

Kartläggning av Framtida Elbehov för Skånsk Industri

Hög- och lågelscenario
för 2030 och 2040

Elsa-Justina Fransson

Examensarbete 2023
Miljö- och Energisystem
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

**Kartläggning av Framtida Elbehov
för Skånsk Industri**
Hög- och lågelscenarion för 2030 och 2040

Elsa-Justina Fransson

Examensarbete

Februari 2023

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	2023-02-27
	Författare
	Elsa-Justina Fransson

Dokumenttitel och undertitel

Kartläggning av Framtida Elbehov för Skånsk Industri – hög- och lågelscenarion för 2030 och 2040

Sammandrag

Industrin står för en fjärdedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. Därför är det av högsta prioritet att branschen ställer om sin produktion från fossil till förnybar. En viktig strategi för att uppnå klimatmålen är att elektrifiera produktionen. En storskalig elektrifiering kräver att elproduktionen matchar elbehovet samt att elledningarna är rustade för det önskade uttaget av effekt.

Skånsk industri har särskilda utmaningar när det gäller elektrifiering av industrin, då det höga elpriset i SE4 gör det svårt för företag att motivera omställningen ekonomiskt. Samtidigt har Skåne en stor potential att utnyttja restströmmar från jordbruk till biogasproduktion. Biogas är ett alternativt vägval för industrin i omställningen och har fördelen i att ha liknande gassammansättning som naturgas. Biogasen är dock begränsad och under konkurrens från andra användarsektorer. Elektrifieringen kan därför inte uteslutas om industrin ska kunna ställa om på ett effektivt sätt. Skåne har också en stor potential att bygga ut havsbaserad vindkraft, vilket i framtiden kan göra elkraften mycket konkurrenskraftigt.

I Skåne dominerar fem branscher industrin och de producerar livsmedel, metaller och järn, kemiska produkter, mineralprodukter samt pappersmassa. De viktigaste fossila bränslen är naturgas, gasol och koks. Det finns några elintensiva industrier som använder el i uppvärmningssyfte, men majoriteten har gasbaserad produktion. De mest centrala processerna för värmegenerering är ångproduktion, smältning, förbränning samt torkning. Vissa industrier använder även fossilt som råvara, exempelvis naturgas i ångreformerings eller koks som reduktionsmedel.

Den här studien har haft i syfte att värdera och kvantifiera det potentiella elbehovet hos de stora aktörerna inom skånsk industri. Det inkluderade hantering av statistik på bränsleförbrukning, efterforskning av industriens processer samt modellering som innebar en omräkning av fossil användning till potentiellt elbehov med hänsyn till tillväxt, energieffektiviseringar och lämpligt teknikbyte. Studien har undersökt ett antal tekniker, bland annat högtemperaturvärmepumpar, elektrolytproducerad vätgas och induktionsugnar. Två framtidsscenarier har sedan tagits fram; ett högelscenario och ett lågelscenario (övergång till biogas).

Resultatet visar att elbehovet hos industrin kan öka i kommunerna Eslöv, Höganäs, Hässleholm, Landskrona och Malmö. På grund av rådande trender i bränslebyte inom vissa branscher är dock resultatet för Eslöv och Hässleholm mycket osäkert. Men längs västkusten är ökningen mer sannolik, då metall- och kemiindustri, som kan ha särskild nytta av att elektrifiera sin verksamhet, är lokaliserad där. Totalt kan ökningen motsvara 0,8–1,4 TWh. På grund av det höga elpriset förväntas elektrifieringen av industrin avvakta fram till 2030 men längre fram är en omfattande elektrifiering mer rimlig att anta.

Studien konstaterar att framtidens elbehov beror mycket på vilka samarbeten som kommer växa fram inom industrin, samt mellan elkraftproducenter och användare, varpå fler studier om industriell symbios återopnas. Ett vätgassamarbete längs västkusten kan vara ett viktigt steg i omställningen och något som elnätsägarna bör ha i beaktning då elbehovet ifall detta sker kommer öka kraftigt. Tillkommande studier behöver inkludera prognoser för hur el- och biogaspriset kommer utvecklas, eftersom den aspekten är mycket avgörande för vilka vägval som kommer tas av så väl industrin som andra aktörer i samhället.

Nyckelord

elektrifiering, industri, Skåne, biogas, vätgas, omställning, elbehov, elprognos

Sidomfång	Språk	ISRN
83	svenska	ISRN LUTFD2/TFEM—23/5191--SE + (1-83)

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46-222 00 00 Telefax: int+46 48-222 86 44	Type of document
	Master thesis
	Date of issue
	2023-02-27
	Authors
	Elsa-Justina Fransson

Title and subtitle

Mapping of future electricity need for Scanian industry – high and low scenarios for 2030 and 2040

Abstract

The industry accounts for a quarter of Sweden's total emissions of greenhouse gases. Thus, it is a high priority that the industry exchanges its dependency on fossil fuels to renewable ones. One important strategy to meet the national climate goals is to electrify the production. An excessive electrification requires that the electricity production matches the electricity demand and that the electric power lines are prepared for the desired output of power.

The Scanian industry has challenges when it comes to electrification, since the high electricity price in SE4 makes it difficult for companies to justify the conversion financially. At the same time, Scania has a great potential to utilize residual streams from agriculture for biogas production. Biogas is an alternative path choice for the industry in transition and has the advantage of having similar gas composition to natural gas. However, biogas is limited and under competition from other users. Thus, electrification cannot be neglected if the industry is to convert in an efficient manner. Scania also has a great potential to expand offshore wind power, which in the future could make electric power very competitive.

In Scania, five industry sectors are dominant and they produce food, metals and iron, chemical products, mineral products and paper pulp. The main fossil fuels are natural gas, LPG and coke. There are some electricity-intensive industries that use electricity for heating purposes, but the majority have a gas-based production. The most central processes for heat generation are steam production, melting, combustion and drying. Some industries also use fossil fuels as raw materials, i.e. natural gas in steam reforming or coke as a reducing agent.

The purpose of this study was to evaluate and quantify the potential electricity demand of the major players in the Scanian industry. It involved handling statistics on fuel consumption, research into industries' processes as well as modeling which entailed a recalculation of fossil use to potential electricity demand with regard to growth, energy efficiency improvements and appropriate technology change. The study has examined several technologies, including high-temperature heat pumps, electrolysis-produced hydrogen and induction furnaces. Two future scenarios have then been developed: a full-electrification scenario and a low-electrification scenario (transitioning to biogas).

The results show that electricity demand of the industry can increase in the municipalities of Eslöv, Höganäs, Hässleholm, Landskrona and Malmö. However, due to current trends in fuel conversion in certain industries, the result for Eslöv and Hässleholm is very uncertain. Along the west coast the increase is more likely, since electrification can be particularly favorable for the metal and chemical producers. The total increase may stand for 0,8-1,4 TWh. Due to the high price of electricity, the electrification of industry is expected to stay on hold until 2030, but further ahead extensive electrification is more reasonable to assume.

This study states that the electricity needs of the future depend a lot on the collaborations that might emerge within the industry, as well as between electricity producers and users, whereupon more studies on industrial symbiosis are called for. A hydrogen gas collaboration along the west coast could be an important step in the transition and something that the electricity grid owners should take into consideration, as the need for electricity if this takes place will increase significantly. Additional studies need to include forecasts for how the electricity and biogas price will develop, since that aspect is very decisive for which path choices the industry decides to take in the energy transition, as well as other actors in the society.

Keywords

electrification, industry, Scania, Sweden, biogas, hydrogen gas, energy transition, electricity prognosis

Number of pages	Language	ISRN
83	Swedish	ISRN LUTFD2/TFEM—23/5191--SE + (1-83)

Förord

Det här examensarbetet utträttades på avdelningen för miljö- och energisystem på Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet i samarbete med Sveriges forskningsinstitut (RISE) i Lund.

Jag vill först och främst tacka mig själv för att jag tog mig igenom det här arbetet från början till slut. Sen vill jag tacka min handledare på RISE, Jonas Dahl, som med sitt driv och engagemang stöttat och hjälpt mig genomföra arbetet. Jag vill också tacka min handledare på institutionen, Max Åhman, som bidragit med kompetens och idéer, samt biträdande handledare, Hannes Sonnsjö, som givit uppskattat stöd under processen. Ett tack skall också examinator Lars J. Nilsson ha, för att han godkände rapporten.

Slutligen vill jag tacka min mamma för att hon vågat utsätta sig för el och insett att det kan vara gott till fler syften än enbart en förnybar framtid. 😊

Innehållsförteckning

FIGURFÖRTECKNING	10
TABELLISTA	12
FÖRKORTNINGAR	13
SAMMANDRAG	14
ABSTRACT	15
1. INLEDNING	16
1.1 FÖRNYBAR EL OCH FRAMTIDENS ELEKTRIFIERING	16
1.1.1 Klimatmål och elprognoser	16
1.1.2 Produktion, distribution och konsumtion av el.....	17
1.1.3 Ökad transparens för regionalt prognosverktyg	19
1.2 SYFTE	20
1.3 PROBLEMFÖRMULERING	20
1.4 METOD	21
1.4.1 Avgränsningar	21
1.4.2 Empirisk undersökning	21
1.4.3 Scenariomodellering	22
2. SKÅNSK INDUSTRI.....	24
2.1 ELANVÄNDNING I DAGSLÄGET.....	24
2.2 FOSSILA BRÄNSLEN OCH PROCESSER	25
2.2.1 Översiktlig branschbeskrivning.....	26
2.2.2 Detaljerad branschbeskrivning	31
3. INDUSTRIENS OMSTÄLLNING	40
3.1 ELEKTRIFIERING SOM FÖRNYBART ALTERNATIV FÖR INDUSTRIEN	41
3.1.1 Direkt elektrifiering	41
3.1.2 Indirekt elektrifiering.....	43
3.2 BIOMASSA SOM FÖRNYBART ALTERNATIV FÖR INDUSTRIEN	45
3.2.1 Användningsområden	45
3.2.2 Trender i användningen av biomassa.....	46
3.2.3 Tillgänglig biomassa	47
4. ANALYS	49
4.1 BEDÖMNING AV PARAMETRAR	49
4.1.1 Teknikval	49
4.1.2 Teknisk mognadsgrad.....	52
4.2 SCENARIOMODELLERING	53
4.2.1 Energiebehov efter energieffektiviseringar och tillväxt	53
4.2.2 Omräkning fossilt till förnybart.....	56
4.2.3 Hög- och lågelscenario: ett exempel.....	59
4.3 PRISRELATION – EL OCH BIOGAS.....	61
5. HÖG- OCH LÅGELSCENARIO	63
6. DISKUSSION.....	67
6.1 EL ELLER BIOGAS?.....	67
6.2 FRAMTIDSSPANINGAR OM VÄTGAS OCH ÖVRIGA TEKNIKER.....	68
6.3 DET GEOGRAFISKA PERSPEKTIVET	69
6.4 NYA STUDIER.....	69

6.5 FELKÄLLOR OCH OSÄKERHETER I RESULTATET	71
7. SLUTSATS.....	73
REFERENSER	74
BILAGA A	81
BILAGA B	82

Figurförteckning

<i>Figur 1.1: Effektprofilen i ett scenario för 2040 över en veckas elanvändning i Skåne.</i>	17
<i>Figur 1.2: Energibalans i sankey-diagram för Skåne.</i>	18
<i>Figur 1.3: Tillkommande elanvändning från dagsläget till år 2045.</i>	19
<i>Figur 1.4: Framtida elanvändning i Skåne 2040 enligt scenario gjort av Region Skåne och Sweco.</i>	20
<i>Figur 1.5: Metodiken sammanfattad i flödesschema.</i>	23
<i>Figur 2.1: Industrins elanvändning</i>	24
<i>Figur 2.2: Elanvändning inom branscherna, stora ($\geq 20\ 000$ MWh fossilt/år) och små (<20 000 MWh fossilt/år) aktörer</i>	25
<i>Figur 2.3: Fossila bränslen inom skånsk industri</i>	25
<i>Figur 2.4: Fördelning bränsleanvändning, små och stora kvantiteter</i>	26
<i>Figur 2.5: Karta över naturgasledningen i Skåne</i>	26
<i>Figur 2.6: Användning av fossila bränslen inom branscherna, stora ($\geq 20\ 000$ MWh fossilt/år) och små (<20 000 MWh fossilt/år) aktörer</i>	27
<i>Figur 2.7: Illustration över vanligt förekommande fossila bränslen i Skåne, vilka som används som råvara/reduktionsmedel (samt vanliga produkter) och vilka som brukas som bränsle</i>	28
<i>Figur 2.8: Fossilt inom livsmedelsbranschen</i>	32
<i>Figur 2.9: Fossilt inom metallbranschen</i>	34
<i>Figur 2.10: Fossilt inom kemibranschen</i>	35
<i>Figur 2.11: Fossilt inom mineralbranschen</i>	37
<i>Figur 2.12: Fossilt inom pappersmassabranschen</i>	39
<i>Figur 3.1: De två vägarna för omställning; elektrifiering kontra biomassa.</i>	40
<i>Figur 3.2: Fördelning av biogent bränsle inom skånsk industri.</i>	47
<i>Figur 4.1: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas i livsmedelsindustrin.</i>	50
<i>Figur 4.2: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas och koks i metallindustrin.</i>	50
<i>Figur 4.3: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas, eldningsolja/torv och olja i kemiindustrin.</i>	51
<i>Figur 4.4: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för gasol, naturgas och koks i mineralindustrin.</i>	51
<i>Figur 4.5: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för gasol, naturgas och eldningsolja i pappersmassaindustrin.</i>	52
<i>Figur 4.6: De förnybara teknikerna placerade på TRL-skalan.</i>	52
<i>Figur 4.7: RAPS-projektion till år 2040; livsmedelsbranschen.</i>	54
<i>Figur 4.8: RAPS-projektion till år 2040; metallbranschen.</i>	54
<i>Figur 4.9: RAPS-projektion till år 2040; kemibranschen.</i>	55
<i>Figur 4.10: RAPS-projektion till år 2040; mineralbranschen.</i>	55
<i>Figur 4.11: RAPS-projektion till år 2040; pappersmassabranschen.</i>	56
<i>Figur 4.12: Metallbranschen; kvantiteter av koks och naturgas som finns kvar i produktionen efter energieffektiviseringar</i>	60
<i>Figur 4.13: Högelsscenario för metallindustrin.</i>	60
<i>Figur 4.14: Lågelsscenario för metallindustrin.</i>	61
<i>Figur 4.15: Priser på el, biogas och naturgas från 2018 till 2022</i>	61

<i>Figur 4.16: Prisrelation mellan biogas och el</i>	62
<i>Figur 5.1: Potentiell ökning i elbehov, jämfört med 2019, år 2030 och 2040.</i>	63
<i>Figur 5.2: Potentiell ökning i elbehov, i absoluta tal, år 2030 och 2040.</i>	63
<i>Figur 5.3: Procentuell ökning av elbehovet hos branscherna 2030.</i>	64
<i>Figur 5.4: Procentuell ökning av elbehovet hos branscherna 2040.</i>	65
<i>Figur 5.5: Jämförelse biogasbehov och elbehov enligt scenariona.</i>	65
<i>Figur a.1: TRL-skalans olika nivåer och vad de innebär</i>	81

Tabellista

<i>Tabell 2.1: Fossila bränslen, nyckelprocesser och temperaturintervall per bransch</i>	30
<i>Tabell 2.2: Sammanfattning skånsk livsmedelsindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt bränsle används och ungefärliga processtemperaturer.</i>	33
<i>Tabell 2.3: Sammanfattning skånsk metallindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt används som bränsle och/eller råvara samt ungefärliga processtemperaturer.</i>	34
<i>Tabell 2.4: Sammanfattning skånsk kemiindustri; produkt, nyckelprocess, fossil användning och ungefärliga processtemperaturer.</i>	36
<i>Tabell 2.5: Sammanfattning skånsk mineralindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt bränsle används och ungefärliga processtemperaturer.</i>	38
<i>Tabell 2.6: Sammanfattning skånsk pappersmassaindustri; produkt, nyckelprocess, fossil användning och ungefärliga processtemperaturer.</i>	39
<i>Tabell 4.1: Sammanfattning vilka typer av direktverkande el som potentiellt hade kunnat användas inom skånsk industri.</i>	49
<i>Tabell 4.2: Uppskattning kring vilka typer av indirekt elektrifiering som kan platsa in i skånsk industri.</i>	49
<i>Tabell 4.3: Årlig procentuell minskning i bränsle- och elanvändning per 1 miljon kr i förädlingsvärde, 2009–2019.</i>	53
<i>Tabell 4.4: Effektivt värmevärde för fossila och förnybara bränslen</i>	57
<i>Tabell 4.5: Konverteringsfaktor vid utbyte av gaseldad ångproduktion till HTVP.</i>	58
<i>Tabell 4.6: Konverteringsfaktor vid utbyte av bränsle driven ugn till elektrifierande teknik... ..</i>	58
<i>Tabell 4.7: MWh el per MWh fossilt som ska samlas in med CCS</i>	59
<i>Tabell 4.8: Elbehov vid koldioxidinfångning</i>	59
<i>Tabell 5.1: Procentuell ökning i högelscenariot:</i>	64
<i>Tabell b.1: Antaganden som gjorts för lågelscenariot.</i>	82
<i>Tabell b.2: Antaganden som gjorts för högelscenariot.</i>	82

Förkortningar

CCS – Carbon Capture and Storage

CCU – Carbon Capture and Utilization

HHV – Högre Värmevärdet

HTVP – Högtemperaturvärmepumpar

LHV – Lägre Värmevärdet

PPA – Power Purchase Agreement

SE4 – Elområde 4

SvK – Svenska Kraftnät

TRL – Technology Readiness Level

Sammandrag

Industrin står för en fjärdedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. Därför är det av högsta prioritet att branschen ställer om sin produktion från fossil till förnybar. En viktig strategi för att uppnå klimatmålen är att elektrifiera produktionen. En storskalig elektrifiering kräver att elproduktionen matchar elbehovet samt att elledningarna är rustade för det önskade uttaget av effekt.

Skånsk industri har särskilda utmaningar när det gäller elektrifiering av industrin, då det höga elpriset i SE4 gör det svårt för företag att motivera omställningen ekonomiskt. Samtidigt har Skåne en stor potential att utnyttja restströmmar från jordbruk till biogasproduktion. Biogas är ett alternativt vägval för industrin i omställningen och har fördelen i att ha liknande gassammansättning som naturgas. Biogasen är dock begränsad och under konkurrens från andra användarsektorer. Elektrifieringen kan därför inte uteslutas om industrin ska kunna ställa om på ett effektivt sätt. Skåne har också en stor potential att bygga ut havsbaserad vindkraft, vilket i framtiden kan göra elkraften mycket konkurrenskraftigt.

I Skåne dominerar fem branscher industrin och de producerar livsmedel, metaller och järn, kemiska produkter, mineralprodukter samt pappersmassa. De viktigaste fossila bränslena är naturgas, gasol och koks. Det finns några elintensiva industrier som använder el i uppvärmningssyfte, men majoriteten har gasbaserad produktion. De mest centrala processerna för värmegenerering är ångproduktion, smältning, förbränning samt torkning. Vissa industrier använder även fossilt som råvara, exempelvis naturgas i ångreformerings eller koks som reduktionsmedel.

Den här studien har haft i syfte att värdera och kvantifiera det potentiella elbehovet hos de stora aktörerna inom skånsk industri. Det inkluderade hantering av statistik på bränsleförbrukning, efterforskning av industriernas processer samt modellering som innebar en omräkning av fossil användning till potentiellt elbehov med hänsyn till tillväxt, energieffektiviseringar och lämpligt teknikbyte. Studien har undersökt ett antal tekniker, bland annat högtemperaturvärmepumpar, elektrolysproducerad vätgas och induktionsugnar. Två framtidsscenarioer har sedan tagits fram; ett högelscenario och ett lågelscenario (övergång till biogas).

Resultatet visar att elbehovet hos industrin kan öka i kommunerna Eslöv, Höganäs, Hässleholm, Landskrona och Malmö. På grund av rådande trender i bränslebyte inom vissa branscher är dock resultatet för Eslöv och Hässleholm mycket osäkert. Men längs västkusten är ökningen mer sannolik, då metall- och kemiindustri, som kan ha särskild nytta av att elektrifiera sin verksamhet, är lokaliserad där. Totalt kan ökningen motsvara 0,8–1,4 TWh. På grund av det höga elpriset förväntas elektrifieringen av industrin avvaka fram till 2030 men längre fram är en omfattande elektrifiering mer rimlig att anta.

Studien konstaterar att framtidens elbehov beror mycket på vilka samarbeten som kommer växa fram inom industrin, samt mellan elkraftproducenter och användare, varpå fler studier om industriell symbios återopnas. Ett vätgassamarbete längs västkusten kan vara ett viktigt steg i omställningen och något som elnätsägarna bör ha i beaktning då elbehovet ifall detta sker kommer öka kraftigt. Tillkommande studier behöver inkludera prognoser för hur el- och biogaspriset kommer utvecklas, eftersom den aspekten är mycket avgörande för vilka vägval som kommer tas av så väl industrin som andra aktörer i samhället.

Abstract

The industry accounts for a quarter of Sweden's total emissions of greenhouse gases. Thus, it is a high priority that the industry exchanges its dependency on fossil fuels to renewable ones. One important strategy to meet the national climate goals is to electrify the production. An excessive electrification requires that the electricity production matches the electricity demand and that the electric power lines are prepared for the desired output of power.

The Scanian industry has challenges when it comes to electrification, since the high electricity price in SE4 makes it difficult for companies to justify the conversion financially. At the same time, Scania has a great potential to utilize residual streams from agriculture for biogas production. Biogas is an alternative path choice for the industry in transition and has the advantage of having similar gas composition to natural gas. However, biogas is limited and under competition from other users. Thus, electrification cannot be neglected if the industry is to convert in an efficient manner. Scania also has a great potential to expand offshore wind power, which in the future could make electric power very competitive.

In Scania, five industry sectors are dominant and they produce food, metals and iron, chemical products, mineral products and paper pulp. The main fossil fuels are natural gas, LPG and coke. There are some electricity-intensive industries that use electricity for heating purposes, but the majority have a gas-based production. The most central processes for heat generation are steam production, melting, combustion and drying. Some industries also use fossil fuels as raw materials, i.e. natural gas in steam reforming or coke as a reducing agent.

The purpose of this study was to evaluate and quantify the potential electricity demand of the major players in the Scanian industry. It involved handling statistics on fuel consumption, research into industries' processes as well as modeling which entailed a recalculation of fossil use to potential electricity demand with regard to growth, energy efficiency improvements and appropriate technology change. The study has examined several technologies, including high-temperature heat pumps, electrolysis-produced hydrogen and induction furnaces. Two future scenarios have then been developed: a full-electrification scenario and a low-electrification scenario (transitioning to biogas).

The results show that electricity demand of the industry can increase in the municipalities of Eslöv, Höganäs, Hässleholm, Landskrona and Malmö. However, due to current trends in fuel conversion in certain industries, the result for Eslöv and Hässleholm is very uncertain. Along the west coast the increase is more likely, since electrification can be particularly favorable for the metal and chemical producers. The total increase may stand for 0,8-1,4 TWh. Due to the high price of electricity, the electrification of industry is expected to stay on hold until 2030, but further ahead extensive electrification is more reasonable to assume.

This study states that the electricity needs of the future depend a lot on the collaborations that might emerge within the industry, as well as between electricity producers and users, whereupon more studies on industrial symbiosis are called for. A hydrogen gas collaboration along the west coast could be an important step in the transition and something that the electricity grid owners should take into consideration, as the need for electricity if this takes place will increase significantly. Additional studies need to include forecasts for how the electricity and biogas price will develop, since that aspect is very decisive for which path choices the industry decides to take in the energy transition, as well as other actors in the society.

1. Inledning

Industrin använder en betydande mängd fossila bränslen och spelar därför en central roll i energi- och råvaruomställningen. En viktig del i omställningen är elektrifieringen, eftersom el – om det framställs genom sol, vind, vatten och andra förnybara energikällor – är ett alternativ med många användningsområden inom industrin, exempelvis uppvärmning av processer. El har också potentialen att kunna lagras i energilager, så som vätgaslager och batterier, vilket öppnar upp för en flexibel produktion. På grund av elektrifieringens många fördelar är det av stor vikt att produktion och distribution av el fungerar optimalt, för att övergången från fossilt till förnybart ska ske så effektivt som möjligt (Energimyndigheten, 2021). Frågan är hur stort elbehov industrins elektrifiering kan resultera i.

1.1 Förnybar el och framtidens elektrifiering

1.1.1 Klimatmål och elprognoser

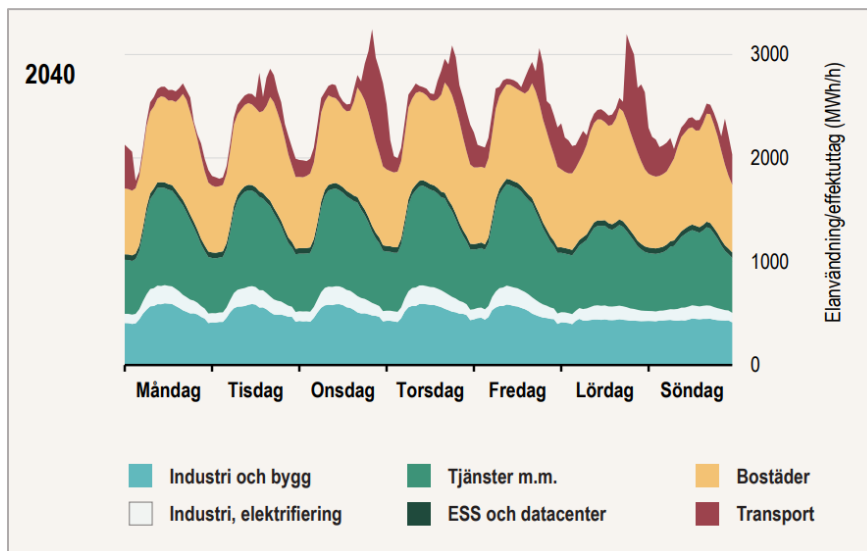
I Paris 2015 enades 196 länder om att begränsa den globala temperaturökningen till 1,5–2 °C jämfört med förindustriella temperaturnivåer (UN, 2015). Inom EU har man åtagit samma ambition om klimatneutralitet till år 2050 (Naturvårdsverket, u.å.a). I Sverige har ambitionerna varit litet högre och 2045 har fastlagts som ett år då utsläppen inom Sveriges territorium ska vara neutrala. Ett etappmål inom Sveriges klimatstrategi är att utsläppen år 2030 bör vara 63% lägre än utsläppen år 1990 (Naturvårdsverket, u.å.b). Detta kan jämföras med Skånes regionala klimatmål, där motsvarande minskning är 80%. Överenskommelsen i Skåne vill också se att energianvändningen är till 80% förnybar år 2030 (Region Skåne, 2022).

För att Skåne ska klara sina höga klimatmål har Länsstyrelsen Skåne, Region Skåne och Kommunförbundet Skåne gått samman i en plattform kallad Klimatsamverkan Skåne för att stärka det regionala samarbetet gällande klimat- och energifrågor. Där har ett antal strategier tagits fram för att belysa vilka områden som är av prioritet (Persson, 2018). Ett av dessa områden är industrin, som 2017 stod för 23% av den totala energianvändningen i länet, och därmed den största användaren av fossilt efter transportsektorn (Elamzon, 2017).

Det finns en del prognoser på hur elanvändningen kan komma att öka, till följd av åtgärder för att bromsa klimatförändringarna. I en rapport från 2020 undersökte Rootzén et al. den potentiella elektrifieringen av Europas industri och sammanställde siffror på 1300–4430 TWh i elbehov år 2050, jämfört med 1000 TWh år 2020. Intervallet i siffrorna beror på ambitionsgraden hos Europas industri samt i hur stor utsträckning elektrifieringen kommer bidra till den fossilfria utvecklingen (Rootzén et al., 2020). På nationell nivå har ett flertal studier gjorts med allmänna prognoser för elanvändning i Sverige men också för industrins potentiella elektrifiering. År 2019 gjordes en studie i Färdplan El som visade på att den totala elanvändningen i Sverige år 2045 kan uppnå 190 TWh (Johannesson, 2019), i jämförelse med dagens 140 TWh. I en revidering av studien, för att skapa ett högnivåscenario, visade det sig att elanvändningen kan uppgå till 240–310 TWh. Den kraftiga ökningen beror främst på ett antal teknikskiften inom industrin som förväntas äga rum (Gode et al., 2021). När det gäller elanvändningen i Skåne förväntas den öka från dagens 13,1 TWh till 14,6 TWh (+1,5 TWh) till 2030 och landa på 16,3 TWh (+1,8 TWh) till år 2040. Störst andel i denna ökning väntas komma från det ökade antalet elbilar samt elektrifiering av industrin (Solér et al., 2020a).

1.1.2 Produktion, distribution och konsumtion av el

I Sverige produceras merparten av el med vattenkraft i norr, men också med kärnkraft i söder (Energimyndigheten, 2019). Då den största elkonsumtionen sker i södra delarna av landet råder ett överskott av el i norr och ett underskott i söder. Av den anledningen måste stora mängder av den el som produceras i norr transporteras långa sträckor söderut (EI, u.å.). Ett problem som uppstår – speciellt vid topplasttimmar som figur 1.1 illustrerar – är att flaskhalsar uppstår i stamnätet, vilket leder till att elnätet inte kan överföra tillräckligt med elkraft utefter marknadens behov (Energimyndigheten, 2004).

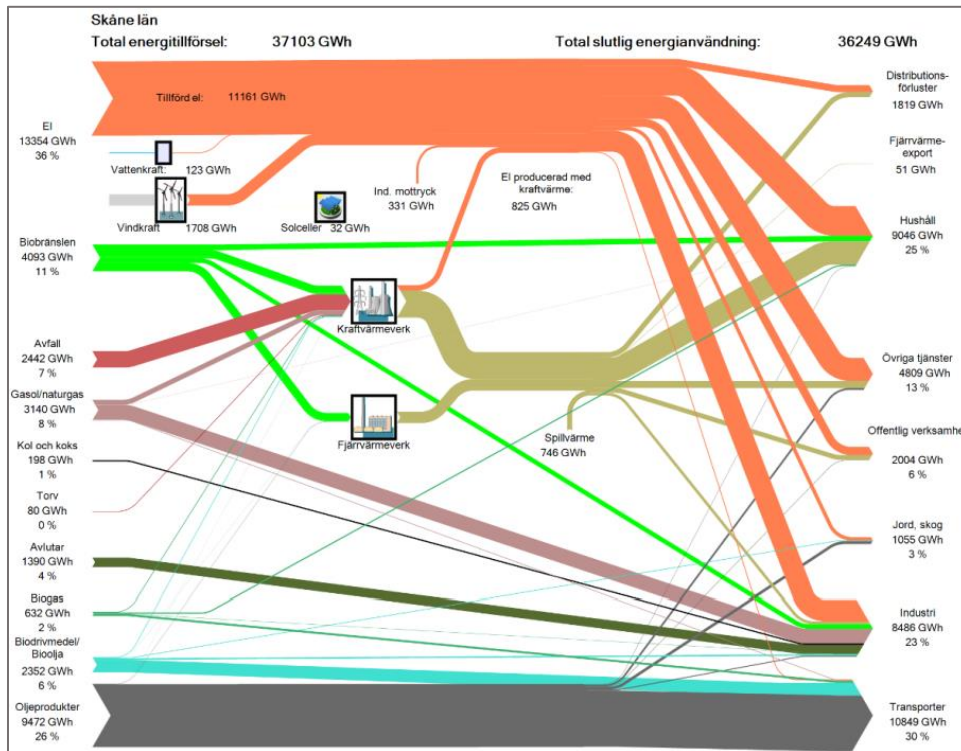


Figur 1.1: Effektprofilen i ett scenario för 2040 över en veckas elanvändning i Skåne (Solér et al., 2020a).

