
2050-Plusenergi	0	260	2673	112	123	1870	88	681	39	0	103

Bilaga 2

Tabeller från energimyndighetens framtida scenario 2050 rapport med förväntad energianvändning i ett elektrifieringsscenario [10].

Tabell 1 – Energibalans i Elektrifiering med lägre produktionskostnader för vindkraft, TWh.

	1990	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning									
Slutlig energianvändning	366	373	374	366	358	352	357	366	372
<i>Industri</i>	140	141	139	143	147	149	158	164	165
<i>Bostäder, service m m</i>	149	147	152	148	145	146	146	148	152
<i>Transporter</i>	77	84	84	75	66	58	53	54	55
Omvandlings- och distributionsförluster	171	158	142	130	130	130	131	87	88
<i>Elproduktion</i>	149	145	128	117	118	118	121	76	77
<i>Fjärrvärme</i>	7,3	7,2	7,8	7,5	7,3	6,3	6,8	7,0	7,5
<i>Raffinaderier</i>	11	3,2	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4
<i>Gas, koksverk, masugnar</i>	3,1	2,3	2,3	2,3	1,9	1,9	0,2	0,2	0,2
Icke energiändamål	23	25	25	25	26	26	28	29	29
Total energianvändning	561	556	540	521	514	508	516	482	490
Tillförsel									
Total bränsletillförsel	273	292	295	278	261	241	221	212	210
<i>Kol, koks, mas- och kokungsgas</i>	32	22	18	18	15	13	2,2	1,4	1,3
<i>Biobränslen</i>	61	141	149	161	162	152	146	144	142
<i>Oljebränslen</i>	168	104	102	75	56	50	46	46	45
<i>Naturgas/stadsgas</i>	6,7	11	11	8,8	10	9,9	10	9,7	9,7
<i>Övrigt bränsle</i>	5,5	14	16	16	17	16	16	11	12
Stora värmepumpar	7,1	4,4	5,0	5,8	6,5	7,1	6,9	6,8	6,8
Vattenkraft brutto	73	62	67	68	68	68	68	68	68
Kärnkraft brutto (insatt bränsle)	202	194	171	153	153	153	153	83	83
Vindkraft brutto	0	17	26	46	59	73	111	144	156
Solkraft	0	0	0,8	1,2	1,2	6,7	7,7	9,7	9,7
Import-export el	-1,8	-17	-25	-31	-33	-40	-50	-41	-44
Statistisk differens	8,2	3,2							
Total tillförd energi	561	556	540	521	514	508	516	482	490

Tabell 2 – Elbalans i Elektrifiering med lägre produktionskostnader för vindkraft, TWh

	1990	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning									
Total slutlig användning	120	126	128	136	144	157	182	200	209
<i>Industri</i>	53	49	48	54	60	66	83	96	98
<i>Bostäder och service m m</i>	65	74	76	75	75	75	77	80	83
<i>Transporter</i>	2,5	2,6	3,1	6,4	10	16	22	25	28
Fjärrvärme, raffinaderier	10	4,3	4,1	4,2	4,1	4,4	4,7	5,7	5,7
Distributionsförluster	9,1	12	12	13	14	15	18	19	20
Total användning netto	140	142	145	153	162	176	204	226	235
Tillförsel									
Vattenkraft	71	62	67	67	67	67	68	68	68
Vindkraft	0,0	17	26	46	59	73	111	144	156
<i>Landbaserad</i>			26	46	58	73	110	121	123
<i>Havsbaserad</i>			0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	23	34
Kärnkraft	65	66	58	52	52	52	52	28	28
Kraftvärme i industrin	2,6	6,0	6,3	6,3	5,9	5,4	4,8	4,2	3,8
<i>Biobränslen</i>			5,7	5,7	5,4	5,1	4,6	4,2	3,8
<i>Naturgas</i>			0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
<i>Koks- och masugngaser</i>			0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
<i>Olja</i>			0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Kraftvärme i fjärrvärmesystem	2,4	9,0	11	11	11	12	12	13	13
<i>Biobränslen</i>			7,4	8,0	7,5	8,5	8,9	10	10
<i>Avfall</i>			2,3	2,6	2,8	2,8	2,9	2,7	2,7
<i>Naturgas</i>			0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Torv</i>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Kol, inkl koks- och masugngaser</i>			0,8	0,8	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0
<i>Olja</i>			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Värmekraftverk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3
Gasturbin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Solkraft	0,0	0,4	0,8	1,2	1,2	6,7	7,7	9,7	9,7
Nettoproduktion	142	160	169	184	196	216	255	267	279
Import-export	-1,8	-17	-25	-31	-33	-40	-50	-41	-44
Total tillförsel netto	140	142	145	153	162	176	204	226	235

Tabell 3 – Energianvändning i industrin fördelat på energislag i Elektrifiering, TWh.

