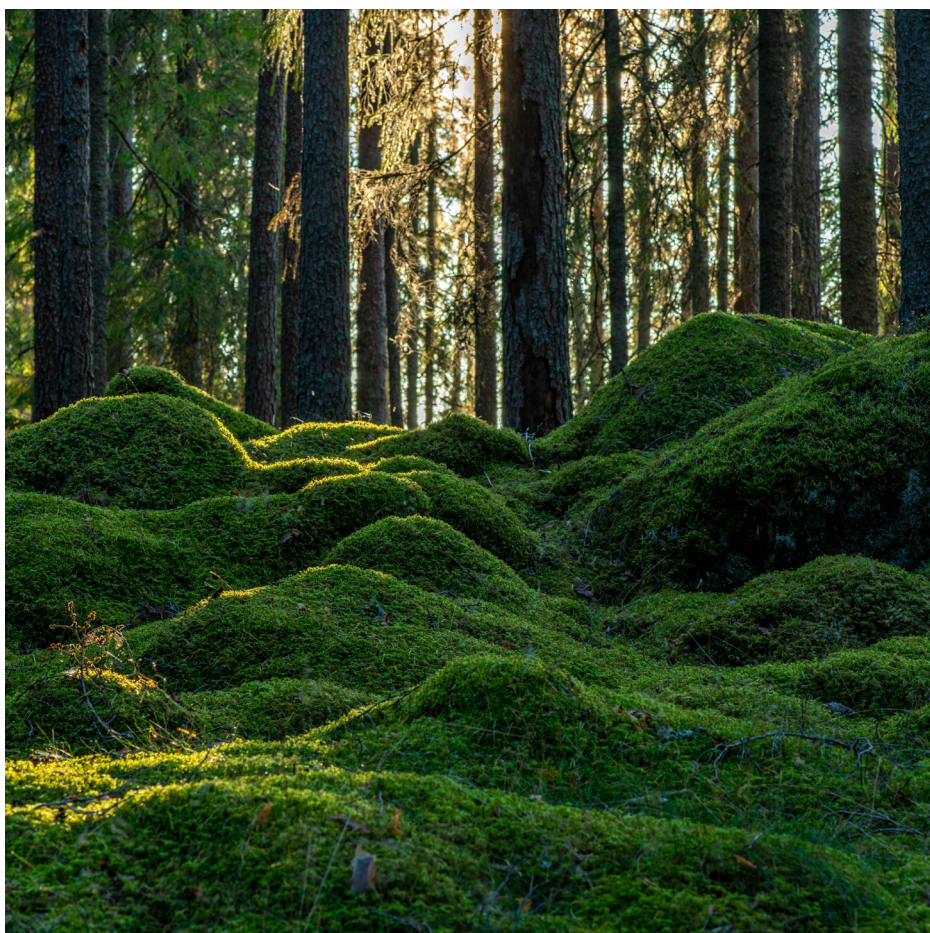
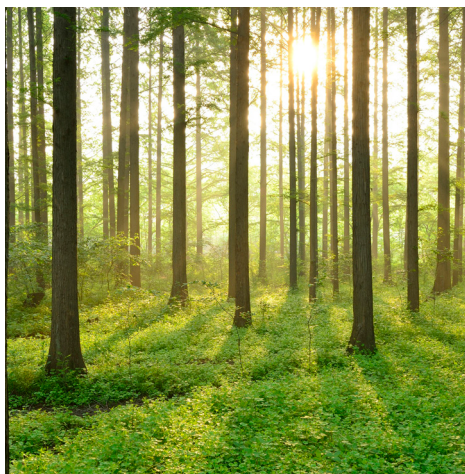


FRAMTIDSBILDER KEMIINDUSTRI, JÄRN- OCH STÅL- INDUSTRI, CEMENTINDUSTRI OCH ÖVRIG INDUSTRI

RAPPORT 2021:825



Framtidsbilder kemiindustri, järn- och stålindustri, cementindustri och övrig industri

– Konkurrensen om den svenska skogsråvaran

ANTON FAGERSTRÖM, FILIP JOHNSON, TOMAS LÖNNQVIST,
JOHAN ROOTZÉN OCH TOMAS RYDBERG

ISBN 978-91-7673-825-2 | © Energiforsk december 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Råvaror från skogen har en nyckelroll i omställningen av Sverige till ett koldioxidneutralt samhälle. Skogsråvara kan användas för en rad ändamål, bland annat förtillverkning av massa, papper, sågade trävaror, biobränslen och som industriell insatsråvara. Allt fler industrier ser också bioråvaror som ett viktigt substitut för att kunna fasa ut fossila råvaror och bränslen. Mycket talar därför för att både den nationella och den internationella efterfrågan på skogsråvaror från den svenska skogen kommer att öka i framtiden. Men det finns också flera orosmoln. Det gäller både det möjliga framtida uttaget av skogsråvaror och synen på dessa när det gäller klimatneutralitet.

Energiforsk har i en stor forskningssatsning samlat ledande experter för att genomföra en sektorsövergripande analys av hur efterfrågan på den svenska skogsråvaran för olika ändamål kan komma att utvecklas i framtiden och vilka förutsättningar det finns för att möta den ökade efterfrågan när olika intressen ställs mot varandra. Resultaten redovisas i fem delrapporter och en sammanfattande syntesrapport.

För den här delrapporten ansvarar Johan Rootzén, Anton Fagerström, Tomas Lönnqvist och Tomas Rydberg på IVL Svenska Miljöinstitutet och Filip Johnsson, Chalmers tekniska högskola,

Huvudprojektledare för satsningen har varit Mattias Bisaillon (Profu) och analyserna har utförts av ett 20-tal forskare och experter från Profu, IVL Svenska Miljöinstitutet, Chalmers Tekniska Högskola, Lunds universitet och SLU. Bo Diczfalusy, Bodiz Consulting AB har varit projektets ordförande. Projektet har genomförts i nära samverkan och dialog med ett trettiotal företag, organisationer och myndigheter som medverkat i projektets styrgrupp.

Energiforsk vill rikta ett stort tack till alla medverkande i projektet. Energiforsk vill också rikta ett särskilt tack till Energimyndigheten samt deltagande företag och organisationer som har finansierat projektet.

Det är rapportförfattarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

I detta dokument rapporteras resultatet från delprojekt 6 och 7 i det övergripande projektet: "På väg mot en biobaserad samhällsekonomi. Hur påverkas konkurrensen om den svenska skogsråvaran? (KOS)". Delprojekt 6 har fokuserat på raffinaderi- och kemigrenarna av den svenska industrin, medan delprojekt 7 har gjort detsamma för järn-, stål- och cementindustri samt övrig industri.

Projektets övergripande syfte är att ge framtidsbilder av hur skogsbruket och efterfrågan på den svenska skogsråvaran kan komma att se ut 2030 och 2045 beroende på politiska mål, styrmedel och utvecklingen i näringsliv och samhälle. Totalt omfattar projektet 10 delprojekt. De övergripande resultaten och slutsatserna för hela projektet baseras på en sammanvägning av resultaten från de olika delprojekten och presenteras i rapporten "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran – syntesrapport".

Målet för Delprojekt 6 och 7 har varit att med fokus på raffinaderi- och kemi-, respektive järn-, stål- och cement-industri i Sverige:

- Sammanställa scenarier för efterfrågan av de olika sortimenten av skogsråvara i perspektiven 2030 och 2045 i respektive industrigren.
- Göra en bedömning av betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle baserad på skogsråvara, under beaktande av alternativa och konkurrerande lösningar.
- Identifiera de faktorer som bedöms få störst betydelse för efterfrågan på skoglig biomassa.

Stål, cement och plastprodukter är viktiga byggstenar i det moderna samhällsbygget. Men produktionen av dessa basmaterial är energiintensiv och förknippad med betydande växthusgasutsläpp. För att nå Sveriges klimatmål om noll nettoutsläpp av växthusgaser till 2045 krävs omfattande omställningsarbete i samtliga samhällssektorer. För basindustrin krävs i många fall att existerande produktionsprocesser byts ut mot ny processteknik, som inte är baserad på användning av fossila bränslen eller som på annat sätt ger upphov till växthusgasutsläpp. Här är ökad användning av biomassa med ursprung i skogen ett viktigt alternativ, och det är detta som det övergripande projektet syftar till att kvantifiera.

Denna rapport tar sitt avstamp i en nulägesbild av aktuella industrigrenar och baserat på denna kartläggning så görs en bedömning av de faktorer som bedöms få störst betydelse för efterfrågan av skoglig biomassa i framtiden. Olika möjliga framtidsscenarier beaktas och diskuteras vidare samt vägs samman med intervjubaserade slutsatser kring hur respektive industrigren själva ser på deras framtida behov av relevanta råvaror. Ovan presenterad information och data kondenseras därefter ned till en samlad bedömning för respektive sektor. Länkat till den finns även ett resonemang och en bedömning av betalningsvilja hos de olika berörda industrigrenarna.

I dokumentets följande del jämförs de resultat som framkommit inom arbetet med detta projekt med tidigare gjorda uppskattningar av efterfrågan på el och biomassa från svensk industri. Avslutningsvis presenteras en samlad bedömning av betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle för aktuell industri

Nyckelord

Cement, stål, kemi, raffinaderi, biomassa

Summary

This document reports the findings from subprojects 6 and 7 of the overall project: “Towards a bio-based economy. How is competition for the Swedish forest raw material affected? (KOS)”. Subproject 6 has focused on the refinery and chemical branches of Swedish industry, while subproject 7 has done the same for the iron, steel, and cement industries.

The overall purpose of the project is to provide a forecast of how forestry and demand for Swedish forest raw materials will possibly look in 2030 and 2045 depending on political goals, policy and developments in business and society. The goal for subprojects 6 and 7 has been to focus on refinery and chemical, and iron, steel and cement industries, respectively, in Sweden to:

- Compile scenarios for the demand for the different ranges of forest raw materials in the perspectives 2030 and 2045 in each industry branch.
- Make an assessment of the value of different ranges of biomass / biofuel based on forest raw materials and the price different industry sectors are ready to pay for it, taking into account alternative and competing solutions.
- Identify the factors that are judged to have the greatest significance for the demand for forest biomass.

Steel, cement, and plastic products are important building blocks in modern society. But the production of these base materials is energy-intensive and associated with significant greenhouse gas emissions. To achieve Sweden's climate goal of zero net emissions of greenhouse gases by 2045, extensive adjustment work is required in all sectors of society. In many cases, the basic industry need to replace existing production processes by new process technology, which is not based on the use of fossil fuels or which otherwise gives rise to greenhouse gas emissions. Here, increased use of biomass originating in the forest is an important alternative, and this is what the overall project aims to quantify.

This report starts with the current status of relevant industries and based on this survey, an assessment is made of the factors that are judged to have the greatest significance for the demand of forest biomass in the future. Different possible future scenarios are considered and discussed further and weighed together with interview-based conclusions about how each industry itself views their future needs for relevant raw materials. The information and data presented above are then condensed down to an overall assessment for each sector. Linked to this, is also a reasoning and an assessment of willingness to pay in the various industries concerned.

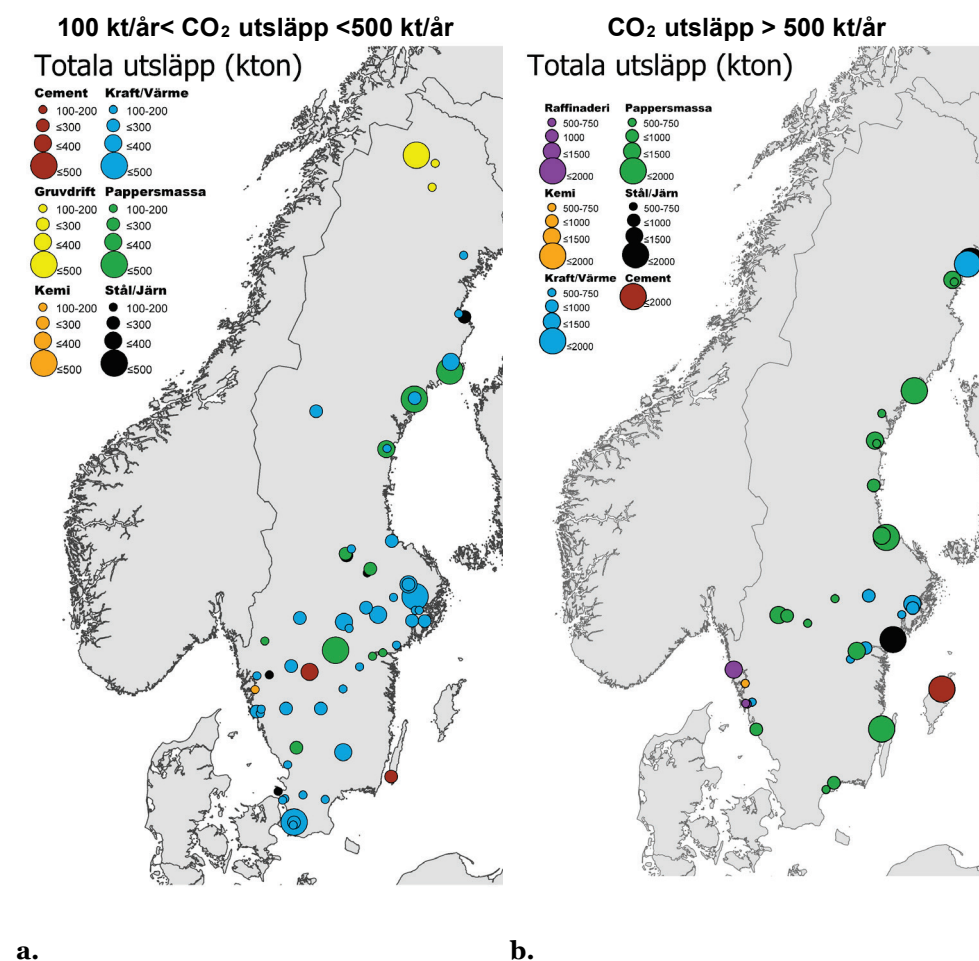
The next part of the document compares the results that have emerged in the work with this project with previously made estimates of the demand for electricity and biomass from Swedish industry. Finally, an overall assessment of value and the price the relevant industries are ready to pay for different assortments of biomass/ biofuel is presented.