För att råda bot på överföringsproblematiken kan nya stamnätsledningar byggas, men detta är ett arbete som tar lång tid. Sydvästlänken började byggas år 2005 och togs slutligen i drift 2021 efter flera överträdelser av slutdatum (SvK, 2021). Detta är bara ett exempel på hur komplext, tidskrävande och kostsamt en utbyggnad av stamnätsledningar kan bli och Svenska Kraftnät (SvK) har dessutom som princip att inte bygga ut sina elledningar på spekulation. Detta ifrågasätts dock av flera instanser, just eftersom elnätet med största sannolikhet kommer vara under allt högre belastning i framtiden (Ellevio, 2022). Om SvK väljer att införa ett mer proaktivt förhållningssätt till elnätsutbyggnad är det viktigt att goda prognoser för framtida elförbrukning finns att tillgå i projekteringsfasen. Men det är inte enbart stamnätet som kan drabbas av överföringsproblem. Lokala flaskhalsar kan uppstå i region- och lokalnäten, så dessa måste också rustas upp i god tid för att möta den framtida efterfrågan på el (Solér et al., 2020a).

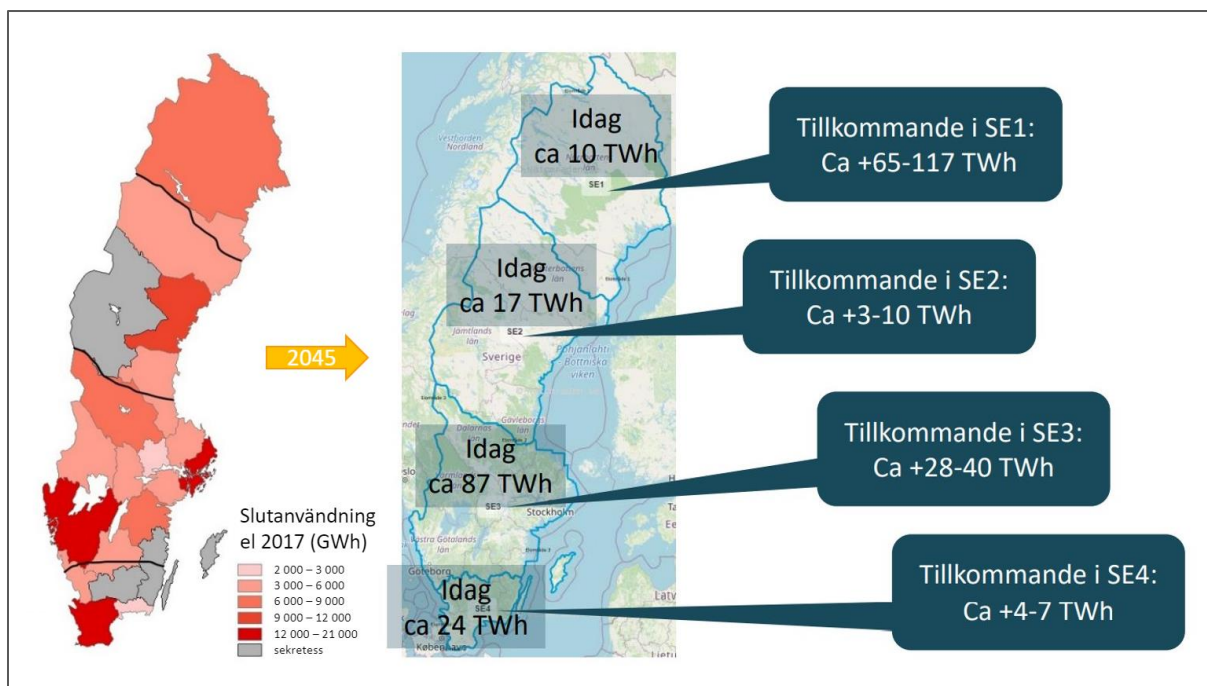
Men det är inte bara elledningarna som behöver vara rustade för framtidens elbehov, utan även elkraftsproduktionen, för att utbud och efterfrågan ska vara balanserad. Skåne tillhör elområde 4 (SE4) där majoriteten av elen som konsumeras är högst beroende av import från andra elprisområden. Den lokala elproduktionen i Skåne består i storleksordning av vindkraft (57%), kraftvärme (27%), industriellt mottryck (11%), vattenkraft (4%) och solkraft (1%). De bidrar sammanlagt med cirka 3 TWh vilket tillgodogör knappt 23% av Skånes årliga elbehov. Figur 1.2 sammanfattar energibalansen i Skåne (Elamzon, 2017). Vindkraft och solkraft är väderberoende och ej planerbara. Ett elsystem med hög andel vind är därmed ett känsligare elsystem och tillgången på effekt är svårare att styra. Kraftvärmens är planerbar, men andelen

producerad el från kraftvärmeverk har minskat i Skåne på grund av sämre marknadsfördelar jämfört med att producera värme (Solér et al., 2020a).



Figur 1.2: Energibalans i sankey-diagram för Skåne (Elamzon, 2017).

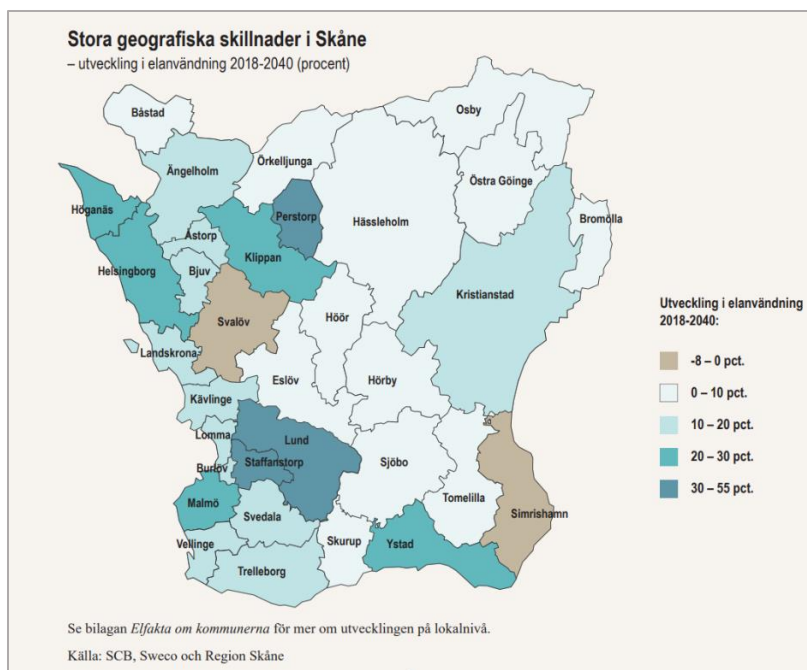
Skånes importberoende av el kan komma att bli problematiskt när allt mer av den el som produceras i norr väntas konsumeras där i framtiden, i och med utvecklingen av vätgasproduktion och fossilfri ståltillverkning (Lindfors et al., 2020). Som figur 1.3 visar kommer elanvändningskartan att kraftigt ritas om till 2045 då elintensiva projekt som Hybrit aktualiserats (Gode et al., 2021).



Figur 1.3: Tillkommande elanvändning från dagsläget till år 2045, omarbetade bildkällor och data från Energimyndigheten och Energiföretagen (Energimyndigheten, 2017; Gode et al., 2021). Notera att uppskattningarna till höger är mycket ungefärliga.

1.1.3 Ökad transparens för regionalt prognosverktyg

”God dialog och framförhållning är av mycket stor vikt för att region- och lokalnätsägare ska kunna investera i tid” skriver Region Skåne i en rapport med scenarioanalyser för det skånska elsystemet 2030 och 2040. Rapporten redogör för stora geografiska skillnader i ökad elanvändning mellan kommuner. I vissa kommuner spås elanvändningen öka med över 50% medan andra kommuner troligtvis kommer minska sin elanvändning, så som figur 1.4 visar (Solér et al., 2020a). I bilagan till rapporten presenteras scenarierna för kommunerna mer djupgående – det ökade elbehovet uppdelat på olika sektorer – för industri och bygg, personbilar samt övriga transporter, tjänster och bostäder. Vid jämförelse mellan kommuner som har en stor industri och de som inte har det, är det tydligt att det framtida elbehovet skiljer sig nämnvärt. Men rapporten tydliggör att det finns en osäkerhet i datan som presenteras, dels på grund av industrins elektrifiering, då realiseringen av potentiella tekniskiften är svår att förutse (Solér et al., 2020b).



Figur 1.4: Framtida elanvändning i Skåne 2040 enligt scenario gjort av Region Skåne och Sweco (Solér et al., 2020a).

I juli 2022 tillkom en ny ellag enligt det europeiska elmarknadsdirektivet. Lagen innebär att lokal- och regionalnätägare vartannat år ska lämna in nätutvecklingsplaner till Energimarknadsinspektionen. Tanken bakom lagen är att planerna ska bidra med ökad transparens mellan aktörer på lokal nivå, så företag och andra elkonsumenter får information kring elnätets utveckling, för att enklare kunna planera sin egen verksamhets framtid. Planerna skall inkludera elnätets utveckling både på kort och lång sikt (EI, 2022b). Men för att eldistributörer ska veta hur stort effektuttaget kan tänkas bli åberopas samverkansformer för bättre prognosunderlag. Skånes effektkommission – på uppdrag av Region Skåne – är en samlad röst för myndigheter, kommuner, elnätbolag och industri, där dessa instanser samverkar för en förbättrad och trygg elförsörjning i länet (Skånes effektkommission, 2022). RISE ska i samarbete med Region Skåne ta fram en karta över länet, som med stor precision (1x1 km raster), skall illustrera det framtida effektbehovet (Lundström, 2022). Tanken är också att kontinuerligt uppdatera kartan årligen.

1.2 Syfte

Den här rapporten syftar till att identifiera potentialen för elektrifiering inom skånsk industri och kvantifiera elbehovet i ett högelscenario. Resultatet ämnar jämföras med den alternativa övergången från fossilt till biogas i ett lågelscenario.

Rapporten syftar också till att agera kunskapsunderlag för den karta som ska belysa kritiska områden i Skåne där framtida effektbehov kan bli stort. Resultaten ämnar därav att i första hand beskrivas geografiskt. Alla antaganden bakom scenarierna presenteras tydligt för att eventuell korrigering med hjälp av bättre statistik, data och ökad kunskap skall kunna äga rum.

1.3 Problemformulering

Inledande frågeställningar presenteras härunder. Tillkommande frågeställningar inför scenariomodellering presenteras i kapitel 4.

- I. Till vilken grad är industrierna elektrifierade idag?
- II. Vilka stora utsläppare av CO₂ finns inom skånsk industri?
- III. Vilka fossila bränslen använder de stora aktörerna i sin produktion och i vilka kvantiteter?
- IV. I vilka typer av processer använder industrin fossila bränslen?
- V. Vilka elektrifierande tekniker finns som ersättning för det fossila bränslet?
- VI. Vilka andra förnybara alternativ finns som ersättning för fossilt, utöver elektrifiering?
- VII. Hur stort kommer elbehovet vara hos de stora aktörerna inom skånsk industri år 2030 samt 2040?
- VIII. I vilka områden i Skåne kan elbehovet hos industrin komma att bli särskilt förhöjt?

1.4 Metod

1.4.1 Avgränsningar

Den här rapporten är en kvantitativ och kvalitativ studie över framtidens elbehov inom skånsk industri. Fokus har legat på den storskaliga skånska industrin, som definierats utifrån en bränsleanvändning på minst 20 000 MWh fossilt årligen. Initialt valdes 25 industrier ut – varav 20 av dem blev kvalificerade för vidare analys och utredning. Dessa industrier nämns inte vid namn för att undvika att avslöja känsliga uppgifter. Ett val har gjorts att dela in dessa aktörer i fem branscher – livsmedelsindustrin, kemiindustrin, metallindustrin (inkluderar järn- och stålproduktion), mineralindustrin samt pappersmassaindustrin – baserade på typen av varor som produceras. När termer som ”industrin” eller ”branschen” används i rapporten syftas det på dessa 20 stora aktörer.

En avgränsning är att endast varuproducerande industri är inkluderad, vilket betyder att avfallsanläggningar, kraftvärme- och fjärrvärmeanläggningar samt vattenreningsanläggningar inte utvärderats. Dessutom har transporter till och från de producerande industrierna, samt intern bränsleförbrukning för distribution med lastbilar, truckar och dylikt inte tagits med i beräkningarna. Likaså är inte ett helt livscykelperspektiv utrett – såsom utsläpp från råvaruproduktion och slutanvändningens klimatpåverkan – utan endast de stationära utsläppen kopplade direkt till produktionen. Den här studien har inte heller tagit hänsyn till *vart* och *hur* elen produceras, utan undersöker endast konsumtionen av el. Det industriella mottrycket (elkraftsproduktion av restvärme) gör industrierna delvis självförsörjande på el, men ett val har gjorts att inte skilja detta från någon övrig elkraftsproduktion. Om de enskilda industrierna i framtiden får ett ökat elbehov – och därmed avyttrar mindre till elnätet – görs antagandet att detta inte skiljer sig från att motsvarande industri konsumerar mer el från exempelvis en vindkraftspark.

1.4.2 Empirisk undersökning

Initialt undersöktes vilka företag i Skåne som är med i handel med utsläppsrätter, för att svara på frågeställningen *Vilka stora utsläppare av CO₂ finns inom skånsk industri?*. Data och statistik – över bränsletyper och kvantiteter, kommunkod och SNI-kod (branschkod) – från Region Skåne och SCB användes sedan för att härleda dessa industrier till specifik bränsleanvändning. Genom efterforskning i Skånes näringsliv gjordes antaganden kring aktörerna. Detta svarade på frågeställningen *Vilka fossila bränslen använder de stora aktörerna i sin produktion och i vilka kvantiteter?*. De fossila bränslen som legat i huvudfokus är de som utgör mer än 10% av en bransch totala bränsleanvändning.

Genom kontakt med tillsynsenheter på Länsstyrelsen, Söderåsens miljöförbund och Kristianstad och Helsingborgs stad erhöles miljörapporter från aktörerna av intresse. Dessa rapporter agerade delvis som jämförelse med bränslestatistiken från SCB, men främst erhöles information om vilka processer de fossila bränslena används till, för att svara på frågeställningen *I vilka typer av processer använder industrin fossila bränslen?*. Datan från SCB och miljörapporterna har också varit till hjälp för att svara på den första frågeställningen *Till vilken grad är industrierna elektrifierade idag?*. Miljörapporterna har en varierande detaljnivå i beskrivningen av processer och därav har kompletterande uppgifter mottagits via möten, mejlkontakt samt studiebesök med vederbörande. Genom direktkontakt med aktörer har också frågan ställts hur deras planer på omställning ser ut. Då det energiekonomiska läget inom industrin vid tillfället då rapporten skrivits varit mycket ansträngd på grund av förhöjda gas- och elpriser, har svaren från industrins håll tagits med en nypa salt och inte tagits med i några antaganden i scenariomodelleringen. Men dessa trendspaningar ges utrymme för i diskussionen.

För att svara på frågeställningarna *Vilka elektrifierande tekniker finns som ersättning för det fossila bränslet eller som kompensation för att hindra utsläpp?* och *Vilka andra förnybara alternativ finns som ersättning för fossilt, utöver elektrifiering?* gjordes en litteraturstudie baserad på bland annat Energimyndigheten, IVL, Energiforsk och RISE rapporter. För djupare analys av teknikerna genomfördes ett antal möten med experter på RISE och dess samarbetspartners. Det ska noteras att rapporten inte utvärderar alla förnybara alternativ, utan fokus har legat på ett antal lösningar som i nuläget bedömts vara mest framstående. Särskild hänsyn har tagits till de förutsättningar som råder i Skåne.

1.4.3 Scenariomodellering

Analysens syfte är att presentera antaganden och modellera elbehovet för att svara på frågeställningen *Hur stort kommer elbehovet vara hos de stora aktörerna inom skånsk industri år 2030 samt 2040?*. I analysen gjordes avvägningar och bedömningar kring vilka förnybara tekniker som är lämpade som ersättning för de fossila teknikerna. Den tekniska relevansen grundade sig till största delen på processtemperaturer och vilken typ av värmebehandling som försiggår. Varje industri är unik och en anläggningens processer kan skilja sig mycket från en annan anläggning, även i fall där de tillhör samma bransch. Genom att förenkla bilden något definierades ett antal typprocesser och generaliseringar på branschnivå. Den här studien valde att benämna dessa som ”nyckelprocesser”. Metodiken innefattade en allokering av bränsleanvändning till dessa angivna nyckelprocesser för respektive bransch.

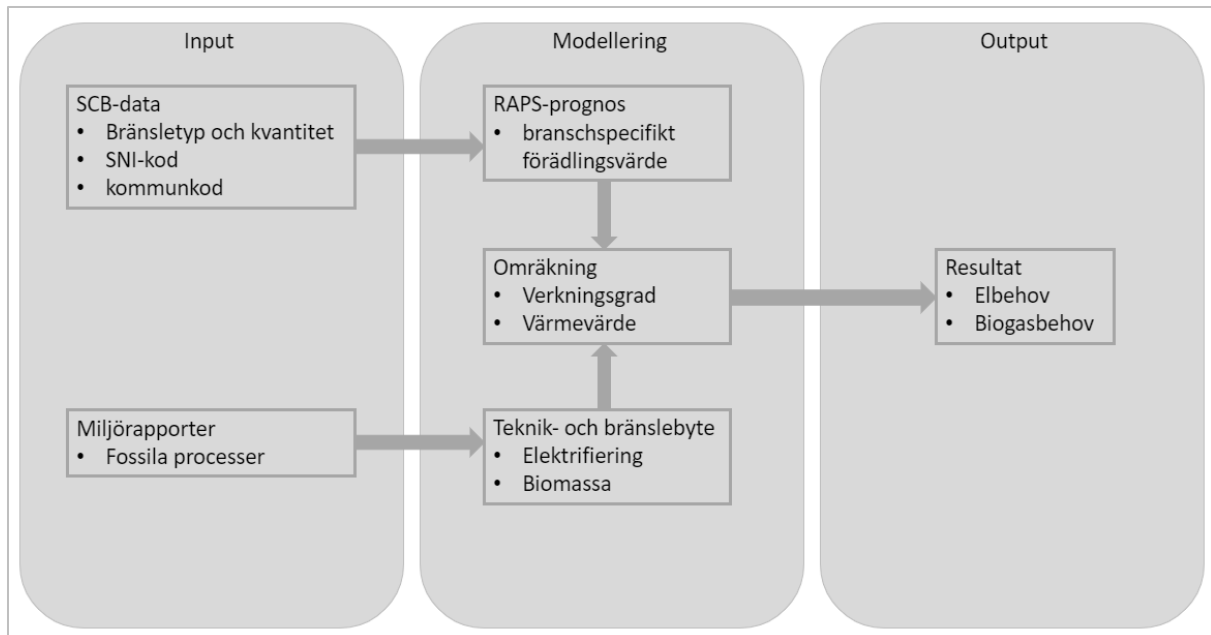
För att särskilja den potentiella elanvändningen år 2030 och 2040 från varandra tog studien hänsyn till den tekniska mognadsgraden: Technology Readiness Level (TRL). TRL-skalan agerar som referensram i jämförelse mellan olika teknikers potentiella implementering och kommersialisering. Skalan är uppdelad i nio nivåer, där nivå 1 betyder att tekniken befinner sig i grundforskningsstadium och nivå 9 att tekniken är beprövad i operationell miljö. Se bilaga A för exakt förklaring av skalans nio nivåer.

Scenariomodelleringen gjordes i flera steg och separat för respektive bransch, för att både synliggöra skillnaderna mellan branscherna, samt för att nyckelprocesserna var enklare att generalisera på branschnivå. Grunden till modelleringen utgjordes av RAPS – Regionalt Analys- och PrognosSystem – som innehöll statistik inhämtade från SCB på förädlingsvärdet

hos de fem branscherna i Skåne. Förädlingsvärdet är likställt med BRP (bruttoregionalprodukten) vilket är värdet av de varor som tillverkas minus kostnaden för de insatsvaror som förbrukas. Om energianvändningen (av naturgas, gasol, el med mera) per förädlingsvärde minskar över tid betyder det att branschen genomgått en viss energieffektivisering. Den procentuella utvecklingen (minskningen) av energianvändning grundade sig på historisk bränslestatistik från 2009 till 2019, och projicerades framåt i tiden (till 2040) med hjälp av den data som fanns att tillgå i RAPS. Det framtida förädlingsvärdet räknar in branschspecifik tillväxtfaktor, vilket gör att prognosen för energianvändningen vid en angiven tidpunkt räknar med tillväxt inom branschen. Detta energibehov för år 2030 samt 2040 konverterades därefter till ett el- respektive biogasbehov.

När bedömning om teknikval och dess mognadsgrad hade gjorts, översattes antalet MWh fossilt till MWh förnybart. Siffrorna justerades utefter bränslets energiinnehåll (om det handlade om bränslebyte) eller teknikens verkningsgrad (om det handlade om teknikbyte). Detta gjordes genom konverteringsfaktorer mellan värmevärdet hos de vanligaste bränslena samt verkningsgraden för de olika elektrifierande teknikerna och de konventionella fossilbaserade teknikerna. Till den sista – och viktigaste frågeställningen – *I vilka områden i Skåne kan elbehovet hos industrin komma att bli särskilt förhöjt?* kombinerades resultaten från högelsscenariot med kommun- och SNI-kod.

Sammanfattningsvis har scenariomodelleringen tagit hänsyn till två framtider; en där industrin har elektrifierats fullt ut och en där användningen av biogas är dominerande. Detta resulterade slutligen i ett högelssscenario och ett lågelssscenario. Hela metodiken finns sammanfattad i figur 1.5.



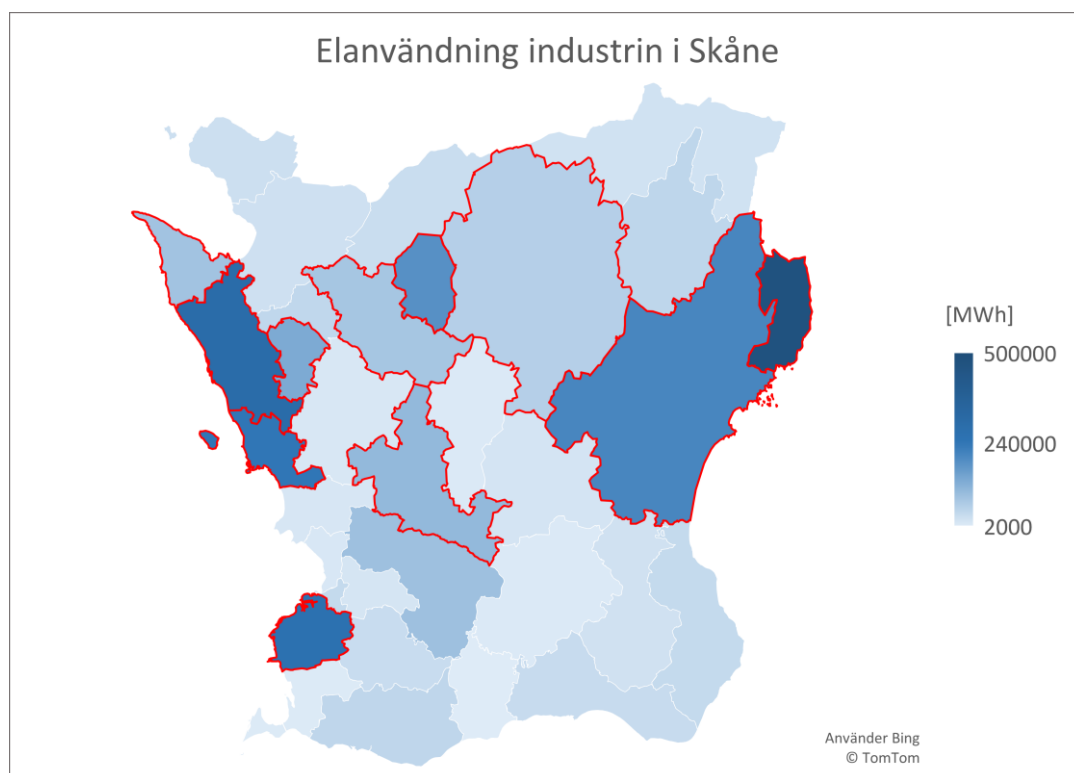
Figur 1.5: Metodiken sammanfattad i flödesschema.

2. Skånsk industri

2.1 Elanvändning i dagsläget

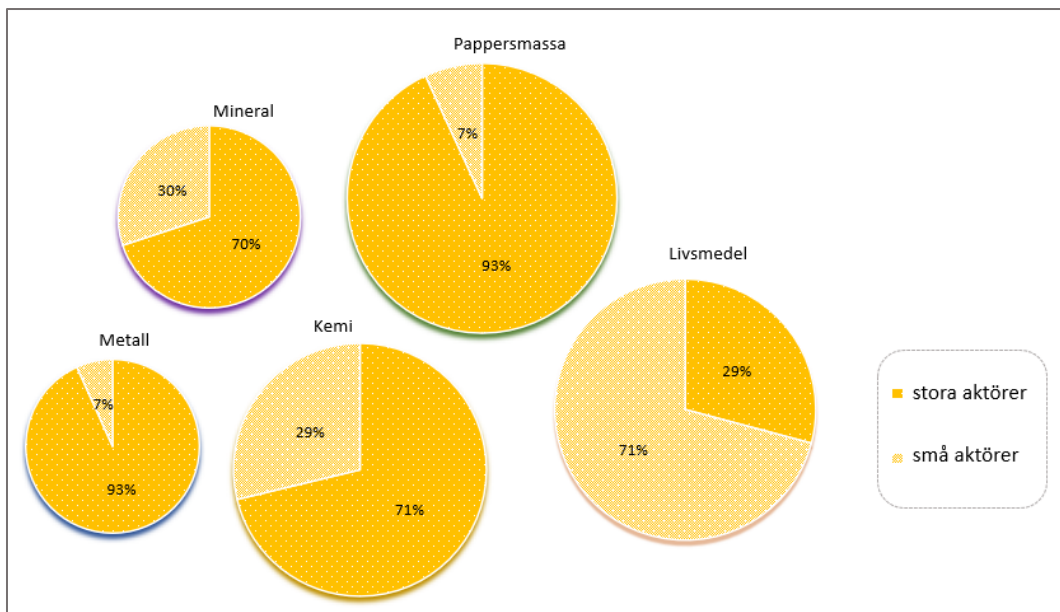
Skånsk industri använder 2,7 TWh el årligen och de stora aktörerna står för cirka 1,5 TWh (Region Skåne, 2019). Elenergi inom industrin används främst för att generera mekanisk rörelseenergi till olika processer, däribland drift av pumpar, diverse maskiner för krossning, malning och formning, centrifuger, motorer, ventilationssystem, kylningsanläggningar, tryckluft, fläktar och lokalkomfort som belysning och värme (MR, 2021).

När det talas om ”elektrifiering” syftas det kanske oftast på att elektrisk energi används för att generera värme till en process. I den bemärkelsen är skånsk industri redan idag elektrifierad på vissa håll, men att använda el i uppvärmningssyfte skiljer sig stort både mellan branscher och inom branscher (MR, 2021). För att konkretisera benämningen ”elektrifiering” ges följande två exempel på anläggningar i Skåne som elektrifierat sin tillverkning. En anläggning i Helsingborg som återvinner bland annat stål från skrot smälter det ingående materialet på 5 000 °C i en ugn med plasmageneratorer (Lidman, 2022). I Bjuv finns en tillverkare av isolering som kör sin smältprocess av glasmaterial med hjälp av el (MR, 2021). Dessa verksamheter är elintensiva och när el används i uppvärmningssyfte på detta sätt blir belastningen på elnätet i närområdet betydande (Solér et al., 2020b) vilket tydliggörs i figur 2.1 (Region Skåne, 2019).



Figur 2.1: Industrins elanvändning (Region Skåne, 2019). Rödmarkerad kommun har en stor industri (MR, 2021).

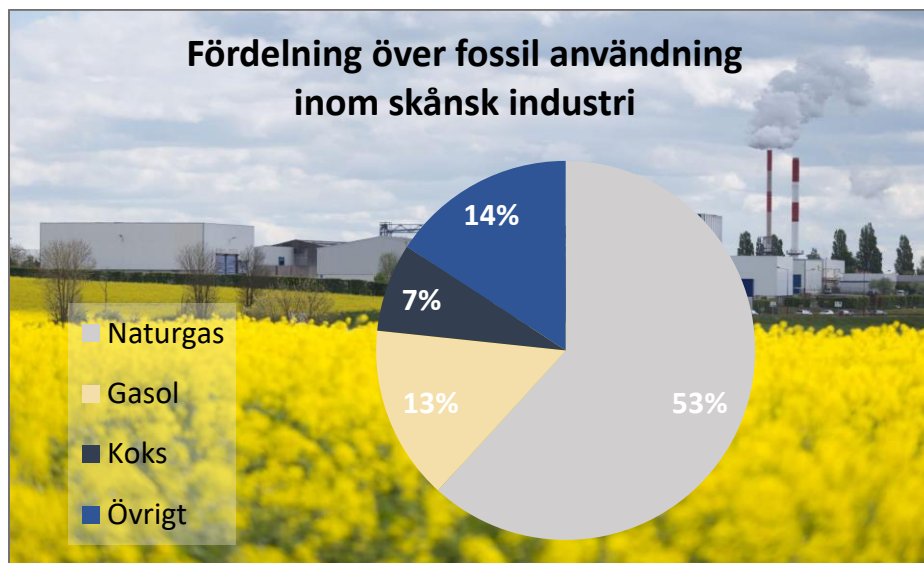
Totalt sett står de stora aktörerna för 55% av elanvändningen inom hela industrin. Som figur 2.2 visar är elanvändningen totalt sett större hos de små aktörerna inom livsmedelsbranschen. I metall- och pappersmassabranschen är de stora aktörerna nästan fullt ut dominerande i elanvändning och i kemi- och mineralbranschen står de för omkring 70% (Region Skåne, 2019; MR, 2021).



Figur 2.2: Elanvändning inom branscherna, stora ($\geq 20\ 000$ MWh fossilt/år) och små ($<20\ 000$ MWh fossilt/år) aktörer (Region Skåne, 2019; MR, 2021).

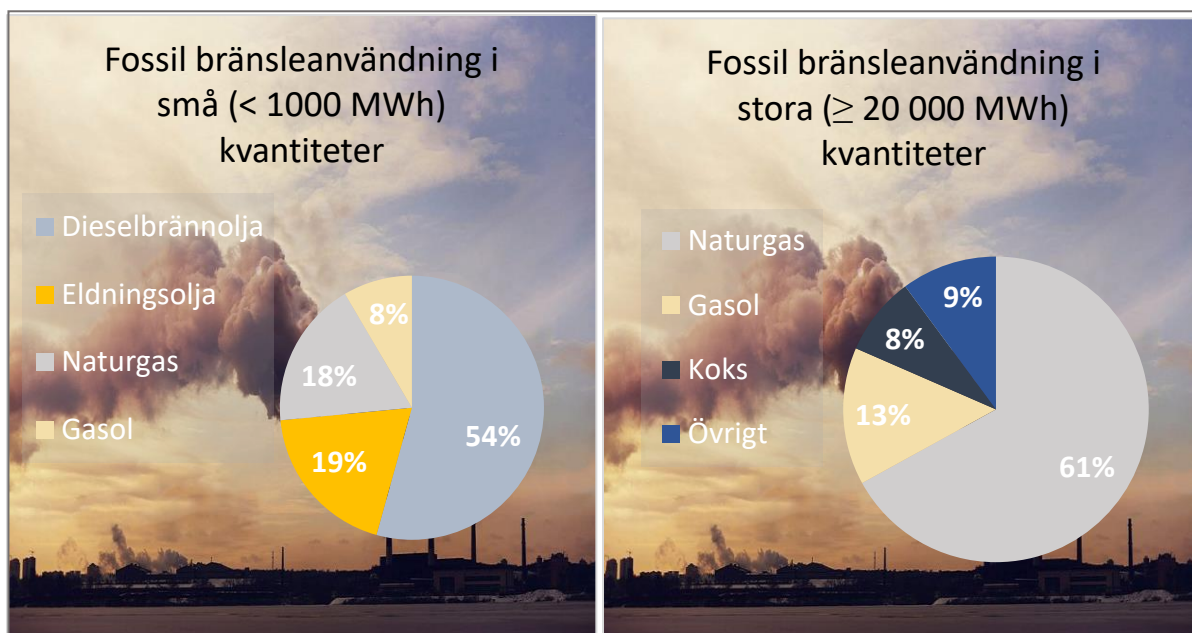
2.2 Fossila bränslen och processer

Skånsk industri använder 2,6 TWh fossila bränslen årligen fördelat enligt figur 2.3 (Region Skåne, 2019).