	1990	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	43	55	55	55	55	54	55	54	54
<i>Träbränslen</i>	0,0	18	18	19	19	20	21	21	22
<i>Avlutar</i>	0,0	38	37	36	35	35	34	33	32
Biodrivmedel	0,0	0,5	0,3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
Kol, koks, mas- och kokungsgas	17	13	13	13	11	9,4	1,7	1,1	1,0
<i>Energikol</i>	7,1	6,2	6,1	5,9	5,2	3,8	1,2	0,7	0,6
<i>Koks</i>	7,2	5,1	5,1	5,0	4,2	4,2	0,5	0,3	0,3
<i>Koks- och masugnsgas</i>	2,6	1,8	1,8	1,8	1,5	1,4	0,1	0,0	0,0
Oljebänslen	21	9,9	9,0	7,5	6,6	5,4	4,8	4,8	4,8
<i>Gasol (propan, butan)</i>	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,0	4,0	3,9	3,9
<i>Eo1</i>	4,6	1,5	1,3	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
<i>Eo 2–6</i>	12	2,6	2,2	1,3	0,8	0,5	0,1	0,0	0,0
Övrigt bränsle	0,1	6,0	5,8	5,7	5,9	5,0	5,0	0,3	0,3
Natur- och stadsgas	3,2	3,8	3,7	3,6	5,1	5,1	5,1	4,1	4,0
Fjärrvärme	3,6	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
El	53	49	48	54	60	66	83	96	98
Total energianvändning	140	141	139	143	147	149	158	164	165

Anm: Det finns fler petroleumprodukter än de som särredovisas därför blir summan av de som redovisas inte lika med totalen.

Tabell 4 – Energianvändning i bostäder och service m.m. i Elektrifiering, TWh.

	1990	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	11	13	12	12	12	11	10	8,8	8,8
Biodrivmedel	0,0	2,7	3,1	5,7	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9
Oljebränslen	41	10	10	6,3	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7
Dieselolja	7,1	6,5	6,0	3,6	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5
Eo 1	29	1,4	1,0	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Eo 2–6	4,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Övriga bränslen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Natur- och stadsgas	1,3	1,4	1,4	0,4	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Fjärrvärme	31	46	49	49	46	48	48	49	49
El	65	74	76	75	75	75	77	80	83
Total energianvändning	149	147	152	148	145	146	146	148	152
Total energianvändning, temperaturkorr.	166	149	152	148	145	146	146	148	152
<i>Graddagstal</i>	<i>82</i>	<i>92</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Graddagstal, 60 %	85	95	100	100	100	100	100	100	100

Anm: Det finns fler petroleumprodukter än de som särredovisas därför blir summan av de som redovisas inte lika med totalen.

Tabell 5 – Energianvändning för inrikes transporter i Elektrifiering, TWh.

	1990	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biodrivmedel	0	18	20	31	34	25	18	17	17
<i>Etanol</i>	0,0	1,4	2,0	1,5	1,0	0,7	0,4	0,4	0,3
<i>FAME</i>	0,0	3,2	3,2	3,5	2,9	2,2	1,6	1,5	1,5
<i>HVO</i>	0,0	11,6	13	22	25	19	14	13	13
<i>Biogas</i>	0,0	1,1	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4
<i>Biobensin</i>	0,0	0,3	0,5	2,3	3,4	2,4	1,6	1,4	1,2
<i>LBG</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Flygbränsle förnybart</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Oljebränslen	74	64	60	37	22	17	12	11	11
<i>Bensin</i>	49	24	21	13	8,8	6,4	4,3	3,7	3,0
<i>Diesel</i>	20	37	35	21	10	7,6	5,5	5,3	5,2
<i>Eo 1</i>	0,9	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>Eo 2–5</i>	0,7	1,4	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
<i>Flygbränsle fossilt</i>	3,4	2,1	2,1	1,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
LNG	0,0	0,0	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35
Naturgas	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
El	2,5	2,6	3,1	6,4	10	16	22	25	28
<i>El, järnväg</i>	2,5	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
<i>El, fordon</i>	0,0	0,2	0,5	3,6	7,1	13	18	21	24
Total energianvändning	77	84	84	75	66	58	53	54	55