Innehåll

1	Introduktion	8
1.1	Syfte	10
2	Metod	11
3	Kemiindustri	12
3.1	Nulägesbild	12
3.1.1	Raffinaderier	12
3.1.2	Övrig kemiindustri	13
3.1.3	Råvaruanvändning	13
3.1.4	Dagens användning av skogsråvara i kemisk industri	14
3.2	Framtidsbilder Kemiindustrin	14
3.2.1	Raffinaderi	14
3.2.2	Plastframställning	15
3.2.3	Kemikalier	17
3.2.4	Samlad bedömning	17
4	Järn- och stålindustrin	19
4.1	Nulägesbeskrivning	19
4.2	Faktorer som bedöms få störst betydelse för efterfrågan av skoglig biomassa från Järn- och stålindustrin	19
4.3	Framtidsscenarier för Järn- och stålindustrin	21
4.4	Perspektiv från Stålindustrin	23
4.4.1	Betalningsvilja	25
4.5	Samlad bedömning	26
5	Cementindustrin	27
5.1	Nulägesbild	27
5.2	Framtidsscenarier för Cementindustrin	28
5.3	Perspektiv från Cementindustrin	30
5.3.1	Betalningsvilja	31
5.4	Samlad bedömning	32
6	Tidigare uppskattningar av efterfrågan på el och biomassa från svensk industri	33
7	Bedömning av betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle	36
8	Referenslista	39

1 Introduktion

Stål, cement och plastprodukter är viktiga byggstenar i det moderna samhällsbygget. Men produktionen av dessa basmaterial är energiintensiv och förknippad med betydande växthusgasutsläpp. I Sverige står industrin för uppemot en tredjedel av de samlade växthusgasutsläppen¹. Figur 1 ger översikt över stationära utsläppskällor (industri och kraft/värme) i Sverige som släpper ut minst 100 kton fossilt och/eller biogen koldioxid.



Figur 1 Utsläppskällor i Sverige som släpper ut minst 100 kton fossilt och/eller biogen CO₂. Utsläppen är totala utsläpp per anläggning (för vissa av anläggningarna är utsläppen uppdelade på flera utsläppspunkter) a) visar alla anläggningar som släpper ut mellan 100 och 500 kton CO₂, totalt 63 anläggningar med samlade utsläpp på 14,5 Mt CO₂ varav 9,3 Mt biogen medan b) visar alla anläggningar med utsläpp på mer än 500 kton CO₂, totalt 34 anläggningar med samlade utsläpp på 35,0 Mt CO₂, varav 23,4 Mt biogen. I figur b finns två raffinaderiutsläpp > 500 kt/år (ST1 och Preem) i Göteborg, men dessa är lokaliserade nära varandra och framträder därför som en punkt på kartan. Data från Naturvårdsverkets utsläppsregister (samtliga siffror för år 2016). <https://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/>. Källa: Johnsson & Kjärstad, 2019

¹ Sveriges territoriella utsläpp uppgick 2019 till 50.9 MtCO₂-ekv. Industrin släppte ut sammanlagt 16 MtCO₂-ekv. Varav 6,2 MtCO₂-ekv från järn- och stålindustrin, 2,9 MtCO₂-ekv från cement och övrig mineralindustri och 2,3 MtCO₂-ekv från raffinaderier. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/>

För att nå Sveriges klimatmål om noll nettoutsläpp av växthusgaser till 2045 krävs omfattande omställningsarbete i samtliga samhällssektorer. För basindustrin krävs i många fall att existerande produktionsprocesser byts ut mot ny processteknik, som inte är baserad på användning av fossila bränslen eller som på annat sätt inte ger upphov till växthusgasutsläpp. Fortsatt arbete med energieffektivisering och bränsleskifte i existerande processer är viktigt för att kontinuerligt minska utsläppen, men för att uppnå mer betydande utsläppsminskningar krävs mer omfattande tekniskskiften. För basindustrin finns i huvudsak fyra tekniska utvecklingsvägar som skulle kunna leda till noll- eller nära noll utsläpp:

- Bränslebyte till biomassa – i huvudsak från olika restfraktioner
- Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon capture and storage, CCS)
- Direkt elektrifiering
- Indirekt elektrifiering (vätgas/elektrobränslen)

Figur 2 ger en översikt över de olika teknikalternativ som diskuteras för de industrisektorer som är huvudfokus i denna delrapport; raffinaderi och kemi, järn och stål, samt cement.

	JÄRN OCH STÅL	CEMENT	RAFFINADERI	PETROKEMI
Direkt elektrifiering	 Ökad andel skrotbaserad stålproduktion	 Brännare i roterugn skulle på sikt kunna ersättas med plasmabrännare	 Begränsad potential	 Möjligt att elektrifiera en eller flera ångpannor
Indirekt elektrifiering (Hydrogen/Power to X)	 Direktreduktion med vätgas i kombination med ljusbågsugn	 Begränsad potential	 Grön vätgas för produktion av bioolja	 På sikt tekniskt möjligt att upparbeta CO2 med hjälp av H2
Biomassa	 Ersättning av fossilt kol/koks med biokol/biokoks	 Ökad andel biomassabaserade bränslen	 Övergång från fossila till biobaserade råvaror och bränslen	 Övergång från fossila till biobaserade råvaror och bränslen
CCS	 Tekniskt möjligt att implementera på en eller flera punktkällor	 Tekniskt möjligt att implementera på hela eller delar av processen	 Tekniskt möjligt att implementera på en eller flera punktkällor	 Kan implementera på t.ex. krackern för att minska utsläppen på kort sikt

Potential  Låg  Medel  Hög  Våldigt hög

Figur 2 Översikt över åtgärder för att minska utsläppen från järn- och stål-, cement-, raffinaderi- och petrokemi-industrierna.

Utöver styrmedel som kan bidra med att hantera marknadsmässiga och tekniska risker så är ett tekniskskifte i basmaterialindustrin avhängig parallell utveckling på ett flertal andra områden². Det kan till exempel handla om att få fram kapacitet för att generera och distribuera förnybar el eller att få fram system för att hantera och lagra koldioxid som fångats in från industriella processer. Det handlar också om anpassning bland specialiserade processteknik- och råvaruleverantörer och om att, i tid, få fram arbetskraft med rätt kompetens.

² Löfgren, Å., & Rootzén, J. (2021). Brick by brick: Governing industry decarbonization in the face of uncertainty and risk. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40(July), 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.07.002>

1.1 SYFTE

Detta arbete är en del av projektet "På väg mot en biobaserad samhällsekonomi. Hur påverkas konkurrensen om den svenska skogsråvaran?" (KOS). Projektet genomförs av Energiforsk i samverkan med Chalmers, Lunds universitet, IVL Svenska Miljöinstitutet, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Profu och samfinansieras mellan energiföretag, industri och myndigheter. Projektets övergripande syfte är att ge framtidsbilder av hur skogsbruket och efterfrågan på den svenska skogsråvaran kan komma att se ut 2030 och 2045 beroende på politiska mål, styrmedel och utvecklingen i näringsliv och samhälle. Totalt omfattar projektet 10 delprojekt. De övergripande resultaten och slutsatserna för hela projektet baseras på en sammanvägning av resultaten från de olika delprojekten och presenteras i rapporten "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran – syntesrapport".

Målet för Delprojekt 6 och 7 har varit att med fokus på raffinaderi- och kemi- (dp 6), järn och stål- och cement-industri (dp 7) i Sverige:

- Sammanställa scenarier för efterfrågan av de olika sortimenten av skogsråvara i perspektiven 2030 och 2045 i respektive industrigren.
- Göra en bedömning av betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle baserad på skogsråvara, under beaktande av alternativa och konkurrerande lösningar.
- Identifiera de faktorer som bedöms få störst betydelse för efterfrågan på skoglig biomassa.

Resultaten från delprojekten utgör grund för projektets samlade analys och bedömning av det framtida utbudet och den framtida efterfrågan av den svenska skogsråvaran i delprojekt 9 och 10.

2 Metod

Denna rapport är baserad på en sammanställning av industrins egna klimatfärdplaner, relevant forskningslitteratur samt intervjuer med nyckelpersoner i respektive industrisektor.

3 Kemiindustri

Det finns i Sverige runt 100 anläggningar som räknas in i kemiindustrin och har en sådan verksamhet att man är skyldig att rapportera produktionsförhållanden och utsläpp till offentliga register ³. Kemiindustrin står för 9% av svensk industris energianvändning samt 6% av växthusgasutsläppen ^{4,5}. De stora företagen i kemiindustrin, sammantaget ungefär 10 företag, står för den allt överskuggande delen av material- och energiomsättningen inom denna sektor. De mest betydelsefulla omställningarna som väsentligt kan påverka framtida efterfrågan på skogsråvara påverkas därmed främst av möjliga produktionsförändringar i dessa företag. Vi delar här upp framställningen i 1) Raffinaderier, 2) Övrig kemiindustri. Raffinaderier omfattas här av de raffinaderier som processar petroleumråvara, främst råolja. Övrig kemiindustri omfattar därmed alla andra kemiföretag, men framför allt petrokemiföretag, alltså andra företag än raffinaderier som också processar petroleumbaserad råvara.

3.1 NULÄGESBILD

3.1.1 Raffinaderier

I Sverige finns det idag tre raffinaderier som främst tillverkar bensin, diesel och eldningsolja, men en mindre del går vidare som råvara till vidareförädling i andra petrokemiverksamheter. Två av dessa raffinaderier ägs och drivs av Preem. Det tredje raffinaderiet tillhör St1. Därtill har Nynäs två raffinaderier som är inriktade på specialoljor och bitumen men som också producerar en del drivmedel. De har tillsammans en kapacitet att processa ungefär 23 miljoner ton råvara per år: Preem 18 miljoner kubikmeter⁶ (cirka 16 miljoner ton), St1 4,8 miljoner kubikmeter⁷ (cirka 4,3 miljoner ton) och Nynäs 2,6 miljoner ton⁸. Den faktiska produktionen är en del lägre. Ungefär två tredjedelar av råvaran är råolja och resterande tredjedel är blandningskomponenter och andra halvfabrikat.

Drivmedelsmarknaden i Sverige var 2017 cirka 9 miljoner kubikmeter drivmedel totalt, varav drygt 1,9 miljoner kubikmeter var biodrivmedel som helbränsle eller inblandningskomponent. I energienheter motsvarade det cirka 20 %. Ungefär tre fjärdedelar av detta var FAME eller HVO, varav vilket i sin tur ungefär tre fjärdedelar var importerat som råvara eller färdig produkt.

³ Naturvårdsverkets webbtjänst "utsläpp i siffror" anger 106 stycken vid sökning på "Kemisk industri".
<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Sok/>

⁴ Energimyndigheten, 2017, Nulägesanalys ER 2017:04.

⁵ Energimyndigheten, 2018, Energiläget i siffror 2018.

⁶ <https://www.preem.se/om-preem/om-oss/preem-i-korthet>

⁷ <https://www.st1.se/om-st1/fornybar-energi/framställning>

⁸ <https://www.nynas.com/en/responsibility/environment/environmental-data-nynas-reneries/>

3.1.2 Övrig kemiindustri

Kemiföretagen i Stenungsund⁹ utgör ett kluster på västkusten och är en betydande del av denna industrisektor. I Stenungsundsklustret ingår kemiföretagen Adesso Bioproducts, Borealis, INOVYN, Nouryon och Perstorp. Adesso Bioproducts tillverkar biobaserade produkter, främst Rapsmetylester (RME). Borealis producerar etylen och till mindre del andra monomerer, samt polyeten. INOVYN producerar polyvinylkloridplast (PVC). Nouryon tillverkar aminer och tensider. Perstorp tillverkar specialkemikalier. Perstorp och Nouryon har produktion även på andra platser i Sverige. Två företag som redan idag använder skogsbaserad råvara är Kraton och SunPine. Båda dessa processar tallolja.

3.1.3 Råvaruanvändning

Kemiindustrin använder fossila resurser dels till energi, dels som råvara. De mängder totalt av alla råvaror som är rapporterade som råvaror i ett urval kategorier relevanta för denna studie 2018 har sammanställts i Tabell 1.¹⁰

Tabell 1 Rapporterade mängder (ton) av råvaror för olika funktioner enligt Kemikalieinspektionens statistik för 2018.

Funktion	2018
Råvara för gummivarutillverkning	89 265
Råvara för kosmetik/ hygienindustri	46 329
Råvara för läkemedel	74 547
Råvara för plasttillverkning	3 180 593
Syntesråvaror, ej nämnda annorstädes	25 909 531
Totalt	29 302 283

Värdena i tabellen är inte direkt översättbara till inflöde av fossilråvara, eftersom statistiken omfattar alla kemikalier som är rapporteringspliktiga, alltså även biobaserade, och också oorganiska kemikalier. Vissa råvaror för plasttillverkning kan också mycket väl vara produkter från en annan tillverkare. Till exempel framställer Perstorp kemikalier som kan användas som mjukgörare i plast, eller som bindemedel i färg, mm, och därmed klassas som råvaror för färgtillverkare. Men importen av några fossila råvaror till Sverige år 2019 uppgick i SCBs statistik till 16 miljoner ton råolja (tullkod 2709), 9 miljoner andra petroleumoljor (tullkod 2710), och av petroleumgaser cirka 2 miljoner ton (tullkod 2711 "petroleumgaser"), totalt ca 27 miljoner ton, så den allt överskuggande volymen kemikalier som hanteras i kemiindustrin i Sverige kan därmed konstateras vara petroleumbaserade.