Figur 2.3: Fossila bränslen inom skånsk industri (Region Skåne, 2019).

Statistiken på ovanstående bränsleförbrukning inkluderar hela den skånska industrin; allt från små verkstäder till de allra största anläggningarna. Fördelningen över typen av bränsle de använder sig skiljer sig något mellan anläggningarna när det gäller storlek. I de kvantiteter som motsvarar användning på mindre än 1 000 MWh är de dominerande bränslena i inbördes ordning dieselbrännolja, eldningsolja, naturgas och gasol (Region Skåne, 2019). Bland de stora industrierna är det vanligt förekommande att dieselbrännolja eller eldningsolja används som reservbränsle eller spetslastbränsle (MR, 2021). I stora kvantiteter, omkring 20 000 MWh eller mer, är det främst naturgas, gasol och koks som används. Se figur 2.4 för exakt fördelning.



Figur 2.4: Fördelning bränsleanvändning, små och stora kvantiteter (Region Skåne, 2019).

Anledningen till att användningen av naturgas är så omfattande inom industrin beror på att den västsvenska naturgasledningen går längs Skånes västra kust, från Trelleborg till Båstad och vidare upp till Göteborg, se figur 2.5 (Energimyndigheten, 2022). Naturgasledningens utbredning och vart de stora industrierna är lokaliserade stämmer väl överens med den förbrukning som bränslestatistiken återspeglar (Region Skåne, 2019; MR, 2021).



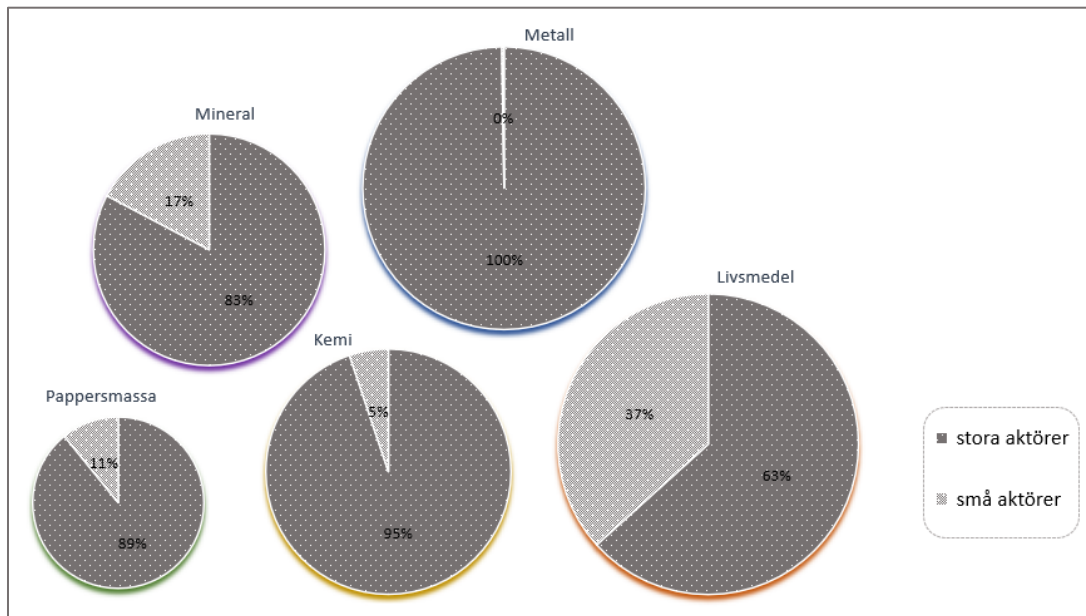
Figur 2.5: Karta över naturgasledningen i Skåne (Energimyndigheten, 2022).

Detta kan jämföras med användningen av gasol, som distribueras via lastbil, vilken är mer utspridd över hela regionen och där den största förbrukningen främst sker i de östra delarna av Skåne. När det gäller användningen av koks är den lokaliserad på ett fåtal ställen i regionen (Region Skåne, 2019).

2.2.1 Översiktlig branschbeskrivning

De stora aktörerna inom den skånska industrin består av 25 aktörer (MR, 2021) och dessa står för drygt två tredjedelar av industrins bruk av fossila bränslen, vilket motsvarar cirka 1,8

TWh. I inbördes ordning utgörs de av livsmedelsindustrin, metallindustrin (inklusive järn och stål), kemiindustrin, mineralindustrin och pappersmassaindustrin. I figur 2.6 återfinns statistik på hur stor användning av fossilt som utgörs av de stora industrierna inom respektive bransch. Inom samtliga branscher är de stora aktörernas bränsleanvändning i klar majoritet, förutom i livsmedelsbranschen där ett flertal mindre aktörer står för en nämnvärd andel av det fossila (Region Skåne, 2019; MR, 2021).

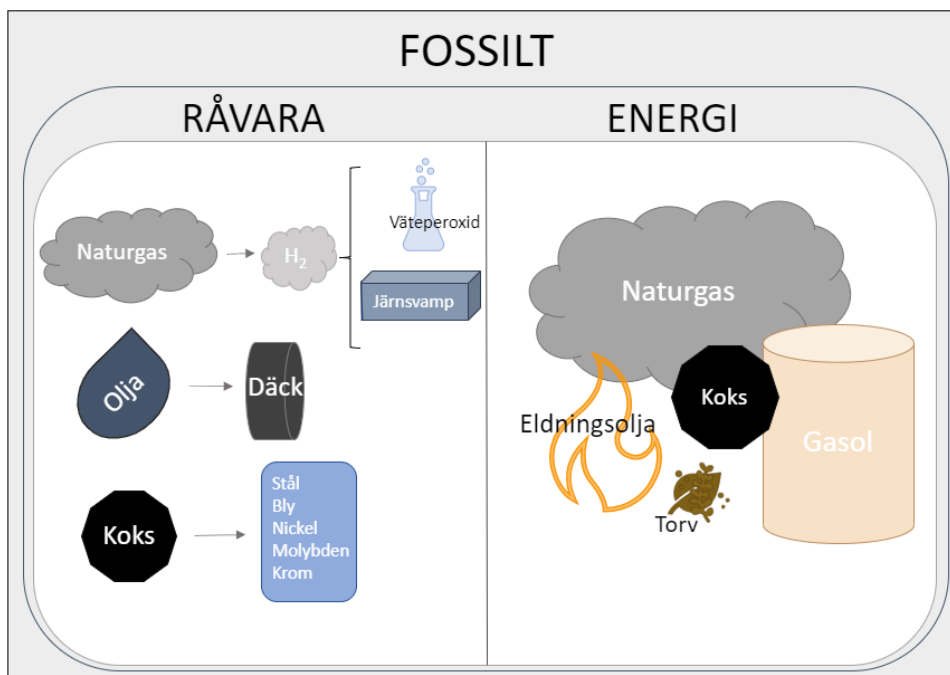


Figur 2.6: Användning av fossila bränslen inom branscherna, stora ($\geq 20\,000$ MWh fossilt/år) och små ($<20\,000$ MWh fossilt/år) aktörer (Region Skåne, 2019; MR, 2021).

Då användningen av fossilt är så dominerad av ett fåtal aktörer finns det sannerligen skäl att utvärdera hur detta kan komma att påverka energiomställningen, eftersom en eventuell elektrifiering innebär att lasterna på elnätet blir särskilt stora på ett antal platser.

Fossilt – som råvara eller energi?

Användningen av fossila bränslen kan delas upp i två områden (se figur 2.7): antingen används det som bränsle för att tillhandahålla värme till processer eller så används det som råvara eller reduktionsmedel.



Figur 2.7: Illustration över vanligt förekommande fossila bränslen i Skåne, vilka som används som råvara/reduktionsmedel (samt vanliga produkter) och vilka som brukas som bränsle (MR, 2021).

De branscher som dominerar bruket av naturgas är livsmedelsindustrin, kemiindustrin samt metallindustrin. Koks och petroleumkoks används mestadels inom metallindustrin. Gasol används främst inom mineralindustrin, livsmedelsindustrin samt pappersmassaindustrin (Region Skåne, 2019).

Naturgas används både som bränsle och råvara som reduktionsmedel. Gasol används enbart som bränsle. Koks används nästan uteslutande som reduktionsmedel, men förekommer som bränsle också. Olja används enbart som råvara (Region Skåne, 2019).

Användningen av dieselbrännolja och eldningsolja är mer spridd över branscherna, där många mindre industrier utgör en stor del av den totala användningen. Bland de större aktörerna används ofta eldningsolja och dieselbrännolja som uppstartsbränsle eller reserv- och spetslastbränsle, och därav i mindre kvantiteter relativt sätt om man jämför med nyttjandet av naturgas och gasol (Region Skåne, 2019).

Processer med fossila bränslen

Nyckelprocesserna inkluderar ångproduktion, uppvärmning, förbränning, smältning, gjutning, härdning, torkning, bränning, ångreforming, reduktion och rökgasförbränning. En kortfattad beskrivning av dessa görs nedan. Notera att vissa processer kan användas i flera syften och en skarp avgränsning är svår att göra.

Ångproduktion är en central funktion i de flesta industrier. Merparten av industrierna i Skåne har ett ångsystem som består av ett antal ångpannor, matarvattenapparat, rörledningar, värmväxlare och kondensatorer, som nyttjas för att producera, transportera och bruka värmeenergi mellan anläggningarnas olika delar. Mediet för transport av värme är oftast mättad vattenånga och vid måttligt tryck på 10–40 bar är temperaturen på ångan 180–250 °C (Jernkontoret, u.å.). En del processer kräver en högre temperatur och då kan ångan trycksättas ytterligare och bli en så kallad överhettad ånga. Processen går till så att ångpannan eldas med

naturgas eller gasol (eller biogas), vatten hettas upp till ånga som sedan trycksätts till önskad energimängd. Sedan förs ångan till förbrukningsstället där den avger sin energi, varpå den kyls av, kondenseras och återgår till vätskeform. Det skall tilläggas att ångproduktion också kan åstadkommas med fasta (torv, pellets och skogsbiprodukter) eller flytande (eldningsolja och dieselbrännolja) bränslen (Energikontor Sydost et al., 2013). Ångproduktionen avser inte enbart att tillföra energi för uppvärmning utan kan också användas i syftet att torka. Ångan kan också ledas genom en turbin för att producera elektricitet.

Uppvärmning definieras i den här rapporten av de processer som omfattar kokning och värmebehandling av flytande eller semi-flytande material, så som vatten- och/eller kemikalielösningar, livsmedelsråvaror och dylikt. I denna kategori kan processer som indunstning, destillering och raffinering ingå. Processtemperaturerna för denna typ av värmebehandling är relativt låga.

Förbränning avser den värmebehandling som görs på fasta och hårda material så som mineraler och metaller, och sker då i de högre processtemperaturerna. Förbränning utförs i olika typer av ugnar (i Skåne finns bland annat tunnelugnar, bandugnar, schaktugnar, batchugnar, kupolugnar och härdugnar) och dessa drivs vanligtvis med naturgas eller gasol. Förbränningen avser antingen att förgasa och/eller smälta ett material för vidare bearbetning.

Smältning avser den process som ämnar att få ett fast material att konvertera till flytande form. Syftet kan vara att separera ingående material i dess beståndsdelar, hårda materialet eller för att mjuka upp det för enklare bearbetning i senare produktionsled.

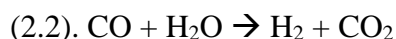
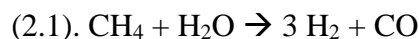
Gjutning är en mekanisk och termisk process som innebär att forma ett upphettat, flytande material till ett fast och hårt material. Denna process hör oftast ihop med *smältning*.

Härdning syftar på att göra ett material fast och fixerat genom att tillföra värme. Utförs oftast i högre temperaturer på material som är i fast form vid rumstemperatur.

Torkning innefattar de processer som utförs i syfte att evaporera vätska från ett objekt.

Bränning avser den värmebehandling när ett objekt utsätts för direkt värmelåga, i syfte att exempelvis hårda ytan eller för torkning.

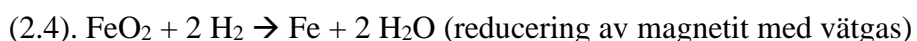
Ångreforming är en process där naturgas värms upp till 700–1000 °C (Uniper, u.å.) för att producera vätgas, enligt formel 2.1 och vidareförädling i ”water gas shift” enligt formel 2.2.



Det behövs cirka 2 kg naturgas för att producera 1 kg vätgas (Ptable, u.å.), alltså konsumeras omkring 20 kWh naturgas per kg producerad vätgas i ångreformationen (Energigas Sverige, 2022). Vätgasen används i senare produktionsled som reduktionsmedel (Tibbelin et al., 2022).

Reduktion handlar rent kemiskt om att ”ta bort” syre från en molekyl. I Skåne används både koks och naturgasproducerad vätgas som reduktionsmedel till olika processer. För reduktion av järnmalm (järnoxid) finns två huvudvägar; antingen används metallurgisk koks enligt formel 2.3 eller så kan vätgas enligt formel 2.4 användas (Arkell, 2022).





Rökgasförbränning är den process som görs med avsikt att rena gasen från partiklar och stoft. Alla industrier måste ha någon form av rökgasrening för att filtrera bort hälso- och miljövådliga substanser – så som kväve- och svaveloxider – och hos de industrier som har en stor mängd ofullständigt bränt material, måste dessa partiklar brännas vid minst 900 °C. Därefter kan gasen tvättas med skrubbers, filter och dylikt. Andra industrier använder enbart mekanisk rening och behöver ingen rökgasförbränning.

I tabell 2.1 finns en förenklad sammanfattning över den fossila användningen för varje bransch – och om bränslet används som råvara (R) och/eller energi (E) – samt nyckelprocesser och ungefärliga intervall av processtemperaturer.

Tabell 2.1: Fossila bränslen, nyckelprocesser och temperaturintervall per bransch (MR, 2021).

Bransch	Fossilt bränsle	Processer	Temperaturer
Livsmedel	Naturgas (E)	Ångproduktion	100 – 350 °C
	Gasol (E)	Uppvärmning	
		Torkning	
		Bränning	
Metall	Naturgas (E/R)	Förbränning	1 000 – 5 000 °C
	Koks (R)	Smältning	
		Gjutning	
		Ångreformerering	
		Reduktion	
		Rökgasförbränning	
Kemi	Naturgas (E/R)	Ångproduktion	200 – 1 500 °C
	Olja (R)	Uppvärmning	
		Förbränning	
		Ångreformerering	
Mineral	Gasol (E)	Förbränning	300 – 1 600 °C
	Naturgas (E)	Smältning	
	Koks (E)	Gjutning	
		Härdning	
		Torkning	
		Bränning	

Pappersmassa	Gasol (E)	Ångproduktion	150 – 450 °C
	Naturgas (E)	Uppvärmning	
	Eldningsolja (E)	Torkning	
		Bränning	

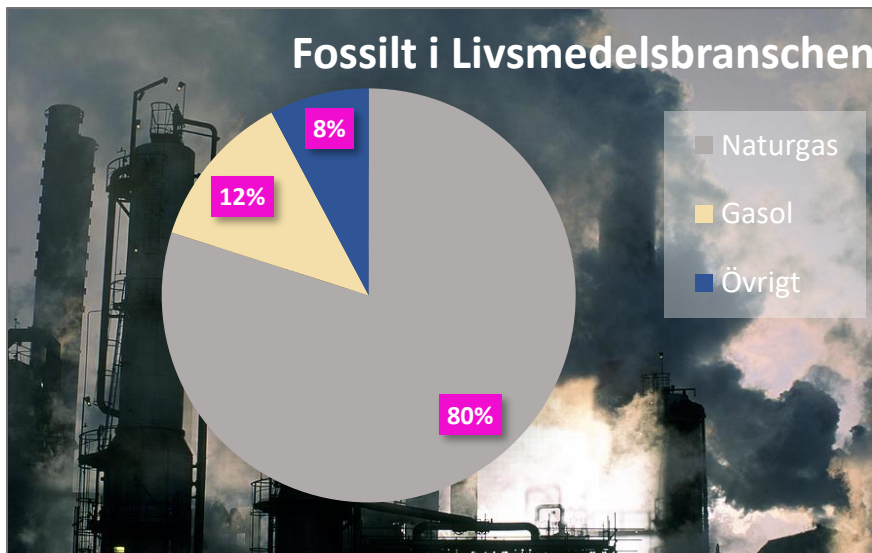
2.2.2 Detaljerad branschbeskrivning

Livsmedelsindustrin

Den skånska livsmedelsindustrin består av många mindre aktörer och ett dussin stora och anläggningarna är utspridda över regionen. De större aktörerna är framför allt lokaliserade i Eslöv, Malmö och Kristianstad. Dessa tillverkar allt ifrån basvaror som socker, mjölkprodukter och kött till konserverad mat och paketerade färdigrätter. Gemensamt för samtliga är behovet av energi för uppvärmning i olika former av tillagning; kokning, stekning och bakning av mat och bröd, torkning för beredning av livsmedels- och foderråvaror så som socker, grödor och stärkelse, destillering av spritdrycker samt pastörisering av mjölkprodukter. På de flesta av anläggningarna är ångproduktionen central för den värmebehandling som försiggår (MR, 2021).

Processtemperaturerna varierar beroende på vad som tillverkas, men överlag har livsmedelsindustrin relativt sett låga driftstemperaturer. Inom socker- och spritindustrin, där en rad indunstnings- och evaporationsprocesser avlöser varandra, är temperaturerna runt 70–80 °C. Av de aktörer som bakar och steker är temperaturerna litet högre, omkring 200–350 °C. Inom mejeribranschen behöver temperaturerna vara kring 100 °C för att sterilisera produkterna (MR, 2021).

Som figur 2.8 visar dominerar användningen av naturgas (80%) och gasol (12%) produktionen. Det fossila inom livsmedelsindustrin används uteslutande som bränsle (Region Skåne, 2019). Även om fossilt inte används som råvara uppstår processgenererade utsläpp i viss mån hos livsmedelsindustrin, i form av etanolutsläpp vid jäsning av stärkelseprodukter (MR, 2021). Men eftersom ursprunget inte är fossilt – snarare biogent – kommer den här rapporten inte undersöka saken närmare.



Figur 2.8: Fossilt inom livsmedelsbranschen (Region Skåne, 2019).

I Eslöv produceras strösocker ifrån sockerbetor. Från ett antal ångpannor, eldade med naturgas, produceras den värme som anläggningen behöver. I processen tillkommer kalkbränning, det vill säga att kalksten bränns tillsammans med koks i en kalkugn (MR, 2021). Anläggningen inkluderar kärl för kokning av strimlade betor (omkring 70 °C), filtreringssteg för att ta bort oönskade ämnen (CO₂ från kalkbränningen används), evaporation (indunstning) i flera steg för att koncentrera sockerjuicen och centrifuger för att separera kristallerna innan de når torkstationen med ångtork och fläktar (Nordzucker, u.å.). I Eslöv finns också en annan stor livsmedelsproducent och den anläggningen är inriktad på tillverkning av konserverade, kylda, djupfrysta och torkade livsmedelsvaror. Anläggningen har ett antal naturgaseldade ångpannor som försörjer produktionsprocesser och lokaler med värme samt kompressorsanläggningar för framställning av kyla. På anläggningen finns lager, frysar och kylar för förvaring av tillagade produkter och halvfabrikat (MR, 2021).

I Malmö finns en aktör som tillverkar matbröd och skorpor. På anläggningen finns ett antal gaseldade pannor samt ett antal ugnar som drivs med naturgas. Temperaturen i ugnarna antas vara 200–250 °C. Ångpannorna används för att producera varmvatten och ånga till jäsningsprocess och bakugnar. I Malmö återfinns ytterligare en stor aktör som sysslar med mejeriverksamhet. Anläggningen har ett antal ångpannor som drivs med bland annat naturgas, som används för värmebehandling av mjölkprodukter samt hetvatten för diskanläggningar. I mjölkbehandlingen ingår bland annat separering och pastörisering (vid 72–100 °C (Livsmedelsverket, 2022), ibland lite högre temperaturer för längre hållbarhet och för lagring av färdiga mjölkprodukter finns kylanläggningar (Ekman, 2022).

I Helsingborg finns en tillverkare av olika typer av matfett; margarin, färskost och vegetabiliska gräddprodukter. Anläggningen har ett antal ångpannor som drivs med naturgas och som skänker värme till processer som destillering och pastörisering. Ångpannorna levererar högttrycksånga med temperatur på cirka 150–250 °C (MR, 2021).

I Kristianstad finns tre större industrianläggningar som använder gasol för produktion av stärkelse (potatismjöl), kött och djurfoder. Då majoriteten av dessa aktörer nyligen övergått till biogas och bioolja (MR, 2021) kommer de inte utredas vidare i den här studien gällande teknikbyte och elektrifiering.

Tabell 2.2: Sammanfattning skånsk livsmedelsindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt bränsle används och ungefärliga processtemperaturer.

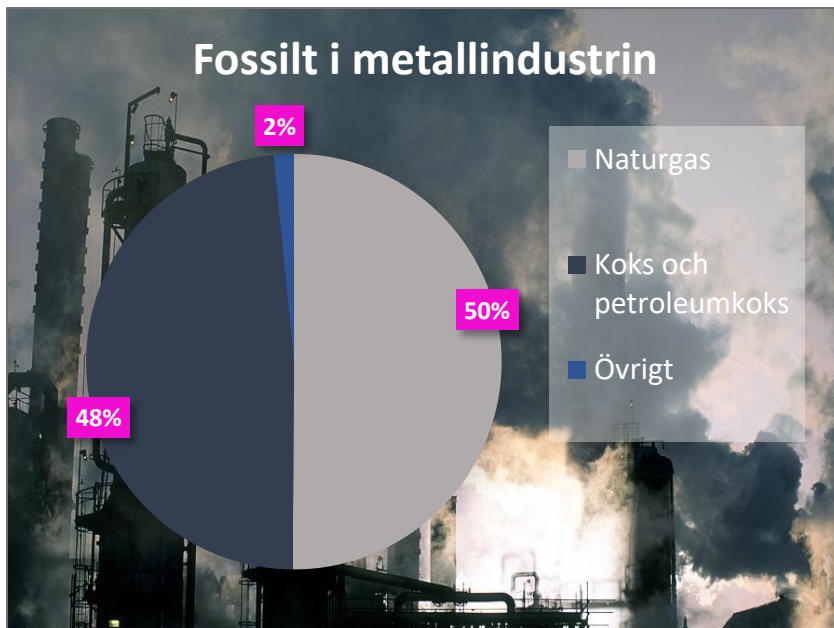
Varor	Nyckelprocess	Fossilt bränsle	Temperaturer (°C)
Strösocker	Ångproduktion → Indunstning, torkning	Naturgas	70
Diverse kylda, konserverade, torkade livsmedel	Ångproduktion → uppvärmning	Naturgas	100–200
Mjölksprodukter	Ångproduktion → pastörisering	Naturgas	100
Bröd	Ångproduktion → bakning	Naturgas	350
Matfett	Ångproduktion → Indunstning/raffinering	Naturgas	150–250

Metallindustrin

I den skånska metallindustrin är det ett fåtal företag som dominerar användningen av fossila bränslen. Inom branschen sker primärproduktion av järnsvamp och koppar men även sekundärproduktion av stål, bly och värdefulla metaller så som molybden, nickel och krom. Produktionen är främst belägen längs Skånes nordvästra kust (MR, 2021).

Gemensamt för aktörerna är att deras processer inkluderar förbränning, smältning och reduktion av ingående material. Processtemperaturerna ligger i det högre intervallet från 1000 till 5000 °C beroende på vilken smältpunkt de olika metallerna har samt vilken separationsteknik som används (MR, 2021).

Som figur 2.9 visar består den fossila användningen nästan enbart av naturgas och koks. Förutom att naturgas används som bränsle används det även som råvara i ångreformeringsprocesser till vätgas, som i sin tur agerar reduktionsmedel i produktionen av järnpulver. Av den naturgas som brukas totalt sett inom branschen används 12% till detta syfte, resterande används som bränsle till förbrännings- och smältningsprocesser. Koks och petroleumkoks används uteslutande som råvara och reduktionsmedel för att extrahera stål och metaller från metallskrot och metallstoft (MR, 2021).



Figur 2.9: Fossilt inom metallbranschen (Region Skåne, 2019).

I Höganäs återfinns en aktör som producerar järn- och stålpulver. Naturgas används som bränsle i tunnelugnar och bandugnar, samt som råvara i reformering till vätgas (19%) (Pettersson, u.å.). Processtemperaturerna i reduktionsugnen är som högst 1 200 °C. Vätgasen injiceras i ugnarna tillsammans med råvaran (järnoxid) för att avlägsna syret. Koks bränns också av i ugnen, bildar CO som reducerar järnet till stål (Arkell, 2022).

I Landskrona återfinns en aktör som återvinner bly och plast från bland annat uttjänta bilbatterier genom en smältprocess. Först krossas det ingående materialet och lättseparatorad plast avlägsnas. Sen blandas det krossade batteriet med koks och petroleumkoks och värms upp i en schaktugn till 1 100 °C för att avlägsna svavelrester från batterisyran. Det upphettade blyet tappas av i baljor som hålls varma med naturgas. Genom en raffineringsprocess tas ytterligare föroreningar bort och olika legeringsämnen tillförs för olika materialegenskaper hos den önskade produkten. Rökgaserna som uppstår förbränns med naturgas. I Landskrona finns också en annan aktör inom branschen, som återvinner rostfritt stål (metallstoff) till dess beståndsdelar järn, nickel, molybden, krom och mangan. Det ingående materialet smälts i en schaktugn med en plasmagenerator, och processtemperaturerna är mycket höga; kring 5 000 °C. Utsläppen uppstår främst då koks används som reduktionsmedel. Processgaserna renas genom förbränning (MR, 2021).

I Helsingborg finns en aktör som tillverkar koppartrådar. I en naturgaseldad ugn smälts koppar (temperatur över 1 000 °C) i tillskott av isopropanol. Rökgaserna som uppstår i ugnen renas i ett filter. Den flytande kopparen åker vidare i processen för gjutning och valsning (MR, 2021).

Tabell 2.3: Sammanfattning skånsk metallindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt används som bränsle och/eller råvara samt ungefärliga processtemperaturer.

Varor	Nyckelprocess	Fossilt bränsle/råvara	Temperaturer (°C)
Järn- och stålpulver	Förbränning Ångreforming	Naturgas	1 200
Bly	Smältning Reduktion	Naturgas Koks	1 100

Stål och värdefulla metaller	Reduktion	Koks	5 000
Koppartrådar	Smältning Gjutning	Naturgas	1 000

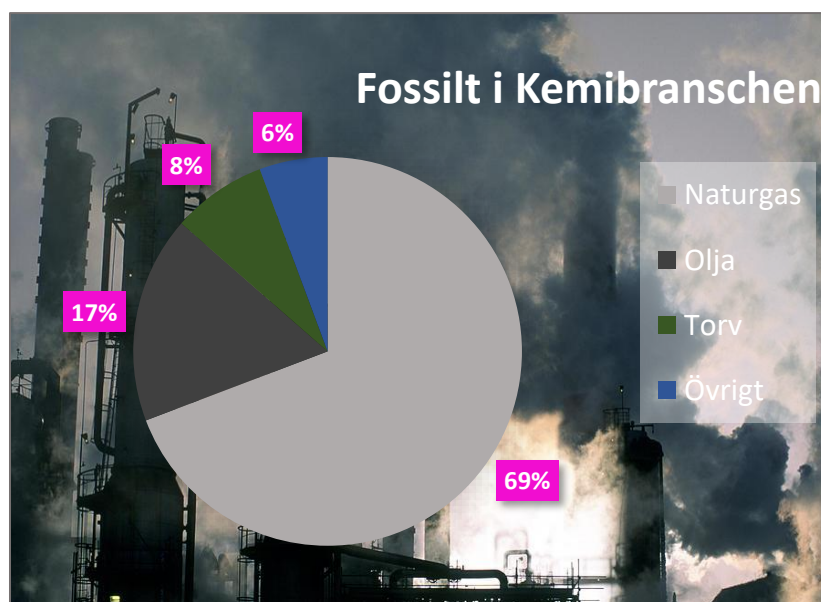
Kemiindustrin

Den skånska kemiindustrin omfattar produktion av bland annat råvaror för tillverkning av gummi, kemikalier för vattenrening och blekning av papper samt specialkemikalier för diverse ändamål, däribland för applikationer inom färg-, plast-, textil-, läkemedel- och livsmedelsindustri. Geografiskt sett är de största aktörerna belägna västerut i regionen.

Processerna inom kemiindustrin varierar stort eftersom det är en bred spridning på typen av varor som produceras. Men det gemensamma är att alla anläggningar har en typ av uppvärmning, förbränning eller förgasning. Merparten av anläggningarna har ett ångsystem som förser processerna med den värme som behövs för att de kemiska reaktionerna ska äga rum. En del har gaseldade pannor som drivs med naturgas, men det finns också flytbränslepannor som drivs med eldningsolja och/eller avfallsbränsle samt fastbränslepannor som eldar bland annat torv och biprodukter från skogen (MR, 2021).

Förutom de energirelaterade utsläppen uppstår en del processrelaterade utsläpp, när naturgas och olja används som råvara för att tillverka önskad produkt. Naturgas hettas upp i ångreformeringsprocesser för att producera vätegas som i senare led används för att producera väteperoxid. Processtemperaturerna inom kemiindustrin varierar från relativt låga (runt 200–500 °C) till måttligt höga (1 200–1 600 °C).

Det vanligaste fossila bränslet inom kemiindustrin är naturgas, följt av tunga oljefraktioner. Sedan följer användningen av torv och eldningsolja (se figur 2.10).



Figur 2.10: Fossilt inom kemibranschen (Region Skåne, 2019).

I Malmö produceras kimrök (ett kolpulver som används som utfyllnadsmedel i bildäck och tillverkning av färgpigment) genom att förbränna tunga oljefraktioner tillsammans med naturgas och syrgas. Oljan agerar som råvara och naturgasen som bränsle. För detta ändamål används en eldfast ugn som klarar av de höga processtemperaturerna (1 320–1 540 °C).

Oljan sprayas in i den föruppvärmda delen av ugnen, bildar kimrök som redan renas från oönskade ämnen med injektion av vatten och separeras sen till ett pulver i filtreringssteget. Processen sker under väl kontrollerade former med underskott av syre, så en ofullständig förbränning ger upphov till sot/kimrök. Restgaserna som bildas i reaktionen leds antingen till en ångpanna för att generera värme eller så facklas dem (Orion Engineered Carbons, u.å.).

