

Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning

En nulägesanalys av svensk industris
klimatomställning för år 2025

ER 2025:38

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner
eller beställas via energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, december 2025

ER 2025:38

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-264-0

Grafisk form: Energimyndigheten (omslag), Arkitektkopia AB (inlaga)

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma

Förord

Industrins omställning är avgörande för att Sverige ska lyckas bli fossilfritt och även på så sätt stärka försörjningstryggheten och konkurrenskraften. Sverige är industrinationen där välfärd genom åren gått hand i hand med innovation och miljöhänsyn. Vi har också särskilt bra förutsättningar för industrins omställning genom en elproduktion som är nästintill fossilfri, relativt låga elpriser, och en stark innovationskultur. Svenska företag banar väg framåt genom innovationskraft, nya lösningar och produkter.

Vi ser att svenska företag vill ställa om till fossilfrihet, och att den omställningen sker här och nu, men också att det sker i långsammare takt än man tidigare trott. Vissa projekt har pausats eller försenats, och vissa har avbrutits. Men intresset för att ställa om finns där, och arbetet fortsätter i många projekt inom svensk industri.

Statligt stöd är dock nödvändigt för att industrin ska kunna ta de tekniksprång som krävs för att lyckas med omställningen. Vi står också inför en möjlighet till nyindustrialisering. För att vi ska lyckas krävs framför allt storskalig elektrifiering av våra industrier samt satsningar på innovativa och teknikskiftande lösningar. En fortsatt investeringsvilja från industrin förutsätter dessutom långsiktighet och tydliga spelregler i form av mål, regelverk och styrmedel.

Caroline Asserup
Generaldirektör

Innehåll

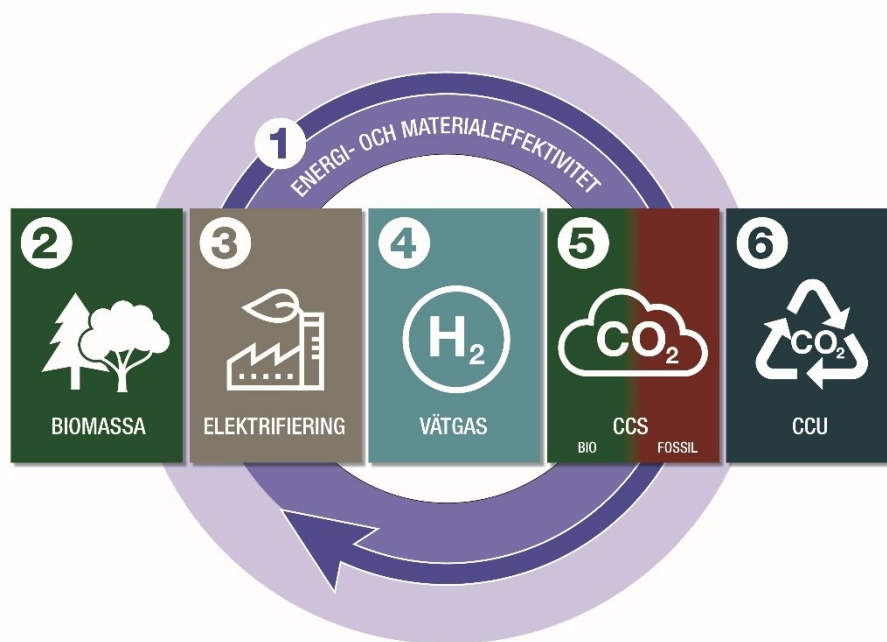
Sammanfattande slutsatser	6
Executive summary	10
1 Inledning	14
1.1 Bakgrund	14
1.2 Uppdraget	15
1.3 Avgränsningar	15
1.4 Rapportens upplägg	16
2 Omvärlden påverkar industriomställningen	18
2.1 Ett osäkert geopolitiskt läge påverkar EU:s och Sveriges energi- och industripolitiska prioriteringar	18
2.2 Tilltagande global konkurrens, protektionism och kontroll över strategiska värdekedjor	19
2.3 Spelreglerna för svenska industriaktörer svänger fort	25
3 Huvudspår för omställning	30
3.1 Energi- och materialeffektivitet	31
3.2 Biomassa	42
3.3 Elektrifiering	47
3.4 Vätgas	52
3.5 Avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS) ...	59
3.6 Avskiljning och användning av koldioxid (CCU)	67
4 Insatser får att nå målet om nettonollutsläpp	73
4.1 Insatser för att reducera fossila koldioxidutsläpp	73
4.2 Insatser för att uppnå negativa utsläpp	101
Referenser	109
Bilaga 1. Utsläppsdefinitioner	134
Bilaga 2. Bearbetning och tolkning av statistik	137

Sammanfattande slutsatser

För att Sverige ska nå sina klimatmål om nettonollutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2045 krävs många olika sorters förändringar inom alla sektorer. Industrisektorn består av en heterogen blandning industribranscher och aktörer med väsentligt skilda förutsättningar och vägar till nettonollutsläpp. Svensk industri ansvarar för ungefär en tredjedel av Sveriges territoriella fossila växthusgasutsläpp och karakteriseras av ett fåtal stora punktutsläpp, till skillnad från exempelvis transportsektorn. Många av de produktionsprocesser som används inom industrisektorn måste förändras helt för att bli av med utsläppen, vilket kräver stora investeringar, nya tekniklösningar och samarbeten samt logistiska utmaningar. I denna rapport presenteras en nulägesbild av den svenska industrins resa mot nettonollutsläpp ur flera olika perspektiv, såsom omvärld, policy, teknikutveckling och marknad.

Industrin satsar på en kombination av tekniker och lösningar för att ställa om

Gemensamt för de mest utsläppsintensiva branscherna är att de främst satsar på sex huvudspår för omställning, vilket illustreras i Figur S1 nedan.



Figur S1. Huvudspår för omställning av svensk industri.

Källa: Energimyndighetens egen illustration

En kombination av dessa huvudspår är nödvändigt för att nå klimatmålen. En ökad energi- och materialeffektivitet bidrar till att minska både systemkostnader och miljöeffekter. Spår två till fyra är specifika teknikvägar som kan ersätta fossilbaserade industriprocesser för minskade utsläpp, medan fem till sex handlar om att fånga in och tillvarata eller lagra koldioxid. Oftast krävs det en blandning av tekniker och

lösningar för omställningen. I Tabell S1 nedan illustreras vilka huvudspår som de mest utsläppstunga branscherna satsar på.

	1 	2 	3 	4 	5 	6
	ENERGI- OCH MATERIALEFFEKTIVITET	BIOMASSA	ELEKTRIFIERING	VÄTGAS	CCS	CCU
Järn- och stålindustrin	●	●	●	●	●	●
Raffinaderi- och kemiindustrin	●	●	●	●	●	●
Mineralindustrin	●	●	●	●	●	●
Övrig metall	●	●	●	●	●	●

Tabell S1 Aktuella huvudspår för omställning för industrins mest utsläppstunga branscher

De utsläppsintensiva branscherna fortsätter att satsa på fossilfria lösningar

Inom samtliga av de mest utsläppsintensiva branscherna pågår satsningar för att ställa om till fossilfritt. De fyra branscher som fokuseras på är järn- och stålindustrin, raffinaderier och kemiindustrin, mineralindustrin och övrig metallindustri inklusive övriga gruvor.

Inom **järn- och stålindustrin** pågår satsningarna på vätgasbaserad järn- och stålframställning trots vissa förseningar, och projekten har kommit en bra bit på vägen till att uppnå kommersiella volymer av stål med låga utsläpp. Redan i början av 2027 beräknas två stora satsningar producera större mängder stål med låga utsläpp. Det finns framskridna planer på ytterligare två större investeringar i storskaliga anläggningar med förväntad produktionsstart runt 2030. Det pågår även satsningar för att ersätta fossilt kol med biokol vid produktion av järnsvamp, men det finns i nuläget ingen storskalig produktion.

Raffinaderi- och kemiindustrin satsar i stort på fossilfri vätgas, övergång från fossil till förnybar råvara, tillkommande produktion av elektrobränslen och elektrokemikalier samt kemisk återvinning av plast. En ökad styrning med styrmedel som ReFuelEU Aviation och FuelEU Maritime på EU-nivå ger större incitament att producera biodrivmedel och elektrobränslen, vilka minskar utsläppen nedströms inom transportsektorn. Trots dessa incitament har utmanande marknadsomständigheter bidragit till att projekt har försenats, ändrats eller lagts ned. Ännu finns det osäkerheter kring i vilken mån bioråvara kommer att ersätta fossil råvara i omställningsplanerna för raffinaderierna. För kemiindustrin ligger fokus på lösningar för att ersätta fossila insatsråvaror med biobaserade eller återvunna råvaror.

För **mineralindustrin** har planerna nyligen ändrats, där en storskalig anläggning för klimatneutral cementtillverkning väntade investeringsbeslut 2026 för att stå klar 2030. I november meddelades det att denna satsning pausas efter nekande av statligt stöd. För att ställa om mineralindustrin behövs CCS, eftersom utsläppen från kalksten inte kan undvikas i nuvarande produktionsprocesser. Ytterligare utsläppsminskningar kan ske genom elektrifiering och biobränsleanvändning. Övriga projekt inom branschen är mestadels i ett tidigare konceptstadium, med ett stort fokus på CCU och CCS.

Övrig metallindustri undersöker fortsatt lösningar för att kunna ersätta kol och koks i tillverkningsprocesser med alternativ såsom biokol, vätgas och svavel. Redan idag sker en hög grad av återvinning av metaller, men även den står inför utmaningar att bli fossilfri till följd av bland annat svårseparerade plastdelar i elektroniskskrot och att vissa metaller så som bly behöver reduceras även vid återvinning.

En krokig väg för industrins omställning

Industrins omställning har mött flera farthinder genom de senaste årens omvärldshändelser. Krig och konflikter, en ihållande lågkonjunktur och förändrad ekonomisk spelplan, brist på långsiktighet och förutsägbarhet i regelverk, osäkra marknader för fossilfria tekniker, ett ökat fokus på EU:s konkurrenskraft och handelskrig är bara några av de faktorer som leder till eller kan leda till förändringar, förseningar och omprioriteringar på området. Inom produktion av bio- och elektrobränslen har detta varit särskilt tydligt, där flera aktörer vittnar om svårigheter att teckna långa bränslekontrakt som en följd av marknadsosäkerheter.

Sveriges industri är tätt ihopkopplad med dessa omvärldstrender, eftersom vi deltar på en internationell marknad som påverkas av aktörer såsom Kina och USA:s agerande. Införandet av handelstullar som minskar exportintäkterna för svenska företag eller ståldumpning som sänker priset på stål globalt är två sådana exempel. Trots detta fortskrider många av de största projekten inom industrin med sina initiala planer, och trots internationell påverkan har Sverige några av de bästa förutsättningarna i Europa för att genomföra stora omställningsprojekt, såsom konkurrenskraftiga elpriser och god tillgång till fossilfri el.

Industriaktörerna är dock enstämmiga: för att kunna fortsätta investera i omställningsprojekt behövs stabilitet och förutsägbarhet i regelverken. Den utsläppstunga industrin har långa investeringscykler och omställningsprojekten är riskfyllda investeringar. För att företag ska våga satsa på innovativ teknik och innovativa lösningar som involverar hög risk krävs långsiktighet och tydliga spelregler i form av mål, regelverk och andra styrmedel. I vissa fall saknas också tydliga riktlinjer. Ett exempel är den rådande osäkerheten kring bedömning av klimateffekten av olika tillämpningar av CCU-tekniken, vilket gör att vissa industriaktörer avvaktar denna tekniklösning trots att de uttrycker att de föredrar det framför CCS.

I december 2025 nådde EU:s ministerråd och Europaparlamentet en uppgörelse om ett bindande klimatmål för 2040 om en nettoutsläppsminskning med 90 procent till 2040 från 1990 års nivåer. I överenskommelsen ingår att upp till fem procentenheter av utsläppsminskningen jämfört med 1990 års nivåer kan komma från internationella klimatkrediter, med start 2036. Samtidigt skjuts starten för det nya utsläppshandelssystemet för byggnader och vägtransporter, ETS2, upp till 2028.

Utmaningar och möjligheter för ny teknik i industriomställningen

För att en ny teknik eller systemlösning ska nå hela vägen fram till kommersiell tillämpning finns flera olika typer av tekniska, logistiska och ekonomiska utmaningar som behöver övervinnas. Till följd av skalfördelar och kunskapsspridning sjunker ofta kostnaderna för en teknik efter att de första anläggningarna har tagits i drift eller att fler komponenter säljs. Att påskynda teknikspridning kan därmed göra att nya tekniker snabbare blir konkurrenskraftiga gentemot deras fossila alternativ.

Det behövs forskning inom biomassaområdet för att utveckla rätt bränsleegenskaper, det behöver ske en spridning för de tekniker som i nuläget inte tillämpas i stor skala, och det behöver ske kostnadsminskningar för de huvudspår som satsas på. För fossilfri vätgas har EU höga ambitioner, men utvecklingen går långsamt och kostnaderna är fortfarande höga. Kostnaden för elektrolysbaserad vätgasproduktion påverkas främst av elpris och kapacitetsutnyttjande, och där har Sverige ett konkurrenskraftigt utgångsläge tack vare god tillgång till fossilfri el och lägre elpriser än EU-snittet. För storskalig användning krävs utbyggd elproduktion, överföringskapacitet och samordnad infrastruktur, särskilt i norra Sverige. Staten har en viktig roll i att skapa långsiktiga och stabila villkor för investeringar, då vätgasens utveckling är nära kopplad till elektrifieringen.

Många av lösningarna kräver en fungerande värdekedja och infrastruktur, såsom tillgång på kritiska råmaterial och komponenter till en rimlig kostnad, eller tillräcklig effekttilldelning och transport/lagring av koldioxid. Industrins omställning är sammanfattningsvis ett komplext pussel där ingen enskild aktör sitter på hela lösningen.

Executive summary

To achieve Sweden's climate goals of net-zero greenhouse gas emissions to the atmosphere by 2045, a wide range of changes are required across all sectors. The industrial sector consists of a heterogeneous mix of industries and actors with significantly different conditions and pathways to net-zero emissions. Swedish industry is responsible for roughly one-third of Sweden's territorial fossil greenhouse gas emissions and is characterized by a few large point sources, unlike, for example, the transport sector. Many of the production processes used in the industrial sector must be completely transformed to eliminate emissions, which requires major investments, new technological solutions, collaborations, and logistical challenges. This report presents a current overview of the Swedish industry's journey toward net-zero emissions from several perspectives, including international events, policy, technological development, and market conditions.

Swedish industry is investing in a combination of technologies and solutions for the transition

Common to the most emission-intensive sectors is that they primarily focus on six main pathways for transformation, as illustrated in Figure S2 below.

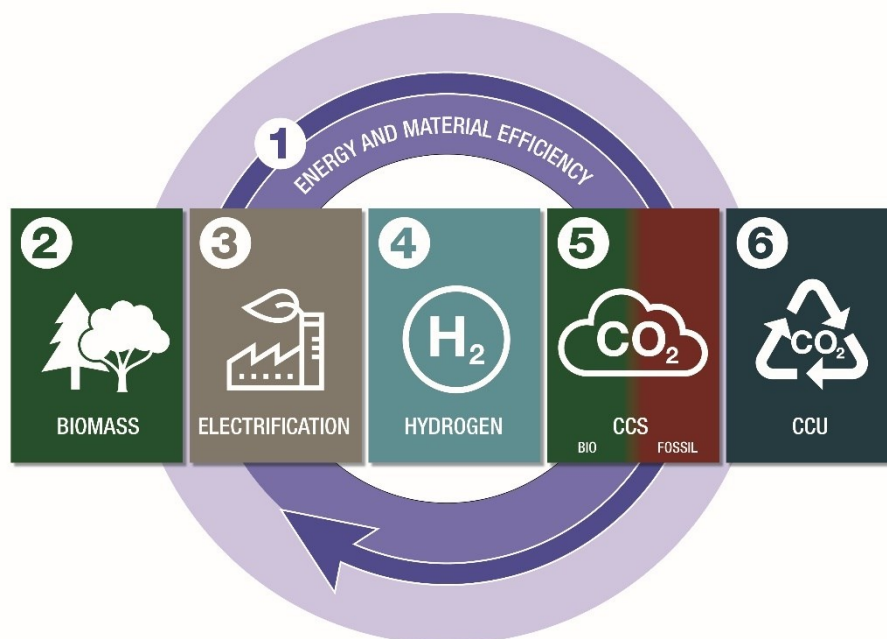


Figure S2. Main transition pathways for Swedish industry

Source: Swedish Energy Agency's own illustration

A combination of these main pathways is necessary to achieve the climate goals. Increased energy and material efficiency helps reduce both system costs and environmental impacts. Pathways two through four are specific technological routes that can replace fossil-based industrial processes to reduce emissions, while pathways five and six involve capturing and utilizing or storing carbon dioxide. In most cases, a mix of technologies and solutions is required for the transition. Table S2 below

illustrates which main pathways the most emission-intensive and hard-to-abate industry branches are focusing on.

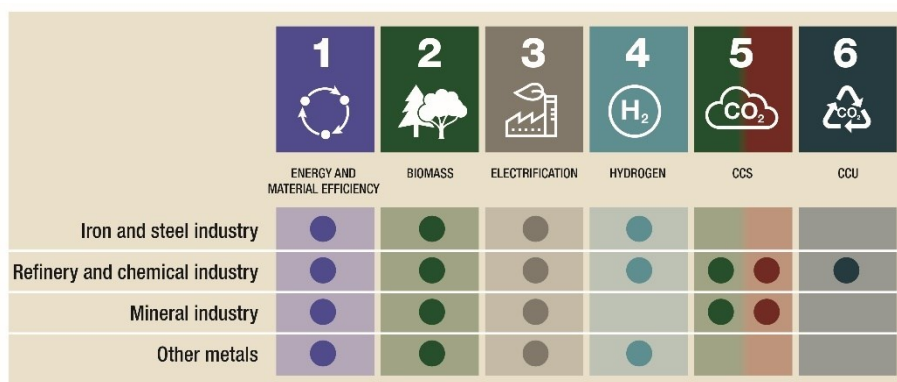


Table S2 Main transition pathways for the hard-to-abate sectors within industry.

Hard-to-abate industries continue to invest in fossil free solutions

Within all hard-to-abate industries there are ongoing initiatives to transition to fossil-free solutions. The four sectors highlighted are the iron and steel industry, refineries and chemical industry, the mineral industry, and other metal industries including other mining operations.

In the **iron and steel industry**, investments in hydrogen-based iron and steel production are ongoing despite some delays, and the projects have made significant progress toward achieving commercial volumes of low-emission steel. In early 2027, two major initiatives are expected to produce larger quantities of low-emission steel. There are advanced plans for two major investments in large-scale facilities, with expected production start around 2030. Efforts are also underway to replace fossil coal with biochar in the production of sponge iron, although there is currently no large-scale production.

The refinery and chemical industries are broadly investing in fossil-free hydrogen, transitioning from fossil to renewable feedstocks, additional production of electrofuels and electrochemicals, and chemical recycling of plastics. Increased regulation through EU policy such as ReFuelEU Aviation and FuelEU Maritime provides stronger incentives to produce biofuels and electrofuels, which reduce downstream emissions in the transport sector. Despite these incentives, challenging market conditions have led to project delays, changes, or cancellations. There is still uncertainty about the extent to which bio-based feedstocks will replace fossil ones in the refineries' transition plans. For the chemical industry, the focus is on solutions to replace fossil-based input materials with bio-based or recycled alternatives.

Plans have also recently changed for **the mineral industry**, where a large-scale facility for climate-neutral cement production was awaiting an investment decision in 2026 to be operational by 2030. In November, it was announced that this initiative would be put on hold after not receiving additional government investment support. To transition the mineral industry, CCS is essential, as emissions from limestone cannot be avoided in the current production processes. Additional emission reductions can be achieved through electrification and the use of biofuels. Other projects in the sector are mostly in earlier conceptual stages.

The subsector that encompasses all **other metals** than steel is continuing to explore solutions to replace coal and coke in manufacturing processes with alternatives such as biochar, hydrogen, and sulfur. Metal recycling is already extensive, but it also faces challenges in becoming fossil-free, due to factors such as hard-to-separate plastic components in electronic waste and the need to reduce certain metals like lead even during recycling.

The industrial transition is traveling down a winding road

The industry transition has encountered several obstacles in recent years due to global events. War and conflict, a prolonged economic downturn and a shifting financial landscape, lack of long-term stability and predictability in regulations, uncertain markets for fossil-free technologies, increased focus on EU competitiveness, and trade wars are just some of the factors that have led—or may lead—to changes, delays, and reprioritizations in the sector. This has been particularly evident in the production of biofuels and electrofuels, where several actors have cited difficulties in securing long-term fuel contracts due to market uncertainties.

Sweden's industry is closely intertwined with these global trends, as it operates in an international market influenced by actions from players such as China and the United States. The introduction of trade tariffs that reduce export revenues for Swedish companies or steel dumping that lowers global steel prices are two such examples. Despite this, many of the largest industrial projects continue to follow their initial plans, and despite international pressures, Sweden has some of the best conditions in Europe for carrying out major transition projects, such as competitive electricity prices and good access to fossil-free electricity.

However, industrial actors are unanimous: to continue investing in transition projects, stability and predictability in regulations are essential. Emission-intensive industries have long investment cycles, and transition projects are high-risk investments. For companies to dare to invest in innovative technologies and high-risk solutions, long-term planning and clear rules are needed in the form of goals, regulations, and other policy instruments. In some cases, clear guidelines are also missing. One example is the current uncertainty around assessing the climate impact of different applications of CCU (Carbon Capture and Utilization) technology, which has led some industrial actors to hold off on this solution—even though they express a preference for it over CCS (Carbon Capture and Storage).

In December 2025, the EU Council and the European Parliament reached an agreement on a binding climate target for 2040 of a net emission reduction of 90 percent by 2040 from 1990 levels. The agreement includes up to five percentage points of emission reduction from international climate credits, starting from 2036. At the same time, the start of the new emissions trading system for buildings and road transport, ETS2, is postponed until 2028.

Challenges and possibilities for new technologies in the industrial transition

For a new technology or system solution to reach full commercial application, various technical, logistical, and economic challenges must be overcome. Due to economies of scale and knowledge dissemination, the cost of a technology often decreases after the first facilities are commissioned or more components are sold. Accelerating the

spread of technology can therefore help new solutions become competitive more quickly compared to their fossil-based alternatives.

Research is needed in the biomass field to develop the right fuel properties, there must be wider deployment of technologies that are currently not used at scale, and cost reductions are needed for the main transition pathways being pursued. The EU has high ambitions for fossil-free hydrogen, but progress is slow and costs remain high. The cost of electrolysis-based hydrogen production is primarily influenced by electricity prices and capacity utilization, and here Sweden has a competitive starting point thanks to good access to fossil-free electricity and lower electricity prices than the EU average. For large-scale use, expanded electricity production, transmission capacity, and coordinated infrastructure are required, especially in northern Sweden. The government plays a key role in creating long-term, stable conditions for investment, as hydrogen development is closely linked to electrification.

Many of the solutions require a functioning value chain and infrastructure, such as access to critical raw materials and components at reasonable cost, or sufficient power allocation and carbon dioxide transport/storage. In summary, the industrial transition is a complex puzzle where no single actor holds the entire solution.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Svensk industris omställning till fossilfritt är en förutsättning för att nå det svenska klimatmålet om nettonollutsläpp till 2045¹ samt EU:s klimatmål. Enligt målet ska utsläppen reduceras med minst 85 procent jämfört med 1990 medan de resterande 15 procenten kan uppnås genom kompletterande åtgärder såsom negativa utsläpp eller utsläppsminskningar i andra länder. I dagsläget står industrin² för nästan en tredjedel av Sveriges totala fossila växthusgasutsläpp.^{3,4} Majoriteten av kvarvarande utsläpp inom industrin är tätt förknippade med produktionsprocesser och insatsråvaror, vilka kräver innovativ teknik och innovativa lösningar för att ställa om. Innovation är dock förknippat med stora risker, inte minst när det gäller teknikutveckling. Att ta en ny teknik eller lösning från forskningsstadiet och hela vägen till fullskalig anläggning involverar ofta långa tidshorisonter och förutom osäkerheter kopplade till teknikutveckling finns även osäkerheter kopplade till högre kostnader för nya processer, råvarutillgång samt betalningsvilja och marknader för nya produkter.

Industrins omställning är även starkt sammankopplad med energisystemets omställning eftersom nya industrisatsningar förutsätter tillgång till fossilfri energi och nödvändig infrastruktur. De energiintensiva industrier som ska elektrifiera sina processer kräver ofta uthållig och stabil elförsörjning för att inte riskera dyra produktionsstopp. Scenarier över det framtida elbehovet spänner över intervall på flera tiotals terawattimmar, och utfallet är avhängigt att produktion, distribution och konsumtion utvecklas i takt med varandra. Det är ett utmanande koordineringsproblem, inte minst för att ledtiderna för investeringar och kommissionering sträcker sig över långa tidsperioder. Den utsläppstunga processindustrin har långa investeringscykler som ofta sträcker sig över minst 20 år, och investeringar med en hög riskprofil riskerar att skjutas på framtiden om inte rätt incitament finns på plats. Till viss del ser vi tecken på detta i närtid med storskaliga projekt som antingen avbrutits eller senarelagt sina planer.

För att företag ska våga satsa på innovativ teknik och innovativa lösningar som involverar hög risk krävs politisk långsiktighet och tydliga spelregler för att minska osäkerheter, både nationellt och på EU-nivå. Under de senaste åren har EU:s styrning på klimat- och energiområdet blivit allt starkare, dels som en följd av att unionens klimatmål stramades upp i en ny klimatlag från 2020, dels som ett svar på omvärldshändelser som Rysslands fullskaliga invasion av Ukraina och den energikris denna resulterade i.

¹ Nettonollmålet innebär att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären för att därefter uppnå negativa utsläpp.

² "Industri", "svensk industri", "industrisektorn" och "totala industrin" används i den här rapporten synonymt med varandra och avser alla branscher med SNI-kod (svensk näringsgrensindelning) 05–33, om inget annat anges. Vissa delar av rapporten antar mer av ett värdekedjeperspektiv, exempelvis när det gäller industrins byte till fossilfria energibärare och insatsvaror som har potential att reducera utsläpp både uppströms och nedströms i värdekedjan.

³ I de totala utsläppen ingår inte LULUCF (markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk) eller utrikes transporter.

⁴ Naturvårdsverket och SCB, 2024.

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/MI0107IndustriN/

I resursstarka länder såsom USA, Kina och EU-länderna har försörjningstrygghet av nyckeltekniker för omställningen blivit en viktig politisk prioritering. Betydelsen av att kontrollera och/eller säkra tillgång på råvaror och olika förädlingssteg har visat sig allt viktigare i den globala gröna kapplöpningen.

En konkurrenskraftig fossilfri industri fortsätter att vara en viktig fråga även för den nya EU-kommissionen. Det handlar både om att ställa om befintlig industri och att skapa förutsättningar för helt ny industri att växa fram. I denna återindustrialisering ska olika hänsyn kombineras under ett och samma paraply: konkurrenskraft, höga klimatambitioner, försvars- och säkerhetsintressen samt försörjningstrygghet, för att nämna några.

Mitt i alla dessa stora samhällsförändringar och osäkerheter fortsätter svensk industri sin resa mot nettonollutsläpp. Trots stora utmaningar har svensk industri goda förutsättningar för att nå målet. Sveriges fördelaktiga innovationsklimat, fossilfria elproduktion och goda tillgång på biomassa, kritiska mineraler och råmaterial kan under rätt förutsättningar utgöra komparativa fördelar för industrins energi- och klimatomställning. Många pusselbitar behöver fortfarande falla på plats, men under rätt förhållanden kan omställningen till fossilfritt inte bara bli ett verktyg för att nå klimatmålen utan även för att stärka svensk industris konkurrenskraft.

1.2 Uppdraget

Enligt regleringsbrevet för budgetåret 2025⁵ ska Energimyndigheten göra en sammanställning och analys över nuläget och förutsättningar vad gäller olika industrisektors utsläppsutveckling, deras respektive potential till utsläppsreduktion och bidrag till negativa utsläpp samt den tekniska utvecklingen inom industrin. Sammanställningen ska redovisas till Regeringskansliet (Klimat- och näringsdepartementet) senast den 30 december 2025.

1.3 Avgränsningar

Denna nulägesanalys fokuserar främst på de branscher som står för majoriteten av de processrelaterade utsläppen i Sverige, dvs. järn- och stålindustrin, mineralindustrin (i huvudsak cementproduktion), raffinaderier och kemiindustrin samt övrig metallindustri. I rapporten lyfts även exempel från andra sektorer. Officiell utsläppsstatistik används för att beskriva industrins historiska utsläppsminskningar och kompletteras av statistik över industrins energianvändning. Sammantaget möjliggör det en analys av vilka hinder som möter olika branscher när det kommer till att byta ut fossila insatsvaror och energibärare mot fossilfria alternativ. I denna framställning har vi använt oss av senast tillgängliga data, vilka sträcker sig till och med år 2023. Det innebär med andra ord en viss eftersläpning, samtidigt som vi i de kvalitativa resonemangen redogör för sakförhållanden som ligger närmare i tid. Det finns även vissa omvärldshändelser eller förändringar som kan ha skett innan publikationen av rapporten. Eftersom sakinnehållet i rapporten uppdateras fram till

⁵ Regleringsbrev för budgetåret 2025 avseende Statens energimyndighet (KN2024/02543 (delvis) och KN2024/02566), kapitel 3, uppdragspunkt 12.

slutet av oktober 2025 kan det finnas händelser efteråt som inte har inkluderats i årets rapport.

Att avgränsa rapporten till enbart industrin är varken enkelt eller alltid önskvärt. Rapporten utgår från ett värdekedjeperspektiv där industrin ses i relation till både uppströms och nedströms aktörer. Det breda perspektivet är relevant för att förstå industrins samlade potential, men medför osäkerheter kring mätbarhet, jämförbarhet och avgränsningar. Detta kan jämföras med ett snävare fokus på industrins direkta utsläpp inom Sverige, vilket är lättare att mäta och redovisas i statistik från Naturvårdsverket. I årets rapport görs ytterligare ansträngningar för att tydliggöra vilka frågor som kan besvaras utifrån historiska data och vilka som kräver antaganden om framtiden.

Vad gäller negativa utsläpp är fokus främst på branscher med stora biogena utsläpp och stora punktkällor, dvs. massa- och pappersindustrin. Nytt för i år är att värme-/kraftvärmesektorn (SNI 35) exkluderas för att ge rapporten ett mer renodlat industrifokus (SNI 05–33). Tidigare utgick rapporten från Industriklivets regleringsbrev och då föll det sig mer naturligt att även inkludera värme-/kraftvärmesektorn eftersom flera branschaktörer erhållit stöd, inte minst för bio-CCS.

I rapporten beskrivs utmaningar och förutsättningar för de olika huvudspåren för omställning. För att begränsa rapportens omfång har inte samtliga utmaningar och förutsättningar för industrins omställning kunnat behandlas. Exempelvis har det inte funnits utrymme att beskriva utmaningar kopplade till kompetensförsörjning eller långa och/eller oförutsägbara miljötillståndsprocesser.

1.4 Rapportens upplägg

Rapporten är indelad i tre kapitel. I kapitel 2 diskuteras relevanta omvärldshändelser som har påverkan på svensk industri, med särskilt fokus på händelser det senaste året. I kapitel 3 beskrivs de huvudsakliga omställningsspår som industrin satsar på för att nå nettonollutsläpp. Omställningsspåren utgörs av teknikspåren biomassa, elektrifiering, vätgas samt avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS/bio-CCS) och avskiljning och användning av koldioxid (CCU). De omfattar även energi- och materialeffektivitet som är ett övergripande komplement till de tekniska huvudspåren. För respektive huvudspår diskuteras branschövergripande utmaningar för tillämpning samt förutsättningar som påverkar utvecklingen för respektive huvudspår.

I kapitel 4 återfinns den andra huvuddelen av rapporten som presenterar aktuella insatser inom industrin för att uppnå målet om nettonollutsläpp. Fokus ligger på de branscher i Sverige som har stora fossila utsläpp och deras arbete med att reducera utsläppen för att nå nettonollutsläpp. Här omfattas järn- och stålindustrin inklusive järnmalmsgruvor, mineralindustrin, raffinaderier och kemiindustrin (som beskrivs samlat eftersom de har flera gemensamma processer och utmaningar) samt övrig metallindustri inklusive övriga gruvor. Kapitel 4 är i sin tur indelat i två avsnitt, där avsnitt 4.1 redovisar officiell statistik över utsläpp och energianvändning och beskriver teknikvägar för att nå nettonollutsläpp i respektive bransch. I avsnitt 4.2 görs en bedömning av potentialen för negativa utsläpp i svensk industri och en sammanställning av pågående bio-CCS-projekt.

I Bilaga 1 beskrivs de utsläppsdefinitioner som används i rapporten. I Bilaga 2 beskrivs den statistik som redogörs för i rapporten samt vilken branschindelningen som gjorts.

2 Omvärlden påverkar industriomställningen

2.1 Ett osäkert geopolitiskt läge påverkar EU:s och Sveriges energi- och industripolitiska prioriteringar

Det gångna året har till stor del präglats av en alltmer osäker omvärld, där både den politiska och ekonomiska sammanhållningen har satts på spel. Samtidigt fortsätter arbetet med energiomställningen, om än med allt större vikt på industriell konkurrenskraft.

Det allvarliga säkerhetspolitiska läget i omvärlden spiller över på utvecklingen av energisystemet gällande politiska prioriteringar och vilka investeringar som genomförs. Efterverkningarna från Rysslands krig i Ukraina har ytterligare visat på behovet av att minska beroendet av fossila bränslen i allmänhet och från Ryssland i synnerhet. EU-kommissionen lanserade under våren 2022 planen REPowerEU som inkluderade olika åtgärder rörande energieffektivisering, expansion av förnybar energi och diversifierad försörjning av fossila bränslen⁶. I juni 2025 kom så en uppföljning på detta med en plan för hur EU till slutet av 2027 helt ska kunna fasa ut sitt beroende av olja och gas från Ryssland⁷. Uppföljningen innehåller även ett förslag för att fasa ut ryskt kärnbränsle, dock har en sådan plan ännu inte presenterats.

Den 20 oktober antog energiministrarna i EU:s ministerråd en egen position för att stoppa rysk gasimport från och med den 1 januari 2028, i linje med EU-kommissionens utfasningsplan, men ett år senare än det förslag som tidigare hade presenterats av Europaparlamentet. Förslaget är ett steg närmare att fasa ut olja och gas från Ryssland och kommer att ligga till grund för förhandlingarna med Europaparlamentet, som röstade om sina egna förslag i mitten av oktober. Förslaget kommer nu att förhandlas mellan EU-institutionerna innan det kan bli bindande⁸. Danmark, som har ordförandeskapet i rådet, har som ambition att förhandlingarna ska bli klara innan året är slut.

Den geopolitiska utvecklingen har också haft tydliga konsekvenser för den globala ekonomin, och Europas ekonomi i synnerhet. Framför allt har kriget i Ukraina och de efterverkningar det haft på energimarknaderna bidragit till att de senaste åren präglats av en lägre ekonomisk tillväxt, hög inflation och höjda räntor. Det har skapat utmaningar för kapitalintensiva energi- och industriprojekt i Europa, men även

⁶ Här finns tydliga beröringspunkter med liknande verktyg kopplade till ambitioner om att stärka EU:s industriella konkurrenskraft. Mer om detta i avsnitt 3.

⁷ EU-kommissionens webbplats, *Commission proposes a plan to phase out Russian gas and oil imports*. https://commission.europa.eu/news-and-media/news/commission-proposes-plan-phase-out-russian-gas-and-oil-imports-2025-06-17_en (Hämtad 2025-11-21)

⁸ Reuters, 2025. *EU's plan to phase out Russian energy clears first political hurdle*. <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/eus-plan-phase-out-russian-energy-clears-first-political-hurdle-2025-10-08/> (Hämtad 2025-11-21)

påverkat ekonomiska prioriteringar på individ- och hushållsnivå. Utvecklingen gällande införande av amerikanska handelstullar, och därtill hörande motåtgärder från andra länder, utgör en tydlig riskfaktor med dämpande effekt på ekonomin, både via de höjda tullnivåerna och genom att den förda politiken skapat osäkerhet⁹.

2.2 Tilltagande global konkurrens, protektionism och kontroll över strategiska värdekedjor

På en övergripande nivå har drivkraften för omställningen senaste året präglats av ett starkare fokus på försörjningstrygghet och ekonomisk konkurrenskraft, i Europa såväl som i Sverige. Osäkerhet i den geopolitiska sfären och konsekvenserna av USA:s omprioriteringar har satt frågorna i ännu tydligare fokus för Europa. Länder och ekonomiska regioner söker i ökande grad att få kontroll över både sin egen energiförsörjning och de värdekedjor som är viktiga för energiomställningen. De ökade globala geopolitiska spänningarna har resulterat i en ambition från såväl USA som EU att frigöra sig från beroendet av Kina, som dominerar värdekedjorna för batterier, elfordon och solceller.

Införandet av handelshinder från USA på världsmarknaderna kan skaka om spelplanen för värdekedjorna för hela energiomställningen framöver. Tullar, både breda och sektorsspecifika, används i högre grad som brett snarare än pricksäkert verktyg i handelspolitiken. Inflation Reduction Act (IRA) och andra tidigare paket för att öka amerikansk produktion och konkurrenskraft kan därför få mindre vikt. Svar från Kina, EU och andra länder med liknande tullar riskerar att starta en spiral av motåtgärder globalt.

Den europeiska solcells-, elbils- och batteriindustrin möter hård konkurrens från den kinesiska marknaden. Huruvida tullarna får påverkan på dessa värdekedjor globalt återstår att se. Samtidigt är näringar som är mindre mogna, såsom vätgas och CCS, i behov av kapital för fortsatt utveckling. Tullar och en svag global ekonomi kan minska aptiten för investeringar i projekt med högre risk, och äventyra dessa sektors långsiktiga finansiering.

2.2.1 EU:s industrigiv och energipolitik i skuggan av global konkurrens

EU-kommissionen presenterade under våren 2025 meddelanden om en ren industrigiv (CID)¹⁰ och en handlingsplan för överkomliga energipriser¹¹. De två dokumenten utgör inga konkreta lagstiftningsförslag men innehåller förslag på åtgärder och

⁹ Konjunkturinstitutets webbplats, *Uppdatering av konjunkturbilden*.
<https://www.konj.se/publikationer/konjunkturlaget/2025-08-06-uppdatering-av-konjunkturbilden/>
(Hämtad 2025-11-21)

¹⁰ EU-kommissionens webbplats, *Clean Industrial Deal*.
https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/clean-industrial-deal_en (Hämtad 2025-11-21)

¹¹ EU-kommissionens webbplats, *Action Plan for Affordable Energy: Unlocking the true value of our Energy Union to secure affordable, efficient and clean energy for all Europeans*.
https://energy.ec.europa.eu/publications/action-plan-affordable-energy-unlocking-true-value-our-energy-union-secure-affordable-efficient-and_en (Hämtad 2025-11-21)

översyn av lagstiftning. Även ett förenklingspaket för företag inom EU:s hållbarhetsrapportering och ansvarsfull affärsutveckling har lagts fram¹². I tillägg till detta har kommissionen också presenterat två handlingsplaner med fokus på att förbättra konkurrenskraften för fordonsindustrin respektive stål- och metallindustrierna i EU. Den rena industrigiven, handlingsplanerna och regelförenklingspaketen lanseras mot bakgrund av debatten om EU:s försvagade globala konkurrenskraft där höga energipriser och regelbörda identifierats som viktiga orsaker, inte minst för den energiintensiva industrin.

EU-kommissionen vill rikta fokus mot EU:s konkurrenskraft men samtidigt leverera på den gröna omställningen och upprätthålla höga klimatambitioner. EU-kommissionens analys är att de höga energipriserna beror på fossilenergianvändningen, där över 90 procent måste importeras, vilket gör EU utsatt för prissvängningar och även externa påtryckningar. Kommissionens föreslagna botemedel är ökad egenmakt genom utfasning av fossil energi, ökad försörjningstrygghet med satsningar på förnybar energi som på senare tid breddats till att inkludera all fossilfri energi, elektrifiering samt samarbete inom Unionen. Allt ovan kommer under mandatperioden kompletteras och fortsatt utkristalliseras med sektorsspecifika strategier. Implementeringen av CID och operationaliseringen av satsningarna kan komma att påverka industrierna i deras omställningsarbete kommande år.

EU:s ministerråd och kommissionen har under november 2025 tagit fram sina positioner gällande kommissionens förslag om att sätta ett bindande klimatmål för 2040 om en nettoutsläppsminskning med 90 procent till 2040 från 1990 års nivåer¹³. I december 2025 nådde ministerrådet och Europaparlamentet en uppgörelse om målet. I överenskommelsen ingår att upp till fem procentenheter av utsläppsminskningen jämfört med 1990 års nivåer kan komma från internationella klimatkrediter, med start 2036¹⁴. Samtidigt skjuts starten för det nya utsläppshandelssystemet för byggnader och vägtransporter, ETS2, upp till 2028¹⁵.

Donald Trump tillträdde återigen som USA:s president i januari 2025. Ett centralt budskap från Trumpadministrationen under presidentvalskampanjen var löftet om att använda tullar i syfte att stärka USA:s globala maktställning. Händelseförloppet inleddes med att USA meddelade att de skulle införa flertalet importtullar på en rad varor i syfte att stärka den inhemska amerikanska tillverkningsindustrin och skydda landet från de ekonomiska och säkerhetsrelaterade effekterna av ett växande importberoende och handelsunderskott¹⁶. Efter administrationens flytt in i Vita Huset har detta löfte blivit till politik. Utspel om tullar mot olika handelspartners, inklusive EU och Kina, har under året rönt stor uppmärksamhet och bidragit till en upprissad

¹² EU-kommissionens webbplats, *Omnibus I package - Commission simplifies rules on sustainability and EU investments, delivering over €6 billion in administrative relief*. https://finance.ec.europa.eu/publications/omnibus-i-package-commission-simplifies-rules-sustainability-and-eu-investments-delivering-over-eu6_en?prefLang=sv (Hämtad 2025-11-21)

¹³ EU-kommissionens webbplats, *2040 climate target - Reducing the EU's net emissions by 90% by 2040*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2040-climate-target_en (Hämtad 2025-11-21)

¹⁴ Projekt i andra länder som minskar utsläpp.

¹⁵ SVT Nyheter, 2025. *EU har nått uppgörelse om nytt klimatmål till 2040*.

<https://www.svt.se/nyheter/inrikes/eu-har-natt-uppgorelse-om-nytt-klimatmal-till-2040> (Hämtad 2025-12-10)

¹⁶ Vita husets webbplats, *Fact Sheet: President Donald J. Trump Declares National Emergency to Increase our Competitive Edge, Protect our Sovereignty, and Strengthen our National and Economic Security*. <https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/04/fact-sheet-president-donald-j-trump-declares-national-emergency-to-increase-our-competitive-edge-protect-our-sovereignty-and-strengthen-our-national-and-economic-security/> (Hämtad 2025-11-21)

konfliktnivå i handelsfrågor. Handelskonflikterna har inneburit att den ekonomiska osäkerheten varit stor, och näringslivets planeringshorisont har varit mer begränsad än tidigare. USA har understrukit sitt särskilda intresse av att försäkra en robust tillverkningskapacitet inom avancerade tekniker som exempelvis tillverkade metallvaror, läkemedel och fordon. Sektorer som dessa har pekats ut av administrationen som särskilt centrala för USA:s konkurrenskraft, och därför har det diskuterats särskilda tullar på dessa varor.

I förhandlingar med USA har EU under året försökt att motverka tullarna och förbereda motåtgärder¹⁷. Som ett gensvar på tillkännagivandet av tullar utropades motåtgärder från EU:s håll, exempelvis liknande skatter på 25 procent på olika varor som livsmedel och motorcyklar. Dessa motåtgärder pausades från och med den 15 april 2025 för att göra utrymme för förhandlingar. Efter en period av stor osäkerhet nåddes i juli en överenskommelse om ramarna för ett nytt handelsavtal. Den 27 juli meddelade EU-kommissionens ordförande Ursula Von der Leyen och USA:s president Donald Trump att de nått en politisk överenskommelse för den transatlantiska handeln. Den 21 augusti presenterade sedan EU och USA ett gemensamt uttalande som uppföljning på det muntliga avtalet som nåddes i juli. Enligt parterna handlar det om ”en ram för rättvis, balanserad och ömsesidigt fördelaktig transatlantisk handel och investeringar.”

Enligt överenskommelsen kommer den nya grundtullen vara 15 procent på nästan alla varor från EU, och EU har också för avsikt att köpa energiprodukter från USA till ett värde av 750 miljarder dollar under de kommande tre åren¹⁸. EU-kommissionen har inte mandat att styra privata företags energiinvesteringar, men skulle genom politiska instrument såsom aggregerad efterfrågan, offentlig upphandling, subventioner och skattelättnader kunna främja handeln i önskvärd riktning. Europeiska företag förväntas köpa amerikansk energi (flytande naturgas, olja, kärnbränsle) för 750 miljarder dollar (cirka 650 miljarder euro) över tre år. Viktigt att notera är att detta skulle vara uppdelat i årliga inköp på 250 miljarder dollar. EU har även lovat att investera 600 miljarder dollar i USA generellt (inte energirelaterade investeringar). Dessa är dock avsiktsförklaringar från privata aktörer, inte statliga garantier.

Utöver den allmänna importtullen förekommer sektorsspecifika tilläggstullar för aluminium- och stålprodukter. De ligger i skrivande stund på en avsevärt högre nivå, på 50 procent¹⁹.

Överenskommelsen mellan EU och USA är inte rättsligt bindande och i skrivande stund pågår förhandlingar om genomförandet av överenskommelsen. Att nå målet skulle kräva en massiv omfördelning av handelsflöden och gå stick i stäv med både EU:s klimatmål och Donald Trumps uttalade önskan om lägre energipriser. Det krävs omfattande investeringar i infrastruktur som LNG-terminaler för att EU-länderna ska kunna öka sina energiköp från USA så mycket.

¹⁷ Reuters, 2025. *EU sets out possible 95-billion-euro response to US tariffs*.
<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/eu-sets-out-95-bln-euro-countermeasures-us-tariffs-2025-05-08/> (Hämtad 2025-11-21)

¹⁸ EU-kommissionens webbplats, *Handelsavtalet mellan EU och USA – förklaring*.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/qanda_25_1930 (Hämtad 2025-11-21)

¹⁹ Kommerskollegiets webbplats, *EU:s och USA:s överenskommelse om handel*.
<https://www.kommerskollegium.se/HandelnmellanUSAEU/eus-och-usas-overenskommelse-om-handel/> (Hämtad 2025-11-21)

2.2.2 Ny EU-kommission med fokus på konkurrenskraft och regelförenkling

I december 2024 tillträdde en ny EU-kommission. Kommissionen leds även fortsättningsvis av Ursula von der Leyen men tillträdet och kommissionens fokusfrågor har tydligt präglats av ett större fokus på Europas globala konkurrenskraft i en föränderlig omvärld. Utöver det fortsatta kriget i Ukraina förväntas även en fortsatt mer konfrontativ handelspolitik från USA. Därtill kan nämnas osäkerhet kring USA som yttersta garant för Europas militära säkerhet. Vad gäller EU:s globala konkurrenskraft har det varit prioriterat för kommissionen att främja medlemsländernas ekonomiska tillväxt, bland annat genom att försöka adressera de utmaningar europeisk industri genomlever. Denna ökade uppmärksamhet på konkurrenskraftsfrågor inom EU framträdde bland annat i den tongivande Draghi-rapporten från 2024 om Europas behov att omvärdera sin ekonomiska strategi inför eventuella geopolitiska och ekonomiska utmaningar²⁰. I en så kallad konkurrenskraftskompass, ett av kommissionens första initiativ, stakades åtgärdsområden, principer och initiativ ut för att öka EU:s konkurrenskraft.²¹ Eftersom regelbördan i EU alltmer kommit att betraktas som en konkurrensnackdel utlovade kommissionen åtgärder för att förenkla regler och lagstiftning, och under 2025 har flera regelförenklingspaket presenterats, bland annat rörande gränsjusteringsmekanismen för koldioxid, CBAM.²² Kommissionens ansats att förenkla regler har överlag mottagits väl av berörda branscher i Sverige.²³

2.2.3 Svenska företag välkomnar förslag om EU-finansiering av omställningsprojekt och gränsöverskridande infrastruktur

I den tidigare nämnda handlingsplanen för överkomliga energipriser och den rena industrigiven finns ett förslag som avser inrättandet av en särskild bank för industrins omställning. Banken, som föreslås införas under andra kvartalet 2026, är tänkt att mobilisera 100 miljarder euro för att stötta elektrifiering och utfasning av fossila råvaror inom industrin. Kommissionen vill också förenkla reglerna för statsstödsprövning, bland annat för att påskynda industriella utsläppsminskningar. Ansatsen från kommissionen att satsa mer pengar på industrins omställning har välkomnats av svenska företag som jobbar med omställningsprojekt.²⁴

Ytterligare ett exempel på EU:s stärkta fokus att främja investeringar på omställningsområdet kom sommaren 2025 när kommissionen presenterade sitt förslag till en ny långtidsbudget gällande åren 2028–2034. Enligt förslaget, som ska genomgå förhandlingar, ska storleken på en särskild fond som stöttar gränsöverskridande

²⁰ EU-kommissionens webbplats, *The Draghi report on EU competitiveness*.

https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/draghi-report_en (Hämtad 2025-11-21)

²¹ EU-kommissionen, 2025. *Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A Competitiveness Compass for the EU*.

https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en?filename=Communication_1.pdf&prefLang=sv

²² EU-kommissionens webbplats, *Commission simplifies rules on sustainability and EU investments, delivering over €6 billion in administrative relief*.

²³ Svenskt näringsliv, 2025. *Remissyttrande. Europeiska kommissionens förslag till ändringar av europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/956 om inrättande av en mekanism för koldioxidjustering vid gränsen*.

https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/2h83ac_remissvar_2025-53pdf_1230014.html/remissvar_2025-53.pdf

²⁴ Sveriges Radio, 2025. *Fossilsnål industri gläds åt miljardpaket från EU*

<https://www.sverigesradio.se/artikel/fossilsnål-industri-gläds-åt-miljardpaket-fran-eu> (Hämtad 2025-11-21)

infrastruktur, CEF (Connecting Europe Facility), mer än fördubblas. Därtill föreslås det att den del som är dedikerad specifikt till energiområdet, CEF Energy, mer än fördubblas, från cirka 30 miljarder euro till 80 miljarder euro. Ett antal projekt i Sverige som kan bidra till industrins omställning har fått medel från fonden. Ett exempel är en 38 mil lång kraftledning i norra Sverige och Finland, Aurora Line, som planeras driftsättas i år, och projektet beskrivs som en del av den gröna omställningen i norr.²⁵ I januari 2025 tilldelades två projekt med koppling till Sverige som syftar till vätgasinfrastruktur pengar från CEF. Även dessa projekt, som är i ett tidigt skede, beskrivs som del av den gröna omställningen (se även kapitel 3.4 om vätgas som omställningsspår).²⁶

2.2.4 Höga energikostnader utmanar Europas stål- och metallindustri, men Sverige står starkt

En industrigren som varit särskilt i fokus under året har varit metallindustrin, där konkurrenskraften åter kommit på tal som en central prioriteringspunkt i EU:s handlingsplan för stål och metaller. Höga energikostnader lyfts fram som ett hinder för en stark europeisk metallindustri som kan attrahera investerare och kunder²⁷. Bland åtgärderna i handlingsplanen finns att utöka och skärpa handelspolitiska åtgärder på stål och att använda offentlig upphandling för att öka efterfrågan på metaller tillverkade i Europa.²⁸ EU:s handlingsplan är ett viktigt policyinstrument men samtidigt också ett resultat av förhandlingar mellan EU:s medlemsstater. Höga energikostnader är en stor fråga för många medlemsstater, men inte lika relevant för Sverige som har bland de lägsta energikostnaderna i Europa. Metallindustrierna i Europa måste hantera höga energipriser, vilket påverkar industrins förmåga att ställa om sin produktion i en mer fossilfri riktning i linje med EU:s klimatpolitik.²⁹ Där kan Sverige antas ha en konkurrensfördel inom industrins omställning jämfört med andra EU-länder.

Energimyndighetens rapport Energiindikatorer 2025 visar att Sverige hade ett av de lägsta elpriserna för industrikunder år 2024, drygt hälften av genomsnittet för EU-länderna³⁰. Även energikostnadernas andel av totala rörliga kostnader för olika industribranscher är relativt låg i Sverige jämfört med EU:s andel. Sverige hade i industribranschen ”Järn-, stål- och metallverk” en energikostnadsandel som varierade mellan 3,6 och 4,5 procent mellan 2019 och 2023, och som övriga år inte avvikit anmärkningsvärt från denna nivå. Detta kan jämföras med energikostnadsandelen av produktionskostnaderna i EU som lyfts fram i handlingsplanen för stål och metaller

²⁵ EU-kommissionens webbplats, *CEF Energy: Finland-Sweden interconnector 'Aurora Line' on track to finalise works by end of 2025*. https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/cef-energy-finland-sweden-interconnector-aurora-line-track-finalise-works-end-2025-2024-07-24_en (Hämtad 2025-11-21); Svenska kraftnäts webbplats, *Ny ledning mellan Sverige och Finland*. <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/transmissionsnatet/transmissionsnatsprojekt/aurora-line/om-projektet/> (Hämtad 2025-11-21)

²⁶ Nordion Energis webbplats, *EU tilldelar en halv miljard kronor till Nordion Energis vätgasprojekt*. <https://nordionenergi.se/nyheter/2025-01-31-eu-tilldelar-en-halv-miljard-kronor-till-nordion-energis-vatgasprojekt> (Hämtad 2025-11-04)

²⁷ EU-kommissionens webbplats, *A European Steel and Metals Action Plan*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-steel-and-metals-action-plan_en (Hämtad 2025-11-21)

²⁸ Ibid.

²⁹ EU-kommissionens webbplats, *Tal om tillståndet i unionen 2025 av kommissionens ordförande Ursula von der Leyen*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/SPEECH_25_2053 (Hämtad 2025-11-21)

³⁰ Energimyndigheten, 2025. *Energiindikatorer 2025*. ER 2025:05. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=68756b7ec3d8469c8e5b855646bf6b9e&l=t&cat=%2FEnergiindikatorer&lstqty=1>

redan innan energikrisen 2022: 17 procent för stålsektorn och 40 procent för aluminiumsektorn, med toppar på 80 procent för båda under 2022. Även om Sverige inte direkt påverkas av handlingsplanen för lägre energikostnader så kan det påverka Sverige indirekt då energimarknaderna i EU är sammankopplade. Lägre energipriser i andra medlemsstater påverkar spot- och terminspriser för elhandeln och exportintäkterna från el från Sverige kan potentiellt bli lägre. Dessutom är EU Sveriges största exportmarknad för industrivaror och svenska företag påverkas därför i hög grad av företagsklimatet på kontinenten.

2.2.5 Lägre betalningsvilja för grön premie och överproduktion av stål

För vissa industrisatsningar krävs det en ökad betalningsvilja från slutkunder, exempelvis för stål med lägre fossila utsläpp. Det finns indikationer på att en betalningsvilja finns hos många globala byggföretag, särskilt efter stål, betong och cement med högre utsläppsminskningar än 50 procent jämfört med alternativet³¹. Betalningsviljan kan dock variera när andra kostnader och risker kommer in i bilden, som exempelvis den marknadsoro som omgärdar turerna kring tullkonflikten, eller när regelverk ändras för mycket och det uppstår oförutsägbarhet i marknaderna.

De senaste årens omvärldshändelser verkar dock kraftigt ha minskat betalningsviljan för stål med lågt klimatavtryck i Europa – enligt EUROMETAL är det främst bilindustrin samt offentligt noterade bolag med krav på hållbarhetsredovisning som är intresserade av så kallat grönt stål³² i nuläget³³. Övriga aktörer rapporterar om en ”överlevnadsstrategi” där premierna för grönt stål i nuläget långt överstiger betalningsviljan, och där den närmast tänkbara lösningen är att köpa stål med utsläppsminskningar som understiger definitionen för ”grönt stål” men fortfarande leder till ett minskat koldioxidavtryck. Detta kan uppnås med exempelvis skrotbaserad ståltillverkning i ljusbågsugn, som har högre utsläpp än definitionen för grönt stål, men som har lägre utsläpp än traditionell masugnsbaserad stålproduktion.