I tillägg till råvaror som omvandlas till produkter förbrukar dessa industrier förstås energi för att driva sina processer. Till största delen och nästan uteslutande täcks detta energibehov av restflöden från processerna som används för ånggenerering.

⁹ <https://kemiforetagenistenungsund.se/om-oss/>

¹⁰ Urval ur www.kemi.se/kemikaliestatistik

3.1.4 Dagens användning av skogsråvara i kemisk industri

I Tabell 2 återfinns en överslagsmässig sammanställning från olika källor, främst produktions- eller kapacitetssiffror från aktuella företag, och avstämt mot SCB varuproduktions-, import- och exportstatistik¹¹, för de huvudsakliga identifierade skogsbaserade råvarorna som i nuläget går till kemiindustrin. Råtallolja processas i Sverige av Kraton och SunPine. Dissolvingmassa produceras av Domsjö fabriker och Södra. Lignin produceras av Domsjö Fabriker. Terpentin utvinns vid flera olika massabruk.

Tabell 2 Överslagsmässig sammanställning av skogsbaserad råvara som i nuläget (ca 2020) bedöms nyttjas vidare i kemiindustrin. (omräknat till TWh, avrundat).

Produkt från skogsindustri	Leverans till kemi- & textilindustri, inkl. export
Råtallolja	2.9
Dissolvingmassa	1.7
Lignin	0.6
Terpentin	0.3

3.2 FRAMTIDSBILDER KEMIINDUSTRI

Kemiindustrin har ambitioner att vara så gott som klimatneutral år 2045.¹² Övergång till biobaserad råvara pekas ut som en delösning i dessa ambitioner. Ökad användning av utsläppsfri elektricitet, ökad användning av återvunna råvaror, koldioxidinfångning, och ökad processeffektivitet, är andra identifierade delösningar. Ungefär en tredjedel av minskningen av utsläpp av fossil koldioxid, 1700-1800 kiloton koldioxidekvivalenter, förväntas kunna nås genom biobaserade råvaror. Det motsvarar ungefär 500 000 ton biobaserad råvara.

3.2.1 Raffinaderi

År 2018 uppgick mängden förnybara bränslen i vägtransportsektorn till cirka 33%.¹³ Den största delen utgörs av HVO/FAME där både höginblandade och låginblandade biodrivmedel har ökat stabilt från att de först introducerades under senare delen av 1990-talet och fram till idag. Erfarenheterna inom områden med stora politiska svängningar kring olika biodrivmedels hållbarhet och varierande tillgång har visat att det finns behov av flera lösningar.

Drivmedelsanvändningen kommer att gå ner enligt rådande prognoser. Sveriges målsättning är att klimatpåverkande utsläpp från vägtransporter ska minska med 70% till 2030 jämfört med 2010. Denna målsättning kommer naturligtvis ha betydande konsekvenser för svenska raffinaderier. Raffinaderierna som processar i princip all råolja till främst drivmedel kommer högst sannolikt att svara med att reducera sina produktionsvolymen. Hela efterfrågan som ändå kommer att finnas, kommer heller inte att vara skogsråvara utan i synnerhet fetter och oljor från andra

¹¹ <https://www.statistikdatabasen.scb.se>

¹² <https://www.ikem.se/globalassets/huvudsajt/dokumentfiler/fragor-vi-driver/energi-och-klimatfragor/vagar-till-klimatneutral-produktion.pdf>

¹³ Energimyndighetens statistikdatabas (2021)

källor kommer att vara betydelsefulla. Detta har vi vägt in i vår samlade bedömning i avsnitt 3.3.4.

Både Preem och St1 driver ambitiösa satsningar för att öka kapaciteten av biodrivmedel. St1 har flera initiativ för förnybara drivmedel i Finland och i Sverige¹⁴. De har en pilotanläggning i Finland där man gör etanol från skogsrester såsom sågspån med en kapacitet om 10000 kubikmeter per år. Inget är ännu kommunicerat om ytterligare anläggningar av denna typ. Samarbetet mellan St1 och SCA indikerar en produktionskapacitet om 200000 kubikmeter HVO baserad på tallolja (och möjligen också andra biobaserade fetter/oljor), och 300000 kubikmeter kolväteprodukter baserat på skogsråvara, inom några år. Preem har som mål att producera fem (5) miljoner kubikmeter biobaserat drivmedel i sina raffinaderier redan år 2030, där merparten ska vara restprodukter från skogen och jordbruket. Dessa volymer motsvarar ungefär 40-50 TWh produkter från bio-råvara, i energiekvivalenter, från svenska raffinaderier, till 2030. Utifrån denna volymsuppskattning drar vi en möjligen något förenklad slutsats att efterfrågan på förnybar råvara från raffinaderidelen av kemisektorn kommer att uppgå till denna storleksordning runt 2030, men där allt inte kommer att vara skogsbaserad råvara.

Förutom den redan etablerade användningen av tallolja och utökning av denna, handlar de satsningar som är någorlunda välkända avseende skogsprodukter främst förgasning och/eller förvätskning av sågspån, grot eller lignin, för både St1 och Preem.

Samtidigt finns det andra råvaror som inte är från skogen, och en del kan vara, och kommer att vara, importerat. Som exempel är huvuddelen av dagens användning av HVO i Sverige framställd från importerad fett-/oljeråvara. Bland annat dessa faktorer har vi tagit hänsyn till i vår samlade bedömning i avsnitt 3.2.4.

3.2.2 Plastframställning

En av de centrala aktörerna i svensk plastindustri, Borealis, satsar i nuläget mycket på att etablera kemisk återvinning av plast som råvaruflöde. Men till 2030 och framåt finns även olika former av biobaserad råvara som utvecklingsvägar.

Borealis har olika möjligheter att ställa om från användning av fossila energikällor och fossila råvaror till förnybara såsom bioenergi och biomassa. Detta kan alltså potentiellt ha en betydelsefull inverkan på konkurrensen om skogsråvaran i Sverige.

Man har i anläggningen i Stenungsund kapacitet att processa drygt en och en halv miljoner ton råvara årligen (nafta, propan, butan, etan), men den faktiska produktionen är generellt i storleksordningen en miljon ton, och mycket grovt räknat ytterligare 20 % används som bränsle. I väldigt grova tal hälften av produktionen används för egen vidare produktion av polymer (i separat anläggning), resten säljs till kunder. Omräknat till energienheter processas därmed cirka 10 TWh. På sikt vill man vara fossilfri och koldioxidneutral, vilket delvis kan vara bioråvara, inklusive skogsråvara. Men alternativ som undersöks är också CCU, plaståtervinning och elektrifiering. Men här kommer det kanske också vara

¹⁴ <https://www.st1.se/st1-sca-biodrivmedel> (2021-11-18)

möjligt att nyttja den raffinaderi- och drivmedelssektordrivna utvecklingen av biomassakonvertering, som kan förse plastindustrin med semiprocessad råvara, särskilt bortom 2030, och i synnerhet om efterfrågan på biodrivmedel då sannolikt minskar som en följd av elektrifiering i fordonssektorn.

Det finns flera faktorer som kan påverka efterfrågan på skoglig biomassa från svensk plastproduktion. Idag används fossil energi och fossila råvaror. Dessa kan komma ersättas av bioenergi och biomassa från skogen, vilket skulle leda till en ökad efterfrågan. Den fossila råvaran kan ersättas antingen genom att nya monomerer (de molekyler som plaster byggs upp av) tillverkas av bio-komponenter eller genom att nya processer som använder bioråvara byggs och ersätter den existerande processerna. Samtidigt kan återvunnen plast användas vilket skulle minska efterfrågan på ny råvara (fossil och/eller förnybar). Energianvändningen kan också komma att minska om tillverkningsprocesserna förändras eller byts ut.

Termo-kemiska processer såsom kemisk återvinning via pyrolys som bryter ner plaster till monomerer (ibland kallat returraffinaderier) eller förgasning som kan bryta ned både plaster och bioråvaror (ibland kallade kombiraffinaderier) kan öka andelen återvunnen råvara och samtidigt använda biomassa vid framställningen av plast^{15,16}. Att använda plast i returraffinaderier kan ge miljömässiga fördelar eftersom inte all plast lämpar sig för mekanisk återvinning, t.ex. produkter av blandade material.

I returraffinaderier kan plast och biomassa förvätskas eller förgasas. Returraffinaderierna ger byggstenar för framställning av olefiner och till slut kan olika plastprodukter erhållas, men även andra kemikalier och drivmedel är möjliga slutprodukter.¹⁷ Från förgasningen erhålls huvudsakligen kolmonoxid, CO, och vätgas, H₂, som sedan kan användas för att tillverka metanol, CH₃OH. Därefter kan metanol användas direkt, eller som utgångsämne för andra kemikalier.

Redan idag finns på marknaden polyeten som tillverkats av bioråvara. Den mest kända processvägen, och egentligen den enda i industriell skala, är från sockerrör via jäsning till etanol och dehydratisering av etanolen till eten. Detta görs idag i stor skala i Brasilien, dvs några hundra tusen ton/år. Socker kan erhållas ur skogsråvara och det finns redan etanolproduktion ur socker från lignocellulosa, vid Domsjö fabriker, dock i begränsad skala (ca 10000 kubikmeter/år). Det är fullt möjligt, tekniskt, att hydrolysera cellulosa och därigenom få hexos-socker som kan jäsas till etanol. St1 har som nämnt ovan en pilotanläggning i Finland med en kapacitet om 10000 kubikmeter per år där man gör etanol från skogsrester inklusive sågspån. Etanolen är där avsedd för drivmedelsmarknaden. Det finns ingen anläggning i Sverige eller Norden som gör eten av etanol, därför bedömer vi

¹⁵ Thunman, H., Berdugo Vilches, T., Seemann, M., Maric, J., Vela, I. C., Pissot, S., & Nguyen, H. N. T. (2019). Circular use of plastics-transformation of existing petrochemical clusters into thermochemical recycling plants with 100% plastics recovery. *Sustainable Materials and Technologies*, 22, e00124. <https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2019.E00124>

¹⁶ Se även <https://www.dn.se/debatt/sa-kan-plast-ateranvandas-i-stallet-for-att-eldas-upp/>

¹⁷ Lassesson H, Jacobson A, Rydberg T. (2018). Potentiell klimatbesparing från diverse satsningar inom det Västsvenska Kemi- och Materialklustret (VKM), IVL Rapport U6027, juni 2018.

att den processvägen till plaster bara kan få marginell betydelse fram till 2030 och bortom, för den samlade efterfrågan på skogsråvara till kemiindustrin.

Försök har gjorts med att satsa förnybar råvara i Borealis steamcracker i Stenungsund. Som delström om några procent i inflödet har det fungerat bra.¹⁸ De råvaror man kan processa med nuvarande krackerdesign är nafta och lättare kolväten. Nafta har typiskt kolkedjelängd upp till cirka 12 kolatomer. På sikt kan man ana att detta kan vara en framgångsrik väg att få in mycket förnybar råvara, inklusive HVO från tallolja, eller kolväten från konvertering av pyrolysolja från sågspån eller lignin, i synnerhet om man förbehandlar dessa kolväten till lämplig kedjelängd.

Borealis har också sedan tidigare en produktion, i Belgien, av polypropen från förnybar propan¹⁹, en biprodukt vid tillverkning av HVO.

3.2.3 Kemikalier

Andra relativt stora processare av fossil råvara som nu och framåt strävar efter biobaserade råvaror är Nouryon och Perstorp. Deras produktion är inriktad på olika former av funktionella kemikalier. Delar av dessa företags verksamheter ingår i samma industriekosystem som Borealis, i Stenungsunds kemiindustrikluster, och till viss del delar man råvaror, primärt eten. Men andra delar av råvaruflödena kommer in separat, däribland naturgas för vilket biomassaförgasning eller biogas skulle kunna vara del av ersättningen, så ytterligare några hundra tusen ton upp till någon miljon ton efterfrågan på skogsbaserad råvara kan ansättas som en kvalificerad gissning utöver det som ovan sagts om efterfrågan från raffinaderi och plast, fram till 2030. Översatt till energienheter motsvarar det 1 - 10 TWh.

3.2.4 Samlad bedömning

I Tabell 3 har vi, baserat på dagens kunskapsläge, gjort en samlad bedömning av hur biobränsleefterfrågan kan tänkas utvecklas i kemiindustrin under den studerade perioden. Den tydliga drivkraften för introduktion av mer skogsbaserad råvara i kemisk industri kommer idag och fram till 2030 från reduktionsplikten för drivmedel. Det gör att raffinaderierna är föregångare, och de stora volymer som raffinaderierna behöver är grunden för bedömningarna av efterfrågan både för 2030 och 2045. Skattningen för 2030 baseras således på Preems och St1s förväntade volymer av förnybart till det året, en fördelning mellan oljeråvara:träråvara (sågspån/grot):lignin om 20:50:30, och att oljedelen till 50 % är tallolja. För 2045 är antagandet att det inte finns mer tallolja än 2030 så den kvarstår, men träråvara- och lignin-processvägarna har blivit så etablerade att de tillsammans står för en volym som motsvarar 40 % av dagens raffinaderikapacitet. Det innebär alltså också att häri ligger ett antagande att raffinaderierna minskar i total mängd processad vara, eftersom man förväntas vara fossilfri år 2045.

¹⁸ <https://www.borealisgroup.com/stenungsund/news/f%C3%B6rsta-testet-med-f%C3%B6rnybar-r%C3%A5vara-i-borealis-kracker-i-stenungsund>

¹⁹ <https://www.neste.com/releases-and-news/circular-economy/borealis-producing-certified-renewable-polypropylene-nestes-renewable-propane-own-facilities-belgium>

För plasten bör det övergripande och långsiktiga målet vara att skapa en cirkulär plastekonomi utan utsläpp av kol till atmosfären. För att en sådan ska bli verklighet krävs sannolikt ganska skarpa styrmedel som inte finns dag, till exempel att:

- Det införs politiska styrmedel som begränsar möjligheten att använda jungfruliga fossila råvaror för produktion av plast.
- Att en utfasning av fossila råvaror enligt ovan kombineras med kvantitativa krav på en ökande andel av återvunnen råvara i produktionen av nya plastprodukter.
- Att energiåtervinning av plast genom produktion av el, värme och bränslen successivt fasas ned och på sikt enbart tillåta energiåtervinning som sker med CCU-tekniker där kolet avskiljs som CO₂ och används tillsammans med vätgas som råvara för plastproduktion.