I Helsingborg återfinns en aktör som producerar bland annat väteperoxid (kemikalie för bland annat blekning av pappersmassa och vattenrening), svavelsyra, sulfat/saltsyra och kalciumklorid. Produktionen använder naturgas både som bränsle och råvara, i synnerhet i tillverkningen av väteperoxid, där naturgas genom ångreformation bildar vätgas som används som insatsråvara. Andelen av naturgas som används för vätgasproduktion är 75% av den totala användningen, resterande naturgas används som energi. Anläggningen har en ångcentral som ansvarar för att distribuera ånga och el mellan anläggningens olika delar. Den tar emot överskottsånga från tre andra fabriker och har också naturgaseldade reservpannor som kan leverera ånga under olika tryck vid behov. Ångan distribueras i trycken 5, 19 och 25 bar och därav är den maximala leveranstemperaturen cirka 230 °C. I kalciumkloridfabriken sker processbildat utsläpp vid förbränning av kalksten (MR, 2018).

I Klippan ligger en anläggning som producerar gelatin från grissvålar. I huvudsak försörjs fabriken med energi från naturgas. Ångproduktionen tillför värme för vattenextraktion och indunstning samt maskindrift för processer som filtrering, torkning, malning och blandning (MR, 2021). Processen går till så att grissvålarna förbehandlas och tvättas med syra, sen extraheras gelatinet med uppvärmt vatten i olika steg från lägre till högre temperaturer. Detta sker under en så kallad kontinuerlig process; tvättade grissvålar och uppvärmt vatten adderas samtidigt som färdig gelatinlösning åker vidare till nästa steg, som innebär att lösningen renas från oönskade ämnen genom high-performance separator och filter. Sen koncentreras lösningen genom flera steg av indunstning med hjälp av vacuum. Därefter torkas och steriliseras lösningen så det mesta av vattnet avgår innan steget med malning och blandning inleds för att tillverka den färdiga produkten (Gelita, u.å.).

I Perstorp finns en industripark där specialkemikalier tillverkas, bland annat formalin, myrsyra och polyoler. Flera företag verkar inom området och samverkar genom att den energi de förbrukar kommer från samma ångcentral. Ångpannorna eldas med bland annat eldningsolja och torv, flytande produktionsspill (mestadels restmetanol), skogsbiprodukter och flis, pellets, animaliska biprodukter och flytande avfallsbränslen. Huvudångpannan, en fastbränslepanna, levererar ånga vid 65 bar och 475 °C till en turbin som försörjer delar av anläggningens elbehov. Förutom att producera ånga förbränner även ångcentralen restgaser från industriparkens fabriker, varpå koldioxidutsläpp uppstår. Processerna att tillverka kemikalierna är avancerade, många och innebär flera steg och det är inte relevant att redogöra för alla, då den största klimatpåverkan inte utgörs där. Temperaturerna anses vara måttligt låga, inga reaktorer antas överstiga 500 °C (MR, 2021).

Tabell 2.4: Sammanfattning skånsk kemiindustri; produkt, nyckelprocess, fossil användning och ungefärliga processtemperaturer.

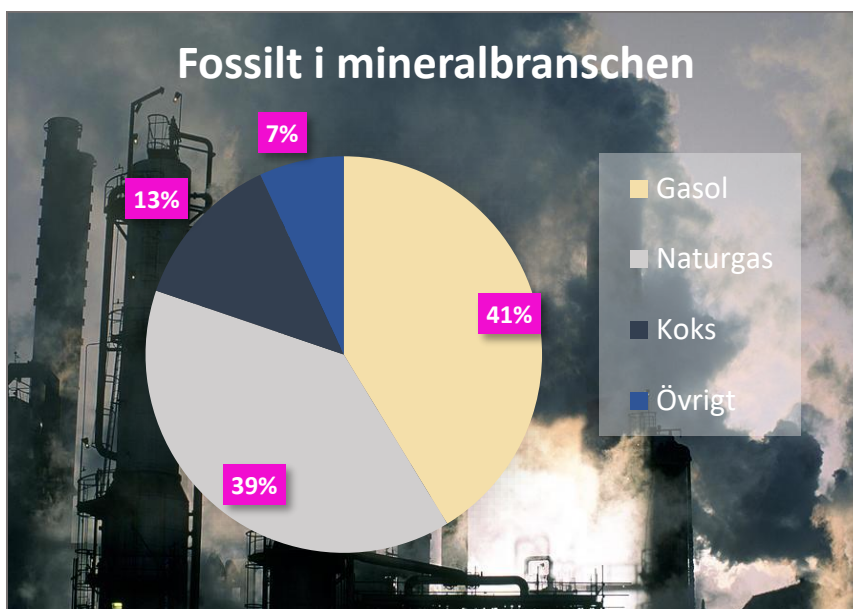
Varor	Nyckelprocess	Fossilt bränsle/råvara	Temperaturer (°C)
Kimrök	Förbränning	Naturgas Olja	1 320–1 540
Baskemikalier	Ångreformerig Ångproduktion	Naturgas	700–1 000 230

Gelatin	Ångproduktion	Naturgas	100–200
Specialkemikalier	Ångproduktion	Eldningsolja Torv	≤500

Mineralindustrin

Mineralindustrin innefattar produktion av icke-metalliska råvaror och produkter. Den skånska produktionen av mineralbaserade produkter är ganska jämnt fördelad över regionen, men de största aktörerna verkar i de nord- och nordöstra delarna. De tillverkar huvudsakligen olika byggprodukter; däribland isolering, gips, tegel och keramik. Denna produktion inkluderar processer som förbränning, smältning, gjutning och torkning och processtemperaturerna är måttligt höga, kring 1 000–1 500 °C (MR, 2021).

Bränslet till processerna domineras av gasol och naturgas, men även koks förekommer som bränsle (se figur 2.11). Användningen av gasol respektive naturgas beror på lokaliseringen av anläggningen; de industrier som är belägna österut använder gasol eller koks som bränsle eftersom de inte har någon anslutning till naturgasledningen.



Figur 2.11: Fossilt inom mineralbranschen (Region Skåne, 2019).

I Bjuv återfinns en industri som tillverkar isolermaterial för diverse bruk inom byggindustrin. Den främsta produkten är glasull och råvaran för denna är återvunnet krossglas, sand och upparbetat glasullsavfall. Smältning av ingående material sker i elektriska smältugnar i en temperatur på 1 400 °C (Byggipedia, u.å.a). Efter smältning pressas den flytande glasmassan och spinns till fibertrådar. Trådarna blandas med bindemedel, härdas i en naturgasdriven ugn, samlas upp och formas för vidare kylning och formatskärning till önskad slutprodukt.

Rökgaserna renas genom filter och skrubbar (MR, 2021). I Bjuv återfinns också en aktör som tillverkar eldfasta produkter i form av specialtegel. Färdigt tegel köps in, vägs och blir tillsatt fukt, varpå de bränns i en naturgaseldad batchugn (Riedhammerugn).

Förbränningstemperaturerna är cirka 1 250–1 450 °C (Höganäs Borgestad, u.å.).

I Kristianstad finns en aktör som tillverkar gipsbaserade produkter till byggindustrin. Den typ av gips som främst produceras är så kallat industrigips, vars råvara framställs ur restprodukterna från rökgasreningen vid kolkraftverk (kalksten). Även en mindre del (10%)

returgips behandlas och återvinns till nya gipsskivor. Produktionen inkluderar kvarnar för malning av ingående råvara, blandning med vatten, bstrykning på kartong, torkning av gipsskivor i gasoleldad torkugn på cirka 300 °C, sågning och paketering. Rening av rökgaser sker genom textilfilter (MR, 2021; Byggipedia, u.å.b).

I Hässleholm finns en aktör som tillverkar isolering (stenu) genom smältning av sten och mineral. Processen inkluderar en kupolugn som smälter råvaran, spinnkammare som spinner det smälta materialet till trådar tillsammans med bindemedel, samt en härdugn som fixerar bindemedlet i trådarna, sen följer kylning och slutformation. Kupolugnen eldas i huvudsak av koks och processtemperaturen är över 1 500–1 600 °C för att smälta stenmaterialet (Byggipedia, u.å.a). Rening av rökgaser inkluderar textilfilter, förbränning och tvättning med skrubber. Viss energi återvinns från rökgaserna och recirkuleras i processen (MR, 2021).

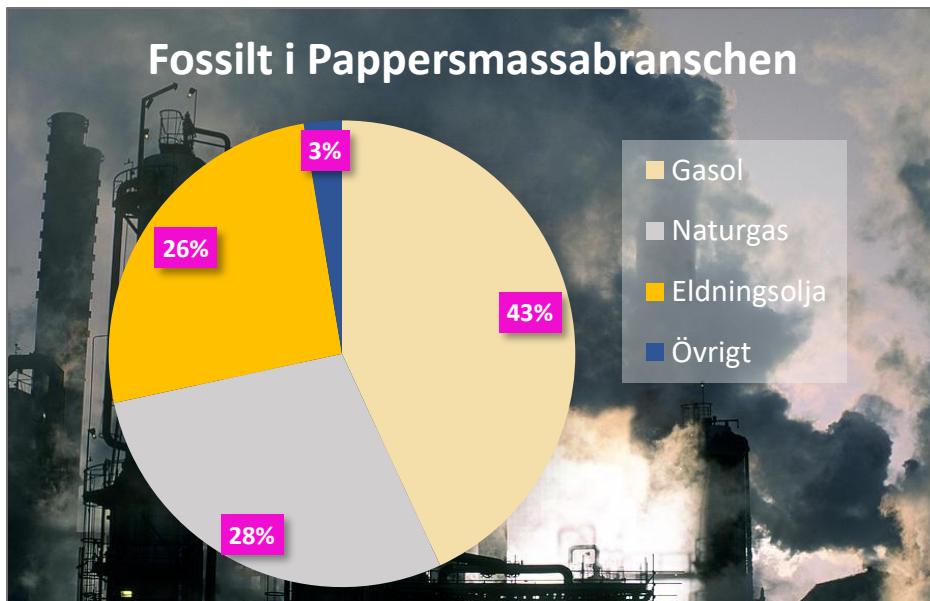
I Bromölla finns en aktör som tillverkar keramiska sanitetsartiklar, däribland toalettstolar. Processen går kortfattat till så att råvaran (leror och sand) löses upp i vatten, sedan gjuts massan till önskad form, därefter sker torkning och bränning efter glasering. Själva gjutformarna som är i härdplast produceras också på anläggningen genom öppen gjutning och mekanisk bearbetning. Förbränningen sker i tunnelugnar som är gasoleldade vid en temperatur på 1 210 °C. 87% av gasolen används i tunnelugnarna. Torkning sker i skyttelugnar som också är gasoleldade (MR, 2021).

Tabell 2.5: Sammanfattning skånsk mineralindustri; produkt, nyckelprocess där fossilt bränsle används och ungefärliga processtemperaturer.

Varor	Nyckelprocess	Fossilt bränsle	Temperaturer (°C)
Glasull	Härdning	Naturgas	1 400
Gips	Torkning	Gasol	300
Stenu	Smältning Härdning	Koks Gasol	1 500–1 600
Toalettjäser	Förbränning	Gasol	1 210
Specialtegel	Förbränning	Naturgas	1 250–1 450

Pappersmassaindustrin

Pappersmassaindustrin i Skåne utgörs av ett par aktörer och är lokaliserade i kommunerna Bromölla och Klippan. De pappersprodukter som tillverkas inkluderar obestruket finpapper samt färgat mjukpapper. I processerna används i storleksordning gasol, naturgas samt eldningsolja för att producera ånga för kokning, torkning och rullning, se figur 2.12. Processtemperaturerna är relativt till måttligt låga, från 150 till 450 °C.



Figur 2.12: Fossilt inom pappersmassabranschen (Region Skåne, 2019).

I Bromölla tillverkas pappersmassa och obestruket finpapper. Massaproduktionen inkluderar vedhantering, rensning, kokning, silning, tvätt, blekning samt eftersilning och papperstillverkningen inkluderar formering, torkning samt omrullning. Anläggningen har en ångcentral som försörjer fabriken med värme och delvis drivs med fastbränslepannor som bränner trämaterial (bark, kvistar och dylikt) samt rejekt (dåligt kokad flis som avskiljs från silningen), avlut (restvätska från massakok), fiber- och bioslam samt UF-koncentrat (högmolekylärt organiskt material från slamanläggning) och externa biobränslen. Även eldningsolja bränns i återvinningspannan och gasol i en ångpanna vid behov. Rening av restgaser sker genom filter samt tvättas med skrubber, för att få bort svaveldioxid sker förbränning i svavelugn (MR, 2021).

I Klippan produceras färgat mjukpapper. Pappersmassan köps in, löses upp i vatten och tillförs färg. Fabriken har ett antal ångpannor som eldas med naturgas, vars ånga används för torkning (150–210 °C) av den färgade pappersmassan, från en fukthalt på 95% till 5%. Brännare används också med en högre temperatur (450 °C) i torkprocessen (MR, 2021; Thurnäs, 2022).

Tabell 2.6: Sammanfattning skånsk pappersmassaindustri; produkt, nyckelprocess, fossil användning och ungefärliga processtemperaturer.

Varor	Nyckelprocess	Fossilt bränsle	Temperaturer (°C)
Obestruket finpapper	Ångproduktion	Eldningsolja Gasol	150
Färgat mjukpapper	Ångproduktion → Torkning Bränning	Naturgas	150–210 450

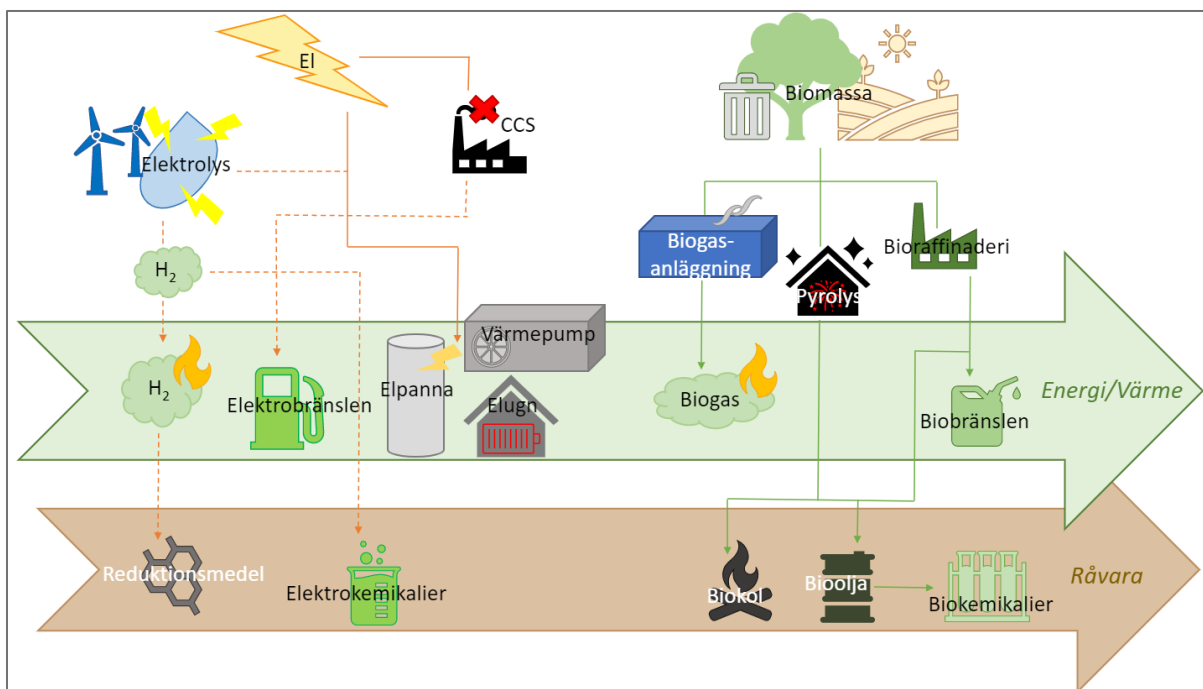
3. Industrins omställning

Det finns många olika vägar för industrin att ställa om från fossilt till förnybart.

Huvudsakligen kan de delas in i två grupperingar; *elektrifiering* och *biomassa*. Dessa två alternativ behöver nödvändigtvis inte konkurrera med varandra, men då båda kan användas för att producera energi och råvara (se figur 3.1), blir de på sätt och vis motkandidater när industrier står i valet att investera i ny teknik eller byte ut sitt bränsle. CCS klassas egentligen som ett separat spår, eftersom det fossila fortfarande används men kompenseras för, men i den här rapporten går tekniken in under begreppet elektrifiering.

I *elektrifiering* ingår processer där värme genereras med antingen *direkt elektrifiering* eller *indirekt elektrifiering*. Den *direkta elektrifieringen* innebär oftast (men inte alltid) implementeringen av mogen och kommersiellt tillgänglig, till exempel elugnar eller plasmageneratorer. Som tidigare nämnt har en del industrier i Skåne elektrifierats i hög grad och är stora elförbrukare i dagsläget. Vissa har elektrifierat sin tillverkning delvis för att vid behov öka effekten och energitätheten i värmebehandlingen. Den *indirekta elektrifieringen* innebär allt som oftast implementering av omogen teknik och lösningar som befinner sig på forskningsnivå, i pilotstudier eller projekt och ännu inte skalats upp och etablerats på marknaden, till exempel fossilfri vätgas med dess olika användningsområden.

I omställningen från fossilt till *biomassa* är idén att med hjälp av biogena resurser byta ut det fossila bränslet till biogena bränslen. Användningen av biogas är en mogen teknik och flera industrier i Skåne använder en del biogas och har ambitioner att öka andelen. För ändamål som handlar om att ersätta fossila råvaror, men också för värme och energi, finns biokol och bioolja. Bioolja i form av exempelvis biodiesel för transport används på vissa håll inom industrin idag, men bioolja i form av råvara är ännu en kommersialiserat.



Figur 3.1: De två vägarna för omställning; elektrifiering kontra biomassa. Streckad orange linje står för indirekt elektrifiering.

3.1 Elektrifiering som förnybart alternativ för industrin

El är inte en råvara i sig, men kan användas för att tillföra energi och värme till en process eller för att producera råvaror så som elektrobränslen och elektrokemikalier (Energimyndigheten, 2021).

3.1.1 Direkt elektrifiering

På samma sätt som termiska processer drivs med hjälp av naturgas, olja och gasol, i gas- och flytbränsleeldade pannor och ugnar, kan elektrifierande tekniker göra samma sak med hjälp av elektrotermisk och elektromagnetisk energi. Det finns olika tekniker för att åstadkomma elektrisk värmegenerering men alla tekniker fungerar inte för alla typer av processer och det ska noteras att temperatur och värmeobjektets materialkomposition är avgörande för vilken teknik som lämpar sig bäst (Ekwall, 1991).

Högtemperaturvärmepumpar

Värmepumpar omvandlar energitätheten i restflöden genom att ta energi från en värmekälla och avge den i en högre temperatur. Denna process kan drivas både med el och värme (bränsle). Komponenterna i en värmepump består utav en kompressor – som genererar energi till processen – samt en evaporator och en kondensator som utgörs av värmeväxlare. Verkningsgraden är kring 50% för en eldriven värmepump (Ekwall, 1991). Vanliga värmepumpar, som installeras i bostadshus, kan inte leverera värme i högre temperaturer än 40–70 °C. Inom industrin krävs oftast mycket högre temperaturer än så och då kan högtemperaturvärmepumpar användas, som har en teoretisk potential att nå upp till 400–500 °C. Dessa pumpar använder speciella typer av köldmedia samt restvärme och el. Det finns många typer av köldmedie, både naturliga så som vatten och luft och kolväten (exempelvis propylen och etylen), samt syntetiska som framställs genom att tillsätta klorid eller florid till de naturliga (Bassam, 2022). Temperaturhöjningen som kan åstadkommas genom HTVP beror på vilket köldmedie som används och det sker en del forskning på att ta fram nya köldmedium för processer med högre temperaturer. HTVP kan också seriekopplas för att nå högre temperaturlyft med högre effektivitet (Zühlsdorf et al., 2022). Störst användningsområde för HTVP finns inom livsmedelsindustrin, pappersmassaindustrin och kemiindustrin, som har relativt sett låga processtemperaturer. Särskilt stor potential verkar finnas inom livsmedels- och pappersmassabranschen, exempelvis för att generera värme till torkningsprocesser (Ekwall, 1991).

Elpannor

Elpannor är likartade bränslepannor, i det att de kan värma upp låga till måttligt höga processer, samt användas för att producera ånga. Elpannan omvandlar elenergi till värme i element med vatten och/eller ånga som avger värme till värmeobjektet genom konduktion och konvektion. Elpannan kräver hög primärenergi för drift vilket gör att bränslepannor är mer ekonomiskt fördelaktigt så länge gaspriserna är låga. Elpannan kan vara ett alternativ om en industri producerar kraftvärme då denna el är billigare (Ekwall, 1991). Men eftersom Skåne befinner sig i ett utmanande läge gällande elpriser kommer inte elpannan vara en teknik för vidare utvärdering i analysen – särskilt eftersom HTVP och andra tekniker har lägre behov av primärenergi och därav spås blir mer konkurrenskraftiga prismässigt – men det är ändå värt att nämna att den tekniska lösningen finns.

Elugnar

Elugnar använder elektrisk resistans i element för att avge värme, som genom konvektion, strålning och ibland konvektion transporteras till värmeobjektet. Temperaturerna i elugnarna

är vanligtvis mellan 1 000 och 2 000 °C. Värmeobjektet är ofta fasta material som föremål för smältning innan gjuteriprocess, så applicering i metallindustrin är mest lämplig. Men vid lägre temperaturer kan elugnar även användas i livsmedelsindustrin (Ekwall, 1991).

Radio- och mikrovågsvärmning

Med mikrovågsvärmning överförs värme via elektromagnetiska fält i olika frekvenser. Mikrovågorna kan överföras i frekvenser mellan 100 och 10 000 MHz och radiovågorna mellan 1 och 100 MHz. Denna typ av uppvärmning lämpar sig bäst när ett värmeobjekt ska värmas upp inifrån, eftersom vågorna – beroende på frekvens och värmeobjektets materialkomposition – kan penetrera djupt. Material som med fördel värms upp av mikrovågor är de med dålig värmeledningsförmåga. Tekniken lämpar sig därför bäst i livsmedelsindustrin samt kemiindustrin. I industriell applicering är verkningsgraden kring 50% men kan teoretiskt sett bli högre (Ekwall, 1991).

Infraröd värmning

Med infraröd värmning så överförs värme genom elektromagnetiska vågor (strålning) till värmeobjektet. Temperaturen kan regleras med strålintensiteten och det är möjligt att nå temperaturer över 2 000 °C. Genom att sänka effekten går det även att nå lägre temperaturer, under 700 °C. Eftersom infraröd strålning har en litet penetrationsdjupet hos de flesta material är denna värmebehandling mest lämpad för ytbehandling, dvs. torkning av papper, färger eller lacker. Men IR-H kan också användas vid tillagning av mat och sterilisering (Ekwall, 1991). Denna värmningsmetod kan alltså användas inom exempelvis kemiindustrin, pappersmassaindustrin och livsmedelsindustrin.

Direkt resistiv värmning

I direkt resistiv värmning genereras värme utifrån värmeobjektets resistans. En ström sänds genom värmeobjektet med hjälp av elektroder och värmeutvecklingen sker inuti materialet. Verkningsgraden är teoretiskt sett upp till 90% och denna teknik används ofta för att förstärka effekten i bränsleeldade ugnar. Tekniken lämpar sig bäst i metallindustrin, för produktion av metallstänger och trådar, samt för att härda ytor och carborisering av metaller, men även för bruk inom mineralindustrin (Ekwall, 1991).

Induktionsugnar

I induktionsugnar skapas magnetiska virvelströmmar inuti värmeobjektet i metall och utnyttjar också plasmatekniken. Värmen utvecklas först och främst i metallens ytskikt, men värmen kan gå inåt beroende på materialets komposition samt frekvensen på magnetfältet. Tillämpningsområdena är många för denna typ av värmebehandling eftersom det går att reglera uppvärmningen med hög precision. Tekniken kan exempelvis appliceras inom metallbranschen där induktionsugnar kan användas för att smälta och/eller härda metaller, hålla de överhettade och flytande under gjutning (Ekwall, 1991).

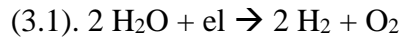
Plasmageneratorer/Ljusbågsugnar

I plasmageneratorer är det en gas som värms upp drastisk tills att den joniserat och blir en plasma. Detta kan ske i så kallade ljusbågsugnar som är väl känt och applicerat inom stålindustrin. Ljusbågen kan antingen vara i kontakt med värmeobjektet eller värma upp det utifrån. Eftersom ingen elektrisk ström går igenom materialet kan både värmeledande och icke-värmeledande material värmebehandlas med denna metod. Temperaturerna är mycket höga och lämpar sig därför bäst inom industrier som behöver kraftig värmebehandling, det vill säga i behandling av metaller (Ekwall, 1991).

3.1.2 Indirekt elektrifiering

Elektrolys och vätgas

Elektrolys, för produktion av förnybar vätgas, är en omtalad strategi för att uppnå klimatneutralitet. Tekniken går kortfattat till så att vattenmolekyler splittras med tillförsel av el, och därigenom delas vattenmolekylen upp i vätgas och syrgas, enligt formel 3.1.



För varje kilo vätgas som bildas går det åt 50 kWh el, vilket gör det till en elitensiv process. I det motsatta fallet kan ett kilo vätgas – i en bränslecell eller vätgasturbin - generera 33 kWh energi. Så som en följd av detta medför att omvandlingsförlusterna är rätt så omfattande (Vätgas Sverige, u.å.). Tekniken för elektrolytproducerad vätgas har funnits under lång tid och är tekniskt sett redo att skalas upp. En fråga som är värd att beakta är *hur* industrin kan få användning för vätgasen. Här listas tre alternativ.

- a) Ersätta den fossilbaserade vätgasen rakt av i de processer som använder vätgas som råvara eller reduktionsmedel. Dessa inkluderar främst metallindustrin samt kemiindustrin, som idag reformerar vätgas från naturgas.
- b) Ersätta de fossila bränslena som används i syfte att driva processer genom att tillverka elektrobränslen. På samma sätt också ersätta de fossilbaserade kemikalierna genom att producera elektrokemikalier (Energimyndigheten, 2021).
- c) Ersätta fossila gasbränslen inom industrin i pannor, brännare och ugnar.

Även om alternativ tre till synes ligger en bit in i framtiden för de skånska aktörerna, finns det företag som redan anammat idén med vätgas som bränsle. Företaget Ovako har utvecklat vätgasbrännare för att smälta stål, där vätgasen tillsammans med syre ger upphov till en förbränningsprocess i ugnar (Ovako, u.å.). På Lindes Combustion Technology Center utförs tester att smälta aluminium med vätgas, för att utvärdera potentialen för vätgasen att ersätta de fossila bränslena i aluminiumindustrin (Linde, u.å.).

Carbon Capture Storage and Utilization

Carbon Capture Storage (på svenska: koldioxidavskiljning, transport och lagring) är ett samlingsbegrepp för de metoder som går ut på att samla in genererade koldioxidutsläpp i den industriella processen. Bio-CCS handlar om att fånga in utsläpp som kan härledas till biomassa – och anses vara koldioxidneutrala – och applicering av denna teknik medför då till negativa utsläpp (Energimyndigheten, 2021). Här listas tre typer av CCS.

- a) *Pre-combustion*
Tekniken som kallas pre-combustion handlar om att ta bort kolet innan förbränning. Detta innebär att kolvätena (med ursprung från fossila eller biogena källor) separeras till koldioxid och vätgas, varav den först nämnda samlas in och den senare används som bränsle. Denna teknik kan vara lämplig på anläggningar som i sin process förgasar olja eller kol innan förbränning.
- b) *Post-combustion*
Tekniken som kallas post-combustion handlar om att ta bort kolet efter förbränning. Denna teknik har i dagsläget störst kommersiell genomslagskraft. Mer om denna längre ned.
- c) *Oxyfuel*
Tekniken som kallas oxyfuel handlar om att skapa en ”ren” rökgas som innehåller

endast vattenånga och koldioxid. Detta åstadkommer man genom att i förbränningsprocessen tillföra rent syre istället för luft, vilket förhindrar att rökgaser uppstår och gör absorptionsprocessen av koldioxid i senare led enklare. Tekniken lämpar sig bäst för anläggningar som använder relativt rent bränsle och har en potential att samla in 100% av utgående koldioxid (Zero emission resource org., u.å.).

I dagsläget är det mest *post-combustion* som diskuteras eftersom den kan appliceras på redan existerande anläggningar. De andra två typerna fortfarande befinner sig i utvecklingsstadier och är mer tekniskt avancerade samt kräver mer eller mindre stora ombyggnationer av befintliga processer.

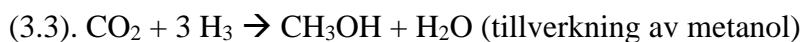
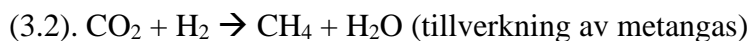
CCS (post-combustion) har en potential att fånga in 80–95% av utgående koldioxid. Det finns dock ingen enskild lösning som passar alla anläggningar, eftersom själva avskiljningen och komprimeringsfasen beror på rökgasflödet samt dess gassammansättning. Logistiken kring CCS kan inte vara allt för ineffektiv om det skall vara praktiskt genomförbart. De anläggningar som har en fördel gällande detta är de med ett jämt flöde, hög koldioxidhalt samt ett fåtal punktutsläpp. För industrier med många utsläppspunkter och olika sammansättningar av rökgasinnehåll, och där flödet är mer oberäkneligt eller diffust, är det svårare att designa en effektiv CCS (Energimyndigheten, 2021). Lokaliseringen av industrin är också en faktor att ta med i beräkningen i projekteringsfasen av en eventuell CCS-anläggning. Den komprimerade gasen kan fraktas med lastbil och på järnväg och detta funkar för mindre industrier. Men för det större aktörerna är det energi- och kostnadsmässigt mer fördelaktigt om fabrikena ligger vid kusterna, eftersom fartyg kan frakta mycket större kvantiteter (Energimyndigheten, 2021).

En tredje aspekt, gällande avvägningen ifall en CCS är möjlig att implementera på en anläggning, handlar om energiåtgång. Driften för koldioxidinfångning konsumerar cirka 0,25–0,3 MWh elenergi per infångat ton, samt ytterligare 0,08–0,12 MWh per ton för komprimering av gasen (Jackson & Brodal, 2019). I komprimeringsfasen behöver gasen kylas, vilket kan göras med exempelvis extern vattenkälla eller kylaggregat som drivs av elmotorer (Pettersson, 2022). Sammantaget betyder detta att en del av energin som brukas på anläggningen kommer gå åt i adsorptions- och komprimeringsfasen, vilket resulterar i att fabriken totala verkningsgrad sänks, om inte det finns stora överskott av värme och/eller el som genereras i processen. I dagsläget är de flesta av de större industrierna stora fjärrvärme- och kraftvärmeleverantörer och detta ställs då i konkurrens med CCS ifall industrier i implementering av koldioxidinfångning och komprimering måste återanvända överskottsvärmen själva i högre grad.

En teknik som är starkt sammankopplad till tillämpningen av CCS samt produktion av vätgas är Carbon Capture and Utilization (CCU). Kortfattat går det till så att den infångade koldioxiden från en anläggnings rökgaser inte förs till lagring, utan recirkuleras till industriella processer som råvara, för att tillverka *elektrobränslen* och *elektrokemikalier*. Dessa processer kräver vätgas – från ett förnybart perspektiv producerat via exempelvis elektrolys – och dessutom infångning och kompression av koldioxid, vilket konsekvent resulterar i att implementering av CCU medverkar till ett betydande ökat elbehov (Tibbelin et al., 2022). Störst potential för implementeringen av CCU finns inom raffinaderi- och kemiindustrin eftersom de brukar fossila råvaror för att tillverka bränslen och kemikalier. Och

på samma sätt som bio-CCS kan bidra med negativa utsläpp, kan CCU göra likartat, om den infångade koldioxiden har biogent ursprung (IVA, 2019).