På stålmarknaden är Kina en kraftfull spelare som står för en stor del av global efterfrågan samt utbud, eftersom de både producerar och konsumerar drygt hälften av världens stål³⁴. Som en konsekvens av detta påverkar deras agerande på marknaden både prissättningen och värdekedjan för Sveriges och Europas aktörer. Framför allt har Kinas överkapacitet, som understöjs av statliga subventioner, varit på tapeten för internationella diskussioner om EU:s konkurrenskraft, eftersom ett överdrivet högt utbud (så kallad ”ståldumpning”) pressar ner priserna och därmed vinstmarginalerna för globala producenter. Det subventionerade stålet pressar priserna och skapar en konkurrenssituation som påverkar dessa industrier i såväl USA som Europa. När USA agerar protektionistiskt för att skydda sina inhemska industrier med ståltullar är en

³¹ Rambolls webbplats, *Ny rapport: Många företag är beredda att betala mer för stål och betong med låga CO2-utsläpp*. <https://www.ramboll.com/sv-se/nyheter/ny-rapport-manga-foretag-ar-beredda-att-betala-mer-for-stal-och-betong-med-laga-co2-utslapp> (Hämtad 2025-11-21)

³² Vi använder begreppet ”grönt stål” med försiktighet eftersom det inte finns en enhetlig, allmänt accepterad definition. Det syftar vanligtvis på stål tillverkat med mycket låga koldioxidutsläpp (ofta i jämförelse med ett riktmärke eller en standard) med hjälp av förnybar vätgas eller elektricitet i stället för kol.

³³ Eurometals webbplats, *Willingness to pay green steel premiums remains low among European buyers*. <https://eurometal.net/willingness-to-pay-green-steel-premiums-remains-low-among-european-buyers/> (Hämtad 2025-11-21)

³⁴ Jernkontoret, 2025. *Stållåret 2024*. <https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/stal-stalind/stalaret-2024---en-sammanstallning-slutversion-v1.pdf>

möjlig effekt att mer stål söker sig till den europeiska marknaden, vilket kan innebära minskade vinstmarginaler för svenska producenter.

2.3 Spelreglerna för svenska industriaktörer svänger fort

2.3.1 Industrins ökade elanvändning förutsätter en utökad elproduktion

I Sverige har den regering som tillträdde efter riksdagsvalet 2022 haft som ambition att stöpa om energipolitiken. Som del av denna omställning föreslogs i mars 2024 en ny inriktning för energipolitiken som bland annat innehöll ett planeringsmål och ett leveranssäkerhetsmål för elsystemet. Planeringsmålet innebär att Sverige bör planera för att kunna möta ett elbehov om minst 300 TWh år 2045, vilket är en behovsbedömning till stor del baserad på en elektrifiering av befintlig industri och att det tillkommer elkrävande industri.³⁵

I relation till att kunna möta ett fördubblat elbehov är ny elproduktion viktig, och ny elproduktion är något som efterfrågas av industrin för att de ska kunna omsätta sina omställningsplaner till verklighet. På det området har det på kort tid hänt en del som är värt att lyfta. Landbaserad vindkraft har vuxit från 1 TWh till 40 TWh på 20 år³⁶ och väntas nå cirka 47 TWh 2028³⁷, men osäkerhet kring projekt och lönsamhet bromsar investeringar.³⁸ Svenskt Näringsliv och SKGS³⁹ betonar att en fortsatt utbyggnad är viktig för att möta industrins elbehov,⁴⁰ och beslutet att stoppa 13 havsbaserade vindkraftsparker i Östersjön har kritiserats av branschorganisationen Teknikföretagen som ett ”dråpslag” mot industrin.⁴¹

³⁵ Regeringens proposition 2023/24:105. *Energipolitikens långsiktiga inriktning*.

<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2024/03/prop.-202324105>

³⁶ Enligt officiell energistatistik.

³⁷ Energimyndigheten, 2025. *Kortsiktsprognos sommar 2025*.

<https://www.energimyndigheten.se/49e678/globalassets/energisystem-och-analys/kortsiktiga-prognoser/kortsiktsprognos-sommar-2025.pdf>

³⁸ Energimyndigheten, 2025. *Kortsiktsprognos vinter 2025*. ER 2025:06.

<https://energimyndigheten.se/w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=7f9308fda35748f4800388a31aa13537&=&t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1>

³⁹ SKGS är ett samarbete mellan branschorganisationerna Skogsindustrierna, IKEM – Innovations- och kemiindustrierna i Sverige, SveMin och Jernkontoret. Samarbetet har fokus på basindustrins energifrågor.

⁴⁰ Dagens industri, 2025. *Ny kärnkraft och vindkraft nyckeln till konkurrenskraftigt och robust elsystem*. <https://www.di.se/debatt/ny-karnkraft-och-vindkraft-nyckeln-till-konkurrenskraftigt-och-robust-elsystem/>; SKGS, 2025. *Industrins elbehov till 2035 – en kartläggning 2025*. https://skgs.org/app/uploads/2025/05/SKGS_ELBEHOV_MAJ_2025_WEB.pdf

⁴¹ Teknikföretagens webbplats, *Dråpslag mot elektrifieringen när regeringen säger nej till havsbaserad vindkraft i Östersjön*.

<https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/nyheter/2024/drapslag-mot-elektrifieringen-nar-regeringen-sager-nej-till-havsbaserad-vindkraft-i-ostersjon/> (Hämtad 2025-08-25)

Vidare efterfrågar SKGS statligt stöd för havsbaserad vindkraft i likhet med det stöd som numera finns för kärnkraft.^{42,43,44} Lagen som möjliggör förmånliga lån och prissäkring för kärnkraft trädde i kraft den 1 augusti 2025 och drygt tre veckor senare meddelade Vattenfall att de planerar för uppförandet av 3–5 små modulära reaktorer (SMR) på Väröhalvön i Halland. Det slutliga antalet reaktorer beror på val av leverantör men de 3–5 reaktorerna väntas ge en total effekt på 1500 MW, och utöver dessa undersöks också möjligheten att bygga ytterligare 1000 MW. Vattenfall meddelade samtidigt att en ansökan om statlig riskdelning kommer att lämnas in och att slutliga investeringsbeslut fattas senare i processen.⁴⁵ Vattenfalls besked välkomnades av branschorganisationerna Teknikföretagen⁴⁶ och Svenskt Näringsliv⁴⁷, men båda organisationerna efterfrågar långsiktighet i energipolitiken för att värna industrins investeringsförutsättningar. I skrivande stund är det oklart vad som kommer att hända med den statliga finansieringsmodellen vid ett markskifte efter riksdagsvalet 2026.⁴⁸ I november 2025 meddelades det att industrikonsortiet Industrikraft, som representeras av aktörer som ABB, SSAB och Höganäs, har valt att gå in som delägare i Vattenfalls bolag Videberg kraft för att finansiera de SMR-reaktorer som planeras på Väröhalvön⁴⁹. Detta signalerar att det finns ett stort gemensamt intresse mellan svensk industri och utbyggnad av elkapacitet.

Utöver utbyggnad av elproduktion krävs också att industrianläggningar får tillräcklig effekttilldelning på industriorterna för att kunna expandera eller elektrifiera processer. Elnät och produktionskapacitet behöver byggas ut för att möta det ökande elbehovet som omställningen kräver. Effekt måste tillgodoses och koordineras på flera nivåer, både lokalt och nationellt. Därför är effekttilldelning något som kan möjliggöra eller förhindra satsningar som vätgasframställning genom elektrolys.

2.3.2 Ett blandat resultat för tillkommande industriprojekt

Innovativa och radikala projekt med höga TRL-nivåer (Technology Readiness Level), alltså en hög mognadsgrad, som ska skalas upp till pilot- och demonstrationsfaser är

⁴² Se sammanställning i Regeringen, 2025. *Delrapport 2: Redovisning av Kärnkraftssamordnarens insatser avseende utbyggnad av ny kärnkraft i Sverige – Januari 2025*.

<https://www.regeringen.se/contentassets/d300281781244cc299cca23790ccc7e1/delrapport-2-redovisning-av-karnkraftssamordnarens-insatser-avseende-utbyggnad-av-ny-karnkraft-i-sverige-sverige--januari-2025-.pdf>

⁴³ Regeringens webbplats, *Färdplan för ny kärnkraft i Sverige*.

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/11/regeringen-lanserar-en-fardplan-for-ny-karnkraft-i-sverige/> (Hämtad 2025-08-25)

⁴⁴ Finansdepartementet, 2024. *Finansering och riskdelning vid investeringar i ny kärnkraft*. Fi 2023:F.

<https://www.regeringen.se/contentassets/785ee941726840229ed69135ca8f890c/finansiering-och-riskdelning-vid-investeringar-i-ny-karnkraft.pdf>

⁴⁵ Vattenfalls webbplats, *Vattenfall går vidare med kärnkraftsleverantörerna GE Vernova och Rolls-Royce SMR och bjuder in till presseminarium*. <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2025/vattenfall-gar-vidare-med-karnkraftsleverantorer-na-ge-vernova-och-rolls-royce-smr-och-bjuder-in-till-presseminarium> (Hämtad 2025-08-25)

⁴⁶ Teknikföretagens webbplats, *Välkommet beslut om kärnkraft*.

<https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/pressrum/2020/valkommet-beslut-om-karnkraft/> (Hämtad 2025-08-25)

⁴⁷ Svenskt Näringslivs webbplats, *Viktiga steg framåt för ny kärnkraft – "Behövs stabila spelregler"*. https://www.svensktnaringsliv.se/sakomraden/hallbarhet-miljo-och-energi/viktiga-steg-framat-for-ny-karnkraft-behovs-stabila-spelregler_1237336.html (Hämtad 2025-08-25)

⁴⁸ Sveriges Radio, 2025. *Stödet till nya reaktorer kan rivas upp efter valet*.

<https://www.sverigesradio.se/artikel/stodet-till-nya-reaktorer-kan-rivas-upp-efter-valet> (Hämtad 2025-08-25); Svenska Dagbladet, 2025. *MP backar – fortsatt nej till kärnkraft*.

<https://www.svd.se/a/SEx3nm/mp-backar-fortsatt-nej-till-karnkraft> (Hämtad 2025-08-25)

⁴⁹ Tidningen Energi, 2025. *Industrikraft och Vattenfall skriver avtal om ny kärnkraft*.

<https://www.energi.se/artiklar/2025/november-2025/industrikraft-och-vattenfall-skriver-avtal-om-ny-karnkraft/> (Hämtad 2025-11-12)

förenat med såväl tekniska som ekonomiska risker. Dessutom har kostnadsutmaningar och marknadsosäkerheter bidragit till motgångar inom tillkommande industriomställningsprojekt. Detta är speciellt relevant för osäkerheter kring framtida efterfrågan på särskilda produkter eller tjänster, vilket bidrar till en ökad risk för investerare och andra intressenter. Ytterligare en försvårande faktor är att kostnaden för kapital ökar när räntorna ökar, vilket kan hämma investerings- eller finansieringsförmågan. De senaste åren har styrräntan ökat kraftigt med en topp på 4 procent, för att sedan sänkas stegvis från 2024⁵⁰. Detta är ett mycket annorlunda ekonomiskt klimat från 10-talets negativa räntor. I vissa fall har det skärpta säkerhetsläget också bidragit till att projekt avbrutits.

Batteritillverkaren Northvolt försattes i konkurs mars 2025 efter räddningsförsök som pågått sedan hösten 2024. I augusti 2025 meddelades att flera av Northvolts tillgångar, däribland fabrikerna i Skellefteå och Västerås, köps av ett amerikanskt bolag. Köparen, liksom Northvolt ursprungligen, har betonat betydelsen av en europeisk batteriindustri för att stärka konkurrenskraft mot Asiens marknad.⁵¹

Utöver Northvolt har flera industriprojekt drabbats av bakslag eller förseningar. Kanske tydligast har detta varit för flera projekt som syftade till att producera hållbara bränslen. I oktober 2024 meddelade Uniper att de avslutade utvecklingen av ett tidigt projekt i Sollefteå som syftade till att producera hållbart flygbränsle. Projektet avslutades med hänvisning till en utmanade marknadsutveckling⁵², och liknande skäl anfördes tidigare samma år när ett projekt som syftade till hållbart fartygsbränsle lades ned i Örnsköldsvik, och detta efter investeringsbeslut och byggstart.⁵³ I det senare exemplet har satsningen återupptagits och ska producera 100 000 ton e-metanol årligen från produktionsstart, en fördubblad mängd jämfört med ursprungsplanen⁵⁴. En planerad fossilfri gödsel-fabrik i Luleå har också meddelat nedläggning på grund av att de nekats effekttilldelning i Letsi, där vätgas var tänkt att produceras och skickas till Luleå⁵⁵.

Utvecklingen är dock blandad, tidigare nämnda Uniper driver vidare ett annat projekt med fokus på fartygsbränsle i Östersund.⁵⁶ Under 2025 har det nämnda projektet i Örnsköldsvik återupptagits i ny regi och med målet om att anläggningen ska bli

⁵⁰ Sveriges riksbanks webbplats, *Styrränta, in- och utlåningsränta*. <https://www.riksbank.se/sv/statistik/rantor-och-valutakurser/styrranta-in--och-utlaningsranta/> (Hämtad 2025-11-10)

⁵¹ SVT Nyheter, 2025. *Lytens vd om Northvolts framtid: Nästa steg är att fortsätta expandera*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/presstraff-i-skelleftea-om-northvolts-framtid>

⁵² Unipers webbplats, *Uniper avslutar utvecklingen av SkyFuelH2*. <https://www.mynewsdesk.com/se/uniper/pressreleases/uniper-avslutar-utvecklingen-av-skyfuelh2-3347719> (Hämtad 2025-08-25)

⁵³ Liquid Winds webbplats, *Ørsted tar första spadtaget för FlagshipONE – Liquid Winds första och Europas största elektrobränsleprojekt*. <https://www.liquidwind.com/sv/nyheter/nyheter/rsted-tar-frsta-spadtaget-fr-flagshipone-liquid-winds-frsta-och-europas-strsta-elektrobrnsleprojektnbsp> (2025-08-25); Tidningen Energi, 2024. *Ørsted lägger ned satsningen på e-metanol i Örnsköldsvik*. <https://www.energi.se/artiklar/2024/augusti-2024/orsted-lagger-ned-satsningen-pa-e-metanol-i-ornskoldsvik/> (Hämtad 2025-08-25)

⁵⁴ Tidningen Energi, 2025. *Liquid Wind gör ny satsning på elektrobränslen i Örnsköldsvik*. <https://www.energi.se/artiklar/2025/februari-25/liquid-wind-gor-ny-satsning-pa-elektrobrnslen-i-ornskoldsvik/> (Hämtad 2025-10-31)

⁵⁵ Norrbottenskuriren, 2025. *Kommunen förlorar 500 jobb – planerad fabrik skrotas av företagen*. <https://www.kuriren.nu/nyheter/lulea/artikel/dodsstoten-500-nya-jobb-i-lulea-skrotas-valdigt-trakigt/rk3qo0xl> (Hämtad 2025-11-04)

⁵⁶ Jämtkrafts webbplats, *Uniper satsar en halv miljard i Östersund*. <https://www.jamtkraft.se/om-oss/nyhetsarkiv/nyheter/uniper-satsar-en-halv-miljard-i-ostersund/> (Hämtad 2025-08-25)

dubbelt så stor än ursprungsplanerna.⁵⁷ I tillägg till dessa planeras flera liknande projekt i Ånge kommun, delvis som ett resultat av omfattade vindkraftsetableringar i kommunen. Projekten kan komma att leda till miljardinvesteringar, även i form av följsatsningar, men är ännu i ett tidigt skede.⁵⁸ Överlag kan dock sägas att dessa aktörer, trots ikraftträdande av EU-förordningar som syftar till att öka användningen av dess bränslen, navigerar på en komplex och utmanade marknad. Att vissa projekt avbryts, vissa fortgår och nya startas kan dock sägas ytterst spegla att aktörer gör olika bedömningar eller har olika förmåga eller vilja att ta risk.⁵⁹

Även för de uppmärksammade projekten inom stålindustrin har det under senare tid uppstått utmaningar, inte minst kopplade till olika typer av ledtider. I Boden pågår i skrivande stund bygget av ett nytt grönt stålverk. Stålverkets produktionskapacitet är tänkt att byggas ut i två etapper, varav den första etappen byggs för närvarande. För den andra etappen, som skulle innebära en fördubblad produktionskapacitet, krävs ytterligare effekttilldelning.⁶⁰ Ytterligare exempel på en likande utmaning koppad till ledtider råder i Luleå där det planeras för ett nytt stålverk. Under sommaren 2025 meddelades att driftstarten för stålverket flyttas fram med 12 månader, från slutet på 2028 till slutet på 2029 och detta med anledning av försening i arbetet att få fram el till det nya stålverket.⁶¹ Ännu ett exempel rör Gällivare och hör samman med byggandet av LKAB:s nästa steg i kommersialiseringen av fossilfritt stål genom byggandet av en demonstrationsanläggning. Där har en ansökan om nytt miljötillstånd lett till förseningar i byggandet av anläggningen.⁶² I syfte att göra miljötillståndsprövningen mer effektiv föreslog regeringen i september 2025 skapandet av ny myndighet för miljöprövning från den 1 juli 2027.⁶³

Kostnadsutmaningar förväntas även för många sektorer som domineras av biobränslen. Sedan Rysslands fullskaliga invasion av Ukraina som började 2022 har bland annat fjärrvärmebranschen slagits hårt av de ökade biobränslepriserna. Kriget i Ukraina har även inneburit att EU-länder slutat importera biomassa från Ryssland, vilket skapat ökad konkurrens om biomassa i norra Europa och högre priser som följd. Långsiktigt är biomassan en resurs som förväntas öka i pris. Detta kan särskilt påverka industribranscher som raffinaderier och kemiindustrin, eftersom

⁵⁷ Liquid Winds webbplats, *Nytt elektrobränsleprojekt i Örnsköldsvik med Liquid Wind i spetsen*. <https://www.liquidwind.com/sv/nyheter/nyheter/nytt-elektrobrnsleprojekt-i-rnskoldsvik-med-liquid-wind-i-spetsen> (Hämtad 2025-08-25)

⁵⁸ SVT Nyheter, 2025. *Mångmiljardinvestering i Ånge av tyskt bolag – satsar på flygbränslefabrik i Alby*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/mangmiljardinvesteringen-i-ange-tyskt-bolag-satsar-pa-flygbransletillverkning-i-alby> (Hämtad 2025-08-25)

⁵⁹ Baserat på Energimyndighetens slutrapport i regeringsuppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige som slutredovisades i december 2024 samt på inspel från aktörer till Energimyndighetens pågående regeringsuppdrag avseende sjö- och luftfartens omställning till fossilfrihet. Se även följande gemensamma rapport från flera aktörer inom hållbara bränslen: [Styrmedel för produktion av fossilfria elektrobränslen](#)

⁶⁰ Tidningen Energi, 2025. *Stegras stålsatsning i Boden går enligt plan – trots utmaningarna*. <https://www.energi.se/artiklar/2025/januari-25/stegras-stalsatsning-gar-enligt-plan-trots-utmaningarna/> (Hämtad 2025-08-25)

⁶¹ SSAB:s webbplats, *SSAB flyttar fram driftsättning av nytt stålverk i Luleå med 12 månader*. <https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2025/06/ssab-flyttar-fram-driftsttning-av-nytt-stlverk-i-lule-med-12-mnader> (Hämtad 2025-08-26)

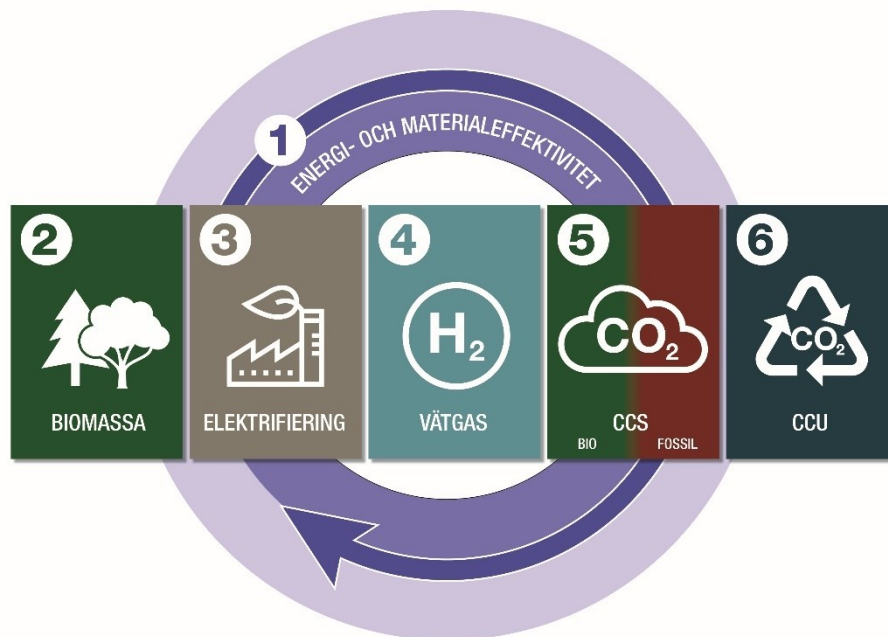
⁶² SVT Nyheter, 2025. *Hybrit försenas i Malmberget – nytt besked om miljöansökan*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norrboten/hybrit-forsenas-i-malmberget-nytt-besked-om-miljoansokan> (Hämtad 2025-08-26); SVT Nyheter, 2025. *Viktig förhandling om LKAB:s framtid i Gällivare – Hybritprojektet ingår*. <https://www.svt.se/nyheter/sapmi/viktig-forhandling-om-lkabs-framtid-i-gallivare-inleds> (Hämtad 2025-08-26)

⁶³ Regeringens webbplats, *Långsiktiga budgetsatsningar på kärnkraft för den svenska elförsörjningen*. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2025/09/langsiktiga-budgetsatsningar-pa-karnkraft-for-den-svenska-elforsorjningen/> (Hämtad 2025-10-01)

omställningsplanerna för denna bransch är fokuserade på att byta ut fossila kolväten mot biobaserade kolväten.

3 Huvudspår för omställning

För att Sverige ska nå klimatmålen måste industrin ställa om till fossilfrihet, vilket kräver ny teknik och nya lösningar. Hittills har den svenska utsläppstunga industrin i huvudsak satsat på sex olika huvudspår för omställning. Med huvudspår avses nya tekniker och systemlösningar som identifierats som avgörande för en övergång till fossilfritt. Dessa illustreras nedan i Figur 3.



Figur 3 Huvudspår för omställning av svensk industri

Källa: Energimyndighetens egen illustration.

För att möjliggöra tillämpning och skapa utrymme för omställningen krävs en ökad energi- och materialeffektivisering av industriella processer. Förutom att det kan leda till att omställningen nås till en lägre kostnad⁶⁴ kan det bidra till försörjningstrygghet av kritiska material och fossilfri energi genom att ta färre resurser i anspråk. Det utgör därmed ett övergripande huvudspår och ett nödvändigt komplement till de övriga.

Övriga fem huvudspår utgörs av nya tekniker och systemlösningar för att minska de fossila växthusgasutsläppen. Dessa tekniska huvudspår (teknikspår) har kommit olika långt i utvecklingsprocessen och är samtliga i behov av fortsatt forskning och utveckling för att kunna tillämpas i stor skala. Teknikspåren är i lägre eller högre grad gemensamma för de industribranscher som är tätt sammankopplade med användning av fossil energi och fossila råvaror. En tillämpning behöver dock ofta anpassas till produktspecifika förutsättningar och kan därför skilja sig mellan branscher.

De huvudsakliga teknikspåren som industrin satsar på utgörs av:

⁶⁴ Material Economics, 2020. *Preserving value in EU industrial materials – A value perspective on the use of steel, plastics and aluminium*. <https://materialeconomics.com/node/15> (Hämtad 2025-11-27)

- biomassa,
- elektrifiering,
- vätgas,
- avskiljning, transport och lagring av koldioxid (carbon capture and storage, CCS) där
- - CCS avser tillämpning på koldioxidströmmar av biogent och/eller fossilt ursprung, där fossil tillämpning är ett sistahandsalternativ för att nå nollutsläpp,
 - bio-CCS⁶⁵ avser tillämpning på biogena koldioxidströmmar och är ett alternativ för att uppnå negativa utsläpp, samt
- - avskiljning och användning av koldioxid (carbon capture and utilisation, CCU) där avskiljning och infångning av koldioxiden sker med motsvarande teknik som CCS och bio-CCS, men där kolatomerna, i stället för att lagras, används i nya produkter/tillämpningar.

För att nå klimatmålen krävs en kombination av olika teknikspår. Även inom en och samma bransch kan det finnas anledning att satsa på flera tekniker för att exempelvis sprida risker eller nå tillräckligt stora produktionsvolymen. Samtliga teknikspår har den gemensamma nämnaren att de är beroende av fossilfria energibärare och/eller insatsråvaror. De flesta nya processer är även direkt eller indirekt beroende av tillgång på kritiska råmaterial såsom sällsynta jordartsmetaller, bauxit och litium. Det innebär att tillgången på dessa energibärare/råvaror och material är en viktig förutsättning för industrins omställning oberoende av val av teknikspår.

I detta kapitel beskrivs huvudspåren för omställning och branschöverskridande förutsättningar och utmaningar för tillämpning av dem. Sammanfattningsvis kan dessa utmaningar delas in i utmaningar kopplade till *teknikutveckling*, att få till en *teknikspridning* när tekniken nått tillräckligt hög mognadsgrad och att ta fram *systemlösningar* som möjliggör att hela värdekedjan för tekniken kommer på plats. *Styrning* i form av mål, styrmedel och åtgärder på nationell och EU-nivå spelar en avgörande roll för att främja goda förutsättningar för teknikutveckling, teknikspridning och för att åstadkomma systemlösningar.

3.1 Energi- och materialeffektivitet

När industrins omställning sker så resurseffektivt som möjligt med avseende på både energi och material bidrar det till ett minskat klimatavtryck. Genom att minska energi- och materialanvändningen, öka återvinning och utveckla nya fossilfria material och produkter bidrar industrin till att främja en cirkulär ekonomi i alla samhällssektorer.

3.1.1 Materialeffektivitet

Materialeffektivitet innebär en begränsning i användning av materialresurser och därmed utvinning av jungfruliga material, vilket i sin tur leder till minskade fossila koldioxidutsläpp. Utsläpp relaterade till materialanvändning står för mer än en fjärdedel av de totala utsläppen från den globala industrin och energiproduktionen.

⁶⁵ Ibland även kallad BECCS (Bio Energy Carbon Capture and Storage).

Genom att applicera cirkulära ekonomiska strategier inom industrin finns potential att uppnå stora utsläppsminskningar.⁶⁶

I syfte att öka materialeffektiviteten kan åtgärder vidtas i flera olika stadier, eller sektorer, av en produkts livscykel. Dessa åtgärder kan kategoriseras enligt nedan:

- en mer klimatsmart design av produkten med avseende på materialval (återvunnet, avancerade material, lättviktsmaterial m.m.) och hållbarhet (ökad livslängd, reparationsmöjligheter m.m.)
- en mer intensiv användning av produkten, vilket innebär fler användare per produkt, bättre underhåll och digital övervakning så att delar av produkten kan renoveras eller bytas ut för att förlänga livslängden,
- återanvändning, återbruk eller återvinning av komponenter och material från produkten när den är utsliten, där material används i en kaskadprincip och de delar som inte kan användas på nytt (genom t ex återtillverkning) kan brytas ned på atom- eller molekylnivå för att tillverka nya produkter,
- energi- och askutvinning från det material som är så pass uttjänt att det inte längre går att nyttja eller att teknik/ekonomiska incitament för återvinning saknas, såsom svårseparerad plast i elektronikavfall.^{67,68}

En aktörs insats för materialeffektivisering i en del av produktens livscykel reducerar materialåtgången och utsläppen i den egna produktionen, men har ofta även en positiv klimateffekt på material och produkter tillverkade av andra aktörer och i sektorer längre ned i värdekedjan.

Under hösten 2024 presenterades två utredningar med förslag till reformer gällande cirkulär ekonomi. Utredningen om ekonomiska styrmedel för en mer cirkulär ekonomi konstaterar bland annat att materialåtervinning i nuläget inte är tillräckligt ekonomiskt attraktivt för att kunna konkurrera med framställning av primära material. Material som har tillräckligt höga ekonomiska värden och/eller materialflöden som är tillräckligt stora och rena är det som idag är mest fördelaktigt att återvinna. En utmaning är att kvaliteten på materialen kan bli lägre vid materialåtervinning än vid framställning av primära material, varför teknisk utveckling behövs för att fler material ska kunna återvinnas och återanvändas med bibehållen materialkvalitet.⁶⁹ Utredningen om ökad materialåtervinning för en mer cirkulär ekonomi menar att det finns en hög potential för att öka återanvändningen och materialåtervinningen genom en mer cirkulär ekonomi. Utredningen har sett över avfallslagstiftningen för att förebygga avfall och öka materialåtervinningen.⁷⁰

Inom industrin finns stora möjligheter att materialeffektivisera

Enligt en studie som tittar på materialanvändningen i Sverige leder slutanvändning, nedgradering och kontaminering av materialen stål, plast, aluminium, papper och

⁶⁶ Naturvårdsverket, 2019. *Fördjupad analys av den svenska klimatomställningen – Industrin i fokus*, Rapport 6911. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1450282/FULLTEXT01.pdf>

⁶⁷ Hertwich m.fl., 2019. *Material efficiency strategies to reducing greenhouse gas emissions associated with buildings, vehicles, and electronics – a review*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab0fe3>

⁶⁸ RE:Sources webbplats, *Materialhjulet*. <https://resource-sip.se/materialhjulet/> (Hämtad 2025-12-04)

⁶⁹ SOU 2024:67. *Om ekonomiska styrmedel för en mer cirkulär ekonomi*. Betänkande av Kommittén om ekonomiska styrmedel för att främja omställningen till en cirkulär ekonomi.

⁷⁰ Reformering av avfallslagstiftningen för ökad materialåtervinning och för mer cirkulär ekonomi KN2024/02249 12 november 2024

cement till värdeförluster som motsvarar 42 miljarder kronor per år.⁷¹ Genom att göra förändringar längs hela värdekedjan uppskattas att 11 miljarder av förlusterna skulle kunna återtas. Utan systemförändringar beräknas användandet av dessa material år 2040 ge upphov till 13 miljoner ton koldioxidutsläpp årligen. Med ett mer cirkulärt materielsystem skulle materialens samlade utsläpp minska med 4 miljoner ton, d.v.s. med 30 procent.

Utmaningar för en materialeffektivisering

För att nå en högre andel materialeffektivisering och utveckla en mer cirkulär ekonomi finns flertalet utmaningar som spänner över hela värdekedjan av en produkt och över hela samhället. Fortfarande är majoriteten av affärsmodeller och tänkandet hos aktörer linjärt (dvs. att varor produceras, förbrukas och blir avfall) och det kommer att krävas innovation och beteendeförändringar mot mer cirkulära lösningar.⁷² Materialeffektiviseringsåtgärder behöver göras längs hela värdekedjan av en produkts livscykel och involverar många aktörer, vilket kan göra det svårt att uppskatta både potentialen för utsläppsminskningar och kostnaderna.⁷³ För att insatser ska komma på plats finns därför ett behov av koordinering av åtgärder över en produkts värdekedja.⁷⁴ Givet att majoriteten av marknaderna för industriella material och produkter är internationella kommer det även att vara nödvändigt med gränsöverskridande samarbeten kring regler och standarder för att täcka in hela värdekedjan.

En utmaning för att öka återanvändning och återvinning av industriella råvaror utgörs av bristen på marknader för sekundärmaterial. För att skapa en efterfrågan på återvunnen råvara behöver relativpriserna mellan jungfruliga och sekundära råvaror täcka in alla externa effekter av att utvinna och använda de jungfruliga råvarorna, såsom koldioxidutsläpp och avfallshantering. Tvärtom är det idag många gånger billigare med jungfruliga material, exempelvis för plast⁷⁵ och byggnadsmaterial,⁷⁶ vilket förhindrar att en marknad för återvunnen råvara naturligt växer fram. Vidare finns utmaningar att kunna avgöra kvaliteten och tillsatserna i material som ska återvinnas, till exempel produceras plast i olika kvaliteter och kan innehålla olika tillsatssämnen.⁷⁷ Det finns även behov av förändrade och/eller nya regelverk för att främja materialeffektivitet och cirkulära lösningar.

Ett effektivt nyttjande av material förutsätter även forskning och innovation. Enligt det strategiska innovationsprogrammet⁷⁸ för hållbar resursanvändning *RE:Source* behövs innovation på områden såsom produktionsprocesser, komponentåteranvändning, funktionell materialåtervinning (mekaniska processer),

⁷¹ Material Economics, 2018. *Ett värdebeständigt svenskt materielsystem – En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv*. <https://materialeconomics.com/node/38>

⁷² RE:Source m.fl., 2022. *Circularity gap report*. <https://resource-sip.se/content/uploads/2022/04/circularity-gap-report-sweden-1.pdf>

⁷³ Bashmakov m.fl. 2022.

⁷⁴ Material Economics, 2018.

⁷⁵ Naturvårdsverket, 2022.

⁷⁶ RE:Source m.fl., 2022.

⁷⁷ Naturvårdsverket, 2022. *Klimatomställning av fossil plast – Underlagsrapport till regeringsuppdraget om Näringslivets klimatomställning*. <https://www.naturvardsverket.se/49f038/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7057-1.pdf>

⁷⁸ Strategiska innovationsprogram är en satsning som stöds av Energimyndigheten, Vinnova och Formas där ledande aktörer från näringsliv, akademi och offentlig sektor själva pekar ut och definierar områden där de ser behov av en svensk kraftsamling och gemensamma insatser. Läs mer på Energimyndighetens webbplats, <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/strategiska-innovationsomraden/>.

molekylåtervinning (kemiska, biologiska eller termiska processer) samt för energiåterföring i förbränningsprocesser.⁷⁹ Sådan innovation kräver inte bara forskning och utveckling på området funktion (teknik, process, design) utan även marknad, beteende, policy och system (logistik, systemanalys).

En utmaning att säkerställa tillgången på kritiska råmaterial i omställningen

Flera av de nya tekniska huvudspåren för industrins omställning är direkt eller indirekt beroende av olika sorters metaller och mineraler såsom sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements, REE) eller kritiska råmaterial som bauxit, kobolt och litium. De utgör oumbärliga komponenter i tillverkningen av bland annat elmotorer, elgeneratorer, permanentmagneter (i till exempel vindkraftverk och motorfordon), batterier och katalysatorer. På EU-nivå klassificeras flera av dessa metaller och mineraler som kritiska råmaterial eller sällsynta jordartsmetaller, vilket innebär att de anses vara av kritisk betydelse för den europeiska ekonomin, samtidigt som det föreligger stora osäkerheter kopplade till att säkra tillgången på dem.⁸⁰ EU importerar majoriteten av de kritiska råmaterialen från länder utanför Europa och bedömer att importberoendet kommer att kvarstå även på medellång sikt. Exempelvis står Kina i dagsläget nästan uteslutande för raffinering och brytning av Litium.⁸¹ I maj 2024 trädde den nya EU-förordningen om kritiska råmaterial i kraft (Critical Raw Materials Acts, CRMA). Syftet med förordningen är att öka försörjningsgraden för kritiska råmaterial genom att öka den inhemska utvinningen, återvinning av råmaterial och förädlingskapaciteten. EU ska även applicera dessa kriterier i länder med vilka EU har strategiska partnerskap om råvaruvärdekedjor. I förordningen finns riktvärden för EU:s årliga förbrukning av strategiska råmaterial. Till 2030 ska EU kunna producera 10 procent av sitt årsbehov genom utvinning, 40 procent genom bearbetning och 25 procent genom återvinning. Högst 65 procent av varje strategiskt råmaterial får då komma från ett och samma land utanför EU.^{82,83}

För att möta en ökande global efterfråga på kritiska råmaterial behövs en utbyggnad av primärproduktionen, vilket förutsätter ny gruvbrytning och processanläggningar. Primärproduktion av kritiska råmaterial är dock många gånger förknippat med stora utmaningar och intressekonflikter såsom negativa externa miljöeffekter, motsättningar hos lokalbefolkningen och brott mot mänskliga rättigheter.^{84,85} För att kunna skapa en hållbar och cirkulär värdekedja (när tillräckligt primärmaterial finns i omlopp) behövs forskning och utveckling för att möjliggöra mer materialeffektivt användande av de kritiska råmaterialen.⁸⁶

Ovan nämnda EU-förordning, CRMA, innebär bland annat att projekt som innefattar kritiska råmaterial kan bli klassade som *strategiskt viktiga* av EU-kommissionen. När ett projekt får sådan klassning finns bland annat specifika tidsfrister för hur lång tid tillståndprocessen får ta.⁸⁷ I mars 2025 beslutade kommissionen att 47 projekt, varav fem i Sverige, får status som strategiska, vilket innebär att det får snabbspår i tillståndprocesser.⁸⁸ Även 13 projekt

⁷⁹ RE:Source:s webbplats, *Materialhjulet*.

⁸⁰ EU-kommissionens meddelande, 2020. *Resiliens för råvaror av avgörande betydelse: Att staka ut vägen mot ökad trygghet och hållbarhet*, COM/2020/474 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0474>

⁸¹ International Energy Agency (IEA), 2025. *With new export controls on critical minerals, supply concentration risks become reality*. <https://www.iea.org/commentaries/with-new-export-controls-on-critical-minerals-supply-concentration-risks-become-reality> (Hämtad: 2025-11-24)

⁸² SGU, 2025. *EU-förordningen om kritiska råmaterial*.

<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/eu-forordningen-om-kritiska-ramaterial/>

⁸³ EU-kommissionens webbplats. *Critical Raw Materials Act*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en (Hämtad: 2025-11-24)

⁸⁴ SGU och Naturvårdsverket, 2017. *Förslag till strategi för hantering av gruvavfall*. <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/6104a3383a9949e99f8ec28d94f2375c/strategi-forslag-hantering-gruvavfall-20170913.pdf>

⁸⁵ UNCTAD, 2020. *Commodities at a glance – Special issue on strategic battery raw materials*. No. 13. https://unctad.org/system/files/official-document/ditccom2019d5_en.pdf

⁸⁶ Energimyndigheten m.fl., 2022. *Utveckla myndighetssamverkan för Sveriges delar av en hållbar europeisk värdekedja för batterier*. ER 2022:14. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=602847077c554f7aa8f04afb959ac491&q=2022%3A14&lstqty=1>

⁸⁷ SGU, 2025. *EU-förordningen om kritiska råmaterial*.

<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/eu-forordningen-om-kritiska-ramaterial/>

⁸⁸ Europeiska kommissionen, 2025. *Kommissionen väljer ut 47 strategiska projekt för att säkra och diversifiera tillgången till råvaror i EU*.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_25_864

i länder utanför EU fick samma klassning i juni samma år.⁸⁹ En ny ansökningsomgång för strategiska projekt pågår i skrivande stund.⁹⁰

Enligt SGU finns det i Sverige en samhällsekonomisk potential för sekundär utvinning av (kritiska) metaller och mineraler ur gruvavfall.⁹¹ För att nå dit behöver dock hinder överkommas, såsom för låga marknadspriser, brist på etablerade marknader och tillgång till infrastruktur. Det finns ett stort behov av ny kunskap och ny teknik, men även forskning kring hur befintlig kunskap och teknik ska tillämpas. Även styrningen (regler och styrmedel) spelar stor roll för möjligheten att utnyttja materialet. Exempel på pågående insatser är Stena Recycling som i mars 2023 invigde en av Europas första återvinningsanläggningar för litiumjonbatterier för elfordon utanför Halmstad. Ett av de fem svenska projekten som i mars 2025 fick status som strategiskt av EU-kommissionen var en industripark för kritiska material i Luleå. I industriparken byggs en demonstrationsanläggning som ska ta vara på materialflöden från bolagets järnmalmsproduktion i Gällivare. Av vad som tidigare blivit avfall planerar LKAB att producera sållsynta jordartsmetaller, fosfor för produktion av mineralgödsel till jordbruket, samt rent gips till byggindustrin.^{92,93}

Starkare styrning på EU-nivå för att främja cirkularitet

Under 2025 presenterade EU-kommissionen åtgärdsplanen Den rena industrigiven (Clean Industrial Deal). Given ska bidra till en starkare, grönare och mer konkurrenskraftig europeisk industri som kan agera på en internationell marknad med snedvriden konkurrens. Given ser en ökad cirkulär ekonomi inom EU som nödvändig för att nå fossilfrihet. 2026 kommer Europeiska Kommissionen vidare presentera en ny rättsakt för cirkulär ekonomi (Circular Economy Act). Målet är att etablera en inre andrahandsmarknad och öka efterfrågan av andrahandsmaterial för att bidra till ambitionerna inom EU:s Konkurrenskraftskompass. En ökad effektiv användning och återvinning av material bidrar också till att minska EU:s importberoende av material från omvärlden. I rättsakten om kritiska råmaterial (CRMA) fastställs mål om materialåtervinningskapacitet av så kallade kritiska råmaterial, som är nödvändiga för att uppnå en grön industriomställning, till minst 25 procent av unionens årliga samlade förbrukning.⁹⁴ För att uppnå målen kommer strategiska projekt utses på EU-nivå och projekten kommer få fördelen att inneha en kortare tillståndsprocess med begränsad tidsfrist på 15 månader för projekt inom återvinning.⁹⁵

EU har idag en återvinningsgrad på 12 procent men målbilden är att öka denna till det dubbla med 24 procent tills 2030.⁹⁶ En rad regelverk och policyer har blivit implementerade under den cirkulära handlingsplanen. Där ingår den nya förordningen om ekodesign för hållbara produkter (ESPR)⁹⁷ som trädde i kraft i juli 2024 och utgör

⁸⁹ Europeiska kommissionen, 2025. *EU säkrar råvarutillgången och stödjer lokalt värdeskapande med 13 strategiska projekt*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_25_1419

⁹⁰ EU-kommissionens webbplats, *Commission launches second call for strategic projects to secure critical raw materials supply*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/commission-launches-second-call-strategic-projects-secure-critical-raw-materials-supply-2025-09-25_en (Hämtad 2025-11-05)

⁹¹ SGU och Naturvårdsverket, 2023. *Hållbar utvinning och återvinning av metaller och mineral från sekundära resurser*. SGU RR 2023:01.

<https://resource.sgu.se/dokument/publikation/rr/rr202301rapport/RR2301.pdf>

⁹² LKAB, 2025. *LKAB:s framtidssatsningar utses till strategiska projekt av EU*.

<https://lkab.com/press/lkabs-framtidsatsningar-utses-till-strategiska-projekt-av-eu/>

⁹³ LKAB, 2025. *Nu bygger LKAB anläggning för kritiska mineral – den första i sitt slag i Europa*. <https://lkab.com/press/nu-bygger-lkab-anlaggning-for-kritiska-mineral-den-forsta-i-sitt-slag-i-europa/>

⁹⁴ EU-kommissionens webbplats, *Critical Raw Materials Act*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en (Hämtad 2025-10-08)

⁹⁵ SGU:s webbplats, *EU-förordningen om kritiska råmaterial*.

<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/eu-forordningen-om-kritiska-ramaterial/>, (Hämtad 2025-10-08)

⁹⁶ EU-kommissionens webbplats, *Circular Economy*.

https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en (Hämtad 2025-10-02)

⁹⁷ Förordningen om Ekodesign för hållbara produkter (EU) 2024/1781. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1781&qid=1719580391746>

ett ramverk för utformning av krav på specifika produktgrupper. ESPR ersätter och utvidgar Ekodesigndirektivet, som enbart reglerade energirelaterade produkter. Den nya förordningen om ekodesign för hållbara produkter (ESPR) trädde i kraft i juli 2024 och utgör ett ramverk för utformning av krav på specifika produktgrupper för att främja en cirkulär användning av resurser längs med hela värdekedjorna. ESPR ersätter och utvidgar Ekodesigndirektivet, som enbart reglerade energirelaterade produkter. Jämfört med det tidigare direktivet införs även nya typer av prestanda- och informationskrav samt krav på att produkter ska ha ett s.k. digitalt produktpass som syftar till att göra produktinformationen standardiserad och transparent. Enligt EU så kan innovationer som *avancerade material* bidra till stärkt konkurrenskraft, resiliens och strategisk autonomi inom de europeiska industrierna. Avancerade material är innovativa och specifikt designade för sina syften. De har en fundamental roll i energisektorns utveckling inom den gröna industriomställningen. Exempel på avancerade material är bio-baserade material som kan återvinnas i högre grad eller natrium-jon batterier. Avancerade material inkluderar även återvinningsbar kolförstärkt plast som kan användas för vindkraftsblad eller flygplansvingar.⁹⁸

I februari 2025 beslutade kommissionen om nya regler för förpackningsavfall (Packing and Packaging Waste Regulation, PPWR). Målet med regleringen är att minska antalet förpackningar och avfall samt främja en mer cirkulär marknad av förpackningar som oftast består av primära råmaterial som plast. Reglerna bidrar till en mer harmoniserad EU-standard för förpackningar som i sin tur bidrar till att sektorn ska kunna uppnå klimatneutralitet till 2050.⁹⁹ EU har även antagit en ny batteriförordning¹⁰⁰ som trädde i kraft i augusti 2023 och som stegvis ska ersätta det befintliga batteridirektivet.¹⁰¹ Batteriförordningen tar hänsyn till den tekniska utvecklingen och framtida utmaningar inom batteriområdet och täcker hela batteriets livscykel, från design till slutet av livslängden. Även i batteriförordningen införs bland annat märknings- och informationskrav samt krav på produktpass. Sedan den 15 augusti 2025 ska en ny batteriförordning tillämpas på EU-nivå, vilket innebär förändrade regler för producentansvar och avfallshantering. En av förändringarna är att fler kategorier av batterier inkluderas som exempelvis elbilsbatterier och batterier för lätta transportmedel som el-sparcyklar och el-cyklar.¹⁰²

EU-kommissionen har lagt fram förslag på ett nytt direktiv om miljöpåståenden ("Green claims")¹⁰³ för att undvika missvisande information om så kallad "greenwashing". Det föreslagna direktivet innebär att aktörer som marknadsför sina produkter som gröna måste erhålla en certifiering av ett ackrediterat organ på medlemsstatsnivå för varje enskilt miljöpåstående. Förslaget kommer bidra till en

⁹⁸ EU-kommissionens webbplats, *Advanced Materials*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/advanced-manufacturing/advanced-materials_en (Hämtad 2025-10-02)

⁹⁹ EU-kommissionens webbplats, *Packaging waste*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste_en (Hämtad 2025-10-02)

¹⁰⁰ Batteriförordningen (EU) 2023/1542. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1542-20240718>

¹⁰¹ Batteridirektivet 2006/66/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006L0066-20180704>

¹⁰² Naturvårdsverkets webbplats, *Producentansvar för batterier*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/producentansvar/producentansvar-for-batterier/> (Hämtad 2025-11-05)

¹⁰³ EU-kommissionens webbplats, *Green claims*. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims_en (Hämtad 2025-12-04)

stärkt cirkulär ekonomi där konsumenter kan göra välinformerade gröna köp.¹⁰⁴ Sannolikt kommer det att leda till effekter även längre upp i värdekedjorna och till att även processindustrin kommer att behöva ta fram underlag på sina produkters hållbarhet. I Sverige ställer Konsumentverket redan krav på verifierbarhet och tydlighet för miljöpåståenden i marknadsföring, men dessa är mindre betungande än i det föreslagna direktivet.

3.1.2 En effektiv energianvändning

En effektiv energianvändning är ett viktigt övergripande huvudspår i arbetet med att nå en hållbar utveckling för klimatet, stärka industrins konkurrenskraft och skapa utrymme för samhällets omställning och elektrifiering. En effektiv energianvändning omfattar:

- **effektivisering** av exempelvis processer eller uppvärmning i en industrianläggning,
- **flexibel användning** som innebär att elanvändningen förflyttas i tid för att anpassas efter pris och effekttillgång och
- **energisamarbeten** mellan aktörer (inom industrin eller mellan sektorer) som kan möjliggöra ett bättre nyttjande av energi genom att bland annat ta vara på fler restströmmar och frigöra större mängder primärenergi inom alla energislag.

Ett framgångsrikt arbete med energieffektivisering kan bidra till att skapa utrymme för att tillgodose behov av energi redan på kort sikt. Att effektivisera användningen av energi eller att flytta elanvändningen i tid är relativt snabba och lättillgängliga metoder för att optimera energianvändningen. Om användningen effektiviseras kan utbyggnadsbehovet av elproduktion och elnät bli lägre liksom resursanvändning och negativa miljöeffekter. Samtidigt möter industrin utmaningar när det gäller att vara flexibel i sin användning, vilket vi redogör för i avsnitt 3.3 om huvudspåret elektrifiering.

På EU-nivå har omarbetningen av direktivet om energieffektivitet (EED)¹⁰⁵ inom ramarna för lagstiftningspaketet *fit for 55* inneburit kraftiga ambitionshöjningar för att medlemsstaterna ska minska energianvändningen och därmed bidra till att uppnå klimatmålen. Det omarbetade EED innehåller bland annat ett betydligt mer ambitiöst EU-mål för slutlig energianvändning till 2030 som innebär att medlemsstaterna tillsammans ska säkerställa att energianvändningen i unionen år 2030 minskas med 11,7 procent jämfört med ett referensscenario.¹⁰⁶ I EU:s referensscenario från år 2020 har Sverige en betydligt lägre energianvändning än vad som ses i Energimyndighetens långsiktiga scenarier¹⁰⁷, vilket huvudsakligen förklaras av att ett par stora industrisatsningar räknas med i den senare men inte i den förstnämnda. Medlemsstaternas bidrag till unionsmålet bestäms i stor utsträckning av nivån på energianvändning år 2030 i EU:s referensscenario vilket innebär att den absoluta nivån som behöver uppnås beror på hur korrekt antaganden i referensscenariot

¹⁰⁴ Direktivet är ett komplement till förslaget om ett direktiv för stärkt konsumentmakt i den gröna omställningen som presenterades samtidigt. Båda härrör från den nya strategin för konsumentpolitiken ("New Consumer Agenda") och en ny handlingsplan för den cirkulära ekonomin ("Circular Economy Action Plan").

¹⁰⁵ Energieffektiviseringsdirektivet (EU) 2023/1791. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001

¹⁰⁶ Målet uttrycks som ett fast tak för EU:s energianvändning till 2030 och uppgår till 763 Mtoe för slutlig energianvändning och 992,5 Mtoe för primär (tillförd) energi. För slutlig energianvändning är målet bindande på unionsnivå medan det är indikativt för primär energi.

¹⁰⁷ Baserat på ER 2023:07 som uppdaterats under 2023 för att bland annat användas som underlag till uppdateringen av den nationella energi- och klimatplanen som rapporterades i juni 2024.

överensstämmer med verkligheten. Det innebär också att Sveriges bidrag till unionsmålet kommer att bli svårt, om inte omöjligt, att uppnå om nyetableringar inom industrin som inte fångats upp i referensscenariot realiserar. Vid sidan av det övergripande målet sker även en ambitionshöjning av målet för ackumulerade årliga energibesparingar på medlemsstatsnivå. För att Sverige ska uppfylla kraven i direktivet kommer det att krävas stora insatser inom alla sektorer. Energieffektivisering är därmed en aktuell fråga både för befintlig teknik och för utvecklingen av nya tekniker.

I Energimyndighetens utredning om effektiv användning av energi, effekt och resurser¹⁰⁸ konstateras att om den stora omställningen som väntas ske inom industrin förvaltas väl finns möjligheter till effektiviseringar i samband med de nyinvesteringar i produktionskapacitet och teknikuppgraderingar som behöver göras. Nyetableringar kan också skapa förutsättningar för industriella samarbeten kring energiflöden (läs mer nedan om energisamarbeten).

Samtidigt som flera delar av industrisektorn genomgår en omställning finns det fortsatt många branscher, processer och tekniker som inte står inför fullt så omfattande förändringar. Även här är energieffektivisering viktigt och kan i större utsträckning bygga på tidigare erfarenheter av energieffektivisering inom industrin. Energieffektiviseringsinsatser behöver därför göras både i befintliga verksamheter och processer samt vid omställning och nyetablering.

Värt att nämna är även att användningen av ny teknik ofta är begränsad initialt och att det finns stor potential att optimera och utveckla i takt med att tekniken sprids och kunskap kring dess tillämpning ökar. Där de tekniska huvudspåren är energiintensiva finns det av ekonomiska skäl ett intresse av att effektivisera processerna för att få ned kostnaden för tekniken. Ett exempel är bio-CCS, där det pågår forskning och pilottester för att minska energiåtgången vid avskiljningssteget av processen, vilket skulle ha en betydande effekt på elanvändningen och därmed även totalkostnaden av att tillämpa tekniken.

Styrmedel för energieffektivisering

I dagsläget finns inga ekonomiska stöd söka för att göra energieffektiviserande åtgärder i industrin. EU:s utsläppsrättshandel (EU ETS) skapar vissa incitament att hushålla med fossila resurser till följd av kostnader för att släppa ut. De styrmedel som direkt syftar till att uppnå en mer effektiv energianvändning i företag är lagen om energikartläggning i stora företag¹⁰⁹ och lagen om vissa kostnads-nyttanalyser på energiområdet¹¹⁰. Båda lagstiftningarna är en svensk implementering av EU:s energieffektiviseringsdirektiv¹¹¹ och de står nu inför en revidering då direktivet omarbetats.

Lagen om energikartläggning i stora företag omfattar i dagsläget ca 1 200 verksamheter och ställer krav på genomförande av energikartläggningar. Lagen omfattar företag som sysselsätter minst 250 personer och har en årsomsättning som överstiger 50 miljoner EUR eller en balansomsättning som överstiger 43 miljoner EUR per år. Utifrån kraven i det omarbetade direktivet kommer denna

¹⁰⁸ Energimyndigheten, 2024. *Effektiv användning av energi, effekt och resurser*. ER 2024:03. <https://www.energimyndigheten.se/4afa39/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/effektiv-anvandning-av-energi-effekt-och-resurser.pdf>

¹⁰⁹ SFS 2014:266

¹¹⁰ SFS 2014:268

¹¹¹ Energieffektiviseringsdirektivet (EU) 2023/1791.

företagsdefinition tas bort i den nya lagstiftningen och ersätts av energianvändningsgränser. Företag med en årlig energianvändning mellan 2,8 GWh och 23,6 GWh kommer omfattas av krav på att göra en energikartläggning. Företag med en energianvändning över 23,6 GWh ska, när den nya lagstiftningen trätt i kraft, införa energiledningssystem alternativt miljöledningssystem med ett tillägg för energikartläggning.

Lagen om vissa kostnads-nyttoanalyser innehåller bestämmelser om att analyser ska genomföras för att utreda potentialen för användning av restvärme. När ett fjärrvärme- eller ett industriföretag söker tillstånd för att uppföra en ny anläggning eller göra en omfattande uppgradering av en anläggning ska företaget göra en kostnads-nyttoanalys för att se över möjligheten att ta in och/eller leverera spillvärme. Lagkravet gäller under förutsättning att aktörerna befinner sig inom vissa avstånd, kan tillhandahålla vissa leveranser med tillräcklig temperatur och att anläggningens tillförda effekt uppgår till mer än 20 megawatt (MW), så kallade tröskelvärden. I dagsläget är det ett fåtal företag som omfattats av kravet och hittills genomfört kostnads-nyttoanalyser men med nya tröskelvärden kommer omfattningen att öka framöver.

Energisamarbeten

För att kunna hantera utmaningarna med att ställa om till ett hållbart samhälle, behövs ett nytt perspektiv på vilka resurser som kan utnyttjas. Arbetet med energieffektivisering behöver även kompletteras med åtgärder som ser på energi ur ett systemperspektiv och där ökad resurseffektivitet inom systemet bidrar till ökad energieffektivitet i helheten. Nuvarande affärsmodeller står inför utmaningar, vilket skapar möjligheter att omdefiniera vad som är möjligt. Samarbete genom industriell och urban symbios är ett sätt att omvandla restflöden inom energi, vatten och material till värdefulla resurser. Detta samarbete kan också utvidgas till områden som infrastruktur, logistik och kompetensutveckling. En symbios kan beskrivas som en samling av verksamheter som använder varandras bi- och restprodukter, vilket är ett effektivt sätt att förbättra resursutnyttjandet. Grundtanken är att skapa samarbeten över organisations- och sektorsgränser på lokal nivå.

Industriell och urban symbios ger kommuner möjlighet till utveckling, och underlättar både industriell expansion och nyetablering av verksamheter i områden där resurser och råvaror är knappa. På så sätt kan industriell och urban symbios bli en del av både stads- och landsbygdsutveckling.

Ett av de första och mest omfattande exemplen på symbios i Sverige är kemiklustret i Stenungsund. Inom den svenska skogsindustrin finns också flera exempel på integrerad produktion med produkt- och biproduktflöden mellan massa- och pappersindustrin, sågverk, kemiindustrin och energisektorn. Andra initiativ inkluderar Sotenäs Symbioscentrum, Biorefinery Östrand, Händelö Eco Industrial Park, High Coast Innovation Park och Umeå Eco Industrial Park, som alla har en tydlig vision om ökad cirkularitet genom industriell och urban symbios. Energimyndigheten tog under 2024 fram en sammanställning över dessa och andra initiativ som finns i Sverige

(ER 2024:27 Industriell och urban symbios)¹¹² inom sitt arbete med Resurseffektiv Sektorsintegrering.