Tabell 3 Efterfrågescenarier för skogsråvara till kemiindustrin för år 2030 och år 2045, i ton och omräknat till Terrawatt-timmar (TWh).

Skogsbaserad råvara	Bedömd Efterfrågan 2030 (ton)	Bedömd Efterfrågan 2030 (TWh)	Bedömd Efterfrågan 2045 (ton)	Bedömd Efterfrågan 2045 (TWh)
Råtallolja	500 000	4,9	500 000	4,9
Dissolvingmassa	350 000	1,7	350 000	1,7
Sågspån/träråvara	2 500 000	9,5	5 000 000	19,0
Lignin	1 500 000	8,1	5 000 000	27,1

4 Järn- och stålindustrin

4.1 NULÄGESBESKRIVNING

Stålindustrins direkta utsläpp av koldioxid motsvarar cirka 12% av Sveriges samlade utsläpp av växthusgaser.²⁰ Det finns två sätt att tillverka stål: genom att utgå från järnmalm eller genom att återvinna stålskrot. I den järnmalmsbaserade processen reduceras järnmalmen till järn genom att syre separeras. I den konventionella reduktionsprocessen reagerar järnoxid med kol och bildar järn och koldioxid.²¹ Idag används två olika processer för att reducera järnmalm i Sverige: masugnsprocessen samt Höganäsprocessen. Masugnsprocessen står för den största delen av den malmbaserade stålproduktionen i Sverige och kol och koks med fossilt ursprung fungerar som energibärare och reduktionsmedel vilket ger upphov till betydande koldioxidutsläpp. Höganäsprocessen, som används för produktion av specialstål-produkter baserade järnpulver står för en relativt liten del av Sveriges stålproduktion och en liten del av växthusgasutsläppen och kommer inte att behandlas vidare i denna rapport. Ur ett energieffektivitetsperspektiv är masugnsprocessen redan relativt väl optimerad så för att uppnå mer betydande utsläppsminskningar krävs mer omfattande tekniskiften.

4.2 FAKTORER SOM BEDÖMS FÅ STÖRST BETYDELSE FÖR EFTERFRÅGAN AV SKOGLIG BIOMASSA FRÅN JÄRN- OCH STÅLINDUSTRIN

För järn och stålindustrin diskuteras i huvudsak fyra tekniska utvecklingsvägar som skulle kunna leda till noll- eller nära noll utsläpp av växthusgaser:

- Ersättning av fossilt kol med biokol/biokoks
- Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon capture and storage, CCS)
- Direkt elektrifiering
 - × Ökad återvinning och ökad andel skrotbaserad stålproduktion²²
 - × Smältelektrolys^{23,24}
- Indirekt elektrifiering
 - × Direktreduktion av järnmalm med vätgas (t.ex. genom HYBRIT-processen)

²⁰ Naturvårdsverket (2021) Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser (2019). <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/>. Se även Energimyndigheten (2021). Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning. En nulägesanalys inom Industriklivet. ER2021:27, Statens energimyndighet, Oktober 2021.

²¹ Jernkontoret 2018. Klimatfärdplan för en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige, Jernkontorets forskning, Rapport D869, Stockholm, Sverige.

²² Allwood et al. (2019). Absolute Zero: Delivering the UK's climate change commitment with incremental changes to today's technologies. <https://doi.org/10.17863/CAM.46075>

²³ Allanore, A., Yin, L., & Sadoway, D. R. (2013). A new anode material for oxygen evolution in molten oxide electrolysis. *Nature*, 497(7449), 353–356. <https://doi.org/10.1038/nature12134>

²⁴ Fischedick, M., Marzinkowski, J., Winzer, P., & Weigel, M. (2014). Techno-economic evaluation of innovative steel production technologies. *Journal of Cleaner Production*, 84, 563–580. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.063>

Tabell 4 Teknikalternativ med relevans för biomassaefterfrågan från järn- och stålindustri Sverige.

	Befintliga energibärare	Biomassabaserade energibärare	Konkurrerande alternativa energibärare
Järnmalsreduktion			
Direktreduktion av järnmalm med vätgas ^a	N/A	• Biogas	• El/vätgas
Återinvestering i befintlig integrerad järnmalsbaserad produktion (masugn/LD-konverter), kombinerat med: • Biokol och/eller • Koldioxidavskiljning (CCS)	• Kol/koks	• Biokol/biokoks • Biogas	
Övrig järn och stålindustri			
Järnmalmspelletisering	• Kol	• Biokol • Bioolja	
Bearbetning (valsning, smidning, dragning etc)	• Olja • Industrigas • LNG	• Biogas	• El • Vätgas
Varmbearbetning och värmebehandling	• Naturgas • Gasol	• Biogas • Biogasol	• El • Vätgas
Skrotbaserad stålproduktion (ljusbågsugn)	• El • Kol • (Grafitelektroder)	• Biokol	• El • Vätgas
Metallpulverproduktion (Höganäsprocessen)	• Koks • Naturgas	• Biokol/biokoks • Biogas	

^a HYBRIT-processen innebär att syret tas bort från järnmalmen med hjälp av vätgas. Resultat blir så kallad järnsvamp (direktreducerat järn). Järnsvampen smälts därefter i en ljusbågsugn (Electrical Arc Furnace (EAF)) tillsammans med legeringsmedel för att framställa stål med de egenskaper som eftersöks. I den fossilfria processen måste biogent kol ersätta fossilt kol legeringsmedel/koltillsats.

Direktreduktion med vätgas har sedan SSAB, LKAB och Vattenfall tillsammans lanserade Hybrit projektet²⁵ varit huvudspåret för svensk malmbaserad stålproduktion.

I stålindustrins klimatfärdplan^{26,27} uppskattas att klimatomställningar kan medföra ett ökat behov om 15 TWh el, 2 - 3 TWh biogas och biogasol (för värme och värmebehandling), samt 1 – 1,5 TWh biokol (för reduktion i tunnelugn och som koltillsats i ljusbågsugnar). Det ökade elbehovet är kopplat till vätgasproduktion som behövs för att ersätta kol vid reduktion av järnmalm, s.k. direktreduktion.

²⁵ Hybrit, 2016. HYBRIT— A Swedish Prefeasibility Study Project for Hydrogen Based CO₂—Free Ironmaking; SSAB: Stockholm, Sweden, 2016.

²⁶ Jernkontoret (2018). Klimatfärdplan för en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige, Jernkontorets forskning, Rapport D869, Stockholm, Sverige.

²⁷ Jernkontoret (2020). Sammanfattning och uppföljning 2020 av Klimatfärdplan För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige. Jernkontorets forskning, Rapport D 883, , Stockholm, Sverige.

Biogasen och biokolet behövs för att ersätta naturgas och kol i de processer som inte lämpar sig för t.ex. direkt elektrifiering (jfr. Tabell 4). Någon form av biogent kol kommer också att behövas för att uppnå rätt kolhalt i stålet vid vätgasbaserad reduktion. Sedan stålindustrins klimatfärdplan lanserades år 2018 har LKAB dessutom lanserat planer²⁸ på att ställa om sin produktion från järnmalmsspellets till koldioxidfri järnsvamp, vilket om all järnmalmsreduktion ska ske genom direktreduktion med vätgas skulle kräva i storleksordningen 50 TWh el.

I februari 2021 annonserade en ny aktör, H2 Green Steel, planer på att bli först med att producera stål i stor skala utan växthusgasutsläpp. Företagets plan²⁹ är att börja producera grönt stål redan 2024 och att skala upp till en produktionskapacitet om 5 miljoner ton stål per år till år 2030.

4.3 FRAMTIDSSCENARIER FÖR JÄRN- OCH STÅLINDUSTRI

Taktarova m. fl.³⁰ undersöker tre olika tekniska utvecklingsvägar för svensk järn- och stålindustri och vilka konsekvenser dessa utvecklingsvägar får energianvändning och koldioxidutsläpp över tid. Tabell 5 ger en översikt över grundantagandena i respektive scenario.

Tabell 5 Grundantagandena i framtidsscenarier för järn- och stålindustrin³¹

Scenario	Malmbaserad stålproduktion	Skrotbaserad stålproduktion
Pathway 1	Återinvestering i befintlig integrerad järnmalmsbaserad produktion (masugn/LD-konverter (Blast Furnace (BF)/Basic Oxygen Furnace(BOF))), kombinerat med: Biokol och/eller Koldioxidavskiljning (CCS)	Återinvestering i nya ljusbågeugnar (Electrical Arc Furnaces (EAF) med insats med biokol/biogas)
Pathway 2	Existerande processer (masugn/LD-konverter) ersätts med process för direktreduktion av järnmalm med vätgas i kombination med ljusbågsugn.	Återinvestering i nya ljusbågeugnar (Electrical Arc Furnaces (EAF) med insats med biokol/biogas)

²⁸ LKAB (2020). Frågor och svar: Vår nya strategi. Hämtad 2021-10-12 från:

https://www.lkab.com/sv/SysSiteAssets/documents/blandat/fragor-och-svar_lkab-strategi_201123.pdf

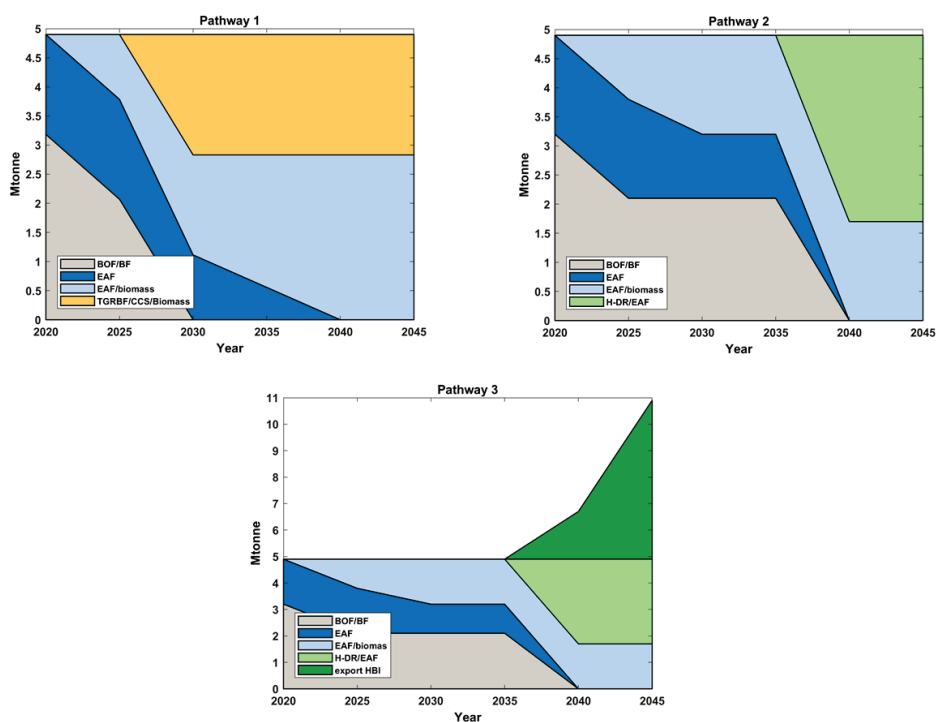
²⁹ H2 Green Steel, 2021. Launch presentation: H2 Green Steel.

³⁰ Toktarova, A., Karlsson, I., Rootzén, J., Göransson, L., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2020). Pathways for Low-Carbon Transition of the Steel Industry – A Swedish Case Study. *Energies*, 13(15), 3840. <https://doi.org/10.3390/en13153840>

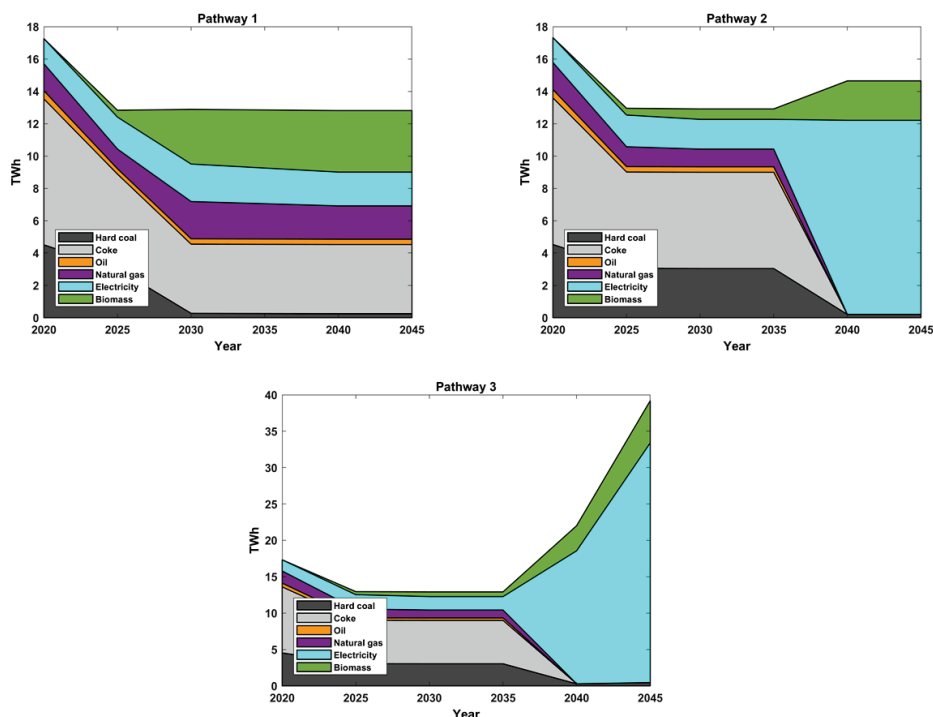
³¹ Toktarova, A., Karlsson, I., Rootzén, J., Göransson, L., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2020). Pathways for Low-Carbon Transition of the Steel Industry – A Swedish Case Study. *Energies*, 13(15), 3840. <https://doi.org/10.3390/en13153840>

Scenario	Malmbaserad stålproduktion	Skrotbaserad stålproduktion
Pathway 3	Som Pathway 2 men här antas också omkring hälften av all järnmalm producerad för export (motsvarande 6 miljoner ton per år) reduceras med vätgas och briketteras.	Återinvestering i nya ljusbågeugnar (Electrical Arc Furnaces (EAF) med insats med biokol/biogas)

Figur 3 ger en bild av hur produktionsmixen antas förändras över tid (2020 - 2045) i respektive scenario.