I bränslesyntesen behövs som benämnt koldioxid och vätgas från el och med dessa komponenter kan en rad olika bränslen och kemikalier tillverkas, däribland metan i 3.2, metanol 3.3, bensen, diesel och ammoniak med tillsats av kväve (Energimyndigheten, 2021).



Metanol är en baskemikalie som kan vidareförädlas till en mängd andra specialkemikalier. I Skåne pågår ingen egen produktion av metanol, utan den köps in från andra regioner och används för att producera formalin som bearbetas vidare i diverse processer för specialkemikalier (MR, 2021). Som beskrivet i avsnittet om kemiindustrin används metan från naturgas – i reformering till vätgas – för att producera väteperoxid, men eftersom vätgas är den råvara man vill åt, är bränslesyntes med vätgas till metangas, för att sedan återgå till vätgas inte relevant. Så med det konstaterat, så som skånsk kemiindustri ser ut i dagsläget, är troligtvis CCU och bränslesyntes inte tillämpbar i någon bredare skala, särskilt eftersom Skåne inte har någon betydande raffinaderiverksamhet. Men det återstår att se vad de olika aktörerna väljer att gå för vägar i omställning och vilka tekniker de kommer tillämpas.

3.2 Biomassa som förnybart alternativ för industrin

3.2.1 Användningsområden

Som tidigare konstaterat kan biomassa användas både som råvara och bränsle, som ersättning för det fossila. För att utbytet ska kunna ske effektivt krävs det att de biogena bränslena har liknande egenskaper som de fossila. Förbränning av *biogas* är kommersialiserad inom industrin och har även potential att kunna användas som råvara för ångreforming (Energimyndigheten, 2021). Användningen av *biokol* är ännu under utveckling och i dagsläget används det främst som kolsänka och för jordförbättring (Råberg, 2022), men kan komma att bli ett alternativt reduktionsmedel för koks. Tillämpningsområdena för *bioolja* är många, framför allt som biokemisk råvara inom olika processer men också som bränsle. Men även där krävs mer forskning på hur bearbetning och vidareförädling av biooljan ska kunna matcha komplexiteten hos motsvarande fossil oljeråvara (Energimyndigheten, 2021).

Framställningen av *biogas* sker i rötningsanläggningar där organiskt material bryts ned i syrefattig miljö och bildar metan, koldioxid och andra kolväten. Metaninnehållet i biogasen efter rötning är cirka 40–80% men kan uppgraderas till 97% (Klackenberg, 2017). Efter uppgradering har biogasen ungefär samma energiinnehåll som naturgas och kan då enkelt, med små eller inga modifikationer, ersätta bränslet i en naturgasdriven ångpanna med biogas, eller matas in i naturgasledningen. Det västsvenska naturgasnätet innehåller cirka 35% biogas i dagsläget (Klackenberg, 2022). Idag kan industrier som är anslutna till naturgasledningen handla biogas med gröngasprincipen, på samma sätt som handel med grön el (Energigas Sverige, 2017). Då denna biogas från gasnätet är skattebefriad har användningen av biogas ökat snabbt i Sverige (Ekman, 2022b). Biogasen kan också komprimeras (LBG) och användas om ersättning för gasol (Klackenberg, 2022).

För att återkoppla till hur biogas kan användas för ångreformation och producera vätgas, skall det nämnas att detta alternativ kan vara mer lämpligt än elektrolys för vissa typer av industrier och processer. Höganäs Sweden har planer på att göra just detta, men det finns svårigheter i

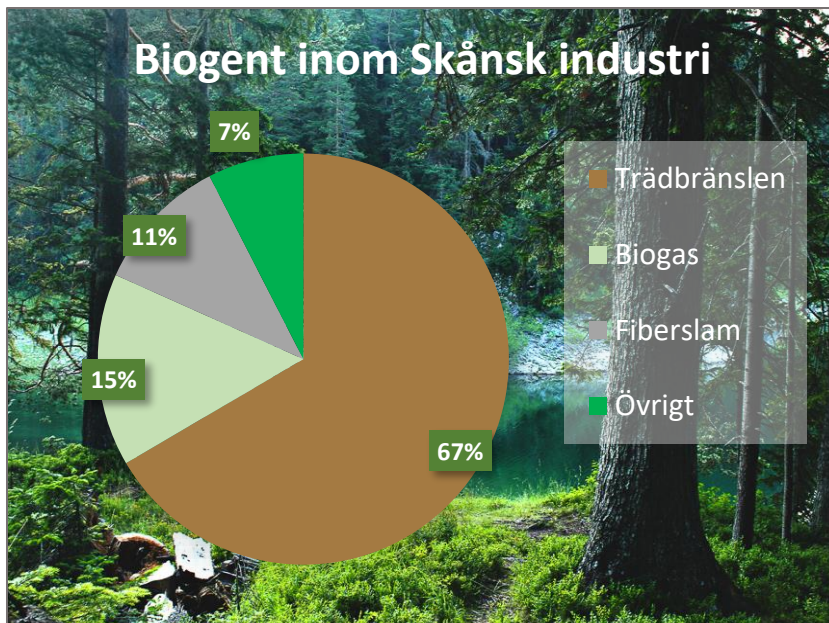
att kväveinnehållet hos biogas kan vara för högt vilket hindrar formationen av vätgas (Pettersson, u.å.).

Framställningen av *biokol* sker genom pyrolysis, där organiskt material som träflis, jordbruksrester, alger och avloppsslam (Billebo & Nivré, 2022) hettas upp i ofullständig förbränning, så enbart 50% av energiinnehållet omvandlas till gas och resten binds i fast form; biokol. Kolhalten i biokolen varierar beroende på ingående avfall i pyrolysisprocessen. Trämateriale kan ge upphov till ett biokol med kolhalt på 90%, medan biokol från avloppsslam har en lägre kolhalt på cirka 30% (Råberg, 2022). Frågan är om biokolet, förutom att användas som kolsänka, även kan användas som råvara (eller bränsle) i industriella processer och ersätta koks som reduktionsmedel för att tillverka och återvinna järn, stål och andra metaller. Inom skånsk järnindustri pågår just nu försök med biokol för att reducera järnmalm (Lefdal, 2021) och det återstår att se ifall den övriga skånska metallindustrin också kommer undersöka biokolets funktion för sina respektive processer. En grundförutsättning för att biokolet ska kunna ersätta koksen kan antas vara att egenskaperna bör vara lika. Koks som används i metallurgiska syften har en hög kolhalt, liten fukt- och askhalt samt är hårdare än koks av lägre rang bland annat termiskt kol som används som bränsle (Greelane, 2020). Frågan är hur eventuella föroreningar hos biokolet påverkar kvalitén på den slutliga produkten. Företaget Envigas i Skellefteå tillverkar ett biokol som är specifikt framtaget för att agera som reduktionsmedel i metallurgiska processer (Envigas, u.å.).

Framställningen av *bioolja* sker i bioraffinaderier, där processen matas med bi- och restprodukter från skog, jordbruk och avfall (Mossberg, 2020). I bioraffinaderiet bryter mikroorganismer och/eller enzymer ned de organiska resterna och bygger samtidigt upp nya biokemiska strukturer – i processer som estrifiering, jäsning och fermentering. I dessa processer kan man bland annat tillverka biobränslen i form av biodiesel och bioetanol vilket görs idag – men dessa framställs främst för användning inom fordonssektorn, samt att insatsråvaran inte alltid är att kategorisera som vare sig miljöneutral eller som renodlade restflöden (WWF, u.å.). Mer forskning och tester behövs på området, men möjligheten att kunna producera biokemikalier genom bioraffinaderiverksamhet har otaligt många tillämpningar i tillverkning av bland annat biobaserad plast, gummi, lacker, färger eller tillsats- och utfyllnadsmedel (Howes, 2021). Användningen av bioolja kan därav i Skåne potentiellt appliceras av stora delar av kemiindustrin.

3.2.2 Trender i användningen av biomassa

Den biogena energitillförseln inom skånsk industri utgörs i dagsläget av främst träbränslen – flis, skogsbiprodukter, briketter, pellets – samt biogas, animaliska biprodukter och fiberslam (en restström från pappersmassatillverkningen som återanvänds i processen). Dessa används uteslutande som bränsle till olika processer och år 2019 stod de sammanlagt för cirka 720 GWh (Region Skåne, 2019). Det ska noteras att andelen biogas är större än vad figur 3.2 visar, eftersom den bara återger statistik från enskilda biogasanslutningar, och inte räknar in den biogas som brukas från naturgasnätet.



Figur 3.2: Fördelning av biogent bränsle inom skånsk industri (Region Skåne, 2019).

Trädbränslen eldas i fastbränslepannor inom kemi- och pappersmassaindustrin för ångproduktion och torkning (MR, 2021). Den bransch som dominerar användningen av biogent bränsle är pappersmassabranschen, följt av kemibranschen och livsmedelsbranschen. Mineral- och metallbranschen använder i dagsläget betydligt mindre mängder biogent bränsle (Region Skåne, 2019).

En trendsanning gällande det framtida biogasanvändningen i Skåne, är att den kommer öka mycket, delvis på grund av förbindelser med Danmark som är en ledande biogasproducent samt att Skåne har stor potential för egen biogasproduktion med den geografiska fördelen med mycket åkermark och jordbruk. Under 2021 ökade importen av biogas till naturgasledningen från Danmark med 34% (Ekman, 2022b). Inom särskilt livsmedelsindustrin finns en tydlig trend mot att flera aktörer inom kort kommer gå över till biogas istället för naturgas och gasol (MR, 2021).

3.2.3 Tillgänglig biomassa

När det gäller biogas kan flera olika aktörer producera detta, och dessa inkluderar samrötningsanläggningar (röter en mix av restströmmar), avloppsreningsverk (röter avloppsslam), industrianläggningar (röter processavloppsvatten), enskilda gårdsanläggningar (röter främst gödsel) samt deponier. Biogas kan också produceras genom förgasning av skogsbiomassa. Andelen samrötningsanläggningar har ökat kraftigt sen början av 2000-talet och 2021 stod de för 53% av den inhemska biogasproduktionen (Klackenberg, 2022). I Skåne finns det i nuläget 34 biogasanläggningar; 5 samrötningsanläggningar, 23 avloppsanläggningar, 5 gårdsanläggningar och en industrianläggning som producerar biogas. Samrötningsanläggningarna har störst produktionskapacitet (Energigas Sverige, u.å.). Det finns planer på att accelerera biogasproduktionen och bland annat Gasum projekterar flera nya anläggningar (Gasum, 2021).

I en substratinventering, som gjorde av K. Broberg et al. 2022, visades det att Skånes sammanlagda potential för biogasproduktion (från jordsbruksrester, gödsel, matavfall, reningsverksslam samt restströmmar från industri) uppgår till 3 TWh. De största tillgängliga

substraten härleds till restströmmar från jordbruk på 2,1 TWh och gödsel på 0,4 TWh. Potentialen för tillgängligt substrat skiljer sig dock mycket åt om man jämför kommuner, beroende på befolkningstäthet, jordbruk- och djurhållningsverksamhet. I de västra delarna av Skåne finns främst potential för uttag av raps och halm medan en större potential för gödsel återfinns i den östra regionen (Broberg et al., 2022). Det skall tilläggas att biogas kan uppgraderas till fordonsbränsle; 73% av inhemskt producerad biogas uppgraderades till drivmedel 2021 (Klackenberg, 2022) och därav finns konkurrens från fordonsflottan, såväl som andra aktörer.

4. Analys

4.1 Bedömning av parametrar

För denna grundläggande analys, som bas för vidare scenariomodellering, tillkommer två frågeställningar:

- I. Vilket bränsle- eller teknikbyte kan fasa ut det fossila?
- II. Vilka tekniker är mogna år 2030 respektive 2040?

4.1.1 Teknikval

Tabell 4.1 och 4.2 sammanfattar vilka elektrifierande tekniker som *kan* platsa inom den skånska industrin. Bedömningen baseras på branschernas nyckelprocesser, processtemperaturer, om värmebehandlingen sker på ytan (exempelvis torkning) eller av hela objektet (exempelvis smältning) samt huruvida det fossila används som råvara eller bränsle.

Tabell 4.1: Sammanfattning vilka typer av direktverkande el som potentiellt hade kunnat användas* inom skånsk industri. Omarbetning av bakgrund från Vairamohan et al., 2018.

Bransch	HTVP	MW- värmning	Elugn	IR- värmning	Resistiv värmning	Induktions- ugn	Plasma/ Ljusbåge
Livsmedel	x	x	x	x			
Metall			x		x	x	x
Kemi	x	x		x			
Mineral			x	x	x		
Pappersmassa	x			x			

*Grönt kryss avser att tekniken med hög sannolikhet kan passa in i den skånska industrin utifrån hur den ser ut i dagsläget. Orange kryss står för mer osäker funktionalitet och förmodligen lägre applikationsgrad. Samma princip gäller för tabell 4.2.

För de lågtempererade processerna, i synnerhet inom livsmedels- och pappersmassaindustrin, är potentialen för HTVP stort, eftersom ångproduktionen är en dominerande nyckelprocess. HTVP kan också i viss grad användas inom kemiindustrin, men där är processtemperaturerna något högre. Mineralbranschen kan använda sig av flertalet konventionella processer. För metallbranschen är induktionsugnar eller plasma mest lämpligt.

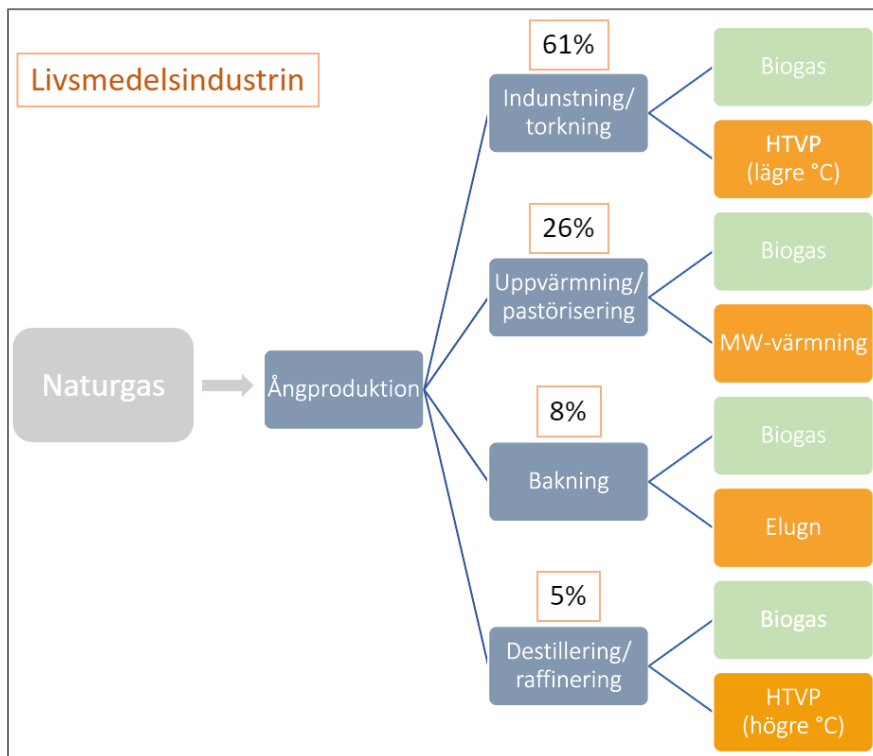
Tabell 4.2: Uppskattning kring vilka typer av indirekt elektrifiering som kan platsa in i skånsk industri.

Bransch	Elektrolys → vätgas	CCS
Livsmedel		x
Metall	x	x
Kemi	x	x
Mineral	x	x
Pappersmassa		x

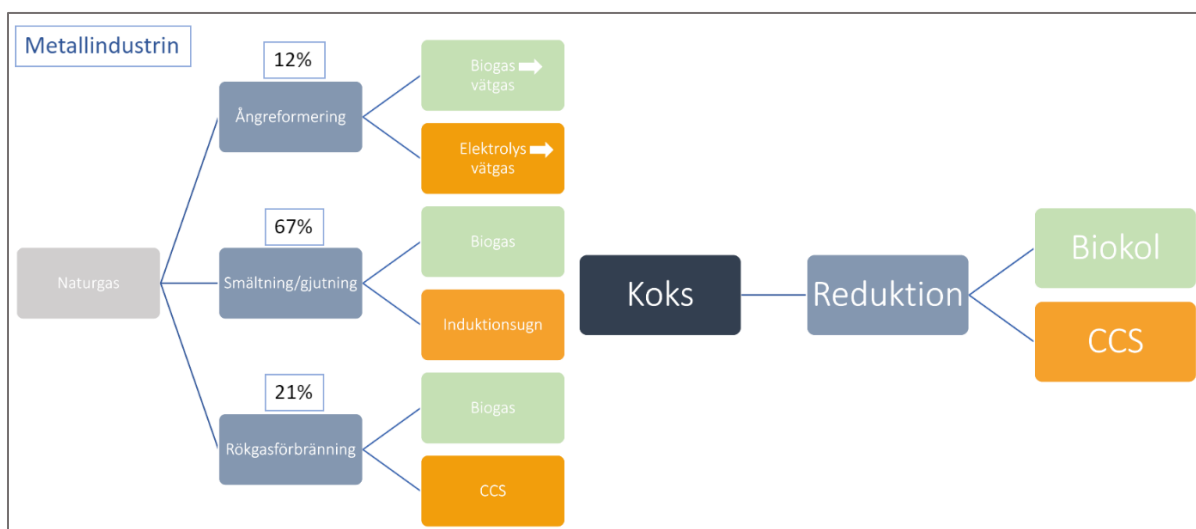
Vätgas som råvara genom elektrolys kan användas inom metall- och kemiindustrin, där vätgas behövs som reduktionsmedel i processer. Vätgas som bränsle kan också användas inom de två nämnda branscherna, samt delvis inom mineralindustrin, i synnerhet i förbränningsprocesser.

CCS kan användas inom alla branscher, särskilt där det finns stora punktutsläpp, där rökgasförbränning är oundkomligt eller där fossilt används som råvara (exempelvis koks eller olja). Osäkerheten ifall CCS platsar in beror på konkurrensen från andra lösningar; antagligen större nytta att ersätta det fossila med biogas eller annan elektrifierande lösning (exempelvis förbränning med vätgas eller ångproduktion med HTVP). Som tabell 4.2 visar har den indirekta elektrifieringen störst potential inom metall- och kemiindustrin.

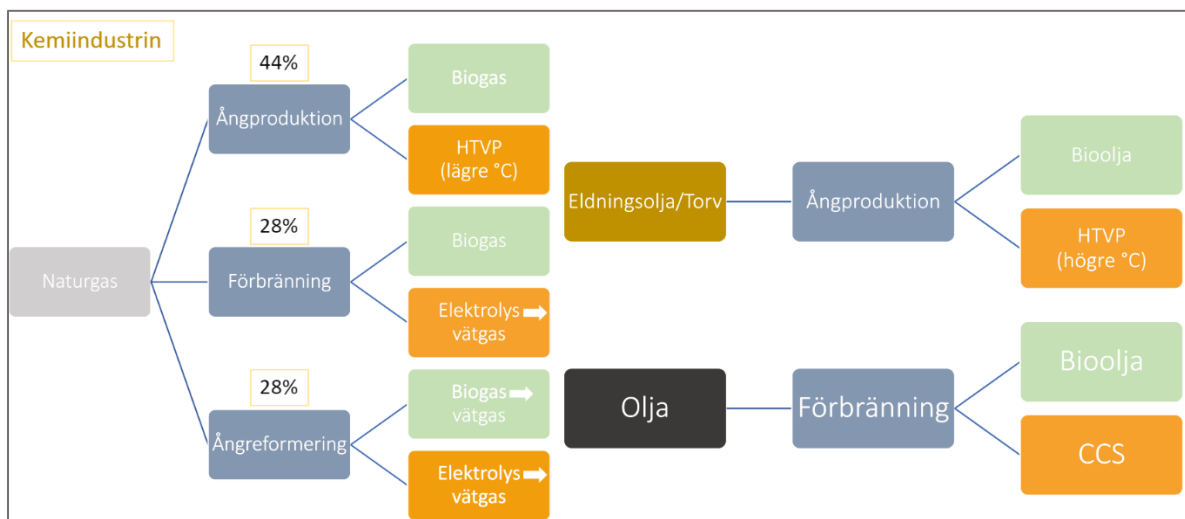
Figur 4.1 till 4.5 visar vilka teknik- och bränslebyten som görs i modelleringen. Ungefärliga procentandelar är också angivna, vilka visar allokering av fossil användning till respektive nyckelprocess.



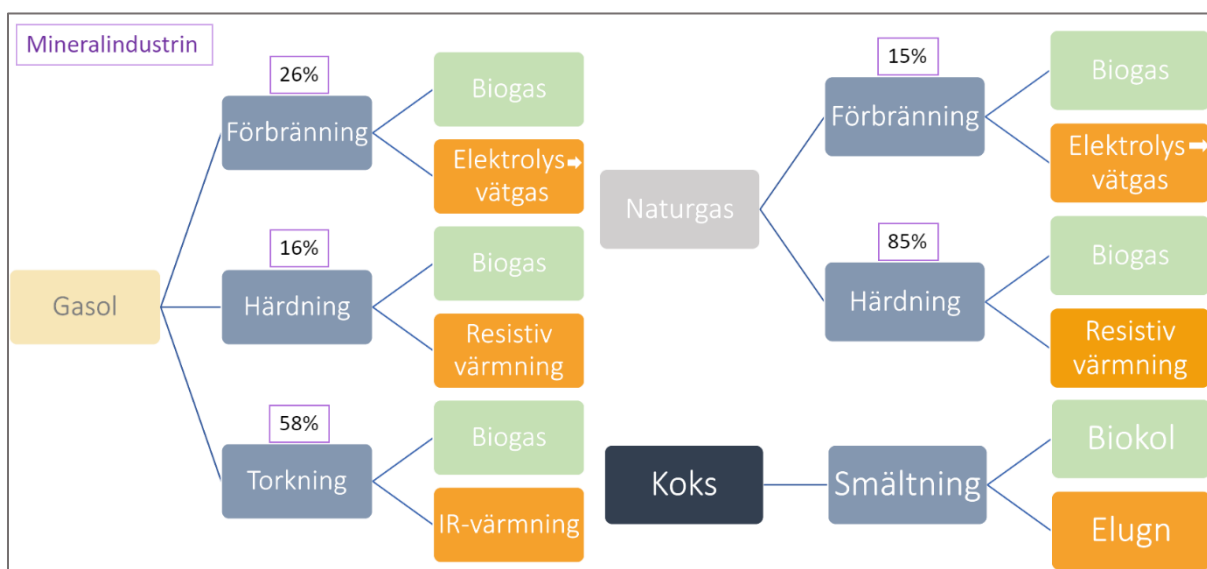
Figur 4.1: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas i livsmedelsindustrin.



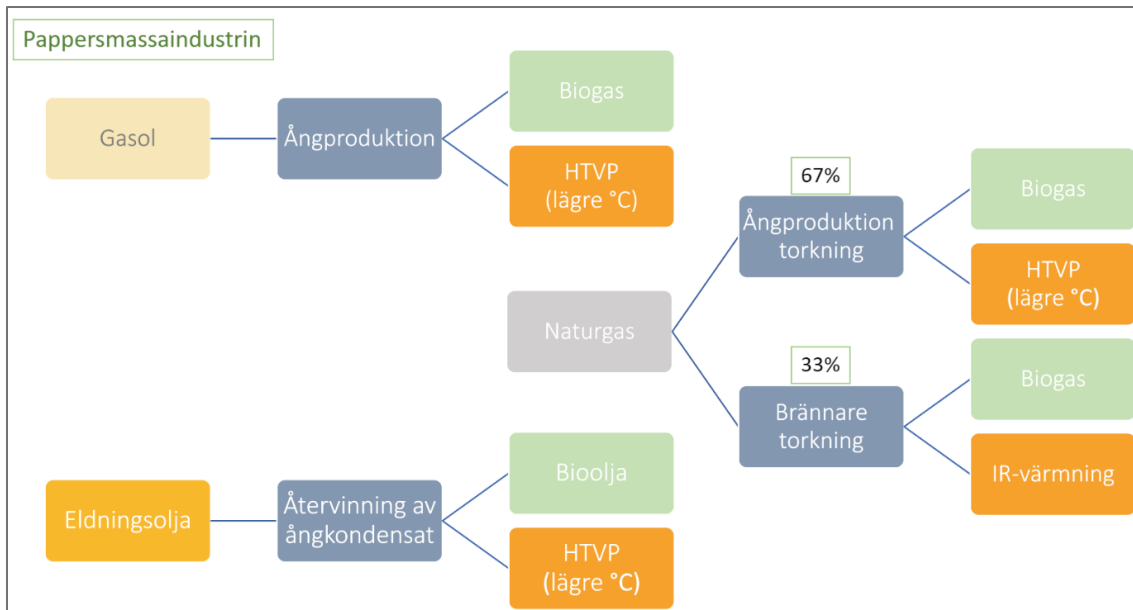
Figur 4.2: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas och koks i metallindustrin.



Figur 4.3: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för naturgas, eldningsolja/torv och olja i kemiindustrin.



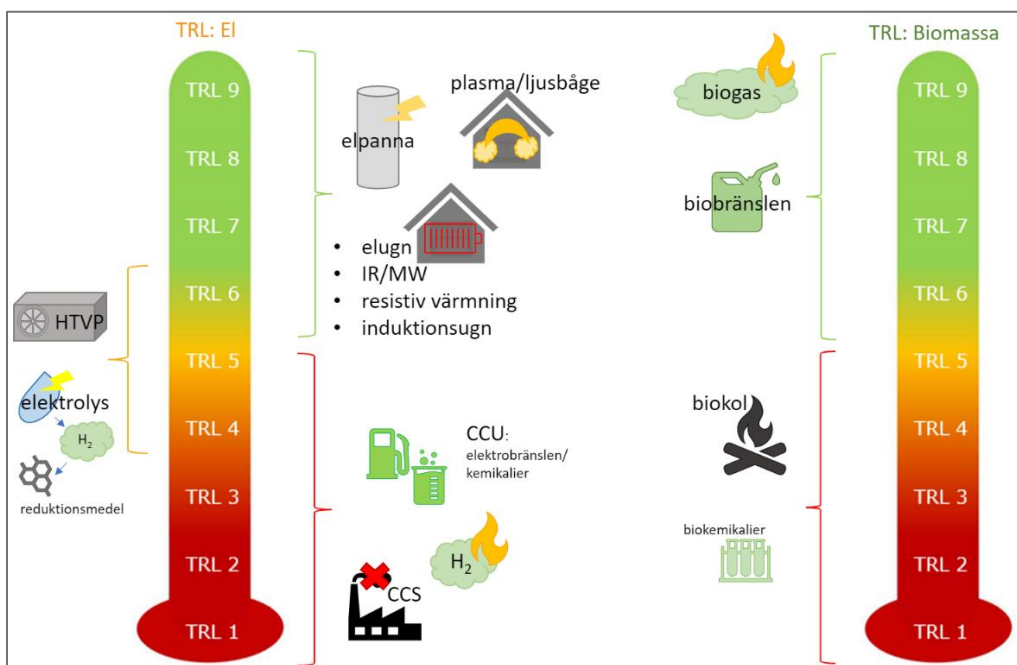
Figur 4.4: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för gasol, naturgas och koks i mineralindustrin.



Figur 4.5: Vägval – biomassa och elektrifiering – som ersättning för gasol, naturgas och eldningsolja i pappersmassaindustrin.

4.1.2 Teknisk mognadsgrad

Nästköljande steg är att skatta teknikerna i mognadsgrad. Då den här studien endast översiktligt beskriver teknikerna är skattningen mycket ungefärlig, men den ger ändå en bild över utgångsläget för tidsaspekten i implementering av nya tekniker. I figur 4.6 återfinns teknikerna utplacerade på TRL-skalan. Äldre och väl utbredda tekniker är också placerade på skalan för att underlätta jämförelse.



Figur 4.6: De förnybara teknikerna placerade på TRL-skalan (Sandberg, 2022), egen omarbeting.

Utifrån figur 4.6 går det att utrona en viss uppdelning i mognadsgrad gällande direkt och indirekt elektrifiering. Direkt elektrifiering, så som elpannor, elpannor och värmepumpar

(dock inte HTVP) är en etablerad teknik medan indirekt elektrifiering så som vätgas, CCU och CCS är framtidens tekniker. En krasst antagande är att den indirekta elektrifieringen därför inte kommer vara i full kraft förrän år 2040. Sammanfattningsvis; de tekniker som befinner sig på 1–5 i skalan antas inte vara i kraft förrän 2040 och de som befinner sig på 6–9 kan vara tillämpade till 2030.

4.2 Scenariomodellering

Följande avsnitt går igenom modelleringen samt hur omräkning från fossilt bränsle till förnybart gjorts; genom att svara på följande frågeställningar.

- I. Hur stort antas energibehovet vara 2030 och 2040?
- II. Hur mycket el (alternativt biogas) resulterar konvertering i?

Exakta antaganden för scenariomodelleringen återfinns i Bilaga B.

4.2.1 Energiförbrukning efter energieffektiviseringar och tillväxt

I tabell 4.3 återfinns data på hur energianvändningen per bränsletyp ökat eller minskat med hänsyn till förädlingsvärdet, åren 2009–2019. Det är alltså energieffektiviseringar per energislag i varje bransch. Förädlingsvärdet är baserat på fasta priser för år 2015. Den specifika energianvändningen är angiven i antal MWh per 1 miljon kr i förädlingsvärde (Region Skåne, 2021).

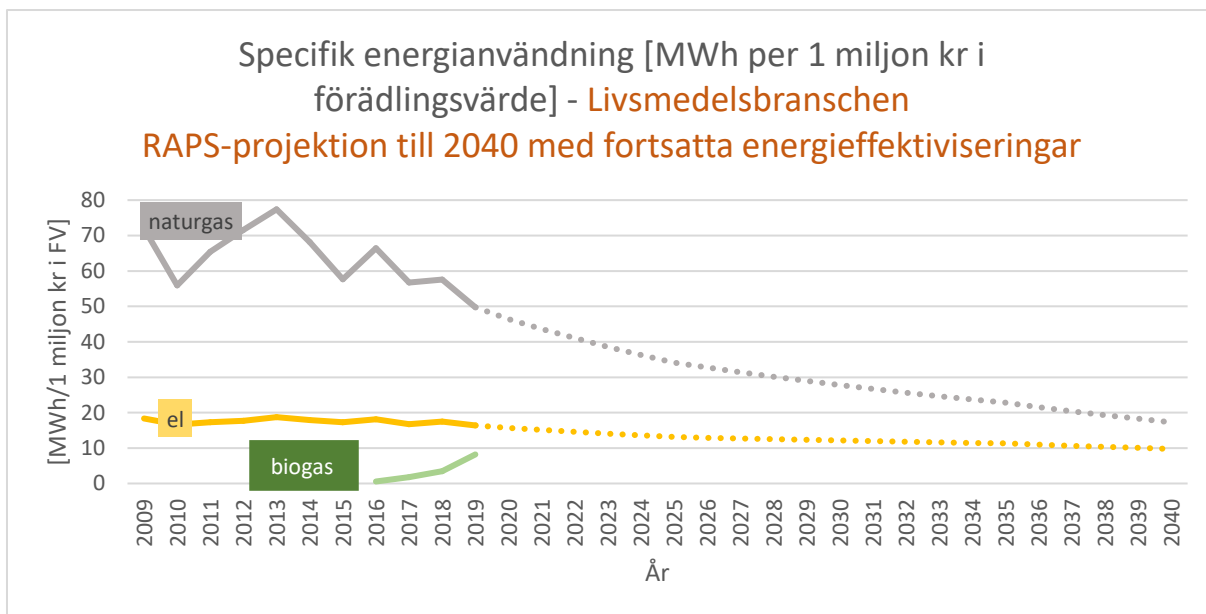
Tabell 4.3: Årlig procentuell minskning i bränsle- och elanvändning per 1 miljon kr i förädlingsvärde, 2009–2019.