Idag ser vi ett växande intresse för att etablera symbioser, där både nya och etablerade aktörer söker specifika restprodukter, såsom lågvärdig restvärme, för att driva hållbara och cirkulära verksamheter. Detta skapar goda möjligheter för till exempel ökad inhemsk matproduktion i växthus som kan dra nytta av lågvärdig restvärme från processindustrier och datacenter. Ett annat exempel är etablering av elektrolysoranläggningar för tillverkning av vätgas som kräver både vatten och energi, samtidigt som de producerar stora mängder syrgas som kan användas i till exempel avloppsreningsverk eller återföras till en avfalls- eller biobränslepanna för effektivare förbränning (se Figur 4).¹¹³ Elektrolysörer avger även stora mängder restvärme som kan integreras i fjärrvärmesystem (särskilt lågtempererade) eller användas i andra industriella processer. Det är dock viktigt att redan i tidigt skede planera för hur restvärme ska tas om hand, något som betonats av Energimyndigheten både i förslaget till en fjärrvärme- och kraftvärmestrategi¹¹⁴ och i slutrapporten till regeringsuppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige.¹¹⁵ I Hofors kommer cirka 40 procent av fjärrvärmeproduktionen från restvärme från ett stålverk, varav restvärme från elektrolysörer står för en del av detta.¹¹⁶ I Ånge kommun planeras för en stor anläggning för landbaserad fiskodling som ska använda restvärme och syre från en planerad närliggande elektrolysanläggning.¹¹⁷

¹¹² Energimyndigheten, 2024. *Industriell och urban symbios*. ER 2024:27.

<https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=8b5587ddd21c49449a33ed4bae43f130&l=t&cat=%2FEffektiv%20energianv%C3%A4ndning&lstqty=1>

¹¹³ RISE, 2023. *Syrgasens potentiella värde och möjligheter*.

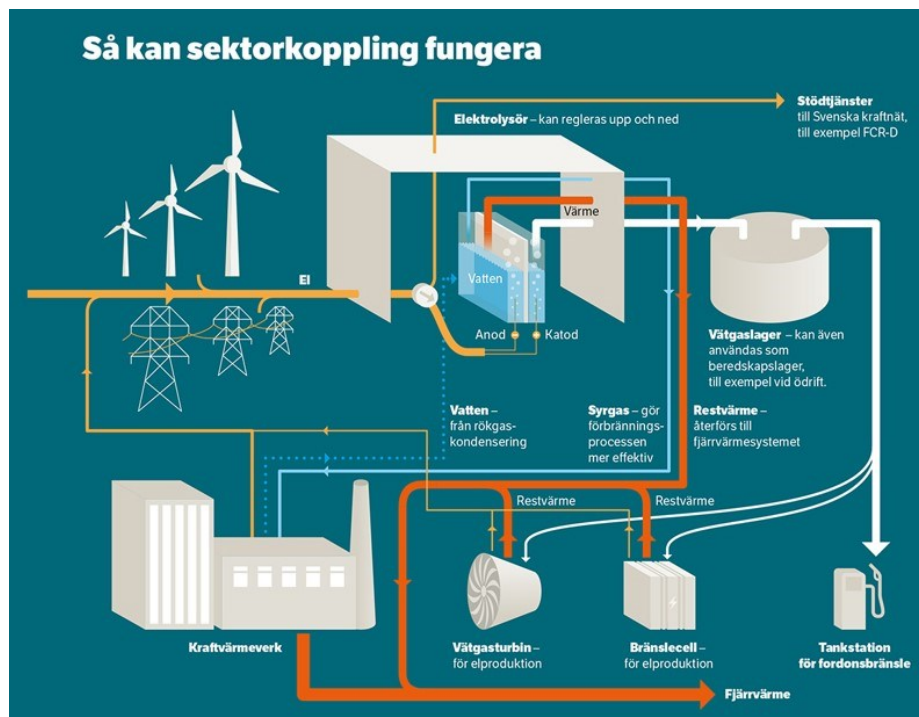
<https://www.ri.se/sites/default/files/2023-03/HyCoGen%20Syrgasens%20potentiella%20v%C3%A4rde%20m%C3%B6jligheter.pdf>

¹¹⁴ Energimyndigheten, 2023. *Förslag till en fjärrvärme och kraftvärmestrategi – slutleverans*. ER 2023:27. https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/GetTemplateResource/121?id=af719f1616d24e7a8077a1e19bd2a080&res=ea42c36b3a740589e1ccb415daad8d6&lr=False&fn=ER%202023_27_webb.pdf&elp=portal&elt=t&eloid=af719f1616d24e7a8077a1e19bd2a080

¹¹⁵ Energimyndigheten, 2024. *Vätgas för energi- och klimatomställning*. ER 2024:25. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=0fa8af48587f4f1c985944b1beaf5a09>

¹¹⁶ Tidningen Energi, 2023. *Ovakos vätgasanläggning bidrar till fjärrvärmerna i Hofors*. <https://www.energi.se/artiklar/2023/oktober-2023/ovakos-vatgasanlaggning-bidrar-till-fjarrvarmen-i-hofors/>

¹¹⁷ EFN:s webbplats, *Fiskodling i Ånge storsatsar – och får 25-årigt miljötillstånd*. <https://efn.se/fiskodling-i-ange-storsatsar-och-far-25-arigt-miljotillstand> (Hämtad 2025-08-28)



Figur 4 Exempel på sektorskopplingar mellan elektrolysbaserad vätgasproduktion och andra delar av energisystemet.

Illustration: Erik Nylund i Tidningen Energi¹¹⁸

För produktion av elektrobränsle behövs tillgång till biogent kol, som till exempel finns i rökgaser från massa- och pappersindustrin eller biokraftvärmeverk. Industriell symbios ger också möjligheter till etableringar i områden där det råder brist på resurser. Vi ser idag flera exempel på återanvändning av tekniskt vatten (renat avloppsvatten) mellan olika sektorer, där kyl- och processvatten efterfrågas. Detta gäller särskilt nyetableringar som är nödvändiga för den gröna omställningen, som batterifabriker och vätgasanläggningar.

En avgörande faktor för att cirkulära initiativ och symbios ska kunna etableras och utvecklas är att flera aktörer är involverade och kan stötta vid rätt tidpunkt. Engagemang från kommuner, företag, näringslivskluster, institut, akademi och andra företagsstödjande aktörer är nödvändigt. När symbiosarbetet väl har etablerats inom ett projekt eller nätverk, blir det tydligt att utvecklingen och viljan att hitta nya samarbeten fortsätter. Dessa forum blir viktiga för att kontinuerligt utveckla samarbeten och hitta nya förbättringsmöjligheter. Framåt finns ett behov av systematisk kartläggning av resurser för att skapa möjligheten för aktörer att lokalisera och påbörja fler symbiosprojekt och på så vis standardisera en effektivare användning av våra resurser. Mycket av den utveckling som sker inom området idag drivs av eldsjälarna inom marknaden eller kommunen. För att framåt mer systematiskt erhålla denna typ av energieffektiviseringar ur systemperspektiv undersöker Energimyndigheten under 2025 vilka verktyg som behövs eller redan finns, men som behöver användas på nya sätt, för att stimulera utveckling inom området.

¹¹⁸ Tidningen Energi, 2023. *Så kan vätgas stärka fjärrvärmerna*.
<https://www.energi.se/artiklar/2023/maj-2023/sa-kan-vatgas-starka-fjarrvarmen/> (Hämtad 2025-05-16)

3.2 Biomassa

Biomassa kan både användas för att ersätta fossil råvara och fossila bränslen (som energibärare). Inom industrin undersöks följande tillämpningar för biomassaanvändning:

- Ersätta fossila energibärare som bränslen för förbränning
- Ersätta fossila energibärare som reduktionsmedel i tillverkningsprocesser, främst inom metallindustrin
- Ersätta fossila kolväten som råvara för produktion av främst kemikalier och plast samt för bränsleproduktion

Användning av biomassa för förbränning kan i de flesta tillämpningar inom industrin betraktas som en mogen teknik, där eventuella begränsningar snarare handlar om ekonomiska och logistiska faktorer, såsom konkurrens om biogena kolatomer. Vissa tillämpningar som kräver mycket höga temperaturer, såsom stålindustrins värningsugnar¹¹⁹ eller kalkindustrins schakt- och roterugnar, där det ställs höga krav på bränslets energitäthet och kvalitet. Den tekniska utmaningen kopplar i stället till framställningstekniker för syntetiska biobränslen för att kunna producera bränslen som matchar industrins krav. När det gäller användning av biomassa som råvara för att minska processrelaterade utsläpp är behovet av teknisk utveckling större.

3.2.1 Teknisk utveckling krävs för att framställa biogena råvaror med rätt egenskaper

För att kunna använda biomassabränslen i industriella processer krävs det ofta uppgradering eller bearbetning av biomassaråvara så att bränslet får en liknande kvalitet (exempelvis energidensitet, hållfasthet, kemisk stabilitet, låg askbildning) som det konkurrerande fossila bränslet eller råvaran. Det är ofta viktigt att själva biomassaråvaran har rätt kvalitet från början. Komplexiteten i bearbetningsstegen beror till stor del på vilken råvara som används samt vilken produkt som ska framställas. Ett exempel är Preems satsning på tillverkning av träpyrolysolja från sågspån¹²⁰, som Preem har lyckats inblanda till 1 procent i deras katalytiska krackningsprocess. Detta blir sedan till drivmedel i transportsektorn. Det långsiktiga målet är 2–3 procent inblandning av träpyrolysolja, men mer utveckling krävs för att förbehandla träråvaran. Detta är dels för att det finns föroreningar som svavel och fosfor i råvaran, dels ett högt vatteninnehåll.

Ett annat exempel är kol och koks som används för att reducera järnmalm, som delvis kan ersättas av biokol och därmed ge stora fossila utsläppsreduktioner¹²¹. Även för biokol används pyrolys av träråvara som framställningsmetod. För denna tillämpning krävs främst högkvalitativ skogsråvara, och det producerade biokolet behöver bland annat ha rätt hållfasthet och reduktionsförmåga¹²². Det finns även föroreningar i

¹¹⁹ Inför bearbetning värms stålet upp till temperaturer över 1 000 grader.

¹²⁰ Energimyndighetens webbplats, *Från sågspån till biodrivmedel - satsning för en fossilfri transportsektor*. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2020/fran-sagspan-till-biodrivmedel---satsning-for-en-fossilfri-transportsektor/> (Hämtad 2025-09-23)

¹²¹ SSAB:s webbplats, *SSAB Brahestad testade framgångsrikt att ersätta fossilt kol med biokol*. <https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2019/08/ssab-brahestad-testade-framgangsrikt-att-ersatta-fossilt-kol-med-biokol> (Hämtad 2025-09-23)

¹²² Dagens industri, 2020. *SSAB, Höganäs och Envigas har siktat inställt på biokol*. <https://www.di.se/hallbart-naringsliv/comeback-for-kol-sa-ska-svensk-stalindustri-raddas/> (Hämtad 2025-09-24)

biokol som kan påverka stål kvalitén¹²³. I nuläget pågår ett forskningsprojekt fram till 2026 med stöd av Energimyndigheten för att kunna producera biokol i rätt mängd och kvalitet för järn- och stålindustrins krav¹²⁴. Projektet kan ge upphov till en produktion på 80 kton biokol per år, vilket skulle kunna leda till utsläppsminskningar på drygt 290 kton CO₂ årligen¹²⁵.

För att ersätta fossila bränslen med biobaserade bränslen i stor skala krävs också utökad bioraffinaderikapacitet. Ett sådant initiativ är SCA och ST1:s satsning Biorefinery Östrand, som har beviljats stöd av CINEA för EU:s innovationsfond på 167 miljoner euro i ett eventuellt investeringsbeslut¹²⁶. Bioraffinaderiet kommer att producera både bio- och elektrobränslen från el och skogsrester som sågspån, bark och träpellets. De fokuserar främst på hållbara flygbränslen (SAF) samt förnybar nafta till kemiindustrin för plasttillverkning¹²⁷. Den framtida produktionskapaciteten beräknas uppgå till 50 000 ton nafta och 185 000 ton SAF årligen¹²⁸, varav den senare siffran är i storleksordning med behovet från Sveriges inrikesflyg¹²⁹.

Befintliga raffinaderier i Sverige har planer på att ställa om till en högre inblandning av biomassa, men många av färdplanerna kräver att kostnadskalkylen går ihop för investeringarna. I intervjuer med aktörer inom denna bransch har särskilt vikten av långsiktiga och förutsägbara regelverk framhävts. Särskilt ses det som skadligt att ha snabba upp- och nedgångar i policy, vilket kan skada investeringsbenägenheten. För att kunna framställa och implementera biobaserade alternativ krävs fortsatt stora satsningar på forskning och utveckling, både för process- och produktutveckling.

3.2.2 Förutsättningar för att biomassa ska kunna bidra till industrins omställning

Förutom de tekniska utmaningarna med att omvandla nya bioråvaror till produkter som kan ersätta fossila bränslen finns ett antal andra faktorer som påverkar möjligheten att använda biomassa för att ställa om industrin. En sådan är kostnad och tillgänglighet på biomassa, både i Sverige och på biomassamarknader utanför Sverige. En annan viktig förutsättning är att uttaget av biomassa sker med hänsyn till andra miljö- och samhällsvärden, som exempelvis bevarande av den biologiska mångfalden eller kolsänkor, för att i ett tidigt skede kunna hantera målkonflikter. Om de bioråvaror som används inom industrin baseras på avfall eller restprodukter är risken för vissa målkonflikter mindre.

¹²³ SSAB:s webbplats, *Jämförelse av olika tekniker för "grönt stål"*. <https://www.ssab.com/sv-se/varumarken-och-produkter/ssab-docol/resurser-avancerat-fordonsstal/automotive-insights/jamforelse-av-olika-tekniker-for-gront-stal> (Hämtad 2025-09-25)

¹²⁴ Energimyndighetens webbplats, *Energimyndigheten stöttar forskning om biokolproduktion integrerat i befintliga kraft- och fjärrvärmepannor*.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/energimyndigheten-stottar-forskning-om-biokolproduktion-integrerat-i-befintliga-kraft-och-fjarrvarmepannor/> (Hämtad 2025-09-23)

¹²⁵ Chalmers webbplats, *Storskalig produktion av biokol som förnybar råvara i den fossilfria värdekedjan inom järn- och stålindustrin*. <https://research.chalmers.se/en/project/10705> (Hämtad 2025-12-19)

¹²⁶ EU-kommissionens webbplats, *Biorefinery Östrand – The first commercial deployment of solid biomass-and-power-to- Sustainable Aviation Fuels technology line-up*.

<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101132801/INNOVFUND> (Hämtad 2025-09-26)

¹²⁷ Biorefinery Östrands webbplats, *Biorefinery Östrand has agreed to an EU innovation grant*. <https://www.biorefineryostrand.com/en/news-and-media/news/granted/> (Hämtad 2025-09-26)

¹²⁸ Biorefinery Östrands webbplats, *En lösning för hållbara transporter*. <https://www.biorefineryostrand.com/sv/bioraffinaderiet/biodrivmedel/> (Hämtad 2025-09-26)

¹²⁹ SVT:s webbplats, *"Ett av Europas viktigaste klimatprojekt" – miljardsstöd till bioraffinaderiet i Östrand*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/ett-av-europas-viktigaste-klimatprojekt-miljardsstod-till-bioraffinaderiet-i-ostrand> (Hämtad 2025-09-26)

Biomassan är en begränsad resurs

Biomassa spelar inte bara en viktig roll för att minska de fossila utsläppen inom industrin utan även för andra sektorer med hög energianvändning såsom transportsektorn och energisektorn. Samtidigt som efterfrågan på bioenergi och råvaror förväntas öka är tillgången på hållbart uttagen biomassa begränsad, vilket riskerar att skapa konkurrens mellan sektorerna.

Regeringens bioekonomiutredning¹³⁰ tog fram en bioekonomistrategi för Sverige som publicerades 2023 och bland annat slog fast olika mål om att öka produktionen av biobränslen, öka substitutionen av fossila bränslen samt öka exportvärdet av bioekonomin. Fokuset ligger alltså på en växande bioekonomi. Detta kan vara önskvärt från många strategiska vinklar, exempelvis en ökad självförsörjningsgrad samt uppfyllande av klimatmål.

Fossilfritt Sverige uppskattar i sin biostrategi¹³¹ att efterfrågan på bioråvaror i oförädlad form år 2045 kommer att överskrida den uppskattade potentialen av hållbart uttagen inhemsk bioråvara¹³² med 56 TWh baserat på vad de olika branscherna har uppgivit i sina färdplaner mot nettonollutsläpp. Enligt strategin kan gapet slutas genom att påskynda elektrifieringen av vägtrafiksektorn och teknikutvecklingen inom värmesektorn (för till exempel djupgeotermi och solvärme) samt med fler effektiviseringsåtgärder inom värmesektorn och i bostäder. Även en viss del inhemsk produktion baserad på främst bi- och restprodukter från skogsbruket förutsätts för att öka utbudet.

I en annan analys gjord av Material Economics¹³³ uppskattas gapet mellan utbud och efterfrågan på bioråvaror inom Sveriges gränser år 2050 att uppgå till mellan 43–146 TWh¹³⁴ omräknat till primärenergi. Även i denna studie föreslås en mer långtgående elektrifiering av vägtransportsektorn och energieffektivisering av byggnadsbeståndet för att sluta gapet, men åtgärdslistan inkluderar även insatser inom flyg och sjöfart (batterier och bränsleceller för korta avstånd), elektrifiering av arbetsmaskiner samt insatser inom industrin. Enligt analysen skulle mellan 10–45 TWh av efterfrågan på bioråvaror kunna reduceras genom direktelektrifiering inom industrin (av låg- och medeltemperaturvärme samt vissa processer inom massa- och pappersindustrin), vätgas (för högtemperaturvärme tills direktelektrifiering är möjlig) och effektiviseringsåtgärder. För att sluta gapet förutsätts även i denna studie en ökad inhemsk produktion. Studien jämför ett mer restriktivt scenario med ett som antar mer långtgående förändringar av skogs- och jordbruksmarker.

I Energimyndighetens långsiktiga scenarier 2025¹³⁵ ökar användningen av biomassarávara i en växande marknad för fossilfria bränslen (främst styrd av EU-

¹³⁰ SOU 2023:84. En hållbar bioekonomistrategi – för ett välmående fossilfritt samhälle. Slutbetänkande av bioekonomiutredningen.

¹³¹ Fossilfritt Sverige, 2021. *Biostrategi för fossilfri konkurrenskraft*. <https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2021/11/Fossilfritt-Sveriges-biostrategi.pdf>

¹³² Enligt strategin uppfyller en hållbart uttagen råvara kriterier om att användningen måste avse ersättning av en fossil råvara och användas effektivt, hushållning med mark, att kolinbindningen ses i ett systemperspektiv och att bioråvaran tar hänsyn till miljömålen.

¹³³ Material Economics, 2021. *Den svenska ekvationen för bioresurser, annex till Klimatagenda för Sverige*. <https://materialeconomics.com/node/11> (Hämtad 2025-12-19)

¹³⁴ Storleken beror på vilka scenarier för efterfrågan av bioenergi som används (220 TWh respektive 300 TWh) samt två olika scenarier med mindre eller större förändringar av de svenska skogs- och jordbrukssektorerna för att tillgodose utbudet (154 TWh eller 177 TWh).

¹³⁵ Energimyndigheten, 2025. *Scenarier över Sveriges energisystem*. ER 2025:13.

<https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1173312576a844f5a08e2c4a2005ccfb&l=t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1>

policy). Ökande efterfrågan på fossilfria bränslen både inom Europa och Sverige leder, allt annat lika, till högre biobränslepriser. Även produktionen av bio- och elektrobränslen inom Sverige lär troligtvis hänga ihop med efterfrågan.

Skogsstyrelsen och SLU tog 2022 fram sex långsiktsscenarier för Sveriges skogar¹³⁶ för att utforska olika förvaltningsalternativ och dess följd effekter. Vilken användning skogen får i framtiden beror på ett antal stridande intressen och strategier. Scenarierna fokuserar på att variera faktorerna: nuvarande brukningsmetoder, ökad avverkning, mer klimatanpassning och fokus på mångfald samt en ökad skogstillväxt. De understryker att Sveriges statistiska resursanvändning (både avverkning av skog och avsatta arealer för naturvård eller skogsskador) är hög i jämförelse med den beräknade potentialen, samt att den ökat de senaste åren. Detta leder till en mer begränsad tillväxtpotential om uttaget sker i samma eller ökad takt, vilket i sin tur leder till ökade intressekonflikter. En begränsad tillgång till bioråvara leder också till ökande priser, som tidigare nämnt. Detta kan motverka omställningen till en ökad biomassa-användning inom industrin, eftersom fler investeringsalternativ blir olönsamma för företagen (om inte också det fossila alternativet ökar lika mycket eller mer i kostnad, genom EU ETS, koldioxidskatter eller andra faktorer).

Hur stor kolinlagringen beräknas bli beror på ett antal faktorer, men för att öka kolinlagringen från svenska skogar på lång sikt, som i scenariot *Dagens skogsbruk*, krävs det att en viss del av tillväxten inte avverkas. Detta innebär även att råvarutillgången troligtvis är det som främst kommer att begränsa inhemsk biobränsleproduktion. Klimatnyttan med att behålla en del av tillväxten i skogen och klimatnyttan med att byta till biobränslen behöver därför vägas mot varandra. Från perspektivet att minska dessa målkonflikter kan det vara önskvärt att elektrifiera de processer som kan elektrifieras snarare än byta till biobränslen för samtliga processer, så att biomassan används där den behövs mest.

Lagstiftning och styrmedel påverkar förutsättningarna för biomassa-användning

På EU-nivå har flera lagstiftningar införts för att bidra till att uppnå unionens klimatmål. Flera av dessa regelförändringar eller nya regler avser att främja användning av hållbara biobränslen, så som mer ambitiösa målnivåer för andelen förnybar energi i slutanvändningsledet år 2030 i det omarbetade förnybartdirektivet (RED III)¹³⁷ vad gäller både det övergripande EU-målet¹³⁸ samt redan tidigare befintliga sektorsspecifika mål så som transportsektorsmålet¹³⁹. För industrin införs även nya sektorsspecifika målsättningar i form av ett indikativt mål om en ökande årlig andel förnybar energi i slutanvändningsledet samt bindande mål om andel förnybar vätgas inom industrin.¹⁴⁰ Under andra halvan av 2023 trädde även två nya

¹³⁶ Skogsstyrelsens webbplats, *Skogliga konsekvensanalyser*. <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/skogliga-konsekvensanalyser/> (Hämtad 2025-09-23)

¹³⁷ Förnybartdirektivet (EU) 2023/2413. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>

¹³⁸ Från 32 till 42,5 procent år 2030.

¹³⁹ Från 14 till 29 procent, och det införs en alternativ målformulering om en 14,5 procent minskning av växthusgasintensiteten av energin som används i sektorn till 2030.

¹⁴⁰ Dels ett indikativt mål om en årlig ökning av andel förnybar energi med 1,6 procent, dels ett bindande mål om att minst 42 procent av all vätgas som används inom industrin ska uppfylla kraven för att få klassas som ett bränsle av icke-biologiskt ursprung, ett s.k. RFNBO, till 2030 och 60 procent till 2035. I det omarbetade direktivet omfattas för första gången även bränslen för användning för "icke-energiändamål".

förordningar i kraft – *FuelEU Maritime*¹⁴¹ och *ReFuelEU Aviation*¹⁴² – som syftar till att fasa ut fossila bränslen ur flyg- och fartygssektorn. För flygsektorn införs gradvis ökande minimikvoter för andel hållbart flygbränsle (SAF) och syntetiska flygbränslen från 2025 medan fartygssektorn blir ålagda att från 2025 årligen minska den genomsnittliga koldioxidintensiteten på sitt bränsle med en gradvis ökande nivå. I samband med omarbetningen av gasmarknadspaketet¹⁴³ har rättsakterna breddats från att tidigare endast omfattat naturgas till att nu även omfatta vätgas, förnybara gaser (så som biogas) och koldioxidsnåla gaser i syfte att främja upptag och spridning av dem i energisystemet. Flygregelverket ReFuelEU har angett ett minsta försörjningsmandat i Europa för ett hållbart flygbränsle (SAF) som startar på 2 procent år 2025 och som ökar till 70 procent år 2050. Under 2024 har SAF-produktionen endast motsvarat 0,53 procent av den globala jetbränsleanvändningen¹⁴⁴. Den svenska reduktionsplikten för flygfotogen tas bort från 2025 och ersätts av EU:s reduktionsplikt via förordningen ReFuelEU Aviation¹⁴⁵.

Efter att inblandningskvoten år 2024 sänktes från 12,5 procent för bensin och 50 procent för diesel till 6 procent för båda drivmedlen har regeringen under 2025 höjt reduktionsplikten till 10 procent för både diesel och bensin. Drivmedelsleverantörer som är skatteskyldiga för bensin och diesel kan också använda sig av elkrediter från försäljning av fossilfri el från publika laddningsstationer.¹⁴⁶

Vid sidan av regelverk som främjar hållbarhetsklassad bibränsleanvändning har det på EU-nivå även införts regelförändringar som kan komma att påverka möjligheten till uttag av biomassa för energiändamål. Detta involverar ambitionshöjningen i LULUCF-förordningen¹⁴⁷ som innebär att medlemsstaterna ska öka nettoupptaget av växthusgaser i markanvändningssektorn. För Sveriges del innebär det att det årliga nettoupptaget ska vara 4 miljoner ton högre år 2030 jämfört med perioden 2016–2018. Miljömålsberedningen redovisade sitt strategiförslag i februari 2025 på hur Sverige ska nå målen om biologisk mångfald respektive nettoupptag av växthusgaser från markanvändningssektorn (LULUCF) inom EU och internationellt. I samband med redovisningen av strategin fick Miljömålsberedningen ett tilläggsdirektiv om att analysera hur styrningen mot etappmålet 2030 påverkas av EU:s Fit for 55-paket samt lämna förslag på hur de svenska etappmålen bör utformas. Tilläggsuppdraget redovisades i oktober 2025 och uppdraget föreslår en ny utformning av det svenska etappmålet till 2030. Enligt Miljömålsberedningen har EU-kraven skapat en tydlig styrning mot omställningen som sammanfaller väl med Sveriges inriktning och målsättning. Utredningen föreslår också att målsättningen ska vara linjär och att det behövs regler på hur man ska bokföra flexibilitetsåtgärder som koldioxidupptag i skog

¹⁴¹ Förordningen om användning av förnybara och koldioxidsnåla bränslen för sjötransport (*FuelEU Maritime*) (EU) 2023/1805. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1805>

¹⁴² Förordningen om säkerställande av lika villkor för hållbar lufttransport (*ReFuelEU Aviation*) (EU) 2023/2405. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R2405-20231031>

¹⁴³ Omfattar förordningen om de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1789, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401789, samt direktivet om gemensamma regler för de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1788, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401788.

¹⁴⁴ EU-kommissionens webbplats, *ReFuelEU Aviation*. https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueeu-aviation_en (Hämtad 2025-10-10)

¹⁴⁵ Naturvårdsverkets webbplats, *Utsläpp av biogen koldioxid från förbränning av biomassa i Sverige*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/utslapp-av-biogen-koldioxid-fran-forbranning-av-biomassa-i-sverige/> (Hämtad 2025-10-10)

¹⁴⁶ Energimyndighetens webbplats, *Reduktionsplikt*. <https://www.energimyndigheten.se/klimat/transporter/reduktionsplikt/> (Hämtad 2025-10-10)

¹⁴⁷ LULUCF-förordningen (EU) 2018/841. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0841-20230511>

och mark, utsläppsminskningar som sker utanför Sveriges gränser samt avskiljning och lagring av koldioxidförbränning av biobränslen, så kallat Bio-CCS.¹⁴⁸

I augusti 2024 trädde även EU:s omdebatterade naturrestaureringslag¹⁴⁹ i kraft som syftar till att bevara och restaurera EU:s ekosystem. Lagen innehåller bindande mål för restaurering av specifika ekosystem, levnadsmiljöer och arter som ska täcka minst 20 procent av EU:s mark-, havs- och vattenytor till 2030 och att alla sådana ytor är i behov av restaurering till 2050. Inom två år från det att förordningen trädde i kraft ska varje medlemsstat rapportera en nationell restaureringsplan som beskriver planerade åtgärder för att nå målet. Naturvårdsverket har fått i uppdrag att tillsammans med fem andra myndigheter samordna ett förslag till nationell plan för naturrestaurering som ska presenteras för regeringen senast februari 2026.¹⁵⁰ En aviserad bioekonomistrategi för EU ska även presenteras i slutet av 2025.

3.3 Elektrifiering

El har en viktig roll i industrins omställning eftersom den kan ersätta många fossila energibärare och de förbränningsutsläpp de ger upphov till. Sverige har goda förutsättningar till ett sådant skifte tack vare en hög andel fossilfri el. Här har också svensk industri, mycket tack vare de historiskt sett låga elpriserna, redan kommit långt. Industrisektorn använder i många tillämpningar el framför bränslen, för omvandling till mekaniskt arbete och/eller värme. Med teknisk utveckling skulle el kunna användas i fler processer som kräver mycket höga temperaturer och som idag förlitar sig på fossila bränslen som värmekälla. Även om det inte är möjligt att använda el för att direkt ersätta fossilbaserade råvaror som används i produktionsprocesser kan fossilfri el möjliggöra nya processer och råvaror som i sin tur minskar de processrelaterade utsläppen, så kallad indirekt elektrifiering. Ett exempel är elektrometanol som har samma egenskaper som fossil metanol men framställs genom att kombinera fossilfri vätgas genom elektrolys med infångad koldioxid.

3.3.1 Fossilfri el möjliggör nya råvaror som kan ersätta fossilbaserade råvaror

Med hjälp av el kan olika råvaror omformas till andra insatsvaror som ersätter fossilbaserade råvaror i vidare processer. En stor potential för att använda el i helt nya tillämpningar finns inom petrokemisk industri och raffinaderier. Dessa utgår från kolväten, företrädesvis fossilbaserade, som på olika sätt bryts sönder, slås samman och omformas till olika slutprodukter. El gör det möjligt att utgå från annat än fossila kolväten vid framställning av s.k. elektrobränslen och elektrokemikalier genom att använda elektrolysframställd vätgas. Nya typer av insatsvaror framställda med el avser bland annat:

- **fossilfri vätgas** som kan ersätta vätgas producerad från naturgas och användas i nya processer så som att ersätta den kolbaserade masugnsprocessen i stålframställningen (se avsnitt 3.4 om vätgas),

¹⁴⁸ SOU 2025:107 Sveriges Nationella Klimatmål- uppdaterat etappmål till 2030

¹⁴⁹ Förordningen om restaurering av natur (EU) 2024/1991. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=1722240349976>

¹⁵⁰ Naturvårdsverkets webbsida, EU-Förordning för att restaurera natur (Hämtad: 2025-10-30)

- **specialkemikalier** som kan ersätta fossilbaserade kemikalier och som framställs genom att kombinera el med olika råvaror, exempelvis alkoholer,
- **elektrobränslen** samt **elektrokemikalier** som framställs genom att vätgas som producerats genom elektrolys av vatten, får reagera med koldioxid (eller kväve) för att bilda exempelvis metanol, bensen, ammoniak eller eten, som i sin tur användas för framställning av en mängd olika produkter.

För att producera elektrobränslen och elektrokemikalier behövs både tillgång till fossilfri el och en lämplig koldioxidkälla. Ett alternativ som utforskas är att använda infångad koldioxid genom s.k. CCU (se avsnitt 0).

3.3.2 Drivkrafter och hinder för elektrifiering av industriprocesser

Potentialen är stor när det gäller att elektrifiera petrokemisk industri och raffinaderier. År 2020 genomförde RISE en studie över drivkrafter och hinder för implementering av så kallade *Power-to-X*-tekniker i det Västsvenska kemi- och materialklustret.¹⁵¹ Flera företag, däribland Preem och Borealis, ingick som intervjuobjekt¹⁵². Även om studien avgränsar sig till dessa sektorer är de övergripande resonemangen tillämpbara på fler sektorer, om än i överförd bemärkelse.

Power to X

Power-to-x (P2X) är en övergripande term för ett antal konverterings-, lagrings- och omvandlingsvägar som använder el från förnybar energi, vanligtvis sol och vind. X:et står för den typ av energi som elen omvandlas till, vanligtvis gaser, vätskor eller värme.

Drivkrafterna för industriell elektrifiering uttrycks på olika sätt av de deltagande företagen. Beroende på industrisektor uttrycks det i mer generella drivkrafter, såsom minskning av växthusgasutsläpp eller övergång till en cirkulär ekonomi, genom olika politiska styrmedel eller marknadsmekanismer såsom EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS), reduktionsplikten för drivmedel eller efterfrågan på hållbara produkter.

Förutom tillgång till fossilfri el, i tillräcklig mängd och till ett konkurrenskraftigt pris (se avsnitt 3.3.3) nämns ett antal hinder för elektrifiering som kan grupperas under följande kategorier:

- Tekniska hinder – många elektrifieringstekniker behöver demonstreras via pilotprojekt innan de skalas upp och implementeras på stor skala. För elektrokemiska metoder är förbättrad och patenterad teknik en förutsättning för bibehållen konkurrenskraft. Samtidigt finns det en risk att dessa tekniker väljs bort om alternativa katalytiska eller kemiska metoder upptäcks.
- Integration med övriga industriprocesser och lokala förutsättningar – det råder osäkerhet kring flera av elektrifieringsteknikerna och hur deras införande påverkar driften av processanläggningarna. Det är inte självklart hur systemet bäst bör utformas och integreras, där elektrifiering ofta bara är en del av den nödvändiga omställningen vid sidan av biobaserade råvaror och bränslen, CCS och CCU samt materialåtervinning. Dessutom krävs rätt lokala förutsättningar, exempelvis tillgång till koldioxid, vatten, förnybar el och nätkapacitet på samma

¹⁵¹ RISE, 2020. *Opportunities and barriers for implementation of Power-to-X (P2X) technologies in the West Sweden Chemicals and Materials Cluster's process industries.* https://klimatledande.lindholmen.se/sites/default/files/2024-01/mojligheter-och-hinder-p2x_final.pdf

¹⁵² Läs studien för en mer grundlig genomgång av företagsspecifika utmaningar.

plats för produktion av elektrobränslen.

- Vatten och miljö – exempelvis miljö- eller säkerhetsproblem med mediatorer i elektrokemiska processer eller att elektrokemiska produkter är förorenande eller innehåller cancerframkallande ämnen.
- Långa ledtider – särskilt när det gäller att få tillgång till högspänning, godkända miljötillståndsansökningar och processer kopplat till efterlevnad av Sevesodirektivet¹⁵³. Eftersom elektrifiering innebär nya processer saknas kunskap, som måste byggas upp inom bland annat tillsyns- och tillståndsmyndigheter. En stor utmaning är att få de olika processerna att gå i takt.
- Politisk risk och styrning – deltagande företag anser inte att EU ETS hittills varit en stark drivkraft för betydande utsläppsminskningar. Kostnaderna för koldioxidutsläpp har endast en marginell påverkan på de direkta produktionskostnaderna. Behovet av att skapa en marknad även för ”negativa utsläpp” nämns också, se mer under avsnitt 3.5.4.

När det gäller statligt stöd uttrycker vissa av de intervjuade en preferens för produktionsinriktat stöd. Samtidigt menar andra företag att de inte vill se ett direkt produktionsstöd, även om någon form av stöd för uppskalning av ny teknik skulle kunna vara motiverat. Ett exempel är Industriklivets stöd till förstudier, forsknings-, pilot- och demonstrationsprojekt. Politisk risk tas också upp som ett hinder i vissa intervjuer, med betoning på vikten av tydliga och långsiktiga styrmedel.

3.3.3 Stora utmaningar för en omfattande elektrifiering

För att nå klimatmålen kommer det krävas en omfattande elektrifiering av samtliga samhällssektorer. De utmaningar som en sådan elektrifiering innebär är således inte industrispecifika, men är särskilt relevanta för industrins omställning med tanke på sektorns höga energianvändning och att det framtida energibehovet i stor utsträckning kan komma att behöva tillgodoses med fossilfri el.

Nationella utmaningar för en omfattande elektrifiering

För att möta den höga efterfrågan på el som förutspås för att klara klimatomställningen behövs en utbyggnad av både elproduktionen och överföringskapaciteten. Enligt Energimyndighetens långsiktiga scenarier som publicerades i mars 2025¹⁵⁴ kan elanvändningen komma att öka från 134 TWh 2023 till mellan 223 och 357 TWh 2050. Skillnaden i elanvändningen mellan det högsta och lägsta scenariot är cirka 134 TWh år 2050. Skälen till den stora ökningen av el i högsta scenariot ”Internationell tillväxt”, är framför allt en ökad vidareförädling av inhemska råvaror, nyindustrialisering och global digitalisering. Drivkrafterna är i huvudsak möjligheter till ökad export av varor och tjänster och är kopplade till en global omställningstrend snarare än en inhemsk strävan mot nettonollutsläpp. I detta

¹⁵³ MSB:s webbplats, *Seveso*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farlaga-amnen/seveso/> (Hämtad 2025-05-16)

¹⁵⁴ Energimyndigheten, 2025. *Scenarier över Sveriges energisystem*. ER 2025:13. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1173312576a844f5a08e2c4a2005ccfb&l=t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1>

scenario mer än fördubblas industrins direkta elanvändning från 44 till 92 TWh mellan 2023 och 2050.

I mars 2024 lade regeringen fram en proposition om energipolitikens långsiktiga inriktning¹⁵⁵ som syftar till att möta ett ökande elbehov på kort, medellång och lång sikt, samt till att säkra en trygg energiförsörjning och en effektiv klimatomställning. I propositionen föreslås införandet av två nya energipolitiska mål i form av ett planeringsmål och ett leveranssäkerhetsmål för elsystemet samt en översyn av det nationella energieffektiviseringsmålet. Målen syftar till att skapa långsiktighet och tydlighet för aktörer att fatta beslut som går i linje med de övergripande energi- och klimatpolitiska målen. Den förra regeringen presenterade i en elektrifieringsstrategi¹⁵⁶ tolv övergripande punkter med en lång rad nödvändiga åtgärder för att möjliggöra en omfattande elektrifiering. Energimyndigheten har till följd av strategin bland annat fått i uppdrag att samordna en nationell kraftsamling kring kompetensförsörjningen för elektrifieringen och att analysera effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen. I kompetensuppdraget har en första kartläggning av elektrifieringens sysselsättningseffekter gjorts, där bland annat 35 bristyrken som bedöms som kritiska för elektrifieringen identifieras.¹⁵⁷

Geografiska skillnader i elproduktion och överföringskapacitet

Sverige har fyra elprisområden. Till följd av uppdelningen av den svenska elmarknaden kan prisskillnaderna variera kraftigt mellan norra Sverige, där landets elproduktion är koncentrerad och överföringskapaciteten är god, och södra Sverige som har en begränsad produktion och fler flaskhalsar i elnätet. Ur ett industriperspektiv innebär det geografiska skillnader i förutsättningarna för att övergå till direktelektrifiering eller elintensiva processer som exempelvis vätgas eller CCS. Med andra ord har industri lokaliserad i södra Sverige, såsom raffinaderi- och kemiindustrin, i närtid sämre förutsättningar att ställa om till elintensiva processer. Enligt Energimyndighetens långsiktiga scenarier sker en kritisk fas i omställningen omkring 2030.¹⁵⁸ Detta då flera branscher inom industrin har planer på omställning samt utökad och ny produktion runt detta år. Här ses en betydande risk för att flaskhalsar uppstår när behovet av ett utbyggt elnät är ett måste för att möta industrins ökade elbehov. Bortom 2030 bedöms den produktion och infrastruktur som omställningen kräver kunna planeras och genomföras förutsatt att ledtider kortas ned för att möta den ökade användningen.

Industrin kan bidra med efterfrågeflexibilitet

Elektrifiering leder till en ökad elanvändning inom industrin och i andra sektorer. Förutom en utbyggnad av elproduktion och överföringskapacitet är insatser som bidrar till att minska och/eller balansera energianvändningen viktiga pusselbitar för att trygga energiförsörjningen i omställningen. Här kan industrin spela en nyckelroll genom att vidta flexåtgärder som innebär att användningen förflyttas i tid för att anpassas efter pris och effekttillgång. På så sätt kan uttaget av el optimeras baserat på fluktuationer i tillgång på nätet vilket bidrar till att hålla ned kostnader och undvika toppbelastning.

¹⁵⁵ Regeringens proposition 2023/24:105. *Energipolitikens långsiktiga inriktning*.

¹⁵⁶ Regeringen, 2022. *Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning*.

¹⁵⁷ Energimyndigheten, 2024. *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering*. ER 2023:28. <https://energimyndigheten.a-2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=7e03d5cdf3da46bf9e5651e6708eee53>

¹⁵⁸ ER 2023:07 (uppdaterade december 2023)

Förutsättningarna för att öka effektuttaget för att möjliggöra en ökad elektrifiering ser olika ut i olika delar av landet, eftersom flaskhalsar i elnäten begränsar överföringskapaciteten. Att ha viss flexibilitet i sin efterfrågan på el kommer troligtvis att bli en förutsättning för den elintensiva industrin av ekonomiska skäl, inte minst vid kraftigt fluktuerande elpriser. Exempelvis kan industrier som använder vätgas som bränsle eller i sin produktion investera i större produktionskapacitet än vad som behövs för att klara sina kortsiktiga behov (se avsnitt 3.4.6). Det ger möjlighet att lagra ett överskott av vätgas under perioder då elpriserna är förmånliga för att kunna användas under perioder med högre elpriser. På så sätt kan industrin även bidra till att balansera elnätet och minska risken för effekttoppar i systemet. Ur ett ekonomiskt perspektiv skulle en sådan flexibilitet ha positiva effekter på priselasticiteten på elmarknaden.¹⁵⁹ Vid riktigt höga elpriser kan det eventuellt vara intressant att omvandla vätgas till el som matas tillbaka in på nätet, men det kräver investeringar i bränsleceller eller turbiner, och det är osäkert om sådana investeringar blir bärkraftiga om de inte används frekvent.

En ansats att uppskatta industrins flexibilitetspotential

I en nyligen publicerad rapport¹⁶⁰ gör Energimyndigheten en ansats att uppskatta en total kvantitativ flexpotential från industrin. Skattningen baseras på andel flexibel last hos tillfrågade företag (24 st) inom elintensiva sektorer, elbehov från Energimyndighetens scenarioanalys samt uppskattade lastprofiler för olika branscher från Profu. Genom intervjuer framkommer att industrin har möjlighet att vara flexibel med cirka 5 till 15 procent av sin elanvändning i närtid utan stora investeringar. Till 2030 uppskattas den potentiella teoretiska potentialen¹⁶¹ uppgå till drygt 5000 MW. Förutsättningarna och möjligheterna varierar dock mellan och inom branscher. Att vara flexibel innebär oftast en kostnad för en industri, antingen genom ett produktionsbortfall eller genom att det krävs en överkapacitet i hela eller delar av processen.

Det saknas marknadsmässiga förutsättningar för industrin att vara flexibel i sin användning

Industrins främsta fokus är att upprätthålla sin kärnverksamhet och leverera produkter till kunder på ett tillförlitligt sätt. Lönsamhet är avgörande, och även om kostnadsminskningar är viktiga, prioriteras stabil produktion och leveransförmåga högre än exempelvis optimering av elförbrukning. Många industriella processer är svåra att stänga av, särskilt med kort varsel, vilket gör flexibel elanvändning utmanande. Att tillfälligt minska elförbrukningen kan vara kostsamt och påverkas av faktorer som konjunktur, produktionsnivå och driftförhållanden. Dessutom kan frekventa justeringar i energianvändningen leda till ökat slitage på utrustning, vilket i sin tur innebär högre underhållskostnader och kortare livslängd för viktiga komponenter.

¹⁵⁹ IVA, 2022. *Om vätgas och dess roll i elsystemet*.

<https://www.iva.se/contentassets/62a4c0d2e21e4b289541377c2942ad64/202501-iva-vatgasprojektet-syntesrapport-rev3.pdf>

¹⁶⁰ Energimyndigheten, 2025. *Flexibilitet inom elsystemet - målgruppsanpassad information och potentialbedömningar*. ER 2025:20. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=ed6ce20a2a534c298e62512d19c359dc&q=Flexibilitet&lstqty=1>

¹⁶¹ Den teoretiska potentialen är ett referensvärde för hur stor effekt som skulle tillgängliggöras om industrin reglerade ner sin effektanvändning från 95-percentilen till 5-percentilen, eller upp från 5-percentilen till 95-percentilen.

Många industrier har lyft att någon form av överkapacitet krävs för att möjliggöra flexibel elanvändning och för att undvika produktionsbortfall.¹⁶² I viss utsträckning finns detta idag men större volymer av överkapacitet skulle kräva större investeringar. Tillgänglig flexibilitet inom industrin varierar beroende på konjunktur, orderingång och produktionsplanering, vilket gör det svårt att generalisera. Under högkonjunktur och hög orderingång är det mer utmanande för industrin att vara flexibel, eftersom det blir svårare att kompensera för förlorad produktion utan att det blir kostsamt. Utöver investeringar i överkapacitet kan det även krävas nya styrsystem, mätutrustning och sensorer, med efterföljande underhåll, uppgraderingar och personalutbildning.

Flera industrier framhåller också att det ibland finns en målkonflikt mellan flexibel elanvändning och aspekter kopplade till miljömålen, till exempel energieffektivisering eller minskade koldioxidutsläpp. Om en process kan minska sin elanvändning och vara flexibel, kan samma process kanske energieffektiviseras och därmed minska sin elanvändning generellt, men då minskar också möjligheten till flexibel användning. Ibland kan en flexibel elanvändning även innebära att man byter till en annan energibärare med högre koldioxidutsläpp.

Slutligen är marknads- och policyrelaterade osäkerheter en väsentlig utmaning när det gäller investeringar i flexibilitet. Intäkter från efterfrågeflexibilitet är beroende av elmarknadspriser och regleringsmässiga ramverk, vilka kan vara volatila eller förändras över tid. Om ersättningen för efterfrågeflexibilitet minskar kan det bli svårt att motivera de initiala investeringar som krävs. Därtill råder osäkerhet kring framtida elmarknadsstrukturer och vilka stöd- och incitamentssystem som kommer att finnas tillgängliga för aktörer som tillhandahåller flexibilitetstjänster.

3.4 Vätgas

Vätgas ser ut att få stor betydelse i industrins omställning. Redan idag används vätgas som råvara inom processindustrin, och framöver kan vätgas komma att användas som råvara även vid framställning av elektrobränslen och elektrokemikalier. Förutom som råvara kan vätgas komma att användas som energibärare för att ersätta fossila energibärare och de förbränningsutsläpp de ger upphov till. Oavsett hur vätgasen används är det dock viktigt att den, om den ska vara ett relevant omställningsalternativ, tillverkas fossilfritt. Den vätgas som i dagsläget används inom processindustrin är nästan uteslutande producerad av naturgas, men i dessa industrier sker ett arbete för att reducera processutsläppen, bland annat genom att använda fossilfri vätgas. Fossilfri vätgas kan fylla tre funktioner i den svenska industrins klimatomställning;

- **ersätta den fossila vätgas** som används idag i industrin (cirka 6 TWh¹⁶³), främst som råvara i raffinaderier och i den kemiska industrin. Ett exempel är produktion av biodrivmedel i raffinaderier där behovet av vätgas som insatsvara ökar i och med en ökande andel biogen råvara (läs mer i avsnitt 4.1.3).
- **ersätta andra fossila bränslen och råvaror** i olika industriprocesser (exempelvis naturgas, kol eller olja) där det mest framstående exemplet är

¹⁶² Energimyndigheten, 2025. *Flexibilitet inom elsystemet - målgruppsanpassad information och potentialbedömningar*. ER 2025:20.

¹⁶³ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft, vätgas*.
<https://fossilfritt Sverige.se/strategier/vatgas/>

direktreducering med vätgas i järn- och stålproduktionen som kan ersätta kolbaserad stålframställning (läs mer i avsnitt 4.1.2).

- **Användas i nya tillämpningar** vid framställning av olika produkter i kombination med infångad koldioxid. Vätgas kan till exempel användas som råvara i framställningen av elektrobränslen och elektrokemikalier. En sådan produktion är inte begränsad till en särskild bransch, utan alla aktörer som kan ta vara på större flöden av koldioxid är potentiella producenter (läs mer i avsnitt 3.6).

3.4.1 Vätgasens klimatnytta beror på tillverkningsprocessen

I Sverige tillverkas vätgas främst genom ångreformering av naturgas vid raffinaderier.

¹⁶⁴ Med CCS-teknik kan koldioxidutsläppen minska med upp till 99 procent¹⁶⁵, men för att vätgasen ska bli helt fossilfri krävs elektrolys med fossilfri el. I länder med kolintensiv elmix kan elektrolys ge sämre klimatprestanda än naturgasbaserad vätgas utan CCS. Sveriges elmix, med låg fossil andel, gör elektrolys till ett renare alternativ.

Den svenska elmixen möjliggör också produktion av vätgas som uppfyller hållbarhetskraven för att klassas som ett förnybart bränsle (RFNBO)¹⁶⁶. För detta krävs minst 70 procent lägre utsläpp än fossila alternativ och att elen är förnybar. El från nätet räknas som förnybar om elprisområdet har över 90 procent förnybar produktion eller utsläppsintensitet under 18 gCO₂ekv/MJ.¹⁶⁷ År 2023 uppfyllde alla svenska elprisområden kravet på utsläppsintensitet¹⁶⁸, och SE1 samt SE2 uppfyllde även kravet på förnybar andel.

3.4.2 Stora satsningar på vätgas inom EU

Vätgas tillskrivs en nyckelroll för att EU ska nå sina energi- och klimatmål och det sker stora satsningar på att få till en europeisk vätgasmarknad.¹⁶⁹ Sedan 2020 har EU satt mål om att producera tio miljoner ton förnybar vätgas till 2030, vilket efter Rysslands invasion av Ukraina kompletterades med ett lika stort importmål för att stärka energisäkerheten.¹⁷⁰ EU:s nuvarande kommission (2024–2029) fortsätter att prioritera vätgas¹⁷¹, bland annat genom initiativ som den Europeiska vätgasbanken, som finansieras via utsläppshandelssystemet och stödjer produktion av RFNBO-vätgas genom omvända auktioner. Två rundor har hållits hittills, med särskilt fokus på

¹⁶⁴ Ångreformeringen är normalt uppdelat i två processteg, där det första är energiintensivt och sker vid en hög temperatur (700–1000 grader). För att öka utbytet av metan till vätgas kan kolmonoxid som bildas i det första processteget skiftas till vätgas genom en efterföljande lågtemperaturprocess.

¹⁶⁵ Barlow m.fl. för Global CCS Institute, 2023. *State of the art: CCS technologies 2023*. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/state-of-the-art-ccs-technologies-2023/>

¹⁶⁶ Förnybartdirektivet (EU) 2023/2413.

¹⁶⁷ För att kriteriet om utsläppsintensitet ska anses uppfyllt behöver även bränsleproducenten ha långsiktiga avtal om elinköp, s.k. PPA:er (Power purchase agreement).

¹⁶⁸ Energimyndigheten, 2025. *Energiindikatorer 2025*. ER 2025:05.

¹⁶⁹ EU:s vätgaspolitik beskrivs mer utförligt i en underlagsrapport till Energimyndighetens regeringsuppdrag om att samordna arbetet med vätgas i Sverige, se Energimyndigheten, 2024. *Vätgasens utveckling nationellt och internationellt*. ER 2024:26. https://energimyndigheten.a-w2m.se/arkitektkopia/GetTemplateResource/121?id=02fe52d2647c4d74957b78289f8e134c&res=91f73f4d47dd4827b8553a623d917a2d&lr=False&fn=ER%202024_26webb.pdf&elp=portal&elt=t&eloid=02fe52d2647c4d74957b78289f8e134c

¹⁷⁰ EU-kommissionens meddelande, 2022. *REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy*. COM/2022/108 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A108%3AFIN>

¹⁷¹ Von der Leyen, U., 2024.

sjöfart och europeisk tillverkning av elektrolysörer¹⁷². En tredje runda planeras till slutet av 2025.¹⁷³ Hittills har inga projekt lokaliserade i Sverige gått vinnande ur auktionsrundorna.

För att främja industriell användning av förnybar vätgas har REDIII¹⁷⁴ infört mål om att 42 procent av industrins vätgas ska vara RFNBO år 2030, och 60 procent år 2035. Även transportsektorn påverkas genom *FuelEU Maritime*¹⁷⁵ och *ReFuelEU Aviation*¹⁷⁶, som främjar syntetiska bränslen. En särskild vätgasmekanism har lanserats för att matcha köpare och säljare och underlätta investeringar.¹⁷⁷

EU:s IPCEI-regelverk är en mekanism för att främja genomförandet av gränsöverskridande FoU-och industriprojekt som bedöms ha särskild betydelse för europeisk utveckling. Fyra IPCEI-projekt har godkänts, däribland Hy2Use där LKAB:s demonstrationsanläggning för direktreduktion av järnmalmspellet till järnsvamp i Gällivare ingår.¹⁷⁸ Totalt har 19 miljarder euro i statsstöd godkänts, med förväntade privata investeringar på ytterligare 25 miljarder, även om få projekt nått investeringsbeslut.¹⁷⁹

EU stödjer också vätgasinfrastruktur genom PCI-projekt – *projects of common interest*. På den senaste listan från november 2023 finns 65 vätgasrelaterade projekt, inklusive importanläggningar, elektrolysörer och lagring. Två projekt med koppling till Sverige – Nordic Hydrogen Route och Baltic Sea Hydrogen Collector – har fått sammanlagt en halv miljard kronor i stöd¹⁸⁰. I EU:s nya långtidsbudget för 2028-2034 föreslås CEF-fonden öka kraftigt, särskilt för energiområdet¹⁸¹, för att främja en sammanlänkad energionion.

3.4.3 Gasmarknadspaketet (GMP) och dess effekter för inträde och spridning av vätgas i energisystemet

Ytterligare en pusselbit för att främja vätgas i energisystemet är införslsen av regler och lagstiftningsförslag om transport- och lagringsinfrastruktur för förnybar och koldioxidsnål vätgas i omarbetningen av det s.k. gasmarknadspaketet¹⁸² som tidigare begränsats till fossil naturgas. Syftet är att skapa ett rättsligt ramverk för att upprätta

¹⁷² EU-kommissionen, u.å. *Innovation Fund IF24 Auction: Terms and Conditions*.

https://climate.ec.europa.eu/document/download/b996825e-cd36-44c1-895d-a780062f626d_en?filename=policy_funding_innovation_fund_if24_auction_tc_en.pdf

¹⁷³ EU-kommissionen, 2025. *Innovation Fund IF25 Hydrogen Auction: Draft Terms and Conditions*. https://climate.ec.europa.eu/document/download/ee3b468a-ee39-4748-b3be-5ce8f0fd4652_en?filename=policies_if_draft_tc_if25_auction_h2_en.pdf

¹⁷⁴ Förnybartdirektivet (EU) 2023/2413.

¹⁷⁵ FuelEU Maritime (EU) 2023/1805.

¹⁷⁶ ReFuelEU Aviation (EU) 2023/2405.

¹⁷⁷ EU-kommissionens webbplats, *Mechanism to support the market development of hydrogen*.

https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/hydrogen/european-hydrogen-bank/mechanism-support-market-development-hydrogen_en (Hämtad 2025-09-24)

¹⁷⁸ LKAB:s webbplats, *Positivt besked om stöd till LKAB och HYBRIT*.

<https://lkab.com/press/positivt-besked-om-stod-till-lkab-och-hybrit/> (Hämtad 2025-11-04)

¹⁷⁹ Hydrogen Insights webbplats, *Billions of euros allocated, but only 21% of green hydrogen projects awarded IPCEI funding by EU have reached FID*.

<https://www.hydrogeninsight.com/policy/billions-of-euros-allocated-but-only-21-of-green-hydrogen-projects-awarded-ipcei-funding-by-eu-have-reached-fid/2-1-1811477> (Hämtad 2025-11-04)

¹⁸⁰ Nordion energis webbplats, *EU tilldelar en halv miljard kronor till Nordion Energis vätgasprojekt*.

¹⁸¹ EU-kommissionens webbplats, *Questions and answers on the next long-term budget*.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_25_1848 (Hämtad 2025-11-04)

¹⁸² Omfattar förordningen om de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1789 samt direktivet om gemensamma regler för de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1788.

en EU-marknad för förnybara och koldioxidsnåla gaser som underlättar inträde och spridning av dem i energisystemet. Regelverket är avgörande för att möjliggöra inträde och spridning av förnybar och koldioxidsnål vätgas i energisystemet, men det har ifrågasatts om det är lämpligt att tillämpa en mogen och strikt reglerad modell på en ny, osäker och snabbt växande marknad.

Direktivet innehåller bestämmelser om certifiering och avknoppning av vätgasnätoperatörer, konsumentskydd, tredjepartstillträde (TPA), samt harmonisering av vätgasdefinitioner med EU:s RED II/III. Vätgas definieras som koldioxidsnål om den ger minst 70 procent utsläppsreduktion jämfört med fossil naturgas. TPA införs fullt ut från 1 januari 2033 och syftar till att skapa den långsiktiga regulatoriska förutsägbarhet som krävs för investeringar.

Trots framsteg kvarstår flera utmaningar: varierande nationella förutsättningar, långsamma tillståndprocesser, osäker efterfrågan inom industri, transport och elproduktion och höga transportkostnader¹⁸³. För att skapa en fungerande marknad kan offentliga incitament som upphandling eller kvotplikt bli nödvändiga.