Figur 3 Antaganden om produktionsmix för Pathway 1 som fortsatt domineras av befintlig integrerad järnmalm-baserad produktion i kombination med inblandning av biokol och tillämning av koldioxidavskiljning (CCS), Pathway 2 där direktreduktion med vätgas antas bli huvudspåret för svensk malmbaserad stålproduktion och Pathway 3 som utgår från samma antaganden om framtida produktionsmix som Pathway 2 men med tillägget att omkring hälften av all järnmalm producerad för export (motsvarande 6 miljoner ton per år) antas reduceras med vätgas och briketteras.



Figur 4 Energianvändning för Pathway 1 (a), Pathway 2 (b) och Pathway 3 (c) från 2020 till 2045.

Figur 4 ger en bild av hur energianvändning skulle utvecklas över tid givet olika tekniska utvecklingsvägar (Pathway 1-3) i svensk järn- och stålindustri. Efterfrågan på biobränsle varierar betydligt mellan de tre olika tekniska utvecklingsvägar för svensk järn- och stålindustri som undersöks av Taktarova m. fl.³². I Pathway 1 där en betydande del av existerande järnmalm-baserad produktion (masugn/LD-konverter) antas behållas i drift i kombination med koldioxidavskiljning och bränsleskifte uppgår biobränsleefterfrågan till ca 3,3 TWh år 2030 och 3,8 TWh år 2045. I Pathway 2, som ligger närmst de planer som SSAB/Hybrit lanserat, så uppgår biobränsleefterfrågan till ca 0,6 TWh år 2030 och 2,4 TWh år 2045. I Pathway 3 där hälften av all järnmalm producerad för export (motsvarande 6 miljoner ton per år) antas reduceras med vätgas och briketteras uppgår den samlade biobränsleefterfrågan till ca 5,8 TWh år 2045.

4.4 PERSPEKTIV FRÅN STÅLINDUSTRI

Detta delavsnitt är baserat på intervjuer och representerar en eller flera aktörers perspektiv.

Järn- och stålindustrin bedömer att de kommer att ha ett ungefärligt biomassabehov 2026 av runt 100 000 ton (TS) av relativt hög kvalitet, inte för mycket bark och grot, dvs. flis eller stockbaserat. Denna mängd ska användas för att göra biokol och biokolet får inte innehålla för mycket aska och alkalier. Biokolet behöver vara ganska oreaktivt, ha hög kolhalt och ska användas som

³² Toktarova, A., Karlsson, I., Rootzén, J., Göransson, L., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2020). Pathways for Low-Carbon Transition of the Steel Industry—A Swedish Case Study. *Energies*, 13(15), 3840. <https://doi.org/10.3390/en13153840>

legeringsmedel för järn. Utöver detta så behöver de från 2026 runt 0,5 TWh biometan för användning i demonstrationsanläggningen på LKAB:s område för hybrit-processen (förväntas producera ca. 1 miljon ton järn). Den behöver "kolas upp" för fossilfritt stål vilket innebär ca. 20 kg biogent kol per ton järn. Efter detta så ska stålet värmas och då används biometan. För att ersätta nuvarande produktion fullt ut till mellan 2030 - 2040 så kommer volymerna öka 3 - 3,5 ggr, dvs. till mellan 1,5 och 2 TWh biometan (*Författarnas kommentar: 1,5-2 TWh bör gälla produktion av järnsvamp för att ersätta SSAB Oxelösund och Luleå. Behovet ökar om man ska värma ugnar med minst ytterligare 2 TWh*). Industrin ser att biometanen kommer från en kombination av en förgasningsprocess och rötning. Där ligger de och där stannar deras behov om de behåller samma stålproduktion.

Vad gäller betalningsvilja så tror de initialt att deras fossilfria stål kommer att vara en premieprodukt. Ex. att stålet kommer att vara 10 - 30% dyrare. Det inkluderar insatsråvaror som biokol och biometan. Över tid så tror de dock på en konkurrenssituation och det kommer att krävas kostnadseffektivitet i alla delprocesser. Vissa kunder kommer att förstå att det kostar extra med fossilfritt stål (t.ex Volvo). Då kommer premien att läggas på slutprodukten som betalas av slutkonsument. Det är dock svårare i B2B, där det alltid finns tryck på kostnadsreduktion. I detta fall så handlar det mer om en mognad om hur hela värdekedjan fungerar. Med ett förmodat framtida tilltagande politiskt tryck så är den fossila vägen inte så billig längre, kanske t.o.m. oframkomlig. De bedömer att det finns en möjlighet att politiken kommer straffa ut det fossila på sikt. Industrin inser att det kommer att bli svårt att få tag på biokol till samma pris som fossilt kol till 2026.

Av de svenska stålproducenterna så är det bara SSAB som är malmbaserade, övriga producenter är skrotbaserade. Vid skrotbaserad produktion använder man kol som slaggbildare i ljusbågsugn. Uppskattningsvis hälften av kolet används som slaggbildare. Det innebär att skrotprocessen behöver 10 kg biokol per ton stål.

Stålindustrin bedömer att kemi- och plastindustrin har en högre betalningsförmåga än stål. Dessutom kan kemi och plast behöva så stora kvantiteter så det kan bli ett problem. Kanske inte 2026, men någon gång efter 2030, p.g.a. att kemi och plast är mer specialiserade. Stålspris sätts som en basråvara med olika tillägg för olika kvaliteter. Man kan ta betalt för att man kan göra bättre kvaliteter. Stålindustrin bedömer sig ha högre betalningsvilja än cement som är en mer lokal produkt. Stål handlas på en väldigt global marknad, nästan i paritet med oljemarknaden, vilket påverkar hela prissättningen. Så är det inte för cement, som handlas mer på en kontinental nivå. Ytterst lite produktion transporteras någon längre sträcka. Cement i Europa är ett påtagligt monopol, Heidelberg. Om man bara tittar på produkten så är stålindustrins betalningsvilja större. Däremot bedömer de att drivmedelssektorn har en mycket högre betalningsförmåga. Det är baserat på samma logik eftersom de i princip jobbar direkt mot slutkund, privatpersoner, och dessutom så är det så mycket skatt på bränslet. Detta trots att drivmedel kan använda sämre kvalitet på biomassa än stål.

Stålindustrin vill ha relativt prima biomassa jämfört med drivmedelsproducenter men betalningsförmåga är inte samma sak som vilja. Raffinaderier sliter idag med den s.k. raff-marginalen. Idag är deras prissättande råvara råoljepriset och de är

tvingade att ta in viss andel biomassa. Om deras process är mycket mer förlåtande så letar de det billigast möjliga till det. Även stålindustrin kommer att försöka köpa billigaste möjliga. Idag är det överskott på raffinaderikapacitet för drivmedel i Europa, och då går deras marginal ned. Inget företag betalar mer än vad de behöver för deras aktuella process och vilka egenskaper man söker.

Stålindustrin bedömer att skogsindustrin sitter ungefär i samma marknad som stål med global prissättning. Men det beror på vilken produkt som det gäller. För tidningspapper är troligen stål bättre på att betala men för kartong så ligger möjligen skog lite före. Stål bedömer sig generellt ligga lite lägre än skogsindustrin vad gäller betalningsvilja. Skogsindustrin sitter ju på mycket skogstillgångar, så det kan ge en viss fördel för dem.

Energisektorn bedöms av stålindustrin ha hög betalningsförmåga. För att det finns en del subventioner och att kunderna inte har så mycket alternativ till sin fjärrvärme och en ganska förlåtande process. De kan ganska enkelt kombinera olika typer av bränslen. De kommer att ha överlägsen bränsleflexibilitet jämfört med stålframställning. Detta kommer att driva kostnaderna för stålindustrin.

De styrmedel som påverkar stålindustrin mycket idag är utsläppshandel och skatter. Rent allmänt så bedömer de att kostnaden för fossila utsläpp kommer att öka genom kombination av utsläppshandel och skatter på koldioxid och energi, kostnaden kommer att drivas upp över tid. Även ETS kan komma att förändras innan 2026. Stål är med i ETS och står för 30% av utsläppshandeln i Sverige. Vid något tillfälle så tror de att ETS inte kommer att fungera längre. Eftersom man vill accelerera Europas dekarbonisering så funderar man på andra system. Exempelvis koltullar och liknande i och med att EU vill göra drastiska åtgärder. Om EU exempelvis kraftigt sänker taket i ETS så hade det varit ett effektivt styrmedel enligt denna sektor då det gör ett fossilfritt alternativ mer konkurrenskraftigt.

Industrin ser ett ökat intresse för att producera grönt stål från konkurrenter i andra länder. Den viktigaste råvaran för detta är fossilfri el. Det kan finnas företag på en internationell marknad som nöjer sig med en sämre produkt, t.ex genom reformering av naturgas + billig CCS. Det landar i en definitionsfråga vad som är fossilfritt och hur många led man ska räkna. Den svenska stålindustrin tror att de kommer möta stentuff konkurrens för fossilfritt stål vid något tillfälle framöver.

4.4.1 Betalningsvilja

Vad gäller betalningsvilja så tror de initialt att deras fossilfria stål kommer att vara en premieprodukt, vilket skulle kunna innebära att stålet kommer att vara ca 10 - 30% dyrare. Det inkluderar insatsråvaror som biokol och biometan. Över tid så tror de dock på en konkurrenssituation och det kommer att krävas kostnadseffektivitet i alla delprocesser. Vissa kunder kommer att förstå att det kostar extra med fossilfritt stål, exempelvis Volvo. Då kommer premien att läggas på slutprodukten. Det är dock svårare i B2B, där det alltid finns tryck på kostnadsreduktion. I detta fall så handlar det mer om en mognad om hur hela värdekedjan fungerar. Med ett förmodat framtida tilltagande politiskt tryck så är den fossila vägen inte så billig längre, kanske tom oframkomlig. De bedömer att det finns en möjlighet att

politiken kommer straffa ut det fossila på sikt. Industrin inser att det kommer att bli svårt att få tag på biokol till samma pris som fossilt kol till 2026.

4.5 SAMLAD BEDÖMNING

Den framtida utvecklingen av efterfrågan på biobränsle i svensk järn- och stålindustri kommer att bero både på interna strategiska och tekniska val och på omvärldsfaktorer. I Tabell 6 har vi, baserat på dagens kunskapsläge, gjort en samlad bedömning av hur biobränsleefterfrågan kan tänkas se ut under den studerade perioden. Som dom flesta bedömningar av den här typen, som sträcker sig flera årtionden fram i tiden, är dessa förknippade med betydande osäkerheter men är här tänkta att fungera som illustrativa grundantaganden för vidare analys i delprojekt 9-10 (se syntesrapporten för hela forskningsprojektet).

Tabell 6 Efterfrågan på biobränsle från svensk järn- och stålindustri.

	2018	2030	2045
Biogas totalt ^a (TWh)	0	1	3
Biogas baserad på skogsråvara (TWh) <i>50% av det totala behovet</i>	0	0.5	1.5
Mängd skogsråvara (Mt (TS)) <i>Flis och GROT (termisk förgasning)</i>	0	0.15	0.46
Biokol ^b (TWh)	0	0.5	2
Mängd skogsråvara (miljoner ton (TS)) <i>Flis och stamved (pyrolys/torrefiering)</i>	0	0.09	0.36

^a Biogas: 2 - 3 TWh biogas och biogasol (för värme och värmebehandling). Förädling genom förgasningsprocess och/eller rötning. Råvara (rötning): avloppsslam, restprodukter från jordbruk och industri. Råvara (förgasning): restprodukter från skogsbruk (65% omvandlingsverkningsgrad).

^b Biokol: 1 – 1,5 (1-2) TWh biokol (för reduktion i tunnelugn och som legeringsmedel/koltillsats i ljusbågeugnar) Kräver råvara relativt hög kvalitet, dvs. baserade framförallt på flis eller stamved inte för mycket bark och grot. Förädling till biokol genom torrefiering och/pyrolys (Omvandlingsverkningsgrad ca 70%).

5 Cementindustrin

5.1 NULÄGESBILD

Produktion av cement, som utgör bindemedlet i betong, har haft en viktig roll i det moderna samhällsbygget och återfinns i huvuddelen av de byggnader och den infrastruktur som omger oss. Huvudråvaran vid cementproduktion är kalksten (kalciumkarbonat, CaCO_3) som bränns, vid hög temperatur, tillsammans med tillsatsämnen för att bilda cementklinker. Omkring 60% av koldioxidutsläppen från cementproduktion är processutsläpp då koldioxid avgår vid kalcineringen ($\text{CaCO}_3 + \text{värme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) där resterande 40% härrör från bränsleförbränning.

I Sverige finns två anläggningar för att tillverka cement som båda drivs av företaget Cementa som i sin tur ägs av tyska Heidelberg Cement. I cementindustrins klimatfärdplan³³ presenteras fyra huvudstrategier för att minska koldioxidutsläppen från cementproduktionen: (i) koldioxidavskiljning följt av geologisk lagring eller återanvändning (CCS/CCU), (ii) utfasning av fossila bränslen, (iv) fortsatt energieffektivisering, (iv) ersätta viss del av den kalkstensbaserade cementklinkern med andra restmaterial. Även nedströms, i betong och bygg- och anläggningsbranschen diskuteras åtgärder för att minska cement och betonganvändningen.