	Livsmedel	Metall	Kemi	Mineral	Papper
Naturgas	4%	2%	2%	4%	2%
Gasol				0,3%	+2%*
Koks		5%		3%	
Olja			2%		
Eldningsolja			11%		+2%*
Torv			7%		
El	2%	3%	2%	2%	3%

*Användningen av gasol och eldningsolja i pappersmassaindustrin har under perioden 2009–2019 ökat med cirka 14% årligen, men har i projektionen normerats efter användningen av träbränsle (ökning på 2% årligen) eftersom den fossila användningen tycks följa samma trendkurva (se figur 14.11).

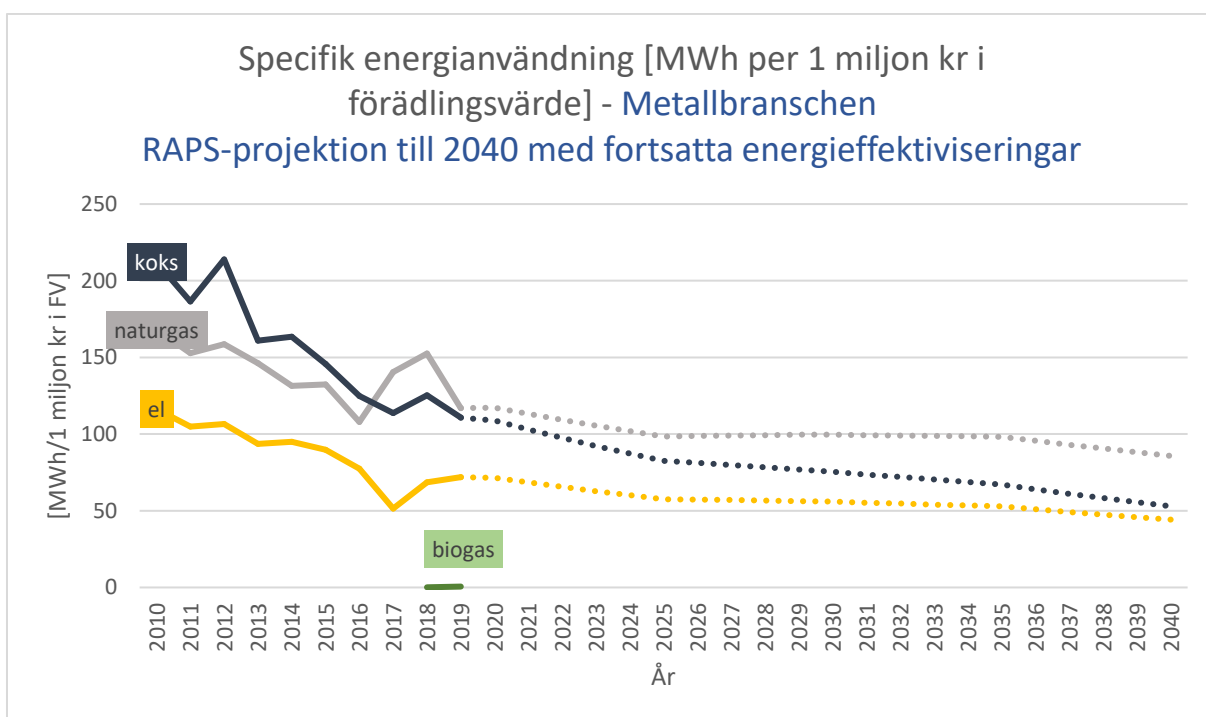
Energieffektiviseringar i elförbrukning inom industrin har historiskt legat på 2–3% årligen vilket stämmer bra överens med de resultat som erhållits. I framtiden kan energieffektiviseringarna inom elanvändningen bli högre, eftersom kraftansträngningarna att öka energi- och resurshushållning väntas skärpas (Nordling et al., 2020). Det skall tilläggas att nedgången i specifik energianvändning inte enbart beror på energieffektiviseringar, utan kan också vara en effekt av ökat produktivitet eller ändrade marknadsförutsättningar för branschen (Armelius, 2022).

Den gula punktlinjen i figur 4.7 till 4.11, som illustrerar elbehovet efter energieffektiviseringar, kan ses som en framtida baslast i elanvändning – eller ”basfallet” som den här studien har valt att benämna lasten – alltså den elanvändning som kommer fortsätta råda utöver eventuell ökad elanvändning till följd av elektrifiering.



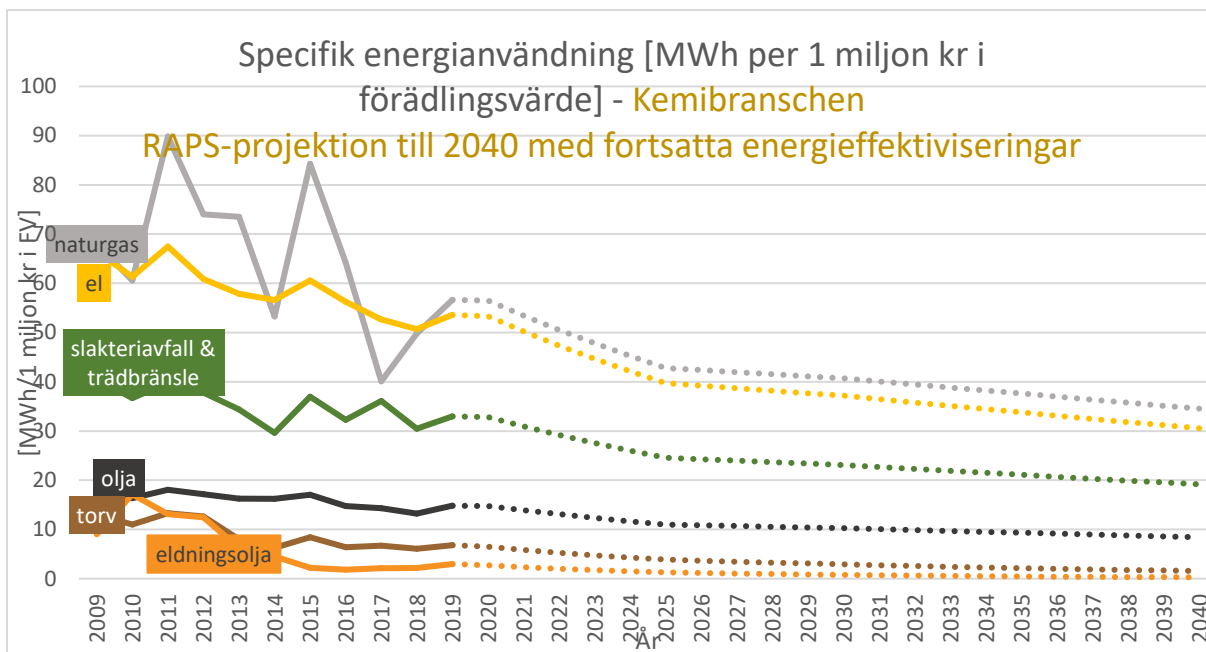
Figur 4.7: RAPS-projektion till år 2040; livsmedelsbranschen. Omarbetad data (Region Skåne, 2019; Region Skåne, 2021).

För livsmedelsbranschen har naturgasanvändningen minskat med i genomsnitt 4% per år, antingen till följd av energieffektiviseringar och/eller bränsleutbyte. Sen 2016 har användningen av biogas ökat och det finns anledning att dra slutsatsen att den har ersatt viss användning av naturgas.



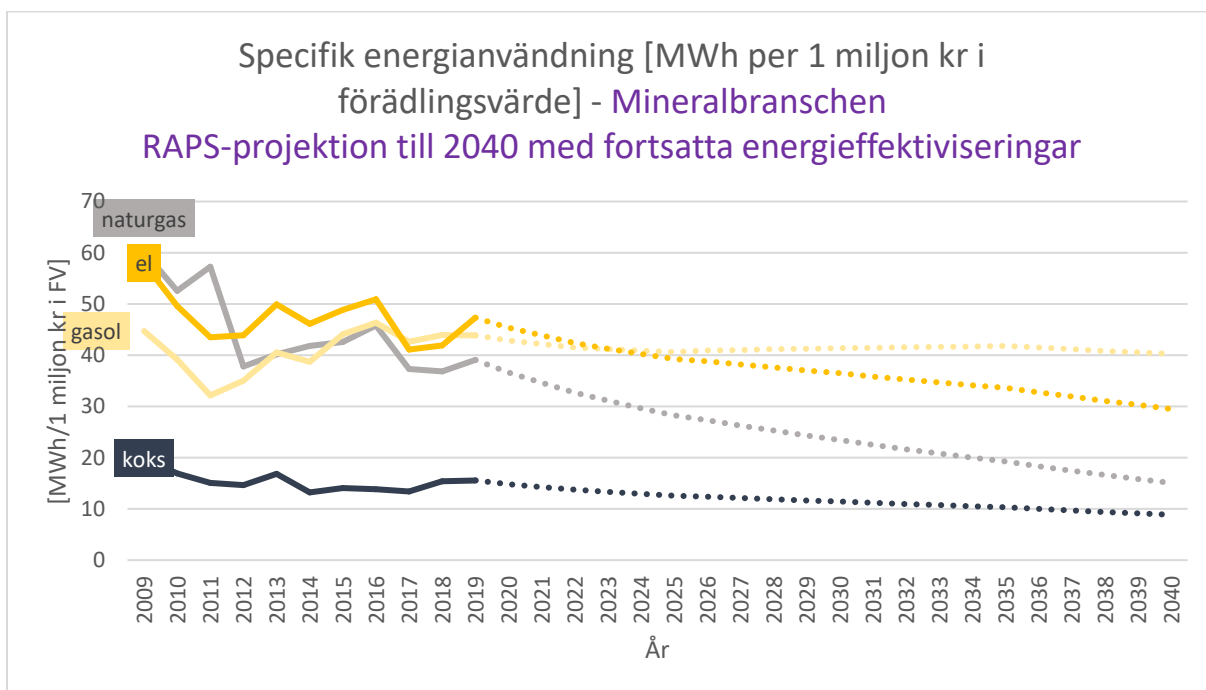
Figur 4.8: RAPS-projektion till år 2040; metallbranschen. Omarbetad data (Region Skåne, 2019; Region Skåne, 2021).

I metallbranschen har den specifika energianvändningen av naturgas, koks och el minskat med 4, 5 respektive 3 %. Detta tros vara en verkan av energikartläggningar och effektiviseringar, eftersom ingen annan betydande energikälla tillkommit.



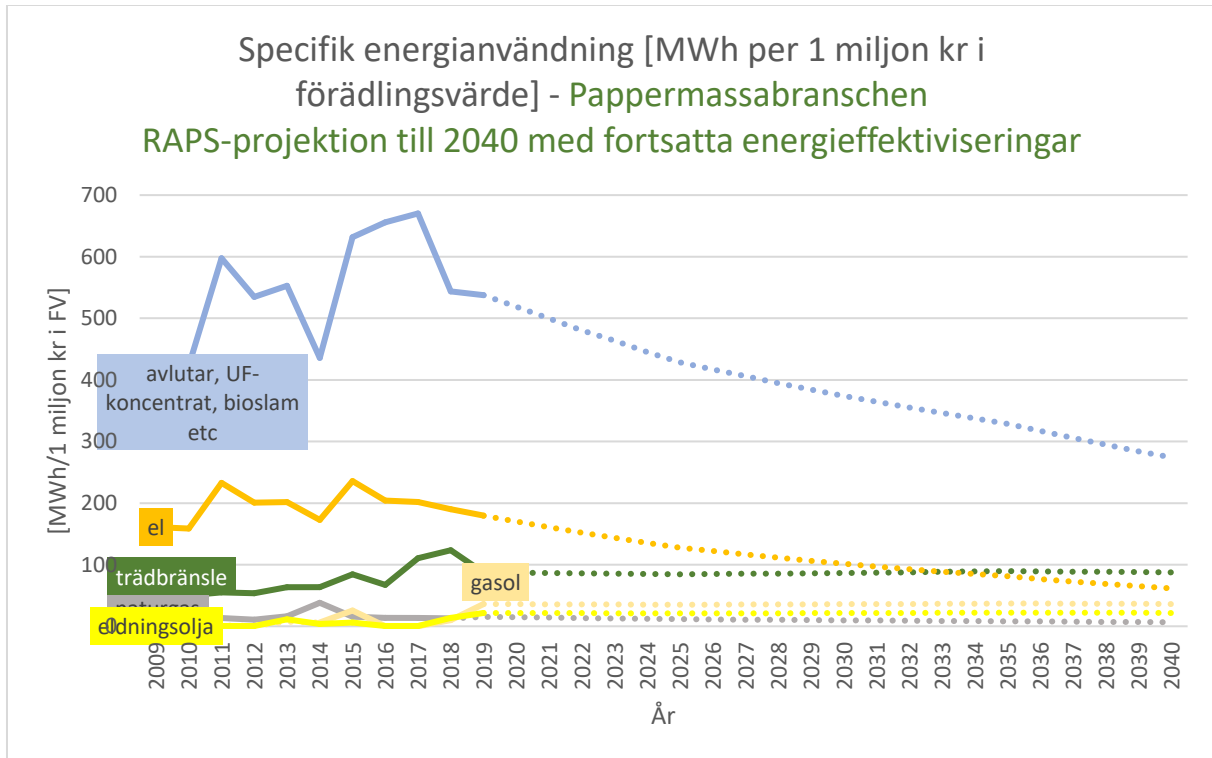
Figur 4.9: RAPS-projektion till år 2040; kemibranschen. Omarbetad data (Region Skåne, 2019; Region Skåne, 2021).

I kemibranschen har den totala användningen av bränslen ökat något för varje år, men kopplat till produktiviteten och förädlingsvärde visar trenden en minskning i specifik energianvändning, där förbrukningen av naturgas, olja och el minskat med 2 % årligen. Störst energieffektiviseringar står eldningsoljan och torven för; 11 respektive 7 % årligen. För de sistnämnda bränslena kan minskningen också bero på, i synnerhet för eldningsoljan, att mer trädbränsle har använts i processerna.



Figur 4.10: RAPS-projektion till år 2040; mineralbranschen. Omarbetad data (Region Skåne, 2019; Region Skåne, 2021).

I mineralbranschen har den specifika energianvändningen årligen minskat för naturgas (4%), koks (3%) och el (2%). Användningen av gasol har totalt sett ökat med cirka 2% årligen men legat nästan konstant med hänseende till förädlingsvärdet, vilket gör att projektionen för gasolanvändningen framöver i den här modellen inte framräknar någon betydande energieffektivisering.



Figur 4.11: RAPS-projektion till år 2040; pappersmassabranschen. Omarbetad data (Region Skåne, 2019; Region Skåne, 2021).

I pappersmassabranschen har användningen av samtliga energikällor ökat i relation till förädlingsvärdet. Detta kan antingen betyda att de energieffektiviseringar som gjorts inte fått tillräcklig effekt eller att marknaden för pappersprodukter blivit mindre lönsam. Totalt sett har användningen av naturgas och el minskat med 2 respektive 3 % årligen, medan användningen av gasol och eldningsolja mellan åren 2009–2019 ökat med 44 samt 46 % årligen. Detta betyder inte att gasol och eldningsolja kommer fortsätta öka, då ökningen infallit vid tillfällen då behovet för reservbränsle varit större. Därför har projektionen normerats utefter ökningen av trädbränslen på cirka 2% årligen.

4.2.2 Omräkning fossilt till förnybart

Energiinnehåll i bränslen – jämförelse mellan fossila bränslen och förnybart bränsle

Olika bränslen har olika energiinnehåll och vid bränsleutbyte är det därför relevant att jämföra olika bränslens värmevärden, i synnerhet för att kunna göra överslagsberäkningar på exempelvis hur mycket biogas som behövs för att ersätta en angiven mängd naturgas.

Värmevärdet hos ett bränsle är ett mått på hur mycket värmeenergi som finns tillgängligt i bränslet. Det högre värmevärdet (HHV) anger gasens värmevärde under förutsättning av vattenångan kondenseras, det vill säga att energin återvinns från rökgaskondensering. Det lägre värmevärdet (LHV) anger gasens värmevärde utan att rökgaskondensering sker (Jernkontoret, u.å.b). Det lägre värmevärdet brukar också benämnas som det effektiva

värdevärdet, vilket också används i beräkningarna i scenariomodelleringen. Tabell 4.4 sammanfattar värmevärdet för de fossila bränslena samt de förnybara, alternativa bränslena.

Tabell 4.4: Effektivt värmevärde för fossila och förnybara bränslen. (Harrysson, 2021; Jernkontoret, u.å.c).

Bränsle	LHV [kWh/kg]
Fossilt	
Naturgas	13,7
Gasol	12,74
Koks	7,79
Olja	11,08
Eldningsolja	~10,5
Torv	2,75
Förnybart	
Vätgas	33,3
Biogas/LBG	12,1
Bioolja	10,6
Biokol	8,2 (bioslam)

Verkningsgrader – jämförelse mellan konventionell teknik och direktverkande el

Det är en komplicerad uppgift att uppskatta den exakta mängden el som måste tillföras ett system vid byte av teknik, eftersom alla anläggningar är olika utformade. För bästa möjliga analys behövs ett gediget systemperspektiv och en grundlig förståelse för hur de olika energiflödena hos varje industrianläggning interagerar med varandra, för att förstå var förluster och återanvändning av värme uppstår. Men för en enkel överslagsberäkning kan verkningsgrader för konventionell fossilbaserad teknik och teknik för direktverkande el jämföras, för att på ett ungefär skatta hur mycket el som behövs för att ersätta det fossila.

I alla typer av processer sker förluster av värme till omgivningen, vilket betyder att den nyttiga energin är lägre än den tillförda energin enligt 4.1 (NE, u.å.).

$$(4.1). \text{ Verkningsgrad (\%)} = \frac{\text{Nyttiggjord energi}}{\text{Tillförd energi}} = \frac{\text{Nyttig värme} - \text{Förluster till omgivningen}}{\text{Tillförd energi}}$$

Den här studien har valt att anta en 50% verkningsgrad för de konventionella teknikerna (både när det gäller ångproduktion och för de bränsle drivna ugnarna), vilket betyder att 50% av den tillförda energin försvinner i förluster. Det skall noteras att den verkliga, totala verkningsgraden för anläggningarna är högre än 50% då de flesta industrier återanvänder spillvärme internt för att optimera sin energieffektivisering. Men återcirkulation av restvärme kan också göras med de elektrifierande teknikerna, så det är därför godtagbart att bara jämföra den primära verkningsgraden teknikerna emellan för enkla överslagsberäkningar.

För HTVP varierar verkningsgraden beroende på temperaturlyftet; ju lägre temperaturlyft desto högre verkningsgrad. Carnotverkningsgraden (η_c) för en typisk värmepump är 0,5 (Ekwall, 1991) och kombinerat med temperaturlyftet från restvärmen (T_2) till den önskade processvärmen (T_1) har varje värmepumpssystem en teoretisk värmefaktor COP (Coefficient

Of Performance) enligt formel 4.2 – som sedan kan användas för att beräkna elbehovet (W) för en viss mängd värme (Q) som behövs till en process enligt formel 4.3.

$$(4.2). COP \text{ (värmefaktor)} = \eta_c \cdot COP_c = \eta_c \cdot \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$(4.3). COP = \frac{\text{levererad värme}}{\text{tillsatt energi}} = \frac{Q}{W} \Rightarrow W = \frac{Q}{COP}$$

Den här studien har valt att använda COP = 2,5 för processtemperaturer på 100–200 °C och COP = 1,5 för processtemperaturer på 200–500 °C. Köldmediet antas vara vatten och starttemperaturen i evaporatorn är 50 °C. Tabell 4.5 visar konverteringsfaktorer för HTVP i de lägre och högre temperaturerna givet dessa förutsättningar.

Tabell 4.5: Konverteringsfaktor (MWh el/MWh fossilt) vid utbyte av gaseldad ångproduktion till HTVP.

Teknik	Verkningsgrad (%)	COP ($\eta_{el}/\eta_{fossilt}$)	Konverteringsfaktor (MWh el/MWh fossilt)
Bränsle driven ångpanna	50		
HTVP (100-200 °C)		2,5	0,4
(200-500 °C)		1,5	0,7

Resterande tekniker för direkt elektrifiering jämförs med den bränsleeldade ugnen och konverteringsfaktorer för samtliga finns listade i tabell 4.6.

Tabell 4.6: Konverteringsfaktor (MWh el/MWh fossilt) vid utbyte av bränsle driven ugn till elektrifierande teknik.

Teknik	Verkningsgrad (%)	COP ($\eta_{el}/\eta_{fossilt}$)	Konverteringsfaktor (MWh el/MWh fossilt)
Bränsle driven ugn	50		
MW-värmning	50	1,0	1,0
IR-värmning	60	1,2	0,8
Elugn	50	1,0	1,0
Induktionsugn	60	1,2	0,8
Resistiv värmning	70	1,4	0,7
Plasma/ljusbåge	90	1,8	0,6

Det skall tilläggas att osäkerheten kring dessa siffror är stor, då verkningsgraden beror på vad det är för objekt som smälts, förbränns eller torkas, samt om någon optimering gjorts av standarden för typen av direktverkande el på sistone. Men det ger ändå en antydning om vilket elbehov teknikbytet kan innebära.

Övriga energisiffror – för beräkningar på CCS

Vid beräkning av elbehovet för CCS görs en enkel överslagskalkyl med emissionsfaktorerna [ton CO₂ per MWh fossilt] för de bränslena vars koldioxidutsläpp skall samlas in (tabell 4.7), samt det elbehov [MWh el/ton CO₂] infångningen kräver (tabell 4.8).

Tabell 4.7: MWh el per MWh fossilt som ska samlas in med CCS.
Bearbetning av emissionsfaktorer för bränslena (Harrysson, 2021).

Fossilt	ton CO ₂ /MWh	MWh el/MWh fossilt
Olja	0,26	0,1092
Naturgas	0,20	0,084
Koks	0,371	0,15582

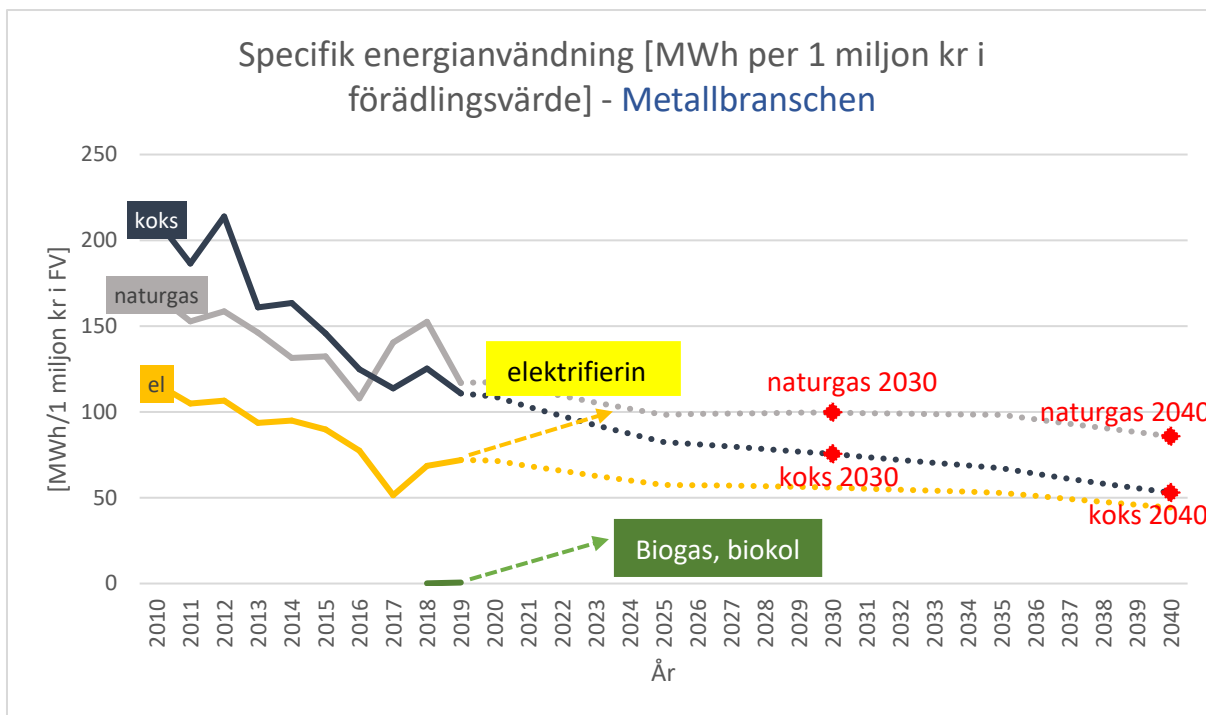
Tabell 4.8: Elbehov vid koldioxidinfångning
(Jackson & Brodal, 2019).

	MWh el/ton CO ₂
infångning	0,30
kompression	0,12
Totalt	0,42

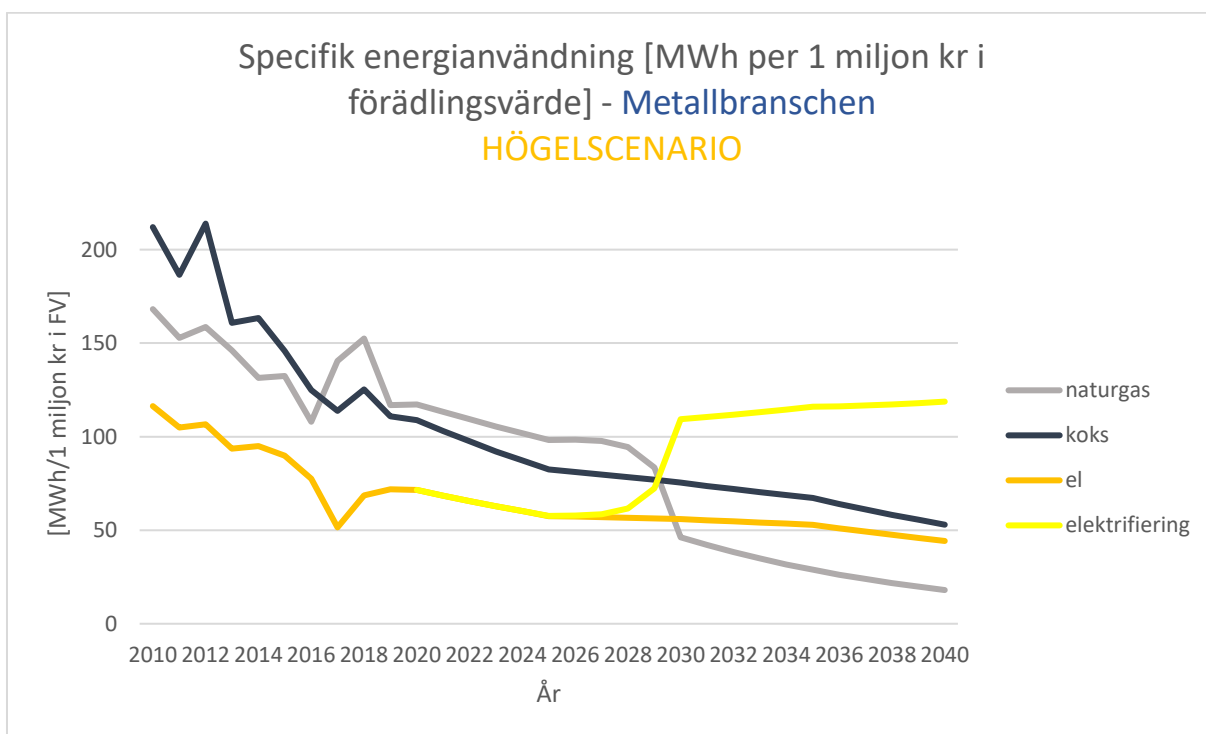
4.2.3 Hög- och lågelscenario: ett exempel

Enligt projektionen i figur 4.12 ligger användningen av naturgas och koks år 2030 och 2040 fortfarande på nivåer som inte är i linje med de regionala och nationella klimatmålen. Med andra ord behövs mer än energieffektiviseringar, det vill säga ett teknik- eller bränslebyte, för att branschen skall bli fossilfri. Figur 4.13 och 4.14 illustrerar de två scenarierna, hur elektrifiering respektive biomassa ökar, allt eftersom det fossila fasas ut eller utsläppen kompenseras för.

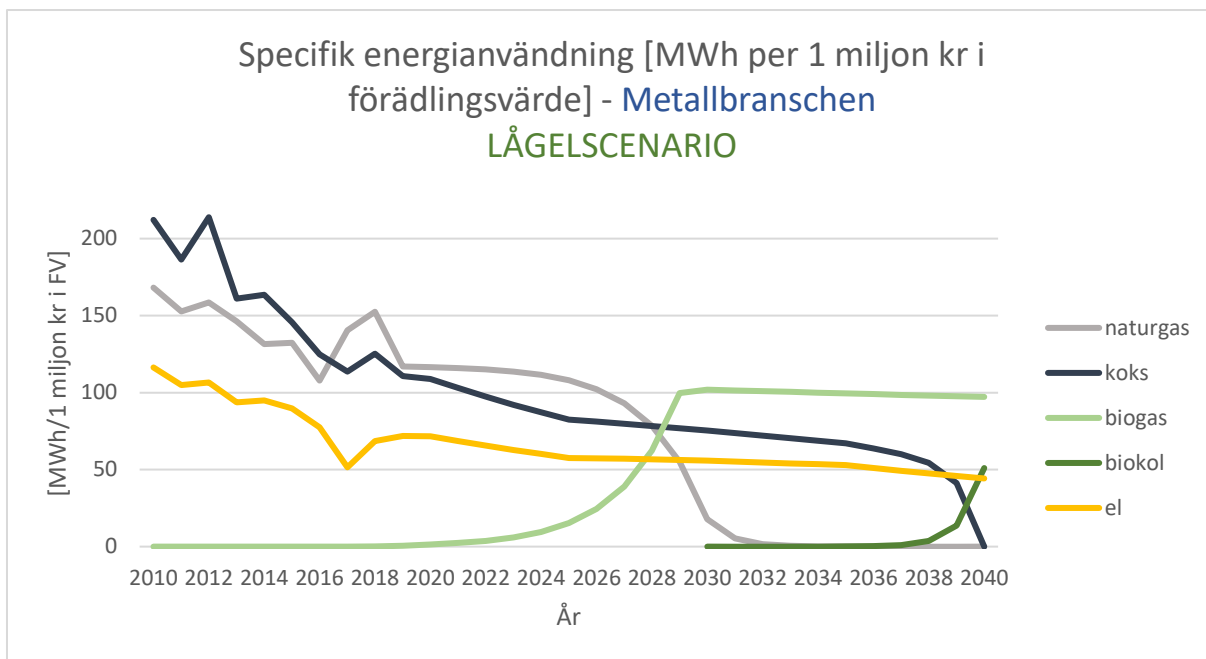
Enligt figur 4.13 (högelscenario) har induktionsugnarna runt år 2030 ersatt merparten av naturgasen. Användningen av naturgas och koks inte helt eliminerad år 2040, vilket beror på att CCS har implementerats för att samla in utsläpp, i synnerhet från användningen av koks, men även en mindre del naturgas. I figur 4.14 (lågelscenario) ersätter biogas all naturgas runt år 2030 och biokol ersätter koks runt år 2040.



Figur 4.12: Metallbranschen; kvantiteter av koks och naturgas som finns kvar i produktionen efter energieffektiviseringar.