3.4.4 Trots politiskt fokus går utvecklingen ännu trögt

I och med omarbetningen av gasmarknadspaketet fick den europeiska byrån för samarbete mellan tillsynsmyndigheter inom energiområdet, Acer, ett utökat uppdrag att följa utvecklingen på vätgasområdet. En första rapport publicerades i november 2024. Acer utgår i rapporten från de mål EU satt upp, exempelvis tidigare nämnda mål, ett produktionsmål om 10 miljoner ton inom unionen till år 2030 samt det lika stora importmålet. I rapporten är Acers slutsats att trots att en vätgasmarknad är under utveckling så ser EU ut att missa flera av de uppsatta målen, och det med stor marginal.¹⁸⁴

Målet att producera 10 miljoner ton förnybar vätgas till 2030 ställs i rapporten mot nuvarande produktion genom elektrolys på motsvarande 0,02 miljoner ton. För att nå produktionsmålet behövs enligt Acer mellan 95 och 140 GW elektrolyskapacitet, men 2023 fanns bara lite mer än 0,2 GW installerad elektrolyskapacitet i EU som helhet. Enligt Acer finns ytterligare 1,8 GW elektrolyskapacitet under konstruktion som kan väntas tas i bruk i slutet av 2026. Utöver det finns ytterligare 60 GW som offentliggjorts som del av vätgasprojekt som planeras tas i bruk till 2030, men i de projekten har det ännu inte tagits några investeringsbeslut.¹⁸⁵

Antalet investeringsbeslut anses överlag vara en nyckelindikator för vätgasens utveckling. Internationella energirådet, IEA, följer sedan några år tillbaka vätgasens utveckling i en årlig specialrapport, Global Hydrogen Review.¹⁸⁶ Den genomgående trenden i IEA:s rapporteringar hittills är att antalet utvecklingsprojekt i världen som syftar till att producera vätgas ökar år för år, en trend som hänger ihop med att allt fler länder vill positionera sig inom och försöka dra ekonomisk nytta av möjliga investeringar inom vätgasområdet. Trots ökningen i antalet utvecklingsprojekt släpar

¹⁸³ Vätgas är dyrare och svårare att transportera än naturgas, och transportkostnaderna kan i vissa fall fördubbla priset för slutanvändaren.

¹⁸⁴ Acer är inte ensamma med att nå denna slutsats. Under 2024 nåddes liknande slutsatser i en särskild rapport från den europeiska revisionsrätten.

¹⁸⁵ Acer, 2024. *European hydrogen markets, 2024 market monitoring report*.

https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Publications/ACER_2024_MMR_Hydrogen_Markets.pdf

¹⁸⁶ IEA, 2024. *Global Hydrogen Review 2024*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-de59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>

antalet investeringsbeslut efter, och under 2024 och 2025 har flera internationellt uppmärksammade satsningar på förnybar vätgas lagt ned.

3.4.5 Betydande kostnadsreduktioner för elektrolysörer är möjliga

Vätgasproduktion genom elektrolys är fortfarande och under en överskådlig framtid dyrare än produktion av vätgas via ångreforming av naturgas. Det är huvudsakligen priset på elektrolysörer och elpriset som påverkar produktionskostnaden. En utmaning för elektrolysbaserad vätgas är de låga verkningsgraderna hos kommersiella elektrolystekniker¹⁸⁷, vilket inverkar negativt på kostnaden. Genom teknisk utveckling och innovation kan verkningsgraden sannolikt förbättras över tid.¹⁸⁸ En annan aspekt rör hållbarhet. En elektrolysör behöver uppskattningsvis ha en livslängd på 5 år för att vara ekonomiskt lönsam. Enligt Robin J. White och Marta Costa Figueiredo i boken *Chemical Technologies in the Energy Transition*¹⁸⁹ rapporteras degraderingstakter i regel för elektrolysörer i kontinuerlig drift och inte för elektrolysörer som drifas flexibelt med frekventa avstängningar. Huruvida flexibel drift ökar degraderingstakten är en fråga som kan vara särskilt aktuell i de fall vätgasproducenter tänker sig nyttja prisfluktuationer som kan uppstå med variabel elproduktion.

Storskalig produktion kan sänka kostnader för elektrolysörer

Elektrolysörer har tidigare tillverkats i små volymer och för särskilda nischmarknader. Nu ska tillverkningen skalas upp med allt större produktionsenheter. Enligt IEA:s *Global Hydrogen Review 2025*¹⁹⁰ står Kina för 60 procent av den globala tillverkningskapaciteten för elektrolysörer, och genom fortsatt expansion förväntas tillverkningskostnaderna sjunka genom stordriftsfördelar, automation och optimering av leverantörskedjor.¹⁹¹

Europa har ambitionen att skala upp sin elektrolysörproduktion, vilket kräver att försörjningskedjor för råmaterial och komponenter byggs ut i snabb takt. Ett led på vägen är EU:s nya rättsakt om nettonollindustrin (NZIA)¹⁹² och rättsakten om kritiska råmaterial (CRMA)¹⁹³ som syftar till att garantera försörjningstrygghet av nyckeltekniker och råmaterial för att nå klimatmålen. Vätgasteknik och specifikt elektrolysörer pekas ut som nyckeltekniker i NZIA vilket innebär att de omfattas av

¹⁸⁷ De tekniker med högst teknisk mognad och som förekommer i industriell skala är Protonbytesmembranelektrolys (Proton exchange membrane electrolysis, PEM) och alkalisk vattenelektrolys (Alkaline water electrolysis, AWE), med en märkeffekt mellan 60-71%. Se Energiforsk, 2024. *The Potential of Hydrogen in a Swedish Context*. <https://energiforsk.se/media/33441/2024-2011-the-hydrogen-potential-of-hydrogen-in-a-swedish-context.pdf>

¹⁸⁸ Se exempelvis Hysatas (<https://hysata.com/our-technology/>) kapillärelektrolysrörsteknik som utlovar 95% effektivitet (41,5 kWh/kg). Tekniken har även demonstrerats med 98% effektivitet i en studie publicerad i Nature Communications: Hodges, A., Hoang, A.L., Tsekouras, G. *et al.*, 2022. *A high-performance capillary-fed electrolysis cell promises more cost-competitive renewable hydrogen*. Nat Commun 13, 1304. <https://www.nature.com/articles/s41467-022-28953-x>

¹⁸⁹ White, Robin J., Costa Figueiredo, Marta, 2024. *Chemical Technologies in the Energy Transition*. Energy and Environment Series, Vol No. 33.

¹⁹⁰ IEA, 2025. *Global Hydrogen Review 2025*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a6c466dd-b6f0-44bd-a60a-6940eccfb1c3/GlobalHydrogenReview2025.pdf>

¹⁹¹ IEA:s webbplats, *Electrolysers*. <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/electrolysers> (Hämtad 2025-05-14)

¹⁹² Rättsakten om nettonollindustrin (EU) 2018/1724

¹⁹³ Akten om kritiska råmaterial (EU) 2024/1252

åtgärder som syftar till att främja en uppskalning av produktion inom EU genom till exempel förenklade tillståndsprocesser.

3.4.6 Systemlösningar för infrastruktur och elförsörjning behövs för en storskalig vätgasanvändning

Framställning av vätgas genom elektrolys är idag en relativt mogen teknik, där de största utmaningarna för dess spridning ligger i att få till systemlösningar för infrastruktur och fossilfri elförsörjning samt i att skala upp produktionen av elektrolysörer för att uppnå kostnadssänkningar (se avsnitt 3.4.5). Eftersom elektrolysbaserad vätgasproduktion är elintensiv, är utmaningarna för vätgasens utbyggnad i stor utsträckning desamma som för en omfattande elektrifiering (se avsnitt 3.3). Sverige har i dagsläget tillgång till billig fossilfri el sett ur ett EU-perspektiv och därmed goda förutsättningar att bygga upp en konkurrenskraftig vätgasindustri. Men elprisets utveckling är svårt att förutse och kommer att bero på hur väl aktörer inom produktion, distribution, lagring och konsumtion av el koordinerar sina investeringsplaner under många år framöver.

Vätgas kräver stora satsningar i utbyggnad av elproduktion och överföringskapacitet

Enligt Energimyndighetens kortsiktsprognos vintern 2025 kan efterfrågan på el för produktion av vätgas inom industrin uppgå till drygt 6 TWh år 2028.¹⁹⁴ Det skulle innebära nästan en fyrdubbling på bara tre år (2026–2028). Energimyndigheten lanserade under 2025 även scenarier som beskriver olika utvecklingsvägar för energisystemet på lång sikt. Dessa scenarier ger ett stort utfallsrum avseende elbehovet för vätgasproduktion beroende på vilka antaganden som görs; från 9 TWh i scenariot *Regional försörjning* till 81 TWh i scenariot *Internationell tillväxt* år 2050.¹⁹⁵ Som namnen antyder speglar scenarierna olika typer av omvärldsutveckling, vilket påverkar industrins aktivitet och struktur samt efterfrågan på energi. Oavsett förutsätter produktion av fossilfri vätgas i de mängder och den takt som ligger i linje med industrins planer en kraftig utbyggnad av både elproduktion och överföringskapacitet. Behovet kommer dessutom inte vara jämnt fördelat över landet utan fokuseras till ett antal platser.

I Norrbottens och Västerbottens län pågår en rad omfattande industrisatsningar som förväntas leda till en kraftig ökning av regionens elanvändning, i synnerhet kopplat till vätgasproduktion. På lång sikt uppskattar Svenska kraftnät¹⁹⁶ att mellan 60–65 procent av det maximala effektuttagsbehovet i ovan nämnda regioner kommer vara kopplat till produktion av vätgas för industriell användning. I augusti 2025 rapporterade Svenska kraftnät ett regeringsuppdrag om hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras i Norrbottens och Västerbottens län. Eftersom el- och vätgasinfrastruktur delvis utgör substitut till varandra finns det enligt Svenska kraftnät samhällsekonomiska fördelar att samplanera överföringsbehoven för el- och vätgas,

¹⁹⁴ Energimyndigheten, 2025. *Kortsiktsprognos vinter 2025*. ER 2025:06.

¹⁹⁵ Energimyndigheten, 2025. *Scenarier över Sveriges energisystem*. ER 2025:13. Inkluderar el till elektrolys i syfte att tillverka förnybara bränslen tillkommer ytterligare mellan 14 och 53 TWh beroende på scenario.

¹⁹⁶ Svenska kraftnät, 2025. *Planering för ökad elanvändning*, SvK 2025/400.

https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2025/planering_for_okad_elanvandning.pdf

och därför föreslogs en metod för samplanering på transmissionsnätets nivå.¹⁹⁷ De konstaterar också att det finns stora osäkerheter om hur vätgasbehovet utvecklas framöver, vilket får en stor påverkan på behovet av infrastruktur.

Kostnaden för inhemskt producerad grön vätgas avgör den framtida efterfrågan på el

Det stora utfallsrummet i den framtida efterfrågan skapar osäkerhet för den som ska investera i produktions- eller överföringskapacitet eftersom det är kapitalintensiva investeringar med långa ledtider. En ytterligare osäkerhetsfaktor är att tillverkningen av slutprodukter såsom fossilfritt stål och elektrobränslen inte beror av att vätgasen produceras i Sverige. Den elintensiva industrins elförbrukning kommer därför att bero på kostnaden för inhemskt producerad grön vätgas jämfört med importerad vätgas, och huruvida man kan konkurrera på världsmarknaden med slutprodukten som sannolikt behöver beläggas med en grön premie.¹⁹⁸ Behovet av energiomställning i Sverige, exempelvis byggandet av nya anläggningar för elproduktion, blir mycket mer begränsat om den gröna vätgasen importeras eller om svensk industri inte är konkurrensmässig.

Den utjämnade kostnaden (*levelized cost of hydrogen, LCOH*¹⁹⁹) för nätsluten elektrolysbaserad vätgasproduktion redovisas i *Clean Hydrogen Monitor 2024*²⁰⁰ och uppges vara omkring 91 kr (7,9 euro/kg) i genomsnitt inom EU. Motsvarande kostnad i Sverige uppskattas till 51 kr (4,4 euro/kg)²⁰¹. Men den faktiska prisbilden varierar kraftigt på marknaden och i samtal med marknadsaktörer kan kostnaderna idag vara upp emot flera hundra kronor per kilo grön vätgas. Sammantaget kan man konstatera att det är svårt att göra pricksäkra bedömningar av kostnadsläget, men Sverige tycks ha ett konkurrenskraftigt utgångsläge. Vid import tillkommer dessutom transportkostnader vilka kan antas vara betydande.

Hög teoretisk potential men marknadsmässiga förutsättningar saknas för storskaliga vätgaslager

Ett sätt att minimera totalkostnaden för elektrolysbaserad vätgasproduktion är att producera mer intensivt under timmar på dygnet och dagar på året då elpriserna är förmånligare för att sedan lagra vätgasen och nyttja den vid tidpunkter med högre elpriser. På så sätt kan driftkostnaderna hållas nere utan att påverka tillgången på vätgas. En sådan lösning förutsätter dock extra investeringar, såväl i en större elektrolysrörkapacitet som i vätgaslager.

Trots hög teoretisk potential är de marknadsmässiga förutsättningarna generellt sett inte på plats idag för flexibilitet genom överdimensionering av elektrolysörer eller investeringar i vätgaslager. Energimyndighetens kartläggning visar att de

¹⁹⁷ Svenska kraftnät, 2025. Förslag till hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras i Norrbottens och Västerbottens län. <https://www.svk.se/4a39bb/siteassets/om-oss/rapporter/2025/aterrapport-forslag-till-hur-el-och-vatgasinfrastruktur-kan-samplaneras-i-norrbottens-och-asterbottens-lan.pdf>

¹⁹⁸ Högre kostnader jämfört med konventionellt tillverkade produkter som helt eller delvis övervältras på konsumenterna.

¹⁹⁹ Motsvarar kostnaden för att producera grön vätgas med hänsyn till uppskattade investeringskostnader och driftkostnader för de tillgångar som används i produktionen.

²⁰⁰ Hydrogen Europe, 2024. *Clean Hydrogen Monitor*. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2024/11/Clean_Hydrogen_Monitor_11-2024_V2_DIGITAL_draft3-1.pdf. Dessa värden baseras på genomsnittliga prisnivåer och speglar inte komplexiteten i individuella projekt, antal driftstimmar, lagring och andra aspekter.

²⁰¹ Sverige är dessutom ett av endast tre länder i EU som kan producera vätgas med en koldioxidintensitet i elmixen under gränsvärdet för så kallade RFNBO.

produktionsanläggningar som ska etableras i Sverige de kommande åren inte planeras för flexibel drift.²⁰² Samtidigt pekar Svenska kraftnäts senaste rapport om driftsäkerhet i kraftsystemet²⁰³ på att lager kan komma att utgöra en del av kravställningen för anslutning av vätgasproduktion till elnätet i framtiden. Flexibel vätgasproduktion har identifierats som en viktig komponent för att skapa flexibilitet i elsystemet, vilket kan vara nödvändigt för att trygga elförsörjningen i omställningen (se avsnitt 3.3). För en mer ingående redogörelse kring flexibilitet och vätgaslagring, se Energimyndighetens delrapport²⁰⁴ inom uppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige.

Ytterligare utmaningar för en storskalig vätgasutbyggnad

Utöver det som redogörs för ovan finns ett flertal ytterligare utmaningar kopplade till att få till fungerande värdekedjor och en storskalig vätgasutbyggnad. Utmaningarna involverar bland annat samarbets- och koordineringsutmaningar, behov av kunskaps- och kompetenshöjning inom både företag och statliga myndigheter, samt kostnadsgapet mellan fossil och fossilfri vätgas till följd av de höga kostnaderna som är förknippade med spridning av ny teknik. Energimyndigheten hade under 2023 och 2024 ett regeringsuppdrag att samordna arbetet med vätgas i Sverige för att lämna förslag på hur hinder för en storskalig utbyggnad kan röjas. Regeringsuppdraget slutredovisades i december 2024.²⁰⁵ En av de centrala slutsatserna från uppdraget var att staten har en central roll i utvecklingen av vätgasmarknaden, och att statens roll behöver förtydligas för att marknadsaktörer ska våga fortsätta investera i omställningen. Under uppdragets gång aviserades många nya vätgasprojekt men flera planerade projekt senarelades också eller lades ned. Vätgasmarknaden befinner sig i en utvecklingsfas, och det kan finnas flera skäl till att projekt förskjuts eller läggs ned, men eftersom vätgasens utveckling är nära sammankopplad med Sveriges förmåga att elektrifiera är införandet av vätgas i stor skala i energisystemet i grunden en elektrifieringsutmaning. Därför är tillgången till konkurrenskraftigt prissatt, fossilfri och förnybar el helt avgörande, och under uppdragets gång har marknadsaktörerna påtalat vikten av långsiktighet och stabilitet i energipolitiken.²⁰⁶

3.5 Avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS)

CCS (Carbon Capture and Storage) är en kedja av tekniker där koldioxid avskiljs från en industriell rökgasström, transporteras och lagras permanent. Den permanenta lagringen sker i speciella typer av geologiska formationer. CCS implementeras för att

²⁰² Energimyndigheten, 2025. *Flexibilitet inom elsystemet - målgruppsanpassad information och potentialbedömningar*. ER 2025:20.

²⁰³ Svenska kraftnät, 2025. *Driftsäkerhet i kraftsystemet – framtidens behov och förmågor*. [https://www.svk.se/4a21d2/siteassets/om-](https://www.svk.se/4a21d2/siteassets/om-oss/rapporter/2025/rapport_driftsakerhet_i_kraftsystemet_augusti_2025.pdf)

[oss/rapporter/2025/rapport_driftsakerhet_i_kraftsystemet_augusti_2025.pdf](https://www.svk.se/4a21d2/siteassets/om-oss/rapporter/2025/rapport_driftsakerhet_i_kraftsystemet_augusti_2025.pdf)

²⁰⁴ Kapitel 3 i Energimyndigheten, 2024. *Vätgas och vätgasinfrastruktur i det svenska energisystemet*. ER 2024:07. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1140552b07914929b7b68f4cea8ed1cf&q=2024:07&lstqty=1>

²⁰⁵ Energimyndigheten, 2024. *Vätgas för energi- och klimatomställning: slutrapport inom uppdraget att samordna arbetet med vätgas i Sverige*. ER 2024:25.

²⁰⁶ Läs mer om slutsatserna i slutrapporten. En översikt över vätgasprojekt i Sverige finns, inklusive utvecklingsstatus, i en underlagsrapport till regeringsuppdraget: Energimyndigheten, 2024. *Vätgasens utveckling nationellt och internationellt*. ER 2024:26.

hindra koldioxid från att släppas ut i atmosfären. CCS-teknik²⁰⁷ ses som en förutsättning för att nå både 2-gradersmålet och 1,5-gradersmålet. Generellt har varje enskild del av CCS-värdekedjan minst ett teknikval med hög mognadsgrad men för vissa industriella processer och i många regioner kvarstår utmaningar med att få hela värdekedjan på plats. Detta gäller särskilt vid behov av transport av koldioxid över landsgränser.

Enligt EU:s strategi för industriell koldioxidhantering²⁰⁸ behöver avskiljning av koldioxid för lagring (CCS) eller användning (CCU, se nästa avsnitt) inom EU uppgå till 280 miljoner ton år 2040 och 450 miljoner ton år 2050 för att nå 90 procent minskade växthusgasutsläpp jämfört med 1990, och därefter klimatneutralitet till 2050. För att sätta storleken i perspektiv motsvarar 280 miljoner ton koldioxid ungefär sex gånger storleken på Sveriges territoriella utsläpp år 2024.²⁰⁹

3.5.1 CCS tillämpat på fossila och biogena utsläpp är två olika huvudspår för omställningen

CCS kan användas för att avskilja koldioxid från processer som genererar koldioxid, exempelvis vid förbränning av fossila eller biobaserade bränslen eller vid förädling av råvaror. Tekniken är i grunden densamma, men CCS tillämpat på fossila och biogena utsläpp har olika funktioner i klimatsammanhang och räknas därför som två separata huvudspår i klimatomställningen. Då båda tillämpningarna sker med samma teknik och står inför liknande utmaningar när det gäller avskiljning, transport och lagring av koldioxid, behandlas de gemensamt i hela kapitlet.

CCS tillämpat på fossila källor innebär minskade utsläpp

När tekniken tillämpas på fossila utsläppskällor avskiljs och lagras koldioxid som annars skulle släppts ut i atmosfären. Det leder till minskade utsläpp. Enligt det klimatpolitiska ramverket ska CCS tillämpat på fossila koldioxidströmmar endast användas för att bidra till utsläppsminskningar där inga andra rimliga alternativ finns tillgängliga. För att nå det svenska utsläppsmålet om nettonollutsläpp till 2045 och därefter negativa utsläpp kommer tekniken sannolikt att behöva användas på fossila utsläpp inom svensk process- och basindustri^{210,211}. Exempelvis bedöms det inte i dagsläget finnas några andra rimliga alternativ för att reducera utsläppen från kalcineringsprocessen vid redan befintlig cementframställning, vilket innebär att CCS är huvudspåret för svensk cementindustri för att nå nollutsläpp.

CCS tillämpat på biogena källor (bio-CCS) kan leda till negativa utsläpp

När tekniken tillämpas på en process som använder biomassa som ingångsmaterial och/eller bränsle kan det generera så kallade negativa utsläpp. Sverige har goda

²⁰⁷ IPCC:s webbplats, *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*.

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (Hämtad 2025-10-29)

²⁰⁸ EU-kommissionens meddelande, 2024. *Mot en ambitiös industriell koldioxidhantering för EU*, COM/2024/62 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:52024DC0062&qid=1761738630288>

²⁰⁹ Naturvårdsverkets webbplats, *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/> (Hämtad 2025-09-23)

²¹⁰ Johnsson och Kjärstad, 2019. *Avskiljning, transport och lagring av koldioxid i Sverige – Behov av forskning och demonstration*.

https://research.chalmers.se/publication/509912/file/509912_Fulltext.pdf

²¹¹ SOU 2020:4. *Vägen till en klimatpositiv framtid*. Betänkande av klimatpolitiska vägvalsutredningen.

förutsättningar att åstadkomma negativa utsläpp givet den redan utbredda användningen av biomassa i massa- och pappersbruk samt i kraftvärme- och värmeverk (läs mer i avsnitt 4.2). Även anläggningar för biogasproduktion har bra förutsättningar för bio-CCS.

Negativa utsläpp är en kompletterande åtgärd till att reducera de fossila utsläppen och kommer att vara nödvändiga för att Sverige ska uppnå klimatmålen.²¹² Enligt klimatpolitiska vägvalsutredningen²¹³ uppgår den totala potentialen för bio-CCS i Sverige till 30 miljoner ton årligen.

CCS kan tillämpas på en blandning av fossila och biogena utsläpp

När tekniken tillämpas på utsläppskällor som har en blandning av fossil och biogen koldioxid sker både en minskning av utsläpp och negativa utsläpp skapas. I svenska kraftvärmeverk står fossilt avfall för 16 procent av insatt bränsle, varav den största delen utgörs av plastavfall.²¹⁴ Om plastavfallet inte elimineras till följd av andra åtgärder kan CCS bli en nödvändig lösning för de kvarvarande utsläppen.²¹⁵ Framöver förväntas även tillämpning på stora punktutsläpp inom industrin, exempelvis Preem och Heidelberg Materials Cement Sverige. I dagsläget utgörs deras utsläpp av fossil koldioxid i huvudsak, men de planerar att ställa om till alltmer biobaserade råvaror och energibärare i sina tillverkningsprocesser.

3.5.2 Förutsättningar för att tillämpa CCS varierar mellan branscher och anläggningar

CCS-tekniken är i dagsläget förhållandevis kostsam i relation till alternativkostnaden (priset på utsläpp). Kostnaden beror på anläggningsspecifika faktorer och varierar därför mellan sektorer, branscher och anläggningar. De anläggningsspecifika faktorer som påverkar förutsättningarna för att tillämpa CCS inkluderar;

- **anläggningens placering i förhållande till lagringsplatsen:** en kombination mellan relativt små utsläppspunkter och långa avstånd till lagringsplatser innebär att transport med fartyg i dagsläget kan vara mer kostnadseffektivt än exempelvis rörledningar för många anläggningar i Sverige.
- **anläggningsspecifika parametrar:**
 - koncentrationen av koldioxid i rökgasen, där en högre andel gör det billigare att tillämpa CCS räknat per avskild mängd koldioxid,
 - de årliga utsläppsflödena av koldioxid från punktkällan, där kostnaden per andel infångad koldioxid minskar med storleken på utsläpp (skal fördelar) och med ett jämnare flöde,
 - möjlighet att använda överskottsenergi, i form av ånga eller egenproducerad el från anläggningens processer vid avskiljningen, vilket minskar behovet av ytterligare energitillförsel.
- **utsläppens sammansättning:** hur utsläppen är sammansatta påverkar vilken avskiljningsteknik som är lämplig att använda. Avskiljningstekniken och vilka restämnen som finns i den infångade rökgasen påverkar vilka egenskaper den

²¹² Naturvårdsverkets webbplats, *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> (Hämtad 2025-10-29)

²¹³ *Vägen till en klimatpositiv framtid*, SOU 2020:4.

²¹⁴ Energimyndigheten, 2025. *Energiindikatorer 2025*. ER 2025:05.

²¹⁵ Energimyndigheten, 2024. *Styrmedel för CCS och CCU*, ER 2023:26.

infångade koldioxidströmmen får, vilket i sin tur påverkar transport- och slutlagringsmöjligheterna.

Det finns således inte en lösning som passar alla utsläpp eller en hel bransch. Teknikens utformning måste utgå från de förutsättningar som finns på varje specifik anläggning.

Koldioxidhalten i rökgaserna från en industriprocess kan variera från några få procent upp till cirka 30 volymprocent. Resten består av kväve och andra inerta gaser. Utsläppen från en processindustri kan dessutom vara utspridda över flera skorstenar på samma anläggning, medan en kraftvärmeanläggning i regel har en skorsten per panna. Även mängden och koncentrationen av koldioxid i rökgasen kan variera, vilket framgår av Tabell 3 som visar karaktäristiken för svenska utsläpp från relevanta sektorer i Sverige. Generellt sett minskar den specifika kostnaden per ton koldioxid med ökad koncentration i ett visst rökgasflöde, medan investerings- och driftkostnaderna ökar när större koldioxidmängder måste hanteras.²¹⁶

Tabell 3 Karaktäristik för svenska utsläpp överstigande 500 ktCO₂/år

Industri	CO ₂ -källa i anläggningen	Typisk CO ₂ -koncentration i rökgas (vol%)	% av anläggningens utsläpp	Volymflöde av CO ₂ (ktCO ₂ /år)
Pappers- och massabruk	Sodapanna	13	75	400-1500
	Mesaugn	20	10-15	50-200
Olja- och gas (raffinaderi)	Vätgasproduktion (HPU)	24	30	400
	Flera skorstenar	8-14	5-30	200-400
Järn och stål	Kraftproduktion	30	40	600-1800
	Diverse andra utsläppspunkter	20-25	15-20	200-900
Cement	Kombinerade skorstenar	20	90	1550
Kemi	Kracker, pannor för processvärme	5-20	80	500
Kraft-värme	Förbränningspanna	10-15	>90	500-800

Källa: Energiforsk²¹⁷, bearbetning av Energimyndigheten

3.5.3 Transport och lagring av koldioxid

Oberoende av om den avskilda koldioxiden är av biogent eller fossilt ursprung ska den transporteras till permanent lagring. Transporten kommer i huvudsak att ske med rörledningar eller fartyg, även om transport med järnväg och lastbil är möjligt för mindre kvantiteter på kortare sträckor. För svensk del är fartyg det mest realistiska

²¹⁶ Energiforsk, 2022. *Teknik, systemintegration och kostnader för bio-CCS*, Rapport 2022:837. <https://energiforsk.se/media/30909/teknik-systemintegration-och-kostnader-energiforskrapport-2022-837.pdf>

²¹⁷ Ibid.

alternativet givet att lagring i Sverige inte är aktuellt i dagsläget.²¹⁸ Transport av koldioxid med fartyg sker redan inom Europa. Inom det norska projektet Northern Lights (se nedan) finns två fartyg för transport av flytande koldioxid, de har en kapacitet på 7 500 kubikmeter vardera.²¹⁹

Skandinavien har kommit längst vad gäller lagring

Potentialen för lagring i Norden är mycket god. Den teoretiska potentialen har uppskattats vara tillräcklig för att lagra de nordiska utsläppen hundratals år.²²⁰ Även globalt bedöms lagringspotentialen vara mycket god – IPCC har uppskattat den till minst 1 000 miljarder ton koldioxid. För att sätta det i perspektiv kan nämnas att de årliga globala koldioxidutsläppen uppgår till 35–40 miljarder.²²¹

Norge har kommit längst i Norden med att realisera geologisk lagring. Det norska fullskaliga projektet Longship togs i drift i juni 2025 och är det första projektet i världen som täcker hela CCS-kedjan.²²² Projektet innefattar avskiljning vid Heidelberg Materials cementfabrik i Brevik och avfallsförbränningsanläggningen Hafslund Oslo Celsio, samt transport och lagring genom det s.k. Northern Lights-projektet.²²³ Den första injektionen av koldioxid genomfördes i augusti 2025 och projektet har en kapacitet på 1,5 miljoner ton per år. I mars 2025 togs beslutet att utöka kapaciteten till 5 miljoner ton per år.²²⁴

Danmark har stöd till CCS och bio-CCS²²⁵ och utlysningar av undersökningstillstånd för koldioxidlagring både till havs och på land²²⁶. Lagringspotentialen i Danmark uppskattas vara 12–22 miljarder ton koldioxid.²²⁷ De har ett projekt för inlagring i Nordsjön, kallat Project Greensand. Storskalig inlagring förväntas vara i gång år 2025/2026 med en initial lagringskapacitet på 0,4 miljoner ton per år som sedan ska kunna utökas till uppemot 8 miljoner ton per år till 2030²²⁸.

I Sverige finns det idag inga lagringsplatser. SGU är expertmyndighet gällande de geologiska förutsättningarna och har ett pågående regeringsuppdrag om lämpliga

²¹⁸ På sikt är det möjligt att rörtransport kan bli en lösning för att transportera avskild koldioxid från Sverige, men fartygstransport kommer troligtvis att vara det dominerande alternativet fram till 2030 enligt ER 2022:11.

²¹⁹ Northern Lights webbplats, *The Northern Pathfinder takes part in the Longship completion events*. <https://norlights.com/news/the-northern-pathfinder-takes-part-in-the-longship-completion-events/> (Hämtad 2025-10-29)

²²⁰ SGU, 2017. *Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*, Rapporter och meddelanden 142. <http://resource.sgu.se/produkter/rm/rm142-rapport.pdf>

²²¹ SOU 2020:4

²²² Norska regeringens webbplats, *Longship goes into operation – A Global Breakthrough for Carbon Capture and Storage*. <https://www.regjeringen.no/en/whats-new/longship-goes-into-operation-a-global-breakthrough-for-carbon-capture-and-storage/id3109272/> (Hämtad 2025-10-29)

²²³ Equinors webbplats, *The Northern Lights project*. <https://www.equinor.com/energy/northern-lights> (Hämtad 2025-10-29)

²²⁴ EU-kommissionens webbplats, *EU-funding and tenders portal: Northern Lights Phase 2 Expansion Studies*. <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43251567/101069502/CEF2027> (Hämtad 2025-12-04)

²²⁵ Danska Energimyndighetens webbplats, *CCS tenders and other funding for CCS development*, <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/ccs-tenders-and-other-funding-ccs-development> (Hämtad 2025-12-04)

²²⁶ Danska Energimyndighetens webbplats, *Licenses for exploration and storage of CO2, including environmental consultation rounds*, <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/licenses-exploration-and-storage-co2-including-environmental-consultation> (Hämtad 2025-12-04)

²²⁷ Danska energimyndighetens webbplats, *About CCS*. <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/about-ccs> (Hämtad 2025-10-29)

²²⁸ Greensands webbplats, *CO2 storage now and for the future*. <https://greensandfuture.com/next-chapter> (Hämtad 2025-10-29)

platser för permanent lagring av koldioxid i Sverige²²⁹. De undersöker även legala hinder, såsom att Östersjön är ett skyddat innanhav och att lagring kan påverka andra länder. Sveriges implementering av CCS-direktivet²³⁰ begränsar också möjligheterna till lagring av större volymer än 100 000 ton på land.²³¹ Lagring i annat land är nödvändigt för att svenska företag ska kunna börja tillämpa CCS för att minska utsläppen i tid så att Sverige därigenom kan nå målen till 2045. Sverige har tecknat överenskommelser om gränsöverskridande transport av avskild koldioxid med Norge och Danmark²³². Detta möjliggör för permanent lagring av svenska aktörers avskilda koldioxid. Norge, Danmark, Storbritannien, Nederländerna och Island har påbörjat arbete för att lagra koldioxid. Samtliga av dessa länder har visat intresse för att lagra koldioxid från andra länder. EU-kommissionen stöder arbetet och vill se öppna lagringsplatser över hela Europa, de har identifierat tillgängliga lagringsplatser och deras lokalisering samt internationella regelverk som ett hinder för CCS.

3.5.4 Systemfrågor utgör största barriären för teknikspridning

Enligt *Vägen till en klimatpositiv framtid*²³³ är systemfrågorna kopplade till CCS och bio-CCS en större barriär för spridning än själva teknikfrågorna. Med systemfrågor menas i detta sammanhang bland annat fungerande affärsmodeller, hur ekonomiska incitament kan skapas och hur juridiska och acceptansmässiga hinder kan övervinnas. Fullskaleprojekt som demonstrerar hela värdekedjan, likt det norska projektet Longship och det svenska stödsystemet för bio-CCS genom omvänd auktion är viktiga för att visa att affärsmodeller och systemet kan fungera som helhet.

Ekonomiska incitament viktiga för teknikspridning

- Kostnaden för CCS är det som mest talar emot tekniken i nuläget. Faktorer som bidrar till att sänka kostnaderna och skapa långsiktiga incitament för investeringar är viktiga. För CCS skiljer sig de ekonomiska incitamenten mellan olika tillämpningar; För **tillämpning på fossila källor** spelar alternativpriset för att fånga in utsläppen en viktig roll och utgörs av **priset på utsläppsrätter** inom EU ETS, eftersom företag inte behöver betala för koldioxidutsläpp som fångas in och lagras eller kan sälja överskott av utsläppsrätter vid fri tilldelning.²³⁴ Denna faktors relevans korrelerar med den takt som den fria tilldelningen avtar i, och till slut helt upphör. För **tillämpning på biogena utsläpp** är det statliga stödsystemet i form av **omvända auktioner** ett viktigt verktyg för att främja bio-CCS och klara klimatmålen.²³⁵ Under perioden 2026–2046 finns en budget på 30,6 miljarder kronor. Förutom att skapa ekonomiska incitament för bio-CCS har

²²⁹ SGU:s webbplats, *CCS – Koldioxidlagring*. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/> (Hämtad 2025-10-02)

²³⁰ Direktivet om geologisk lagring av koldioxid 2009/31/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=celex:32009L0031>

²³¹ Legala hinder kan uppkomma, såsom att Östersjön är ett skyddat innanhav och att lagring kan påverka andra länder. Sveriges implementering av CCS-direktivet (Direktiv 2009/31/EG) begränsar också möjligheterna till lagring på land, men tillåter lagring under havsbottenen.

²³² Regeringens webbplats, *Fem nordeuropeiska länder ingår bilaterala överenskommelser om export av koldioxid för permanent lagring*. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/04/fem-nordeuropeiska-lander-ingar-bilaterala-overenskommelser-om-export-av-koldioxid-for-permanent-lagring/> (Hämtad 2025-11-05)

²³³ Ibid.

²³⁴ Om tekniken i framtiden blir aktuell för företag med mindre utsläppskällor kommer koldioxidpriset att spela en liknande roll.

²³⁵ Energimyndighetens webbplats, *Stöd för bio-CCS genom omvända auktioner*. <https://www.energimyndigheten.se/klimat/ccs/statligt-stod-for-bio-ccs/> (Hämtad 2025-12-04)

stödsystemet även en positiv bieffekt på utveckling och demonstration av hela värdekedjan för bio-CCS. Den första utlysningen genomfördes under 2024. I januari 2025 tilldelades Stockholm Exergi stöd på drygt 20 miljarder kronor vilket kommer att betalas ut löpande under max 15 år, från påbörjad geologisk lagring. Stödet kan användas för både investering och drift.²³⁶

- En **efterfrågan på premiumprodukter eller premiumtjänster** som är framställda fossilfritt eller med negativa koldioxidutsläpp kan skapa långsiktiga incitament för investeringar.
- Även så kallad ”**goodwill**” kan bidra till att företag investerar i åtgärder som minskar företagets och/eller produktens klimatpåverkan.

Givet industrins långa investeringscykler finns även en **risk för inlåsnings effekter** av att investera i fossilbaserad teknik, om framtiden innebär striktare utsläppskrav och ett stigande koldioxidpris innan investeringen är avskriven.

Lagstiftningen för transport och lagring av koldioxid utgör ett hinder men är under utveckling

Utöver behovet av ett fortsatt kunskapsuppbyggande och skapande av ekonomiska incitament återstår vissa legala hinder för att CCS-tekniken ska kunna användas fullt ut. Londonprotokollet är ett internationellt fördrag som syftar till att förhindra marin förorening genom att reglera dumpning av avfall och annat material till havs. Fram till 2019 förbjöd Londonprotokollets²³⁷ sjätte artikel helt transport av koldioxid ämnad för geologisk lagring under havsbotten hos annan stat. Artikel 6 reviderades redan år 2009,²³⁸ men ändringen har ännu inte vunnit laga kraft på grund av att för få stater hittills har ratificerat den²³⁹. År 2019 godkändes ett undantag som gör det möjligt att kringgå förbudet genom att provisoriskt tillämpa den reviderade versionen av artikel 6. För detta behöver en deklaration lämnas in till Internationella sjöfartsorganisationen (IMO), vilken fastställer att konventionsstaten avser tillämpa den provisoriska versionen av artikel 6. Därutöver ska även ett bilateralt avtal eller en bilateral överenskommelse upprättas mellan det exporterande och det lagrande landet. Även denna ska skickas in till IMO. Sverige ratificerade ändringen av artikel 6 i juni 2020 och har lämnat in deklarationen till IMO.

Vidare har Sverige även ingått bilaterala överenskommelser (”Memorandums of Understanding”) om koldioxidtransport och geologisk lagring med Norge och Danmark i april 2024. I september 2025 lämnade Energimyndigheten, genom Nationellt Centrum för CCS, ett faktablad till Regeringskansliet över utvecklingen för geologisk lagring av koldioxid i Nederländerna. Detta för att stötta arbetet med att utöka antalet bilaterala överenskommelser. Med fler aktörer på marknaden med geologiska lagringsplatser som är öppna för tredje part förbättras möjligheterna att få ned kostnaderna för slutsteget i värdekedjan.

²³⁶ Via TT:s webbplats, *Energimyndigheten ger 20 miljarder i stöd för att lagra över 11 miljoner ton koldioxid*. <https://via.tt.se/pressmeddelande/3765100/energimyndigheten-ger-20-miljarder-i-stod-for-att-lagra-over-11-miljoner-ton-koldioxid> (Hämtad 2025-10-29)

²³⁷ Londonprotokollet SÖ 2000:48. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx>

²³⁸ Reviderades genom Londonprotokollets resolution LP.3(4).

²³⁹ EU-kommissionen, 2022. *Member State report on Implementation of Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide ("CCS Directive")*. https://ec.europa.eu/assets/clima/ccs/2023/policy_ccs_country_report_2023_sweden_se.pdf

Hanteringen av blandade strömmar inom EU:s regelverk är också under utveckling. I artikel 30(5) och 30(7) i Utsläppshandelsdirektivet²⁴⁰ tillskrivs EU-kommissionen att till 31 juli 2026 presentera rapporter där de utreder hur permanenta upptag kan hanteras av någon typ av utsläppshandelssystem samt hur inkludering av avfallsförbränning kan ske i Utsläppshandelssystemet. Även om skrivelsen är bredare för permanenta upptag (negativa utsläpp) finns det redan signaler om att även dessa utreds att inkluderas i Utsläppshandelssystemet. Vad dessa utredningar landar i kommer att påverka möjligheten för aktörer med biogena och blandade strömmar av koldioxid. För tillfället gäller dock att utsläpp från transport- och lagringsinfrastruktur ska övervakas och rapporteras som fossila utsläpp, oavsett ursprung. Detta specificeras i artikel 49(6) i genomförandeförordningen²⁴¹ vad gäller övervakning och rapportering av utsläpp tillhörande Utsläppshandelsdirektivet. Detta innebär att biogena koldioxidutsläpp av hållbart ursprung, som vanligtvis inte kräver utsläppsätter, kommer att likställas med fossila koldioxidutsläpp vid läckage från transport och lagring. Det är osäkert om detta kommer innebära en ökad transport- och lagringskostnad för en aktör med biogena eller blandade strömmar.

Helsingforskonventionen²⁴² syftar till att skydda Östersjöns marina miljö. Konventions elfte artikel innehåller ett dumpningsförbud för avfall som både Energimyndigheten och Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) anser omfattar geologisk lagring av avskild koldioxid med stor sannolikhet. För att möjliggöra geologisk lagring av koldioxid under havsbotten i de havsområden som är under svensk jurisdiktion behöver konventionens tillämplighet förtydligas eller ändras. SGU och Energimyndigheten tillsammans med Havs- och Vattenmyndigheten samt Klimat- och Näringslivsdepartementet har arbetat aktivt med att finna möjliga vägar framåt. På Sveriges initiativ har konventionsparterna under 2025 enats om att utreda frågan vidare och sekretariatet för Helsingforskonventionen fick i uppdrag att publicera en anbudsinfordran för en juridisk analys av CCS i enlighet med Helsingforskonventionen. Anbudstiden gick ut den 15 oktober.²⁴³ Vidare kan även Sveriges implementering av Offshoredirektivet²⁴⁴ försvåra etableringen av lagringsplatser för koldioxid på svenskt territorium. Detta med anledning av att eventuella olje- och gasfynd måste tas omhand i samband med borrhningar för undersökning, tester eller geologisk lagring av koldioxid. Detta är idag förbjudet. Att etablera ett koldioxidlager är ett stort ekonomiskt åtagande som även ska göra viktiga avvägningar och hänsynstaganden. Därför måste det rättsliga läget vara klarlagt om Sverige ska ha en reell möjlighet att få till ett koldioxidlager under Östersjön som samtidigt är geologiskt passande och miljösäker.

Det finns även annan nationell lagstiftning och internationella konventioner som kan utgöra hinder och/eller behöver ses över för att möjliggöra transport och geologisk lagring av koldioxid.

²⁴⁰ Utsläppshandelsdirektivet 2003/87/EC, ändring från (EU) 2023/959. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/87/2024-03-01/eng>

²⁴¹ Genomförandeförordning vad gäller övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp inom EU:s utsläppshandelssystem (EU) 2024/2493. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02018R2066-20250527>

²⁴² Helsingforskonventionen SÖ 1976:13. <https://helcom.fi/>

²⁴³ Helsingforskonventionens webbplats, *Call for tender: legal analysis of CCS in accordance with the Helsinki Convention*. <https://helcom.fi/about-us/vacancies/call-for-tender-legal-analysis-of-ccs-in-accordance-with-the-helsinki-convention/> (Hämtad 2025-10-29)

²⁴⁴ Offshoredirektivet 2013/30/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02013L0030-20210101>

Marknader för negativa utsläpp

Det kvarstår fortfarande frågetecken gällande vilka principer som ska gälla för marknader av negativa utsläpp. Framför allt gäller det den så kallade frivilliga marknaden mellan företag. I dagsläget utvecklas flera olika standarder framtagna av flera olika certifieringsprogram, som exempelvis kan ha olika syn på vilka krav som ska efterlevas för att säkerställa krediters integritet, transparens på marknaden och hur olika typer av krediter får användas av köparen. EU-kommissionen håller också på att utveckla ett eget certifieringsverktyg som kan användas av aktörer inom EU, vilket även kan bli tongivande på den internationella marknaden. Även reglerna för hur krediter kan överföras mellan länder för att uppnå deras bidrag under Parisavtalet håller på att utstakas och testas, exempelvis genom Energimyndighetens pilotprojekt med Schweiz²⁴⁵ och ett nordiskt samarbete som fokuserar på implementeringen av Parisavtalets artikel 6²⁴⁶.

Generellt är således marknaderna för negativa utsläpp fortfarande under utveckling. I dagsläget är det främst en aktör som köper negativa utsläpp på större skala: Microsoft. Svenska aktörer upplever osäkerheter eftersom marknaden utvecklas och ser dessutom höga priser som ett hinder.²⁴⁷ Det finns både möjligheter och utmaningar när det gäller att realisera bio-CCS i Norden genom marknader för negativa utsläpp.

3.6 Avskiljning och användning av koldioxid (CCU)

Carbon Capture and Utilisation (CCU) innebär att avskild koldioxid används som råvara i nya produkter eller processer, i stället för att direkt släppas ut i atmosfären. Att cirkulera kolatomen minskar behovet av att ta upp ny fossil råvara.

IPCC lyfter CCU som en av industrins nyckelåtgärder i klimatomställningen. Tekniken bör inte ersätta breda utsläppsminskningsinsatser, men kan bidra till att minska utsläpp och öka cirkularitet i sektorer som fortsatt är beroende av kolbaserade råvaror. De höga kostnaderna kan begränsa teknikens spridning och även riskera att göra energi och produkter dyrare, vilket kan påverka tillgången till hållbar energi. Samtidigt innebär uteblivna åtgärder mot klimatförändringar också betydande ekonomiska och samhällsrelaterade kostnader. CCU (och CCS) har därför beskrivits som tekniker med potentiella samhällsnyttor och samverkan med flera globala hållbarhetsmål. Forskare har dock lyft risken att teknikerna bidrar till inlåsning i befintliga energistrukturer.²⁴⁸

Enligt en rapport från Industrial Carbon Management Forum (ICM Forum) och dess arbetsgrupp om CCU kan tekniken appliceras på tre huvudsakliga

²⁴⁵ Energimyndighetens webbplats, *Samarbeten med länder*.
<https://www.energimyndigheten.se/klimat/internationella-klimatsamarbeten/parisavtalet/samarbeten-under-parisavtalet/samarbeten-med-lander/> (Hämtad 2025-10-29)

²⁴⁶ Nefcos webbplats, *Nordic Initiative for Cooperative Approaches*.
<https://www.nefco.int/financing/other-regions/nordic-initiative-for-cooperative-approaches/> (Hämtad 2025-10-29)

²⁴⁷ IVL Svenska miljöinstitutet, 2025. *Voluntary Carbon Markets in Sweden*. <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1977463/FULLTEXT01.pdf>

²⁴⁸ IPCC, 2022. *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

tillämpningsområden inom industrin: kemikalier och material, syntetiska bränslen och mineraliseringsprodukter.²⁴⁹ Till detta finns även ett fjärde område som är direkt användning av koldioxid, exempelvis som industriell gas.²⁵⁰

Eftersom avskiljningstekniken är densamma som för CCS, följer CCU samma teknikutveckling fram till att koldioxiden är fångad. Detta avsnitt fokuserar därför på de olika sätt som koldioxiden kan användas efter avskiljning.

3.6.1 Klimatnyttan varierar mellan tillämpningar

Jämfört med CCS, där koldioxiden lagras permanent, beror klimatnyttan av CCU på en rad olika faktorer kopplade till kolatomerna och framställningen av de slutprodukter som kolatomerna utgör byggstenar i. Dessa faktorer inkluderar;

- **Kolatomernas ursprung** (biogena och/eller fossila) påverkar tillämpningens klimatpåverkan, både om de släpps ut i ett senare skede eller om de lagras permanent.
- **Klimatpåverkan från övriga insatsfaktorer** som exempelvis den el som används i framställningsprocessen.
- **Tiden som kolatomerna är lagrade i produkten** är likställt med längden på senareläggning av utsläpp till atmosfären. Om kolatomerna används för att tillverka bränslen som relativt omgående förbränns är resultatet endast en kortare fördröjning av utsläppet. För att koldioxiden mer permanent ska tas ur kretsloppet behöver de använda produkterna så långt som möjligt återanvändas och återvinnas.
- **I vilken mån de infångade kolatomerna ersätter andra kolatomer** och de ersätta kolatomernas ursprung i de fall ersättning sker.
- **Rekyleffekter** som uppstår om tillämpningen av CCU ökar lönsamheten för (och därmed omfattningen av) den verksamhet som ger upphov till utsläppen. Sådana effekter påverkar climateffekten av tillämpningen på en systemnivå.

Vilka alternativ som finns till att använda kolatomerna påverkar också var kolatomerna relativt sett gör mest nytta. Sammantaget visar detta på svårigheten med att dra generella slutsatser om klimatnyttan av en produkt framställd genom CCU då den kan variera kraftigt mellan tillämpningar. I Energimyndighetens analys av styrmedel för CCS och CCU²⁵¹ konstateras att CCU i första hand bör användas där mer energi- och resurseffektiva lösningar inte är möjliga.

²⁴⁹ ICM Forum, 2025. *Report on enabling conditions for industrial deployment of CCU*. Working Group on Carbon Capture & Utilisation. <https://circabc.europa.eu/ui/group/75b4ad48-262d-455d-997a-7d5b1f4cf69c/library/11bcf9f9-1c32-4b18-bb1a-a59a3addee10/details?download=true>

²⁵⁰ IEA Bioenergy, 2022. *Carbon accounting in Bio-CCUS supply chains – identifying key issues for science and policy*. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/06/IEA-Bio-BECCUS-Carbon-accounting.pdf>

²⁵¹ Energimyndigheten, 2024. *Styrmedel för CCS och CCU*. ER 2023:26. <https://energimyndigheten.se/w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=4d3395613bcb41ea9114574c43372df5&l=t&cat=%2FKlimat%20och%20utsl%C3%A4pp&lstqty=1>

3.6.2 Regelverk på EU-nivå är avgörande för ökad implementering av CCU-tekniken

Regelverk för att bedöma klimateffekter

Det har tidigare lyfts som ett generellt hinder för storskalig implementering av CCU att regelverken är komplexa och otydliga, särskilt kring definitioner, redovisning och certifiering.²⁵² Utveckling har skett men det är inte helt tydliggjort ännu.

Sedan början av 2023 finns EU-kriterier i två delegerade akter till förnybartdirektivet²⁵³ för när ett elektrobränsle får klassas som ett förnybart bränsle av icke-biologiskt ursprung (RFNBO). Den ena delegerade akten reglerar när elen som används i vätgasproduktionen får betraktas som förnybar (se vidare avsnitt 3.4.1), och den andra hur växthusgasutsläpp ska beräknas över bränslets livscykel. För att klassas som RFNBO krävs minst 70 procents utsläppsminskning jämfört med ett fossilt alternativ.

Avskild och återvunnen koldioxid kan under vissa villkor räknas som en minuspost i livscykelanalysen, vilket innebär att utsläppen från användningen kvittas mot undvikna utsläpp. Detta gäller om koldioxiden avskilts från luft, biobränslen eller från förbränning av RFNBO eller återvunna kolbränslen²⁵⁴. Under en övergångsperiod tillåts även fossil koldioxid, förutsatt att den avskilts vid anläggningar inom EU ETS eller annan effektiv prissättning. Det är osäkert hur den cirkulerade fossila koldioxiden ska ses efter övergångsperioden.

För övriga produkter som framställs genom CCU saknas i dagsläget regelverk eller vedertagna riktlinjer för hur klimateffekten från kolatomer som återanvänds i produkter ska beräknas eller bokföras. Ett sådant ramverk kan dock vara på gång. EU-kommissionen meddelade i början på 2024 i sin strategi för industriell koldioxidhantering²⁵⁵ att de avser att ta fram en enhetlig ram för all verksamhet inom det området. Syftet med ett sådant ramverk är att på ett korrekt sätt återspegla klimatfördelarna i hela värdekedjan och skapa incitament för spridning av innovativa och hållbara CCU-tillämpningar (både permanenta och icke-permanenta).

Strategin för industriell koldioxidanvändning betonar behovet av ett lagstiftningsinitiativ för att möjliggöra utvecklingen av konkurrenskraftiga marknader och transportinfrastruktur för koldioxid²⁵⁶. Ett öppet samråd om det lagstiftningsinitiativet genomfördes mellan den 31 juli och 11 september 2025 och resulterade i 174 inkomna svar²⁵⁷.

CRCF-förordningen (EU/2024/3012), som trädde i kraft i december 2024, är den första EU-omfattande frivilliga ramen för certifiering av permanenta koldioxidupptag (carbon removals), kolinlagring via jordbruk (carbon farming) och kolinlagring i

²⁵² ICM Forum, 2025.

²⁵³ Förnybartdirektivet (EU) 2023/2413

²⁵⁴ Flytande eller gasformiga bränslen som framställs av avfallsströmmar av icke-förnybart ursprung som inte lämpar sig för materialåtervinning eller gaser från avfallshandling och avgaser av icke-förnybart ursprung som uppstår oavsiktligt och oundvikligt till följd av en industriell produktionsprocess

²⁵⁵ COM/2024/62 final

²⁵⁶ EU-kommissionens webbplats, *Industrial carbon management*.

https://energy.ec.europa.eu/topics/carbon-management-and-fossil-fuels/industrial-carbon-management_en (Hämtad 2025-10-29)

²⁵⁷ EU-kommissionens webbplats, *Legislative initiative on CO2 transportation infrastructure and markets*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14804-Legislative-initiative-on-CO2-transportation-infrastructure-and-markets_en (Hämtad 2025-10-29)

produkter. Metodologierna för beräkning som uppfyller särskilda kvalitetskriterier håller på att utvecklas.

För en mer utförlig beskrivning av regelverken se föregående års rapport.

3.6.3 Behov av styrmedel för att öka de ekonomiska incitamenten

Net-Zero Industry Act (NZIA)²⁵⁸ och Strategic Energy Technology plan (SET-planen)²⁵⁹ erkänner CCU som en strategisk teknik för EU²⁶⁰. Under de senaste åren har ett skifte mot mer fokus och konkreta satsningar på CCU skett. På ett nationellt plan behövs starkare regelverk och styrmedel för att fullt ut realisera potentialen i Sverige. Energimyndigheten har presenterat rapporten Styrmedel för CCS och CCU²⁶¹ och behov identifieras även i branschernas strategi via Fossilfritt Sverige²⁶².

3.6.4 Avskilda kolatomer kan ersätta de fossila i kemiindustrins produkter

Kolatomer från fossila källor är idag en grundläggande byggsten i produkter från kemi-, plast-, läkemedels- och raffinaderiindustrin. Genom att använda avskild koldioxid som råvara i stället för att utgå från kolväten som raffinerar ur olja kan kolväten bildas, exempelvis genom att kombinera koldioxid med vätgas, eller omvandlas till andra önskade ämnen som metanol. CCU som omställningsspår är särskilt intressant för kemiindustrin som behöver ersätta fossila råvaror i sina produkter. Där kan avskild och återvunnen koldioxid (tillsammans med bioråvaror) utgöra en alternativ kolkälla. Tillgången till sådana råvaror har branscherna bedömt som avgörande för att kemiindustrin ska kunna nå klimatmålet till 2045.²⁶³

Det finns även företag inom andra sektorer som avser att återanvända avskilda kolatomer för att framställa nya typer av produkter och tjänster som inte primärt innebär en reduktion av de fossila utsläppen inom industrisektorn. I vissa fall har de nya tillämpningarna dock potential att tränga undan fossilbaserade produkter som framställs inom industrisektorn, exempelvis flyg- och fordonsbränsle. Läs mer i kapitel 4.1.3 om teknikvägar för bränsleframställning.

3.6.5 Regelverk styr efterfrågan på bränslen framställda med avskild koldioxid

EU har infört ett antal regelverk som är tänkta att öka efterfrågan på (vissa) CCU-produkter. Inom ramen för EU-förordningen *ReFuelEU Aviation*²⁶⁴ införs gradvis ökande minimikvoter för andel hållbart flygbränsle (SAF) fram till 2050, varav en del

²⁵⁸ NZIA syftar till att påskynda genom förenklade tillståndprocesser, investeringsstöd och prioritering av projekt som bidrar till klimatneutralitet

²⁵⁹ SET-planen syftar till att nå EU:s energi- och klimatmål och stärka Europas ledarskap inom teknologier för energiomställning och energieffektivisering. Den samordnar forskning och innovation och främjar investeringar i teknik. Genom särskilda arbetsgrupper stöds innovation, kostnadsreduktion och marknadsintroduktion av teknologier som bidrar till klimatneutralitet

²⁶⁰ EU-kommissionens webbplats, *CCS-CCU – SETIS – SET Plan information system*.

https://setis.ec.europa.eu/working-groups/ccs-ccu_en (Hämtad 2025-10-29)

²⁶¹ Energimyndigheten, 2024. *Styrmedel för CCS och CCU*, ER 2023:26.

²⁶² Fossilfritt Sverige, 2024. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft – Biogen koldioxidinfångning (Bio-CCUS)*. <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2024/05/Strategi-for-biogen-koldioxidinfangning-Fossilfritt-Sverige.pdf>

²⁶³ Fossilfritt Sverige, 2024. *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Innovations- och kemiindustrierna*. <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2024/10/IKEM-fardplan-2024.pdf>

²⁶⁴ Förordningen om säkerställande av lika villkor för hållbar lufttransport (ReFuelEU Aviation) (EU) 2023/2405.

ska utgöras av syntetiska flygbränslen som uppfyller kraven för en RFNBO (se Tabell 4).

Tabell 4 Minimikrav för andel hållbart flygbränsle (SAF) och syntetiska flygbränslen

	2025	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
SAF	2 %		6 %		20 %	34 %	42 %	70 %
Syntetiskt flygbränsle	-	0,7 %	1,2 %	2 %	5 %	10 %	15 %	35 %

Källa: Förordningen om säkerställande av lika villkor för hållbar lufttransport (ReFuelEU Aviation) (EU) 2023/2405

EU har även antagit en förordning om förnybara bränslen för sjöfarten (*FuelEU Maritime*²⁶⁵) som syftar till att fasa in mer hållbara och klimatvänliga bränslen i sektorn genom att sätta upp minskningsmål för växthusgasintensiteten i fartygsbränslen fr.o.m. 2025 och uppmuntra till användning av RFNBO.

Sammantaget kan sägas att det rör sig om relativt små andelar initialt, med en kraftig ökning mot slutet av perioden (i fallet syntetiska flygbränslen). Policy som ökar efterfrågan hos slutkunderna innebär dock inte per automatik ökad inhemsk produktion inom EU. För det krävs att den inhemska värdekedjan för avskiljning, transport och förädling med vätgas är konkurrenskraftig i relation till importalternativen. Trots regelverket på EU-nivå för att skapa efterfrågan på syntetiskt flygbränsle har ännu inget investeringsbeslut tagits för en sådan produktionsanläggning i Europa, vilket föranlett att mer än 50 aktörer med intressen för denna typ av bränsle, däribland Airbus, Boeing och en rad flygbolag, efterfrågat mer stöd i syfte att matcha möjliga producenter med möjliga köpare.²⁶⁶

En omfattande användning av vätgas och koldioxid för framställning av bränslen och kemikalier kommer kräva utbyggnad av storskalig transportinfrastruktur; både rörledningar, terminaler, fartyg och lastbilar. Kostnadsfördelar kan uppnås genom att kombinera transport av koldioxid för användning i produkter och för geologisk lagring i så kallade CCUS²⁶⁷-nav, särskilt i anslutning till utsläppsintensiv industri.²⁶⁸

3.6.6 Avskild koldioxid kan användas i byggmaterial och bidra till kolinlagring

Inom den svenska cementindustrin, där processutsläpp från kalcinering av kalksten utgör en stor del av de totala utsläppen, är tekniker för koldioxidavskiljning avgörande för att nå klimatmålen. Förutom lagring (CCS) undersöks även möjligheterna att använda avskild koldioxid i nya produkter – så kallad CCU.

Koldioxid från cementproduktion kan exempelvis användas i tillverkning av byggmaterial där den binds in i betong eller andra mineralbaserade produkter. Detta

²⁶⁵ Förordningen om användning av förnybara och koldioxidnåla bränslen för sjötransport (FuelEU Maritime) (EU) 2023/1805.

²⁶⁶ Project Skypower, 2025. OPEN LETTER: E-SAF TENDER FUNDED BY NATIONAL GOVERNMENTS TO UNLOCK THE FIRST PROJECTS IN EUROPE. https://project-skypower.org/sites/default/files/2025-06/Open%20letter%20for%20pilot%20e-SAF%20tender%20funded%20by%20national%20governments%20-%20June%202025_2.pdf

²⁶⁷ CCUS är en sammanslagning av akronymerna CCS och CCU

²⁶⁸ IEA:s webbplats, *Carbon Capture and Utilization*. <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/co2-capture-and-utilisation> (Hämtad 2025-06-13)

kan bidra till långsiktig kolinlagring och därmed minska nettoutsläppen. Tekniken är särskilt intressant i Sverige, läs mer under kapitel 4.1.4.

CEMBUREAU, den europeiska branschorganisationen för cement, menar att CCU bör erkännas fullt ut i det regulatoriska ramverket, eftersom vissa sektorer även i ett fossilfritt samhälle kommer att behöva använda koldioxid som insatsvara²⁶⁹.

Samtidigt kan CCU bidra till att skapa nya värdekedjor inom byggsektorn och stärka cirkulära materialflöden. I Energimyndighetens rapport *Styrmedel för CCS och CCU* framförs att offentlig upphandling i Sverige bör användas mer aktivt för att premiera (mer) klimatneutrala material.²⁷⁰

²⁶⁹ CEMBUREAU:s webbplats, CCUS. <https://cembureau.eu/policy-focus/climate-energy/ccus/> (Hämtad 2025-10-29)

²⁷⁰ Energimyndigheten, 2024. *Styrmedel för CCS och CCU*. ER 2023:26.

4 Insatser får att nå målet om nettonollutsläpp

Olika industribranscher har olika förutsättningar för vad som är den mest kostnadseffektiva och genomförbara utsläppsminskingsstrategin.

Utsläppsminskningar kan exempelvis ske genom energi- och resurseffektivisering, elektrifiering och bränslebyten. För vissa aktörer kan vägen till fossilfrihet innebära ett enklare bränslebyte som kräver relativt låg teknisk komplexitet och låg alternativkostnad, och för andra är vägen brantare och mer riskfylld. Det osäkra omvärldsläget har gjort att flera industriprojekt lagts ned eller skjutits på framtiden. Samtidigt tillkommer nya satsningar. Industrins omställning är en stor strukturomvandling och företagens initiala planer kan ändras under omständigheter som marknadsoro, osäkra regelverk och minskande lönsamhet.

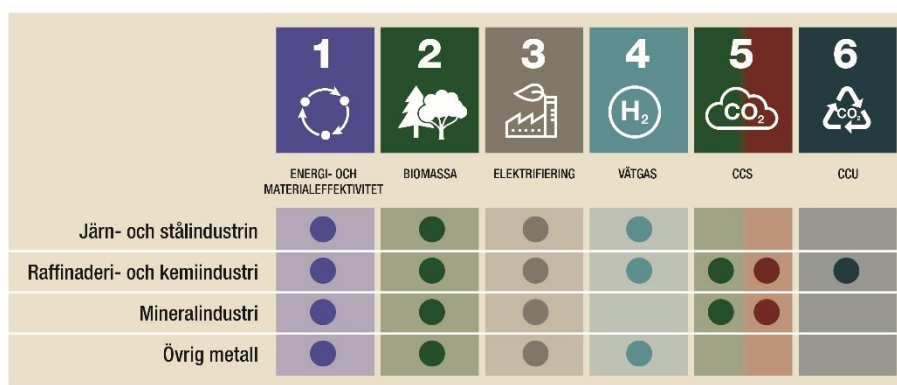
I avsnitt 4.1 ges en nulägesbild för de mest utsläppsintensiva branscherna inom den svenska industrin med ett särskilt fokus på utveckling av ny teknik och nya lösningar för att reducera de kvarvarande fossila utsläppen inom sektorn. För att nå de svenska klimatmålen kommer det inte att vara tillräckligt att endast minska de fossila växthusgasutsläppen. Det kommer även att behövas kompletterande åtgärder i form av kolsänkor för att skapa s.k. negativa utsläpp och/eller utsläppsminskningar i andra länder.²⁷¹ Negativa utsläpp kan uppnås genom inlagring av koldioxid i naturliga kolsänkor såsom skogs- och våtmarker. För att nå tillräckligt höga nivåer behövs även geologisk inlagring genom avskiljning, transport och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS). Tillämpning av bio-CCS inom industrin bidrar inte till sektorns egna utsläppsminskning eftersom de negativa utsläppen tillgodoräknas på nationell nivå. Inom massa- och pappersindustrin finns det stor potential till bio-CCS eftersom den omfattar verksamheter med stora biogena koldioxidutsläpp. Av den anledningen inkluderas och beskrivs nya händelser inom teknikutvecklingen för bio-CCS i avsnitt 4.2.

4.1 Insatser för att reducera fossila koldioxidutsläpp

I detta avsnitt presenteras utsläppsutvecklingen inom industrin över tid och aktuella insatser, tekniker och lösningar för att reducera utsläppen. I Tabell 5 Tabell 5nedan har det markerats vilka huvudspår för omställningen som är aktuella för de utsläppstunga branscherna som presenteras i detta kapitel. Tabellen är tänkt att ge en översikt över kopplingen mellan huvudspåren för omställning som presenteras i Kapitel 3 och de utsläppstunga branscherna som beskrivs i detta kapitel.

Tabell 5 Aktuella huvudspår för omställning för industrins mest utsläppstunga branscher

²⁷¹ SOU 2020:4



4.1.1 Industrins utsläpp och energianvändning

Industrins utsläpp av fossila växthusgaser

Industrins utsläpp av fossila växthusgaser²⁷² minskade med 28 procent mellan åren 1990 och 2023.²⁷³ I absoluta tal släppte industrin ut runt 14,8 miljoner ton koldioxidkvaliter under 2023. Jämfört med 2022 är det en minskning med ungefär 3 procent, vilket i huvudsak beror på konjunkturläget och en därmed besläktad efterfrågeminskning från byggbranschen på de produkter som mineralindustrin tillverkar.²⁷⁴ Det har med andra ord inte skett någon större utsläppsminskning som kan härledas till större teknikskiften, eftersom dessa fortfarande ligger i framtiden. Enligt Energimyndighetens kortsiktsprognos sommaren 2025 uppskattas de tidigaste stora energiskiften äga rum från och med cirka 2027, då den slutliga energianvändningen av kol minskar genom utfasning av en masugn samtidigt som elanvändningen ökar i och med produktionsstart av järnsvamp och ökad smältning i ljusbågsugn.

Industrin står för ungefär en tredjedel av Sveriges totala utsläpp, fördelat på ett antal branscher enligt Figur 5. De mest utsläppsintensiva²⁷⁵ branscherna utgörs av järn- och stålindustrin, raffinaderi- och kemiindustrin, mineralindustrin och övrig metallindustri som tillsammans stod för 85 procent av industrins totala fossila utsläpp år 2023.

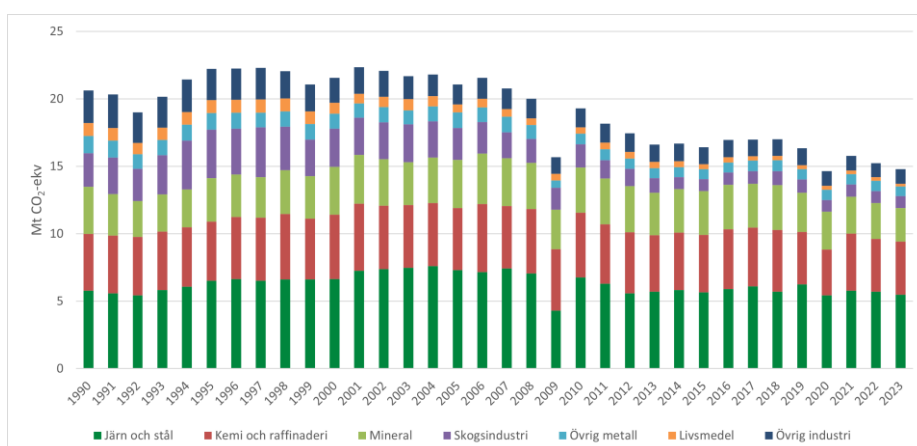
²⁷² Avser industrins utsläpp inom Sveriges gränser (även kallat territoriella utsläpp).

²⁷³ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

²⁷⁴ https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/MI0107IndustriN/

²⁷⁵ Naturvårdsverkets webbplats, *Industrin, utsläpp av växthusgaser*.

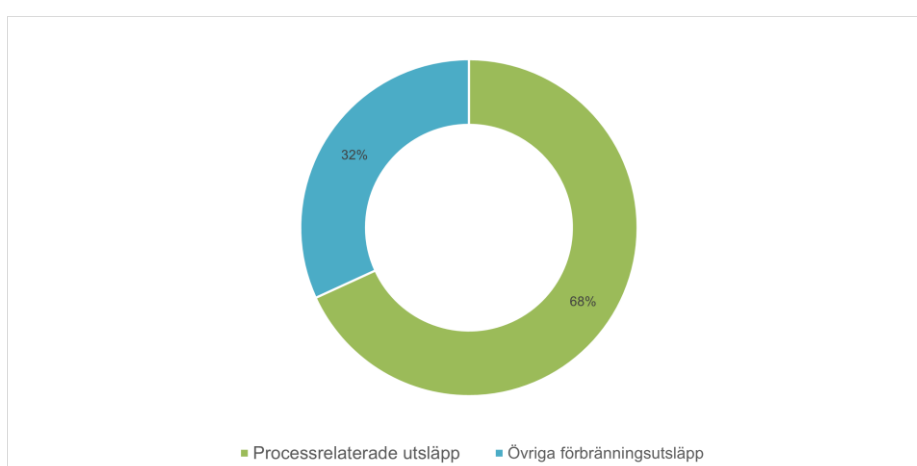
²⁷⁶ Med utsläppsintensitet avses mängden koldioxidkvaliter som släpps ut per enhet producerad vara, dvs. utsläpp som härrör från processen och inte övriga förbränningsutsläpp. Skogsindustrin har högre utsläpp än övrig metallindustri totalt sett, men då utgör merparten övriga förbränningsutsläpp.



Figur 5 Industrins totala utsläpp av fossila växthusgaser fördelat på olika branscher, 1990–2023, miljoner ton koldioxidekvivalenter

Källa: Naturvårdsverket och SCB,²⁷⁶ bearbetning av Energimyndigheten²⁷⁷

Den utsläppsminskning som har skett mellan 1990 och 2023 har främst skett i mindre utsläppsintensiva branscher och beror till stor del på en övergång från fossila till förnybara bränslen och el samt energieffektiviseringsåtgärder. Majoriteten av kvarvarande utsläpp är processrelaterade, vilket innebär att de är tätt sammankopplade med nuvarande tillverkningsprocesser och insatsråvaror. I Figur 6 redovisas industrins totala fossila koldioxidutsläpp fördelade på andel processrelaterade utsläpp²⁷⁸ och övriga förbränningsutsläpp (se Bilaga 1 för en mer detaljerad beskrivning av de två olika utsläppskategorierna). Under år 2023 utgjorde de processrelaterade utsläppen 68 procent av industrins utsläpp, medan resterande del utgjordes av övriga förbränningsutsläpp. Denna fördelning har varit relativt konstant under många år och kommer så förbli tills de stora genombrotten sker i processledet. Bryter man ner det på branschnivå skiljer sig dessutom fördelningen åt, liksom omfattningen, på den omställning av processer och råvaror som måste till för att kraftigt minska utsläppen.



²⁷⁶ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

²⁷⁷ Minskningen 2009 beror på att produktionen inom vissa branscher sjönk under lågkonjunkturen medan minskningen 2020 beror på att produktionen inom vissa branscher sjönk under covid-19 pandemin och driftstopp orsakade av tillfälliga händelser.

²⁷⁸ Innefattar processutsläpp, diffusa utsläpp och processrelaterade förbränningsutsläpp, dvs. förbränning av fossila restprodukter i tillverkningsprocesser.

Figur 6 Fördelning av industrins totala fossila växthusgasutsläpp på olika utsläppskategorier, 2023, procent

Källa: Naturvårdsverket och SCB,²⁷⁹ bearbetning av Energimyndigheten.

Anm: Av sekretesskäl har processutsläpp i kalkproduktion behövt modelleras för både 2022 och 2023. Modelleringen har gjorts genom att ta medelvärde av 2020-2021.

Industrins energianvändning

Energianvändningen inom industrin har varit relativt oförändrad sedan 2012²⁸⁰ med undantag för 2020 då energianvändningen sjönk till följd av lägre produktionsnivåer på grund av covid-19-pandemin. Trots den relativt oförändrade nivån har en successiv övergång från fossila till förnybara bränslen samt en effektivisering av tillverkningsprocesser bidragit till att minska de fossila växthusgasutsläppen. För vissa tillverkningsprocesser är det dock inte möjligt att ersätta de fossila energibärarna utan större teknikskiften.

4.1.2 Järn- och stålindustrin

Järn- och stålindustrin stod år 2023 för 37 procent av industrins totala utsläpp, och av dessa var ungefär 81 procent processrelaterade. Den största utsläppskällan är reduktionssteget i masugnsprocessen, då kol och koks används för att minska syrehalten i järnmalm. I Sverige är huvudspåren för att minska dessa utsläpp att ersätta masugnsprocessen med vätgasbaserad direktreduktion och att ersätta de fossila reduktionsämnena i Höganäsprocessen med biobaserade insatsråvaror.

Nuläge inom järn- och stålindustrin

Järn- och stålindustrin omfattar många olika verksamhetsområden och tillverkningsprocesser. Produkterna som tillverkas har ofta flera användningsområden, både som insatsvaror i andra processer och som slutprodukter. Det finns idag två huvudsakliga processpar för produktion av järn- och stålprodukter. Det ena av dessa spår är malmbaserad produktion med masugn eller tunnelugn (Höganäsprocessen). Det andra spåret är skrotbaserad produktion med ljusbågsugn.²⁸¹

Utsläpp inom järn- och stålindustrin

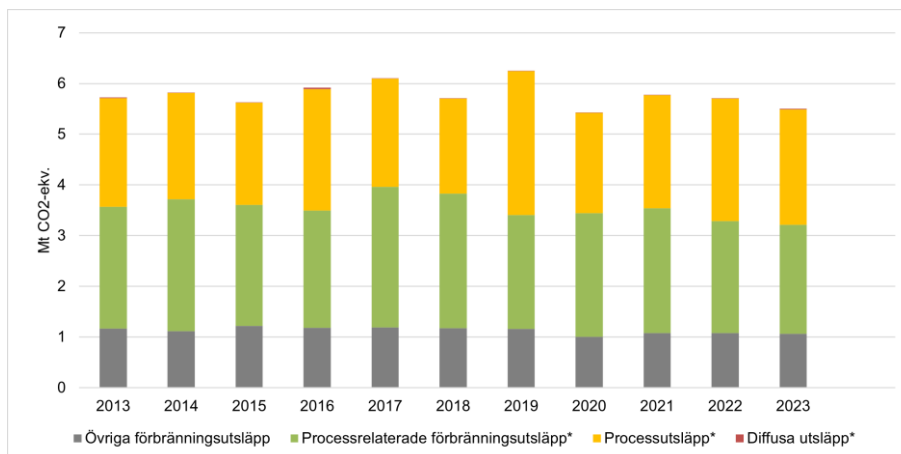
Järn- och stålindustrin är en energiintensiv industri med stora utsläpp av växthusgaser. Utsläppen varierar från år till år beroende på produktionsvolym och fördelningen mellan stålkaliteter. Figur 7 visar järn- och stålindustrins utsläpp fördelat på olika utsläppskategorier och över tid. Branschens utsläpp av fossila växthusgaser uppgick 2023 till 5,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter.²⁸² De processrelaterade utsläppen stod för cirka 81 procent av branschens totala fossila utsläpp, medan resterande 19 procent utgjordes av övriga förbränningsutsläpp. Sett till industrins totala fossila växthusgasutsläpp stod järn- och stålindustrin för cirka 37 procent år 2023.

²⁷⁹ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

²⁸⁰ Industrins utsläppsnivåer är alltså inte proportionella mot energianvändningen.

²⁸¹ För en mer utförlig genomgång av nuvarande processer inom järn och stålindustrin, se avsnitt 3.1 samt bilaga 3 i denna rapport från år 2021 (ER 2021:27), <https://energimyndigheten.sve.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=bf2b000945ea401aa08e910e8c6c91cf&=t&cat=%2FKlimat%20och%20utsl%C3%A4pp&lstqty=1>

²⁸² Naturvårdsverket och SCB, 2025.



Figur 7 Järn- och stålindustrins utsläpp fördelat på olika utsläppskategorier, 2013–2023 i miljoner ton koldioxidekvivalenter.²⁸³

Källa: Naturvårdsverket och SCB,²⁸⁴ bearbetning av Energimyndigheten

Anmärkning 1: Järnmalmshyttning (inklusive förädling och pelletstillverkning) samt framställning av ferrolegeringar ingår i Figur 8 men inte i Figur 7. Det beror på att utsläppen från dessa branscher samredovisas med andra branscher och inte kan särskiljas i utsläppsstatistiken.

Anmärkning 2: Notera att branschfördelningen för utsläppsstatistiken skiljer sig från övrig statistik, varför utsläpp från järnlegeringar och järnmalmshyttor inte ingår i figuren ovan.

De fossila utsläppen från järn- och stålindustrin beror på att många processer sker vid mycket höga temperaturer, vilket kräver högvärdiga fossila energibärare som kol och gas.²⁸⁵ El kan på motsvarande sätt generera höga temperaturer, men i och med den koldioxidsnåla elmixen i Sverige bidrar det inte på samma sätt till utsläppsintensiteten.

Energianvändning inom järn- och stålindustrin

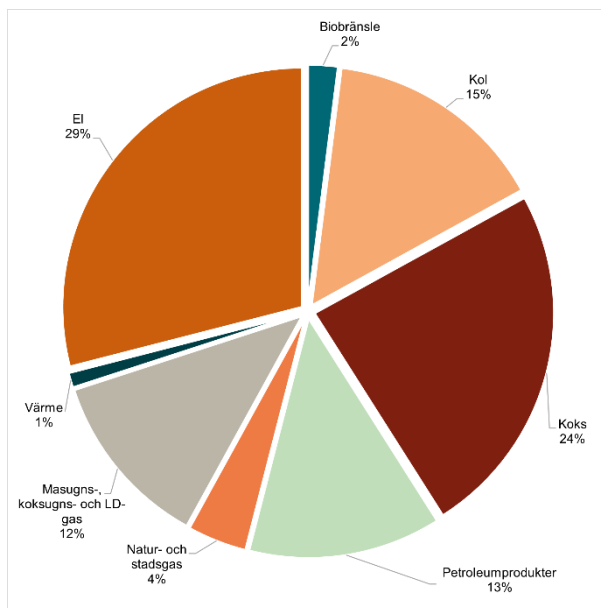
Den slutliga energianvändningen i järn- och stålindustrin, inklusive järnmalmshyttor och koksverk, uppgick till drygt 23 TWh under 2023, vilket motsvarar cirka 16 procent av industrins totala slutliga energianvändning samma år. Figur 8 visar hur energianvändningen var fördelad mellan olika energikällor under 2023. Där framgår tydligt att branschen nästan uteslutande använder utsläpps- och energiintensiva fossila bränslen (68 procent²⁸⁶) och el (29 procent). Kol och koks används främst som reduktionsmedel i masugnsprocessen, men även som bränsle vid tillverkning av järnmalmshyttor och som legeringsämne i stål. El och övriga fossila bränslen används framför allt i den skrotbaserade tillverkningen och i olika bearbetningsprocesser.

²⁸³ Kategorier markerade med * ingår i processrelaterade utsläpp.

²⁸⁴ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

²⁸⁵ Jernkontorets webbplats, *Utsläpp*. <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/utslapp/> (Hämtad 2025-03-05)

²⁸⁶ Summan av kol, koks, petroleumprodukter, natur- och stadsgas samt masugns-, koksugns- och LD-gas.



Figur 8 Järn- och stålindustrins energianvändning, inklusive järnmalmsgruvor och koksverk, fördelat på olika energikällor, 2023, procent.

Källa: Energimyndighetens energibalanser²⁸⁷ enligt branschindelning i Bilaga 2.

Satsningar på att utveckla flera olika metoder för att tillverka järn och stål som ger väsentligt lägre eller inga fossila utsläpp är avgörande för industrins omställning till en mer hållbar produktion. Det handlar om att under en allt kortare tidshorisont utveckla och driftsätta nya sätt att producera järn och stål för att de fossila utsläppen ska minska drastiskt.

Järn- och stålindustrins väg mot nettonollutsläpp

Tabell 6 Exempel på applikationer av huvudspår inom svensk järn- och stålindustri

Huvudspår	Exempel på applikation
 ENERGI- OCH MATERIALEFFektivitet	Återvinning av material
 BIOmassa	Biokol eller förgasad biomassa (syngas) som reduktionsmedel istället för kol
 ELEKTRIFIERING	El för uppvärmning istället för fossilt bränsle
 Vätgas	Vätgas som reduktionsmedel istället för kol och som ersättning för fossila bränslen

²⁸⁷ Energimyndigheten, u.å. *Energivarubalans*, 2005-.

https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/Energimyndighetens_statistikdatabas__Officiell_energistatistik__Arlig_energibalans__Balanser/EN0202_B.px/

Teknikvägar för elektrolysbaserad vätgasproduktion

Huvudspåret i Sverige för att ersätta masugnsprocessen är vätgasbaserad direktreduktion, där vätgasen produceras med elektrolysör. SSAB, LKAB och Vattenfall har genom ett samarbete över värdekedjor, i bolaget Hybrit Development AB, utvecklat den vätgasbaserade tekniken och under sommaren 2021 vidarebearbetades vätgasreducerad järnsvamp till världens första fossilfria stål.²⁸⁸ I processen omvandlas järnmalmspellets till järn (järnsvamp) med enbart fossilfri vätgas, med vatten som enda biprodukt. Efter sex år av forskning har Hybrit kunnat visa att deras metod att direktreducera järn har fördelaktiga egenskaper jämfört med järn som framställs med fossila bränslen.

Projektet fortsätter nu i nästa fas där processen implementeras i industriell skala, vilket planeras ske vid en demonstrationsanläggning för produktion av järnsvamp i Gällivare.²⁸⁹ Demonstrationsanläggningen ska byggas i anslutning till LKAB:s pelletstillverkning och planeras att vara klar och driftsatt omkring 2026–2027.²⁹⁰ Projektet har beviljats finansiellt stöd på 143 miljoner euro från EU:s innovationsfond, samt 3,1 miljarder kronor från Energimyndigheten.^{291, 292, 293}

Prospekteringen i Gällivare har gett nya insikter om den nya fyndigheten vilket medfört att LKAB bedömer att de kan höja produktionsvolymen av pellets och fines i Kiruna. Samtidigt flyttas produktionen av fossilfri järnsvamp i Kiruna fram till 2040-talet. I Gällivare går arbetet vidare som planerat med HYBRIT-teknologin och demonstrationsanläggningen för järnsvamp. En utvecklad automatisering, elektrifiering och digitalisering ger ökade volymer till lägre kostnad samtidigt som behovet av den el som behövs minskar även om vissa utmaningar i elnätet i Kiruna uppges kvarstå.²⁹⁴

Järnsvampsproduktionen kommer att kräva stora mängder vätgas producerad genom elektrolys. Möjligheten att lagra vätgasen blir särskilt viktigt i ett elsystem med ökad andel väderberoende kraftproduktion. Kostnadsoptimering sker genom produktion och lagring av överskott av vätgas vid låga elpriser, varpå den lagrade vätgasen kan användas när priserna är höga. I början av 2025 gick HYBRIT i mål med sitt

²⁸⁸ HYBRIT:s webbplats, *Världens första fossilfria stål färdigt för leverans*. <https://www.hybritdevelopment.se/varldens-forsta-fossilfria-stal-fardigt-for-leverans/> (Hämtad 2025-12-04)

²⁸⁹ HYBRIT:s webbplats, *HYBRIT: Sex års forskning banar väg för fossilfri järn- och stältillverkning i industriell skala*. <https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-sex-ars-forskning-banar-vag-for-fossilfri-jarn-och-staltillverkning-i-industriell-skala/> (Hämtad 2025-12-04)

²⁹⁰ HYBRIT:s webbplats, *Demonstrationsanläggning för direktreduktion i Gällivare kommun*, <https://www.hybritdevelopment.se/samrad/> (Hämtad 2025-12-04), EU-kommissionens webbplats. *HYBRIT Demonstration: Swedish large-scale steel value chain demonstration of Hydrogen Breakthrough Iron-making Technology*. https://climate.ec.europa.eu/document/download/6361be48-c451-4e46-b64d-c8a5d069bc8b_en?filename=if_pf_2022_hybrit_en.pdf

²⁹¹ EU-kommissionens webbplats, *Swedish large-scale steel value chain demonstration of Hydrogen Breakthrough Iron-making Technology*. <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101051316/INNOVFUND> (Hämtad 2025-12-04)

²⁹² HYBRIT:s webbplats, *Demonstrationsanläggning för direktreduktion i Gällivare kommun*.

²⁹³ Energimyndighetens webbplats. *3,1 miljarder i stöd till Hybrit*. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/31-miljarder-i-stod-till-hybrit/> (Hämtad 2025-09-24)

²⁹⁴ LKAB:s webbplats, *Vår framgångsrika prospektering öppnar nya möjligheter i Kiruna*. <https://lkab.com/nyheter/var-framgangsrika-prospektering-oppnar-nya-mojligheter-i-kiruna/> (Hämtad 2025-08-08)

pilotprojekt för vätgaslagring där man kunde påvisa att det är tekniskt möjligt att lagra fossilfri vätgas för tillverkning av fossilfritt järn och stål i industriell skala.²⁹⁵

I Sverige finns ett stort antal nedlagda gruvor, många av dem belägna i områden som tidigare var centrala för landets gruvindustri. Ett nytt forskningsprojekt vid Luleå tekniska universitet ska undersöka möjligheterna att använda nedlagda gruvor för storskalig underjordisk vätgaslagring (UHS). Projektet genomförs i samarbete med LKAB och Vattenfall och syftar till att bidra till den gröna omställningen och uppnåendet av koldioxidneutralitet inom stålindustrin i Norrbotten. Projektet fokuserar på att utveckla tekniska riktlinjer för användningen av fodrade berggrum (LRC: Lined Rock Cavern) för säker och effektiv vätgaslagring i tidigare gruvområden. Resultaten ska stödja utvecklingen av vätgasbaserade energisystem och skapa nya affärsmöjligheter för gruv-, energi- och stålindustrin.²⁹⁶

Under 2024 tog SSAB beslut om ett nytt fossilfritt stålverk i Luleå. Det nya stålverket beräknas ha en kapacitet på 2,5 miljoner ton årligen.²⁹⁷ Det kommer att ersätta det nuvarande masugnsbaserade produktionssystemet, vilket minskar Sveriges koldioxidutsläpp med 7 procent utöver de 3 procent som försvinner med omställningen av stålverket i Oxelösund. Det nya stålverket kommer att använda en mix av fossilfri järnsvamp från HYBRIT:s demonstrationsanläggning i Gällivare och återvunnet stålskrot som råvara.²⁹⁸ Tidplanen för driftstart har varit behäftad med förseningar, bland annat på grund av att det tagit längre tid än väntat att få till förstärkningar av transmissionsnätet till det nya stålverket. Det senaste beskedet är att driftstart planeras till slutet på 2029²⁹⁹, 12 månader senare än tidigare aviserat.

Stegra bygger en fullskaleanläggning i Boden för vätgasbaserad direktreduktion. Till 2030 beräknar företaget kunna leverera 5 miljoner ton högkvalitativt stål till marknaden, genom direktreduktion av järnmalmspelletts.³⁰⁰ Detta ska ske i två etapper, där den andra etappen fortfarande kräver effekttilldelning. Utöver stålproduktionen omfattar projektet en elektrolysanläggning som ska leverera kapacitet på mer än 700 MW.³⁰¹ Anläggningen väntas kunna tillverka stål med cirka 93 procent lägre koldioxidpåverkan än traditionell malmbaserad masugnstillverkning och är ett storskaligt tekniksprång mot ny nästintill fossilfri stålproduktion. Eftersom detta är tillkommande produktion och inte en omställning av redan befintlig produktion bidrar det inte till direkta växthusgasutsläppsminskningar, men det

²⁹⁵ LKAB:s webbplats, *HYBRIT: Storskalig lagring av fossilfri vätgas framgångsrikt bevisad*. <https://lkab.com/press/hybrit-storskalig-lagring-av-fossilfri-vatgas-framgangsrikt-bevisad/> (Hämtad 2025-03-07)

²⁹⁶ Luleå Tekniska Universitet, *Nedlagda gruvor kan bli energilager för fossilfri industri*. <https://www.ltu.se/aktuellt/nyheter/nyhetsarkiv/2025-02-19-nedlagda-gruvor-kan-bli-energilager-for-fossilfri-industri> (hämtad 25-06-27)

²⁹⁷ SVT:s webbplats, *Miljardstöd till SSAB:s satsning på fossilfritt stål*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norrboten/miljardstod-till-ssab-for-gront-stal> (Hämtad 2025-11-05)

²⁹⁸ SSAB:s webbplats, *SSAB fortsätter omställningen med ett fossilfritt stålverk i Luleå*. <https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2024/04/ssab-fortsatter-omstllningen-med-ett-fossilfritt-stlverk-i-lule> (Hämtad 2025-08-08)

²⁹⁹ SSAB:s webbplats, *SSAB flyttar fram driftsättning av nytt stålverk i Luleå med 12 månader*.

³⁰⁰ Stegras webbplats, *Green hydrogen enables the decarbonization of steel production*. <https://stegra.com/news-and-stories/green-hydrogen-enables-the-decarbonization-of-steel-production> (Hämtad 2025-09-24)

³⁰¹ Stegras webbplats, *thyssenkrupp nucera and H2 Green Steel partner for one of the largest electrolysis plants globally*. <https://stegra.com/news-and-stories/thyssenkrupp-nucera-and-h2-green-steel-partner-for-one-of-the-largest-electrolysis-plants-globally-> (Hämtad 2025-09-24)

minskar utsläpp i värdekedjan. Under 2025 har Stegra haft vissa finansieringsproblem och planerad produktionsstart har skjutits upp med tre månader, från sista kvartalet 2026 till början av 2027. De öppnar nu för nytt kapital för att täcka de ökade kostnaderna³⁰².

Ovakos anläggning i Hofors blev 2023 först i världen med att värma stål med fossilfri vätgas inför valsning. Planen är att använda lokal vätgasproduktion i alla Ovako enheter där stål valsas senast 2030, under förutsättning att det finns en god tillgång på fossilfri el.³⁰³ Ovako har även beviljats stöd av Klimatklivet för energikonvertering i Smedjebacken, för en effektivare användning av vätgas för värmning av stål.³⁰⁴ Ovako har under 2025 fortsatt omställningen till en mer energi- och klimatsmart verksamhet genom att under 2025, i sin anläggning i Boxholm, installera en ny ugn som minskar energiförbrukningen med 50 procent, vilken i sig innebär en reduktion av koldioxidutsläppen med 6 000-7000 ton om året. Ugnen kommer i framtiden att även kunna drivas med fossilfri vätgas.³⁰⁵

Stålföretag i Norden satsar över 100 miljarder på att anlägga nya gjut- och valsverk, så kallade ”minimills”, varav två av dessa är planerade i Sverige. Tillverkningsprocessen inkluderar direktvalsning med varmövergång från gjutning direkt till valsning, vilket undviker omfattande återvärmning och energiåtgång. Som startmaterial kan både cirkulerat skrot och direktreducerat järn med vätgas (Hybrit) användas för fossilfri framställning. Swerim bedriver ett projekt om att underlätta detta tekniksprång. För att snabbt komma i gång med legeringsutveckling efter driftsättning krävs pilot- och demonstrationsanläggningar för labbmässig produktion med processrelevanta metoder. I samarbete med SSAB tar Swerim fram en metod för tillverkning av labbgöt och identifierar vilka investeringar som behövs för att bemöta de processparametrarna i de nya energi- och resurseffektiva produktionsprocesserna.³⁰⁶

Teknikvägar för användning av biokol

I Sverige används cirka 3 miljoner ton fossilt kol varje år, varav cirka 70 procent går till järn- och stålproduktion.³⁰⁷ Under perioden 2030–2045 så är en bedömning att järn- och stålindustrin kommer behöva mellan 200 000 och 300 000 ton biokol.³⁰⁸

I dagsläget är biokol det huvudsakliga omställningsspåret för Höganäsprocessen.³⁰⁹ Efter tre års utveckling i pilotskala genomförde Höganäs ett större försök, där man

³⁰² Dagens industri Energimarknaden, *Stegra tar in miljarder för att säkra Bodenbygge: ”Vi har starkt stöd”*. [Stegra tar in miljarder för att säkra Bodenbygge: ”Vi har starkt stöd”](#) (Hämtad 2025-11-06)

³⁰³ Ovakos webbplats, *Vår vätgasanläggning*. <https://www.ovako.com/sv/om-ovako/Var-vatgasanlaggning/> (Hämtad 2025-12-04)

³⁰⁴ Klimatklivet, *Beviljade ansökningar till Klimatklivet till och med 30 juni 2025*. <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.naturvardsverket.se%2F49fb0e%2Fglobalassets%2Famnen%2Fklimatomstallning%2Fklimatklivet%2Fdokument%2Fbeviljade-ansokningar-klimatklivet-20250630.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>

³⁰⁵ Ovakos webbplats, *Klimat- och miljöminister Romina Pourmokhtari invigde Ovako nya energieffektiva ugn i Boxholm som halverar energiförbrukningen och minskar koldioxidutsläppen*. <https://www.ovako.com/sv/nyheter/nyheter--pressmeddelanden/ovako-press-release-detail/?releaseId=E23E21E93819E850> (hämtad 2025-06-27)

³⁰⁶ Energimyndigheten, P2023-00923.

³⁰⁷ IVL Svenska Miljöinstitutet, <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/energi/biokol-ska-minska-stalindustrins-utslapp.html>

³⁰⁸ Luleå Tekniska Högskolas webbplats, *Satsning på biokol för fossilfri järn- och stålproduktion*. <https://www.ltu.se/aktuellt/nyheter/nyhetsarkiv/2022-07-13-satsning-pa-biokol-for-fossilfri-jarn--och-stalproduktion> (Hämtad 2025-12-04)

³⁰⁹ Energimyndighetens projektdatabas, 46974-1, diarienummer 2018-006750

blandade in biokol som reduktionsmedel i processen.^{310 311} Resultat från projektet visade att det är möjligt att med smärre justeringar av processparametrar producera järnsvamp som uppfyller befintlig specifikation trots att 20 procent av det fossila kolet ersatts med biokol. Av Höganäs hållbarhetsrapportering för 2024 framgår att företaget nu tagit två investeringsbeslut för produktionsanläggningen för järnsvamp i Höganäs. Höganäs gör en fortsatt investering i infrastruktur för biokol på anläggningen, vilket möjliggör produktion av järnsvamppulver med nära noll direkta utsläpp, vilket minskar koldioxidavtrycket från Höganäs kunders produkter. Höganäs har även lanserat två parallella forsknings- och utvecklingsprojekt där det första projektet syftar till att maximera användningen av biokol i reduktionsprocessen, medan det andra projektet utforskar alternativa tekniker för fossilfri reduktion.³¹²

Det finns ännu ingen teknik för storskalig och kostnadseffektiv produktion av biokol. Det pågår nu försök med att bland annat utveckla en lösning i form av ett reaktorkoncept som möjliggör storskalig produktion av biokol i befintliga kraftvärmeverk, se 3.2.1.³¹³

I ett nytt innovationsprojekt ”Lump blir biokol till stålindustrin” i Borås, knyts textil- och stålindustrin samman. Projektet är initierat av aktörer från den svenska textil- och stålindustrin och involverar parter i hela värdekedjan. Textilavfallet omvandlas till biokol genom så kallad långsam pyrolys – i pyrolysen bryts det organiska materialet ner i en inert atmosfär vid temperaturer runt 500–800 °C. Produkten – biokol – levereras till metallpulvertillverkaren Höganäs AB, där den utvärderas som ett möjligt reduktionsmedel för framställning av järnsvamp.³¹⁴

Stålföretaget SSAB ska tillsammans med ett konsortium som leds av IVL Svenska Miljöinstitutet undersöka möjligheten att ersätta fossila råvaror med biokol. Projektet ska utveckla systemlösningar för en fungerande värdekedja från odling, via slutanvändning i olika industri- och energianläggningar till konkurrenskraftiga industriella produkter och tjänster som gynnar svensk industri.³¹⁵

Företaget Vargön Alloys har inom Bio4SAF-projektet framgångsrikt implementerat biokol i sin produktionsprocess för ferrokrom (FeCr), ett viktigt steg mot hållbarhet inom sektorn för ferrolegeringar. Initiativet ledde till produktion av cirka 350 ton biokol-kromitbriketter, vilka ersatte cirka 20 procent av den traditionellt använda fossila koksen med biokol i ljusbågsugnoperationerna. Metoden stöder industrins

³¹⁰ Bioenergitidningen, 2023. *Hårdgjord biokol hjälper Höganäs att bli klimatneutrala.*

<https://bioenergitidningen.se/hardgjord-biokol-hjalper-hoganas-att-bli-klimatneutrala/>

³¹¹ Energimyndighetens projektdatabas, P2020-90128, diarienummer 2020-025559

³¹² Höganäs, 2025. *Sustainability report 2024.*

https://www.hoganas.com/globalassets/downloads/corporate/sustainability/sustainability-report-2024_3573hog.pdf

³¹³ Luleå Tekniska Universitet webbplats, *Storskalig produktion av biokol som förnybar råvara i fossilfria värdekedjor inom järn- och stålindustrin.*

<https://www.ltu.se/forskning/forskningsamnen/energiteknik/termokemisk-energiomvandling/projekt/2023-10-17-storskalig-produktion-av-biokol-som-fornybar-ravara-i-fossilfria-vardekedjor-inom-jarn--och-stalindustrin> (Hämtad 2025-09-23)

³¹⁴ Science Park Borås, *Från strumpa till stål – nu ska lumpen bli biokol,*

<https://scienceparkboras.se/2025/05/fran-strumpa-till-stal-nu-ska-lumpen-bli-biokol/>

³¹⁵ IVL Svenska miljöinstitutets webbplats, *Biokol ska minska stålindustrins utsläpp.*

<https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/energi/biokol-ska-minska-stalindustrins-utslapp.html> (Hämtad 2025-11-05)

övergång från fossilbaserade till biobaserade lösningar och minskar de fossila koldioxidutsläppen.³¹⁶

Den biomassa som används för att tillverka biokol kan vara av olika ursprung. Inom projektet BioReSteel som drivs av metallforskningsinstitutet Swerim utvecklas teknik för att tillverka hydrochar (vilket är en typ av biokol) från lokalt tillgängliga biomassarester, i stället för att använda högvärdig biomassa. Genom att ersätta fossilt kol i ljusbågsugnar med den utvecklade biokolen kan de fossila utsläppen från stålindustrin minska.³¹⁷ Projektet finansieras av Kol- och stålforskningsfonden (RFCF) och är ett europeiskt samarbetsprojekt.³¹⁸

Teknikvägar för återvinning av material i ljusbågsugnar

Trots att ståltillverkning i ljusbågsugnar anses vara ett hållbart sätt för ståltillverkning, är processen fortfarande beroende av fossilkolbaserade material i betydande utsträckning. Kolhaltiga material från alternativa källor kan bidra till minskning av utsläpp och en mer cirkulär stålproduktion. I ett nyligen avslutat forskningsprojekt finansierat av Vinnova³¹⁹ samarbetade representanter från KTH, EnviGas AB, Ovako Sweden AB, Outokumpu Europe Oy och Stena Recycling för att undersöka möjligheten att efter pyrolys använda återvunna däck som råmaterial för ståltillverkning i elektriska ljusbågsugnar.³²⁰ Projektet främjar cirkulär ekonomi genom minskad deponi och användning av jungfruligt fossilt kol. Resultaten av projektet visar att det återvunna kolet har högre svavelhalt men ger lägre koldioxidutsläpp jämfört med jungfruligt fossilt kol.

Utblick: Nuläget för EU:s omställning till fossilsnål stålproduktion

Enligt en uppmärksammas rapport från mars 2025 om den europeiska stålindustrins omställning så står industrin inför en stor strukturell förändring om branschen ska bidra till europeisk klimatneutralitet. I Sverige pågår ett arbete med att byta ut kolintensiva masugnar men cirka 55 procent av EU:s stålproduktion sker fortfarande med masugnar. Många av dessa masugnar är över 50 år gamla och behöver ersättas före 2035. Av dessa är det 15 som saknar datum för avveckling, vilket betyder att de kan komma att livstidsförlängas i upp till 20 år genom så kallad omfodring (eng. *relining*). Enligt rapporten har EU därför ett smalt tidsfönster för att undvika att låsa in sig i ytterligare decennier av fossilbaserad produktion, och därför efterfrågas i rapporten flera åtgärder på europeisk nivå och i medlemsstaterna för att stötta stålindustrins omställning.

- 33 gröna stålprojekt har annonserats, men 80 procent har inte gått vidare från planeringsstadiet.
- Tillgången på grön vätgas är otillräcklig – EU:s mål om 10 miljoner ton till 2030 är långt ifrån uppnått.
- Cirkularitet är avgörande – ökad återvinning och användning av skrot kan minska utsläpp och minska behovet av jungfruligt järn.
- Över 9 miljarder euro i statligt stöd har godkänts – men flera projekt har försenats och upplever svårigheter med att framställa en konkurrenskraftig stålprodukt, främst på grund av höga förväntade vätgaspriser.
- Om projekt i Frankrike, Tyskland och Spanien slutfördes skulle det leda till stängning av sex masugnar och minska utsläppen med omkring 321,9 MtCO₂.
- Den privata sektorn har en avgörande roll att spela för att öka efterfrågan på grönt stål. Sektorer som bygg, fordon och tillverkning kan genom att köpa stål med nära nollutsläpp bidra till framväxten av den nya stålmarknaden. Offentlig upphandling har också en viktig roll att spela genom att kombinera upphandlingspolicy med klimatpolicy.

³¹⁶ Swerims webbplats, *Grön milstolpe nådd i produktionen av ferrolegeringar med biokol*.

<https://www.swerim.se/cases/gron-milstolpe-nadd-i-produktionen-av-ferrolegeringar-med-biokol> (Hämtad 2025-09-01)

³¹⁷ Energimyndighetens projektdatabas, P2023-203097, diarienummer 2023-00761

³¹⁸ BioReSteels webbplats, *Welcome to BioReSteel*. <https://bioresteel.eu/> (Hämtad 2025-11-05)

³¹⁹ Vinnovas webbplats, *Återvunnet kolhaltigt material från pyrolys av däck för användning vid EAF-ståltillverkning*. <https://www.vinnova.se/p/atervunnet-kolhaltigt-material-fran-pyrolys-av--dack-for-anvandning-vid-eaf-staltillverkning-/> (Hämtad 2025-06-13)

³²⁰ Stena Recyclings webbplats, *Återvunna däck – nytt råmaterial till stålindustrin*. <https://www.stenarecycling.com/sv/nyheter-insikter/nyheter/2024/atervunna-dack---nytt-ramaterial-till-stalindustrin/> (Hämtad 2025-06-13)

4.1.3 Raffinaderier och kemiindustrin

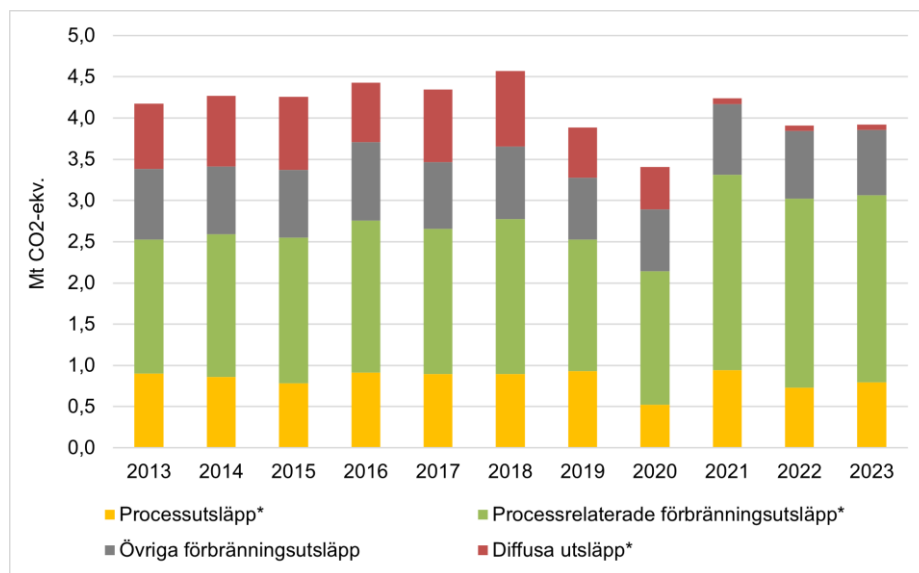
Raffinaderier och kemiindustrin stod år 2023 för 27 procent av industrins fossila växthusgasutsläpp, varav 80 procent bestod av processrelaterade utsläpp. Såväl raffinaderier som kemiindustrin har stora flöden av fossil råvara i sina processer, vilket genererar betydande mängder fossila restgaser. Restgaserna återanvänds som energi i processerna och ger upphov till fossila växthusgasutsläpp. Utsläpp från dagens fossila vätgasproduktion i raffinaderierna utgör också en stor del av utsläppen. Omställningen av dagens kemi- och raffinaderiindustri kan generellt delas in i: återvinning av material, byte av råvaror från fossilbaserade till biobaserade, fossilfri vätgas samt elektrobränslen och koldioxidavskiljning.

Nuläge inom raffinaderier och kemiindustrin

Inom kemiindustrin är den petrokemiska industrin den mest utsläppsintensiva. Tillverkning av petrokemiska produkter och tillverkning av bränslen i raffinaderier har många likheter i dagsläget. Båda använder fossila råvaror och har tillverkningsprocesser som på olika sätt bryter sönder, slår samman eller omformar kolväten till olika slutprodukter.³²²

Utsläpp inom raffinaderier och kemiindustrin

Raffinaderi- och kemiindustrins fossila växthusgasutsläpp uppgick till cirka 3,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter under år 2023 och motsvarade en dryg fjärdedel av industrins totala fossila växthusgasutsläpp. Figur 9 visar fördelningen mellan olika kategorier av fossila växthusgaser.



³²¹ E3G och Beyond Fossil Fuels, 2025. *The State of the European Steel Transition*.

<https://www.e3g.org/wp-content/uploads/The-State-of-the-European-Steel-Transition-Report.pdf>

³²² För en mer genomgående beskrivning av processerna i raffinaderi- och kemiindustrin, se rapport från 2021, *Industrin – Nuläge och förutsättningar för omställning* (ER 2021:27).

<https://energimyndigheten.sve.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=bf2b000945ea401aa08e910e8c6c91cf<=&cat=%2FKlimat%20och%20utsl%C3%A4pp&lstqty=1>
(Bilaga 3).

Figur 9 Raffinaderiers och kemiindustrins utsläpp av fossila växthusgaser fördelat på olika utsläppskategorier, 2013–2023, miljoner ton koldioxidekvivalenter³²³

Källa: Naturvårdsverket och SCB³²⁴, bearbetning av Energimyndigheten

De processrelaterade utsläppen utgör 80 procent av branschens totala utsläpp.³²⁵ Den största utsläppskategorin utgörs av branschens förbränning av interna restgaser. Vätgasproduktion med naturgas ger också upphov till utsläpp. Under hela kedjan från produktion av fossila råvaror via transport och lagring till produktion och användning av slutprodukterna uppstår diffusa utsläpp av fossila gaser genom dunstning, läckage, bildandet av restgaser från olika processer och fackling. Dessa diffusa utsläpp är oftast svåra att mäta då utsläppen kan uppstå på en mängd olika ställen. Processutsläpp uppstår även i kemiindustrin, framför allt vid destillering och krackning av nafta, etan, propan och butan.

För att förstå den samlade utsläppsminskningspotentialen för sektorn är det väsentligt att beakta hela värdekedjan. Raffinaderiernas huvudsakliga insatsvara är råolja som via destillering omvandlas till färdiga petroleumprodukter såsom bensin, flygbränsle och diesel. Merparten av de utsläpp som sektorn ger upphov till – cirka 85 procent³²⁶ – uppstår först vid förbränning i transportsektorn. Sammantaget står värdekedjan för ungefär 50 procent av Sveriges territoriella utsläpp.³²⁷ Detta illustrerar hur omställningen av raffinaderierna är en helt avgörande komponent när det gäller att reducera utsläppen nedströms.

Energianvändning inom raffinaderier och kemiindustrin

Raffinaderier och kemiindustrin använde sammanlagt drygt 23 TWh energi år 2023, vilket motsvarar cirka 16 procent av den totala slutliga energianvändningen inom industrin. I Figur 10 visas fördelningen mellan olika energibärare år 2023 för raffinaderier och kemiindustrin. Energin för att driva processerna består till stor del av interna restgaser (benämnda som raffinaderi-/brännigas i figuren).

³²³ Kategorier markerade med * ingår i processrelaterade utsläpp.

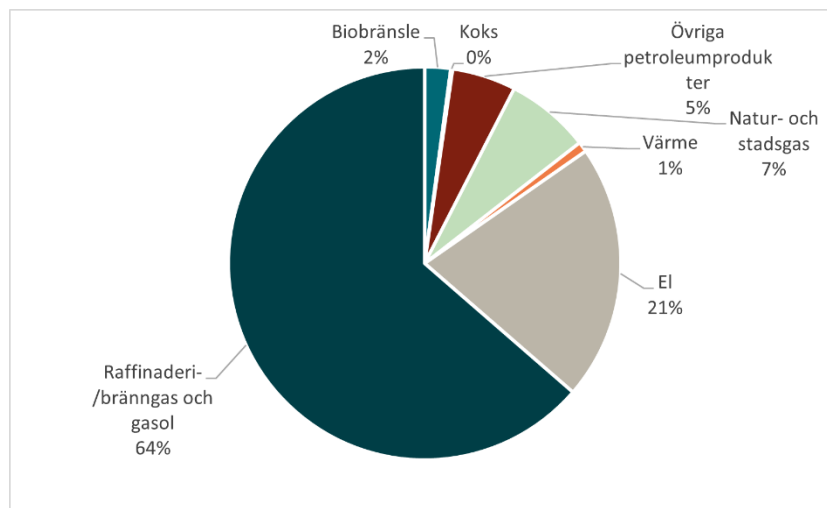
³²⁴ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

³²⁵ Ibid.

³²⁶ Naturvårdsverket, 2022. *Industrins klimatomställning*.

<https://www.naturvardsverket.se/497de7/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7045-8.pdf>

³²⁷ Ibid.



Figur 10 Raffinaderiers och kemiindustrins (inklusive läkemedelsindustrins) energianvändning fördelat på olika energikällor, 2023, procent.

Källa: Energimyndighetens energibalanser³²⁸ enligt branschindelning i Bilaga 2.

Anm. 1: I den officiella energistatistiken hör raffinaderier till energisektorn och inte till industrin.

Anm. 2: Från och med 2023 redovisas gasol tillsammans med raffinaderi-/brännngas (tidigare i övriga petroleumprodukter) på grund av att de ej särredovisas i energibalanserna.

Styrmedel, forskning och utveckling driver på omställningen mot en mer hållbar bränsleproduktion

Sverige har ett etappmål om 70 procent lägre växthusgasutsläpp inom inrikes transporter år 2030 jämfört med 2010, och nuläget pekar på att denna siffra är 13 procent lägre än 1990 med 2024 års preliminära statistik³²⁹. Det behövs alltså ytterligare en stor minskning av fossila drivmedel som ersätts av fossilfria drivmedel eller elektrifiering. Utöver inrikes transporter spelar även luft- och sjöfart stor roll för transportutsläppen, vilket föranlett EU-styrmedel som ReFuelEU Aviation och FuelEU Maritime i Fit for 55-paketet, som syftar till att öka användningen av förnybara och koldioxidsnåla bränslen³³⁰. Under flera år har andelen hållbara biodrivmedel i Sverige legat på en hög nivå, till stor del drivet av olika styrmedel. År 2023 var inblandningen drygt 26 procent, vilket var högst andel i Europa.³³¹ År 2024 sjönk dock andelen till drygt 13 procent³³² till följd av att reduktionsplikten sänktes till 6 procent för diesel och bensin³³³ (från 30,5 procent respektive 7,8 procent) för perioden 2024–2026. I augusti 2024 aviserade regeringen dock en höjning av reduktionsplikten till 10 procent från 1 juli 2025³³⁴, vilket beslutades av riksdagen i

³²⁸ Energimyndigheten, u.å.

³²⁹ Sveriges Miljömål, *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*. [Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter - Sveriges miljömål](#) (Hämtad 2025-11-06)

³³⁰ Europeiska rådet, *55 %-paketet: mer grönare bränsle inom luft- och sjöfart*. [55 %-paketet: mer grönare bränsle inom luft- och sjöfart - Consilium](#) (Hämtad 2025-11-06)

³³¹ Drivkraft Sveriges webbplats, *Fortsatt hög andel biodrivmedel 2023*. <https://drivkraftsverige.se/nyheter/fortsatt-hog-andel-biodrivmedel-2023/> (Hämtad 2025-12-04)

³³² Drivkraft Sveriges webbplats, *Press: DRIVMEDELSÅRET 2024 – Sveriges utsläpp ökade när andelen förnybart sjönk*. <https://drivkraftsverige.se/nyheter/press-drivmedelsaret-2024-sveriges-utslapp-okade-nar-andelen-fornybart-sjonk/> (Hämtad 2025-05-27)

³³³ Sveriges riksdag, *Sänkning av reduktionsplikten för bensin och diesel*, Betänkande 2023/24: MJU5 Miljö -och jordbruksutskottet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/betankande/sankning-av-reduktionsplikten-for-bensin-och_hb01mju5/ (Hämtad 2025-12-04)

³³⁴ Regeringens webbplats, *Sänkt skatt på bensin och diesel och reformerad reduktionsplikt*. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/08/sankt-skatt-pa-bensin-och-diesel-och-reformerad-reduktionsplikt/> (Hämtad 2025-12-04)

maj 2025³³⁵. Det återstår att se vad effekten av höjningen blir när året summeras, men det kan konstateras att andelen biodrivmedel har ökat något under första kvartalet 2025. Av Drivkraft Sveriges omställningsbarometer framgår att under första kvartalet 2025 var andelen biodrivmedel 14,2 procent, vilket var något högre än motsvarande period 2024 (13,4 procent). Biodrivmedel används dock främst utanför reduktionsplikten i form av HVO100, biogas och B100. Ökningen beror på högre volymer av HVO100 som nu utgör 7 procent av drivmedelsleveranserna att jämföra med 5 respektive 2,8 procent för motsvarande period 2024 och 2023.³³⁶

Vad gäller infrastrukturen för biodrivmedel, enligt Drivkraft Sverige, så har antalet stationer med E85-pumpar minskat från ca 1 800 under 2019 till 1 300 i år. Under samma period har antalet stationer med HVO100-pumpar mer än femdubblats upp till drygt 650.

Sverige har ett stort importberoende³³⁷ när det gäller biodrivmedel. Det pågår dock flera forskningsprojekt och investeringar har gjorts i produktionsledet³³⁸ för att öka den svenska självförsörjningsgraden av biodrivmedel genom att tillvarata resurser från exempelvis skogen och lantbruket på ett hållbart vis. Enligt Svebio³³⁹ uppskattas produktionskapacitet för anläggningar i drift i Norden till drygt 17 TWh per år. Därutöver har anläggningar under uppbyggnad en kapacitet på omkring 4,4 TWh och planerade anläggningar en kapacitet på närmare 47 TWh per år.

Kemiindustrin använder idag stora mängder fossila råvaror som skulle kunna ersättas med biobaserad råvara.³⁴⁰ Marknaden och kostnaderna för biobaserade alternativ till fossila råvaror och/eller produkter växer till följd av en ökande efterfrågan och skärpta krav i lagstiftningen. Biobaserade råvaror är dyra att processa jämfört med fossila råvaror och produkt- och processutvecklingen är kostsam.³⁴¹ En förutsättning för att en bioråvara ska kunna användas i existerande processer är att den har liknande egenskaper som den fossila råvara som den ska ersätta. Satsningar på forskning och utveckling behövs för att kunna framställa och implementera biobaserade alternativ, både för process- och produktutveckling.

Raffinaderier och kemiindustrins väg mot nettonollutsläpp

För att ställa om raffinaderi- och kemiindustrin till fossilfri produktion och eliminera nedströms koldioxidutsläpp från användningen av industrins produkter, krävs att energiråvaror byts ut. Teknikspår som möjliggör detta inkluderar biobaserade råvaror, fossilfri vätgas, elektrobränslen (CCU) samt användning av återvunna råvaror inom kemiindustrin. I vissa fall används kombinationer av de olika teknikspåren. En

³³⁵ Dagens industri, 2025. *Riksdagen sa ja till höjd reduktionsplikt*.

<https://www.di.se/nyheter/riksdagen-sa-ja-till-hojd-reduktionsplikt/> (Hämtad 2025-05-27)

³³⁶ Drivkraft Sverige, 2025. *Omställningsbarometern första kvartalet, juni 2025*.

<https://drivkraftsverige.se/wp-content/uploads/2025/06/DS-2025-Omställningsbarometer-nr2-juni.pdf>. Eldningsolja, LNG, LBG och flygbränslen är inte med i statistiken.

³³⁷ Energimyndigheten, 2022. *Kontrollstation för reduktionsplikten 2022*. ER 2022:07.

<https://energimyndigheten.s3.amazonaws.com/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=ed7b51a47ee04e86bcff6c6f11c71922&q=2022:07&lstqty=1>

³³⁸ Tidningen Proffs webbplats, *Preem först ut med svenskproducerad HVO100 till kunder i Sverige*. <https://www.tidningenproffs.se/nyhet/2024/04/preem-forst-ut-med-svenskproducerad-hvo100-till-kunder-i-sverige/> (Hämtad 2025-12-04)

³³⁹ Swebios webbplats, *Biodrivmedel*. <https://www.svebio.se/om-bioenergi/biodrivmedel/> (Hämtad 2025-12-04)

³⁴⁰ Bioråvara är biomassa från hav, jord och skog. Läs mer om tillgång och efterfrågan på bioråvaror i avsnitt 3.2.

³⁴¹ RISE webbplats, *Så får vi mer värde från våra bioråvaror*. <https://www.ri.se/sv/berattelser/sa-far-vi-mer-varde-fran-vara-bioravaror> (Hämtad 2025-12-04)

övergång till biobaserade råvaror kan ge synergieffekter, eftersom det kan leda till negativa utsläpp när CCS används på utsläpp med biogent ursprung.

Tabell 7 Exempel på applikationer av huvudspår inom svensk raffinaderi- och kemiindustri

Huvudspår	Exempel på applikation
 ENERGI- OCH MATERIALEFFEKTIVITET	Avfalls-/restprodukter för produktion av bränsle/kemikalier
 BIOMASSA	Drivmedel från biobaserade insatsråvaror (biodrivmedel)
 ELEKTRIFIERING	El för uppvärmning istället för fossilt bränsle
 VÄTGAS	Elektrolysbaserad vätgas som ersättning för fossil vätgas
 CCS	Avskiljning och lagring av fossil/biogen koldioxid
 CCU	Elektrobränslen och elektrokemikalier från vätgas och infångad koldioxid

Teknikvägar för elektrolysbaserad vätgasproduktion

Vätgas är sedan länge en viktig råvara inom delar av processindustrin, framför allt inom kemisk industri och raffinaderier. Mer än 99,6 procent av den vätgas som används idag i Sverige, ca 6 TWh, används inom industrin.³⁴² I raffinaderier används vätgas primärt i två huvudprocesser, vätebehandling och hydrokrackning³⁴³, och inom kemiindustrin som råvara vid produktion av ammoniak och metanol.

I dagsläget ombesörjs raffinaderiernas vätgasbehov i huvudsak genom ångreformerings av naturgas, men flera planerade eller pågående projekt syftar till att skala upp vätgasproduktion via elektrolys. Under de senaste åren har Preem undersökt denna möjlighet, vilket skulle kunna minska koldioxidavtrycket från befintliga processer och även bana väg för elektrobränsleframställning (som ett komplement till biodrivmedel). Att ersätta hela Preems vätgasbehov skulle emellertid kräva en elektrolysöreffekt på omkring 600 MW, enligt uppgifter från Vätgas Sverige.³⁴⁴ Idag produceras mindre än fem procent av vätgas genom elektrolys.

Energigaserna kommer att bli en allt viktigare del av Sveriges energi- och råvaruförsörjning. Enligt behovskartläggningar behöver svensk industri omkring 10 TWh biogena gaser och cirka 30 TWh fossilfri vätgas till 2030. Uppskattningen omfattar all fossilfri vätgas som används inom industrin, både den vätgas som

³⁴² Vätgas Sveriges webbplats, *Vätgas i industrin*. <https://vatgas.se/fakta/vatgas-i-industrin/> (Hämtad 2025-09-24)

³⁴³ Vätebehandling är en process där vätgas används för att avlägsna oönskade atomer från molekyler. Hydrokrackning är en process där tunga gasoljor, tunga rester eller liknande kokdestillat reagerar med väte i närvaro av en katalysator vid hög temperatur och tryck för att producera lättare molekyler ämnade till diesel, flyg och bensinbränsle. Vätgas Sveriges webbplats, *Vätgas i industrin – raffinaderier*. <https://vatgas.se/vatgas-i-industrin-raffinaderier/> (Hämtad 2025-03-19)

³⁴⁴ Ibid.

används direkt som bränsle eller insatsvara och den vätgas som används för produktion av något annat, till exempel produktion av elektrobränslen för sjöfarten.³⁴⁵

Enligt en rapport från IVL så har Sverige förhållandevis god tillgång till de resurser som krävs för att tillverka både vätgas och elektrobränslen, men utvecklingen bromsas av brist på styrmedel för vätgas och regelverk för hur den kan hanteras. Efterfrågan på vätgas och elektrobränslen, främst inom transport-, stål- och kemikalieindustrin förväntas att öka framöver. De främsta utmaningarna för storskalig användning av vätgas i Sverige är brist på infrastruktur för transmission och distribution av vätgas, det saknas bland annat infrastruktur för att transportera och distribuera vätgas i stor skala, och otillräcklig kapacitet för elförsörjning på vissa platser. Det är fortfarande osäkert inom vilka marknadssegment som vätgas och elektrobränslen kommer att bli som störst.³⁴⁶

Teknikvägar för biobaserade råvaror

Sverige har goda förutsättningar för att öka sin självförsörjningsgrad av biodrivmedel genom att använda restprodukter från skogs- och jordbruket. Det pågår ett antal projekt på området. Svensktillverkad biodiesel är exempelvis i hög utsträckning baserad på tallolja, en biprodukt från kemiska massabruk³⁴⁷. Förutom talldiesel kan talloljan användas direkt som energi eller till att producera andra gröna kemikalier. Tallolja är den största produkten i dagsläget men det tillverkas även bioetanol och biogas från skogliga restströmmar.

Södra skogsägarna ska investera i en anläggning för tillverkning av sulfatlignin integrerat i sulfatsmassabruket i Mönsterås. Ligninet kan ersätta fossila material i bland annat lim, batterier, gummi och kompositer, och ligga till grund för nya biobränslen och biostimulanter. Anläggningen beräknas vara i drift 2027, och väntas bli den största producenten av sulfatlignin i världen.^{348, 349} Södra skogsägarna har därefter tecknat köpeavtal om sulfatlignin med Stora Enso som exempelvis produkter som Lignode till batterier. Lignode kan potentiellt ersätta fossilbaserade anodmaterial i både litiumjon- och natriumjonbatterier.^{350,351}

Företaget NitroCapt utvecklar produktion av kvävegödselmedel genom att endast använda luft, vatten och förnybar energi för fixering av kväve från luften. Processen innebär en betydande minskning av koldioxidavtrycket. I ett tidigare projekt finansierat av Energimyndigheten har NitroCapt utvecklat en pilotreaktor. I ett nytt projekt är syftet att utveckla ett nytt värmeåtervinningssystem för hög temperatur.

³⁴⁵ Fossilfritt Sverige, 2024. *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Gasbranschen*. Uppgraderad september 2024. <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2020/09/Gasbranschens-uppgraderade-fardplan-Fossilfritt-Sverige.pdf>

³⁴⁶ IVL Svenska miljöinstitutets webbplats, *Ny rapport: Tydlig potential för vätgas och elektrobränslen i Sverige*. <https://www.ivl.se/press/nyheter/2024-04-29-ny-rapport-tydlig-potential-for-vaetgas-och-elektrobranslen-i-sverige.html> (Hämtad 2025-09-24). Energiforsk, 2024. *The potential of hydrogen in a Swedish Context*.

³⁴⁷ Skogsindustrierna, 2025. *Biodrivmedel*. [Biodrivmedel - Skogsindustrierna](https://www.skogsindustrierna.se/biodrivmedel) (Hämtad 2025-11-27)

³⁴⁸ Södra skogsägarnas webbplats, *Södra blir världens största producent av sulfatlignin*. <https://www.sodra.com/sv/se/press-och-media/pressmeddelanden/sodra-blir-varldens-storsta-producent-av-sulfatlignin/> (Hämtad 2025-09-24)

³⁴⁹ Energimyndighetens projektdatabas, P2023-01595, diarienummer 2023-205761

³⁵⁰ Bioenergitiidningen, 2024. *Södra: Stora Enso är bland de första köparna av sulfatlignin*. <https://bioenergitiidningen.se/sodra-stora-enso-ar-bland-de-forsta-koparna-av-sulfatlignin/> (Hämtad 2025-09-24)

³⁵¹ Södra skogsägarnas webbplats, *Södra tecknar avtal om att förse Stora Enso med sulfatlignin från världsledande ny fabrik*. <https://www.sodra.com/sv/se/press-och-media/pressmeddelanden/sodra-tecknar-avtal-om-att-forse-stora-enso-med-sulfatlignin-fran-varldsledande-ny-fabrik/> (Hämtad 2025-09-24)

Dessutom produceras kvävegödsel genom energiintensiva processer som förbrukar fossila bränslen och släpper ut stora mängder växthusgaser.³⁵²

I april 2024 invigdes Göteborg Bioraffinaderi, som samägs av St1 och SCA. Bioraffinaderiet har möjlighet att nyttja många olika typer av råvaror, däribland tallolja från SCA:s pappers- och massabruk.³⁵³ Företagen förbereder även för ytterligare ett bioraffinaderi – Biorefinery Östrand – som ska integreras med det närliggande sulfatmassabruket och producera hållbart flygbränsle och biodrivmedel från skogsindustriella biprodukter och vätgas producerad genom elektrolys.³⁵⁴ En av utmaningarna i bioraffinaderiet är att maximera klimatnyttan av skogsindustrins biprodukter. Genom att tillföra vätgas i processen kan utbytet av hållbara drivmedel öka avsevärt. För att genom elektrolysören producera den vätgas som behövs i bioraffinaderiet krävs stora mängder förnybar el – ungefär 3 TWh per år. Elektrolysören kommer att producera cirka 150–200 ton vätgas per dygn.³⁵⁵ Bredvid Östrands massafabrik pågår landbyggnadsarbete för att förbereda industriplatsen för det planerade bioraffinaderiet.³⁵⁶ Om ett investeringsbeslut fattas kan konstruktionen av bioraffinaderiet påbörjas och slutföras inom några år.³⁵⁷

Teknikvägar för framställning av biokol och bioolja genom pyrolys

För tillverkning av biokol behövs organiskt material. Biokolet kan tillverkas genom att det organiska materialet torkas och upphettas till 300–1000 °C i en ugn utan lufttillförsel. Efter pyrolys-steget kan man behandla kolet för att få fram biokol med önskade egenskaper. Beroende på användning kan man fukta, finfördela och/eller aktivera biokolet på olika sätt. Före användning till odling laddas biokolet ofta med näring och mikrober. Sågspån är en restprodukt i Setras industriprocess och är i dag något som eldas och används som värmeenergi. När sågspån hettas upp till hög temperatur utan syre sker en förvandling från fast till flytande form. Bland annat bildas det flytande tjära, pyrolysolja, som sedan förfinas ytterligare. Biooljan kan ersätta fossil olja och till exempel användas i värmepannor i energibranschen och inom industrin. Den kan också användas för att producera biodrivmedel. Cirka 80 000–90 000 ton sågspån kommer årligen att användas i pyrolysisprocessen. Det ger en biooljeproduktion på cirka 25 000–30 000 ton. Det motsvarar i sin tur 15 000–20 000 personbilers årliga förbrukning av fordonsbränsle.³⁵⁸

Teknikvägar för bränsleframställning

Tillverkning av elektrobränslen är ny industriproduktion i Sverige med stor potential att bidra till bland annat en ökad försörjningstrygghet genom en ökad användning och

³⁵² Nitrocapt, *NitroCapt wins the \$2M Food Planet Prize 2025*. <https://nitrocapt.com/nitrocapt-wins-food-planet-prize-2025/> (Hämtad 2025-10-07) samt Energimyndigheten P2024-01704.

³⁵³ Via TT:s webbplats, *St1s nya bioraffinaderi i Göteborg invigt av Ebba Busch*. <https://via.tt.se/pressmeddelande/3518328/st1s-nya-bioraffinaderi-i-goteborg-invigt-av-ebba-busch?publisherId=3236742&lang=sv> (Hämtad 2025-09-26)

³⁵⁴ För en översiktlig bild av produktionsprocessen, se Biorefinery Östrands webbplats, *Processen*. <https://www.biorefineryostrand.com/sv/bioraffinaderiet/teknologi-bioraffinaderi/processen/> (Hämtad 2025-03-07)

³⁵⁵ Biorefinery Östrands webbplats, *Elektrolysören – bioraffinaderiets själ*. <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/artiklar2/elektrolysoren/> (Hämtad 2025-09-01)

³⁵⁶ Biorefinery Östrands webbplats, *Milstolpe nådd i landbyggnadsprojektet*. <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/nyheter/milstolpe-nadd-i-landbyggnadsprojektet/> (Hämtad 2025-09-01)

³⁵⁷ Biorefinery Östrands webbplats, *Frågor och svar*. <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/fragor-och-svar/> (Hämtad 2025-03-07)

³⁵⁸ Setra Groups webbplats, *Pyrolysolja*. <https://www.setragroup.com/sv/bioprodukter/pyrolysolja/> (Hämtad 2025-09-26)

förädling av svenska råvaror.³⁵⁹ Enligt vissa bedömningar, bland annat från IEA, förväntas marknaden för e-metanol växa till mellan 3–5 miljarder euro 2025 och 16–20 miljarder euro 2030, där även efterfrågan från kemisk industri väntas öka och utgöra en större andel. Några utmaningar med elektrobränslen är deras låga energiomvandlingseffektivitet och höga produktionskostnader. Varje gång energi omvandlas till en ny form, till exempel från el till bränsle eller från bränsle till rörelseenergi i en motor, sker förluster.³⁶⁰ Generellt finns dock flera faktorer som gör Sverige till en attraktiv etableringsort för elektrobränsletillverkning. Till dessa faktorer hör låga elpriser, jämfört med i andra europeiska länder, vilket bidrar till att göra vätgasproduktion genom vattenelektrolys mer prismässigt konkurrenskraftig. En annan bidragande faktor är tillgången på gröna kolatomer från de många anläggningar runt om i landet som förbränner skogsbränslen; värme-/kraftvärmeanläggningar och industrier.

Flera projekt som syftar till att producera elektrobränslen pågår i Sverige. Dessa projekt drivs i hög grad av EU-styrmedel som syftar till att minska utsläppen i sektorerna sjöfart och flyg, vilka redan har nämnts. I början av 2025 kom besked om att projektet FlagshipOne i Örnsköldsvik, som lades ned 2024, skulle återupptas för att tillverka e-metanol av förnybar vätgas och biogen koldioxid med sikt på fartygsmarknaden. Planen är att anläggningen ska kunna producera cirka 100 000 ton e-metanol i drift, dubbelt så mycket som den tidigare projekterade anläggningen.^{361,362} Eftersom anläggningen blir dubbelt så stor krävs ett nytt miljötillstånd, vilket innebär en möjlig driftstart först någon gång 2028–2029³⁶³ (vilket kan jämföras med urspungsplanen om driftsättning 2025³⁶⁴).

4.1.4 Mineralindustrin

Mineralindustrin stod för cirka 17 procent av industrins totala fossila växthusgasutsläpp under år 2023, varav 68 procent bestod av processrelaterade utsläpp. Utsläppen uppstår framför allt i kalcineringsprocessen när kalksten används som råvara i cement- och kalkindustrin. Inom mineralindustrin är cementindustrin den största delbranschen sett till energianvändning och utsläpp. Utsläppen från kalcineringen är ofrånkomliga när kalksten används som råvara. Det finns flera olika tekniska spår för att minska utsläppen i cementproduktionen i Sverige.

Nuläge inom mineralindustrin

Mineralindustrin i Sverige omfattar tillverkning av produkter som baseras på olika mineraler, inte minst kalksten. Från kalksten tillverkas både mellan- och slutprodukter och användningsområdena är många. Av kalksten görs bland annat bränd kalk och krossad kalksten som kan användas i stålproduktion, så kallad släckt kalk. Släckt kalk används bland annat vid rökgasrening och i olika industriella processer, till exempel

³⁵⁹ Industrirådet, 2023, *Industrin driver klimatomställningen*. <https://www.industriradet.se/wp-content/uploads/Industrin-driver-klimatomstallningen.pdf>

³⁶⁰ F3:s webbplats, *Elektrobränslen*. <https://f3centre.se/sv/faktablad/elektrobranslen/> (Hämtad 2025-10-07)

³⁶¹ Tidningen Energi, 2025. *Liquid Wind gör ny satsning på elektrobränslen i Örnsköldsvik*.

³⁶² Liquid Winds webbplats, *Nytt elektrobränsleprojekt i Örnsköldsvik med Liquid Wind i spetsen*.

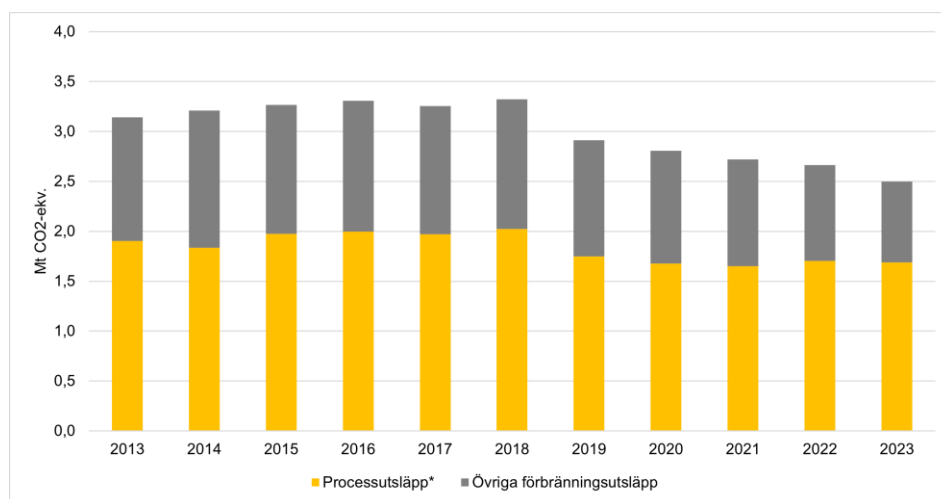
³⁶³ Dagens Industri Energimarknaden, *Satsning på grönt fartygsbränsle senareläggs ett år*. <https://energimarknaden.di.se/satsning-pa-gront-fartygsbransle-senarelaggs-ett-ar/> (Hämtad 2025-11-05)

³⁶⁴ Ørsted's webbplats, *Ørsted i nytt partnerskap med Breakthrough Energy Catalyst, Europeiska investeringsbanken och EU-kommissionen om FlagshipONE*. <https://orsted.se/media/2023/12/orsted-i-nytt-partnerskap> (Hämtad 2025-08-20)

vid produktion av plastprodukter och läkemedel. Vanligaste beståndsdel i betong är idag cement som är tillverkad från kalksten.³⁶⁵

Utsläpp inom mineralindustrin

Cementproduktion är den delbransch som har högst fossila växthusgasutsläpp inom mineralindustrin och är därför i fokus i detta avsnitt.³⁶⁶ Totalt uppgick mineralindustrins utsläpp av fossila växthusgaser till 2,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2023, vilket motsvarade drygt 17 procent av industrins totala utsläpp.³⁶⁷ De senaste åren har utsläppen minskat, framför allt till följd av ökad inblandning av slagg och aska i cementproduktionen samt utfasning av fossila bränslen.³⁶⁸ En betydande minskning ägde rum 2019 då Heidelberg Materials Cement Sverige (tidigare Cementa AB) stängde ned en äldre anläggning med sämre klimatprestanda.³⁶⁹ Av branschens totala fossila koldioxidutsläpp år 2023 var cirka 68 procent processrelaterade och resterande utgjordes av övriga förbränningsutsläpp, se Figur 11. De processrelaterade utsläppen kan nästan uteslutande härledas till cement- och kalkproduktionen och uppstår när kalksten hettas upp kraftigt och koldioxid frigörs, dvs. kalcineras.³⁷⁰



Figur 11 Mineralindustrins utsläpp av fossila växthusgaser fördelat på olika utsläppskategorier, miljoner ton koldioxidekvivalenter, 2013–2023³⁷¹

Källa: Naturvårdsverket och SCB,³⁷² bearbetning av Energimyndigheten.

³⁶⁵ Svensk Byggtjänsts webbplats, *Bindemedel som kan ersätta cement i betong*.
<https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2023/mars/bindemedel-som-kan-ersatta-cement-i-betong/>
(Hämtad 2025-03-06)

³⁶⁶ Inom mineralindustrin produceras även andra produkter, till exempel glas, porslin, keramik och gips. För en beskrivning av processerna i cementframställningen, se Energimyndighetens Nulägesanalys från 2021, bilaga 3.

³⁶⁷ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

³⁶⁸ Naturvårdsverkets webbplats, *Industrin – utsläpp av växthusgaser*.
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/>
(Hämtad 2025-03-05)

³⁶⁹ Dagens Industri, 2022. *Största utsläppsbovarna ökar utsläppen igen*.
<https://www.di.se/hallbart-naringsliv/storsta-utslappsbovarna-okar-utslappen-igen/> (Hämtad 2025-03-06)

³⁷⁰ Kalksten består till stor del av kalciumkarbonat (CaCO_3), som vid kraftig upphettning (kalcinering) bildar kalciumoxid (CaO) och släpper ifrån sig koldioxid (CO_2). Den processen kallas kalcinering.

³⁷¹ Kategorier markerade med * ingår i processrelaterade utsläpp.

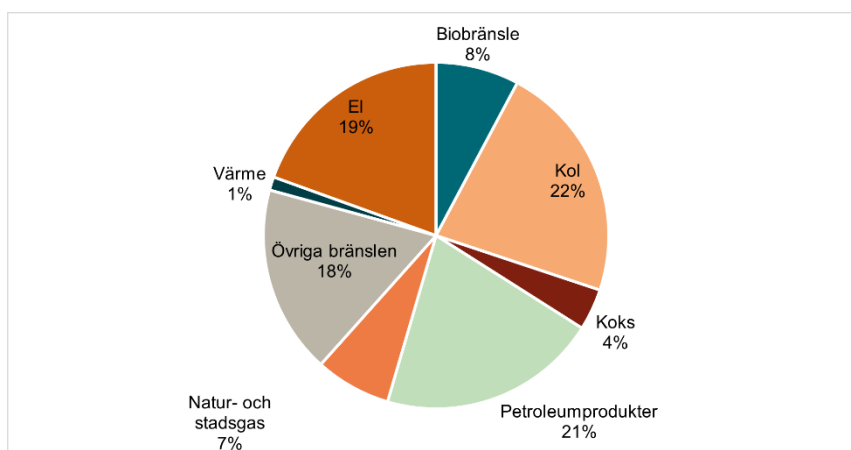
³⁷² Naturvårdsverket och SCB, 2025.

Anm: Av sekretesskäl har processutsläpp i kalkproduktion behövt modelleras för 2022 och 2023. Modelleringen har gjorts genom att ta medelvärde av 2020-2021 års processutsläpp.

Ur ett livscykelperspektiv kan utsläppen i cementindustrin vara lägre än de direkta utsläppen tack vare en kemisk process som kallas för karbonatisering, vilket innebär att betongstrukturer tar upp koldioxid i ytskiktet. Enligt *Färdplan cement - för ett klimatneutralt betongbyggande*³⁷³, framtagen av Heidelberg Materials Cement Sverige, kan 15–20 procent av processutsläppen från cementproduktionen återupptas av befintliga betongkonstruktioner. Det motsvarar ett årligt upptag på cirka 300 000 ton i Sverige. Idag får koldioxidupptag i betongstrukturer emellertid inte tillgodoräknas som negativa utsläpp i klimatrapporteringen.³⁷⁴ Därför kan upptaget i dagsläget troligen inte räknas in i Sveriges klimatom mål om nettonollutsläpp 2045. Detta kan dock komma att ändras i framtiden i och med att diskussioner kring inkludering av upptag i betong pågår internationellt.

Energianvändning inom mineralindustrin

Mineralindustrins slutliga energianvändning uppgick till drygt 4,5 TWh under 2023, vilket motsvarar tre procent av industrins totala slutliga energianvändning.³⁷⁵ Figur 12 visar fördelningen mellan olika energibärare.



Figur 12 Mineralindustrins energianvändning fördelat på olika energikällor, 2023, procent

Källa: Energimyndighetens energibalanser³⁷⁶ enligt branschindelning i Bilaga 2.

Anm 1: Energin som används för kalkbrytning ingår inte i figuren, eftersom kalkbrytning inte kan skiljas från annan mineralutvinning i energistatistiken. Anm 2: Övriga bränslen inkluderar i huvudsak utsorterade och förädlade avfallsfraktioner som i betydande del har biogent innehåll.

Även om andelen biobaserade bränslen har ökat under de senaste åren utgjordes mer än hälften av mineralindustrins energianvändning av fossila energikällor under 2023. Cementproduktionen står för en stor del av branschens energianvändning. Fossila bränslen är fortfarande relativt vanliga i cementfabrikernas termiska processer, men

³⁷³ Heidelberg Materials Cement Sverige, 2018. *Färdplan cement - för ett klimatneutralt byggande*.

https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sites/default/files/assets/document/9a/c0/fardplan_cement_for_klimatneutralt_betongbyggande-20180424.pdf

³⁷⁴ IPCC, 2006, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_1_Ch1_Introduction.pdf

³⁷⁵ Eftersom antalet anläggningar för cementproduktion i Sverige är få kan deras energianvändning inte särredovisas.

³⁷⁶ Energimyndigheten, u.å.

förädlade avfallsbaserade bränslen har kommit att öka på senare år (ingår i kategorin *Övriga bränslen* i figuren).

Mineralindustrins väg mot nettonollutsläpp

Ungefär två tredjedelar av koldioxidutsläppen från cementproduktion uppstår vid kalcineringsprocessen, där kalksten (CaCO_3) omvandlas till bränd kalk (CaO). Koldioxid bildas alltid som en restprodukt i denna kemiska reaktion. Så länge cement produceras med kalksten som råvara kommer det därmed att uppstå koldioxidutsläpp. Därför är CCU eller CCS nödvändigt för att uppnå nettonollutsläpp inom denna sektor. Resterande tredjedelen av utsläppen är relaterade till bränslen för att driva processer som malning, kalcinering och brytning. Svenska kalkproducenter vill därför byta ut nuvarande fossilbaserade processer för att i stället använda elektricitet, biobränslen som biokol eller alternativa bränslen och råmaterial med lägre fossil andel.^{377,378} Energieffektiviseringsåtgärder har också potential att reducera utsläppen.

För att ersätta fossila bränslen med biobränslen krävs ofta förädlade bioprodukter som kan nå tillräckligt hög temisk effekt. Därför är ofta biogas, bioolja eller biokol att föredra, medan grot och flis har för lågt energivärde utan förädling. I teorin är bränslebyten för den kvarvarande tredjedelen fossila utsläpp enkla att ställa om med biobränslen, men i praktiken kan det uppstå stora problem med exempelvis värmevärden, fukthalt, och mineraler som kan variera en del med olika biobränslen. För hög fukthalt kan exempelvis förstöra komponenter snabbare och öka kostnaderna för underhåll.

Tabell 8 Exempel på applikationer av huvudspår inom svensk mineralindustri

Huvudspår	Exempel på applikation
 ENERGI- OCH MATERIALEFFektivITET	Högre andel restmaterial i betong/cement
 BIOMASSA	En högre andel biobaserad energi
 ELEKTRIFIERING	Elektrifiering av termiska processer
 CCS	Infångning av koldioxid för lagring
 CCU	Infångning av koldioxid för användning

Teknikvägar för CCUS och ökad användning av biobränslen

I norska Brevik invigdes i juni 2025 Brevik CCS, vilket är världens första storskaliga anläggning för koldioxidavskiljning och lagring (CCS) inom den globala cementindustrin. Anläggningen ingår i en global portfölj av CCS-projekt inom

³⁷⁷ Fossilfritt Sverige, 2023. *Färdplan för konkurrenskraft och nettonollutsläpp – Cementbranschen*. https://fossilfritt sverige.se/wp-content/uploads/2023/10/Cement_fardplan_uppgraderad_2023.pdf

³⁷⁸ Heidelberg Materials Cement Sveriges webbplats, *Bortom nettonoll 2030*. <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/nollvision2030> (Hämtad 2025-12-04)

Heidelberg Materials. I Sverige har bolaget haft planer på en över fyra gånger så stor CCS-anläggning vid fabriken i Slite på Gotland, som försörjer en majoritet av Sveriges byggsektor med cement.³⁷⁹ I november 2025 meddelade dock Heidelberg Materials att CCS-satsningen vid Slite pausas på grund av att Energimyndigheten avslagit bolagets ansökan om stöd inom Industriklivet, vilket innebär att de inte anser det möjligt att fortsätta satsningen utan en viss nivå av statligt stöd³⁸⁰. Vid full driftsättning hade anläggningen kunnat fånga in upp emot 1,8 miljoner ton koldioxid per år, vilket motsvarar drygt 70 procent av mineralindustrins totala utsläpp.

SMA Mineral, en annan stor aktör inom mineralindustrin, utforskar även alternativ för två megafabriker i Sverige och Norge. Utöver CCS finns det även preliminära planer på CCU-projekt inom sektorn, exempelvis för tillverkning av produkter som flygbränsle eller plast. Dessa planer beror dock mycket på hur regelverken utvecklas för allokering av koldioxidutsläpp samt om utsläppen kan räknas som lagrade utsläpp ifall de används i en sådan produkt.

Teknikvägar för elektrifiering

En annan teknisk möjlighet för att minska utsläppen inom kalk- och cementindustrin är elektrifiering av processer. SaltX Technology utvecklar en lösning för cementindustrin genom att elektrifiera kalcineringsprocessen, som har potential att minska både koldioxidutsläpp och ställa om energianvändningen. Electric Arc Calciner (EAC) är en teknik som använder elektrisk plasma för att uppnå de höga temperaturer som krävs för att kalcinera kalksten utan att förlita sig på fossila bränslen. Genom att använda elektricitet i stället för fossila bränslen kan upp till 30 procent av koldioxidutsläppen reduceras. En ytterligare fördel är att processen genererar en nästan ren koldioxidström, vilket gör avskiljning och lagring eller användning av koldioxiden betydligt enklare och billigare jämfört med traditionella metoder. I samarbete med den globala cementtillverkaren Dalmia och andra aktörer arbetar SaltX för att testa och förbättra tekniken. Ett centralt mål med projektet är att bevisa att teknologin går att skala upp, vilket är en förutsättning för att den ska kunna implementeras i stor skala.

Inom det industriella partnerskapet ZEQL (Zero Emission Quicklime) samarbetar SMA Mineral och SaltX Technology för att möjliggöra koldioxidneutral bränd kalk baserad på elektrisk kalcinering och koldioxidavskiljning. Sedan 2023 har SaltX utvecklat, testat och validerat sin teknik vid Electric Calcination Research Center (ECRC) i Hofors, Sverige. SMA Mineral har nu tagit ett investeringsbeslut som markerar starten på byggandet av en pilotanläggning i industriell skala i Mo i Rana, norra Norge.³⁸¹ Ugnstekniken har utvecklats av SaltX Technology, vilket innebär ett kliv från forskning till fullskalig pilot och produktion.³⁸²

³⁷⁹ Heidelberg Materials, *Heidelberg Materials inviger första anläggningen i världen för koldioxidinfångning i industriell skala*, 18. juni 2025 <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/heidelberg-materials-inviger-forsta-anlaggningen-i-varlden-for-koldioxidinfangning-i-industriell-skala> (Hämtad 2025-09-05)

³⁸⁰ Heidelberg Materials, 2025. *CCS-satsningen vid cementfabriken i Slite pausas*. [CCS-satsningen vid cementfabriken i Slite pausas | Heidelberg Materials Cement Sverige](https://www.heidelbergmaterials.se/sv/ccs-satsningen-vid-cementfabriken-i-slite-pausas) (Hämtad 2025-11-21)

³⁸¹ SaltX Technologys webbplats, *SaltX partner SMA Mineral invests in the world's first electric and zero-emission quicklime plant in Norway*. <https://www.saltxtechnology.com/cision/saltx-partner-sma-mineral-invests-in-the-worlds-first-electric-and-zero-emission-quicklime-plant-in-norway/> (Hämtad 2025-09-02)

³⁸² SMA Minerals webbplats, *SMA Mineral bygger världens första utsläppsfria kalkfabrik*. <https://smamineral.se/sma-mineral-bygger-varldens-forsta-utslappsfria-kalkfabrik/> (Hämtad 2025-09-05)

Teknikvägar för användning av restprodukter som alternativa råvaror till kalk

Betong består huvudsakligen av ballast, som med hjälp av cement och vatten binds samman till betong. Det pågår ett arbete för att skapa nya, innovativa produkter baserade på alternativa råvaror till kalksten. Alternativ som används redan idag är masugnsslagg, en restprodukt från järn- och ståltillverkning, och flygaska, som är en restprodukt från kolkraftverk. Andra möjliga ersättningsmaterial är bland annat vulkanaska och kalcinerad lera.^{383, 384, 385, 386}

Ett exempel på vilken effekt en användning av alternativa råvaror kan ha, är genom att Heidelberg Materials återanvänder slagg från stålindustrin kan cementproduktionen i Slite minska koldioxidutsläppen med cirka 60 000 ton per år.³⁸⁷ Cemvision utvecklar cement som framställs av industriella restprodukter och fossilfri energi med upp till 95 procent minskning av koldioxidutsläpp. Indien, som är världens nästa största stålproducent har stora mängder slagg. Cemvision deltar sedan i år (2025) i ett program på Energimyndigheten för att utforska investeringsmöjligheter i Indien. Det är ett exempel på hur långt framskriden forskning och innovation i Sverige kan lägga grunden till exportmöjligheter och bidra till en global minskning av koldioxidutsläppen genom spridning av tekniska lösningar.

Vid Swecems produktionsanläggning i Oxelösund mals masugnsslagg från SSAB:s råjärnsproduktion ned till ett fint pulver som liknar cement, vilket minskar klimatpåverkan vid betongtillverkning. Produkten bidrar därmed bland annat till omställningen mot en mer hållbar byggsektor. Efterfrågan på ett klimatförbättrat bindemedel som ersätter cement i betongtillverkning har ökat så mycket att företaget Swecem nu behöver öka kapaciteten i sin fabrik i Oxelösund.³⁸⁸

4.1.5 Övrig metallindustri inklusive övriga gruvor

Övrig metallindustri (inklusive övriga gruvor) stod för cirka 5 procent av industrins totala fossila växthusgasutsläpp under år 2023, varav cirka 85 procent bestod av processrelaterade utsläpp.

Nuläge inom övrig metallindustri inklusive övriga gruvor

Inom övrig metallindustri, inklusive övriga gruvor, ingår framställningen av andra metaller än järn och stål samt all mineralutvinning och malmbrytning utom järnmalm. Detta inkluderar främst framställning av koppar, bly, zink, ädelmetaller och aluminium. Sverige har en stor nettoexport av övriga metaller och är en av Europas ledande malm- och metallproducenter med en stor produktion av bas- och

³⁸³ Fossilfritt Sverige, 2023.

³⁸⁴ Skanskas webbplats, *Grön betong för en hållbar framtid*. <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/gron-betong-for-en-hallbar-framtid/> (Hämtad 2025-09-26),

³⁸⁵ Infrastrukturnyheters webbplats, *Swerock lanserar miljöbetong från nyöppnad fabrik*. <https://www.infrastrukturnyheter.se/20201124/23847/swerock-lanserar-miljobetong-fran-nyoppnad-fabrik> (Hämtad 2025-12-04)

³⁸⁶ Heidelberg Materials Cement Sveriges webbplats, *Klimatanpassad betong - här är listan*. <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/klimatanpassad-betong-har-ar-listan> (Hämtad 2025-12-04)

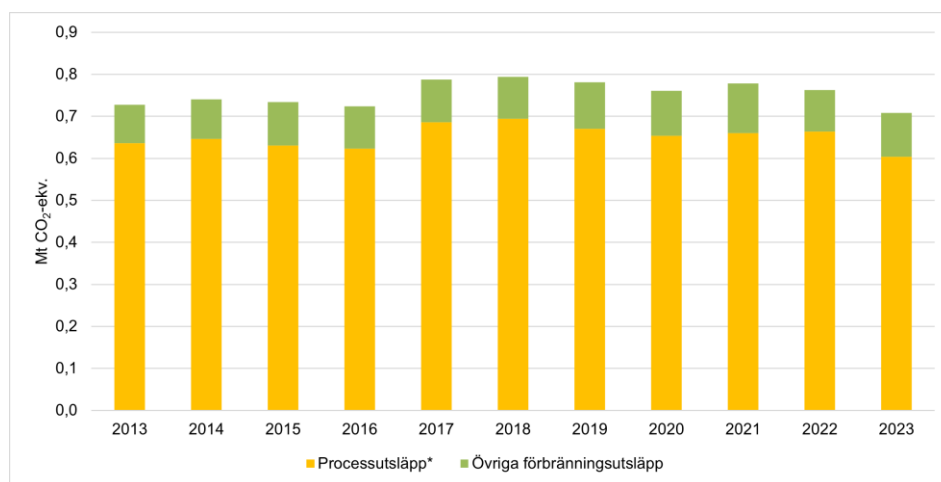
³⁸⁷ Slite CCS webbplats, *Cementindustrin ställer om*. <https://www.sliteccs.se/sv/framtiden-ar-klimatneutral> (Hämtad 2025-09-01)

³⁸⁸ Swecems webbplats, *Swecem bygger ut fabrik för att klara ökad efterfrågan på Merit*. <https://swecem.se/nyheter/swecem-bygger-ut-fabrik-for-att-klara-okad-efterfragan-pa-merit/> (Hämtad 2025-09-02)

ädelmetaller.³⁸⁹ Framställning av koppar, bly³⁹⁰ samt aluminium står för den största andelen av de processrelaterade utsläppen inom övrig metallindustri och är därför i fokus i detta avsnitt.

Utsläpp inom övrig metallindustri

Branschens totala utsläpp av fossila växthusgaser uppgick till 0,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter under 2023, vilket motsvarar 5 procent av industrins totala utsläpp. Av branschens totala fossila växthusgasutsläpp var 85 procent processrelaterade och resten utgjordes av övriga förbränningsutsläpp, se Figur 13.



Figur 13 Utsläpp av fossila växthusgaser fördelat på olika utsläppskategorier inom övrig metallindustri och övriga gruvor, miljoner ton koldioxidekvivalenter, 2013–2023³⁹¹

Källa: Naturvårdsverket och SCB,³⁹² bearbetning av Energimyndigheten

Anm: Precis som för järn- och stålindustrin ingår inte utsläppen från malmbrytning och mineralutvinning, eftersom dessa inte kan särskiljas från brytning av järnmalm i den officiella statistiken.

För bly och aluminium krävs, likt för järn, ett reduktionssteg vid primärframställningen. Detta görs i dagsläget med fossila reduktionsmedel såsom kol och koks som reagerar med syret och binder det till sig, vilket resulterar i koldioxidutsläpp. För primärframställning av koppar härrör koldioxidutsläppen från när kolet i kopparkoncentratet oxideras i den initiala delen av processen.³⁹³

Stora processutsläpp uppstår också vid återvinning av bly och elektroniskrot, samt vid utvinning av zink från restmaterial (se nedan). Övriga processutsläpp i branschen kommer från framställning av järnlegeringar³⁹⁴ och i magnesiumgjutier.

³⁸⁹ SGU:s webbplats, *Svensk gruvnäring*. <https://www.sgu.se/mineralnaring/svensk-gruvnaring/> (Hämtad 2025-03-06)

³⁹⁰ Flera andra metaller framställs i delbranschen, men koppar och bly är de huvudsakliga.

³⁹¹ Kategorier markerade med * ingår i processrelaterade utsläpp.

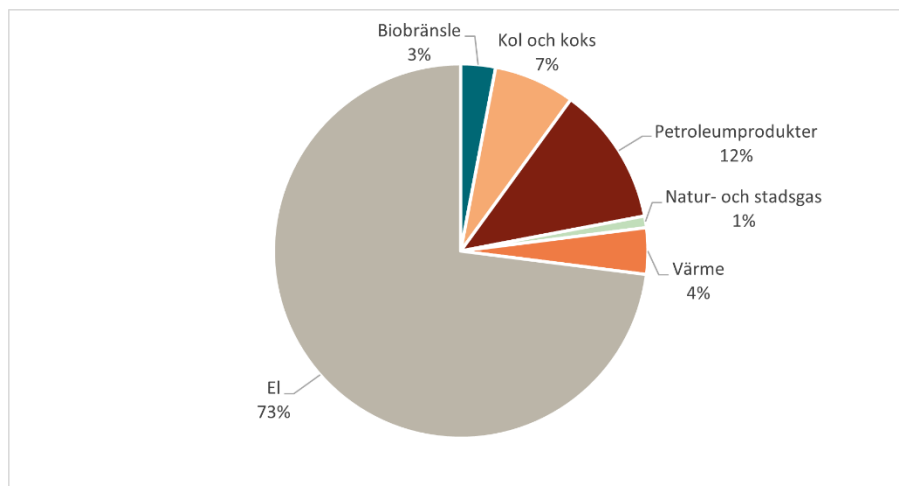
³⁹² Naturvårdsverket och SCB, 2025.

³⁹³ ER 2021:27 (Bilaga 3).

³⁹⁴ Utsläpp från framställning av järnlegeringar (ferrolegeringar) ligger inom övrig metallindustri i utsläppsstatistiken. I övrig statistik som används i rapporten (energi, ekonomi) så ligger järnlegeringar inom järn- och stål.

Energianvändning inom övrig metallindustri

Branschens slutliga energianvändning uppgick till 6 TWh under 2023. Figur 14 visar fördelningen mellan olika energibärare. Närmare tre fjärdedelar av branschens totala energianvändning består av el, som bland annat används i elektrolysisprocesserna vid aluminium- och kopparframställning. Gasol (ingår i petroleumprodukter) används för malmbaserad aluminium- och kopparframställning, och andra petroleumprodukter används bland annat för blyframställning. Kol och koks är viktiga energibärare i övrig metallindustri och används exempelvis i elektrolysis av aluminiumoxid.



Figur 14 Energianvändningen i övrig metallindustri fördelat på olika energikällor, 2023, procent

Källa: Energimyndighetens energibalanser³⁹⁵ enligt branschindelning i Bilaga 2.

Övrig metallindustris väg mot nettonollutsläpp

Övrig metallindustri består av tillverkning av flera olika metaller såsom aluminium, koppar, zink och bly, med unika tillverkningsprocesser. För bly- och koppartillverkning är de huvudsakliga teknikspår som utreds att ersätta kol och koks med biokol, vätgas eller andra alternativa reduktionsmedel. Liknande utmaningar som de inom järn- och stålindustrin finns vid ersättning av biokol, vars egenskaper skiljer sig från fossilt kol.

Tabell 9 Exempel på applikationer av huvudspår inom svensk övrig metallindustri

Huvudspår	Exempel på applikation
 ENERGI- OCH MATERIALEFFektivITET	Återvinning av material och komponenter
 BIOMASSA	Biokol som reduktionsmedel istället för kol/koks
 ELEKTRIFIERING	Elektrisk förvärmare till smältugn och elektrifiering av arbetsmaskiner i gruva
 VÄTGAS	Vätgas som reduktionsmedel istället för kol/koks

³⁹⁵ Energimyndigheten, u.å.

Teknikvägar för vätgas och biokol som alternativa reduktionsmedel

I Bolidens smältverk förädlas mineralkoncentrat till rena metaller.³⁹⁶ Boliden, Nevel, Skellefteå Kraft och Sveaskog avser att genomföra en förstudie om att etablera en värdekedja för vätgas och biobränslen i Västerbotten. Ett av målen är att i förlängningen bidra till en utfasning av fossilt bränsle i smältverket i Rönnskär. Studien ska utvärdera den tekniska potentialen för ett storskaligt industrikluster inom produktion och användning av hållbart producerad energi såsom biokol och vätgas.³⁹⁷

Teknikvägar för användning av restmaterial och passiv karbonatisering av restflöden

Rönnskärsverket i Skelleftehamn är ett av världens mest effektiva kopparsmältverk. Genom investeringar och vidareutveckling av kaldotekniken är smältverket idag världsledande på återvinning av elektronik.

På Boliden Rönnskärs verksamhetsområde lagras stora volymer restmaterial från produktionen, varav en stor del innehåller värdefulla metaller. Under 2021 invigdes ett lakverk som är specifikt utvecklat för att hantera smältverkets egna restmaterial. I processen utvinns produkterna blysvlfat och koppar/zinksulfat. I processen utvinns årligen cirka 25 kton blysvlfat och lika mycket koppar/zinksulfat.³⁹⁸ Genom lakverket kan mer metall utvinnas, och den totala mängden avfall som ska deponeras minskas avsevärt.³⁹⁹

Det pågår forskning om potentialen att använda gruvavfall och andra industriella restmaterial för att avskilja och lagra koldioxid. I ett projekt undersöker Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet tillsammans med bland annat Boliden och Höganäs möjligheten för passiv karbonatisering av restflöden från industrin.⁴⁰⁰ Luleå tekniska universitet undersöker potentialen för typiskt svenskt gruvavfall för att fånga och lagra koldioxid. I projektet ingår gruvavfall som är rikt på kalcium-, kisel och magnesiumhaltiga mineraler.⁴⁰¹

Teknikvägar för återvinning av metallskrot

Återvinning har en viktig roll i svensk och global framtida gruvdrift. I dag återvinns 90 procent av järnmalmen och en stor andel av all koppar som bryts.⁴⁰² För bly, zink och koppar finns utmaningar kopplade till återvinning. En förutsättning för att återvinning av metallskrot ska leda till minskade processrelaterade utsläpp är att metallen kan återvinnas utan att genomgå ett reduktionssteg. För bly krävs reduktion även vid återvinning av blybatterier. Utvinning av zink från restmaterial (stoft från ståltillverkningen) har högre koldioxidavtryck än primärframställning, eftersom det krävs reduktion vid användningen av zinkrikt stoft medan tillverkning från primär

³⁹⁶ Bolidens webbplats, *Verksamhet – Smältverk*.

<https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk/> (Hämtad 2025-12-04)

³⁹⁷ Bolidens webbplats, *Gemensam studie för hållbar omställning*.

<https://investors.boliden.com/sv/press/gemensam-studie-hallbar-omstallning-2225377> (Hämtad 2025-12-04)

³⁹⁸ Bolidens webbplats, *Mer metaller och mindre avfall*.

<https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk/boliden-ronnskar/ronnskar-leach-plant/> (Hämtad 2025-09-24)

³⁹⁹ Boliden, 2021. *Lakverk Rönnskär*.

<https://www.boliden.com/globalassets/operations/smelters/ronnskar/leach-plant-2021/facts-sheet/faktablad-lakverk.pdf>

⁴⁰⁰ Energimyndighetens projektdatabas, P2022-00211, diarienummer 2022-200354

⁴⁰¹ Energimyndighetens projektdatabas, P2022-01123, diarienummer 2022-202211

⁴⁰² Vinnova, <https://www.vinnova.se/m/hallbar-industri/innovation-avgorande-for-framtidens-gruva/> (Hämtad 2025-09-05)

råvara inte kräver reduktion.^{403,404} Återvinningen av basmetaller som järn, aluminium och koppar ur elektronikskrot fungerar relativt väl i Sverige, men det finns flera faktorer som gör att många andra metaller inte återvinns. Bland annat är mängderna metall i produkterna som ska återvinnas ofta okända. Dessutom finns många av dessa metaller tillsammans och blandade med andra ämnen vilket gör det kostsamt att sortera ut metallerna. Inom EU pågår flera forskningsprojekt som bland annat har syftet att utveckla elektronik och elektroniska produkter med en design som ger en mer effektiv återvinning av produkterna.⁴⁰⁵

Teknikvägar för fossilfri grafit för batteri- och stålproduktion

Efterfrågan på grafit har ökat kraftigt till följd av användningen inom litiumbatteriproduktion. Även övergången till en fossilfri stålproduktion kommer öka efterfrågan på grafit för ljusbågsugnbaserad stålproduktion. För närvarande kommer all grafit från gruvbrytning av naturliga grafitfyndigheter samt produktion av syntetisk grafit baserat på fossilt kol. En möjlig väg framåt är tillverkning av syntetisk biografit från t.ex. biokol. Då det i nuläget endast är möjligt att tillverka biografit i labbskala så syftar ett forskningsprojekt, med bland andra KTH, Swerim och SSAB, till att utvärdera möjligheterna till att skala upp denna process genom en effektiv metod för att separera grafiten från katalysatorerna.⁴⁰⁶

Teknikvägar för en utvecklad gruvindustri

I dagsläget sker främst brytning av basmetallerna koppar, zink och bly samt ädelmetaller och Sverige är också EU:s största järnmalmproducent. I Kiruna finns numera även Europas största kända fyndighet av sällsynta jordartsmetaller, men en brytning av råvarorna ligger ungefär 10 till 15 år bort i tiden. LKAB har planer på att bygga en fossilfri industripark för återvinning av gruvavfall och produktion av kritiska råmaterial, det så kallade ReeMAP-projektet.⁴⁰⁷ LKAB lämnade i slutet av förra året in en ansökan om miljötillstånd för den cirkulära industriparken Reemap i Luleå. Vid industriparken ska gruvavfall förädlas till fosfor för mineralgödsel, sällsynta jordartsmetaller, samt gips. LKAB har även tagit beslut om att investera 800 miljoner i en demonstrationsanläggning.⁴⁰⁸ I början på 2025 påbörjades bygget av LKAB:s demonstrationsanläggning för förädling av fosfor och sällsynta jordartsmetaller i Luleå.⁴⁰⁹

En hållbar utveckling för gruvindustrin i Sverige handlar bland annat om att kartlägga och utvinna kritiska mineraler för den gröna omställningen, digitalisering, elektrifiering och automation av gruvprocesser och minska gruvdriftens miljö- och sociala påverkan genom hållbara utvinningsmetoder och återvinning.

⁴⁰³ Bolidens webbplats, *Carbon footprint of Boliden main metals*.
https://www.boliden.com/48e725/globalassets/operations/products/copper/green-copper/carbon-footprint-of-boliden-main-metals_2021_executive-summary.pdf

⁴⁰⁴ Från samtal med Boliden.

⁴⁰⁵ SGU:s webbplats, *Metallskrot i samhället*. <https://www.sgu.se/mineralnaring/metall--och-mineralatervinning/metallskrot-i-samhallet/> (Hämtad 2025-12-04)

⁴⁰⁶ Energimyndigheten, dnr 2024-203415

⁴⁰⁷ Vinnovas webbplats, *Innovation avgör framtiden för den svenska gruvan*.
<https://www.vinnova.se/m/hallbar-industri/innovation-avgorande-for-framtidens-gruva/> (Hämtad 2025-09-05)

⁴⁰⁸ NSD, 2024. *Nytt steg för nyckelsatsning – LKAB lämnar in ansökan*.
<https://www.nsd.se/nyheter/lulea/artikel/nytt-steg-for-jattesatsning-i-lulea-se-nya-skisserna/ly4q6ovl> (Hämtad 2025-09-05)

⁴⁰⁹ North Sweden Business News webbplats, *LKAB starts construction of demonstration plant*.
<https://northswedenbusiness.com/news/2025/januari/lkab-starts-construction-of-demonstration-plant/> (Hämtad 2025-09-05)

Några identifierade kritiska utmaningar för mineral- och metallförsörjningen i Europa är att efterfrågan på metaller och mineraler ökar samtidigt som det finns ett betydande importberoende. Det finns även en hög marknadskoncentration för kritiska råvaror och komponenter och återvinningsgraden är väldigt låg för flertalet kritiska metaller och mineraler.⁴¹⁰ Sammantaget kan dessa faktorer driva upp prisbilden för mineraler och metaller samt medföra en långsammare omställning.

Nedlagd gruva kan lagra energi

Det svenska startup-bolaget Mine Storage har ett innovativt sätt att lagra förnybar energi. Mine Storage har fått stöd från EU:s innovationsfond för att utveckla ett koncept för att omvandla stängda gruvor till batterier med hjälp av vatten och gravitation. Det är i grunden en traditionell pumplagringsteknik genom att nyttja höjdskillnad i nedlagda gruvor, där mängden vatten i gruvan styr hur mycket energi som kan lagras.⁴¹¹ Företaget Mine Storage har jobbat flera år med att leta lämpliga platser för att bygga sin första anläggning under jord, nu ska en uttjänt gruva som stått vattenfylld i många år i Norberg få nytt liv. Om allt går som det är tänkt ska anläggningen stå klar 2029 och energin som kan lagras i systemet är runt 100 MWh, vilket motsvarar runt 2 000 elbilar.⁴¹²

4.2 Insatser för att uppnå negativa utsläpp

Utöver att reducera utsläpp kan industrin bidra till att uppfylla klimatmålen genom att fånga in och lagra biogen koldioxid, vilket räknas som en kompletterande åtgärd enligt det klimatpolitiska ramverket. Det ger upphov till så kallade negativa utsläpp, eftersom koldioxid hindras från att återgå till atmosfären. I Sverige finns en stor potential för negativa utsläpp inom energisektorn (kraftvärme- och värmeverk) samt inom massa- och pappersindustrin eftersom de har stora biogena koldioxidutsläpp. Tekniken handlar om att fånga in koldioxiden från rökgaser för permanent lagring. I takt med att fler branscher går över till en större andel biogena insatsvaror och/eller energibärare kan bio-CCS även bli aktuellt för företag inom andra industriella branscher. Detta avsnitt ger en överblick av aktuella industriprojekt som tillämpar, eller planerar att tillämpa, bio-CCS på sina anläggningar i Sverige. Avsnittet omfattar inte energisektorn utan fokuserar på tillämpningar inom industrin.

I och med att bio-CCS är en typ av CCS applicerad på biogena utsläpp är den tekniska utvecklingen snarlik för båda tillämpningarna, inte minst när det gäller de sista stegen i värdekedjan (förvätskning, transport och lagring). För att ge en mer komplett bild av den tekniska utvecklingsprocessen inkluderas därför, i de fall det anses motiverat, även fossila CCS-projekt.

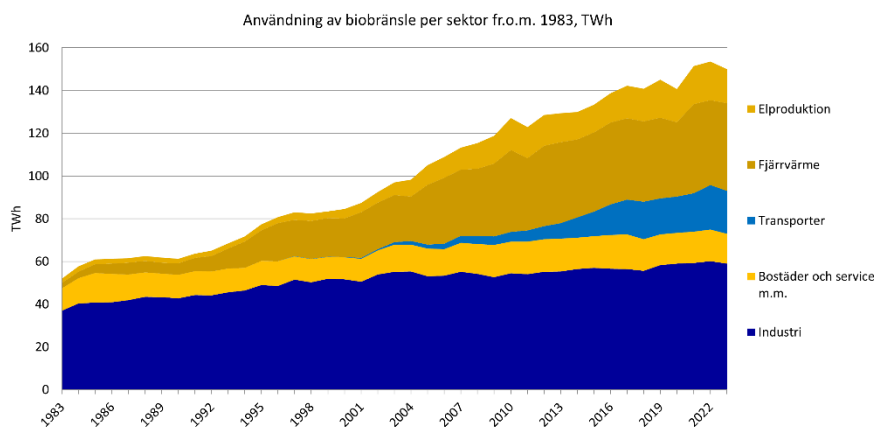
⁴¹⁰ Swedish Mining Innovations webbplats, *Färdplan för att stärka Europas värdekedjor för mineraler och metaller*. <https://www.swedishmininginnovation.se/sv/news/mine-storage-omvandlar-gamla-gruvor-till-energilagrar/> (Hämtad 2025-09-05)

⁴¹¹ Ibid.

⁴¹² SVT:s webbplats, *Nedlagd gruva i Norberg väcks till liv – så ska den producera el*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vastmanland/nedlagd-gruva-i-norberg-vacks-till-liv-sa-ska-den-producera-el> (Hämtad 2025-09-05)

4.2.1 Potential för negativa utsläpp

Sverige har en stor potential för negativa utsläpp genom bio-CCS eftersom biobränsleanvändningen är hög inom både industrin och kraftvärme-/värmeproduktionen. 2023 utgjordes den slutliga energianvändningen inom industrin till 43 procent av biobränslen.⁴¹³ Inom massa- och pappersindustrin, som är den bransch som har högst energianvändning, har fossila bränslen nästan helt ersatts av biobränslen och el sedan 1970. Av total biobränsleanvändning inom industrin stod massa- och pappersindustrin för 88 procent under 2023. Styrmedel som energi- och koldioxidskatt samt utsläppshandelssystemet EU ETS har gett industrin ökade incitament att minska användningen av fossila bränslen. Ytterligare ambitioner och styrmedel på EU-nivå förväntas kunna öka incitamenten för industrin att gå över till fossilfria bränslen och insatsråvaror. Om kostnaden för att inte ställa om överstiger kostnaden för att fånga in utsläpp eller det på annat sätt görs mer fördelaktigt att tillämpa CCS-teknik (genom exempelvis ökande utsläppsrätter) kan det förväntas att industriaktörer i högre grad kommer att vilja fånga in utsläpp med CCS. Eftersom investeringarna i sådana tekniker är långsiktiga och förenade med stora kostnader som grundar sig på en förväntad styrmedelsutveckling innebär det alltid en viss risk för enskilda industriaktörer, både att investera och undvika att investera i CCS.



Figur 15 Användning av biobränsle per sektor, 1983–2023, TWh

Källa: Energimyndigheten.⁴¹⁴

Anm: Den biogena delen av hushållsavfallet är inkluderad i figuren. Industriell kraftvärme ingår i el- och fjärrvärmeproduktionen. Icke-energianvändning, dvs. råvaror, är inte inkluderad.

Att tillämpa CCS på ett fåtal anläggningar kan ge stora effekter på utsläppen

I avsnitt 3.5.2 diskuteras under vilka förutsättningar som en anläggning kan vara aktuell för att implementera CCS-teknik. En fingervisning av vilka anläggningar som kan bedömas ha potential att tillämpa CCS-tekniken i nuläget utgår från anläggningar med utsläpp som överstiger 300 000 respektive 500 000 ton koldioxid per år, men

⁴¹³ Energimyndigheten, 2025. *Energiläget i siffror 2025*.

<https://www.energimyndigheten.se/495c67/globalassets/energisystem-och-analys/nulaget-i-energisystemet/energilaget-i-siffror-25>

⁴¹⁴ Ibid.

även mindre anläggningar kan bli aktuella.^{415,416} För att uppnå negativa utsläpp måste koldioxidutsläppen vara av biogent ursprung eller tas ur atmosfären. Under 2024 fanns det enligt Naturvårdsverkets utsläppsregister⁴¹⁷ 22 industrianläggningar i Sverige som hade biogena koldioxidutsläpp som översteg 300 000 ton, se Tabell 10. De sammanlagda utsläppen av biogen koldioxid från dessa anläggningar var drygt 21,5 miljoner ton under 2024.⁴¹⁸

Tabell 10 Fördelning av biogena koldioxidutsläpp från stora punktkällor inom industrin (SNI 05-33) i Sverige 2024

Totala biogena koldioxidutsläpp i intervall, ton	Antal anläggningar	Totala biogena koldioxidutsläpp, ton	Andel utsläpp från de fem största punktkällorna
> 100 000	28	22 474 193	38%
> 300 000	22	21 545 176	40%
> 500 000	19	20 228 930	42%

Källa: Utsläppsregistret, Naturvårdsverket⁴¹⁹

Det fanns samma år 19 industrianläggningar som hade biogena koldioxidutsläpp som översteg 500 000 ton, med sammanlagda utsläpp om drygt 20 miljoner ton. Det kan ligga till grund för att beräkna industrins tekniska potential för negativa utsläpp. Med ett antagande om 90 procent avskiljning⁴²⁰ uppgår den samlade tekniska potentialen till drygt 18 miljoner ton per år för de punktkällor vars utsläpp överstiger 500 000 ton. I den statliga utredningen *Vägen till en klimatpositiv framtid*⁴²¹ görs bedömningen att den realiserbara potentialen för bio-CCS i Sverige uppgår till minst 10 miljoner ton biogen koldioxid per år i ett 2045-perspektiv, det vill säga drygt hälften av industrins tekniska potential. I ett tänkt scenario där de fem största punktkällorna tillämpar bio-CCS fullt ut skulle det täcka 76 procent av den realiserbara potentialen⁴²². Det betyder inte att det vore det mest effektiva ur teknoekonomisk synvinkel, eftersom flera anläggningsspecifika faktorer behöver vägas in i eventuella investeringsbeslut. Det ger dock en indikation på att tillämpning av CCS på ett fåtal anläggningar kan ge stora effekter på utsläppen. Med det sagt är en majoritet av anläggningar med utsläpp av mer än 500 000 ton koldioxid med biogent ursprung per år sulfatmassabruk medan exempelvis en majoritet av projekt som fått stöd från Industriklivet är kopplade till fjärrvärme- och energisektorn. Det ger en indikation om att det är svårt att utvärdera den tekniska potentialens realiserbarhet.

⁴¹⁵ SOU 2020:4.

⁴¹⁶ Svebios webbplats, *Stor potential för bio-CCS i Sverige – 38 orter med bäst förutsättningar*. <https://www.svebio.se/press/pressmeddelanden/stor-potential-for-bio-ccs-i-sverige-38-orter-med-bast-forutsattningar/> (Hämtad 2025-12-04).

⁴¹⁷ Naturvårdsverkets utsläppsregister. <https://utslappsisiffror.naturvardsverket.se/>

⁴¹⁸ Då biogen koldioxid inte redovisas för processutsläpp inom massa- och pappersindustri i den officiella statistiken över territoriella utsläpp har Naturvårdsverkets utsläppsregister använts för beräkning av potentialer för negativa utsläpp. För mer information se Bilaga 1.

⁴¹⁹ Naturvårdsverket, årtal saknas.

⁴²⁰ Motsvarar de antaganden som görs i Energiforsk, 2022. *Teknik, systemintegration och kostnader för bio-CCS*, Rapport 2022:837. <https://energiforsk.se/media/30909/teknik-systemintegration-och-kostnader-energiforskrapport-2022-837.pdf>. Avser MEA-avskiljning i ett biomassa- eller avfallseldat kraftvärmeverk med en rökgaskoncentration på 13%–15% CO₂.

⁴²¹ SOU 2020:4

⁴²² Energimyndighetens räkneexempel, återigen med antagandet om 90 % avskiljning.

Tillämpning av bio-CCS i Sverige

Majoriteten av de projekt i Sverige som undersöker möjligheten att tillämpa bio-CCS på sina anläggningar rör kraftvärme- och värmeverk, där en stor andel får finansieringsstöd genom Industrilivet. Ett par projekt får även stöd genom EU:s Innovationsfond eller Horisont 2020/Horisont Europa. 2024 infördes även den första omvända auktionen för bio-CCS i Sverige, där stöd utdelas till de aktörer som erbjuder lägst infångningskostnad per ton koldioxid. 2024 utdelades 20 miljarder i stöd till Stockholm Exergis projekt i Värtaverket, och övrigt stöd på 10,6 miljarder utlyses hösten 2025⁴²³. Även om det finns intresse inom massa- och pappersindustrin har bruken andra anläggningsspecifika förutsättningar jämfört med kraftvärme- och värmeverk, vilket kan göra bio-CCS mindre intressant ur ett företagsekonomiskt perspektiv (se avsnitt 3.5.2). Det finns dock potential till synergier i och med att tekniken testas i större utsträckning i andra sektorer, inte minst när det gäller förvätsknings-, transport- och lagringsstegen av CCS/bio-CCS-kedjan. Aktuella projekt har nedan kategoriserats enligt de tekniska utvecklingsstadierna forskningsprojekt och förstudie⁴²⁴.

Forskningsprojekt

Det pågår ett flertal forsknings- och pilotprojekt kopplade till CCS och bio-CCS, vissa är specifika projekt kopplade till mineralindustrin (ej bio-CCS) eller massa- och pappersindustrin (bio-CCS), men även forskning kring tekniken som kan vara till tillämpbar för andra industrianvändare.

Ett stort fokus för många studier är att undersöka och utveckla olika typer av avskiljningstekniker då den största potentialen till kostnadsreducering bedöms finnas i avskiljningssteget genom effektivisering av processen samt minskning av energibehovet.⁴²⁵ Ytterligare ett spår som börjar intressera fler aktörer är permanent lagring av koldioxid i geologiska formationer på land som alternativ till den permanenta lagringen i geologiska formationer under havsbotten.⁴²⁶ Utöver forskningsprojekt som fokuserar på teknikutveckling pågår det även forskning kring styrmedel, system- och affärsmodeller längs med hela värdekedjan för CCS.

I betänkandet *Vägen till en klimatpositiv framtid* från 2020 uppskattades kostnader kopplade till olika steg av bio-CCS inom både massa- och pappersindustri och kraftvärmeproduktion⁴²⁷. Avskiljning uppskattades kosta 400 till 600 kronor per ton koldioxid i gynnsamma fall, medan transportkostnader uppskattades till 150 till 300 kronor per ton och permanent lagring och övervakning uppskattades kosta 100 till 200 kronor per ton. Totalt uppskattades alltså en kostnad på 650-1 100 kronor per ton koldioxid.

Regeringen beslutade i november 2022 om ett statligt stöd till bio-CCS på 36 miljarder kronor. För att främja tekniken genomför Energimyndigheten utlysningar där företag kan söka stöd via omvänd auktion. I budgetpropositionen 2025 aviserades

⁴²³ Energimyndighetens webbplats, *Stöd för bio-CCS genom omvänd auktion*.
<https://www.energimyndigheten.se/klimat/ccs/statligt-stod-for-bio-ccs/> (Hämtad 2025-10-22)

⁴²⁴ Projekt som befinner sig i kommersialiseringsfas tas ej upp i denna rapport då dessa förekommer inom energisektorn och drivs av Göteborg Energi, Stockholm Exergi och Öresundskraft.

⁴²⁵ SOU 2020:4.

⁴²⁶ Luleå tekniska universitets webbplats, *Koldioxid fångas in för lagring i berggrunden*.
<https://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/nyheter/Koldioxid-fangas-in-for-lagring-i-berggrunden-1.204713> (Hämtad 2025-12-04)

⁴²⁷ Ibid.

att tillgängligt stöd att fördela mellan 2029 och 2046 är cirka 30,6 miljarder jämfört med tidigare aviserade 36 miljarder.

I Stockholm Exergis slutgiltiga finansieringsbeslut om deras anläggning för bio-CCS i Värtaverket uppskattades investeringsnivån landa på 13 miljarder kronor för att avskilja och lagra 11 miljoner ton koldioxid under 15 år.⁴²⁸ I den första beviljade auktionen för bio-CCS beviljades Stockholm Exergi, i konkurrens med andra sökanden, ett stöd på 20 miljarder vilket kommer att betalas ut löpande under max 15 år, från påbörjad geologisk lagring. Enligt Dagens Industri har totala kostnader kopplade till projektet uppskattats till 60 miljarder över hela livstiden. Enbart investeringskostnaden på 13 miljarder för att bygga anläggningen (förenklat som en engångskostnad) innebär alltså en kostnad på 1200 kr/ton koldioxid. Det finns en stor osäkerhet kring generella kostnader kring bio-CCS, men det finns anledning att tro att de kan bli högre än tidigare uppskattningar.

Det finns även anledning att resonera kring att de första aktörerna som satsar storskaligt på en teknik troligtvis möter högre totala kostnader än efterföljande aktörer, vilket kallas ”First of a kind”-projekt (FOAK) i motsats till ”Nth of a kind” (NOAK). Detta har tagits hänsyn till i en studie som tagit fram marginalkostnadskurvor för bio-CCS i Sverige genom att applicera lärandekurvor och ”störfaktorer” (contingency factors) för att analysera kostnadsnivåer för bio-CCS i svenska industrianläggningar och kraftvärmeverk⁴²⁹. I resultatet framgår det att det bara är ett fåtal FOAK-projekt som får en totalkostnad på under 3280 kr/ton koldioxid (300 EUR/ton) genom att applicera dessa faktorer.

En av de få pilotstudierna av bio-CCS inom den svenska industrin, närmare bestämt massa- och pappersindustrin, genomförs inom ramarna för EU-projektet ACCSESS⁴³⁰ som drivs av norska Sintef. Projektet har som delmål att utveckla nya avskiljningstekniker för bio-CCS.⁴³¹ Hösten 2023 flyttades testutrustningen till Stora Ensos massabruk i Skutskär. ACCSESS är det första stora koldioxidinfångningsprojektet som inkluderar massa- och pappersindustrin.⁴³² Även denna avskiljningsteknik förväntas öppna upp möjligheter att använda lågtempererad industriell restvärme i avskiljningsprocessen och till följd av detta (samt andra tekniska förutsättningar) resultera i en kostnadssänkning för avskiljningssteget.

Även Nordkalk, som är verksamt inom mineralindustrin, har påbörjat en pilotstudie som primärt avser infångning av fossil koldioxid. Företaget avser dock att på sikt ersätta fossila bränslen med biogena bränslen, vilket skapar potential för negativa utsläpp.⁴³³ I mitten av 2023 installerades den första infångningsenheten som använder så kallad membranteknik för CO₂-reducering i tillverkningen av bränd kalk. Rökgasen leds genom värmeväxlare, kyltorn och dammfilter för att sedan genom tryckfall

⁴²⁸ Dagens industri, *Anläggning för 13 miljarder ska fånga utsläpp. “Prislappen för Stockholm Exergis nya anläggning: 13 miljarder”* (Hämtad 2025-10-21)

⁴²⁹ Beiron, J., Johnsson, F. 2024. *Progressing from first-of-a-kind to Nth-of-a-kind: Applying learning rates to carbon capture deployment in Sweden*, International Journal of Greenhouse Gas Control. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104226>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583624001695>) (Hämtad 2025-10-21)

⁴³⁰ ACCSESS webbplats, *Innovation 1 - Piloting of environmentally benign enzymatic solvent combined with a RPB absorber*. <https://www.projectaccess.eu/piloting-of-environmentally-benign-enzymatic-solvent-combined-with-an-rpb-absorber/> (Hämtad 2025-12-04)

⁴³¹ Tekniken kommer även att testas för avskiljning vid en cementugn i Polen.

⁴³² ACCSESS webbplats, *The ACCSESS rig moves to Sweden*. <https://www.projectaccess.eu/2023/10/31/the-access-rig-moves-to-sweden/> (Hämtad 2025-12-04)

⁴³³ Energimyndighetens projektdatabas, P2022-1138, diarienummer 2022–202304

pressas genom membran, där CO₂ spjälkas bort för att sedan förvätskas. Den pilotanläggning som körs nu samlar upp 25 procent av utsläppen men sägs kunna skalas upp till 100 procent.⁴³⁴ Företaget SaltX teknikutvecklingen handlar om att ersätta fossila bränslen med grön el vid tillverkning av kalk och cement. Detta möjliggör inte bara fossilfri produktion, utan även effektiv avskiljning av den koldioxid som frigörs från råmaterialet. SaltX:s elektriska plasmateknik ersätter fossildriven uppvärmning med förnybar el och fångar upp de CO₂-utsläpp som släpps ut under uppvärmningsprocessen.⁴³⁵

Förstudier

Även om utvecklingen av avskiljningstekniker har kommit långt krävs att den anpassas till enskilda anläggningars specifika förutsättningar, som exempelvis rökgasflöde och koldioxidhalt i rökgasen (se kapitel 3.5). Flertalet aktörer utreder därför i förstudier de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för olika tekniker på sina enskilda anläggningar. I Energimyndighetens rapport *Från små steg till stora kliv*⁴³⁶ inkluderas en sammanställning av pågående och avslutade projekt. I rapporten återfinns även ett urval av resultat och slutsatser från avslutade projekt. Flera av projekten lyfter fram att större utsläpp tenderar att leda till lägre kostnader, där stora projekt har möjligheter att nyttja skalfördelar kopplade till bland annat transport och lagring. Mindre anläggningar kan därmed vara i behov av samarbetspartners för att uppnå lönsamhet. Andra kostnadspåverkande faktorer som lyfts i förstudierna är koncentrationen av koldioxid, rökgasernas renhet och avskiljningsgraden.

Som ett sätt att sänka kostnaderna för tekniken undersöks även möjligheter till energiintegration, dvs. att utnyttja överskottsenergi mellan tillverknings- och avskiljningsprocesserna. Eftersom förutsättningarna skiljer sig åt mellan anläggningar måste möjligheterna till energiintegration utvärderas för varje enskild anläggning.⁴³⁷ Stora Enso har i en förstudie⁴³⁸ utrett möjligheter till energiintegration för sina svenska sulfatbruk genom att analysera fyra olika avskiljningstekniker för ett modellbruk. Resultatet visar att det finns begränsade möjligheter till energiintegration (och därmed få energibesparingar) för samtliga avskiljningstekniker till följd av att det inte finns tillgänglig överskottsenergi att nyttja mellan de två processerna.⁴³⁹ För många bruk kommer det att krävas ytterligare energitillförsel för att täcka energibehovet för en bio-CCS anläggning. Till följd av detta dras slutsatsen att det är nödvändigt att utveckla nya avskiljningstekniker som kräver mindre energi och som kan använda värme vid lägre temperaturer, eftersom det innebär större möjligheter att nyttja överskottsenergi från tillverkningsprocessen. Ett exempel på en avskiljningsteknik med sådan potential är den som testats vid Stora Ensos sulfatbruk Skutskär inom ramen för ACCSESS (se Forskningsprojekt ovan).

⁴³⁴ Nordkalks webbplats, u.å. *Nordkalk minskar CO₂ med hjälp av membrantechnik*.

<https://nordkalk.se/nordkalk-minskar-co2-med-hjalp-av-membrantechnik/> (Hämtad 2025-05-12)

⁴³⁵ Energimyndighetens webbplats, *Fossilfri teknik från SaltX ställer om cement- och kalkindustrin*. <https://www.energimyndigheten.se/arkiv-for-resultat/Resultat/fossilfri-teknik-fran-saltx-staller-om-cement-och-kalkindustrin/> (Hämtad 2025-11-05) samt <https://www.saltxtechnology.com/technology/>

⁴³⁶ Energimyndigheten, 2022. *Från små steg till stora kliv – en syntes av Industriklivets projekt inom bio-CCS*. ER 2022:11. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=d75418fab8974c88930475795ad27e75&q=Industrklivet%20bio-ccs&lstqty=1>

⁴³⁷ Ibid.

⁴³⁸ Energimyndighetens projektdata, P49897-2, diarienummer 2020-020034

⁴³⁹ För ett verkligt bruk kan det dock finnas större möjligheter att använda överskottsvärme för värmeintegration av koldioxidavskiljningsanläggningen.

Förutsättningarna för storskalig infångning av koldioxid i Gävleregionen har bedömts som goda, tack vare det geografiska läget nära en hamn vid kusten liksom att det finns flertalet aktörer med stora biogena utsläpp. För att optimera resurserna finns behov av en gemensam logistiklösning för dessa aktörer. Gävle Energi och Billerud genomför en gemensam förstudie för att möjliggöra en fullskalig implementering av bio-CCS på Billeruds bruk och Bomhus Energis panna i Gävle. Genom projektet ska nödvändiga underlag tas fram för beslut om att gå vidare med en eventuell förprojektering.⁴⁴⁰

I flertalet av de förstudier som skett inom ramen för Industriklivet framgår även att en viktig förutsättning för bio-CCS är att tidigt förbereda tillstånds- och samrådsprocesser för att undvika långa ledtider samt att ta fram en affärsmodell utifrån olika scenarier om möjliga intäktsströmmar givet osäkerheter i olika potentiella finansieringslösningar.⁴⁴¹

Infrastrukturprojekt i samarbete mellan energi- och industrisektorn

I ett flertal förstudier undersöks även de logistiska förutsättningarna för *transport och lagring av koldioxid*. Dessa projekt är inte specifika för bio-CCS men är viktiga för att få på plats hela kedjan från infångning till slutlagring, vilket är en förutsättning för CCS tillämpat på både fossila och biogena utsläpp och där erfarenheterna fortfarande är begränsade. När det gäller kostnadsuppskattningar för värdekedjan i stort verkar det generellt finnas en större osäkerhet i kostnadsuppskattningarna för transport och lagring än för koldioxidavskiljning.

Sedan hösten 2022 pågår satsningen Carbon Network South Sweden (CNetSS)⁴⁴² – ett samverkansprojekt för infrastrukturlösningar för transport och permanent lagring av infångad koldioxid. Projektet leds av Växjö Energi och det långsiktiga målet är att etablera en hållbar och kostnadseffektiv koldioxidinfrastruktur i Sydsverige för transport från de utsläppande anläggningarna till slutlig geologisk lagring av koldioxid. Ytterligare nio aktörer (varav flera industrier) längs hela infrastrukturkedjan ingår i projektet, där flera av dessa har tidsatta planer på att fånga in koldioxid.⁴⁴³ Systemet ska vara öppet för tredjepart.⁴⁴⁴ Satsningens andra fas har nu avslutats och arbetet har fokuserats på en landbaserad central omlastningshubb vid oljehamnen i Malmö.⁴⁴⁵ Nästa steg i projektet har inletts genom att genomföra en fördjupad förstudie och konkretisering av en regional koldioxidinfrastruktur i Sydsverige inför gemensam transport och slutlig geologisk lagring. CNetSS fas 3 genomförs gemensamt av Nordion Energi (projektledare), Copenhagen Malmö Port, E.ON, Sysav, Uniper, Växjö Energi och Öresundskraft. Tillsammans representerar de aktörer från olika delar av infrastrukturkedjan; utsläppare av koldioxid, logistikföretag och hamnaktörer. Flera av företagen har redan tidsatta planer på implementering av CCS.⁴⁴⁶

I projektet Norvik Infrastructure CCS East-Sweden (NICE)⁴⁴⁷ samarbetar företag⁴⁴⁸ från flera olika sektorer (bland annat energisektorn och mineralsektorn) med

⁴⁴⁰ Energimyndighetens projektdatabas, P2023-01883, diarienummer 2023-206794

⁴⁴¹ ER 2022:11

⁴⁴² Energimyndighetens projektdatabas, P2022-00512, diarienummer 2022-200898

⁴⁴³ Copenhagen Malmö Port, E.ON, Höganäs AB, Kemira, Kraftringen, Nordion Energi, Stora Enso, Sysav och Öresundskraft

⁴⁴⁴ Växjö Energis webbplats, *Sydsvenskt projekt för att fånga in koldioxid*.

<https://www.veab.se/om-oss/satsningar-och-projekt/cnetss/> (Hämtad 2025-12-04)

⁴⁴⁵ Energimyndighetens projektdatabas, P2022-00512, diarienummer 2022-200898

⁴⁴⁶ Energimyndigheten, P2024-02164

⁴⁴⁷ Energimyndighetens projektdatabas, P2023-00564, diarienummer 2023-201565

⁴⁴⁸ Heidelberg Materials Cement Sverige, Mälarenergi, Nordkalk, Plagazi, Stockholm Exergi, Söderenergi och Vattenfall

Stockholms hamnar, med målet att etablera en regional, hållbar och kostnadseffektiv infrastruktur för att fånga in, mellanlagra och transportera koldioxid i östra Sverige. En fördjupad förstudie har genomförts, med resultat som bland annat visar att det finns goda förutsättningar ur ett tekniskt, logistiskt och driftmässigt perspektiv att framgångsrikt etablera en central logistiknod för koldioxid vid Stockholm Norvik Hamn. Förstudien ska utgöra underlag för att avgöra möjligheterna att gå vidare i planeringen för ett regionalt nav för hantering och transport av koldioxid i Stockholm Norvik. Systemet ska vara öppet för tredjepartstillträde.⁴⁴⁹

⁴⁴⁹ Stockholm Hamnars webbplats, *CCS i Stockholm Norvik Hamn*.
<https://www.stockholmshamnar.se/om-oss/miljoarbete/ccs/> (Hämtad 2025-12-04)

Referenser

ACCSESS webbplats, *Innovation 1 - Piloting of environmentally benign enzymatic solvent combined with a RPB absorber*. <https://www.projectaccess.eu/piloting-of-environmentally-benign-enzymatic-solvent-combined-with-an-rpb-absorber/> (Hämtad 2025-12-04)

ACCSESS webbplats, *The ACCSESS rig moves to Sweden*. <https://www.projectaccess.eu/2023/10/31/the-access-rig-moves-to-sweden/> (Hämtad 2025-12-04)

Acer, 2024. *European hydrogen markets, 2024 market monitoring report*. https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Publications/ACER_2024_MMR_Hydrogen_Markets.pdf

Andersson, J., Hellsmark, H., 2024. *Directionality in transformative policy missions: The case of reaching net zero emissions in the Swedish process industry*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624001112>

Barlow, Shahi och Loughrey för Global CCS Institute, 2023. *State of the art: CCS technologies 2023*. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/state-of-the-art-ccs-technologies-2023/>

Bashmakov, I.A., L.J. Nilsson, A. Acquaye, C. Bataille, J.M. Cullen, S. de la Rue du Can, M. Fischedick, Y. Geng, K. Tanaka, 2022: Industry. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.013. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter11.pdf

Batteridirektivet 2006/66/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006L0066-20180704>

Batteriförordningen (EU) 2023/1542. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R1542-20240718>

Beiron, J., Johnsson, F. 2024. *Progressing from first-of-a-kind to Nth-of-a-kind: Applying learning rates to carbon capture deployment in Sweden*, International Journal of Greenhouse Gas Control. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104226>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583624001695>) (Hämtad 2025-10-21)

Bioenergitidningen, 2023. *Hårdgjord biokol hjälper Höganäs att bli klimatneutrala*. <https://bioenergitidningen.se/hardgjord-biokol-hjalper-hoganas-att-bli-klimatneutrala/>

Bioenergitidningen, 2024. *Södra: Stora Enso är bland de första köparna av sulfatlignin*. <https://bioenergitidningen.se/sodra-stora-enso-ar-bland-de-forsta-koparna-av-sulfatlignin/> (Hämtad 2025-09-24)

Biorefinery Östrands webbplats, *Biorefinery Östrand has agreed to an EU innovation grant.* <https://www.biorefineryostrand.com/en/news-and-media/news/granted/> (Hämtad 2025-09-23)

Biorefinery Östrands webbplats, *En lösning för hållbara transporter.* <https://www.biorefineryostrand.com/sv/bioraffinaderiet/biodrivmedel/> (Hämtad 2025-09-23)

Biorefinery Östrands webbplats, *Frågor och svar.* <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/fragor-och-svar/> (Hämtad 2025-03-07)

Biorefinery Östrands webbplats, *Processen.* <https://www.biorefineryostrand.com/sv/bioraffinaderiet/teknologi-bioraffinaderi/processen/> (Hämtad 2025-03-07)

Biorefinery Östrands webbplats, *Elektrolysören – bioraffinaderiets själ.* <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/artiklar2/elektrolysoren/> (Hämtad 2025-09-01)

Biorefinery Östrands webbplats, *Milstolpe nådd i landbyggnadsprojektet.* <https://www.biorefineryostrand.com/sv/nyheter-och-media/nyheter/milstolpe-nadd-i-landbyggnadsprojektet/> (Hämtad 2025-09-01)

BioReSteels webbplats, *Welcome to BioReSteel.* <https://bioresteel.eu/> (Hämtad 2025-11-05)

Boliden, 2021, *Lakverk Rönnskär.* <https://www.boliden.com/globalassets/operations/smelters/ronnskar/leach-plant-2021/facts-sheet/faktablad-lakverk.pdf>

Bolidens webbplats, *Carbon footprint of Boliden main metals.* https://www.boliden.com/48e725/globalassets/operations/products/copper/green-copper/carbon-footprint-of-boliden-main-metals_2021_executive-summary.pdf

Bolidens webbplats, *Gemensam studie för hållbar omställning.* <https://investors.boliden.com/sv/press/gemensam-studie-hallbar-omstallning-2225377> (Hämtad 2025-12-04)

Bolidens webbplats, *Verksamhet – Smältverk.* <https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk/> (Hämtad 2025-12-04)

Bolidens webbplats, *Mer metaller och mindre avfall.* <https://www.boliden.com/sv/verksamhet/smaltverk/boliden-ronnskar/ronnskar-leach-plant/> (Hämtad 2025-09-24)

CEMBUREAU:s webbplats, *CCUS.* <https://cembureau.eu/policy-focus/climate-energy/ccus/> (Hämtad 2025-10-29)

Chalmers webbplats, *Storskalig produktion av biokol som förnybar råvara i den fossilfria värdekedjan inom järn- och stålindustrin.* <https://research.chalmers.se/en/project/10705> (Hämtad 2025-12-19)

Dagens Industri, 2022. *Största utsläppsbovarna ökar utsläppen igen*.
<https://www.di.se/hallbart-naringsliv/storsta-utslappsbovarna-okar-utslappen-igen/>
(Hämtad 2025-03-06)

Dagens industri, 2025. *Riksdagen sa ja till höjd reduktionsplikt*.
<https://www.di.se/nyheter/riksdagen-sa-ja-till-hojd-reduktionsplikt/> (Hämtad 2025-05-27)

Dagens industri, 2020. *SSAB, Höganäs och Envigas har siktet inställt på biokol*.
<https://www.di.se/hallbart-naringsliv/comeback-for-kol-sa-ska-svensk-stalindustri-raddas/> (Hämtad 2025-09-23)

Dagens industri, 2025. *Anläggning för 13 miljarder ska fånga utsläpp. "Prislappen för Stockholm Exergis nya anläggning: 13 miljarder"*. (Hämtad 2025-10-21)

Dagens industri, 2025. *Ny kärnkraft och vindkraft nyckeln till konkurrenskraftigt och robust elsystem*. <https://www.di.se/debatt/ny-karnkraft-och-vindkraft-nyckeln-till-konkurrenskraftigt-och-robust-elsystem/>

Dagens Industri Energimarknaden, *Satsning på grönt fartygsbränsle senareläggs ett år*. <https://energimarknaden.di.se/satsning-pa-gront-fartygsbransle-senarelaggs-ett-ar/>
(Hämtad 2025-11-05)

Dagens industri Energimarknaden, *Stegra tar in miljarder för att säkra Bodenbygge: "Vi har starkt stöd"*. [Stegra tar in miljarder för att säkra Bodenbygge: "Vi har starkt stöd"](#) (Hämtad 2025-11-06)

Danska energimyndighetens webbplats, *About CCS*. <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/about-ccs> (Hämtad 2025-10-29)

Danska Energimyndighetens webbplats, *CCS tenders and other funding for CCS development*, <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/ccs-tenders-and-other-funding-ccs-development> (Hämtad 2025-12-04)

Danska Energimyndighetens webbplats, *Licenses for exploration and storage of CO2, including environmental consultation rounds*, <https://ens.dk/en/supply-and-consumption/licenses-exploration-and-storage-co2-including-environmental-consultation> (Hämtad 2025-12-04)

Direktivet om gemensamma regler för de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1788. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401788.

Direktivet om geologisk lagring av koldioxid 2009/31/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=celex:32009L0031>

Drivkraft Sverige, 2025. *Omställningsbarometern första kvartalet, juni 2025*.
<https://drivkraftsverige.se/wp-content/uploads/2025/06/DS-2025-Omstallningsbarometer-nr2-juni.pdf>

Drivkraft Sveriges webbplats, *Fortsatt hög andel biodrivmedel 2023*.
<https://drivkraftsverige.se/nyheter/fortsatt-hog-andel-biodrivmedel-2023/> (Hämtad 2025-12-04)

Drivkraft Sveriges webbplats, *Press: DRIVMEDELSÅRET 2024 – Sveriges utsläpp ökade när andelen förnybart sjönk*. <https://drivkraftsverige.se/nyheter/press-drivmedelsaret-2024-sveriges-utslapp-okade-nar-andelen-fornybart-sjonk/> (Hämtad 2025-05-27)

E3G och Beyond Fossil Fuels, 2025. *The State of the European Steel Transition*. <https://www.e3g.org/wp-content/uploads/The-State-of-the-European-Steel-Transition-Report.pdf>

EFN:s webbplats, *Fiskodling i Ånge storsatsar – och får 25-årigt miljötillstånd*. <https://efn.se/fiskodling-i-ange-storsatsar-och-far-25-arigt-miljotillstand> (Hämtad 2025-08-28)

Energieffektiviseringsdirektivet (EU) 2023/1791. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2023_231_R_0001

Energiforsk, 2022. *Teknik, systemintegration och kostnader för bio-CCS*, Rapport 2022:837. <https://energiforsk.se/media/30909/teknik-systemintegration-och-kostnader-energiforskrapport-2022-837.pdf>

Energiforsk, 2024. *The Potential of Hydrogen in a Swedish Context*. <https://energiforsk.se/media/33441/2024-2011-the-hydrogen-potential-of-hydrogen-in-a-swedish-context.pdf>

Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Sveriges Geologiska Undersökning, 2022. *Utveckla myndighetssamverkan för Sveriges delar av en hållbar europeisk värdekedja för batterier*. ER 2022:14. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=602847077c554f7aa8f04afb959ac491&q=2022%3A14&lstqty=1>

Energimyndigheten, u.å. *Energibalans, 2005-*. <https://pxexternal.energimyndigheten.se:443/sq/4f22ab48-cbd9-4239-9dd1-0c01e960864a>

Energimyndigheten, u.å. *Energivarubalans, 2005-*. https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/Energimyndighetens_statistikdatabas__Officiell_energistatistik__Arlig_energibalans__Balanser/EN0202_B.px/

Energimyndigheten, 2021. *Industrin – Nuläge och förutsättningar för omställning 2021*. ER 2021:27. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=bf2b000945ea401aa08e910e8c6c91cf&l=t&cat=%2FKlimat%20och%20utsl%C3%A4pp&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2022. *Kontrollstation för reduktionsplikten 2022*. ER 2022:07. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=ed7b51a47ee04e86bcff6c6f11c71922&q=2022:07&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2022. *Från små steg till stora kliv – en syntes av Industriklivets projekt inom bio-CCS*. ER 2022:11. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=d75418fab8974c88930475795ad27e75&q=Industrklivet%20bio-ccs&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2023. *Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning*. ER 2023:22. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=11bdec99e8047d1a28a11f93452d19e&q=industrin&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2024. *Effektiv användning av energi, effekt och resurser*. ER 2024:03. <https://www.energimyndigheten.se/4afa39/globalassets/klimat--miljo/elektrifiering/effektiv-anvandning-av-energi-effekt-och-resurser.pdf>

Energimyndigheten, 2024. *Industriell och urban symbios*. ER 2024:27. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=8b5587ddd21c49449a33ed4bae43f130&l=t&cat=%2FEffektiv%20energianv%C3%A4ndning&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2024. *Vätgas och vätgasinfrastruktur i det svenska energisystemet*. ER 2024:07. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1140552b07914929b7b68f4cea8ed1cf&q=2024:07&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2024. *Styrmedel för CCS och CCU*, ER 2023:26. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=4d3395613bcb41ea9114574c43372df5&l=t&cat=%2FKlimat%20och%20utsl%C3%A4pp&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2024. *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering*, ER 2023:28. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=7e03d5cdf3da46bf9e5651e6708eee53>

Energimyndigheten, 2024. *Vätgas för energi- och klimatomställning*. ER 2024:25. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Arkitektkopia/ViewTemplate?tid=0fa8af48587f4f1c985944b1beaf5a09>

Energimyndigheten, 2024. *Vätgasens utveckling nationellt och internationellt*. ER 2024:26. https://energimyndigheten.a-w2m.se/arkitektkopia/GetTemplateResource/121?id=02fe52d2647c4d74957b78289fbe134c&res=91f73f4d47dd4827b8553a623d917a2d&lr=False&fn=ER%202024_26webb.pdf&elp=portal&elt=t&eloid=02fe52d2647c4d74957b78289fbe134c

Energimyndigheten, 2025. *Energiläget i siffror 2025*. <https://www.energimyndigheten.se/495c67/globalassets/energisystem-och-analys/nulaget-i-energisystemet/energilaget-i-siffror-25>

Energimyndigheten, 2025. *Flexibilitet inom elsystemet - målgruppsanpassad information och potentialbedömningar*. ER 2025:20. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=ed6ce20a2a534c298e62512d19c359dc&q=Flexibilitet&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2025. *Kortsiktsprognos sommar 2025*. <https://www.energimyndigheten.se/49e678/globalassets/energisystem-och-analys/kortsiktiga-prognoser/kortsiktsprognos-sommar-2025.pdf>

Energimyndigheten, 2025. *Kortsiktsprognos vinter 2025*. ER 2025:06. <https://energimyndigheten.a->

w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=7f9308fda35748f4800388a31aa13537&l=t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1

Energimyndigheten, 2025. *Scenarier över Sveriges energisystem*. ER 2025:13.

<https://energimyndigheten.se/w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=Arkitektkopia&id=1173312576a844f5a08e2c4a2005ccfb&l=t&cat=%2FPrognoser%20och%20Scenarier&lstqty=1>

Energimyndigheten, 2025. *Energiindikatorer 2025*. ER 2025:05.

<https://energimyndigheten.se/w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=68756b7ec3d8469c8e5b855646bf6b9e&l=t&cat=%2FEnergiindikatorer&lstqty=1>

Energimyndighetens webbplats, *3,1 miljarder i stöd till Hybrit*.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/31-miljarder-i-stod-till-hybrit/>
(Hämtad 2025-09-24)

Energimyndighetens webbplats, *Stöd för bio-CCS genom omvända auktioner*.

<https://www.energimyndigheten.se/klimat/ccs/statligt-stod-for-bio-ccs/> (Hämtad 2025-12-04)

Energimyndighetens webbplats, *Från sågspån till biodrivmedel - satsning för en*

fossilfri transportsektor. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2020/fran-sagspan-till-biodrivmedel---satsning-for-en-fossilfri-transportsektor/> (Hämtad 2025-09-23)

Energimyndighetens webbplats, *Energimyndigheten stöttar forskning om biokolproduktion integrerat i befintliga kraft- och fjärrvärmepannor*.

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/energimyndigheten-stottar-forskning-om-biokolproduktion-integrerat-i-befintliga-kraft--och-fjarrvarmepannor/>
(Hämtad 2025-09-23)

Energimyndighetens webbplats, *Samarbeten med länder*.

<https://www.energimyndigheten.se/klimat/internationella-klimatsamarbeten/parisavtalet/samarbeten-under-parisavtalet/samarbeten-med-lander/>
(Hämtad 2025-10-29)

Energimyndighetens webbplats, *Stöd för bio-CCS genom omvänd auktion*.

<https://www.energimyndigheten.se/klimat/ccs/statligt-stod-for-bio-ccs/> (Hämtad 2025-10-22)

Energimyndighetens webbplats, *Fossilfri teknik från SaltX ställer om cement- och kalkindustrin*. <https://www.energimyndigheten.se/arkiv-for-resultat/Resultat/fossilfri-teknik-fran-saltx-staller-om-cement--och-kalkindustrin/> (Hämtad 2025-11-05)

Energimyndighetens webbplats, *Reduktionsplikt*.

<https://www.energimyndigheten.se/klimat/transporter/reduktionsplikt/> (Hämtad 2025-10-10)

Equinors webbplats, *The Northern Lights project*.

<https://www.equinor.com/energy/northern-lights> (Hämtad 2025-10-29)

Utläppshandelsdirektivet 2003/87/EC (omarbetat), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02003L0087-20240301>

EU:s klimatvetenskapliga råd, 2024. *Towards EU climate neutrality*. https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/towards-eu-climate-neutrality-progress-policy-gaps-and-opportunities/esabcc_report_towards-eu-climate-neutrality.pdf/@/@/download/file

EU-kommissionen, u.å. *Innovation Fund IF24 Auction: Terms and Conditions*. https://climate.ec.europa.eu/document/download/b996825e-cd36-44c1-895d-a780062f626d_en?filename=policy_funding_innovation_fund_if24_auction_tc_en.pdf

EU-kommissionen, 2022. Member State report on Implementation of Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide ("CCS Directive"). https://ec.europa.eu/assets/clima/ccs/2023/policy_ccs_country_report_2023_sweden_se.pdf

EU-kommissionen, 2025. Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om ändring av förordning (EU) 2021/1119 om inrättande av en ram för att uppnå klimatneutralitet. COM/2025/524 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:52025PC0524>

EU-kommissionen, 2025. *Innovation Found IF25 Hydrogen Auction: Draft Terms and Conditions*. https://climate.ec.europa.eu/document/download/ee3b468a-ee39-4748-b3be-5ce8f0fd4652_en?filename=policies_if_draft_tc_if25_auction_h2_en.pdf

EU-kommissionen, 2025. *Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A Competitiveness Compass for the EU*. https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en?filename=Communication_1.pdf&prefLang=sv

EU-kommissionens meddelande, 2020. *Resiliens för råvaror av avgörande betydelse: Att staka ut vägen mot ökad trygghet och hållbarhet*, COM/2020/474 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0474>

EU-kommissionens meddelande, 2022. *REPowerEU: Joint European Action for more affordable, secure and sustainable energy*, COM/2022/108 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A108%3AFIN>

EU-kommissionens meddelande, 2024. *Mot en ambitiös industriell koldioxidhantering för EU*, COM/2024/62 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:52024DC0062&qid=1761738630288>

EU-kommissionens meddelande, 2025. *The Clean Industrial Deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation*, COM(2025) 85 final. https://commission.europa.eu/document/download/9db1c5c8-9e82-467b-ab6a-905feb4b6b0_en?filename=Communication%20-%20Clean%20Industrial%20Deal_en.pdf

EU-kommissionens webbplats, *Commission proposes a plan to phase out Russian gas and oil imports*. https://commission.europa.eu/news-and-media/news/commission-proposes-plan-phase-out-russian-gas-and-oil-imports-2025-06-17_en (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *CCS-CCU – SETIS – SET Plan information system*.
https://setis.ec.europa.eu/working-groups/ccs-ccu_en (Hämtad 2025-10-29)

EU-kommissionens webbplats, *Electrolyser manufacturing capacities in the EU*.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2829 (Hämtad 2025-04-14)

EU-kommissionens webbplats, *EU-funding and tenders portal: Northern Lights Phase 2 Expansion Studies*. <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43251567/101069502/CEF2027> (Hämtad 2025-12-04)

EU-kommissionens webbplats, *CEF Energy: Finland-Sweden interconnector ‘Aurora Line’ on track to finalise works by end of 2025*. https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/cef-energy-finland-sweden-interconnector-aurora-line-track-finalise-works-end-2025-2024-07-24_en (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Green claims*.
https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims_en (Hämtad 2025-12-04)

EU-kommissionens webbplats, *Tal om tillståndet i unionen 2025 av kommissionens ordförande Ursula von der Leyen*.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/SPEECH_25_2053 (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *A European Steel and Metals Action Plan*.
https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-steel-and-metals-action-plan_en (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Industrial carbon management*.
https://energy.ec.europa.eu/topics/carbon-management-and-fossil-fuels/industrial-carbon-management_en (Hämtad 2025-10-29)

EU-kommissionens webbplats, *Swedish large-scale steel value chain demonstration of Hydrogen Breakthrough Iron-making Technology*.
<https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101051316/INNOVFUND> (Hämtad 2025-12-04)

EU-kommissionens webbplats, *HYBRIT Demonstration: Swedish large-scale steel value chain demonstration of Hydrogen Breakthrough Iron-making Technology*.
https://climate.ec.europa.eu/document/download/6361be48-c451-4e46-b64d-c8a5d069bc8b_en?filename=if_pf_2022_hybrit_en.pdf

EU-kommissionens webbplats, *The Draghi report on EU competitiveness*.
https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/draghi-report_en (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Legislative initiative on CO2 transportation infrastructure and markets*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14804-Legislative-initiative-on-CO2-transportation-infrastructure-and-markets_en (Hämtad 2025-10-29)

EU-kommissionens webbplats, *Questions and answers: A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe*.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1257 (Hämtad 2025-08-12)

EU-kommissionens webbplats, *Handelsavtalet mellan EU och USA – förklaring*.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/qanda_25_1930 (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Biorefinery Östrand – The first commercial deployment of solid biomass-and-power-to- Sustainable Aviation Fuels technology line-up*. [https://ec.europa.eu/info/funding-](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101132801/INNOVFUND)

[tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101132801/INNOVFUND)
[details/43089234/101132801/INNOVFUND](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43089234/101132801/INNOVFUND) (Hämtad 2025-09-23)

EU-kommissionens webbplats, *Mechanism to support the market development of hydrogen*. https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/hydrogen/european-hydrogen-bank/mechanism-support-market-development-hydrogen_en (Hämtad 2025-09-24)

EU-kommissionens webbplats, *Questions and answers on the next long-term budget*.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_25_1848 (Hämtad 2025-11-04)

EU-kommissionens webbplats, *Commission launches second call for strategic projects to secure critical raw materials supply*. [https://single-market-](https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/commission-launches-second-call-strategic-projects-secure-critical-raw-materials-supply-2025-09-25_en)

[economy.ec.europa.eu/news/commission-launches-second-call-strategic-projects-](https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/commission-launches-second-call-strategic-projects-secure-critical-raw-materials-supply-2025-09-25_en)
[secure-critical-raw-materials-supply-2025-09-25_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/commission-launches-second-call-strategic-projects-secure-critical-raw-materials-supply-2025-09-25_en) (Hämtad 2025-11-05)

EU-kommissionens webbplats, *Clean Industrial Deal*.

https://commission.europa.eu/topics/competitiveness/clean-industrial-deal_en
(Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Action Plan for Affordable Energy: Unlocking the true value of our Energy Union to secure affordable, efficient and clean energy for all Europeans*. https://energy.ec.europa.eu/publications/action-plan-affordable-energy-unlocking-true-value-our-energy-union-secure-affordable-efficient-and_en (Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Omnibus I package - Commission simplifies rules on sustainability and EU investments, delivering over €6 billion in administrative relief*.

[https://finance.ec.europa.eu/publications/omnibus-i-package-commission-simplifies-](https://finance.ec.europa.eu/publications/omnibus-i-package-commission-simplifies-rules-sustainability-and-eu-investments-delivering-over-eu6_en?prefLang=sv)
[rules-sustainability-and-eu-investments-delivering-over-eu6_en?prefLang=sv](https://finance.ec.europa.eu/publications/omnibus-i-package-commission-simplifies-rules-sustainability-and-eu-investments-delivering-over-eu6_en?prefLang=sv)
(Hämtad 2025-11-21)

EU-kommissionens webbplats, *Critical Raw Materials Act*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en (Hämtad 2025-10-08)

EU-kommissionens webbplats, *Circular Economy*.

https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en (Hämtad 2025-10-02)

EU-kommissionens webbplats, *Advanced Materials*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/advanced-manufacturing/advanced-materials_en (Hämtad 2025-10-02)

EU-kommissionens webbplats, *Packaging waste*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste_en (Hämtad 2025-10-02)

EU-kommissionens webbplats, *ReFuelEU Aviation*. https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en (Hämtad 2025-10-10)

EU-kommissionens webbplats, *2040 climate target - Reducing the EU's net emissions by 90% by 2040*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2040-climate-target_en (Hämtad 2025-11-21)

Eurometals webbplats, *Willingness to pay green steel premiums remains low among European buyers*. <https://eurometal.net/willingness-to-pay-green-steel-premiums-remains-low-among-european-buyers/> (Hämtad 2025-11-21)

Europeiska rådets pressmeddelande, 2025, *2040 climate target: Council agrees its position on a 90% emissions reduction*. [2040 climate target: Council agrees its position on a 90% emissions reduction - Consilium](https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2025/11/2040-climate-target-council-agrees-its-position-on-a-90-emissions-reduction/) (Hämtad 2025-11-10)

F3:s webbplats, *Elektrobränslen*. <https://f3centre.se/sv/faktablad/elektrobranslen/> (Hämtad 2025-10-07)

Finansdepartementet, 2024. *Finansering och riskdelning vid investeringar i ny kärnkraft*. Fi 2023:F. <https://www.regeringen.se/contentassets/785ee941726840229ed69135ca8f890c/finansiering-och-riskdelning-vid-investeringar-i-ny-karnkraft.pdf>

Fossilfritt Sverige, 2021. *Biostrategi för fossilfri konkurrenskraft*. <https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2021/11/Fossilfritt-Sveriges-biostrategi.pdf>

Fossilfritt Sverige, 2022. *Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft – uppföljning 2022*. https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2022/10/Uppfo%CC%88ljningsrapport_2022.pdf

Fossilfritt Sverige, 2023. *Färdplan för konkurrenskraft och nettonollutsläpp – Cementbranschen*. https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2023/10/Cement_fardplan_uppgraderad_2023.pdf

Fossilfritt Sverige, 2024. *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Gasbranschen*. Uppgraderad september 2024. <https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2020/09/Gasbranschens-uppgraderade-fardplan-Fossilfritt-Sverige.pdf>

Fossilfritt Sverige, 2024. *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Innovations- och kemiindustrierna*. <https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2024/10/IKEM-fardplan-2024.pdf>

Fossilfritt Sverige, 2024. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft – Biogen koldioxidinfångning (Bio-CCUS)*. <https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2024/10/Bio-CCUS-strategi.pdf>

[content/uploads/2024/05/Strategi-for-biogen-koldioxidinfangning-Fossilfritt-Sverige.pdf](#)

Förnybartdirektivet (EU) 2023/2413. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>

Förordningen om användning av förnybara och koldioxiddåla bränslen för sjötransport (FuelEU Maritime) (EU) 2023/1805. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1805>

Förordningen om de inre marknaderna för förnybar gas, naturgas och vätgas (EU) 2024/1789. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401789

Förordningen om Ekodesign för hållbara produkter (EU) 2024/1781. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1781&qid=1719580391746>

Förordningen om inrättande av en ram för säkerställande av trygg och hållbar försörjning av kritiska råmaterial (akten om kritiska råmaterial) (EU) 2024/1252. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj>

Förordningen om inrättande av en åtgärdsram för att stärka Europas ekosystem för tillverkning av nettonollteknik (rättsakten om nettonollindustrin) (EU) 2018/1724. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1735>

Förordningen om restaurering av natur (EU) 2024/1991. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=1722240349976>

Förordningen om säkerställande av lika villkor för hållbar lufttransport (ReFuelEU Aviation) (EU) 2023/2405. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R2405-20231031>

Förordningen om upprättande av ett europeiskt register över utsläpp och överföringar av föroreningar (EG) nr 166/2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32006R0166>

Genomförandeförordning vad gäller övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp inom EU:s utsläppshandelssystem (EU) 2023/2122. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02023R2122-20231018>

Greensands webbplats, *CO2 storage now and for the future*. <https://greensandfuture.com/next-chapter> (Hämtad 2025-10-29)

Heidelberg Materials Cement Sverige, 2018. *Färdplan cement - för ett klimatneutralt byggande*. https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sites/default/files/assets/document/9a/c0/fardplan_cement-for_klimatneutralt_betongbyggande-20180424.pdf

Heidelberg Materials Cement Sveriges webbplats, *Bortom nettonoll 2030*. <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/nollvision2030> (Hämtad 2025-12-04)

Heidelberg Materials Cement Sveriges webbplats, *Klimatanpassad betong - här är listan*. <https://www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/klimatanpassad-betong-har-ar-listan> (Hämtad 2025-12-04)

Heidelberg Materials Cement Sveriges webbplats, Heidelberg Materials CCS-projekt i Slite går vidare till nyckelfas inför investeringsbeslut. [Heidelberg Materials CCS-projekt i Slite går vidare till nyckelfas inför investeringsbeslut | Heidelberg Materials Sverige](#) (Hämtad 2025-11-07)

Heidelberg Materials, 2025. *CCS-satsningen vid cementfabriken i Slite pausas*. [CCS-satsningen vid cementfabriken i Slite pausas | Heidelberg Materials Cement Sverige](#) (Hämtad 2025-11-21)

Helsingforskonventionens webbplats, *Call for tender: legal analysis of CCS in accordance with the Helsinki Convention*. <https://helcom.fi/about-us/vacancies/call-for-tender-legal-analysis-of-ccs-in-accordance-with-the-helsinki-convention/> (Hämtad 2025-10-29)

Helsingforskonventionen SÖ 1976:13. <https://helcom.fi/>

Hertwich E.G, S. Ali, L. Ciacchi, T. Fishman, N. Heeren, E. Masanet, F. Nojavan Asghari, E. Olivietti, S. Pauliuk, Q. Tu och P. Wolfram, 2019. *Material efficiency strategies to reducing greenhouse gas emissions associated with buildings, vehicles, and electronics – a review*. Environmental Research Letters, Vol.14, No. 4. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab0fe3>

Hodges, A., Hoang, A.L., Tsekouras, G. et al., 2022. *A high-performance capillary-fed electrolysis cell promises more cost-competitive renewable hydrogen*. Nat Commun 13, 1304. <https://www.nature.com/articles/s41467-022-28953-x>

HYBRIT:s webbplats, *Demonstrationsanläggning för direktreduktion i Gällivare kommun*. <https://www.hybritdevelopment.se/samrad/> (Hämtad 2025-12-04)

HYBRIT:s webbplats, *HYBRIT: Sex års forskning banar väg för fossilfri järn- och ståltillverkning i industriell skala*. <https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-sex-ars-forskning-banar-vag-for-fossilfri-jarn-och-staltillverkning-i-industriell-skala/> (Hämtad 2025-12-04)

HYBRIT:s webbplats, *Världens första fossilfria stål färdigt för leverans*. <https://www.hybritdevelopment.se/varldens-forsta-fossilfria-stal-fardigt-for-leverans/> (Hämtad 2025-12-04)

Hydrogen Europe, 2024. *Clean Hydrogen Monitor*. https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2024/11/Clean_Hydrogen_Monitor_11-2024_V2_DIGITAL_draft3-1.pdf

Hydrogen Insights webbplats, *Billions of euros allocated, but only 21% of green hydrogen projects awarded IPCEI funding by EU have reached FID*. <https://www.hydrogeninsight.com/policy/billions-of-euros-allocated-but-only-21-of-green-hydrogen-projects-awarded-ipcei-funding-by-eu-have-reached-fid/2-1-1811477> (Hämtad 2025-11-04)

Höganäs, 2025. *Sustainability report 2024*. https://www.hoganas.com/globalassets/downloads/corporate/sustainability/sustainability-report-2024_3573hog.pdf

ICM Forum, 2025. *Report on enabling conditions for industrial deployment of CCU*. Working Group on Carbon Capture & Utilisation. <https://circabc.europa.eu/ui/group/75b4ad48-262d-455d-997a->

7d5b1f4cf69c/library/11bcf9f9-1c32-4b18-bb1a-a59a3addee10/details?download=true

IEA, 2024. *Global Hydrogen Review 2024*.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>

IEA, 2025. *Global Hydrogen Review 2025*.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/a6c466dd-b6f0-44bd-a60a-6940eccfb1c3/GlobalHydrogenReview2025.pdf>

IEA Bioenergy, 2022. *Carbon accounting in Bio-CCUS supply chains – identifying key issues for science and policy*. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2022/06/IEA-Bio-BECCUS-Carbon-accounting.pdf>

IEA:s webbplats, *Carbon Capture and Utilization*. <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/co2-capture-and-utilisation> (Hämtad 2025-06-13)

IEA:s webbplats, *Electrolysers*. <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/electrolysers> (Hämtad 2025-05-14)

Industrirådet, 2023, *Industrin driver klimatomställningen*.
<https://www.industriradet.se/wp-content/uploads/Industrin-driver-klimatomställningen.pdf>

Infrastrukturnyheters webbplats, *Swerock lanserar miljöbetong från nyöppnad fabrik*.
<https://www.infrastrukturnyheter.se/20201124/23847/swerock-lanserar-miljobetong-fran-nyoppnad-fabrik> (Hämtad 2025-12-04)

IPCC, 2006, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_1_Ch1_Introduction.pdf

IPCC, 2022. *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

IPCC:s webbplats, *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*.
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (Hämtad 2025-10-29)

IVA, 2022. *Om vätgas och dess roll i elsystemet*.
<https://www.iva.se/contentassets/62a4c0d2e21e4b289541377c2942ad64/202501-iva-vatgasprojektet-syntesrapport-rev3.pdf>

IVL Svenska miljöinstitutet, 2025. *Voluntary Carbon Markets in Sweden*.
<https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1977463/FULLTEXT01.pdf>

IVL Svenska miljöinstitutets webbplats, *Biokol ska minska stålindustrins utsläpp*.
<https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/energi/biokol-ska-minska-stalindustrins-utslapp.html> (Hämtad 2025-11-05)

IVL Svenska miljöinstitutets webbplats, *Ny rapport: Tydlig potential för vätgas och elektrobränslen i Sverige*. <https://www.ivl.se/press/nyheter/2024-04-29-ny-rapport-tydlig-potential-for-vatgas-och-elektrobranslen-i-sverige.html> (Hämtad 2025-09-24).

Jernkontoret, 2025. *Ståläret 2024*.
<https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/stal-stalind/stalaret-2024---en-sammanstallning-slutversion-v1.pdf>

Jernkontorets webbplats, *Utsläpp*.
<https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/utslapp/>
(Hämtad 2025-03-05)

Johnsson och Kjärstad, 2019. *Avskiljning, transport och lagring av koldioxid i Sverige – Behov av forskning och demonstration*.
https://research.chalmers.se/publication/509912/file/509912_Fulltext.pdf

Jämtkrafts webbplats, *Uniper satsar en halv miljard i Östersund*.
<https://www.jamtkraft.se/om-oss/nyhetsarkiv/nyheter/uniper-satsar-en-halv-miljard-i-ostersund/> (Hämtad 2025-08-25)

Klimatklivet, *Beviljade ansökningar till Klimatklivet till och med 30 juni 2025*.
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.naturvardsverket.se%2F49fb0e%2Fglobalassets%2Famnen%2Fklimatomstallning%2Fklimatklivet%2Fdokument%2Fbeviljade-ansokningar-klimatklivet-20250630.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>

Kommerskollegiums webbplats, *EU:s och USA:s överenskommelse om handel*.
<https://www.kommerskollegium.se/HandelnmellanUSAEU/eus-och-usas-overenskommelse-om-handel/> (Hämtad 2025-11-21)

Konjunkturinstitutets webbplats, *Uppdatering av konjunkturbilden*.
<https://www.konj.se/publikationer/konjunkturlaget/2025-08-06-uppdatering-av-konjunkturbilden/> (Hämtad 2025-11-21)

Lag (2014:266) om energikartläggning i stora företag (SFS 2014:266).
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2014266-om-energiartlaggning-i-stora_sfs-2014-266/

Lag (2014:268) om vissa kostnads-nyttoanalyser på energiområdet (SFS 2014:268).
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2014268-om-vissa-kostnads-nyttoanalyser-pa_sfs-2014-268/

Liquid Winds webbplats, *Liquid Wind announces new eFuel facility project in Örnköldsvik, Sweden*. <https://www.liquidwind.com/news/liquid-wind-announces-new-efuel-facility-project-in-rnskldsvik-sweden> (Hämtad 2025-03-12)

Liquid Winds webbplats, *Nytt elektrobränsleprojekt i Örnköldsvik med Liquid Wind i spetsen*. <https://www.liquidwind.com/sv/nyheter/nyheter/nytt-elektrobrnsleprojekt-i-rnskldsvik-med-liquid-wind-i-spetsen> (Hämtad 2025-08-25)

Liquid Winds webbplats, *Ørsted tar första spadtaget för FlagshipONE – Liquid Winds första och Europas största elektrobränsleprojekt*.
<https://www.liquidwind.com/sv/nyheter/nyheter/rsted-tar-frsta-spadtaget-fr-flagshipone-liquid-winds-frsta-och-europas-strsta-elektrobrnsleprojektnbsp> (2025-08-25)

LKAB:s webbplats, *HYBRIT: Storskalig lagring av fossilfri vätgas framgångsrikt bevisad*. <https://lkab.com/press/hybrit-storskalig-lagring-av-fossilfri-vatgas-framgangsrikt-bevisad/> (Hämtad 2025-03-07)

LKAB:s webbplats, *Vår framgångsrika prospektering öppnar nya möjligheter i Kiruna*. <https://lkab.com/nyheter/var-framgangsrika-prospektering-oppnar-nya-mojligheter-i-kiruna/> (Hämtad 2025-08-08)

LKAB:s webbplats, *Positivt besked om stöd till LKAB och HYBRIT*. <https://lkab.com/press/positivt-besked-om-stod-till-lkab-och-hybrit/> (Hämtad 2025-11-04)

Londonprotokollet SÖ 2000:48.
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx>

Luleå Tekniska Högskolas webbplats, *Satsning på biokol för fossilfri järn- och stålproduktion*. <https://www.ltu.se/aktuellt/nyheter/nyhetsarkiv/2022-07-13-satsning-pa-biokol-for-fossilfri-jarn--och-stalproduktion> (Hämtad 2025-12-04)

Luleå Tekniska Universitet webbplats, *Storskalig produktion av biokol som förnybar råvara i fossilfria värdekedjor inom järn- och stålindustrin*.
<https://www.ltu.se/forskning/forskningsamnen/energiteknik/termokemisk-energiomvandling/projekt/2023-10-17-storskalig-produktion-av-biokol-som-fornybar-ravara-i-fossilfria-vardekedjor-inom-jarn--och-stalindustrin> (Hämtad 2025-09-23)

Luleå tekniska universitets webbplats, *Koldioxid fångas in för lagring i berggrunden*.
<https://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/nyheter/Koldioxid-fangas-in-for-lagring-i-berggrunden-1.204713> (Hämtad 2025-12-04)

LULUCF-förordningen (EU) 2018/841. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0841-20230511>

Material Economics, 2018. *Ett värdebeständigt svenskt materielsystem – En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv*.
<https://materialeconomics.com/node/38>

Material Economics, 2020. *Preserving value in EU industrial materials – A value perspective on the use of steel, plastics and aluminium*.
<https://materialeconomics.com/node/15> (Hämtad 2025-11-27)

Material Economics, 2021. *Den svenska ekvationen för bioresurser, annex till Klimatagenda för Sverige*. <https://materialeconomics.com/node/11> (Hämtad 2025-12-19)

McArthur foundation och Material Economics, 2019. *Completing the Picture - How the Circular Economy Tackles Climate Change*.
<https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>

MSB:s webbplats, *Seveso*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farlaga-amnen/seveso/> (Hämtad 2025-05-16)

Naturvårdsverket och SCB, 2025.
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/MI0107IindustriN/

Naturvårdsverket, 2019. *Fördjupad analys av den svenska klimatomställningen – Industrin i fokus*, Rapport 6911. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1450282/FULLTEXT01.pdf>

Naturvårdsverket, 2022. *Industrins klimatomställning*. <https://www.naturvardsverket.se/497de7/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7045-8.pdf>

Naturvårdsverket, 2022. *Klimatomställning av fossil plast – Underlagsrapport till regeringsuppdraget om Näringslivets klimatomställning*. <https://www.naturvardsverket.se/49f038/globalassets/media/publikationer-pdf/7000/978-91-620-7057-1.pdf>

Naturvårdsverkets utsläppsregister. <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/>

Naturvårdsverkets webbplats, *Industrin, utsläpp av växthusgaser*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/> (Hämtad 2025-03-05)

Naturvårdsverkets webbplats, *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> (Hämtad 2025-10-29)

Naturvårdsverkets webbplats, *Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/> (Hämtad 2025-09-23)

Naturvårdsverkets webbplats, *Producentansvar för batterier*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/producentansvar/producentansvar-for-batterier/> (Hämtad 2025-11-05)

Naturvårdsverkets webbplats, *Utsläpp av biogen koldioxid från förbränning av biomassa i Sverige*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/utslapp-av-biogen-koldioxid-fran-forbranning-av-biomassa-i-sverige/> (Hämtad 2025-10-10)

Nefcos webbplats, *Nordic Initiative for Cooperative Approaches*. <https://www.nefco.int/financing/other-regions/nordic-initiative-for-cooperative-approaches/> (Hämtad 2025-10-29)

Nitrocapt, *NitroCapt wins the \$2M Food Planet Prize 2025*. <https://nitrocapt.com/nitrocapt-wins-food-planet-prize-2025/> (Hämtad 2025-10-07)

Nordion energis webbplats, *EU tilldelar en halv miljard kronor till Nordion Energis vätgasprojekt*. <https://nordionenergi.se/nyheter/2025-01-31-eu-tilldelar-en-halv-miljard-kronor-till-nordion-energis-vatgasprojekt> (Hämtad 2025-11-04)

Nordkalks webbplats, u.å. *Nordkalk minskar CO2 med hjälp av membranteknik*. <https://nordkalk.se/nordkalk-minskar-co2-med-hjalp-av-membranteknik/> (Hämtad 2025-05-12)

Norrbottenskuriren, 2025. *Kommunen förlorar 500 jobb – planerad fabrik skrotas av företagen*. <https://www.kuriren.nu/nyheter/lulea/artikel/dodsstoten-500-nya-jobb-i-lulea-skrotas-valdigt-trakigt/rk3qo0xl> (Hämtad 2025-11-04)

Norska regeringens webbplats, *Longship goes into operation – A Global Breakthrough for Carbon Capture and Storage*. <https://www.regjeringen.no/en/whats-new/longship-goes-into-operation-a-global-breakthrough-for-carbon-capture-and-storage/id3109272/> (Hämtad 2025-10-29)

Northern Lights webbplats, *The Northern Pathfinder takes part in the Longship completion events*. <https://norlights.com/news/the-northern-pathfinder-takes-part-in-the-longship-completion-events/> (Hämtad 2025-10-29)

North Sweden Business News webbplats, *LKAB starts construction of demonstration plant*. <https://northswedenbusiness.com/news/2025/januari/lkab-starts-construction-of-demonstration-plant/> (Hämtad 2025-09-05)

NSD, 2024. *Nytt steg för nyckelsatsning – LKAB lämnar in ansökan*. <https://www.nsd.se/nyheter/lulea/artikel/nytt-steg-for-jattesatsning-i-lulea-se-nya-skisserna/ly4q6ovl> (Hämtad 2025-09-05)

Offshoredirektivet 2013/30/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02013L0030-20210101>

Ovakos webbplats, *Klimat- och miljöminister Romina Pourmokhtari invigde Ovakos nya energieffektiva ugn i Boxholm som halverar energiförbrukningen och minskar koldioxidutsläppen*. <https://www.ovako.com/sv/nyheterevents/nyheter--pressmeddelanden/ovako-press-release-detail/?releaseId=E23E21E93819E850> (Hämtad 2025-06-27)

Ovakos webbplats, *Vår vätgasanläggning*. <https://www.ovako.com/sv/om-ovako/Var-vatgasanlaggning/> (Hämtad 2025-12-04)

Power2Earth:s webbplats, *Vårt initiativ*. <https://www.power2earth.se/sv/vart-initiativ> (Hämtad 2025-09-26)

Project Skypower, 2025. OPEN LETTER: E-SAF TENDER FUNDED BY NATIONAL GOVERNMENTS TO UNLOCK THE FIRST PROJECTS IN EUROPE. https://project-skypower.org/sites/default/files/2025-06/Open%20letter%20for%20pilot%20e-SAF%20tender%20funded%20by%20national%20governments%20-%20June%202025_2.pdf

Rambolls webbplats, *Ny rapport: Många företag är beredda att betala mer för stål och betong med låga CO2-utsläpp*. <https://www.ramboll.com/sv-se/nyheter/ny-rapport-manga-foretag-ar-beredda-att-betala-mer-for-stal-och-betong-med-laga-co2-utslapp> (Hämtad 2025-11-21)

RE:Source m.fl., 2022. *Circularity gap report*. <https://resource-sip.se/content/uploads/2022/04/circularity-gap-report-sweden-1.pdf>

RE:Sources webbplats, *Materialhjulet*. <https://resource-sip.se/materialhjulet/> (Hämtad 2025-12-04)

Regeringen, 2022. *Nationell strategi för elektrifiering– en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning*.

Regeringen, 2025. *Delrapport 2: Redovisning av Kärnkraftssamordnarens insatser avseende utbyggnad av ny kärnkraft i Sverige – Januari 2025*.

<https://www.regeringen.se/contentassets/d300281781244cc299cca23790ccc7e1/delrapport-2-redovisning-av-karnkraftssamordnarens-insatser-avseende-utbyggnad-av-ny-karnkraft-i-sverige-sverige--januari-2025-.pdf>

Regeringens proposition 2023/24:105. *Energipolitikens långsiktiga inriktning*.
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2024/03/prop.-202324105>

Regeringens proposition 2024/25:150. *Finansiering och riskdelning vid investeringar i ny kärnkraft*.
<https://www.regeringen.se/contentassets/06039e8504de48ad83de3829d101d6f9/finansiering-och-riskdelning-vid-investeringar-i-ny-karnkraft-prop.-202425150.pdf>

Regeringens webbplats, *Regeringen tillsätter Styrmedelsutredningen för att minska Sveriges utsläpp*. <https://regeringen.se/pressmeddelanden/2024/10/regeringen-tillsatter-styrmedelsutredningen-for-att-minska-sveriges-utslapp/> (Hämtad 2025-05-16)

Regeringens webbplats, *Färdplan för ny kärnkraft i Sverige*.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/11/regeringen-lanserar-en-fardplan-for-ny-karnkraft-i-sverige/> (Hämtad 2025-08-25)

Regeringens webbplats, *Sänkt skatt på bensin och diesel och reformerad reduktionsplikt*. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/08/sankt-skatt-pa-bensin-och-diesel-och-reformerad-reduktionsplikt/> (2025-12-04)

Regeringens webbplats, *Fem nordeuropeiska länder ingår bilaterala överenskommelser om export av koldioxid för permanent lagring*.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/04/fem-nordeuropeiska-lander-ingar-bilaterala-overenskommelser-om-export-av-koldioxid-for-permanent-lagring/> (Hämtad 2025-11-05)

Regeringens webbplats, *Långsiktiga budgetsatsningar på kärnkraft för den svenska elförsörjningen*. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2025/09/langsiktiga-budgetsatsningar-pa-karnkraft-for-den-svenska-elforsorjningen/> (Hämtad 2025-10-01)

Regeringskansliet, 2017. *Bakgrundpromemoria om Industrilivet*.
<https://mb.cision.com/Public/4172/2334033/bd0cd06e23ff9bcf.pdf>

Regleringsbrev för budgetåret 2025 avseende Statens energimyndighet (KN2024/02543 (delvis) och KN2024/02566), kapitel 3, uppdragspunkt 12.

Reuters, 2025. *EU's plan to phase out Russian energy clears first political hurdle*.
<https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/eus-plan-phase-out-russian-energy-clears-first-political-hurdle-2025-10-08/> (Hämtad 2025-11-21)

Reuters, 2025. *EU sets out possible 95-billion-euro response to US tariffs*.
<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/eu-sets-out-95-bln-euro-countermeasures-us-tariffs-2025-05-08/> (Hämtad 2025-11-21)

Sveriges riksbanks webbplats, *Styrränta, in- och utlåningsränta*.
<https://www.riksbank.se/sv/statistik/rantor-och-valutakurser/styrranta-in-och-utlaningsranta/> (Hämtad 2025-11-10)

RISE, 2020. *Opportunities and barriers for implementation of Power-to-X (P2X) technologies in the West Sweden Chemicals and Materials Cluster's process*

industries. https://klimatledande.lindholmen.se/sites/default/files/2024-01/mojligheter-och-hinder-p2x_final.pdf

RISE, 2023. *Syrgasens potentiella värde och möjligheter*.
<https://www.ri.se/sites/default/files/2023-03/HyCoGen%20Syrgasens%20potentiella%20v%C3%A4rde%20m%C3%B6jligheter.pdf>

RISE webbplats, *Så får vi mer värde från våra bioråvaror*.
<https://www.ri.se/sv/berattelser/sa-far-vi-mer-varde-fran-vara-bioravaror> (Hämtad 2025-12-04)

Roussanaly m.fl., 2021. *Towards improved guidelines for cost evaluation of carbon capture and storage for industry*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583621000153>

SaltX Technologys webbplats, *SaltX partner SMA Mineral invests in the world's first electric and zero-emission quicklime plant in Norway*.
<https://www.saltxtechnology.com/cision/saltx-partner-sma-mineral-invests-in-the-worlds-first-electric-and-zero-emission-quicklime-plant-in-norway/> (Hämtad 2025-09-02)

Setra Groups webbplats, *Pyrolysolja*.
<https://www.setragroup.com/sv/bioprodukter/pyrolysolja/> (Hämtad 2025-09-26)

SGU och Naturvårdsverket, 2017. *Förslag till strategi för hantering av gruvavfall*.
<https://www.naturvardsverket.se/contentassets/6104a3383a9949e99f8ee28d94f2375c/strategi-forslag-hantering-gruvavfall-20170913.pdf>

SGU och Naturvårdsverket, 2023. *Hållbar utvinning och återvinning av metaller och mineral från sekundära resurser*, SGU RR 2023:01.
<https://resource.sgu.se/dokument/publikation/rr/rr202301rapport/RR2301.pdf>

SGU, 2017. *Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*, Rapporter och meddelanden 142.
<http://resource.sgu.se/produkter/rm/rm142-rapport.pdf>

SGU:s webbplats, *CCS – Koldioxidlagring*.
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/ccs-koldioxidlagring/> (Hämtad 2025-10-02)

SGU:s webbplats, *Metallskrot i samhället*. <https://www.sgu.se/mineralnaring/metall-och-mineralatervinning/metallskrot-i-samhallet/> (Hämtad 2025-12-04)

SGU:s webbplats, *Svensk gruvnäring*. <https://www.sgu.se/mineralnaring/svensk-gruvnaring/> (Hämtad 2025-03-06)

SGU:s webbplats, *EU-förordningen om kritiska råmaterial*.
<https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/eu-forordningen-om-kritiska-ramaterial/>, (Hämtad 2025-10-08)

Skanskas webbplats, *Grön betong för en hållbar framtid*. <https://www.skanska.se/om-skanska/press/nyheter/gron-betong-for-en-hallbar-framtid/> (Hämtad 2025-09-26)

SKGS, 2025. *Industrins elbehov till 2035 – en kartläggning 2025*.

https://skgs.org/app/uploads/2025/05/SKGS_ELBEHOV_MAJ_2025_WEB.pdf

Skogsstyrelsens webbplats, *Skogliga konsekvensanalyser*.

<https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/skogliga-konsekvensanalyser/>

(Hämtad 2025-09-23)

Skogsindustrierna, 2025. *Biodrivmedel*. [Biodrivmedel - Skogsindustrierna](#) (Hämtad 2025-11-27)

Slite CCS webbplats, *4 % av Sveriges koldioxidutsläpp ska puts väck*.

<https://www.sliteccs.se/sv> (Hämtad 2025-09-04)

Slite CCS webbplats, *Cementindustrin ställer om*.

<https://www.sliteccs.se/sv/framtiden-ar-klimatneutral> (Hämtad 2025-09-01)

SMA Minerals webbplats, *SMA Mineral bygger världens första utsläppsfria*

kalkfabrik. <https://smamineral.se/sma-mineral-bygger-varldens-forsta-utslapps fria-kalkfabrik/> (Hämtad 2025-09-05)

SOU 2023:84. *En hållbar bioekonomistrategi – för ett välmående fossilfritt samhälle*. Slutbetänkande av bioekonomiutredningen.

SOU 2020:4. *Vägen till en klimatpositiv framtid*. Betänkande av klimatpolitiska vägvalsutredningen.

SOU 2024:67. *Om ekonomiska styrmedel för en mer cirkulär ekonomi*. Betänkande av Kommittén om ekonomiska styrmedel för att främja omställningen till en cirkulär ekonomi.

SSAB:s webbplats, *SSAB fortsätter omställningen med ett fossilfritt stålverk i Luleå*,

<https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2024/04/ssab-fortstter-omstllningen-med-ett-fossilfritt-stlverk-i-lule> (Hämtad 2025-08-08)

SSAB:s webbplats, *SSAB flyttar fram driftsättning av nytt stålverk i Luleå med 12*

månader. <https://www.ssab.com/sv-se/nyheter/2025/06/ssab-flyttar-fram-driftsttning-av-nytt-stlverk-i-lule-med-12-mnader> (Hämtad 2025-08-26)

SSAB:s webbplats, *SSAB Brahestad testade framgångsrikt att ersätta fossilt kol med*

biokol. [SSAB Brahestad testade framgångsrikt att ersätta fossilt kol med biokol - SSAB](#) (Hämtad 2025-09-23)

SSAB:s webbplats, *Jämförelse av olika tekniker för "grönt stål"*.

<https://www.ssab.com/sv-se/varumarken-och-produkter/ssab-docol/resurser-avancerat-fordonsstal/automotive-insights/jamforelse-av-olika-tekniker-for-gront-stal>

(Hämtad 2025-09-23)

Stegras webbplats, *Green hydrogen enables the decarbonization of steel production*.

<https://stegra.com/news-and-stories/green-hydrogen-enables-the-decarbonization-of-steel-production> (Hämtad 2025-09-24)

Stegras webbplats, *thyssenkrupp nucera and H2 Green Steel partner for one of the*

largest electrolysis plants globally. <https://stegra.com/news-and-stories/thyssenkrupp-nucera-and-h2-green-steel-partner-for-one-of-the-largest-electrolysis-plants-globally->

(Hämtad 2025-09-24)

Stena Recyclings webbplats, *Återvunna däck – nytt råmaterial till stålindustrin*.
<https://www.stenarecycling.com/sv/nyheter-insikter/nyheter/2024/atervunna-dack---nytt-ramaterial-till-stalindustrin/> (Hämtad 2025-06-13)

Stockholm Hamnars webbplats, *CCS i Stockholm Norvik Hamn*.
<https://www.stockholmshamn.se/om-oss/miljoarbete/ccs/> (Hämtad 2025-12-04)

Svebios webbplats, *Biodrivmedel*. <https://www.svebio.se/om-bioenergi/biodrivmedel/>
(Hämtad 2025-12-04)

Svebios webbplats, *Stor potential för bio-CCS i Sverige – 38 orter med bäst förutsättningar*. <https://www.svebio.se/press/pressmeddelanden/stor-potential-for-bio-ccs-i-sverige-38-orter-med-bast-forutsattningar/> (Hämtad 2025-12-04).

Svensk Byggtjänsts webbplats, *Bindemedel som kan ersätta cement i betong*.
<https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2023/mars/bindemedel-som-kan-ersatta-cement-i-betong/> (Hämtad 2025-03-06)

Svensk Plaståtervinnings webbplats, *Site Zero*.
<https://www.svenskplastatervinning.se/site-zero/> (Hämtad 2025-10-06)

Svenska kraftnät, 2025. *Driftsäkerhet i kraftsystemet – framtidens behov och förmågor*. https://www.svk.se/4a21d2/siteassets/om-oss/rapporter/2025/rapport_driftsakerhet_i_kraftsystemet_augusti_2025.pdf

Svenska kraftnät, 2025. Förslag till hur el- och vätgasinfrastruktur kan samplaneras i Norrbottens och Västerbottens län. <https://www.svk.se/4a39bb/siteassets/om-oss/rapporter/2025/aterrapport-forslag-till-hur-el--och-vatgasinfrastruktur-kan-samplaneras-i-norrbottens-och-vasterbottens-lan.pdf>

Svenska kraftnät, 2025. *Planering för ökad elanvändning*, SvK 2025/400.
https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2025/planering_for_okad_elanvandning.pdf

Svenska kraftnäts webbplats, *Ny ledning mellan Sverige och Finland*.
<https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/transmissionsnatet/transmissionsnatsprojekt/aurora-line/om-projektet/>
(Hämtad 2025-11-21)

Svenskt näringsliv, 2025. *Remissyttrande. Europeiska kommissionens förslag till ändringar av europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2023/956 om inrättande av en mekanism för koldioxidjustering vid gränsen*.
https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/rapporter/2h83ac_remissvar_2025-53pdf_1230014.html/remissvar_2025-53.pdf

Svenskt Näringslivs webbplats, *Viktiga steg framåt för ny kärnkraft – "Behövs stabila spelregler"*. https://www.svensktnaringsliv.se/sakomraden/hallbarhet-miljo-och-energi/viktiga-steg-framat-for-ny-karnkraft-behovs-stabila-spelregler_1237336.html
(Hämtad 2025-08-25)

Sveriges Radio, 2025. *Fossilsnål industri gläds åt miljardpaket från EU*
<https://www.sverigesradio.se/artikel/fossilsnal-industri-glads-at-miljardpaket-fran-eu>
(Hämtad 2025-11-21)

Sveriges Radio, 2025. *Stödet till nya reaktorer kan rivas upp efter valet.* <https://www.sverigesradio.se/artikel/stodet-till-nya-reaktorer-kan-rivas-upp-efter-valet> (Hämtad 2025-08-25); Svenska Dagbladet, 2025. *MP backar – fortsatt nej till kärnkraft.*

Sveriges riksdag, *Sänkning av reduktionsplikten för bensin och diesel*, Betänkande 2023/24: MJU5 Miljö - och jordbruksutskottet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/betankande/sankning-av-reduktionsplikten-for-bensin-och_hb01mju5/ (Hämtad 2025-12-04)

Swerims webbplats, *Grön milstolpe nådd i produktionen av ferrolegeringar med biokol.* <https://www.swerim.se/cases/gron-milstolpe-nadd-i-produktionen-av-ferrolegeringar-med-biokol> (Hämtad 2025-09-01)

SVT Nyheter, 2025. *Lytens vd om Northvolts framtid: Nästa steg är att fortsätta expandera.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/presstraff-i-skelleftea-om-northvolts-framtid>

SVT Nyheter, 2025. *Mångmiljardinvestering i Ånge av tyskt bolag – satsar på flygbränslefabrik i Alby.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/mangmiljardinvesteringen-i-ange-tyskt-bolag-satsar-pa-flygbransletillverkning-i-alby> (Hämtad 2025-08-25)

SVT Nyheter, 2025. *Hybrit försenas i Malmberget – nytt besked om miljöansökan.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norbotten/hybrit-forsenas-i-malmberget-nytt-besked-om-miljoansokan> (Hämtad 2025-08-26)

SVT Nyheter, 2025. *Viktig förhandling om LKAB:s framtid i Gällivare – Hybritprojektet ingår.* <https://www.svt.se/nyheter/sapmi/viktig-forhandling-om-lkabs-framtid-i-gallivare-inleds> (Hämtad 2025-08-26)

SVT Nyheter, 2025. *EU har nått uppgörelse om nytt klimatmål till 2040.* <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/eu-har-natt-uppgorelse-om-nytt-klimatmal-till-2040> (Hämtad 2025-12-10)

SVT:s webbplats, *”Ett av Europas viktigaste klimatprojekt” – miljardsstöd till bioraffinaderiet i Östrand.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/ett-av-europas-viktigaste-klimatprojekt-miljardsstod-till-bioraffinaderiet-i-ostrand> (Hämtad 2025-09-23)

SVT:s webbplats, *Klartecken för vätgassatsning i Ånge kommun.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/klartecken-for-vatgassatsning-i-ange-kommun> (Hämtad 2025-11-05)

SVT:s webbplats, *Nedlagd gruva i Norberg väcks till liv – så ska den producera el.* <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vastmanland/nedlagd-gruva-i-norberg-vacks-till-liv-sa-ska-den-producera-el> (Hämtad 2025-09-05)

Swecems webbplats, *Swecem bygger ut fabrik för att klara ökad efterfrågan på Merit.* <https://swecem.se/nyheter/swecem-bygger-ut-fabrik-for-att-klara-okad-efterfragan-pa-merit/> (Hämtad 2025-09-02)

Swedish Mining Innovations webbplats, *Färdplan för att stärka Europas värdekedjor för mineraler och metaller.* <https://www.swedishmininginnovation.se/sv/news/mine-storage-omvandlar-gamla-gruvor-till-energilagrar/> (Hämtad 2025-09-05)

Södra skogsägarnas webbplats, *Södra blir världens största producent av sulfatlignin*. <https://www.sodra.com/sv/se/press-och-media/pressmeddelanden/sodra-blir-varldens-storsta-producent-av-sulfatlignin/> (Hämtad 2025-09-24)

Södra skogsägarnas webbplats, *Södra tecknar avtal om att förse Stora Enso med sulfatlignin från världsledande ny fabrik*. <https://www.sodra.com/sv/se/press-och-media/pressmeddelanden/sodra-tecknar-avtal-om-att-forse-stora-enso-med-sulfatlignin-fran-varldsledande-ny-fabrik/> (Hämtad 2025-09-24)

Tangerås, T. P., Holmberg, P., Le Coq, C., 2025. *Konjunkturrådets rapport 2025 – Investeringar i elproduktion för en hållbar energiomställning*. <https://snsse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2025/01/konjunkturradets-rapport-2025-investeringar-i-elproduktion-for-en-hallbar-energiomstallning.pdf>

Teknikföretagens webbplats, *Dråpslag mot elektrifieringen när regeringen säger nej till havsbaserad vindkraft i Östersjön*. <https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/nyheter/2024/drapslag-mot-elektrifieringen-nar-regeringen-sager-nej-till-havsbaserad-vindkraft-i-ostersjon/> (Hämtad 2025-08-25)

Teknikföretagens webbplats, *Välkommet beslut om kärnkraft*. <https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/pressrum/2020/valkommet-beslut-om-karnkraft/> (Hämtad 2025-08-25)

Tidningen Energi, 2023. *Ovakos vätgasanläggning bidrar till fjärrvärmens i Hofors*. <https://www.energi.se/artiklar/2023/oktober-2023/ovakos-vatgasanlaggning-bidrar-till-fjarrvarmen-i-hofors/>

Tidningen Energi, 2023. *Så kan vätgas stärka fjärrvärmens*. <https://www.energi.se/artiklar/2023/maj-2023/sa-kan-vatgas-starka-fjarrvarmen/> (Hämtad 2025-05-16)

Tidningen Energi, 2024. *Ørsted lägger ned satsningen på e-metanol i Örnsköldsvik*. <https://www.energi.se/artiklar/2024/augusti-2024/orsted-lagger-ned-satsningen-pa-e-metanol-i-ornskoldsvik/> (Hämtad 2025-08-25)

Tidningen Energi, 2025. *Liquid Wind gör ny satsning på elektrobränslen i Örnsköldsvik*. <https://www.energi.se/artiklar/2025/februari-25/liquid-wind-gor-ny-satsning-pa-elektrobranslen-i-ornskoldsvik/> (Hämtad 2025-10-31)

Tidningen Energi, 2025. *Industrikraft och Vattenfall skriver avtal om ny kärnkraft*. <https://www.energi.se/artiklar/2025/november-2025/industrikraft-och-vattenfall-skriver-avtal-om-ny-karnkraft/> (Hämtad 2025-11-12)

Tidningen Energi, 2025. *Stegras stålsatsning i Boden går enligt plan – trots utmaningarna*. <https://www.energi.se/artiklar/2025/januari-25/stegras-stalsatsning-gar-enligt-plan-trots-utmaningarna/> (Hämtad 2025-08-25)

Tidningen Proffs webbplats, *Preem först ut med svenskproducerad HVO100 till kunder i Sverige*. <https://www.tidningenproffs.se/nyhet/2024/04/preem-forst-ut-med-svenskproducerad-hvo100-till-kunder-i-sverige/> (Hämtad 2025-12-04)

UNCTAD, 2020. *Commodities at a glance – Special issue on strategic battery raw materials*. No. 13. [Commodities at a Glance: Special issue on strategic battery raw materials](https://unctad.org/publication/commodities-at-a-glance-special-issue-on-strategic-battery-raw-materials)

Unipers webbplats, *Uniper avslutar utvecklingen av SkyFuelH2*.

<https://www.mynewsdesk.com/se/uniper/pressreleases/uniper-avslutar-utvecklingen-av-skyfuelh2-3347719> (Hämtad 2025-08-25)

Unipers webbplats, *NorthStarH2 – förnybart elektrobränsle i Östersund*.

<https://www.uniper.energy/sverige/nyheter/northstarh2--foernybart-elektrobraensle-i-oestersund/> (Hämtad 2024-08-15)

Vattenfalls webbplats, *Vattenfall går vidare med kärnkraftsleverantörerna GE Vernova och Rolls-Royce SMR och bjuder in till presseminarium*.

<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2025/vattenfall-gar-vidare-med-karnkraftsleverantorerna-ge-vernova-och-rolls-royce-smr-och-bjuder-in-till-presseminarium> (Hämtad 2025-08-25)

Via TT:s webbplats, *Energimyndigheten ger 20 miljarder i stöd för att lagra över 11 miljoner ton koldioxid*. <https://via.tt.se/pressmeddelande/3765100/energimyndigheten-ger-20-miljarder-i-stod-for-att-lagra-over-11-miljoner-ton-koldioxid> (Hämtad 2025-10-29)

Via TT:s webbplats, *Stls nya bioraffinaderi i Göteborg invigt av Ebba Busch*.

<https://via.tt.se/pressmeddelande/3518328/stls-nya-bioraffinaderi-i-goteborg-invigt-av-ebba-busch?publisherId=3236742&lang=sv> (Hämtad 2025-09-26)

Vinnovas webbplats, *Återvunnet kolhaltigt material från pyrolys av däck för användning vid EAF-ståltillverkning*. <https://www.vinnova.se/p/atervunnet-kolhaltigt-material-fran-pyrolys-av--dack-for-anvandning-vid-eaf-staltillverkning-/> (Hämtad 2025-06-13)

Vinnovas webbplats, *Innovation avgör framtiden för den svenska gruvan*.

<https://www.vinnova.se/m/hallbar-industri/innovation-avgorande-for-framtidens-gruva/> (Hämtad 2025-09-05)

Vita husets webbplats, *Fact Sheet: President Donald J. Trump Declares National Emergency to Increase our Competitive Edge, Protect our Sovereignty, and Strengthen our National and Economic Security*.

<https://www.whitehouse.gov/fact-sheets/2025/04/fact-sheet-president-donald-j-trump-declares-national-emergency-to-increase-our-competitive-edge-protect-our-sovereignty-and-strengthen-our-national-and-economic-security/> (Hämtad 2025-11-21)

Von der Leyen, U., 2024. *Political guidelines for the next European Commission 2024-2029*, https://commission.europa.eu/document/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648_en

Vätgas Sveriges webbplats, *Vätgas i industrin*. <https://vatgas.se/fakta/vatgas-i-industrin/> (Hämtad 2025-09-24)

Vätgas Sveriges webbplats, *Vätgas i industrin – raffinaderier*.

<https://vatgas.se/vatgas-i-industrin-raffinaderier/> (Hämtad 2025-03-19)

Växjö Energis webbplats, *Sydsvenskt projekt för att fånga in koldioxid*.

<https://www.vcab.se/om-oss/satsningar-och-projekt/cnetss/> (Hämtad 2025-12-04)

White, Robin J., Costa Figueiredo, Marta, 2024. *Chemical Technologies in the Energy Transition*. Energy and Environment Series, Vol No. 33.

Zero Carbon Analytics webbplats, *A closer look at CCS: Problems and potential*.
<https://zerocarbon-analytics.org/archives/energy/a-closer-look-at-ccs-problems-and-potential> (Hämtad 2025-05-13)

Ørstedes webbplats, *Ørsted i nytt partnerskap med Breakthrough Energy Catalyst, Europeiska investeringsbanken och EU-kommissionen om FlagshipONE*.
<https://orsted.se/media/2023/12/orsted-i-nytt-partnerskap> (Hämtad 2025-08-20)

Bilaga 1.

Utsläppsdefinitioner

Nedan följer definitioner av begreppen förbränningsutsläpp, processrelaterade utsläpp och negativa utsläpp, vilka är centrala för denna rapport. Utgångspunkten har så långt som möjligt varit de definitioner som anges i IPCC:s riktlinjer,⁴⁵⁰ vilka används vid klimatrappporteringen.

Förbränningsutsläpp

Förbränningsutsläpp kan förenklat beskrivas som utsläpp från förbränning av bränslen. Mer specifikt är förbränningsutsläpp de utsläpp som uppstår när en energivara oxideras i en apparat med syftet att tillhandahålla värme eller mekaniskt arbete till en process eller för användning bortom apparaten. Kemiska reaktioner i industriella processer kan också generera värme, men i de fallen räknas utsläppen som processutsläpp.

Förbränningsutsläppen kan delas upp i *processrelaterade förbränningsutsläpp* och *övriga förbränningsutsläpp* beroende på vilket bränsle som används. Processrelaterade förbränningsutsläpp ingår, som namnet antyder, i processrelaterade utsläpp. Processrelaterade förbränningsutsläpp uppstår vid förbränning av restprodukter från fossila råvaror i tillverkningsprocesser (se nedan). Övriga förbränningsutsläpp är de förbränningsutsläpp som inte är processrelaterade, vilket främst handlar om utsläpp från förbränning av fossila bränslen⁴⁵¹ och biobränslen.

Processrelaterade utsläpp

Begreppet processrelaterade utsläpp saknar en allmänt erkänd definition. I Bakgrundspromemorian om Industriklivet⁴⁵² beskrivs de processrelaterade utsläppen som utsläpp ”direkt från industrins processer för tillverkning och bearbetning i produktionen”. För arbetet med Industriklivet och regeringsuppdraget Innovationsfrämjande insatser har därför processrelaterade utsläpp definierats med utgångspunkt i underlagsmaterialet för dessa uppdrag samt IPCC:s riktlinjer. Processrelaterade utsläpp är alltid fossila.

Processrelaterade utsläpp utgörs av de tre utsläppskategorierna nedan.

- 1 *Processutsläpp*, vilket avser de utsläpp som orsakas av industriella tillverkningsprocesser. Industriella processer genererar växthusgaser i många olika processteg, men framför allt vid kemisk eller fysisk materialomvandling. Ett exempel på processutsläpp är koldioxid som bildas när kalksten omvandlas under upphettning i produktionen av cement och kalk (kalcinering). Alla processutsläpp inom industrin ingår i processrelaterade utsläpp. Processutsläpp är alltid fossila.

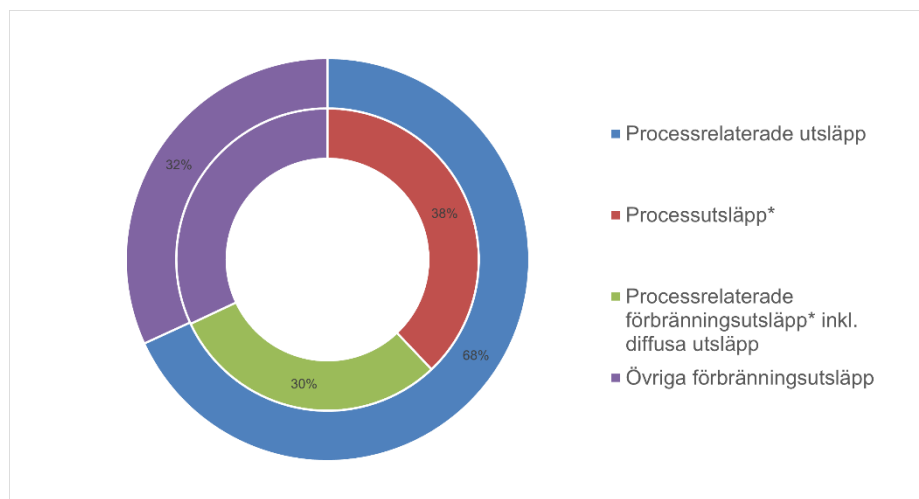
⁴⁵⁰ IPCC, 2006.

⁴⁵¹ Externa fossila bränslen, dvs. inte restprodukter.

⁴⁵² Regeringskansliet, 2017. *Bakgrundspromemoria om Industriklivet*.
<https://mb.cision.com/Public/4172/2334033/bd0cd06e23ff9bcf.pdf>

- 2 *Diffusa utsläpp* som uppstår vid hantering och produktion av fossila bränslen, till exempel när de utvinns ur jordskorpan, vidareförädlas till slutprodukter eller transporteras. I Sverige kan de diffusa utsläppen framför allt härledas till produktion av koks, läckage från rörledningar och raffinaderiernas vätgasproduktion. Fackling, dvs. när man förbränner restgaser utan att tillvarata energin, är en sorts diffusa utsläpp. Vissa diffusa utsläpp ingår i processrelaterade utsläpp, framför allt fackling och utsläpp från vätgasproduktion.⁴⁵³
- 3 *Processrelaterade förbränningsutsläpp* vilka uppstår vid förbränning av restprodukter från fossila råvaror i tillverkningsprocesser. Med en restprodukt avses ett ämne som uppstår utöver den avsedda slutprodukten i processen när råvaran omvandlas. Om en sådan restprodukt förbränns för energiändamål ger det upphov till processrelaterade förbränningsutsläpp. Råvaran ska vara fossil och får inte enbart användas för energiändamål i processen för att restprodukten ska kunna ge upphov till processrelaterade förbränningsutsläpp.

Figur B1 visar hur industrins utsläpp var fördelade mellan processrelaterade utsläpp (och dess underkategorier) samt övriga förbränningsutsläpp under 2023.



Figur B1 Fördelningen av industrins totala fossila växthusgasutsläpp på olika utsläppskategorier, 2023, procent (kategorier markerade med * ingår i processrelaterade utsläpp)

Källa: Naturvårdsverket och SCB,⁴⁵⁴ bearbetning av Energimyndigheten.

Anm: Diffusa utsläpp ingår i kategorin processrelaterade förbränningsutsläpp

Negativa utsläpp

I utredningen Vägen till en klimatpositiv framtid⁴⁵⁵ definieras negativa utsläpp enligt följande: ”negativa utsläpp uppstår om mänsklig aktivitet leder till upptag av koldioxid utöver det upptag som annars skulle ha uppstått naturligt i koldioxidcykeln”. Vidare analyserar utredningen olika vägar att nå negativa utsläpp, s.k. kompletterande åtgärder, som vid sidan av omfattande utsläppsminskningar behövs för att nå målet om nettonollutsläpp till 2045 och negativa nettonollutsläpp därefter. Dessa delas in i kategorierna (1) ökad kolsänka i skog och mark⁴⁵⁶ såsom

⁴⁵³ Diffusa utsläpp som inte ingår i processrelaterade utsläpp är framför allt läckage från rörledningar,

⁴⁵⁴ Naturvårdsverket och SCB, 2025.

⁴⁵⁵ SOU 2020:4

⁴⁵⁶ Även tillförsel av biokol för långsiktig inlagring av kol med samtidig jordförbättring skulle kunna ingå.

återvätning av dränerad torvmark, (2) avskiljning, transport och lagring⁴⁵⁷ av biogen koldioxid⁴⁵⁸ (bio-CCS⁴⁵⁹) samt (3) verifierade utsläppsminskningar i andra länder.

I denna rapport ligger fokus på sådana åtgärder för negativa utsläpp som kopplar till den andra kategorin ovan, närmare bestämt ”åtgärder som bidrar till negativa utsläpp genom avskiljning, transport och geologisk lagring av växthusgaser av biogent ursprung eller som tagits ut ur atmosfären,” vilket är den definition som används inom Industriklivet.⁴⁶⁰ Dessa åtgärder utgörs till exempel av bio-CCS, men även direktinfångning, avskiljning och lagring av koldioxid som tagits ut ur atmosfären, även kallat DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage). Vidare kan förbränning av biomassa anses vara utsläppsneutral, om den biomassa som förbränns produceras på ett sådant sätt att återväxten medför (minst) netto-noll upptag av koldioxid. Om koldioxiden vid förbränning, i stället för att återföras till sitt nollsumme-kretslopp, fångas in och lagras kan på så sätt negativa utsläpp uppnås. De biogena utsläppen kan härröra både från industrins processer och från förbränning.

⁴⁵⁷ Direktivet om geologisk lagring av koldioxid 2009/31/EG.

⁴⁵⁸ Biogen koldioxid uppstår från förnybart organiskt material, till exempel delar av växter, slam från reningsverk eller slaktavfall. Biobränslen kan vara gasformiga som biogas, flytande som etanol eller fasta som till exempel ved, spannmål och träpellets. Torv räknas inte som ett biobränsle.

⁴⁵⁹ Tekniken kallas även BECCS (Bio Energy CCS). Då detta begrepp endast täcker förbränningsutsläpp och inte alla biogena utsläpp (till exempel vid etanol- och biogasproduktion) används i denna rapport det något bredare begreppet bio-CCS.

⁴⁶⁰ SFS 2017:1319

Bilaga 2. Bearbetning och tolkning av statistik

I den här bilagan beskrivs hur statistik från olika källor har bearbetats eller tolkats för att matcha rapportens branschindelning. Eftersom statistikställerna skiljer sig åt med hänsyn till bland annat urval, avgränsningar, sekretess, klassificeringssystem och insamlingsmetod ska jämförelser mellan källorna göras med försiktighet.

Att använda statistik från olika källor för att beskriva en och samma bransch är svårt, och jämförelser bör därför göras med försiktighet. Eftersom statistiken baseras på olika undersökningar med varierande urval, avgränsningar och klassificeringssystem kan inte exakt samma branschavgränsningar användas. Statistik för växthusgasutsläpp fördelas enligt CRF-koder, och övrig branschstatistik fördelas enligt SNI-koder. De största skillnaderna är att järnlegeringar (ferrolegeringar) redovisas under järn- och stålindustrin för all statistik utom för utsläpp, där de ingår i övrig metallindustri, samt att utsläpp från gruvindustrin inte ingår i de branscher som beskrivs i kapitel 4.

Statistik om utsläpp och energianvändning

Utsläpp från koks-, masugns- och LD-gas som används för produktion av el och värme räknas till järn- och stålindustrins processrelaterade utsläpp i denna rapport. I den internationella klimatrapporteringen rapporteras dessa utsläpp under elproduktion (förbränningsutsläpp), men eftersom utsläppen är direkt kopplade till produktionen i koksverk, masugnar och LD-konverter och uppkommer, oavsett om gaserna används till elproduktion, som bränsle för tillverkningsprocessen eller facklas bort, är de för uppdraget relevanta som processrelaterade förbränningsutsläpp. Utsläpp från förbränning av processgaser räknas i den här rapporten som processrelaterade (förbrännings)utsläpp oavsett var förbränningen sker. Utsläppsstatistiken är delvis annorlunda uppbyggd än övrig statistik, och det har därför inte varit möjligt att helt synkronisera dessa. Gruvornas växthusgasutsläpp kan inte fördelas mellan olika sorters gruvor och följaktligen inte heller enligt den branschindelning som används i rapporten. Förbränningsutsläpp från framställning av järnlegeringar (ferrolegeringar) kan inte heller separeras från andra förbränningsutsläpp inom övrig metallindustri i utsläppsstatistiken och därför ingår alla utsläpp från dessa i utsläppen från övrig metallindustri i rapporten. För övrig statistik (energi, ekonomi) går det inte att separera järnlegeringar från järn- och ståltillverkning och de redovisas därför i järn- och stålindustrin.

Energianvändningen i raffinaderier ingår inte i industrins slutliga energianvändning i Energimyndighetens årliga energibalans, utan hör till tillförselsidan. I denna rapport har det inkluderats, vilket gör att industrins totala energianvändning här skiljer sig något från industrins energianvändning i energibalansen. Dessutom är det antaget att all värme från fackling inom raffinaderier har återvunnits i de interna processerna. När vi i denna rapport refererar till industrins energianvändning avses alltså energianvändningen med beaktande av dessa tillägg. Vad gäller utsläpp av biogen koldioxid har inte den officiella statistiken över territoriella utsläpp fullt ut kunnat användas i denna rapport. Detta då processutsläpp av biogen koldioxid inte redovisas för massa- och pappersindustrin, vilket innebär att de biogena utsläpp som genereras från användningen av avlutar inom papper- och massaindustrin inte inkluderas. Därför

har Naturvårdsverkets utsläppsregister använts för beräkning av potentialer för negativa utsläpp. I detta register ingår de verksamheter som är ålagda att rapportera sina utsläpp på anläggningsnivå i enlighet med Förordning (EG) 166/2006.⁴⁶¹ Registret innehåller information om majoriteten av de stora punktutsläppen av både biogen och fossil koldioxid i Sverige. Branschuppdelningen har gjorts med avsikt att fånga hela kedjan från råvara till slutprodukt. I tabell B2 beskrivs branschuppdelningen för energistatistik enligt SNI och i tabell B2 beskrivs branschuppdelningen för växthusgasutsläpp enligt CRF. I slutet av bilagan finns en schematisk bild (Figur B2) över hur branschindelningen i CRF och SNI hänger ihop.

Tabell B1 Branschuppdelning för energistatistik enligt SNI.

Rapportnamn	SNI
Hela industrin	05–33
Järn- och stålindustri, inklusive järnmalmgruvor och ferrolegeringar, därav:	05.1, 07.1, 24.1–24.3, 24.51-24.52
- Stenkolsgruvor/Kol	05.1
- Järnmalmgruvor/Järnmalm	07.1
- Järn och stål	24.1
- Tillverkning av rör, ledningar, ihåliga profiler och tillbehör av stål/Stålrör mm	24.2
- Annan primärbearbetning av stål/Andra primärbearbetade stålprodukter	24.3
- Gjutning/gjutna produkter av järn och stål	24.51, 24.52
Övrig metall inklusive övriga gruvor, därav:	07.2–08+ 24.4, 24.53-24.54
- Andra malmgruvor än järnmalm/Annan malm än järnmalm	07.2
- Brytning av sten, sand m.m. /Sten, sand och lera	08.1
- Övriga mineralbrott/Övriga mineralprodukter	08.9
- Metallverk/Metaller exklusive järn	24.4
- Gjutning/Gjutna produkter av lättmetall och övriga metaller	24.53, 24.54
Raffinaderier och kemiindustri, därav:	06, 19–21
- Raffinaderi och baskemi /raffinaderi och baskemikalier	06, 19.1–20.1
Raffinaderi	19.2
Baskemikalier mm	20.1
Råpetroleum och naturgas	06 ⁴⁶²
- Bekämpningsmedel mm	20.2
- Färg, lack mm	20.3
- Rengöringsmedel mm	20.4
- Annan kemisk industri	20.5

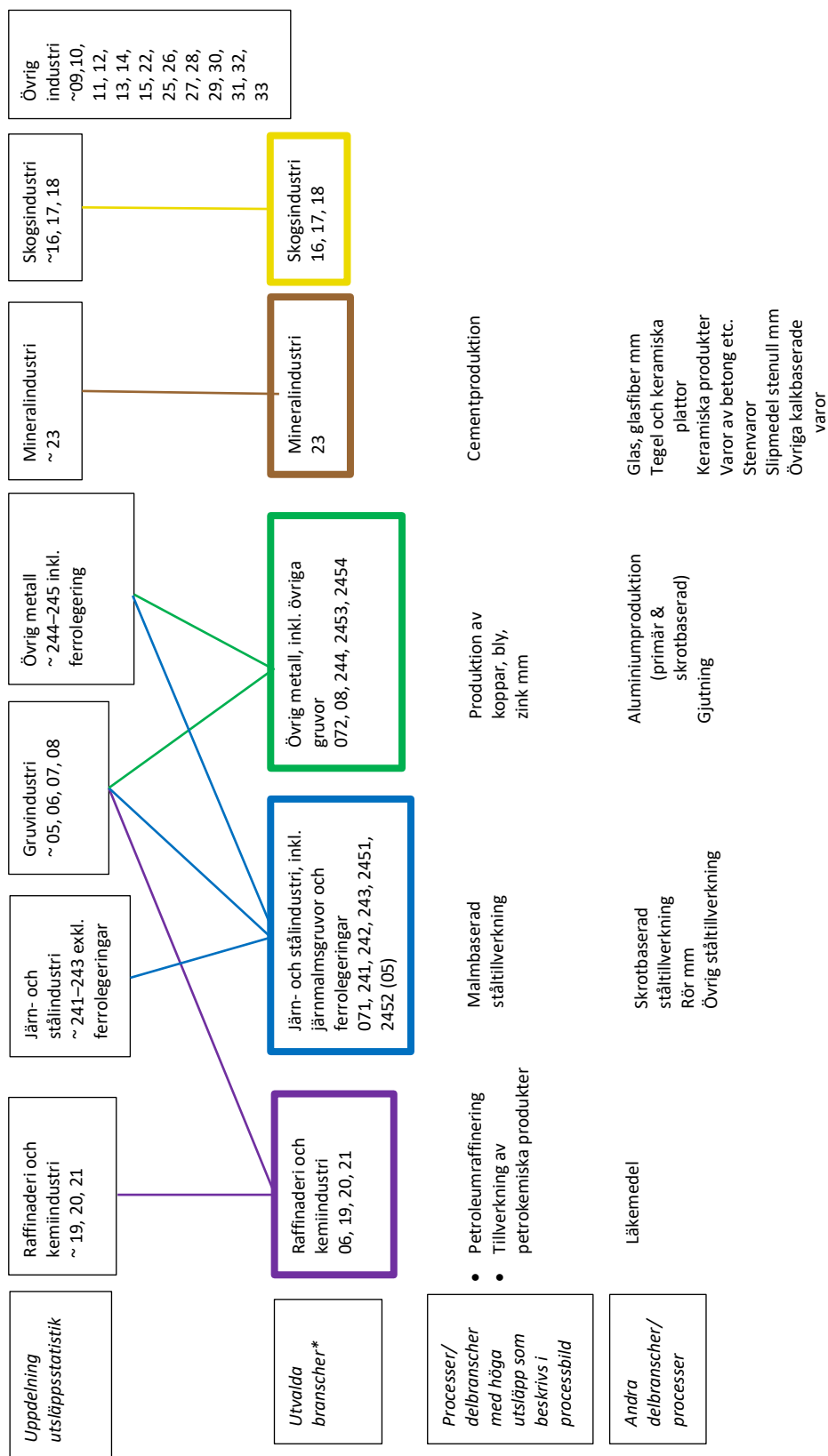
⁴⁶¹ Förordningen om upprättande av ett europeiskt register över utsläpp och överföringar av föroreningar (EG) nr 166/2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32006R0166>

⁴⁶² 06 är främst relevant för handel eftersom det inte finns någon produktion av råolja eller naturgas i Sverige utan det importeras.

- Konstfiber	20.6
- Läkemedel och farmaceutiska basprodukter	21.1–21.2
Mineralindustri, därav:	23
- Glas- och glasvarutillverkning/Glas och glasvaror	23.1
- Tillverkning av eldfasta produkter/Eldfasta produkter	23.2
- Tillverkning av byggmaterial av lergods/Byggmaterial av lergods	23.2
- Tillverkning av andra porslinsprodukter och keramiska produkter/Andra porslin- och keramiska produkter	23.4
- Tillverkning av cement, kalk och gips/Cement, kalk och gips	23.5
- Tillverkning av varor av betong, cement och gips/Betong-, cement- och gipsvaror.	23.6
- Huggning, formning och slutlig bearbetning av sten/Stenvaror	23.7
- Tillverkning av slipmedel och övriga icke-metalliska mineraliska produkter/Slipmedel mm	23.9
Skogsindustri, därav:	16, 17, 18
- Trävaruindustri	16
Sågade trävaror	16.1
Övriga trävaror	16.2
- Massa och papper	17
Massa, papper och papp	17.1
Pappers- och pappersvaror	17.2
- Grafisk industri/Grafiska tjänster	18

Tabell B2 Statistik över växthusgasutsläpp enligt CRF.

Bransch	CRF	Ungefärlig motsvarighet SNI 2007
Järn- och stålindustri	1A1a, 1A1c, 1A2a, 1B1b, 1B1c, 2C1a–2C1c	242–243 + del av 241
Raffinaderi och kemiindustri	1B2b, 1B2c12, 1B2c22, 1B2a, 1B2c21, 1A3ei, 1A1b, 1A2c, 2A2, 2B	19–21
Mineralindustri	1A2f, 2A1-2A3, 2A4a, 2A4b	23
Övrig metall	1A2b, 2C2–2C4, 2C7	244–245 + del av 241
Gruvor	1A2g, 2H3, del av 2C1	05–09
Skogsindustrin	1A2d, 2A2, 2H1,2I, del av 1A2gviii	16-18



Figur B2 Illustration av hur SNI 2007-koder delas upp samt varifrån de utvalda branschernas data kommer. Även branschernas processer och/eller delbranscher med höga utsläpp specificeras i figuren.