En utfasning av kol har inletts till förmån för biobränslen och avfallsbaserade bränslen. Totalt använde cementindustrin år 2017 cirka 3,5 TWh energi varav fossila bränslen utgjorde 0,9 TWh, utsorterat avfall (fossilt) 1,5 TWh, utsorterat avfall (biogent) 0,7 TWh och el 0,4 TWh.³⁴

Andra trender som kan påverka biomassaefterfrågan är i vilken utsträckning trävirke i högre grad än idag kommer att ersätta betong som byggmaterial. Eftersom materialen har olika egenskaper som byggmaterial och eftersom tillgången på trä är begränsad kommer trävirke inte ensamt kunna ersätta cement och betong men ökad träbyggnation i Sverige och övriga världen skulle kunna bidra till lägre efterfrågan på cement och betong och samtidigt en ökad efterfrågan på skoglig biomassa för byggändamål.

Under våren 2021 lanserade Cementa en plan med målet att investera klimatneutral cementproduktion i Slite till 2030. Företaget vill minska koldioxidutsläppen från cementproduktionen genom tre åtgärdsområden; (i) alternativa bränslen/energibärare som kan ersätta kol vid tillverkning, (ii) alternativa råmaterial där kalkstenen ersätts med exempelvis masugnsslagg från ståltillverkning eller flygaska samt (iii) avskiljning och lagring av koldioxid (CCS).

I juni 2021 avvisade Mark- och miljödomstolen Cementas ansökan gällande täktstillstånd vid Slite på Gotland, efter att deras nuvarande tillstånd för kalkutvinning löpte ut den 15 oktober 2021. Detta mot bakgrund av att Cementas miljökonsekvensbeskrivning ej på ett godtagbart sätt ansågs adressera risken för

³³ Cementa (2018). Färdplan cement. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_cementbranschen.pdf

³⁴ IVA (2019). Så klarar svensk industri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Kungliga Vetenskapsakademien IVA (2019), Stockholm, Sverige.

att verksamheten ska ge upphov till en negativ påverkan på områdets grundvattenstatus.³⁵ Cementa har överklagat domen vilket har lett till en efterföljande samhällsdebatt som framför allt handlat om konsekvenserna av att cementproduktionen i Slite upphör. Detta har därefter mynnat ut i ett regeringsbeslut som ger Cementa ett tidsbegränsat tillstånd för fortsatt kalkbrytning. Tillståndet är giltigt till och med 2022 riksdagsomröstning och ger Cementa tid att förbereda en ny ansökan om förlängt tillstånd för kalkstensbrytning.³⁶

5.2 FRAMTIDSSCENARIER FÖR CEMENTINDUSTRI

Karlsson m. fl.³⁷ undersöker sex olika tekniska utvecklingsvägar för svensk cementindustri och vilka konsekvenser dessa utvecklingsvägar får för energianvändning och koldioxidutsläpp över tid (se Tabell 7).

Tabell 7 Grundantaganden i framtidsscenarioer för cementindustrin³⁸

Scenario	Cementproduktion
Pathway 0	Fortsatt produktion med befintliga cementugnar, ökade andel biobaserade bränslen och viss energieffektivisering under den studerade perioden (2020-2045).
Pathway 1	Anläggning för avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) installeras (aminbaserad avskiljning av koldioxid). Från 2030 antas 50% av koldioxiden i rökgasen avskiljas och från 2040 100%. Ökade andel biobaserade bränslen och viss energieffektivisering under den studerade perioden.
Pathway 2	Befintliga anläggningar byggs om för oxyförbränning. Från 2030 anpassas kalcinatorerna i förvärmartornet för oxyförbränning och från 2045 hela anläggningen. Ökade andel alternativa bränslen och viss energieffektivisering under den studerade perioden.
Pathway 3	Existerande brännare ersätts med plasmabrännare, i kalcinatorerna i förvärmartornet från 2025 och i roterugnen från 2035. Alternativa bindemedel ersätter cement i ökad utsträckning fram till 2045.

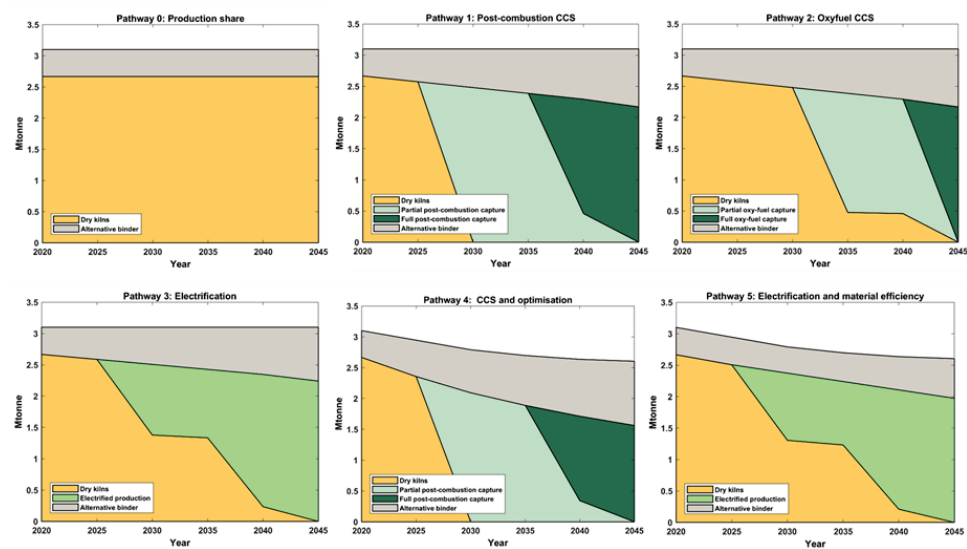
³⁵ Sveriges domstolar (2021). Domstolen avvisar Cementas ansökan om täktstillstånd vid Slite på Gotland. Mål: M 1579–20. Mark- och miljööverdomstolen vid Svea hovrätt. Hämtad 2021-10-06 från: <https://www.domstol.se/nyheter/2021/07/domstolen-avvisar-cementas-ansokan-om-takttillstand-vid-slite-pa-gotland/>

³⁶ Sveriges riksdag (2021). Regeringen ger Cementa AB ett tidsbegränsat tillstånd till fortsatt täktverksamhet i Slite på Gotland. Pressmeddelande från Miljödepartementet och Näringsdepartementet. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/11/regeringen-ger-cementa-ab-ett-tidsbegransat-tillstand-till-fortsatt-taktverksamhet-i-slite-pa-gotland/>

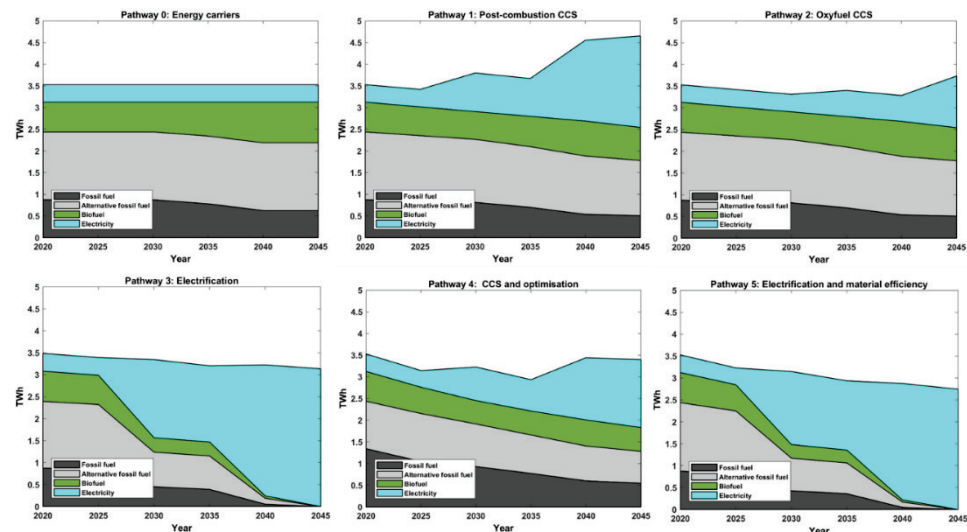
³⁷ Karlsson, I., Rootzén, J., Toktarova, A., Odenberger, M., Johnsson, F., & Göransson, L. (2020). Roadmap for decarbonization of the building and construction industry – A supply chain analysis including primary production of steel and cement. *Energies*, 13(6), 4136. <https://doi.org/10.3390/en13164136>

³⁸ *ibid.*

Scenario	Cementproduktion
Pathway 4	Som Pathway 1 + att produktionen av cementklinker antas minska genom ökad andel alternativa bindemedel i cement och minskad inblandning av cement i betong.
Pathway 5	Som Pathway 3 + att produktionen av cementklinker antas minska genom ökad andel alternativa bindemedel i cement och minskad inblandning av cement i betong.



Figur 5 Antaganden om produktionsmix för svensk cementindustri (Pathway 0-5).



Figur 6 Energianvändning i svensk cementindustri 2020-2050 givet olika tekniska utvecklingsvägar (Pathway 0-5).

Figur 6 ger en bild av hur energianvändning skulle utvecklas över tid i svensk cementindustri givet olika antaganden om produktionsmix (Figur 5) och givet olika tekniska utvecklingsvägar (Pathway 0-5). Efterfrågan på biobränsle ser olika ut i de sex olika utvecklingsvägar för svensk cementindustri som undersöks av Karlsson

m. fl.³⁹. I Pathway 1 och 2 uppgår biobränsleefterfrågan till ca 0,9 TWh år 2030 och 1,2 TWh år 2045 (om den ökade energiefterfrågan som koldioxidavskiljning ger upphov till också skulle täckas med biobränsle skulle den totala biobränsleefterfrågan uppgå till 2,0 TWh år 2030 och 3,1 TWh år 2045). Om hela bränslebehovet, inklusive det bränslebehov som i grundscenarierna antas täckas av fossilbaserad avfallsströmmar och det utökade energibehov som används för koldioxidavskiljning, skulle täckas med biobränsle så skulle den totala biobränsleefterfrågan uppgå till 4,3 TWh i Pathway 1 och 3,2 TWh i Pathway 2 år 2045. Av de undersökta grundscenarierna är biobränsleefterfrågan som högst i Pathway 0 (0,5 TWh år 2030 och 1,5 TWh år 2045) där dom befintliga cementugnar antas drivas vidare men med ökade andel alternativa bränslen och viss energieffektivisering under den studerade perioden.

5.3 PERSPEKTIV FRÅN CEMENTINDUSTRIEN

Detta delavsnitt är baserat på intervjuer och representerar en eller flera aktörers perspektiv.

Cementtillverkning är en av de större industriella utsläpparna av koldioxid, strax efter järn- och stålindustrin. Sektorn behöver alltså få ett lägre klimatavtryck från sin produkt och utreder nu olika möjligheter i den riktningen. Det finns två produktionssiter för cement i Sverige, Slite på Gotland och Skövde i Västra Götaland.

En cementugn eldas traditionellt med olja och kol, samt restprodukter från oljeindustrin. På 90-talet började sektorn att arbeta med alternativa bränslen till de traditionella. Dessa alternativa bränslen kommer nästan alltid från avfallsvärlden. De konverterar dessa till dugliga bränslen för cementproduktion. Dessa avfallsbaserade bränslen har en viss del biogent innehåll. För siten i Slite används ca. 72% alternativa bränslen och för siten i Skövde ca. 37%. Det är anläggnings- och förbränningstekniska begränsningar som gör att de inte kan nå högre användning av denna typ av bränslen. Idag finns inte de tekniska förutsättningarna för att öka användningen av biomassa (idag i form av biogent avfall) i cementproduktion.

Ca. 2/3 av cementindustrins CO₂-utsläpp kommer från kemiska utsläpp från kalk som bränns. Det kan man bara få bort genom att använda andra råmaterial för cementen. 1/3 av utsläppen kan däremot påverkas av bränsleval. Cementindustrin arbetar för att öka andelen biomassa i de bränslen de använder. Cementa har som målsättning till 2030 att produkten ska ha nollutsläpp under sin livstid. En cementfabrik i Norge installerar just nu CCS-teknik. Det finns planer för detta även i Slite någon gång 2028–2030. Branschen själva ser CCS som en förutsättning för att få ner sina utsläpp. Den svenska cementindustrin arbetar med att minska sina utsläpp på fem sätt: i) Energieffektivisering, ii) högre andel alternativa bränslen, iii) alternativa råmaterial, ex lera etc., iv) karbonatisering (betong tar upp koldioxid under livstiden), och v) CCS.

³⁹ Karlsson, I., Rootzén, J., Toktarova, A., Odenberger, M., Johnsson, F., & Göransson, L. (2020). Roadmap for decarbonization of the building and construction industry – A supply chain analysis including primary production of steel and cement. *Energies*, 13(6), 4136. <https://doi.org/10.3390/en13164136>

Jämfört med idag så kan cementindustrin komma att använda andra sortiment av biomassa i framtiden, t ex. kött- och benmjöl. Röttslam som torkas använd redan idag i länder som Tyskland, Holland, Belgien och Turkiet. I övrigt så är biobränslen svåra att använda i en cementugn pga. bränsleegenskaper. Bränslet behöver vara torrt, brinna snabbt och måste ha hanterbar aska. Askan blir en del av produkten. Flis fungerar inte rent processtekniskt idag. Dock så kan behandlad skoglig biomassa komma att fungera. Då i form av träkol, biokol, vilket teoretiskt hade kunnat göra att cementindustrin kan komma upp i 100% biobränsleanvändning. Dock finns ingen cementugn som använder detta produktionssätt idag. Främst beror detta på priset och tillgängligheten på biokol. Pelleterat biokol är ca. 3 ggr dyrare per ton än fossilt kol. De alternativa bränslen som de använder idag är billigare i bränslepris än fossilt kol.