Figur 4.13: Högelscenario för metallindustrin.

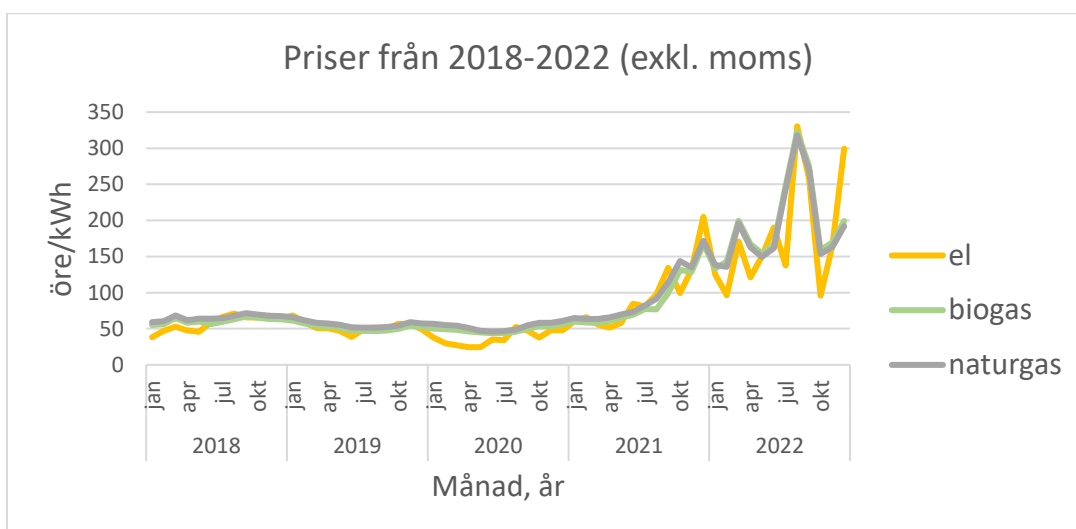


Figur 4.14: Lågelscenario för metallindustrin.

4.3 Prisrelation – el och biogas

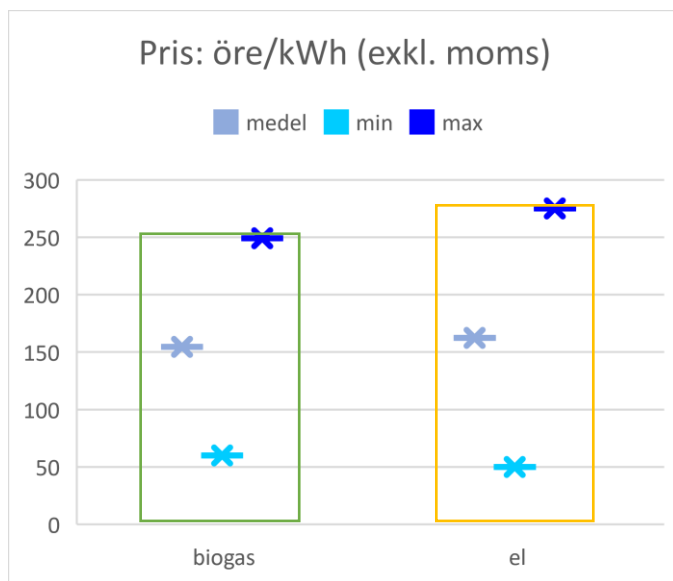
Prisrelationen mellan el och biogas kommer styra vilket av dessa vägval som skånsk industri kommer anamma på längre sikt.

Priserna för naturgas, biogas och el (SE4) har under det senaste året svängt kraftigt och i takt med varandra som figur 4.15 visar. Prisnivån är ovanligt hög om man jämför med de historiska priserna. Produktionskostnaden för naturgas har varit lägre än för biogasen, men med bland annat ökad biogasproduktion och fortsatt instabilitet i naturgashandeln kan prisrelationen komma att ändras till fördel för biogasen. Elpriset har legat under biogaspriset i perioder, men elpriset är utsatt för skarpare svängningar (Olin, 2022). Inom de närmsta åren spås elpriset fortsätta ligga på en hög nivå. Med en ökad andel icke planerbar elproduktion i elsystemet förväntas också priset fortsätta att svänga (Energimarknadsbyrån, 2022).



Figur 4.15: Priser på el, biogas och naturgas från 2018 till 2022. Omarbetad data (ApportGas, u.å.; Vattenfall, u.å.).

Prognoserna för hur elpriset kan komma att utvecklas på längre sikt är högst spekulativa och siffrorna varierar stort, då det råder stora osäkerheter i hur den gröna omställningen kommer hanteras. En prognos som gjorts av analytiker på Bixia menar att elpriset i SE4 kan komma att vara 275 öre/kWh år 2025 till 2030 och sedan sjunka till 220 öre/kWh år 2030 till 2035 (Bixia, 2022). Detta är högt skattat, eftersom historiken visar annorlunda, och det finns chans att elpriset kommer tillbaka till mer normala nivåer, så som dagens auktionspriser på vindkraft; 50–70 öre/kWh, vilket kan antas representera den långsiktiga marginalkostnaden (WindEurope, 2022). Figur 4.16 visar hur det prognosticerade elpriset kan se ut i relation till biogaspriset under de kommande åren. Det finns inga prognoser på hur biogaspriset kan ändras på längre sikt, men det kan bli så lågt som 100 öre/kWh inklusive moms med en produktionskostnad på 50–60 öre/kWh (Möller, 2022).

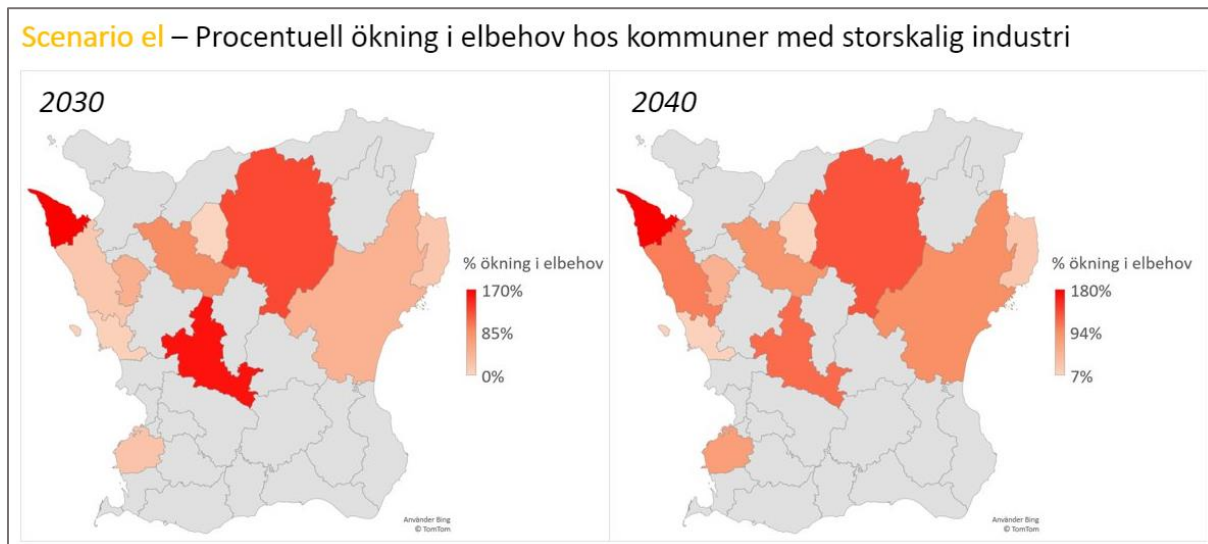


Figur 4.16: Prisrelation mellan biogas och el, omarbetad data (Bixia, 2022; WindEurope, 2022; Möller, 2022).

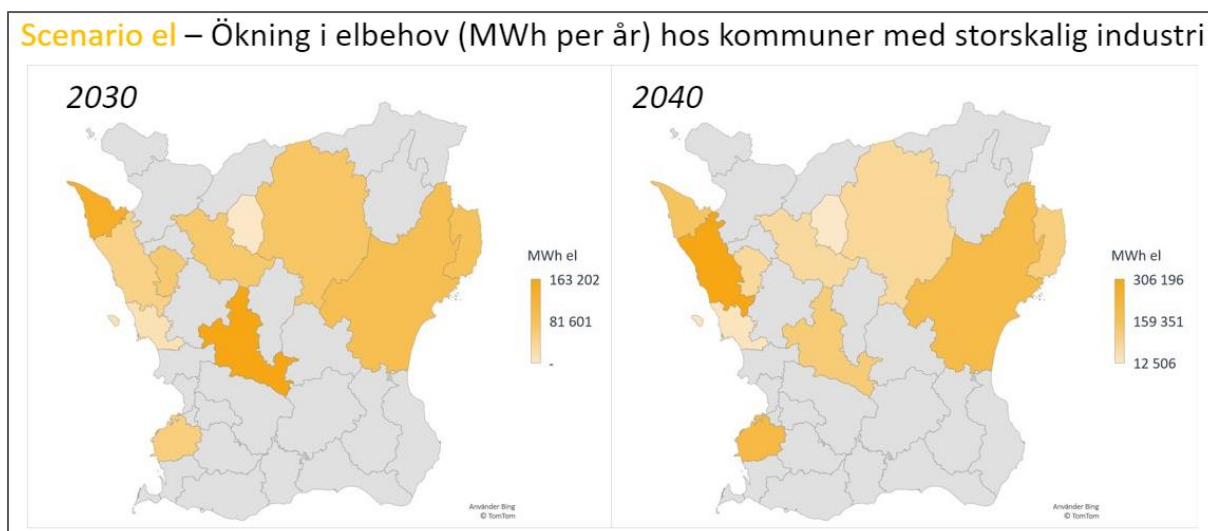
Elen kan under gynnsamma förhållanden nå lägre prisnivåer än biogasen, men kan samtidigt skjuta i höjden. Biogasen är på så sätt en mer stabil energikälla. Dock finns det något som heter PPA – som står för Power Purchase Agreement – vilket är långtidskontrakt mellan elproducenter och användare, som skall säkra att elpriset kommer ligga jämt och stabilt på en viss nivå under en längre period. PPA är också något som kan få gröna investeringar att accelerera, eftersom det blir mindre riskabelt för industrier att elektrifiera om de har kontrakt på att elpriset inte kommer skjuta i höjden. Detta samarbete tycks gynna vindkraften särskilt och eftersom Skåne har så goda förutsättningar för vindkraft är det inte irrelevant att anta att elektrifiering inte ligger allt för långt borta (ELS Analysis, 2020).

5. Hög- och lågelscenario

I figur 5.1 och 5.2 återfinns resultaten från högelscenariot, där de tjugo största industrierna genomgår en full elektrifieringen för att fasa ut det fossila. Den potentiella ökningen i figur 5.1 är procentsatsen mellan 2019 års elanvändning och det tillkommande elbehovet till följd av elektrifiering. Figur 5.2 visar ökningen i absoluta tal; MWh per år.



Figur 5.1: Potentiell ökning i elbehov, jämfört med 2019, år 2030 och 2040.



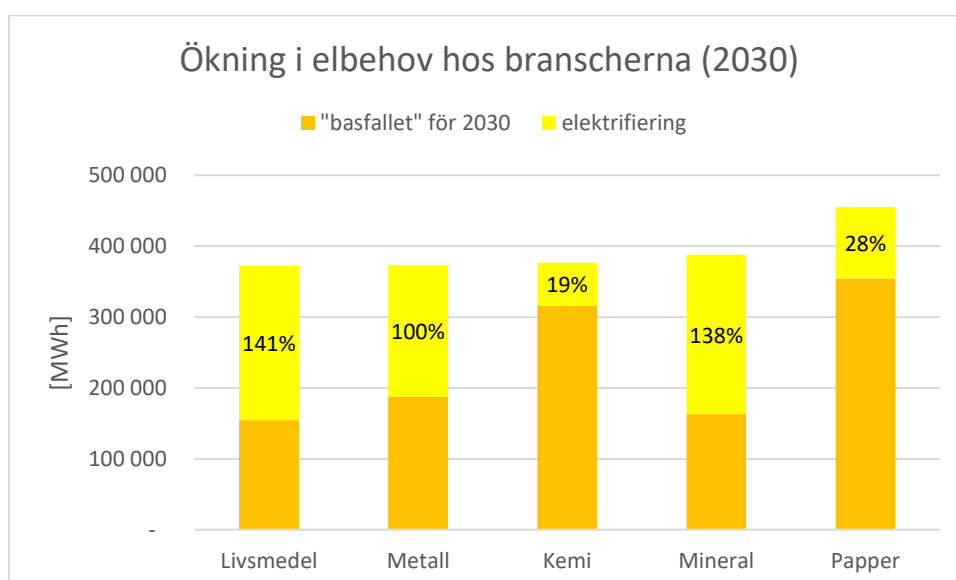
Figur 5.2: Potentiell ökning i elbehov, i absoluta tal, år 2030 och 2040.

Om man kombinerar resultaten i figur 5.1 och 5.2 så kan den mest omfattande ökningen i elbehov år 2030 ske i Eslöv och Höganäs. Detta beror delvis på att industrier lokaliserade i de kommunerna rent tekniskt kan ställa om, men också för att dagens elektrifiering i de områdena inte är så omfattande (se figur 2.1 i kapitel 2). År 2040 kan också kommunerna Landskrona, Kristianstad och Malmö få en betydande ökning i elbehov, framför allt i Landskrona som idag har ett flertal elintensiva industrier, men trots detta ändå kan öka sitt elbehov ytterligare.

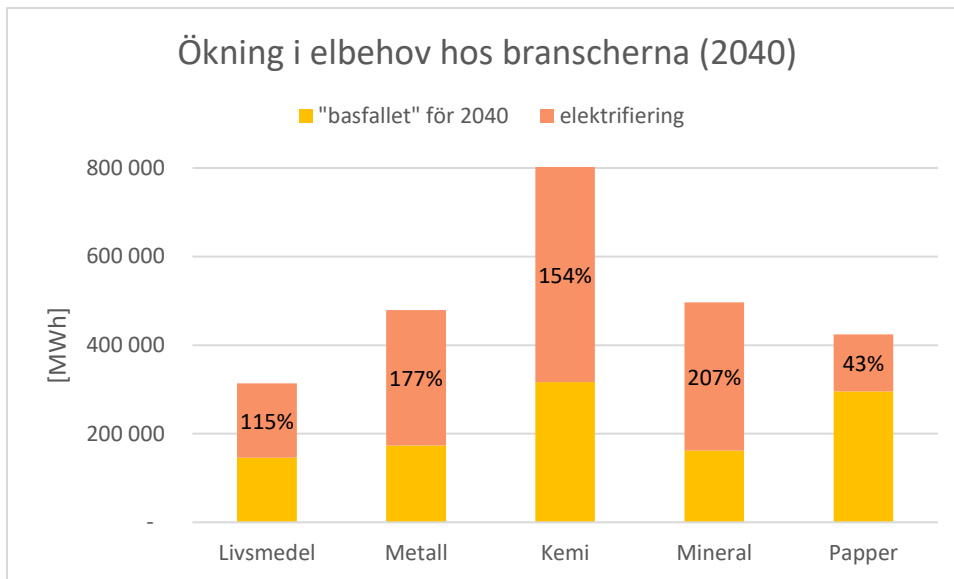
Tabell 5.1: Procentuell ökning i högelscenariot: Jämförelser med aktörernas elanvändning i dagsläget, elanvändningen efter kommande energieffektiviseringar (basfallet), samt jämförelse med hela industrins elbehov och Skånes elbehov i dagsläget.

År	Resultatet (GWh)	Jmf med nuläget (%)	Jmf med basfallet (%)	Jmf med hela industrin (%)	Jmf med hela Skånes elanvändning i dagsläget (%)
2030	791	62	67	27	7
2040	1 424	111	130	53	13

Jämfört med de stora aktörernas elbehov i dagsläget på cirka 1,3 TWh kan ökningen till 2030 och 2040 bli 62 respektive 111 %. Om jämförelsen i stället görs med basbehovet av el 2030 och 2040 blir motsvarande ökning 67 respektive 130 %. Ökningen blir högre i det senare fallet på grund av att basbehovet av el blivit lägre till följd av energieffektiviseringar. Energieffektiviseringarna har enligt modellen lett till en minskning i "baslasten" med 22% till 2030 och 27% till 2040.

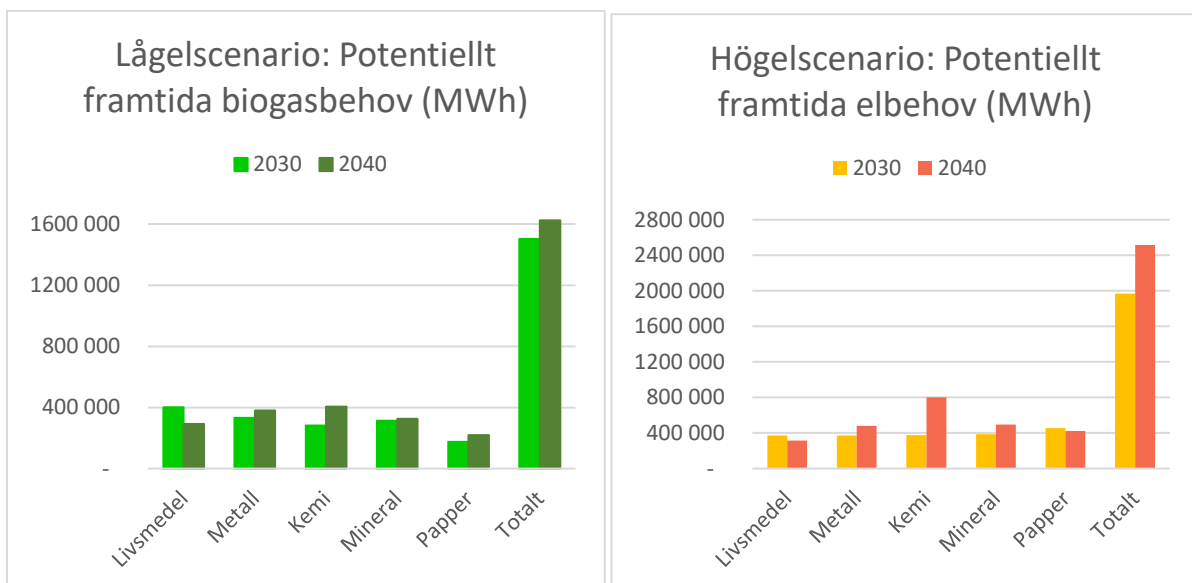


Figur 5.3: Procentuell ökning av elbehovet hos branscherna 2030.



Figur 5.4: Procentuell ökning av elbehovet hos branscherna 2040.

I figur 5.3 och 5.4 visas ökningen i elbehov i koppling till bransch. Störst ökning i elbehov kan ske hos kemibranschen mellan 2030 och 2040. Livsmedelsindustrin och pappersmassaindustrin har potential att elektrifieras nästan fullt ut till 2030. Mineral- och metallbranschen kan delvis elektrifieras, rent tekniskt, innan 2030 men en del nya tekniker gör att elektrifieringen kan skjutas upp till 2040.



Figur 5.5: Jämförelse biogasbehov och elbehov enligt låg- och högelscenariona.

I lågelscenariot (diagrammet till vänster i figur 5.5) skulle de tjugo största industrierna, vid full konvertering från fossilt till biomassa, i de fall där biogas har ett användningsområde (exklusive biokol och bioolja), behöva 1,5 respektive 1,6 TWh biogas år 2030 och 2040. Jämfört med högelscenariot (diagrammet till höger i figur 5.5), vilket skulle innebära 2 respektive 2,5 TWh år 2030 och 2040. Notera att ökningen i elbehov – det vill säga ”elektrifieringen” – är 0,8 respektive 1,4 TWh år 2030 och 2040.

Som konstaterat i avsnitt 3.2.3 har Skåne potential att producera 3 TWh biogas och baserat på den andel som i dagsläget uppgraderas till fordonsbränsle så återstår 0,9 TWh för bland annat industriellt bruk. Förutsatt att samma mängd biogas konverteras till fordonsbränsle även i framtiden skulle denna mängd inte räcka för industrins behov på 1,5–1,6 TWh årligen.

6. Diskussion

6.1 El eller biogas?

Elektrifieringen av industrin styrs i hög grad av elprisets konkurrenskraft i jämförelse med biogaspriset. Skåne har bra förutsättningar när det gäller både biogasproduktion (stora restströmmar av biosubstrat från jordbruk) och elproduktion (kustrensor med mycket vind stora delar av året), som gör att det inte är helt enkelt för industrier i dagsläget att veta vilken av energikällorna som kommer bli mest konkurrenskraftig i framtiden.

Förutom Skånes egen potential för biogasproduktion, är närheten till Danmark och den import som kan ske av biogas – bland annat inblandning i naturgasledningen – bli till en klar fördel för biogasen. Just nu planeras fler röttningsanläggningar i länet och Skåne har en målsättning att bli ledande biogasproducent i Europa. Eftersom elpriset i Skåne också varit så opålitligt har det blivit mer intressant för industrier att titta på andra lösningar utöver elektrifiering. Av dessa anledningar är det troligt att allt fler industrier kommer anpassa sin produktion till biogas. En ytterligare faktor som gör att mer av den potentiella biogasen blir tillgänglig för industrin är att fordonsflottan troligtvis kommer elektrifieras. Många av stadsbussarna går idag på biogas men andelen bussar som elektrifieras ökar. Den transportsektor som kan komma att konkurrera med industrin om biogasen är den tunga fordonsflottan.

Elektrifieringen av industrin i Skåne förväntas därför bli begränsad på kort sikt. Men vad som styr utvecklingen lite längre framöver beror på hur prisrelationen mellan elen och biogasen utvecklas. Om vindkraften byggs ut och tillgången på inhemsk producerad el blir god kan elpriset svänga till elektrifieringens fördel. Om lagring av el, flexibilitetslösningar och andra balanserande åtgärder växer fram, kan elpriset – förutom att bli lågt – även bli mer stabilt. Det råder stora osäkerheter kring vilka åtgärder som den skånska elinfrastrukturen kommer ta till för att efterfrågan på el ska tillgodoses i framtiden. Men det är inte orimligt att anta mer eller mindre kraftiga åtgärder som botgöring för elkrisen.

Något som också är till elens fördel är att den energikällan inte har någon fysisk begränsning på samma sätt som biogas. Som konstaterat i avsnitt 3.2.3 har Skåne en potential att producera 3 TWh biogas – vilket skulle kunna tillgodose industrins behov – men förutom konkurrens från uppgradering till fordonsgas, kan export och efterfrågan från andra håll höja priset. Biogasen som övergångsbränsle, inom Europas industri, kan öka konkurrensen. I kombination med att den svenska kronan har tappat en del i värde, kan göra det potentiellt svårare för de svenska industrierna att ”tävla” om biogasen. Konkurrensen om biogasen kan också komma att skärpas när och om kraftvärmeverk och gasturbiner i framtiden behöver agera som balanskraft när allt mer elproduktion blir säsong- och väderberoende. En ökad elproduktion från havsbaserad vindkraft kan få en förstärkande effekt på biogaskonkurrensen.

Samtidigt som användningen av biogas är ett viktigt övergångsbränsle så är diskussionen kring *vad* biomassan används till relevant, eftersom kolatomerna både är begränsade och värdefulla då de kan användas inom processindustri för att producera bland annat bioplast och bioråvara för bioraffinaderier, och eventuellt biokol för framtida reduktionsprocesser. Med andra ord kan det i framtiden anses vara ”onödigt” att bränna upp biosubstrat i energisyrte. Dessutom går det inte att undvika att förbränning med biogas genererar växthusgasutsläpp och i en framtid där negativa utsläpp måste uppnås, kanske inte biogasen har en given plats på agendan som energikälla för allehanda ändamål för förbränning. Men det är fortfarande för tidigt att diskutera biogasen klassifikation som bränsle, men detta påverkar ju elektrifieringens

framfart inom industrin, och kan vara något för industrier att ta i beaktning om de planerar för omställning.

6.2 Framtidsspaningar om vätgas och övriga tekniker

Det är inte enbart elpriset som styr graden av elektrifiering inom industrin. Eftersom många av de lovordade teknikerna inte är kommersiellt tillgängliga än är det svårt att veta vilka som får genomslag och vilka som inte lyckas. Då forskning och pilottester innebär en del kostnader kan det också vara svårt för enskilda industrier att våga satsa på det, särskilt i dessa tider när energikris och inflation redan sätter verksamheten i gungning.

Eftersom användningen av vätgas från elektrolys har en stor påverkan på elbehovet är det relevant att undersöka vätgasens potential närmare. Då vätgasen har så stor tillämpning inom metall- och kemiindustrin, samt att dessa branscher är koncentrerade till Skånes västra delar, är det inte helt främmande att ett vätgassamarbete kan komma att växa. Alternativt kan naturgasledningen fyllas med biogas. Dock kan orenheter i biogasen bli problematisk för vissa industrier som har höga krav på gaskvalité i ångreformation vilket gör att en elektrifiering med elektrolysörer ändå kan vara det bättre alternativet för att producera vätgas.

Något som är av stort intresse för att uppskatta vätgasens potential och hur detta påverkar framtida elbehov, är hur vätgasen kan användas i uppvärmningssyfte. I dagsläget, med de höga elpriserna, är det inte så troligt att vätgasen skall kunna användas som bränsle. Men i framtiden, om överskottet på el är stort och vätgas lagras på flera håll, kan det vara mycket fördelaktigt för industrier att använda vätgas som bränsle. Frågan är hur vätgasen kan anpassas till olika system för uppvärmning, om det endast är högtempererade processer som lämpar sig bäst för eldning av vätgas eller om låg- och medeltempererade processer också har nytta av vätgasen. För de material som behandlas med öppen värmelåga är det också av intresse att utvärdera hur vätgasen påverkar kvalitén på slutprodukten.

Något som förhindrar utvecklingen av vätgasen är delvis kompetensbrist inom området. Industrierna vet kanske inte själv vad vätgasen kan användas till och att göra tester för den egna produktionen kan vara kostsamt och inget som prioriteras, särskilt inte i dagsläget när energikrisen och stigande råvarupriser har gjort det svårt för aktörer att ens överleva. Det kan i dagsläget ses som ett för stort risktagande, i synnerhet om anläggningen måste planera för produktionsstopp om testerande ska ske på anläggningen. För detta krävs ett långt planeringsarbete och för företag som ändå är i projekteringsfas för anpassning till vätgas och gör tester nu, kan en väntad övergång inte ske förrän närmare 2040.

När det gäller CCS finns det ett behov av grundlig efterforskning kring värdet i att investera i en CCS-anläggning. Det som studien räknat på är att CCS används i högelscenariot när fossilt används som råvara och det inte finns något bra biobaserat alternativ. Om bioraffinaderier etableras och börjar producera högkvalitativ bioråvara finns det större anledning för industrier att använda sig av denna, eftersom det ger en mer effektiv energianvändning då koldioxidinfångning och kompression innebär en lägre verkningsgrad. Men detta kräver att kostnaden för bioråvaran är konkurrenskraftig jämfört med att fortsätta med fossilt och installera CCS.

För just CCU finns det stor potential för industriell symbios där en industris restströmmar av koldioxid blir en annan industris råvara. Med hänsyn till komplexiteten i antalet outnyttjade restströmmar samt på de otaliga sätt de kan återanvändas, är det svårt att uppskatta vilka

branschöverskridande samarbeten som kommer växa fram mellan aktörer, och därav undersökte inte denna studie ämnet närmare, utan kan endast konstatera att CCU högst troligt kommer öka och appliceras där det är svårt att byta ut den fossila råvaran eller bränslet.

En bit in i framtiden kan det vara relevant för samhället i stort att börja se till att uppnå negativa utsläpp inom flera sektorer, för att klimatmålen ska kunna uppnås. Detta innebär att biogasen som en förnybar energikälla kan komma att omvärderas, eftersom förbränningen fortfarande genererar utsläpp. Bio-CCS är en lösning som ses som ett alternativ att uppnå negativa utsläpp med användning av biogas, men frågan är om detta är försvarbart ur ett energimässigt perspektiv eftersom det går åt extra energi att samla in och komprimera utsläppen. Det kanske snarare kan ses som en övergångslösning till att elektrifiera på längre sikt.

Utvecklingen och implementeringen av HTVP kan få stora delar av industrin att elektrifieras och energieffektiviseras samtidigt. HTVP kan få stor betydelse i Skåne eftersom det finns mycket livsmedelsindustri i regionen, som med sina lågtempererade processer – och ofta både ett behov av värme och kyla – kan ha stor nytta av denna teknik. Det finns också goda möjligheter för samarbeten mellan industrier och ett större utnyttjande av restvärme vid implementering av HTVP.

När det gäller de direktverkande teknikerna för elektrifieringen är framtida implementering mycket osäker. Om teknikerna funnits länge men ingen av aktörerna tyckt det varit en bra idé att investera i dem, vad skulle driva på viljan att investera i de nu eller ens om tio år? Det kanske blir en realitet i en framtid med mycket el, men då kanske vätgasen kommer in som konkurrent. Å andra sidan är det svårt att förutse genombrott i bättre prestanda och energieffektivitet av dessa konventionella lösningar.

6.3 Det geografiska perspektivet

Som konstaterat i kapitel 2 skiljer sig den geografiska spridningen mycket mellan branscherna. Metallbranschen är koncentrerad längd västkusten, mineralbranschen i de östra delarna, kemibranschen i de västra delarna och livsmedelsbranschen är utspridd över hela länet.

Om det går att koppla lokalisering till bränsleanvändning kan ett antagande vara att de industrier som befinner sig österut i regionen kanske kommer gå över till biogas, eftersom de största restströmmarna från jordbruket finns där. Men å andra sidan kan naturgasledningen som ligger västerut fyllas med allt mer biogas, vilket gör att det inte går att bortse från en eventuell dominans av biogas där med. Men om samproduktion och lagring av vätgas, med eventuell pipeline, växer fram västerut, kanske det blir en väldigt tydlig uppdelning mellan väst och öst, gällande elbehov.

Det finns också en distinktion att göra mellan kustnära industrier och inlandsindustrier, när det gäller implementering av tekniker så som CCS. Det finns fog att tro att det främst är de kustnära punktutsläppen som kommer bli mål för en CCS-anläggning, eftersom det är enklare att skeppa ut den komprimerade gasen direkt till havs – om den nu inte återanvändas som råvara i CCU hos någon annan industri.

6.4 Nya studier

För att göra scenariona med realistiska behovs ekonomi (kostnadsanalys för investeringar vid teknikbyte, återbetalningstid med mera) och kopplingar till industriell symbios göras; analyser

kring vilka samarbeten mellan industrier som kan växa fram, i synnerhet i koppling till elektrolys och vätgasproduktion. För att ett sådant samarbete ska växa fram krävs det dels god och stabil tillgång på el (med konkurrenskraftiga elpriser) samt långsiktiga och trygga investeringar i den teknik som ska tillämpas. Varje industrianläggning, som vill ingå i vätgassamarbetet måste göra interna utredningar om *hur* vätgasen ska användas i produktionen. Det kanske är allt för tidigt att säga hur vätgasens roll kommer utvecklas i Skåne. Det finns ett intresse för vätgasen men problemet tycks ligga i att industrierna är osäkra på hur energikällan skall kunna användas i produktionen.

Sannolikt kommer framtidens marknad kräva ett större samarbete mellan olika industriaktörer, både när det gäller utnyttjande av energi och råvara. I dagsläget samarbetar industrier på sätt och vis när det handlar om fjärrvärme. Fler studier, kopplade till enskilda industrier, behövs på hur en anläggningens restströmmar av material kan återanvändas som råvara av andra industrier. Det är viktigt att komma ihåg att CCS, CCU och vätgas är starkt sammanlänkat och det finns goda fördelar för industrier att samarbeta när det gäller att utnyttja dessa tekniker. Det åberopas fler fallstudier på temat. Också när det gäller samarbete mellan elintensiva industrier och elproducenter med kontrakt på PPA.

Syftet med studien var att delvis med hjälp av transparens göra det möjligt att justera det framtida elbehovet efter förändrade förutsättningar. Detta kan omfatta aktuella planer hos industrin samt tydliga trender i teknik- och bränsleskiften. Något som också skulle kunna vävas in i modellen är hur politik, skatter och andra styrmekanismer påverkar utfallet av en potentiell elektrifiering. Samt var och hur mycket elkraft som byggs ut. Något som åberopas i en ny studie är hur detta skulle kunna utformas med en AI, som automatiskt samlar in och beräknar en uppskattning om framtida elbehov i realtid.

För att kunna skapa en bättre prognos måste det tillkomma fler studier på hur prisutvecklingen mellan biogasen och elpriset kan komma att fortlöpa. Kanske med specifika fallstudier för anläggningar, där återbetalningstiden för teknikbyte vid elektrifiering ställs mot state-of-the-art med bränslebyte till biogas. Detta som underlag för industrier att tillgå när de gör bedömningar kring hur de ska planera för omställning.

Mer forskning behövs på de typer av reduktionsmedel som kan användas i den skånska metallindustrin. Hybrit-projektet i Norrland har som målsättning att kunna reducera sin järnmalm med vätgas, men frågan är om det är möjligt att reducera de sekundära råvarorna – som kännetecknar den skånska metallindustrin – med vätgas också. Det kanske inte är möjligt med alla typer av metaller som ska extraheras. Därför måste även biokolets egenskaper utvärderas i operationell miljö, för att undersöka huruvida det kolet kan fungera som reduktionsmedel.

När fossila bränslen används för att generera värme skapas mycket överskottsvärme. Med el är det inte riktigt samma sak – i alla fall i med den direktverkande tekniken. Något som kan bli en effekt av detta är att fjärrvärmenätet i framtiden, med mer eluppvärmning, inte kommer användas i lika stor utsträckning eller att energiströmmarna kommer struktureras om. När det gäller teknik så som CCS kan en framtida elektrifiering göra att restströmmarna återleds i allt större utsträckning till den egna industrin. En eventuell utbredning av HTVP kan också göra att restvärmen återanvänds av industrierna själva i högre grad, eller att låggradig fjärrvärme används mer effektivt. Därför behövs ytterligare studier på hur fjärrvärmenätets framtid kan komma att se ut när och om dessa tekniker kommersialiseras.

6.5 Felkällor och osäkerheter i resultatet

Felaktigheter går att finna i statistiken gällande naturgasanvändningen. Datan återger inte den andel biogas som inmatas på nätet, och heller inte ifall industrierna är med i grön-gashandeln. Mer kvalitetssäkring på statistiken behövs för att kunna utföra mer exakta modeller.

Exempelvis handlar ett flertal av livsmedelsproducenterna med grön gas och påstår sig därför vara helt koldioxidneutrala och 100% försörjande på biogas i dagsläget, men det är inget som återspeglas eller tydliggörs i statistiken.

Ett tillkortakommande när uppdelning mellan biomassa och el gjorts är att studien negligerar en eventuell samverkan mellan dessa, exempelvis bio-CCS och bio-elektro-bränslen. I framtiden kan biobränslen och el behöva samverka på ett flertal sätt.

En felkälla i studien är att beräkningar med de elektrifierande teknikerna inte tagit hänsyn till eventuella effektiviseringar av dessa. Så med detta i åtanke kan elbehovet komma att bli lägre och effektiviseringar sker simultant som introduceringen av de nya teknikerna, men över en viss tidsperiod. Å andra sidan råder osäkerhet angående energieffektiviseringar, ifall industrierna kan effektivisera så mycket som projektionerna visar, eller om ambitionerna kommer skärpas till en framtida minskning upp till 4% eller högre årligen, på grund av att resurshushållning bli allt viktigare.

Eftersom eluppvärmning är mer flexibel än gasuppvärmning kan fabrikers produktivitet öka, vilket gör att de kan producera mer än vad de gör i dagsläget vilket gör att de konsekvensenligt använder mer energi. Så det finns en möjlighet i detta att elbehovet ökar mer – än vad som räknats på – när en industri har elektrifierat. Resultaten visar bara den produktivitet som pågår med dagslägets fossila bränslen – med hänsyn till tillväxt inom branschen – men ej vad som skulle hända ifall produktiviteten ökar i och med att elen har högre verkningsgrad. Sen kanske industrier också vill öka sin produktivitet för att få tillbaka de investeringar som gjorts i teknikskiftet.

Något som också påverkar hur trenden fortsätter inom omställningen är hur industriernas klimatmål ser ut. Inom livsmedelsindustrin är klimatmålen rätt ambitiösa och de flesta av aktörerna vill vara fossilbränsle fria 2025–2030. De övriga aktörerna har ambitioner i enlighet med Parisavtalet eller Sverige mål för nettonollutsläpp. Detta är något som också bör inkluderas i modellen, som just nu bara visar på högsta ambition hos industrin, det vill säga baseras på hög teknikpositivitet.

Något som inte varit till fördel för studien under den tidsperiod som den pågick, var att synen på elektrifiering var kraftigt vinklad åt det negativa hållet, på grund av det rådande höga elpriset och kraftig inflation i samhället överlag. Därför har inte industriernas egna tankar kring omställning och elektrifiering tagits i beaktning, eftersom många industrier bara vill överleva, och därför har inte så mycket vikt lagts vid aktörers egna svar på hur omställning ska ske. Detta är också något som måste med i modellen, för att den ska bli så verklighetstrogen som möjligt.

Gällande CCS; att olja kommer fortsätta användas år 2040 är kanske ett väl djärvt antagande, dels då råolja är en sinande källa, samt att sådana kraftigt fossila industrier kan komma att försvinna. Men det går ju inte att veta i förväg, så något som får justeras i modellen allt efterhand.

Resultatet för mineralbranschen är mycket oklart eftersom det bara är direktverkande, redan befintliga tekniker som modellerats för dess elbehov. Frågan är hur tillgången på gasol kommer se ut framöver och hur många av industrierna som är benägna att gå över till biogas. Ett flertal av aktörerna som intervjuades sa att biogas möjligtvis är ett framtida alternativ, så högelscenariot till 2030 är inte så realistisk i de östra delarna.

7. Slutsats

Framtiden kring hur stor elektrifieringen förväntas bli inom skånsk industri är svårt att förutse i dagsläget. Slutsatsen är att industrins elektrifiering tros bida sin tid fram till 2030 och därefter öka ifall den rådande energikrisen provocerat fram satsningar i elsystemet. Hos livsmedelsproducenterna, samt pappersmassaindustri, tros övergången till biogas vara mest naturlig – om inte högtemperaturvärmepumpar får ett stort genomslag. Medan metallindustrin, och delar av kemiindustrin, har större fog anledning att elektrifiera. Angående mineralindustrin är framtiden lite mer svårbedömd i nuläget.

Resultatet visar att en fullskalig elektrifiering inom industrin kan öka elbehovet med 0,8 TWh till 2030 och 1,4 TWh till 2040, vilket motsvarar en 62 respektive 111 % ökning av dagens elbehov. Med hjälp av energieffektiviseringar kan baslasten av el minska med 22% till år 2030 och 27% till år 2040. En jämförelse med övergång till biomassa skulle industrin behöva 1,5–1,6 TWh biogas årligen, och detta utöver det potentiella behovet av flytande biobränslen så som bioolja samt bioolja och biokol som råvara till olika processer. Slutsatsen är att användningen av el, som också litteraturen stödjer, är mer energieffektiv.

Sammanfattningsvis, det som avgör huruvida elektrifieringen dröjer är om bytet till biogas får en effektiv övergång samt att priserna håller konkurrensmässigt. Att industrier inte är elektrifierade förrän 2040 beror dels på osäkra investeringar med risk för toppar i elpris, med också på att vissa tekniker inte är mogna för kommersiellt genomslag än. Även om elpriset kan tyckas utmanande i dagsläget finns det ändå goda anledningar att planera en elektrifiering av industrin, baserat på drivkrafterna att bygga ut elproduktion ökar i och med de rekordhöga elpriserna det senaste året.

Referenser

- ApportGas. (u.å.). *Aktuella gaspriser i öre/kWh*. ApportGas. <https://apportgas.se/pris/> (hämtad 15-12-22)
- Arkell, A. (2022). *Forskare Lignin på RISE*. Möte 17 oktober 2022.
- Armelius, H. (2022). *Energianvändning och produktivitet*. Ekonomifakta. <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energieffektivisering/Energianvandning-och-produktivitet/> (hämtad 04-01-23)
- Bassam, B. (2022). *Forskare Värme och kyla på RISE*. Möte 14 november 2022.
- Billebo, O. & Nivré A. (2022). *Klimatklivet vill öka produktionen och användningen av biokol i Sverige*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/aktuellt/nyheter-och-pessmeddelanden/klimatklivet-vill-oka-produktionen-och-anvandningen-av-biokol-i-sverige/#:~:text=Biokol%20framst%C3%A4lls%20genom%20en%20pyrolysisprocess%20d%C3%A4r%20organiskt%20material%20C,lokala%20energibolag%20och%20ers%C3%A4tta%20fossila%20br%C3%A4nslen%20i%20fj%C3%A4rrv%C3%A4rmesystemet> (hämtad 13-10-22)
- Bixia. (2022). *Framtidens elmarknad: Bixias prognos 2022 – 2035*. Bixia AB. <https://www.bixia.se/energi-i-fokus/framtidens-elmarknad-bixias-prognos-2022---2035> (hämtad 15-12-22)
- Broberg, B., Lindahl, L. & Tamm, D. (2022). *Potentialstudie för biogassubstrat i Västra Götaland, Halland och Skåne*. RISE. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=4837&pid=diva2%3A1682810>
- Byggipedia. (u.å.a). *Råvaror och tillverkning – mineralull*. Byggipedia. <https://byggipedia.se/byggmaterial/mineralull/ravaror-och-tillverkning-mineralull/> (hämtad 02-01-23)
- Byggipedia. (u.å.b). *Exempel på framställning av gipsskivor*. Byggipedia. <https://byggipedia.se/byggmaterial/gips/exempel-pa-framstallning-av-gipsskivor/> (hämtad 02-01-23)
- Byman, K. (2022). *Om vätgas och dess roll i elsystemet*. IVA. <https://www.iva.se/publicerat/vatgas-och-dess-roll-i-elsystemet/>
- EI. (2022b). *Nätutvecklingsplaner – Ei ska ta fram föreskrifter*. Energimarknadsinspektionen. <https://www.ei.se/om-oss/nyheter/2022/2022-06-14-natutvecklingsplaner---ei-ska-ta-fram-foreskrifter> (hämtad 26-10-22)
- EI. (u.å.). *Elområde*. Energimarknadsinspektionen. <https://www.ei.se/konsument/el/sa-har-fungerar-elmarknaden/elomrade> (hämtad 25-10-22)
- Ekman, A. (2022a). *Hållbarhetsexpert på Skånemejerier*. Mejlkontakt i oktober 2022.
- Ekman, J. (2022b). *Ny rapport: Rekordhög användning av biogas*. Bioenergitidningen. <https://bioenergitidningen.se/ny-rapport-rekordhog-anvandning-av-biogas/> (hämtad 15-10-22).

Ekwall, T. (1991). *Elektrotermiska processer i svensk industri*. Institutionen för miljö- och energisystem, Lunds universitet.

Elamzon, J. (2017). *Energistatistik för 18 län med tillhörande kommuner för år 2017*. Länsstyrelsen Skåne.

https://www.lansstyrelsen.se/download/18.4a4eb7416faedec12524a91/1613728226002/Energistatistik%20f%C3%B6r%2018%20l%C3%A4n%20och%20deras%20kommuner%202017_rapport_FINAL_191217.pdf

Ellevio. (2022). *Ny rapport: Bråttom att rusta för fördubblad elanvändning*. Ellevio. <https://www.ellevio.se/om-ellevio/nyhetsrum/pressmeddelanden/ny-rapport-brattom-att-rusta-for-fordubblad-elanvandning/> (hämtad 24-10-21)

ELS Analysis. (2020). *PPA OCH ELMARKNADEN*. ELS Analysis. Rapport tillgänglig via: https://www.svensktnaringsliv.se/sakomraden/hallbarhet-miljo-och-energi/bade-mer-klimatnytta-och-osakerhet-med-ppa-avtal_1151296.html (hämtad 12-01-23)

Energigas Sverige. (2017). *Vad är gröngasprincipen?* Energigas Sverige. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/faq-om-biogas/vad-aer-groengasprincipen/> (hämtad 13-10-22)

Energigas Sverige. (2022). *Vad är energiinnehållet i naturgas, biogas och fordonsgas?* Energigas Sverige. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/faq-om-biogas/vad-ar-energiinnehallet-i-naturgas-biogas-och-fordonsgas/> hämtad 02-01-22)

Energigas Sverige. (u.å.). *Karta biogasanläggningar*. Energigas Sverige. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/karta-biogasanlaeggningar/> (hämtad 13-10-22).

Energikontor Sydost, Hållbar utveckling Sydväst & Energikontoret Skåne. (2013). *Handbok – bioenergi och ånga i industrin*. http://static.wm3.se/sites/2/media/13146_Bioenergi_och_%C3%A5nga_i_industrin__handbok_2013.pdf?1402563054

Energimarknadsbyrån. (2022). *Elpriser – prognos och utveckling*. Energimarknadsbyrån. <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elpriser-statistik/elpriser-prognos-och-utveckling/> (hämtad 15-12-22)

Energimyndigheten. (2004). *Prisområden som flaskhalshantering*. Energimyndigheten. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/ResourceComment.mvc?resourceId=103864>

Energimyndigheten. (2017). *Fördjupning – Här sker elproduktion och elanvändning i Sverige*. Energimyndigheten. <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/elmarknaden/2019/mars/har-sker-elproduktion-och-elanvandning-i-sverige.pdf>

Energimyndigheten. (2021). *Industrin – nuläge och förutsättningar*. Energimyndigheten.

Energimyndigheten. (2022). *Västsvenska naturgasnätet*. Energimyndigheten. <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/naturgas/vastsvenska-naturgasnatet/> (hämtad 18-10-22)

Envigas. (u.å.). *BioCoke*. Envigas. <https://www.envigas.com/products/biocoke> (hämtad 02-01-23)

- Gasum. (2021). *Gasum gör sig redo för att skala upp biogasproduktionen i södra Sverige*. Gasum. <https://www.gasum.com/sv/gasum/for-media-och-nyheter/nyheter/2021/gasum-gor-sig-redo-for-att-skala-upp-biogasproduktionen-i-sodra-sverige/#:~:text=Klimatklivet%20har%20beviljat%20st%C3%B6d%20till%20energibolaget%20Gasum%20f%C3%B6r,kapacitet%20att%20producera%20120%20GWh%20biogas%20per%20C3%A5r> (hämtad 13-10-22)
- Gelita. (u.å.). *FROM RAW MATERIAL TO GELATIN*. Gelita. <https://www.gelita.com/en/knowledge/gelatine/what-is-gelatine/manufacture> (hämtad 05-10-22)
- Gode, J., Löfblad, E., Unger, T., Renström, J., Holm, J. & Montin S. (2021). *Efterfrågan på fossilfri el – Analys av högnivåscenario*. Energiföretagen, Energiforsk & Profu. <https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/fardplaner/scenario-2045-april-2021/scenarioanalys-efterfragan-fossilfri-el-2045-slutrapport.pdf>
- Greelane. (2020). *Vad du bör veta om metallurgiskt kol*. Greelane. <https://www.greelane.com/sv/science-tech-math/vetenskap/what-is-metallurgical-coal-2340012/> (hämtad 13-10-22)
- Harrysson. (2021). *Värmevärden från Energimyndighetens datalager (DW)*. Energimyndigheten. <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.energimyndigheten.se%2F48e101%2Fglobalassets%2Fstatistik%2Fpuffblock%2Fems-varmevarden-2021.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>
- Howes. (2021). *Bioraffinaderier*. Lubirc. <https://www.lubirc.lu.se/sv/biobaserad-industri/bioraffinaderier> (hämtad 13-10-22)
- Höganäs Borgestad. (u.å.). *Production*. Höganäs Borgestad. <https://www.hoganasborgestad.com/about/production/> (hämtad 15-11-22)
- IVA. (2019). *Så klarar svensk industri klimatmålen*. IVA. https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/vagval-klimat/201904-iva-vagval-for-klimatet-delrapport1-n_ver2.pdf
- Jackson, S. & Brodal, E. (2019). *Optimization of the Energy Consumption of a Carbon Capture and Sequestration Related Carbon Dioxide Compression Processes*. MDPI. https://www.researchgate.net/publication/332729831_Optimization_of_the_Energy_Consumption_of_a_Carbon_Capture_and_Sequestration_Related_Carbon_Dioxide_Compression_Processes
- Jernkontoret. (u.å.a). *Ångsystem*. Jernkontoret. <https://www.energihandbok.se/angsystem> (hämtad 01-10-22).
- Jernkontoret. (u.å.b). *Värmevärde*. Jernkontoret. <https://www.energihandbok.se/varmevarde> (hämtad 18-10-22).
- Jernkontoret. (u.å.c). *Energiinnehåll i olja*. Jernkontoret. <https://www.energihandbok.se/energiinnehall-i-olja> (hämtad 15-10-22)

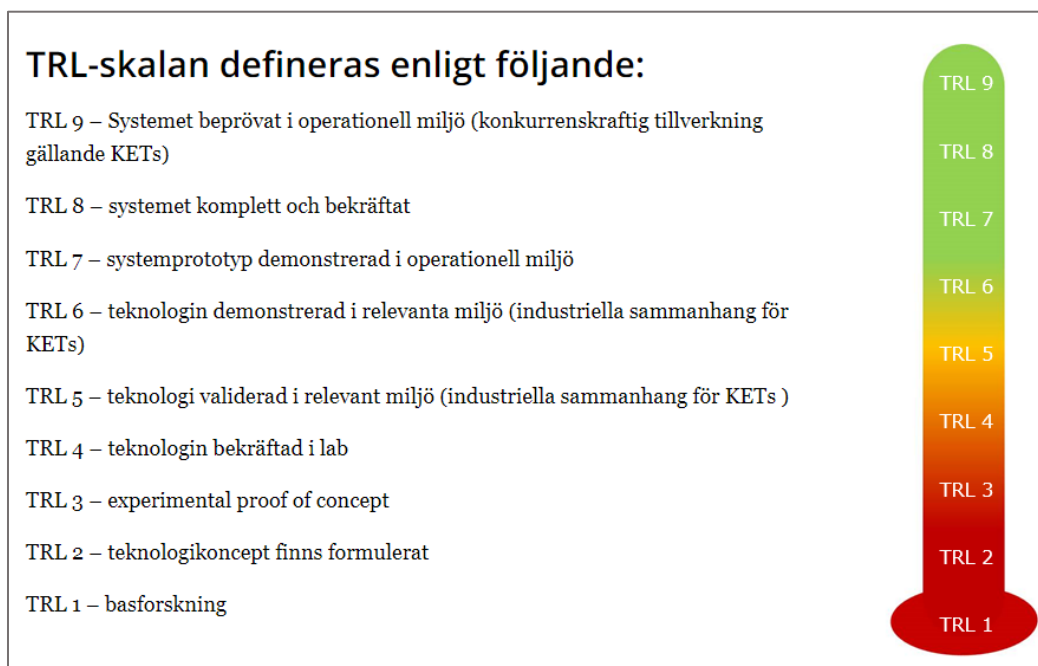
- Johannesson, A. (2019). *Ny rapport: Elanvändningen i det fossilfria samhället ökar med 1,5 gånger Danmark*. Energiföretagen.
<https://www.energiforetagen.se/pressrum/pressmeddelanden/2019/ny-rapport-visar-att-elanvandningen-i-det-fossilfria-samhallet-okar-med-15-ganger-danmark/> (hämtad 18-01-23)
- Klackenberg, L. (2017). *Vad är biogas?* Energigas Sverige. <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/vad-aer-biogas/> (hämtad 12-10-22)
- Klackenberg, L. (2022). *Statistik om biogas*. Energigas Sverige.
<https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/statistik-om-biogas/> (hämtad 13-10-22)
- KTH. (u.å.). *TRL - Technology Readiness Levels*. Kungliga Tekniska Högskolans intranät.
<https://intra.kth.se/forskning/extern-forskningsfin/eu-finansiering/cross-cutting-issues/trl-technology-readiness-levels-1.406254> (hämtad 14-11-22)
- Lefdal, E. (2021). *Energimyndigheten stöttar Höganäs AB:s klimatarbete med 2,7 miljoner*. Höganäs. <https://www.hoganas.com/sv/news-and-events/news/2021/energimyndigheten-stottar-hoganas-abs-klimatarbete-med-27-miljoner/> (hämtad 13-10-22)
- Lidman, H. (2022). *QHSE chef på Befesa ScanDust*. Möte 22 september 2022, Landskrona miljöforum.
- Linde. (u.å.). *Linde och aluminiumproducenter testar vätgasens potential att minska CO2-utsläppen*. Linde. https://www.linde-gas.se/sv/news_ren/linde_stories/linde-aluminum-producers-test-hydrogens-potential-to-cut.html (hämtad 18-10-22)
- Lindfors, N.O., Nordmark, C. & Nilsson B.O. (2020). *Norra Sverige kan inte försörja södra landet med el*. Dagens Industri. <https://www.di.se/debatt/norra-sverige-kan-inte-forsorja-sodra-landet-med-el/> (hämtad 26-10-22)
- Livsmedelsverket. (2022). *Pastöriserad mjölk*. Livsmedelsverket.
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/mjolk-och-mejeriprodukter/pastoriserad-mjolk> (hämtad 10-10-22)
- Lundström, J. (2022). *Nätutveckling*. Region Skåne.
<https://utveckling.skane.se/tema/effektkommissionen/natutveckling/> (hämtad 11-01-23)
- Mossberg. (2020). *Vad är ett bioraffinaderi?* RISE. <https://www.ri.se/sv/berattelser/vad-ar-ett-bioraffinaderi> (hämtad 13-10-22).
- MR. (2021). *Ett antal miljörapporter inhämtade från Länsstyrelsen, Kristianstad kommun, Söderåsens miljöförbund och Hässleholms kommun. Ett fåtal miljörapporter är från 2018*.
- Möller, B. (2022). *Senior specialist St1 biogas*. Möte 22 december 2022.
- Naturvårdsverket. (u.å.a). *Sveriges del av EU:s klimatmål*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-del-av-eus-klimatmal/> (hämtad 24-10-22)
- Naturvårdsverket. (u.å.b). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> (hämtad 24-10-22)

- NE. (u.å.). *Verkningsgrad*. Nationalencyklopedin.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/verkningsgrad> (hämtad 22-11-22)
- Nordling, A., Beijer Englund, R. & Boss, A. (2020). *Energieffektivisering och dess påverkan på elanvändningen*. WSP.
https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/fzrzqr_energieffektiviseringpdf_1005459.html/Energieffektivisering.pdf
- Nordzucker. (u.å.). *FROM BEET AND CANE TO SUGAR*. Nordzucker.
<https://www.nordzucker.com/en/sugar-expertise-products/knowledge-about-sugar/sugar-production/> (hämtad 15-10-22)
- Olin, L. (2022). *Därför svänger elpriserna så kraftigt*. Tidningen Energi.
<https://www.energi.se/artiklar/2022/augusti-2022/darfor-svanger-elpriserna-sa-kraftigt/> (hämtad 12-01-23)
- Orion Engineered Carbons. (u.å.). *Production processes*. Orion Engineered Carbons.
https://orioncarbons.com/production_processes (hämtad 05-10-22)
- Ovako. (u.å.). *Fossilfri vätgassatsning av Ovako, Volvokoncernen, Hitachi ABB Power Grids Sverige, H2 Green Steel och Nel Hydrogen*. Ovako.
<https://www.ovako.com/sv/nyheterevents/nyheter--pressmeddelanden/ovako-press-release-detail/?releaseId=DF2A5B58DD20AB4E> (hämtad 03-01-22)
- Persson, T. (2018). *Ett klimatneutralt och fossilbränslefritt Skåne – Klimat- och energistrategi för Skåne*. Klimatsamverkan Skåne.
https://catalog.lansstyrelsen.se/store/18/resource/DM_2018__18
- Pettersson, K. (2022). *Intern RISE-rapport*.
- Pettersson, M. (u.å.). *Gaskvalitet för Höganäs AB*. Höganäs.
<https://www.energi.se/library/2199/23-magnus-pettersson-webbversion.pdf>
- Ptable. (u.å.). *Periodisk tabell*. Ptable. <https://ptable.com/?lang=sv#Egenskaper/Serie> (hämtad 02-01-22)
- Region Skåne. (2019). *Data och statistik från SCB*.
- Region Skåne. (2021). *RAPS-prognoser för Skåne län*.
- Region Skåne. (2022). *Klimatneutralt och fossilbränslefritt Skåne*. Region Skåne.
<https://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/miljo-och-klimat/klimatneutralt-och-fossilbranslefritt-skane/> (hämtad 02-12-22)
- Rootzén, J., Wiertzema, H., Brodin, M. & Fahnestock J. (2020). *Electrify everything! Challenges and opportunities associated with increased electrification of industrial processes*.
https://www.researchgate.net/publication/344350479_Electrify_everything_Challenges_and_opportunities_associated_with_increased_electrification_of_industrial_processes
- Råberg, T. (2022). *Forskare Jordbruk och trädgård på RISE*. Möte 11 oktober 2022.
- Sandberg, E. (2022). *Presentation på seminarium om Industriell Elektrifiering i Stockholm, november 2022*.

- Skånes effektkommission. (2022). *Skånes effektkommission*.
<https://utveckling.skane.se/tema/effektkommissionen/#245237> (hämtad 26-10-22).
- Solér, O., Axelsson, A. & Lundström, J. (2020a). *Scenario för det Skånska Elsystemet – Elanvändning och effektbehov idag, 2030 och 2040*. Region Skåne.
<https://utveckling.skane.se/publikationer/rapporter-analyser-och-prognoser/elanvandning-och-effektbehov/>
- Solér, O., Axelsson, A. & Lundström, J. (2020b). *Bilaga till rapporten: Scenario för det skånska elsystemet – Elanvändning och effektbehov idag, 2030 och 2040*. Region Skåne.
<https://utveckling.skane.se/publikationer/rapporter-analyser-och-prognoser/elanvandning-och-effektbehov/> (Bilaga)
- SvK. (2021). *SydVästlänkens likströmsförbindelse är nu i drift och en del av transmissionsnätet*. Svenska Kraftnät. <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/transmissionsnätet/avslutade-transmissionsnatsprojekt/sydvastlanken/byggnation/sydvastlankens-likstromsforbindelse-ar-nu-i-drift-och-en-del-av-transmissionsnätet/> (hämtad 24-10-22)
- Thurnäs, C. (2022). *Produktionschef på Klippans Bruk AB*. Mejlkontakt 20 oktober 2022.
- Tibbelin, A., Lindborg, J. & Nordin Fördös, A. (2022). *Värdekedjor för vätgas i Skåne*. RISE. https://www.ri.se/sites/default/files/2022-04/SLUTRAPPORT_V%C3%A4rdekedjor%20f%C3%B6r%20v%C3%A4tgas%20i%20Sk%C3%A5ne_2022.pdf
- UN. (2015). *Paris Agreement*. United Nations. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- Uniper. (u.å.). *Vätgas – en av nycklarna till klimatomställningen av Sverige*. Uniper. <https://www.uniper.energy/sv/sverige/om-uniper-i-sverige/vatgas-i-sverige> (hämtad 03-10-22)
- Vairamohan, B., Stephens, P., Johnson, B. & Dennis, A. (2018). *Electromagnetic processing of materials (EPM) – Europe industrial electrification potential assessment*. Electric Power Research Institute, USA; European Copper Institute, Polen.
- Vattenfall. (u.å.). *Prishistorik över rörligt elpris*. Vattenfall AB. <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/orrligt-elpris/prishistorik/> (hämtad 15-12-22)
- Vätgas Sverige. (u.å.). *FAQ*. Vätgas Sverige. <https://vatgas.se/fakta/faq/> (hämtad 10-11-22)
- WindEurope. (2022). *UK awards almost 11 GW in biggest-ever national renewables auction*. WindEurope. <https://windeurope.org/newsroom/news/uk-awards-almost-11-gw-in-biggest-ever-national-renewables-auction/> (hämtad 12-01-23)
- WWF. (u.å.). *Vad är biobränslen?*. WWF. <https://www.wwf.se/skog/varlden/vad-ar-biobransle/> (hämtad 11-10-22)
- Zero emission resource org. (u.å.). *What is CCS?*. Zero emissions resource org. <http://www.zeroco2.no/introduction/what-is-ccs> (hämtad 03-01-23)
- Zühlsdorf, B., Bantle, M. & Elmegaard, B. (2022). *3rd High-Temperature Heat Pump Symposium 2022: Book of Presentations*. Technical University of Denmark.

https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/278579856/hthp_symposium_2022_book_of_presentations.pdf

Bilaga A



Figur a.1: TRL-skalans olika nivåer och vad de innebär (KTH, u.å.).

TRL 1–5 (röd): Låg mognadsgrad – Teknik fungerar i teorin, har undersökts i labbmiljö, i vissa mån testats i pilotprojekt.

TRL 4–6 (orange): Medelhög mognadsgrad – Teknik validerad i pilot- och/eller demoskala, men inte kommersiellt/konkurrensmässigt bärkraftig än

TRL 6–9 (grön): Hög mognadsgrad – Teknik fungerar i praktiken, används på vissa håll (ny teknik) eller har under lång tid använts med goda resultat (gammal teknik)

Bilaga B

Exakta antaganden som gjorts i scenariomodelleringen.

Tabell b.1: Antaganden som gjorts för lågelscenariot.

Bransch	2030	2040
Livsmedel	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt all naturgas 	
Metall	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt 88% av naturgasen 	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt resterande naturgas för att producera vätgas • Biokol har ersatt koks
Kemi	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt 72% av naturgas, all eldningsolja och torv 	<ul style="list-style-type: none"> • Någon form av raffinerad bioolja har ersatt fossil råolja • Biogas har ersatt resterande naturgas för att producera vätgas
Mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt all gasol och naturgas 	<ul style="list-style-type: none"> • Biokol har ersatt koks i smältprocess
Pappersmassa	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas har ersatt gasol och naturgas, bioolja har ersatt eldningsolja 	

Tabell b.2: Antaganden som gjorts för högelscenariot.

Bransch	2030	2040
Livsmedel	<ul style="list-style-type: none"> • HTVP har ersatt 66% av naturgasen 	<ul style="list-style-type: none"> • MW-värmning och elugn har ersatt resterande del naturgas
Metall	<ul style="list-style-type: none"> • Induktionsugnar har ersatt 67% av naturgasen 	<ul style="list-style-type: none"> • CCS på utsläpp från koks och rökgasförbränning med 21% av naturgasen • elektrolys och vätgas har ersatt 12% av naturgasen
Kemi	<ul style="list-style-type: none"> • HTVP har ersatt 44% av naturgasen 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrolys och vätgas har ersatt resterande mängd naturgas och används både som reduktionsmedel och bränsle • HTVP har ersatt användningen av eldningsolja och torv • Utsläppen från förbränning av olja samlas in med CCS
Mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Resistiv värmning har ersatt 16% av gasolen och 85% av naturgasen • IR-värmning används 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrolysproducerad vätgas används i förbränningsprocesser istället för gasol och

	<p>för torkning och har ersatt 58% av gasolen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elugn används för smältning i stället för koks 	naturgas
Pappersmassa	<ul style="list-style-type: none"> • HTVP har ersatt gasol, eldningsolja och 67% av naturgasen • IR-värmning har ersatt resterande mängd naturgas (33%) 	