Cementindustrin upplever en efterfrågan från kunder som vill ha så lågt klimatavtryck på cementen som möjligt. Då kan de i sin tur bygga mer klimatsmart. Men funktionen är också mycket viktig. Helt fossilfri cement finns idag inte. Men när det finns borde det efterfrågas enligt industrin. Det finns dock stora tekniska utmaningar innan industrin har nått dit. Cementindustrin säger själva att de har en högre betalningsvilja för förnybara bränslen än fossila och att problemet för stunden är inte betalningsvilja. Problemet just nu är istället att skogen inte kan ge dem en råvara som de kan elda i deras processer.

Vad gäller styrmedel så anser cementindustrin att EU-ETS redan styr väldigt mycket, och att det systemet utgör en tydlig signal att ställa om och reducera CO₂-utsläppen. Cementindustrin är idag exkluderade från avfallsförbränningskatt. Ett negativt styrmedel för dem hade varit om de hade omfattats om en skatt av förbränning av avfall. Det är detta undantag som gör att de kan få in biogena avfallsbränslen i sin bränslemix. På årsbasis använder cementindustrin i Sverige någonstans 25 - 35 % biogent avfallsbränsle p.g.a. den biomassa som de alternativa bränslena innehåller. Industrin tror att CCS är avgörande för att reducera koldioxidutsläpp från cementproduktion, de anser att det är bra att styra mot detta. Den svenska industrin anser sig ligga i framkant globalt med minskade klimatutsläpp från cementproduktion.

5.3.1 Betalningsvilja

Cementindustrin säger själva att de har en högre betalningsvilja för förnybara bränslen än fossila och att problemet för stunden är inte betalningsvilja. Problemet just nu är istället att skogen inte kan ge dem en råvara som de kan elda i deras processer.

Flis fungerar inte rent processtekniskt idag. Dock så kan behandlad skoglig biomassa komma att fungera. Då i form av träkol, biokol, vilket teoretiskt sätt hade kunnat göra att cementindustrin kan komma upp i 100% biobränsleanvändning. Dock finns ingen cementugn som använder detta produktionssätt idag. Främst beror detta på priset och tillgängligheten på biokol. Pelleterat biokol är ca. 3 ggr dyrare per ton än fossilt kol. De alternativa bränslen som de använder idag är billigare i bränslepris än fossilt kol.

5.4 SAMLAD BEDÖMNING

I Tabell 8 har vi, baserat på dagens kunskapsläge, gjort en samlad bedömning av hur biobränsleefterfrågan från svensk cementindustri kan tänkas utvecklas över tid. Det faktiska utfallet kommer att bero både på interna strategiska och tekniska val och på omvärldsfaktorer. Som alla bedömningar som sträcker sig flera årtionden fram i tiden är dessa förknippade med betydande osäkerheter men är här tänkta att fungera som illustrativa grundantaganden för vidare analys i delprojekt 9 (se syntesrapporten för hela forskningsprojektet).

Tabell 8 Uppskattning av biobränsleefterfrågan från svensk cementindustri (2018-2040).

	2018	2030	2040
Avfallsbaserade biobränslen (TWh)	0.5	1	1.5
Biobränslen baserad på skogsråvara (TWh)	0	0.1	0.15
Mängd skogsråvara (Mt (TS))	0	0.03	0.04
Biokol TWh	0	0	1.5
Mängd skogsråvara (Mt (TS))	0	0	0.36
<i>Flis och stamved (pyrolys/torrefiering)</i>			

Avfallsbaserade biobränsle

Hit räknas alla avfallsbaserade biobränsle som är lämpliga för förbränning i en cementugn inkl. kött- och benmjöl, rötslam och biogena fragment från industri- och hushållsavfall. Sammansättningen kan väntas förändras över tid. Bara en begränsad andel antas här härröra (direkt) från skogsråvara.

Biokol

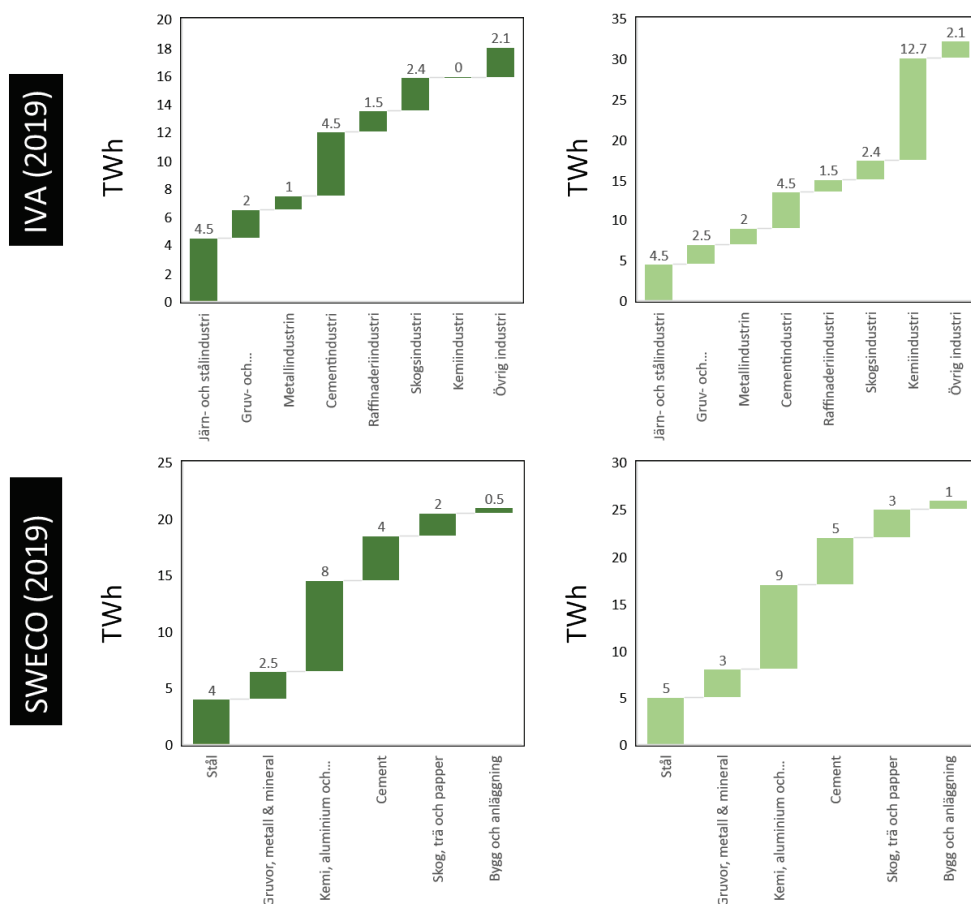
Som nämns i genomgång och intervjuer ovan så skulle man teoretiskt kunna ersätta i princip allt bränsle i cementugnen med biobränsle om man till rimlig kostnad får tillgång till biokol av hög kvalitet. Här har vi antagit att omkring hälften av cementindustrins bränsleefterfrågan tillgodoses med biokol i slutåret, år 2045. Förädling till biokol sker då genom torrefiering och/ pyrolys (Omvandlingsverkningsgrad ca 70%).

6 Tidigare uppskattningar av efterfrågan på el och biomassa från svensk industri

För att sätta de bedömningar som görs i denna rapport i ett sammanhang så har vi också tittat på och gjort en sammanställning av andra arbeten som har gjort uppskattningar av efterfrågan på el och biomassa från svensk industri. SWECO⁴⁰ (2019) och IVA⁴¹ (2019) har i två olika rapporter uppskattat efterfrågan på el och biomassa från svensk industri baserat svensk industris klimafärdplaner. Sammantaget bedöms svensk industri behöva i storleksordningen 20–30 TWh mer el och minst 18 TWh mer biobaserad energi och råvaror år 2045 för att möta klimatmålen. Figur 7 ger en översikt över uppskattad efterfrågan på biobaserad energi och råvaror (min/max) år 2045.

⁴⁰ SWECO (2019). Klimatneutral konkurrenskraft: Kvantifiering av åtgärder i Klimatfärdplaner. Rapport till Svenskt Näringsliv.

⁴¹ IVA (2019). Så klarar svensk industri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Kungliga Vetenskapsakademien IVA (2019), Stockholm, Sverige.



Figur 7 Uppskattad förädlad biobaserad energi och råvaror (min. uppskattning (vänster) och max. uppskattning (höger)).^{42 43}

Fossilfritt Sverige⁴⁴ uppskattar i sin biostrategi att den samlade användningen av biobränsle ökar från dagens 158 TWh till 193 TWh år 2030 för att sedan minska till 135 TWh år 2045 (184 TWh om man inkluderar utrikes transporter). Fram till 2030 är det framförallt vägtransportsektorn som förväntas driva på efterfrågan. Efter 2030, i takt med att vägtransporterna elektrifieras, är det istället flyget och sjöfarten som förväntas stå för en allt större andel av biobränsleefterfrågan. I sin bedömning av industrins bioenergiefterfrågan lutar Fossilfritt Sverige⁴⁵ sig framförallt mot

⁴² SWECO (2019). Klimatneutral konkurrenskraft: Kvantifiering av åtgärder i Klimatfärdplaner. Rapport till Svenskt Näringsliv.

⁴³ IVA (2019). Så klarar svensk industri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Kungliga Vetenskapsakademien IVA (2019), Stockholm, Sverige.

⁴⁴ Fossilfritt Sverige (2021). Biostrategi. Tillgänglig via: https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf

⁴⁵ Fossilfritt Sverige (2021). Biostrategi. Tillgänglig via: https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf

SWECO:s⁴⁶ (2019) och IVA:s⁴⁷ (2019) tidigare uppskattningar som i sin tur är baserade på respektive industris färdplaner för klimatomställning. I den samlade bedömningen har man utgått ifrån att stora delar av industrin efter år 2030 i ökande utsträckning kommer att tillgodose sitt energibehov genom elektrifiering och vätgastekniker. Man konstaterar också, i linje med denna rapport, att kemiindustrin beroende på val av utvecklingsväg kan komma att bli den industrisektorn (utöver skogsindustrin) som efter 2030 står för den största efterfrågan på bioråvara. IVA (ibid) uppskattar kemiindustrins efterfrågan på primär bioråvara till 25 TWh/år om alla fossila råvaror ska ersättas med biogen råvara till 2045. Fossilfritt Sverige⁴⁸ konstaterar också i sin biostrategi att osäkerheten kopplad till kemiindustrins efterfrågan på bioråvara är stor men att återvinning av plast, effektivisering och teknik för elektrifiering, CCU kan bidra till att hålla nere efterfrågan på jungfrulig råvara.

⁴⁶ SWECO (2019). Klimatneutral konkurrenskraft: Kvantifiering av åtgärder i Klimatfärdplaner. Rapport till Svenskt Näringsliv.

⁴⁷ IVA (2019). Så klarar svensk industri klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Kungliga Vetenskapsakademin IVA (2019), Stockholm, Sverige.

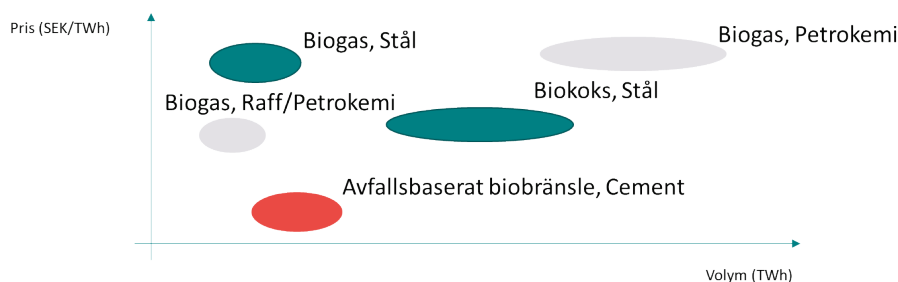
⁴⁸ Fossilfritt Sverige (2021). Biostrategi. Tillgänglig via: https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf

7 Bedömning av betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle

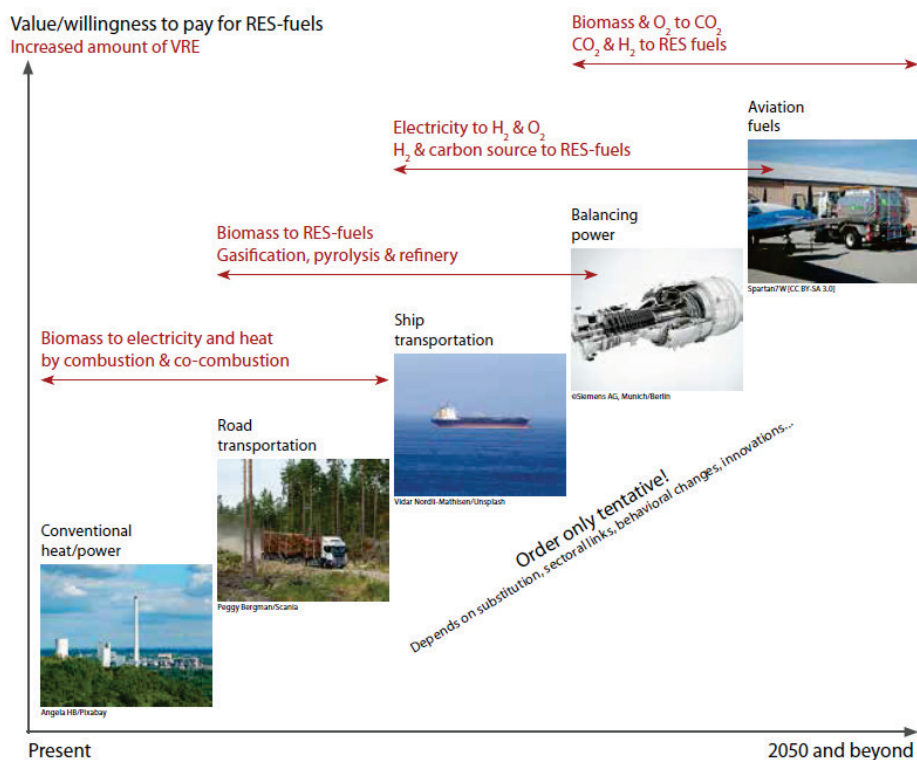
Betalningsförmågan för biomassa från respektive industrigren kommer att vara beroende av en lång rad faktorer:

- Olika teknikval i de respektive industrisektorerna (t.ex. CCS/Elektrifiering (Direkt/indirekt) (se Figur 2 för en översikt))
- Politiska vägval och styrmedelsutformning både på klimatområdet med också på t.ex. transport- och avfallsområdet.
- Den specifika kontexten och utvecklingen på de olika avsättningsmarknaderna för basmaterial (Stor skillnad på konkurrenssituation och betalningsvilja i olika kundsegment, t.ex. specialstål --> bulkstål)
- Utvecklingen inom andra sektorer, inte minst i så kallade "hard-to-abate" sektorer som sjöfart och flyg (se Figur 9 nedan).

Figur 8 och 9 visar två exempel på kvalitativa ansatser för att beskriva betalningsförmåga för olika sortiment av biomassa/biobränsle i olika delar av industrin (Figur 8) och i konkurrerande sektorer (Figur 9).



Figur 8 Illustration av kvalitativ ansats för att beskriva betalningsförmåga och efterfrågad volym för olika sortiment av biomassa/biobränsle i olika delar av industrin.



Figur 9 Schematisk översikt över framtida användning av kolbaserade (förnybara) bränslen som inte är baserade på fossil olja, gas eller kol i en värld som rör sig mot netto-noll utsläpp av växthusgaser under de kommande årtiondena. Parallellt med ökade krav på att fasa ut fossila bränslen, kommer värdet på kolbaserade bränslen eller råvaror som inte ger upphov till några växthusgasutsläpp (eller med netto-noll avtryck) att öka. Biomassan kan då förväntas styras mot den eller de sektorer som har den högsta betalningsförmågan och där det är svårt att skifta till andra energibärare (eller råmaterial). I det lite längre tidsperspektivet kan ett alternativ till biomassa som kolbaserade (förnybara) bränslen vara olika typer av elektrobränslen (där grön vätgas kombineras med CO₂ som fångats in från biogena utsläppskällor, från atmosfären eller från havet).

Ju mer specialisering och förädling av en produkt, desto högre pris kan normalt tas ut. Råvarukostnaden blir då också en mindre och mindre del av slutprodukten kostnad.^{49,50,51} Betalningsviljan för biobaserad eller förnybar råvara har därmed potential att bli högre ju mer högförädlade och specialiserade produkter man producerar.

Den stora efterfrågevolymen för bioråvara finns inom drivmedelssektorn. Här finns också styrmedel som bidrar till att etablera en tydlig nivå för betalningsviljan. Reduktionsplikten i Sverige för utfasning av fossila drivmedel innehåller en avgift som faller ut om inte reduktionen uppnås. För närvarande är avgiften fem kronor

⁴⁹ Rootzén, J., & Johnsson, F. (2016). Paying the full price of steel – Perspectives on the cost of reducing carbon dioxide emissions from the steel industry. *Energy Policy*, 98, 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.021>

⁵⁰ Rootzén, J., & Johnsson, F. (2017). Managing the costs of CO₂ abatement in the cement industry. *Climate Policy*, 17(6), 781–800. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1191007>

⁵¹ Klement et al. (2021). Supply Chain Driven Commercialisation of Bio Energy Carbon Capture and Storage. *Frontiers in Climate*, 3, 615578. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.615578>

per kg koldioxidekvivalenter för bensin och fyra kronor per kg koldioxidekvivalenter för dieselbränsle. Det motsvarar ungefär femton kronor per kg drivmedel eller omräknat till energienheter en krona och femtio öre per kWh (1500 kr/MWh). Styrmedel är därmed en faktor som kraftfullt påverkar betalningsviljan.

För mellan- och lågvolymerkemikalier kan betalningsviljan i vissa fall vara betydligt högre. Här är kundönskemål och kundkrav i högre grad drivande. Men än så länge är kundernas faktiska betalningsvilja inte i nivå med intresset, enligt intervjuer med aktörer i branschen. Men där är volymerna mycket mindre och lär därför inte påverka den genomsnittliga betalningsviljan.

Man bör också lyfta fram företagens inre drivkrafter, som kan komma från ett flertal olika håll, från ledning, personal, ägare, m. fl. Hållbar Kemi 2030⁵² är ett bra exempel på ett initiativ som kommit till redan innan drivkrafter från marknad och lagstiftare. Det pekar på ett engagemang att investera i förnybar riktning. En ny studie gjord inom IKEM⁵³ indikerar att de olika biobaserade tekniska alternativ som övervägs i raffinaderi och kemiindustrin skulle leda till 30-50% högre produktionskostnader än dagens utsläppsintensiva produktion. Intressant nog hamnar man då i ett kostnadsområde ganska nära avgiften i reduktionsplikten.

En fjärde faktor som i hög grad påverkar betalningsviljan är energipriserna. Energisystemet är idag högggradigt integrerat med massa- och pappersindustrin, och många bruk har möjlighet att sälja el till nätet. Därmed kommer det långsiktiga priset på elektricitet att påverka viljan hos bruken att, till exempel, avskilja lignin istället för att producera el.

På liknande sätt finns en konkurrenssituation för den som utvinner en skogsbaserad råvara mellan att å ena sidan sälja eller nyttja sin råvara som energiråvara, och å andra sidan att sälja eller nyttja sin råvara för kemikalieproduktion.

⁵² <http://kemiforetagenistenungsund.se>

⁵³ IKEM/Material Economics (2021). Vägar till klimatneutral produktion för kemi- och innovationsindustrierna En genomlysning av IKEMs medlemmars förutsättningar och behov för koldioxidneutralitet.

8 Referenslista

- Allwood, J., Azevedo, J., Clare, A., Cleaver, C., Cullen, J., Dunant, C. F., Fellin, T., Hawkins, W., Horrocks, I., Horton, P., Ibell, T., Lin, J., Low, H., Lupton, R., Murray, J., Salamanti, M., Cabrera Serrenho, A., Ward, M., & Zhou, W. (2019). Absolute Zero: Delivering the UK's climate change commitment with incremental changes to today's technologies. <https://doi.org/10.17863/CAM.46075>
- Allanore, A., Yin, L., & Sadoway, D. R. (2013). A new anode material for oxygen evolution in molten oxide electrolysis. *Nature*, 497(7449), 353–356. <https://doi.org/10.1038/nature12134>
- Bataille, C., Åhman, M., Neuhoﬀ, K., Nilsson, L. J., Fishedick, M., Lechtenböhmer, S., ... Rahbar, S. (2018). A review of technology and policy deep decarbonization pathway options for making energy-intensive industry production consistent with the Paris agreement. *Journal of Cleaner Production*, 187, 960–973. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.107>
- Brolin, M., Fahnestock, J., & Rootzén, J. (2017). Industry's Electrification and Role in the Future Electricity System - A Strategic Innovation Agenda.
- Cementa (2018). Färdplan cement. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_cementbranschen.pdf
- Cementa (2021ab). CemZero. Hämtad 2021-10-06 från: <https://www.cementa.se/sv/cemzero>
- Emme, C., Fast, A., Malmgren, F., Nyqvist, E., Streman, J. and Yassin, S., 2019. El och biomassa i svensk basindustris planer för en omställning mot noll netto-utsläpp. Potentiella utvecklingsvägar för industrierna cement, kemi, raffinaderi, skogsnäring och stål. Kandidatarbete, Chalmers Tekniska Högskola
- Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2018. 2018.
- Energimyndigheten, Nulägesanalys ER 2017:04. 2017.
- Energimyndigheten (2021). Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning En nulägesanalys inom Industriklivet. ER2021:27, Statens energimyndighet, Oktober 2021.
- Fishedick, M., Marzinkowski, J., Winzer, P., & Weigel, M. (2014). Techno-economic evaluation of innovative steel production technologies. *Journal of Cleaner Production*, 84, 563–580. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.063>
- Fossilfritt Sverige (2021). Biostrategi. Tillgänglig via: https://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins-omstallning_webb.pdf
- H2 Green Steel, 2021. Launch presentation: H2 Green Steel.

- Hackl, R.H., Simon, Design Strategies for Integration of Biorefinery Concepts at Existing Industrial Process Sites: Case Study of a Biorefinery producing ethylene from Lignocellulosic Feedstock as an Intermediate Platform for a Chemical Cluster. 2010, Chalmers University of Technology: Gothenburg.
- Hybrit (2016). HYBRIT – A Swedish Prefeasibility Study Project for Hydrogen Based CO₂–Free Ironmaking; SSAB: Stockholm, Sweden, 2016.
- IEA (2020) Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction. Brown, A., Waldheim, L., Landälv, I., Saddler, J., Ebadian, M., McMillan, J., Bonomi, A. & Klein, B
- IKEM/Material Economics (2021). Vägar till klimatneutral produktion för kemi- och innovationsindustrierna En genomlysning av IKEMs medlemmars förutsättningar och behov för koldioxidneutralitet.
- Jernkontoret (2018). Klimatfärdplan för en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige, Jernkontorets forskning, Rapport D869, Stockholm, Sverige.
- Jernkontoret (2020). Sammanfattning och uppföljning 2020 av Klimatfärdplan För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige. Jernkontorets forskning, Rapport D 883, Stockholm, Sverige.
- Karlsson, I., Rootzén, J., Toktarova, A., Odenberger, M., Johnsson, F., & Göransson, L. (2020). Roadmap for decarbonization of the building and construction industry – A supply chain analysis including primary production of steel and cement. *Energies*, 13(6), 4136. <https://doi.org/10.3390/en13164136>
- Klement, J., Rootzén, J., Normann, F., & Johnsson, F. (2021). Supply Chain Driven Commercialisation of Bio Energy Carbon Capture and Storage. *Frontiers in Climate*, 3, 615578. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.615578>
- LKAB (2020). Frågor och svar: Vår nya strategi. Hämtad 2021-10-12 från: https://www.lkab.com/sv/SysSiteAssets/documents/blandat/fragor-och-svar_lkab-strategi_201123.pdf
- Lassesson H, Jacobson A, Rydberg T. (2018). Potentiell klimatbesparing från diverse satsningar inom det Västsvenska Kemi- och Materialklustret (VKM), IVL Rapport U6027, juni 2018.
- Löfgren, Å., & Rootzén, J. (2021). Brick by brick: Governing industry decarbonization in the face of uncertainty and risk. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40(July), 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.07.002>
- Naturvårdsverket (2021) Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser (2019). <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/>
- Rootzén, J., & Johnsson, F. (2016). Paying the full price of steel – Perspectives on the cost of reducing carbon dioxide emissions from the steel industry. *Energy Policy*, 98, 459–469. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.021>

- Rootzén, J., & Johnsson, F. (2017). Managing the costs of CO₂ abatement in the cement industry. *Climate Policy*, 17(6), 781–800.
<https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1191007>
- Sveriges domstolar (2021). Domstolen avvisar Cementas ansökan om täktillstånd vid Slite på Gotland. Mål: M 1579–20. Mark- och miljööverdomstolen vid Svea hovrätt. <https://www.domstol.se/nyheter/2021/07/domstolen-avvisar-cementas-ansokan-om-takttillstand-vid-slite-pa-gotland/>
- Sveriges riksdag (2021). Miljö- och jordbruksutskottets betänkande 2021/22:MJU7. Regeringsprövning av kalkstenstäkter i undantagsfall. Miljö- och jordbruksutskottet, Sveriges riksdag. Hämtad 2021-10-06 från: <https://data.riksdagen.se/fil/E4E73BE8-5FF4-4A33-B710-02055B8FF21D>
- Toktarova, A., Karlsson, I., Rootzén, J., Göransson, L., Odenberger, M., & Johnsson, F. (2020). Pathways for Low-Carbon Transition of the Steel Industry – A Swedish Case Study. *Energies*, 13(15), 3840.
<https://doi.org/10.3390/en13153840>
- Thunman, H., Berdugo Vilches, T., Seemann, M., Maric, J., Vela, I. C., Pissot, S., & Nguyen, H. N. T. (2019). Circular use of plastics-transformation of existing petrochemical clusters into thermochemical recycling plants with 100% plastics recovery. *Sustainable Materials and Technologies*, 22, e00124.
<https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2019.E00124>
- Wang et al., (2013) Utilization of biomass for blast furnace in Sweden - Report I: Biomass availability and upgrading technologies. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

FRAMTIDSBILDER KEMIINDUSTRI, JÄRN- OCH STÅLINDUSTRI, CEMENT- INDUSTRI OCH ÖVRIG INDUSTRI

Stål, cement och plastprodukter är viktiga byggstenar i det moderna samhällsbygget. Men produktionen av de här basmaterialen är energiintensiv och förknippad med betydande utsläpp av växthusgaser. För att nå Sveriges klimatmål om noll nettoutsläpp av växthusgaser år 2045 krävs en omfattande omställning i alla samhällssektorer. Här är ökad användning av biomassa med ursprung i skogen ett viktigt alternativ

För basindustrin krävs i många fall att existerande produktionsprocesser byts ut mot ny processteknik, som inte är baserad på användning av fossila bränslen eller som på annat sätt ger upphov till växthusgasutsläpp.

Rapporten redovisar resultaten av två delprojekt i det övergripande projektet *På väg mot en biobaserad samhällsekonomi. Hur påverkas konkurrensen om den svenska skogsråvaran?* Det ena har fokuserat på raffinaderi- och kemigrenarna av den svenska industrin, det andra har gjort samma sak för järn-, stål- och cementindustri, och för övrig industri.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk