

Rapport AU 2022:03:01

Marknadsbarriärer för återvinning av metaller

En omvärldsanalys av vad som hindrar och främjar konkurrensen mellan utvinnings- och återvinningsindustrin

En delstudie i ramprojektet Hur kan staten bidra till processindustrins gröna omställning genom att främja resurseffektiva system för material och metaller?

Dnr: 2020/204

Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser

Studentplan 3, 831 40 Östersund

Telefon: 010 447 44 00

E-post: info@tillvaxtanalys.se

www.tillvaxtanalys.se

För ytterligare information kontakta: Tobias Persson

E-post: tobias.persson@tillvaxtanalys.se

Förord

Tillväxtanalys har regeringens uppdrag att analysera och utvärdera statens insatser för att stärka Sveriges tillväxt och näringslivsutveckling. Syftet med den kunskap som vi utvecklar är att den ska användas för att effektivisera, ompröva och utveckla politiken. Vi utvecklar även analys- och utvärderingsmetoder.

Hur nationellt politiskt fattade beslut bidrar till hållbar tillväxt är en komplex fråga som kräver djuplodande analyser och utvärderingar. I vår årligen uppdaterade analys- och utvärderingsplan presenterar vi våra ramprojekt. Det är tvååriga projekt där vi belyser en politiskt relevant frågeställning utifrån olika perspektiv. Under ett ramprojekts gång publicerar vi fortlöpande delstudier. Våra slutsatser och rekommendationer sammanfattar vi i en avslutande ramprojektrapport.

Det här är en delstudie som ingår i ramprojektet "Hur kan staten bidra till processindustrins gröna omställning genom att främja resurseffektiva system för material och metaller?". Studien är skriven av Tobias Persson med bidrag från Nancy Steinbach, båda analytiker vid Tillväxtanalys.

Ett varmt tack till deltagarna i ramprojektets referensgrupp som har bidragit med värdefulla inspel: Patrik Söderholm (Luleå tekniska universitet), Maria Ljunggren (Chalmers), Per Klevnäs (Material Economics), Sven Hjelmstedt (Boliden) och Lotta Lewin-Pihlblad (Näringsdepartementet).

Östersund juli 2021

Thomas Pettersson Westerberg, avdelningschef, Tillväxtanalys

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	5
Summary	8
1. Introduktion	11
1.1 Metallsektorn – en viktig näring för Sverige	12
1.2 Syfte och frågeställningar	13
2. Analytiskt ramverk	15
2.1 Barriärer, marknads- och policymisslyckanden	15
2.2 Värdekedja för metaller.....	16
3. Utvinning och förädling av metaller – marknadsutveckling och barriärer	18
3.1 Produktionen – Kina dominerar	18
3.1.1 Var sker utvinning och förädling?	18
3.2 Hur sätts priser?	21
3.2.1 Bulkmetaller – volatilt pris och utvecklad marknad för återvunna metaller	21
3.2.2 Innovationskritiska metaller och mineral – ett ännu mer volatilt pris och	
många gånger avsaknad av marknad för återvunna metaller	23
3.3 Externaliteter vid utvinning och förädling	23
3.3.1 Järnmalm och stål – kvantitet ger stora utsläpp	24
3.3.2 Bauxit och aluminium – kvantitet innebär mycket gruvavfall.....	24
3.3.3 Koppar – risk för läckage av tungmetaller	24
3.3.4 Nickel – hotar biologisk mångfald i artrika områden	25
3.3.5 Grafit – stora lokala hälsoeffekter	25
3.3.6 Litium – kopplas till vattenbrist	25
3.3.7 Kobolt – betydande risk för barnarbete	25
3.3.8 Sällsynta jordartsmetaller – risk för läckage av kemikalier och tungmetaller	
26	
3.3.9 Ofta lägre klimatfotavtryck för återvunna metaller	26
3.4 Statlig styrning – en mix av styrmedel.....	27
3.4.1 Regelverk finns men är underimplementerade.....	28
3.5 Sammanfattande – barriärer vid utvinning och förädling av metall och mineral	
29	
4. Användning och återvinning av metaller – utveckling och barriärer.....	30
4.1 Historisk och framtida metallanvändning	30
4.1.1 Osäkerheter i den framtida efterfrågan	31
4.1.2 Användningsområde påverkar återvinningen i framtiden	32
4.1.3 Finns det ökad efterfrågan på återvunna metaller?	33

4.2	Återvinning av metaller	35
4.2.1	Återvinning av metaller från fordon	35
4.2.2	Återvinning av metaller från elektronik och elektriska apparater	37
4.2.3	Återvinning av metaller från byggnader och infrastruktur	40
4.3	Sammanfattning – användning och barriärer vid återvinning av metaller	41
5.	En samlad analys – barriärer	43
5.1	Ofullständig konkurrens som förvärras av nationella särintressen	43
5.1.1	Kina dominerar produktionen av förädlade metaller	43
5.1.2	Lönsamheten i återvinningen försvåras av att den är arbetsintensiv	44
5.2	Ofullständig information – ett problem för återvinning	45
5.2.1	Återvinning försvåras av stora brister på information	45
5.2.2	Men staten kan skapa kostnader som driver en illegal marknad	46
5.3	Negativa externaliteter är inte fullt ut internaliserade	46
5.4	Sammantaget – återvunna metaller missgynnas	46
6.	Reflektioner – områden för djupare analys	48
6.1	Kunskapsunderlag för bättre fungerande marknader	48
6.2	Kunskapsunderlag för bättre informationstillgång	49
6.3	Åtgärder för internalisering av externa effekter	50
7.	Referenser	51
7.1	Intervjuer	56
	Bilaga – Metallsektorn i den officiella statistiken	58
	Primära och sekundära metaller och mineral enligt den officiella statistiken	58
	Handeln med metaller som avfall i Sverige	60

Sammanfattning

Trots förutsättningar att återvinna metaller oändligt många gånger får den cirkulära ekonomin för metaller inte fäste. Bristande lönsamhet är det främsta skälet till att majoriteten av de utvunna metallerna inte återvinns. Det är bara dyra metaller och metaller som enkelt kan demonteras som återvinns. Det finns dock en allt större politisk förhoppning, inte minst inom EU, att andelen återvunna metaller ska öka. Litteraturen visar att omkring hälften av världens behov av metaller skulle kunna komma från återvinning år 2050. I den här studien gör vi en internationell utblick för att kartlägga vad som hindrar och främjar konkurrensen mellan utvinnings- och återvinningsindustrin.

I kartläggningen har vi gått igenom relevanta vetenskapliga underlag och intervjuat experter från de olika länkarna i värdekedjan för metaller.

Olika motiv för statens insatser för primära och sekundära flöden av metaller

Kartläggningen visar att det finns många barriärer på marknaderna för metaller. Flera av dessa barriärer skapas av politiken och särskilt när länder vill skapa en konkurrenskraftig gruvnäring och förädling av mineral. Det rör sig bland annat om olika former av subventioner och handelshinder. Statliga insatser för återvinning av metaller motiveras i stället oftast av marknadsmisslyckanden eller barriärer. Det sammantagna resultatet blir att sekundära metaller får svårt att konkurrera med primära metaller. Detta bidrar till att bara bulkmetaller och ädelmetaller återvinns idag. Det saknas dock underlag som kvantifierar hur större existerande styrmedel, inklusive totalt skattetryck, gemensamt påverkar konkurrensen mellan primära och sekundära metaller.

Den primära produktionen gynnas av subventioner och svag eller dåligt implementerad reglering

Det primära metallflödet karakteriseras av en begränsad geografisk spridning. Utvinningen av mineral är begränsad till ett fåtal länder och Kina står för mer än hälften av produktionen av många förädlade metaller. Marknaden för bulkmetaller är dock mer utvecklad än den för innovationskritiska metaller.

För bulkmetaller finns det konkurrens och metallbörser som styr priset även om metallerna många gånger handlas bilateralt på längre kontrakt. Det finns dock ett stort marknadsmisslyckande för bulkmetaller – att kostnaden för utsläpp av växthusgaser inte är internaliserat fullt ut i metallpriset globalt. Historiskt har även handeln med bulkmetaller många gånger störts av handelshinder där syftet har varit att skydda inhemsk metallproduktion från utländsk konkurrens.

För de flesta innovationskritiska metallerna saknas det metallbörser. Kina använder sin marknadsdominans för att gynna inhemska kunder. Detta är en del i Kinas ambition att flytta sig längre upp i värdekedjan där det finns mer pengar att tjäna. Som ett resultat av det har Kina snabbt kunnat bygga upp en världsledande industri för tillverkning av bland annat litiumjonbatterier, permanentmagneter och solceller.

Gemensamt för bulk- och innovationskritiska metaller är att utvinningen och förädlingen ger upphov till lokal påverkan på miljö, hälsa och sociala villkor. Det är därför avgörande att det finns en utvecklad och väl implementerad reglering som hanterar dessa risker, något som saknas i många gruvländer. Konsekvensen är att primära metaller gynnas på bekostnad av återvunna metaller trots att dessa generellt genererar mindre negativa effekter på miljö, inte minst utsläpp av växthusgaser.

Återvinningen av innovationskritiska metaller missgynnas av ofullständig information

Lönsamheten i återvinning av metaller påverkas inte bara av de statliga insatserna i de primära metallflödena. Innovationskritiska metaller finns i små koncentrationer i uttjänt elektronik och elektriska apparater och fordon. Produkterna är många gånger under kontinuerlig utveckling då det finns en ständig jakt på förbättrad prestanda och modern design. Kraven på företagets omställning till mycket låga utsläpp av växthusgaser är en annan orsak till komplexa metallsammansättningar i produkter. En viktig åtgärd för att klara ställda krav är användning av lättviktsmaterial, det vill säga material som många gånger har en komplex sammansättning. Demontering och separation av innovationskritiska metaller från dessa produkter är arbetsintensivt. Återvinningen av metaller missgynnas därmed av välfärdssystem som bygger på höga inkomstskatter.

Det finns betydande barriärer kopplade till informationsflöden som påverkar återvinningen av innovationskritiska metaller. Återvinningsindustrin saknar många gånger information om vilka metaller som finns i specifika produkters komponenter och hur de kan demonteras och slutligen separeras. EU direktiv som syftar till att skapa en ökad återanvändning eller återvinning av material från uttjänta fordon (ELV-direktivet) och uttjänta elektriska produkter (WEEE-direktivet) resulterar därför i betydande kostnader för återvinningsindustrin. Dessa kostnader, tillsammans med bristande tillsyn, är viktiga orsaker till att många uttjänta produkter hanteras utanför de krav som finns i EU-direktiven. I EU uppskattas det att upp till vart tredje uttjänt fordon och två tredjedelar av allt elavfall hanteras utanför det legala systemet.

Regleringen för handel med farligt avfall försvårar för återvinningsindustrin

Exempel på en reglering som genererar kostnader för återvinningsindustrin är Baselkonventionen som är implementerad i EU genom avfalltransportförordningen. Syftet med konventionen är välment, nämligen att förhindra olaglig frakt och bortscaffande av farligt avfall. Bland de metaller som klassas som farligt avfall finns koppar, kobolt, nickel, sällsynta jordartsmetaller, mangan, volfram och fler metaller som är vanliga i legeringar. En konsekvens av regleringen är att det är administrativt krångligt att transportera metallavfall mellan länder i EU och ännu krångligare att importera eller exportera metallskrot till och från länder utanför OECD.

Det behövs fördjupade analyser av hur existerande ekonomiska styrmedel påverkar sekundära metallers lönsamhet

Att hantera de marknadsmisslyckanden som finns kring framför allt primära metaller skulle vara det mest effektiva sättet att hantera metallmarknadsbarriärer. Det skulle kräva en sammanhållen global hantering. Väldigt lite talar för en sådan utveckling. EU:s gröna giv och industristrategi samt Kinas och USA:s industripolitik blir snarast alltmer geopolitisk. Ländernas fokus på att skydda nationella intressen skapar ett ökat behov av att höja attraktiviteten för inhemsk industri och därmed stärka dess konkurrenskraft.

För att öka acceptansen för en sammanhållen global hantering behövs det ytterligare analyser av vilka barriärerna på metallmarknaderna är. Analyserna bör fokusera på hur betydande ekonomiska styrmedel påverkar (i) konkurrensen mellan primära och sekundära metaller och (ii) företags incitament att skapa effektiva cirkulära affärsmodeller för återvinning och återanvändning av metaller. Detta skulle även kunna användas som underlag för att bedöma om och hur en (temporär) efterfrågan på sekundära innovationskritiska metaller kan skapas. Utvecklingen pågår redan även utan dessa analyser. Bland annat har EU-kommissionen föreslagit krav på återvinning av vissa metaller i sitt förslag till batteriförordning.

Flera regelverk i EU bör belysas

Frågan om en marknad för återvunna innovationskritiska metaller behöver fortsatt belysas och adresseras inom EU och internationellt. Inte minst när det gäller konsekvenserna av regelverken kring transport av farligt metallavfall.

Det är också viktigt att säkerställa att EU-lagstiftningen för uttjänta produkter tillämpas lika i alla medlemsländer och att de olika lagstiftningarna blir mer likformade. Elektrifieringen av fordon kräver ett harmoniserat regelverk. I dag stödjer till exempel direktivet för uttjänt elektronik och elektriska apparater återvinningen av specifika innovationskritiska metaller medan direktivet för uttjänta fordon inte har krav som rör specifika metaller.

Huruvida det ska vara obligatoriskt för producenter att förse återvinningsindustrin med mer specifik information om metallinnehåll samt information om vilka komponenter som är fördelaktiga att separera och hur detta ska genomföras effektivt behöver utredas. En viktig fråga kopplat till detta är frågan om produktpass. Det kan även finnas behov av globala definitioner för om en produkt är uttjänt eller ska klassas som avfall. I analyser som belyser dessa frågor är det viktigt att inte per automatik förutsätta att staten behöver reglera. Många av dessa frågor kan mycket väl lösas av aktörerna själva så länge det är tillräckligt lönsamt att återvinna eller återanvända metaller. Det är till exempel troligt att företagen kommer att utveckla en produktdesign som är anpassad för återvinning eller återanvändning av material om det finns en marknad som efterfrågar dessa material.

Behov av fördjupade analyser ur ett svenskt perspektiv

Ur ett svenskt perspektiv kan det vara relevant att komplettera fördjupade analyser av det totala skattetryckets effekter på konkurrensen mellan primära och sekundära metaller med en analys av hur andra styrmedel påverkar konkurrensen. Det kan röra sig om styrmedel i form av direkta stöd och EU:s handelssystem för utsläppsrätter.

För Sverige precis som alla andra länder är det viktigt med kontinuerliga insatser för att effektivisera implementeringen av beslutad lagstiftning. Detta för att:

- bli av med aktörer som hanterar uttjänta produkter illegalt
- få till stånd likvärdiga bedömningar i alla Sveriges kommuner av hur uttjänta produkter ska hanteras
- harmonisera tillståndsprocesser för utvinning av metaller och mineral med internationella konventioner och avtal

Det är också viktigt att ta ett helhetsgrepp om insatserna riktade mot forskning och utveckling. Idag finns det betydande statligt stöd till processindustrins gröna omställning. Stöden går nästan uteslutande till primära metallflöden. Vår genomgång visar dock på behov av att stödja återvinningsindustrin. Det rör sig dels om utveckling av teknik för identifiering av metaller i uttjänta produkter, dels utveckling av automatisering och separation av olika metaller och ämnen.

Summary

Even though metals can be recycled infinitely, the circular economy of metals are not getting foothold. Lack of profitability is the main reason why most primary metals are not recycled. Only expensive and easily dismantled metals are recycled. However, there is a growing political interest, not least within the EU, in the circular economy of metals. The literature shows that 50 percent of the world demand of metals can be produced from secondary sources by 2050. In this study, we map barriers and drivers for the competition between primary and secondary produced metals.

In the mapping, we have reviewed relevant scientific material and interviewed experts representing the whole value chain of metals.

Policy measures for primary and secondary metals are motivated differently

The mapping shows that there are many barriers in the markets for metals. Several of these barriers are created by policy failures when countries want to improve the competitiveness of the national mining and processing industry. These failures include various forms of subsidies and trade barriers. Policy measures for recycled metals are instead often motivated by market failures or barriers. The overall result is that secondary metals can't compete with primary metals. This contributes to the fact that only industrial and precious metals are recycled today. However, there are no analysis quantifying how major existing policy measures, including the total tax burden, jointly affect the competition between primary and secondary metals.

Primary production benefits from subsidies and weak or poorly implemented regulation

The primary metal flow is characterized by a limited geographical spread. Mineral extraction is limited to a few countries and China accounts for more than half of the production of many refined metals. However, the markets for industrial metals are more developed than markets for innovation critical metals.

For industrial metals, there is competition and metal exchanges for trading, even though the metals are often traded bilaterally on longer contracts. However, there is a major market failure for industrial metals – that the cost of greenhouse gas emissions is not fully internalized in the metal price globally. Historically, trade in industrial metals have often been affected by trade barriers.

For most innovation critical metals, there are no metal exchange. China uses its market dominance for the benefit of domestic customers. This is part of China's ambition to move further up the value chain where it is more profitable. As a result, China has quickly been able to build a world-leading industry to produce among other things, lithium-ion batteries, permanent magnets, and solar cells.

Extraction and processing of both industrial and innovation critical metals results in local impacts on the environment, health, and social conditions. A developed and well-implemented regulation that manages these risks is crucial, something that is lacking in many mining countries. The consequence is that primary metals benefit at the expense of secondary metals, even though secondary metals generally generate less negative impact on the environment, not least greenhouse gas emissions.

Incomplete information is a disadvantage for recycling of innovation critical metals

Profitability in metal recycling is not only affected by policy measures increasing the competitiveness of primary production. Innovation critical metals are found in small concentrations in end-of-life electronics and electrical appliances as well as in vehicles. These products are often under continuous development as there is a constant competition in improved performance and modern design. State regulations requiring companies to produce products with a low greenhouse gas footprint in the use phase are another reason for complex metal compositions. An important action to meet these requirements is the use of lightweight materials, i.e. materials that often have a complex composition. Disassembly and separation of innovation critical metals from these products is labour intensive. The recycling of metals is thus disadvantaged by welfare systems based on high income taxes.

There are significant barriers linked to information flows that affect the recycling of innovation critical metals. The recycling industry often lacks information regarding the presence of metals in individual products and how they can be dismantled and finally separated. EU directives aimed at increasing the re-use and recycling of materials from end-of-life vehicles (ELV Directive) and end-of-life electrical products (WEEE Directive) therefore results in significant costs for the recycling industry. These costs, together with a lack of supervision, are important reasons why many end-of-life products are handled outside the requirements of the EU directives. In the EU, up to one in three end-of-life vehicles and two-thirds of all electrical waste are estimated to be handled outside the legal system.

Recycling of metals are aggravated by the hazardous waste trade regulation

The Basel Convention, which is implemented in the EU through the Waste shipment regulation, is an example of a regulation that generates costs for the recycling industry. The purpose of the Convention is well-intended, namely, to prevent illegal shipping and disposal of hazardous waste. Among the metals classified as hazardous waste are copper, cobalt, nickel, rare earth metals, manganese, tungsten, as well as many other metals common in alloys. A consequence of the regulations are administrative costs when metal scrap is transported between member states of the EU and even higher costs when metal scrap shall be imported or exported outside the non-OECD countries.

In-depth analyzes on how existing economic instruments affect the profitability of secondary metals are needed

The most effective way to deal with barriers in the metal market would be to correct the market failures that exists primarily around primary metals. However, this would require cohesive global efforts and very little points in this direction. The EU's green deal and industrial strategy, as well as China's and US industrial policy, are becoming increasingly geopolitical. The countries' focus on the protection of national interests creates an increased need to improve the attractiveness of domestic industry.

To increase the acceptance of a cohesive global management, further analysis of the barriers in the metal market are required. An in-depth analyse on how significant economic instruments affect (i) the competition between primary and secondary metals and (ii) corporate incentives to develop effective circular business models for secondary metals and re-use could be important steps for this common understanding. This analysis is also needed to assess whether and how state should implement measures creating a (temporary) demand for secondary innovation critical metals. The European Commission has, for example, already proposed requirements on recycling of certain metals from batteries.

Several EU regulations should be assessed

The issue of a market for recycled innovation critical metals needs to be assessed and addressed within the EU and internationally. Not least regarding the consequences of the regulations on shipment of hazardous metal scrap.

It's also important to ensure that the EU regulation on end-of-life products are implemented equally in all member states and that other related legislations becomes more uniform. The electrification of vehicle requires a harmonized regulatory framework. Today, for example, the directive on end-of-life electronics and electrical appliances supports the recycling of specific innovation critical metals, while the directive on end-of-life vehicles doesn't have similar requirements.

Whether it should be mandatory for producers to provide the recycling industry with more detailed information on metal content as well as more specific information on which components are advantageous to separate and how this should be conducted effectively needs to be assessed. An important related issue is the use of product passports. There may also be a need for a common global standard clarifying when a product is obsolete or should be classified as waste. It is important in these assessments to not automatically assume that the state needs to regulate. Many of these issues can be solved by the actors themselves if it's profitable enough to recycle or reuse metals. For example, it's likely that companies will develop a product design that is more adapted for recycling or reuse of materials if there is a market that demands these materials.

Need of in-depth analyzes from a Swedish perspective

From a Swedish perspective, it may be relevant to supplement in-depth analyzes of the total tax burden on competition between primary and secondary metals with an analysis of how other instruments affect this competition. These can be instruments in the form of direct state support and the EU emission trading scheme for greenhouse gases.

Continuous efforts to streamline the implementation of regulations are important for Sweden just like it is for all other countries. This because:

- to get rid of actors dealing with end-of-life products illegally,
- to obtain coherent assessments in all Sweden's municipalities on how end-of-life products are to be handled,
- to harmonize the processing of mining permits in line with international conventions and agreements.

It is also important to view the state funded activities towards research and development holistically. Today, there are significant state support for the green transition of the process industry. The support goes almost exclusively to actors dealing with primary metals. However, in our mapping we have identified that there are needs for support in the recycling industry. This includes the development of technologies for identification of metals in end-of-life products, and automatization of dismantling and separation.

1. Introduktion

Det finns en stark koppling mellan ekonomisk utveckling och användningen av metaller. Användning av bulkmineral såsom järn, bauxit, mangan, nickel och zink för att producera stål, aluminium och koppar är en förutsättning för all mer omfattande industriell tillverkning. Stål används av nästan all tillverkningsindustri och som konstruktionsmaterial i byggnader och infrastruktur, medan aluminium framför allt används i tillverkningen av fordon och koppar möjliggör effektiv ledning av el. Mellan 1980 och 2019 ökade användningen av stål med 260 procent, av aluminium med 430 procent och av koppar med 220 procent (US Geological Survey 2020; USGS 1981; World Steel Association 2020; International Aluminium Institute 2020; International Copper Study Group 2020). Under samma period tredubblades världens bruttonationalprodukt (BNP). Användningen av aluminium ökade således mer än BNP medan användningen av stål och koppar ökade något långsammare än BNP.

Metaller som används i samhället är producerade av mineral (primär produktion) eller genom återvinning av metaller (sekundär produktion). Den primära produktionen dominerar och utvinningen är koncentrerad till en handfull länder som har omfattande mineralreserver. Samtidigt innehar samhället stora mängder av lagrade bulkmetaller, framför allt koncentrerade till urbana miljöer. De finns i byggnader, infrastruktur och maskiner som används i decennier eller sekel. Metallerna finns också i konsumtionsvaror som elektronik, hushållsapparater och fordon eller i avfallsdeponier. Dessa lager av metaller utgör allt viktigare källor för produktionen av sekundära (återvunna) metaller.

Intresset av att ställa om till en ekonomi med en större andel återvunna och återanvända materialresurser har ökat de senaste åren. Detta följer bland annat av en ökad oro för materialförsörjningsrisker samt miljökonsekvenser av råvaruutvinning och förädling av mineral (OECD 2017). Flera länder har fastställt mål för materialeffektivitet och ökad materialåtervinning, återanvändning och reparation. För metallindustrin innebär övergången till en mer cirkulär ekonomi ett behov av en konkurrenskraftig sekundär sektor som kan ta hand om utbudet av metallkomponenter som finns i uttjänta produkter.

Ökad återanvändning, reparation och återvinning av metaller och produkter som innehåller metaller skulle generera en rad potentiella vinster varav flera är miljörelaterade. Detta följer av att en ökad andel sekundärproduktion kan minska behovet av utvinning av jungfrulig malm och därav följande avfallshantering, processer som ofta har en betydande miljöpåverkan. Samtidigt är sekundär metallproduktion betydligt mindre energiintensiv än den primära motsvarigheten. En förskjutning från primär till sekundär produktion skulle därför leda till minskade växthusgasutsläpp från sektorn (Tillväxtanalys 2019). Sammantaget skulle den externa miljöpåverkan från metallproduktionens hela livscykel minska (OECD 2017).

Det finns ytterligare vinster med ökad återvinning och återanvändning av metaller. För länder som är beroende av importerade metaller skulle en effektiv inhemsk sekundär metallproduktion bidra till att minska riskerna vid globala försörjningschocker. Koncentrationen av mineralfyndigheter till ett fåtal länder gör merparten av världens länder extra sårbara för åtstramningar av exportpolitiken. Det är därför centralt att ha en förståelse för de barriärer som försvårar för en ökad användning av återvunna metaller och mineral vilket också är syftet med denna rapport.

1.1 Metallsektorn – en viktig näring för Sverige

I Sverige finns flera företag som utvinner och förädlar bulkmetaller. LKAB, SSAB och Boliden är de tre största. Deras gemensamma omsättning år 2019 var ungefär 158 miljarder kronor. LKAB är specialiserat på utvinning av järnmalm.¹ En viktig kund är SSAB som framför allt producerar specialstål av hög kvalitet. Företaget har dock redan sekundär stålproduktion i USA och när det behöver reinvestera i sin anläggning i Oxelösund är tanken att ersätta den gamla masugnen med en ljusbågsugn, vilket innebär att råvaran kommer att bli stålskrot. Men det finns flera andra smältverk för stål, till exempel inom Ovako, Sandvik och Höganäs. Boliden har gruvor och smältverk för förädling av koppar, zink, bly, nickel, guld och silver baserat på såväl primära som sekundära råvaror.

Den officiella statistiken möjliggör inte att identifiera producenter av primära och sekundära metaller. Orsaken är att företag kan var involverade i produktion av både primära och sekundära metaller men även i produktion av annat återvunnet material exempelvis plast och trä. Tre huvudbranscher som innehåller företag av intresse och som går att beskriva med officiell statistik är (i) utvinning (gruvor), (ii) stål- och metallverk och (iii) återvinning (sekundär). Tabell 1 sammanfattar läget år 2018. Totalt bidrog dessa tre branscher med drygt 2,9 procent av BNP och hade nästan 54 000 anställda. Antalet anställda och förädlingsvärdet ökade i alla tre branscherna mellan 2008 och 2018 med ett undantag: förädlingsvärdet i stål- och smältverk minskade. I bilagan finns en längre genomgång av statistiken och hur den utvecklats.

Tabell 1. Metallnäringens direkta bidrag till BNP, sysselsättning och producerad volym mineral och metaller 2018

	Andel av BNP)	Antal anställda	Volym (Mton)
Utvinningsindustri	1,1 %	9 100	27,9 (1)
Stål- & metallverk	1,3 %	30 000	5,0 (37 % sekundärt) (2)
Återvinningsindustri	0,5 %	14 600	

Data från (1) SCB, (2) Jernkontoret och diverse årsredovisningar.

Redovisningen i tabell 1 avser dock bara direkta effekter av industrin. I Tillväxtanalys rapport *Sverige – Ett attraktivt gruvland i världen?* från 2016 finns en bedömning av svenska gruvklustrets bidrag till BNP. I det svenska gruvklustret ingår gruvbolag (utvinningsindustrin) och industrier som förser gruvindustrin med teknik samt företag som direkt använder mineral från gruvorna. Detta inkluderar företag som samarbetat i över 100 år såsom Atlas Copco, Sandvik och SSAB men även nya samarbeten mellan IT-företag och gruvklustret. Bedömningen var att gruvnäringen bidrog med närmare 1,3 procent av BNP år 2013. Om hänsyn tas till indirekta effekter via övriga delar av gruvklustret bedömdes bidraget vara nästan tre gånger större.

Under 2019 importerade Sverige metaller för nästan 124 miljarder kronor samtidigt som vi exporterade för nästan 145 miljarder kronor (SCB handelsstatistik).² Omkring två tredjedelar av både importen och exporten är kopplat till järn och stål. Sverige är således en stor importör och exportör av stål. Framför allt exporterar Sverige stål av hög kvalitet medan vi importerar stål av lägre kvalitet, inte minst som konstruktionsmaterial för byggnader och infrastruktur.

¹ Bolaget genomför emellertid ett projekt ReeMAP som syftar till att producera sällsynta jordartsmetaller, mineralgödsel, gips och fluor från gruvavfall.

² Detta är bara värdet av direkt import och export av metaller. Det inkluderar inte värdet av de metaller som finns i konsumentprodukter såsom fordon, maskiner och elektronik.

Under 2019 importerade Sverige även metallavfall för 4,5 miljarder kronor. Denna handel med metall som avfall ökar emellertid: importen år 2000 var strax under 1,4 miljarder kronor. Under samma period har Sverige ökat sin export av metall som avfall – från ca 1 miljard kronor år 2000 till 6,3 miljarder år 2019 (SCB handelsstatistik). Den största delen av importen av metall som avfall kommer från EU. Nästa stora partner är USA men även Asien vinner mark. EU står för den största andelen av exporten. Men under senare år har Afrika och Asien kommit upp som handelspartner och USA har näst intill försvunnit.

Sverige är således en ekonomi som historiskt haft mycket gruvverksamhet och den kompetens som behövs vid utvinning och förädling av mineral och metaller. Den utveckling som pågår, inte minst inom EU, mot en cirkulär ekonomi kan därför få konsekvenser för Sverige. Det saknas dock underlag som belyser detta, särskilt gäller det underlag som belyser hur barriärer och politiska insatser inriktade på primära metaller påverkar sekundära metaller och vice versa.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna analys är att på ett strukturerat sätt identifiera betydelsefulla hinder för återvinning av metaller. Genom att belysa detta skapas en grund för vidare analys av statliga insatser. Ambitionen är således inte att identifiera åtgärder som borde genomföras utan snarare att identifiera områden som är av vikt att belysa mer utförligt.

Analysen bygger på att vi besvarar två huvudfrågor utifrån ett globalt perspektiv.

1. Vilka större barriärer finns i utvinning, förädling och återvinning av metaller?
2. Hur riskerar dessa barriärer att påverka konkurrensen mellan primära och sekundära metaller?

De barriärer som lyfts fram är negativa externaliteter, ofullständig konkurrens och ofullständig information (dessa begrepp förklaras i kapitel 2.1). I påföljande rapporter kommer vi att mera djupgående analysera vissa områden som identifieras i denna rapport. Analysen inkluderar inte gruvavfall trots att detta utgör en betydande möjlighet för framtida metallförsörjning. De barriärer som finns för utvinning av metaller från gruvavfall är dock ganska väl belysta i den svenska kontexten (SGU 2017). Analysen är inte heller särskilt djup när det gäller barriärer kopplade till utvinning av mineral. Detta har vi tidigare belyst i flera rapporter (se till exempel Tillväxtanalys 2016; Tillväxtanalys 2018a). Fokus för denna analys är i stället barriärer som finns i värdekedjan från utvinning av metall och mineral till återvinning eller deponi.

I kapitel 2 går vi igenom det teoretiska ramverket för analysen. Detta handlar framför allt om att definiera barriärer samt att beskriva värdekedjan för metaller och definiera begrepp som är centrala för analysen. I kapitel 3 beskriver vi hur marknaden för de första stegen i värdekedjan fungerar, vilket handlar om utvinning och förädling av metaller. I kapitel 4 beskriver vi efterfrågan på metaller, dess drivkrafter och barriärer för återvinning. Kapitel 3 och 4 bygger på vetenskapliga artiklar, statistik och utvärderingar av styrmedel. För att identifiera den mest relevanta vetenskapliga litteraturen har vi gjort en strukturerad sökning på nyckelord i vetenskapliga litteraturlagrar. Genom att kombinera aktualitet och respektive tidskrifts "impact factor" har de mest relevanta artiklarna valts ut. För att säkerställa kvaliteten på dessa två kapitel har representanter för näringen fått läsa och kommentera delar av texten. Projektet har även haft en referensgrupp som fått läsa hela rapporten och lämna synpunkter. I kapitel 5 analyserar vi observationerna från kapitel 3 och 4 utifrån de tre kategorierna av barriärer som nämnts ovan. Slutligen identifierar vi i kapitel 6 ett antal kunskapsunderlag som är av

särskild vikt för att åtgärder som syftar till ökad resurseffektivitet i användningen av metaller ska kunna bli samhällsekonomiskt effektiva.

2. Analytiskt ramverk

Syftet med denna analys är att identifiera betydelsefulla barriärer på marknaden för primära och sekundära metaller, varvid ett antal begrepp är centrala. I detta kapitel förklarar vi därför vad som menas med barriärer samt beskriver en generell värdekedja för metaller. I den senare analysen (se kapitel 5) kopplas dessa barriärer till den beskrivning av marknaderna som görs i kapitel 3 och 4.

2.1 Barriärer, marknads- och policymisslyckanden

Syftet med analysen är att identifiera barriärer på marknaderna för primära och sekundära metaller. Två begrepp som är närbesläktade med barriärer är marknads- och policymisslyckanden. En barriär kan till exempel utgöra ett marknadsmisslyckande om eliminering av barriären leder till ökad ekonomisk effektivitet i samhällets produktion och användning av metaller. Men det finns även barriärer vars eliminering inte leder till ökad samhällsekonomisk effektivitet utan bara till ökad återvinning av metaller på bekostnad av primära metaller eller vice versa. För att avgöra om barriärer utgör ett marknadsmisslyckande krävs en analys som vi inte gör i denna rapport.

I vår analys fokuserar vi på att identifiera barriärer som är relaterade till följande situationer.

- *Negativa externaliteter.* Innebär att produktionen och konsumtionen av en vara eller tjänst ger upphov till oavsiktliga effekter som påverkar andra företag eller konsumenter. Externaliteter uppstår exempelvis om produktionen av en vara medför oavsiktliga miljö- och hälsoeffekter. En externalitet kan också bestå i att en produkt tillverkas på ett sätt som gör att kostnaden för producenter nedstoms, till exempel återvinningsföretag, ökar. Det finns även positiva externaliteter såsom *adoption externalities*, vilket innebär att de som är först med att använda en ny produkt genererar kunskap som är till fördel för andra.
- *Ofullständig konkurrens.* Betyder att köpare eller säljare genom sitt agerande kan påverka marknadspriset. Detta kan exempelvis innebära monopol, monopsoni, oligopol eller kartellbildningar. Graden av konkurrens påverkas bland annat av olika typer av etableringshinder, huruvida det finns stordriftsfördelar (det vill säga att styckkostnaden sjunker ju mer som produceras) och om det finns inlåsnings effekter som gör att den aktör som först etablerar sig på marknaden har en betydande fördel (så kallad *first mover advantage*).
- *Ofullständig information.* Innebär bland annat att varornas och tjänsternas kvalitet inte är kända för alla aktörer. Om det inte finns tillräcklig information eller om informationen är ojämnt fördelad mellan aktörerna (så kallad *asymmetric information*) finns det en risk att potentiellt fördelaktig användning inte kommer till stånd eller att produkter av hög kvalitet trängs ut och endast lågkvalitativa produkter når marknaden.

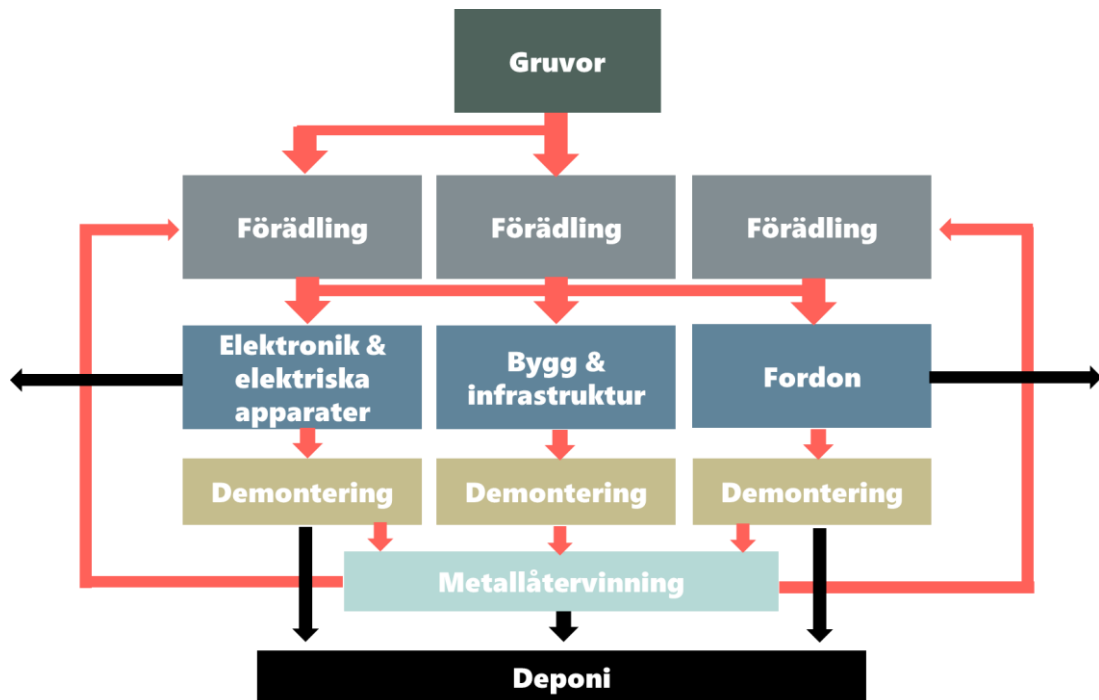
I analysen kommer vi även att belysa några större policymisslyckanden, det vill säga när staten försökt hantera marknadsmisslyckanden men inte varit framgångsrik, och/ eller när staten intervenerar i en barriär som inte är ett marknadsmisslyckande. Ett vanligt skäl till policymisslyckanden vid statligt stöd för kapitalintensiva investeringar är att staten "kidnappas" av olika särintressen, inte minst starka aktörer på marknaden (Tillväxtanalys 2018b). Policymisslyckanden kan dock även uppstå som ett resultat av bristande information om karaktären och storleken på de marknadsmisslyckanden som utgör motiv till politiska insatser. Även om det finns identifierade marknadsmisslyckanden är det ofta svårt att omsätta dessa insikter i en träffsaker politik.

Detta innebär att risken för policymisslyckanden ökar om staten inte har en välutvecklad förståelse för marknaden och dess aktörer (Rodrik 2014).

2.2 Värdekedja för metaller

Analysen av marknader brukar bygga på utbud och efterfrågan. I denna analys har vi i stället valt ett värdekedjeperspektiv. Det främsta skälet till detta är att det underlättar beskrivningen av barriärer som rör återvinning av metaller. Genom att välja ett värdekedjeperspektiv kan vi mer strukturerat identifiera barriärer i metallers livscykel.

Figur 1. Schematisk global värdekedja för metaller



Källa: Tillväxtanalys.

Värdekedjan för metaller börjar med att mineral utvinns från gruvor (primära råvaror, se Figur 1). Dessa mineral kan inte omedelbart användas i produktionen av fordon, elektronik, maskiner eller byggnader utan de behöver förädlas. Förädlingen omfattar olika processer som oftast är högspecialiserade och kräver specialistkunskap. Det rör sig om anrikning, separationsprocesser och tillsatser av legeringsämnen. Detta kallas även *processindustrin* eftersom förädlingen görs genom processteknik. Denna industri använder inte bara primära råvaror utan återvunna metaller (sekundära råvaror) är ett komplement eller alternativ. För vissa metaller skiljer sig processtekniken åt beroende på råvarans ursprung, det vill säga en processindustri behöver göra stora investeringar i ny teknik om den vill skifta från primär till sekundär råvara eller det omvända. Råvaran är därför inte alltid substituerbar. Ofta är inte heller slutprodukten substituerbar. Det är ofta dyrt att rena återvunna metaller till en nivå som är jämförbar med jungfrulig råvara. Detta medför att återvunna metaller lättare konkurrerar på områden där metallkvaliteten inte behöver vara den högsta.

De förädlade metallerna och mineralen används i tillverkningen av komponenter, produkter och konstruktioner. Denna analys fokuserar på slutanvändningen i tre branscher: (i) fordon, (ii) elektronik och elektriska apparater och (iii) byggnader och fysisk infrastruktur. Detta innebär att vi fångar in en stor del av samhällets metallbehov. När dessa produkter är *uttjänta* eller när det är dags för en byggnad att rivas sker en demontering. Detta görs av aktörer som är specialiserade på demontering av produkter

från respektive bransch. Det är därför olika företag som demonterar en bil respektive en dator. Från denna demontering skickas metaller till företag som är specialister på metallåtervinning och detta genererar ett flöde av sekundära metaller till processindustrin. Företag som är specialiserade på demontering skickar dock inte metaller enbart till metallåtervinning. En del metaller finns i komponenter som kan återanvändas eller fungera som reservdelar. Det förekommer även att metaller hamnar på deponi eller i schaktmassor när de kommer till metallåtervinning.

Barriärer kan uppstå i olika delar av värdekedjan, delvis eftersom det finns olika utmaningar men även eftersom företag inom olika delar av värdekedjan delvis har skilda sätt att hantera dessa utmaningar.

3. Utvinning och förädling av metaller – marknadsutveckling och barriärer

I detta kapitel beskriver vi den del av värdekedjan som rör utvinning av jungfruliga mineral och förädling av metaller. Kapitlet belyser framför allt två frågor: (i) Finns det konkurrens på metallmarknaderna? (ii) Vilka externaliteter inverkar vid utvinning och förädling av metaller? (iii) Hämmar staten utvecklingen av fungerande konkurrens mellan primära och sekundära metaller? Fokus är på fyra bulkmetaller (stål, koppar, aluminium och nickel) och fyra innovationskritiska metaller och mineral (grafit, sällsynta jordartsmetaller, kobolt och litium). Detta är metaller och mineral som har likheter men också olikheter.

3.1 Produktionen – Kina dominerar

Traditionella metaller (bulkmetaller) som använts sedan början av industrialiseringen produceras i stora volymer idag, särskilt stål (se Tabell 2. Global produktion av några bulk- och innovationskritiska metaller år 2018 (miljoner ton) och andelen som kommer från återvunna metaller. Innovationskritiska metaller produceras i betydligt mindre volymer och är ibland biprodukter vid utvinningen av bulkmineral. Till exempel är en stor del av de sällsynta jordartsmetaller som produceras en biprodukt från järnmalmsutvinning medan kobolt ofta är en biprodukt i kopparmalmsgruvor. Investeringar i gruvor och smältverk är kapitalintensiva och karakteriseras av skalfördelar, det vill säga stora anläggningar har lägre produktionskostnader per enhet än små (Ousman & Ben Dhaou 2015; Crowson 2003; Crowson 2012; Crompton & Lesourd 2008). När det gäller utvinning av bulkmineral har skalfördelarna och teknisk utveckling bidragit till att motverka effekterna av allt lägre malmhalter i gruvorna. Man har således kunnat bryta malm av betydligt lägre koncentration än vad som historiskt var gångbart utan att kostnaderna ökat (Crowson 2012).

För närvarande är det nästan bara bulkmetaller som återvinns. Till exempel kommer drygt en fjärdedel av stålproduktionen från återvunnet stål (se Tabell 2). Men även andelen återvunnet aluminium, koppar och nickel är betydande. Flera innovationskritiska metaller återvinns också men som andel av produktionen har återvinningen dock marginell betydelse. I kapitel 4 kommer vi att närmare belysa orsakerna till detta.

Tabell 2. Global produktion av några bulk- och innovationskritiska metaller år 2018 (miljoner ton) och andelen som kommer från återvunna metaller.

Bulk	Stål	Aluminium	Koppar	Nickel
Produktion	1 860	63,2	24,5	2,6
Andel återvunnet	26 %(i)	16 %(i)	18 %(i)	10 %(ii)
Innovationskritiska	Kobolt	Litium	Sällsynta jordartsmetaller	Grafit
Produktion	0,144	0,086	0,220	1,100
Andel återvunnet	<5 % (iii)	~0 %	3-8 % (iii)	~0 %

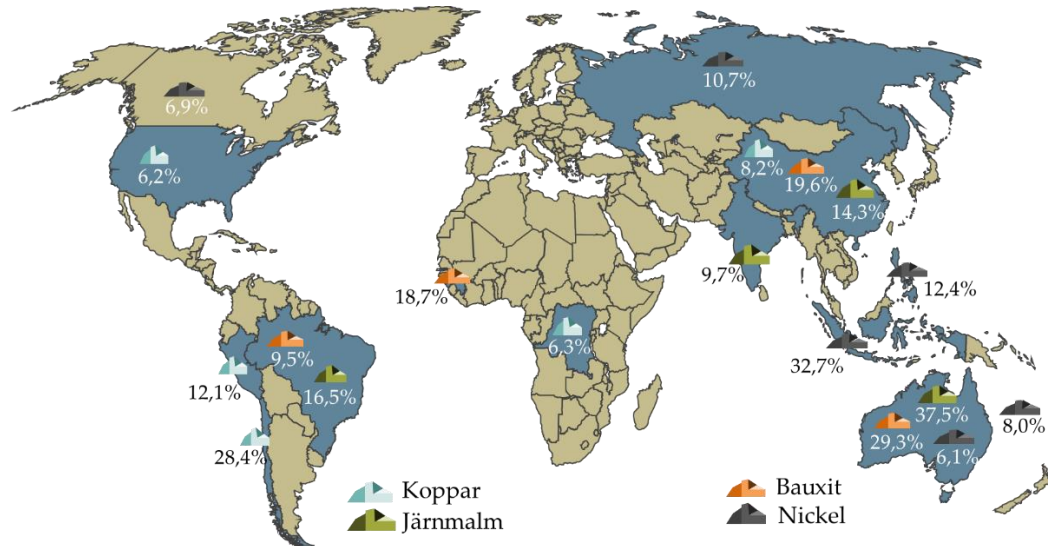
Data från USGS National Minerals Information Center med undantag för (i) data för 2013, OECD (2018), (ii) data från 2020, Olafsdottir, A.H., Sverdrup, H.U. (2021); (iii) SGU 2020.

3.1.1 Var sker utvinning och förädling?

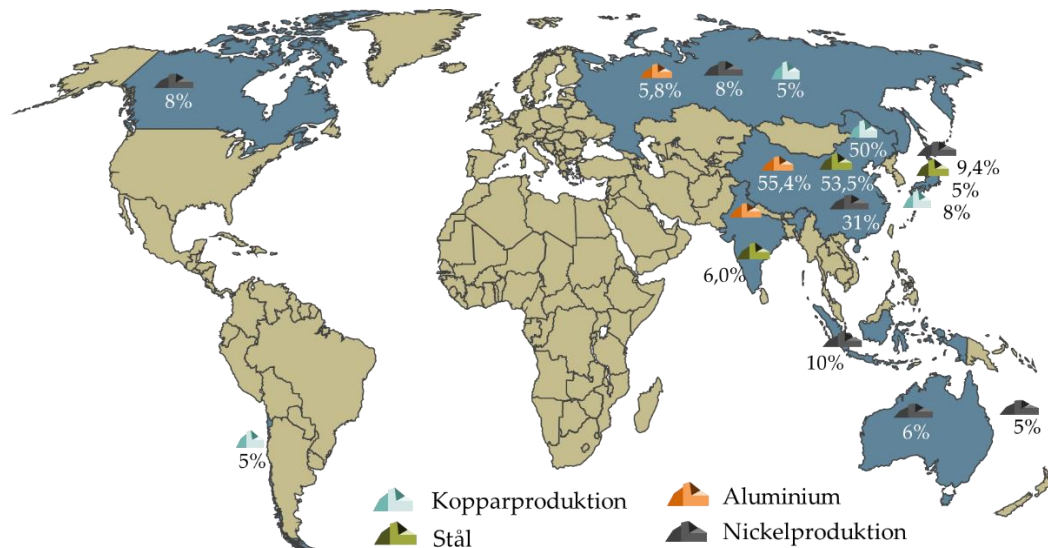
Produktion av bulkmineral sker i ett flertal länder. Sverige har en betydande utvinning av bland annat järnmalm och kopparmalm men i den globala kontexten är den marginell.

Kirunagruvan är den i särklass största järnmalmgruvan inom EU och efter den stora produktionen år 2019 intog Sverige elfte plats bland världens järnmalmproducerande länder med 1,3 procent av världsproduktionen. Den globala produktionen domineras av Australien som stod för nära 40 procent av järnmalmproduktionen i världen (se Figur 2).

Figur 2. Utvinning av bulkmineral (procent av totalt) 2019.



Figur 3. Produktion av bulkmetaller (procent av total).



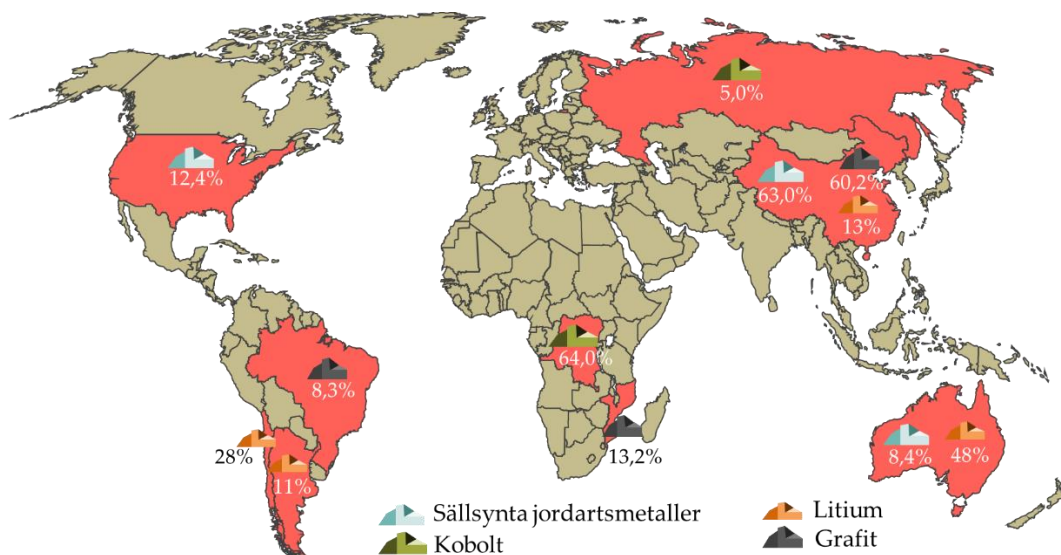
Data från USGS National Minerals Information Center; Nickelproduktion från 2018 World nickel factbook (International nickel study group); kopparsproduktion från 2020 World Copper factbook (International copper study group).

Bilden blir dock annorlunda i nästa steg i värdekedjan, det vill säga produktionen av stål i världen (se Figur 3). Över hälften av världens stålproduktion år 2019 var kinesisk. Detta innebär att stora mängder järnmalm transporteras till Kina, inte minst från Australien. I Sverige producerades år 2019 ungefär 4,7 miljoner ton råstål (Jernkontoret 2020). För att behålla sin konkurrenskraft på den globala marknaden har svenska stålföretag riktat in produktionen på mer avancerade stålqualiteter. Det har inneburit att andelen legerat stål (inklusive rostfritt stål) har ökat i Sverige och idag utgör omkring 60 procent av produktionen. I övriga världen är andelen legerat stål betydligt lägre, omkring 10 till 15

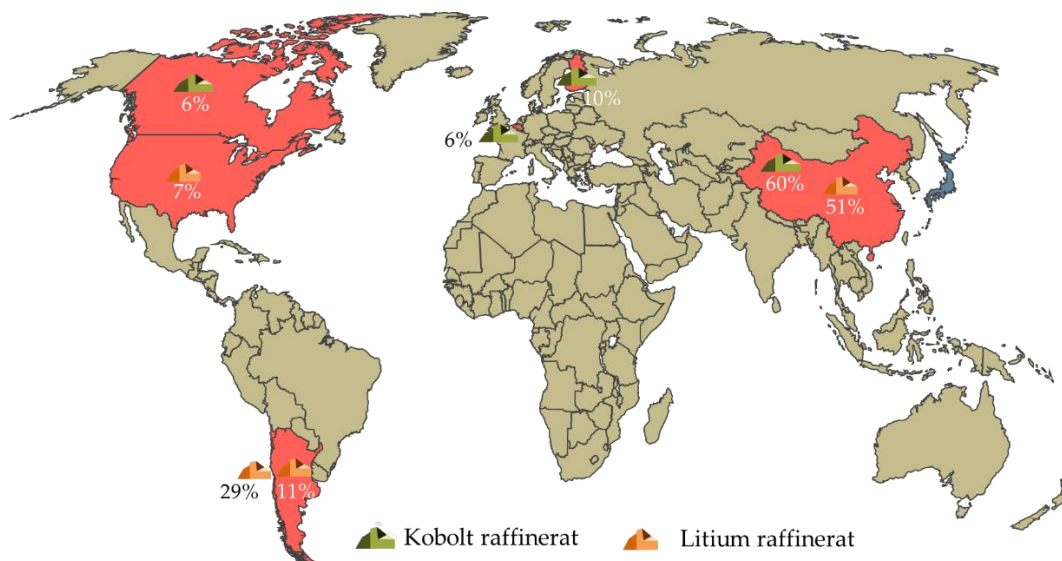
procent i övriga EU samt i USA och Japan. Andelen är ännu lägre i övriga delar av världen (SGU 2018).

Koppar, aluminium och nickel visar ett liknande mönster som järnmalm och stål. Gruvutvinningen är relativt utspridd mellan många länder medan produktionen av förädlad metall är koncentrerad till Kina (se Figur 2 och Figur 3). Ett fåtal länder har emellertid större vikt för utvinningen av dessa mineral. Omkring 30 procent av världens kopparmalm utvinns i Chile. Australien har en liknade marknadsandel för utvinning av bauxit (råvaran för aluminium) och Indonesien för utvinning av nickel. Stora mängder bauxit transporteras till Kina där den förädlas till aluminium. Kina står för över hälften av världens aluminiumproduktion trots att man bara har knappt 20 procent av utvinningen av bauxit. Kina står även för hälften av världens förädlade kopparproduktion och ungefär en tredjedel av världens förädlade nickelproduktion. Sverige utvinns och förädlas koppar samt har också en anläggning för aluminiumproduktion.

Figur 4. Utvinning av innovationskritiska metaller och mineral (andel av totalt).



Figur 5. Produktion av innovationskritiska metaller (andel av totalt).



Data från USGS National Minerals Information Center; Kobolt raffinerat för 2017 från The Cobalt Institute; Litium raffinerat för 2018 från Benchmark Minerals Intelligence.

En liknande bild som för bulkmetall finns för de innovationskritiska metaller och mineral vi valt att belysa närmare (se Figur 4 och Figur 5). En skillnad är dock att Kina, med över 60 procent, även dominerar utvinningen av sällsynta jordartsmetaller. Dominansen var dock större för några år sedan då över 80 procent utvanns i Kina.

Ungefär 60 procent av utvinningen av kobolt sker i Demokratiska republiken Kongo medan Kina har en lika stor marknadsandel för förädlad kobolt. När det gäller litium utvinns nästan hälften i Australien och nästan 30 procent i Chile. Över 50 procent av all förädlad litium kommer dock från Kina.

3.2 Hur sätts priser?

Metaller säljs både på stora öppna marknadsplatser, till exempel London Metal Exchange (LME), Shanghai Metal Exchange (SHMET) och COMEX på New York-börsen, och genom långsiktiga kontrakt med ett fåtal industriella kunder. En viktig orsak till de långsiktiga kontrakten är att de skapar förutsägbarhet, både när det gäller intäkter till processindustrin och kostnader för kunder. Många gånger finns kunderna i samma region som den där metallerna förädlas vilket minskar transportkostnaderna (Andersson et al. 2019). Boliden säljer till exempel huvudsakligen sina metaller (koppar, zink, bly, nickel, ädelmetaller och platinagruppens metaller) till industriella kunder på års- eller flerårskontrakt. Samtliga metaller prissätts dock utifrån en metallbörs och merparten av dem kan även handlas över börsen om kunden så önskar. SSAB säljer ungefär två tredjedelar av stålet genom bilaterala avtal med slutkunder. Priserna i dessa avtal styrs dock av prisindex, till exempel från Metal Bulletin.

3.2.1 Bulkmetaller – volatilt pris och utvecklad marknad för återvunna metaller

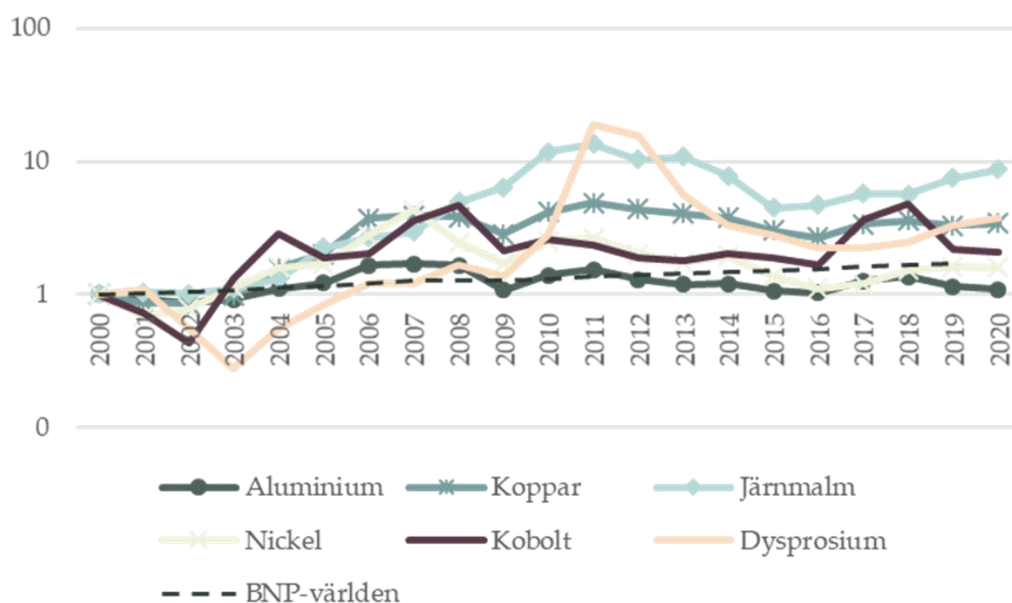
Trenden är att real priset på bulkmetaller är stigande sedan början av 2000-talet (se Figur 6) samtidigt som priserna är volatila (Världsbanken 2010). Volatiliteten följer av den komplexa marknadsdynamiken och stokastiska ekonomiska processer där efterfrågan på metaller är förhållandevis inkomst- och konjunkturkänslig samtidigt som utbudet inte kan reagera snabbt på efterfrågeförändringar (Labys 2006). Samtidigt är efterfrågan på bulkmetaller inte känslig för priset förändringar. Orsaken till detta är att metaller generellt utgör en liten del av produktionskostnaden i tillverkningen av konsumentprodukter (Radetzki & Wårell 2017). Dessutom är förädling av metaller kapitalintensiva processer vilket gör att substitution går långsamt och att det ofta är fördelaktigt att producera till full kapacitet (Tilton & Guzmán 2016). Priselasticiteten för stål och aluminium har uppskattats till 0,2 (van den Bergh & Janssen 2005) vilket innebär att en 10-procentig prisökning resulterar i att efterfrågan minskar med 2 procent. Detta kan jämföras med en priselasticitet på 0,56 för diesel i Sverige (Tirkaso & Gren 2019). Den långsiktiga elasticiteten för metaller kan däremot vara högre än den kortsiktiga.

Priset på bulkmetaller påverkas ofta av handelshinder. USA införde till exempel importtullar på stål och aluminium år 2018. EU har reagerat med att införa en skyddsåtgärd i form av en tullkvot på stål. Ett annat exempel är Indonesiens exportförbud för nickel.

Att en så stor del av bulkmetallerna återvinns (se kapitel 4.1.2) följer av deras höga värde vilket innebär att återvinningen är konkurrenskraftig i förhållande till primär produktion (Tilton 2000; Söderholm & Ekvall 2020). Många gånger försvagas denna konkurrenskraft dock av att återvunna bulkmetaller förlorar i kvalitet, inte minst orsakat av legeringar. Material Economics (2020) har uppskattat att återvunnet stål har förlorat 34 procent av sitt ursprungliga monetära värde efter att det använts i en produkt. Ibland kan det

återvunna stålet renas till en nivå som gör att det kan användas som stål av hög kvalitet men många gånger är detta tekniskt svårt och dyrt. Ett särskilt stort problem är kopparlegeringar. På samma sätt uppskattar Material Economics att nästan hälften av aluminiums ursprungliga värde har förlorats efter att det använts i en produkt. Legeringar gör att återvunnet aluminium inte kan användas som substitut till primärt aluminium. Framför allt gäller detta aluminium legerat med koppar. Det är tekniskt möjligt att separera ut kopparen men det är dyrt och sker därför inte idag. Idag används detta återvunna aluminium framför allt i motorblock i fordon, det vill säga ett användningsområde som kommer att försvinna när fordon elektrifieras. Detta har följden att prisskillnaden mellan återvunnet och jungfruligt aluminium är ökande. Helt rent aluminiumskrot kan bevara 97 procent av värdet av ny primärmetall. Den stora merparten sådant skrot innehåller dock legeringsämnen vilket innebär ett prisfall på 30 till 40 procent. För att bryta denna utveckling för aluminium finns det ett behov av innovationer inom sorteringsteknologi och nya affärsmodeller för relationerna mellan varumärkesföretag och aluminiumindustrin (Material Economics 2020). Ett exempel på det senare är Audi som etablerat ett pilotteam som arbetar med aluminiumindustrin för att skapa ett slutet system för aluminium från deras fordon (Tillväxtanalys 2020). Ett alternativ kan även vara att exportera olegerat aluminium från EU till andra delar av världen. Denna export försvåras eller rent av stoppas dock av EU:s avfallstransportförordning (EG 1013/2006).³

Figur 6. Utvecklingen av priset per kg av bulk- och innovationskritiska metaller relativt år 2000 samt BNP-utvecklingen i världen under samma period



Data från IMF Primary Commodity Price System; Dysprosium från Institute für seltene Erden und strategische Metalle; BNP från Världsbanken (constant 2010 US\$).

Avfallstransportförordningen är EU:s implementering av Baselkonventionen om kontroll av gränsöverskridande transporter och slutligt omhändertagande av farligt avfall. Denna FN-konvention förhandlades fram 1989 efter att farligt avfall börjat skickas från västvärlden till utvecklingsländer och länder i Östeuropa. De grundläggande principerna i konventionen är att gränsöverskridande transporter av farligt avfall ska minskas till ett minimum, att avfallet ska tas om hand på rätt sätt, att det ska hanteras så nära källan som möjligt och att man redan från början ska sträva efter att det uppstår så lite farligt avfall

³ Personlig kommunikation, Christer Forsgren, Stena Recycling International AB.

som möjligt. Bland de metaller som klassas som farligt avfall finns koppar, kobolt, nickel, sällsynta jordartsmetaller, mangan, volfram och ytterligare metaller som är vanliga i legeringar. En konsekvens av detta är att det är administrativt krångligt att transportera metallavfall mellan länder i EU och ofta väldigt svårt att lagligt importera eller exportera metallskrot till icke-OECD-länder.

3.2.2 Innovationskritiska metaller och mineral – ett ännu mer volatilt pris och många gånger avsaknad av marknad för återvunna metaller

Innovationskritiska metaller uppvisar precis som bulkmetaller en positiv prisutvecklingstrend (se Figur 6). Flera innovationskritiska metaller och mineral saknar dock etablerade marknadsplatser: detta gäller till exempel sällsynta jordartsmetaller och grafit. Däremot handlas både litium och kobolt på London Metal Exchange. Avsaknaden av öppna handelsplatser innebär att återvinningsindustrier och smältverk behöver etablera relationer med nya industrikunder för att skapa en marknad. I EU finns det dock inte särskilt många kunder som efterfrågar dessa metaller (EU 2017a; EU 2017b).

3.2.2.1 Kinas potentiella marknadsmakt – erfarenheter från sällsynta jordartsmetaller

I och med att det saknas öppna handelsplattformar och att Kina dominerar processindustrin påverkas marknadsutvecklingen för flera av de innovationskritiska metallerna av politiska omständigheter. Det kanske tydligaste exemplet gäller sällsynta jordartsmetaller. Hösten 2010 avbröt Kina under en månad sin export till Japan av sällsynta jordartsmetaller vilket gjorde att japansk tillverkningsindustri inte kunde producera och att priserna på sällsynta jordartsmetaller ökade kraftigt. Detta är dock bara ett exempel på hur Kina utvecklat politiken kring sällsynta jordartsmetaller. Wübbekke (2013) och Shen et al. (2020) drar slutsatsen att den primära drivkraften för denna utveckling är ambitionerna att stärka kinesiska intressen i värdekedjan. Det rör sig både om att öka intäkterna från utvinningen och förädlingen av sällsynta jordartsmetaller och om att gå längre upp i värdekedjorna och inte bara vara ett billigt råvaruland. Denna utveckling har gått mycket snabbt. Ett exempel går att finna i Baotou, centrum för Kinas utvinning av lätta sällsynta jordartsmetaller, där det år 2017 fanns ett kluster med över 200 företag i hela värdekedjan från utvinning och förädling till produktion av permanentmagneter, speciallegeringar, batterier och magnetiska avläsare (Tillväxtanalys 2017). En restriktiv exportpolitik gör att inhemska kunder gynnas av lägre priser jämfört med utländska kunder (Shen et al. 2020). Delar av politiken handlar dock mer om att skapa kontroll över den omfattande illegala handeln med sällsynta jordartsmetaller. Kinas exportkvot för sällsynta jordartsmetaller 2008 var 57 000 ton men den rapporterade importen från Kina från andra länder var 71 000 ton vilket innebär att 14 000 ton var illegal export. En konsekvens av de höga priserna 2010 och 2011 är att denna illegala export minskat (Shen et al. 2020).

3.3 Externaliteter vid utvinning och förädling

Gruvdrift är alltid kopplad till miljöpåverkan vilket innebär att djurs och människors naturliga livsmiljö påverkas. Produktionen av metaller står för 8 procent av världens energianvändning och nästan 30 procent av industrins utsläpp av växthusgaser (Raabe et al. 2019). Det finns dock unika utmaningar kopplade till varje mineral såväl som till det land och den plats det utvinns från. Nedan följer externaliteter som är vanligt förekommande för de metaller vi belyser närmare i denna rapport.

3.3.1 Järnmalm och stål – kvantitet ger stora utsläpp

Primär stålproduktion bygger på utvinning av järnmalm. Den stora användningen av stål innebär att utvinningen av järnmalm genererar ofantliga mängder avfall, 2 400 miljoner ton per år (IRP 2019), i form av gråberg, anrikningssand och lakningsavfall. Gråberget kan lagras på hög och i vissa fall användas som byggmaterial eller som återfyllnad i gruvor. Anrikningssanden förvaras ofta i gruvdammar. Om sådana dammar kollapsar kan det ge upphov till stora negativa externa effekter. Exempel är två dammkollapsar i Minas Gerais i Brasilien, Brumadinhodammen 2019 som tog 270 människoliv samt Marianadammen 2015 som tog 19 liv. Den senare ledde till oacceptabelt höga koncentrationer av tungmetaller som arsenik och kvicksilver i det 86 715 kvadratkilometer stora avrinningsområdet (en area nästan lika stor som hela Portugal).

Tillverkningen av primärt stål är mycket energiintensiv och den står för ungefär en fjärdedel av industrins energibehov i världen (IRP 2019). En stor del av detta energibehov fylls av kol vilket resulterar i stora utsläpp av växthusgaser. Stålproduktionen står därför för över 80 procent av utsläppen av växthusgaser från produktionen av metaller. Eftersom ståltillverkning från järnmalm kräver höga temperaturer uppstår även andra utsläpp till luft, till exempel kväveoxider och stoft. Dessa utsläpp har minskat genom effektivare användning av energi, förändrade produktionsprocesser och reningsutrustning.

3.3.2 Bauxit och aluminium – kvantitet innebär mycket gruvavfall

Efter stål är aluminium den mest använda metallen. Primärt aluminium framställs av bauxit som innehåller 50 till 60 procent aluminiumoxid. Denna aluminiumoxid tas fram genom en kemisk process innan den elektrolyseras vid hög temperatur till aluminium, en mycket energikrävande process.

Den stora användningen av aluminium innebär att det bildas stora mängder gruvavfall från utvinningen av bauxit. Det förekommer att dammar kollapsar: ett exempel är Ajkedammen i Ungern som brast 2010 vilket resulterade i att tio människor miste livet och ledde till direkta konsekvenser för det lokala djurlivet.

Efter stål är aluminium den metallindustri som har det största totala växthusgasutsläppet. Nästan 15 procent av den globala metallindustrins utsläpp av växthusgaser kommer från aluminium (IRP 2019). Dessa utsläpp uppstår framför allt på grund av bränsleanvändningen när bauxit raffinerar till aluminiumoxid och som ett resultat av elanvändningen i elektrolysen när oxiden reduceras till elementärt aluminium. Energiintensiteten (energibehov per ton) har dock minskat de senaste decennierna. En viktig orsak till detta är de investeringar som skett i modern energieffektiv teknik i Kina i samband med att landet byggt upp sin produktionskapacitet.

3.3.3 Koppar – risk för läckage av tungmetaller

Koppar utvinns framför allt i storskaliga gruvor men det förekommer även betydande brytning i icke-industriella småskaliga gruvor i det afrikanska kopparbältet som är rikt på koppar och kobolt. Den småskaliga gruvbrytningen är en viktig inkomstkälla för lokalbefolkningen men är ofta informell och barnarbete är inte ovanligt. Ett skäl till att barn tvingas arbeta i den småskaliga gruvbrytningen är att kvinnor inte tillåts arbeta där. Det finns en lokal tro att kvinnor påverkar malmhalten negativt (Re-Sourcing 2020). Det förekommer även konflikter mellan de större gruvbolagen och den småskaliga gruvbrytningen vilket ibland leder till väpnade konfrontationer (Maiotti et al. 2019).

Både den storskaliga och den småskaliga kopparbrytningen kan ha betydande miljöpåverkan, till exempel i form av läckage av syra, bly och kvicksilver till grundvatten och floder. Vissa regioner med kopparproduktion uppvisar även ovanligt många cancerfall. Antofagasta, en gruvstad i Chile, har bland den högsta cancerfrekvensen i landet. Liknande observationen har gjorts i Jiangxi-provinsen i Kina där arbetare blivit exponerade för arsenik i kopparsmältverken (Leth et al. 2019; Wilde-Ramsing et al. 2020).

3.3.4 Nickel – hotar biologisk mångfald i artrika områden

Nickel utvinns från laterit (även kallad järnsten) och sulfider (Buchert et al. 2017). Brytningen av nickelsulfid är förknippad med en stor produktion av surt lakvatten (Dehours et al. 2020). Detta innebär en miljörisk som är särskilt relevant för gruvor efter stängning.

Lateritfyndigheter finns i områden med stor biologisk mångfald och tät vegetation (Mudd 2010). Dessa fyndigheter bryts alltid öppet eftersom malmfyndigheterna är grunda och spridda över stora områden. Energin som krävs för att producera ett ton metall från laterit är mellan 2,5 och 5 gånger högre än för att producera ett ton ur sulfider.

3.3.5 Grafit – stora lokala hälsoeffekter

Två typer av grafit används idag: naturlig grafit som utvinns, processas och raffinerar och syntetisk grafit som skapas ur en kolbaserad bas. Den syntetiska grafitproduktionen som framför allt sker i Kina är mycket energiintensiv och bidrar till stora utsläpp av växthusgaser. Produktionen bygger på att kol hettas till över 2 500 °C och att denna temperatur behålls i flera dagar (Gomez-Marin et al. 2018). Detta skapar stora lokala miljö- och hälsoproblem (Tillväxtanalys 2019).

Miljöpåverkan från brytning av naturlig grafit är förknippad med de allmänna riskerna med gruvbrytning. Reningsprocessen genererar dock särskilda miljöutmaningar. Den kemiska reningsprocessen inkluderar ofta oorganiska syror som vid läckage kan leda till förgiftning av grundvatten eller andra miljöproblem. För att undvika detta behöver syran neutraliseras innan den kan deponeras, vilket i sig medför ett stort energibehov (Dolega et al. 2020).

3.3.6 Litium – kopplas till vattenbrist

De största litiumreserverna finns i Sydamerika, där metallen utvinns genom avdunstning av litiumhaltiga saltlösningar som finns i reservoarer under markytan. Litium utvinns även direkt ur hård sten (till exempel spodumen). Utvinning av litium ur saltlösningar är förknippat med regional vattenbrist då vatten som finns i reservoarerna tas upp till ytan och får avdunsta i solen. Detta kan ha betydande negativa effekter på den lokala miljön och få sociala konsekvenser (Rodrigo et al. 2009). Utvinning av litium ur hård sten är förknippat med gruvavfallsdammar som ofta innehåller giftiga koncentrationer av metaller eller andra kemikalier (Dolega et al. 2020). Uppgraderingen av litium till en produkt som kan säljas på marknaden är också mycket energikrävande, vilket innebär att miljöfotavtrycket för litium också till stor del beror på de energikällor som används.

3.3.7 Kobolt – betydande risk för barnarbete

Kobolt utvinns oftast som en biprodukt i koppar- och nickelgruvor. En betydande mängd kobolt kommer även från icke-industriella småskaliga gruvor. I Demokratiska republiken Kongo står dessa gruvor för 20 procent av koboltutvinningen (Al Barazi et al. 2018).

Icke-industriell småskalig gruvdrift är en utvinning som inte är mekaniserad och som är informell (Hentschel et al. 2003). Detta gör den arbetsintensiv och den genererar många fler jobb än storskalig industriell gruvdrift. Det beräknas att mellan 100 000 och 200 000

personer deltar i den småskaliga gruvbrytningen av kobolt (BGR 2020). Den informella karaktären på den småskaliga gruvdriften innebär att den orsakar många olyckor och långvariga hälsoproblem hos arbetarna och att den ofta är förknippad med barnarbete (Schüler et al. 2018; Tsurukawa et al. 2011). Samtidigt är den en viktig och ibland avgörande inkomstkälla för lokalbefolkningen.

När det gäller miljöpåverkan är koboltbrytning förknippad med de allmänna riskerna med gruvbrytning. Försök att minska de negativa effekterna av koboltbrytningen i Demokratiska republiken Kongo misslyckas också ofta på grund av korruption (RE-SOURCING 2021).

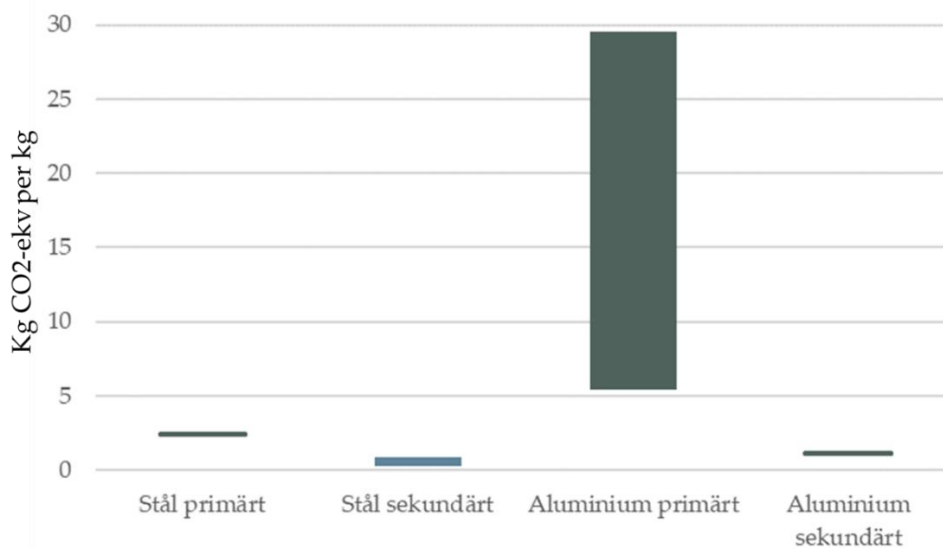
3.3.8 Sällsynta jordartsmetaller – risk för läckage av kemikalier och tungmetaller

Sällsynta jordartsmetaller utvinns ofta som biprodukter till annan gruvbrytning, exempelvis av järnmalm, titan och uran. Den största gruvan, Bayan-Obo i Kina, har varit uppmärksammas för att den genererar stora mängder avfallsgaser, avfallsvatten och radioaktivt avfall som delvis läckt (Graham 2015; Schüler et al. 2011; Haque et al. 2014). Det finns en stor risk att avfallsdammarna läcker kemikalier, tungmetaller och radioaktiva element. Ett dammhaveri skulle kunna orsaka en stor miljökatastrof (Schüler et al. 2011). Ur ett miljöperspektiv är små illegala gruvor i Kina ett särskilt hot. Dessa uppskattas stå för över 10 procent av världsproduktionen av sällsynta jordartsmetaller. Dessa gruvor saknar många gånger system för hantering av gruvavfallet vilket orsakar betydande miljökada och hälsofaror för lokalsamhället (Schüler et al. 2011). Processerna för att rena och raffinera sällsynta jordartsmetaller är mycket energiintensiva och kan leda till luftutsläpp av radioaktiva substanser.

3.3.9 Ofta lägre klimatfotavtryck för återvunna metaller

Återvinning av metaller minskar metallanvändningens miljöpåverkan betydligt eftersom påverkan från gruvbrytning och malmbearbetning kan utslutas (IRP 2019). Många gånger innebär även återvinning av metaller betydligt lägre utsläpp av växthusgaser. Klimatpåverkan från återvunnet stål är mellan 10 och 38 procent av den från primärt stål (se Figur 7) och för aluminium är den 3,5 till 20 procent. Det relativt stora intervallet är en konsekvens av att processerna är elberoende vilket innebär att karaktären på elmixen avgör klimatfotavtrycket. Detta innebär att klimatfotavtrycket blir betydligt lägre i länder med mycket icke-fossil elproduktion, såsom Island, Norge, Sverige, Kanada och Brasilien, än i länder med mycket kolkraft, såsom Indien, Kina och USA.

Figur 7. Utsläpp av växthusgaser per kg primärt och sekundärt stål respektive aluminium



Data från Ecoinvent 3.4

Stål och aluminium används dock i produkter med lång livslängd. Detta innebär att skrot som används i återvinningen idag kommer från en primärproduktion som skedde för decennier eller rent av för hundra år sedan. Under denna tid har behovet av stål och aluminium mångdubblats vilket innebär att återvinning bara kan stå för en del av dagens efterfrågan. Till exempel var den globala stålproduktionen sex gånger högre år 2015 än år 2000. Denna kraftiga ökning innebär att andelen återvunnet stål minskade under samma period. Medan återvinning av metaller således generellt innebär mindre klimatavtryck begränsas dock potentialen av tillgången till skrot (Van der Voet et al. 2018).

3.4 Statlig styrning – en mix av styrmedel

OECD har gjort en genomgång av stöd till gruvnäringen och processindustrin (OECD 2017). En av huvudslutsatserna från denna analys är att stöd till återvinningssektorn huvudsakligen drivs av marknadsmisslyckande (se kapitel 4) medan det är vanligare att stöd till de jungfruliga processerna drivs av deras attraktivitet och konkurrenskraft. En annan huvudslutsats är att stöden till återvinningssektorn är så små att de inte påverkar statsbudgeten i väsentlig grad. Detta är en slutsats som stöds av Johansson et al. (2014) som uppskattat att den svenska staten år 2010 stödde den primära metallsektorn med 40 miljoner euro vilket kan jämföras med 0,6 miljoner euro till återvinningsindustrin. I detta fall bedöms inte gruvnäringens undantag från deponiskatt vara en subvention. Om detta antagande omvärderas blir stödet till den primära metallsektorn betydligt större, omkring 4 000 miljoner euro.

De vanligaste och viktigaste ekonomiska stöden till jungfrulig utvinning och förädling av metaller och mineral är enligt OECD:s rapport de följande.

- Generella ekonomiska stöd som ökar företagets inkomster och minskar kostnaden för kapital, energi och mineral. Det kan till exempel röra sig om undantag eller nedsättning av skatter på bränsle och el, accelererade avskrivningar som gör att värdet på kapitaltillgångar kan skrivas av relativt snabbt och att man tillåter gruvföretag att använda historiska ekonomiska förluster orsakade av prospektering för att kompensera skattepliktiga intäkter under innevarande period.
- Offentligt tillhandahållande av investeringskapital. Till exempel offentliga utvecklingsbanker och exportkreditbyråer som investerar stora summor i den

primära metallsektorn. Det förekommer även att statligt ägda gruvföretag inte behöver ha samma avkastning på kapitalet som deras privata motsvarigheter.

- Exportrestriktioner på mineral, metallkoncentrat och metallskrot. När länder som hanterar stora metallflöden har restriktioner kan detta påverka den internationella prisbildningen och gynna industrin i landet som infört restriktionen.
- Stöd till processindustrins omställning till klimatneutralitet, till exempel industriklivet i Sverige och EU:s gröna giv och EU:s stöd till projekt av gemensamt europeiskt intresse (IPCEI).

De vanligaste och viktigaste ekonomiska stöden till återvinningsindustrin är de följande.

- Offentligt investeringskapital som kanaliseras genom nationella och multilaterala långgivare till projekt med hög hållbarhet, till exempel kopplat till cirkulär ekonomi och materialeffektivitet.
- Stöd som huvudsakligen är skatteneutrala. Många styrmedel som främjar återvinningsindustrin handlar om att skapa reglering som resulterar i en ekonomisk överföring från producenter eller kunder till återvinningsindustrin. Det kan till exempel gälla förbud för deponi och reglering om producentansvar. Många gånger är det svårt att bedöma effekterna på återvinningsindustrin av dessa styrmedel, bland annat eftersom detta även beror på utvecklingen av metallpriser och kvaliteten på metallskrot.

OECD konstaterar även att sekundära metaller missgynnas av att regeringar tenderar att beskatta arbetskraft i betydligt större utsträckning än kapital eller material.

Metallåtervinning är relativt arbetsintensiv medan primär metallproduktion är mer kapital- och energiintensiv.

Det är inte bara OECD som kommer till slutsatsen att det återvunna konkurrenskraft missgynnas. Samma slutsats finns även med i Nordiska ministerrådets rapport *Critical metals in end-of-life products* (Norden 2017).

3.4.1 Regelverk finns men är underimplementerade

I rapporten från OECD (2017) konstateras det även att konkurrensfördelningarna för sekundär metallproduktion försämras av en alltför svag reglering av den primära metallproduktionen. Ett exempel är utsläpp av växthusgaser som generellt är större från primärproduktion men som i många länder inte är reglerade och i andra är underreglerade. Det finns ytterligare exempel på att miljöexternaliteter orsakade av metallproduktionsprocesser ofta är oreglerade eller endast delvis reglerade.

Bearbetning av mineral får i många länder inte ske utan tillstånd, ofta motiverat av en önskan att undvika de negativa externaliteter som beskrivits i kapitel 3.3. I Sverige regleras detta genom minerallagen och miljöbalken. Sådana tillstånd stipulerar ofta att verksamheten bara får bedrivas om den uppfyller vissa villkor kopplade till miljöeffekter och mänskliga rättigheter (inklusive urfolks rättigheter). Tillstånd och dispenser kan också krävas om verksamheten berör kulturminnesskydd, strandskydd, artskydd eller biotopskydd. Smältverk och annan bearbetning av mineral och metaller kräver också tillstånd. Dessa tillstånd rör framför allt villkor avsedda att begränsa risken för negativa miljöeffekter orsakade av verksamheten.

Det finns flera exempel på att regleringen inte fungerar i praktiken, det vill säga att den blivit underimplementerad. Vi har redan nämnt Kinas problem kring sällsynta jordartsmetaller och ett par exempel från OECD. Den vetenskapliga litteraturen uppvisar många flera exempel. I Afrika är detta inte minst kopplat till spänningar mellan informella småskaliga gruvor och storskaliga gruvbolag (se till exempel Corbett et al.

2017; Vogel & Raeymaekers 2016). I flera länder, bland annat Peru, hänger detta ihop med att förtroendet för staten är lågt (Orihuela & Peredes 2017).

Men även länder i västvärlden utpekas för svag implementering av regelverk. Raitio et al. (2020) uppmärksammar Sveriges brister i implementeringen av urfolks rättigheter, i detta fall samers, i tillståndsprocesser för gruvor. Andra stora gruvnationer såsom Australien, Kanada och Brasilien har också kritiserats för sin reglering av gruvverksamheter (O'Faircheallaigh 2015).

3.5 Sammanfattande – barriärer vid utvinning och förädling av metall och mineral

Svaren på de initiala frågorna i kapitlet kan från ovanstående genomgång kortfattat sammanfattas.

Finns det konkurrens på metallmarknaderna?

- Kina har en dominerande position på världens metallmarknader, särskilt när det gäller förädling av metaller. Dominansen gör att Kina kan vara prissättande globalt för flera metaller.
- Det finns en risk att Kina kan använda sin marknadsmakt för att påverka marknadspriserna, särskilt i fråga om flera innovationskritiska metaller där det saknas öppna marknadsplatser. Historiskt har Kina dock framför allt använt sin marknadsmakt för att gynna utvecklingen av kinesiska värdekedjor genom att inhemsk industri får lägre metallpriser än sina internationella konkurrenter.
- Det förekommer att länder använder handelsrestriktioner för att skydda egen processindustri.
- Återvunna bulkmetaller konkurrerar med jungfruliga. Återvinningen av innovationskritiska metaller är ofta marginell.

Vilka externaliteter inverkar vid utvinning och förädling av metaller?

- Produktionen av primära metaller genererar i allmänhet större negativa externaliteter än sekundära metaller. Inte minst gäller detta utsläpp av växthusgaser. En övergång till sekundära metaller innebär generellt betydligt mindre utsläpp av växthusgaser.

Hämmar staten utvecklingen av fungerande konkurrens mellan primära och sekundära metaller?

- Statliga insatser för primära metaller drivs av attraktivitet medan insatser för sekundära metaller snarare drivs av marknadsmisslyckanden. Resultatet blir att sekundära metaller missgynnas. Några viktiga orsaker är de följande.
 - Primära metaller får skatteundantag för viktiga insatsvaror medan sekundära metaller som är arbetsintensiva missgynnas av hög skatt på arbetskraft.
 - Många gruvländer har en svag eller dåligt implementerad lagstiftning kring miljöproblem och sociala problem kopplade till gruvor och förädling av metaller.
 - Krav på handel med metallavfall innebär betydande administrativa kostnader och höga trösklar för återvunna metaller.
 - Handelshinder som är politiskt motiverade påverkar marknaden för flera metaller.

4. Användning och återvinning av metaller – utveckling och barriärer

I detta kapitel beskriver vi hur metaller används och återvinns. Vi försöker därför svara på följande frågor: Hur kommer efterfrågan på metaller att utvecklas? Finns det drivkrafter för en ökad efterfrågan på återvunna metaller? Vad finns det för barriärer i användningen av metaller som begränsar möjligheten och lönsamheten i återvinningen av metaller? För att besvara dessa frågor inleder vi med att beskriva vilka branscher och teknologier som driver efterfrågan på olika metaller i världen och hur denna kan utvecklas. Vi fortsätter med att diskutera om det finns drivkrafter för en ökad efterfrågan på återvunna metaller i dessa branscher. Vi avslutar med att identifiera betydelsefulla barriärer för återvinning av metaller från (i) fordon, (ii) elektronik och elektriska apparater och (iii) byggnader och infrastruktur.

4.1 Historisk och framtida metallanvändning

De senaste två decennierna har produktionen av de metaller som inkluderas i denna studie i genomsnitt ökat med omkring 4 procent per år (se Tabell 3). Detta innebär att användningen av metallerna har ökat i nästan samma takt som världens BNP under denna period.⁴ Produktionen av kobolt och litium har ökat snabbare, med omkring 10 procent per år, men dock från mycket lägre nivåer.⁵

Tabell 3. Historisk produktion och genomsnittlig årlig ökning.

	Produktion 2019 (tusen ton)	Årlig ökning 2000–2019
Stål	1 860 000	4,4 %
Aluminium	63 200	5,3 %
Koppar	20 400	2,3 %
Nickel	2 610	4,3 %
Grafit	1 100	2,4 %
Sällsynta jordartsmetaller	220	5,4 %
Kobolt	144	8,0 %
Litium	86	10,8 %

Data: USGS National Minerals Information Center.

Bulkmeter används framför allt som konstruktionsmaterial i byggnader och infrastruktur (se Tabell 4). Detta gäller särskilt stål och koppar där denna sektor står för omkring halva efterfrågan. Resterande efterfrågan på stål fördelar sig ganska jämnt mellan fordonstillverkning, tillverkning av elektronik och elektriska apparater, tillverkning av maskiner och mekanisk utrustning samt övrigt. Nästan en tredjedel av efterfrågan på koppar kommer från tillverkning av elektronik och elektriska apparater. Aluminium och nickel har en mer jämn fördelning av efterfrågan mellan olika sektorer.

Att dela in användningen av innovationskritiska metaller på samma sätt mellan olika sektorer är inte möjligt. Dessa är metaller som framför allt används i ny teknik som behövs i elektrifieringen och digitaliseringen av samhället. Det är därför vanligare att användningen av innovationskritiska metaller fördelas mellan olika teknologiområden, till exempel batterier, katalysatorer, magneter och elmotorer (se Tabell 5). Efterfrågan på

⁴ Världens BNP växte i genomsnitt med 5,2 procent per år mellan 1999 och 2019 enligt data från Världsbanken.

⁵ Till exempel var användningen av stål år 2019 över tiotusen gånger större än användningen av kobolt.

grafit ökar i tillverkningen av litiumjonbatterier men utgör mindre än 10 procent av den totala efterfrågan. Det stora användningsområdet för grafit är legeringar som står för över 40 procent av användningen. Omkring halva efterfrågan på kobolt och litium kommer från batteritillverkning. Sällsynta jordartsmetaller används bland annat i magneter, elmotorer, legeringar och kretskort (ReSourcing 2020). Den snabba tekniska utvecklingen och elektrifieringen av fordon kommer att innebära att fördelningen mellan olika områden förändras under det kommande decenniet.

Tabell 4. Användning av bulkmetaller fördelat mellan olika sektorer globalt år 2019.

	Bygg & infrastruktur	Fordon	Elektronik & elektriska apparater	Maskin & mekanik	Övrigt
Stål	50 %	13 %	6 %	16 %	15 %
Aluminium	23 %	28 %	20 %	10 %	19 %
Koppar	45 %	12 %	31 %	12 %	0 %
Nickel (i)	16 %	16 %	3 %	31 %	34 %

Data från Resources and Energy Quarterly December 2020, Australian Government, Department of Industry, Science, Energy and Resources; (i) för nickel kommer data från Nickel Institute.

Tabell 5. Användning av innovationskritiska metaller fördelat mellan olika områden globalt.

	Batterier	Keramik, glas, katalysatorer	Legeringar	Magneter & elmotorer	Övrigt
Grafit (i)	8 %		41 %		51 %
Kobolt (ii)	51 %		17 %	4 %	28 %
Sällsynta jordartsmetaller (i)		10 %	20 %	22 %	48 %
Litium (iii)	46 %	26 %			28 %

(i) EU (2018); (ii) Cobolt Institute; (iii) Tkaczyk A.H., Bartl A, Amato A., Lapkovskis V., Petranikova M. (2018). Sustainability evaluation of essential critical raw materials: cobalt, niobium, tungsten and rare earth elements. J.Phys. D: Applied Physics, Vol 51

4.1.1 Osäkerheter i den framtida efterfrågan

Det finns stora osäkerheter i den framtida efterfrågan på metaller (se Tabell 3). Orsakerna till de stora osäkerheterna är dock ganska olika för bulkmetaller respektive innovationskritiska metaller.

För att bedöma den långsiktiga efterfrågan på bulkmetaller används generellt två olika metoder: inflödesdrivna respektive "stockdrivna" (*stock-driven*) modeller. Båda dessa metoder bygger på att efterfrågan på bulkmetaller huvudsakligen drivs av investeringar i byggnader, infrastruktur och fordon. Inflödesdrivna metoder utgår från socioekonomiska variabler såsom BNP och urbanisering. Det kan till exempel röra sig om regressionsmodeller, allmänna jämviktsmodeller och logistiska konsumtionsmodeller. Stockdrivna modeller utgår i stället från att framtida metallbehov drivs av dynamiken metallstockar, det vill säga hur mycket metaller som används i samhället när människor blir rikare. En vanlig utgångspunkt är att basera dessa scenarier på efterfrågan per capita utifrån beståndsmättnad och dess förhållande till socioekonomiska variabler. De båda metoderna har sina respektive fördelar och nackdelar. Inflödesdrivna modeller tenderar att överskatta efterfrågan, då de inte fångar metallers substituerbarhet, eller möjligheterna till återvinning och återanvändning. Stockdrivna modeller fångar dessa aspekter men är ofta mycket komplexa vilket försvårar analysen (Schipper et al. 2018).

Metoder för att bedöma det långsiktiga behovet av innovationskritiska metaller är ofta annorlunda då efterfrågan på dessa metaller drivs av efterfrågan på informations- och kommunikationsteknologi samt den gröna omställningen, det vill säga elektrifieringen av energisystemet, industrin och transportsystemet. Det är därför vanligt att scenarier för efterfrågan på innovationskritiska metaller bygger på andras bedömningar, inte minst studier kring efterfrågan på elfordon, solceller och vindkraft (Deetman et al. 2018; Valero et al. 2018; Schipper et al. 2018; Watari et al. 2018).

Tabell 6. Genomsnittlig årlig ökning i efterfrågan på metaller i framtidsscenarier publicerade i vetenskapliga tidskrifter.

	Årlig ökning 2019–2030		Årlig ökning 2019–2050	
	Min	Max	Min	Max
Stål	-1,1 %	3,8 %	0,1 %	3,4 %
Aluminium	1,9 %	6,0 %	1,0 %	4,0 %
Koppar	0,7 %	8,9 %	1,5 %	5,9 %
Nickel	1,9 %	5,3 %	1,8 %	4,4 %
Grafit	4,7 %	7,4 %	0,4 %	10,0 %
Sällsynta jordartsmetaller	1,8 %	17,2 %	1,9 %	8,8 %
Kobolt	3,0 %	10,7 %	3,5 %	7,2 %
Litium	-3,2 %	21,0 %	2,8 %	10,0 %

Data: Bearbetning av Watari et al. 2020 och Watari et al. 2021 av artiklar publicerade efter 2014.

En sammanställning av scenarier för den framtida efterfrågan på metaller visar att efterfrågan kommer att öka, enda undantaget är stål där det finns ett scenario som visar på att efterfrågan kan sjunka marginellt från dagens nivå (Tabell 6). Efterfrågan på bulkmetaller förväntas öka med några procent per år ända fram till 2050. Behovet av koppar och aluminium förväntas öka något mer än behovet av stål. Efterfrågan på koppar kommer att öka när fordon och industrier elektrifieras. Efterfrågan på innovationskritiska metaller förväntas öka betydligt snabbare i relativa termer, särskilt under kommande decennier.

En konsekvens av den förväntade ökade efterfrågan på metaller är att utvinning av jungfruliga mineral kommer att behövas i flera decennier framöver. Detta gäller särskilt de innovationskritiska metallerna men även bulkmetallerna.

4.1.2 Användningsområde påverkar återvinningen i framtiden

Mängden metaller som kommer från återvinning eller återanvändning är beroende av användningsområde. Bulkmetaller som används i konstruktionen av byggnader och infrastruktur kan bestå i över 100 år innan det är aktuellt för återvinning. Metaller i ett fordon, solceller och vindkraftverk är ofta bundna i 10 till 25 år medan metaller som används i elektronik är bundna några år. Detta innebär att de metaller som idag återvinns huvudsakligen kommer från utvinning som många gånger skedde på 1900-talet. De senaste årens snabba tillväxt i metallanvändning innebär därför att det kommer ta tid innan behovet av primära metaller kan minska nämnvärt såvida inte efterfrågan minskar kraftigt. Som exempel kan vi ta aluminium där 42 till 70 procent återvinns när produktens eller konstruktionens livslängd är slut. Trots detta kommer bara drygt en tredjedel av dagens behov av aluminium från återvunnet material. Stål uppvisar ett liknande mönster. Trots att omkring 85 procent av allt stål återvinns idag härrör ungefär två tredjedelar av den aktuella produktionen från gruvbrytning.

Världsbanken har gjort beräkningar baserade på scenarier för hur återvinningen kommer att kunna utvecklas de närmaste decennierna (Världsbanken 2020). De uppskattar att 61 procent av aluminiumanvändningen år 2050 kan vara återvunnen om återvinningsgraden är 100 procent och efterfrågan anpassas till en värld som klarar ett klimatmål om 2 °C. I samma rapport finns motsvarande beräkning för koppar, nickel, kobolt och litium. Andelen återvunnen koppar bedöms kunna bli 59 procent år 2050, andelen återvunnen nickel blir 58 procent, andelen återvunnen kobolt blir 47 procent och andelen återvunnen litium blir 39 procent. Material Economics har gjort en liknande beräkning för stål och får liknande resultat som Världsbankens beräkningar för bulkmetaller (Material Economics 2021). Elshkaki et al. (2018) kommer till liknande slutsatser för andra bulkmetaller.

4.1.3 Finns det ökad efterfrågan på återvunna metaller?

I två tidigare rapporter har vi konstaterat att det finns ökad efterfrågan på återvunna metaller inom fordonsindustrin och byggsektorn (Tillväxtanalys 2018b; Tillväxtanalys 2020). Hur dessa branscher skapar denna efterfrågan skiljer sig dock åt. Inom fordonsindustrin finns det en tydlig strategi bland stora fordonstillverkare, till exempel Volkswagen, att direkt och indirekt ha ambitionen att öka andelen återvunnet stål och aluminium. De väljer själva att köpa återvunna metaller (den direkta åtgärden) och de kräver att företag i leverantörskedjan väljer återvunna metaller (den indirekta åtgärden). Fordonsindustrin gör detta för att minska klimatfotavtrycket från tillverkningen av fordon. Byggindustrin har valt att i stället ställa krav på materialens klimatfotavtryck (Tillväxtanalys 2018b). Detta är ett mer teknikneutralt sätt eftersom materialen då kan komma från återvinning men de kan även vara jungfruliga förutsatt att de uppfyller kraven på utsläpp av växthusgaser som genererats i produktionen.

För att få en förståelse för hur vanligt det är att företag med produktion i Sverige använder återvunna metaller och vad som motiverar detta har en enkät skickats till 763 företag. Av dessa svarade 28 procent, det vill säga 214 företag. Ett annat syfte med detta var att också få en uppfattning om huruvida det finns drivkrafter för återvunna metaller i fler branscher. Enkäten skickades därför till företag inom (i) byggnader och infrastruktur, (ii) elektronik och elektriska apparater, (iii) fordon, (iv) maskin och verkstad samt (v) råvaror.

Tabell 7. Andel företag som använder eller köper komponenter av återvunna material

	Andel totalt	Av de som använder återvunna material	
		Andel bulkmaterial	Andra metaller
Byggnader och infrastruktur	47 %	100 %	14 %
Elektronik och elektriska apparater	38 %	75 %	25 %
Fordon	37 %	100 %	50 %
Maskin och mekanik	54 %	76 %	29 %
Råvaror	44 %	71 %	41 %
Stora (fler än 250 anställda)	73 %	89 %	33 %
Mellan (50 till 250 anställda)	53 %	76 %	24 %
Små (färre än 50 anställda)	30 %	77 %	38 %

Data från enkät.

Av företagen som svarade på enkäten anger 43 procent att de använder eller köper komponenter tillverkade av återvunna material. Det finns inte någon stor variation

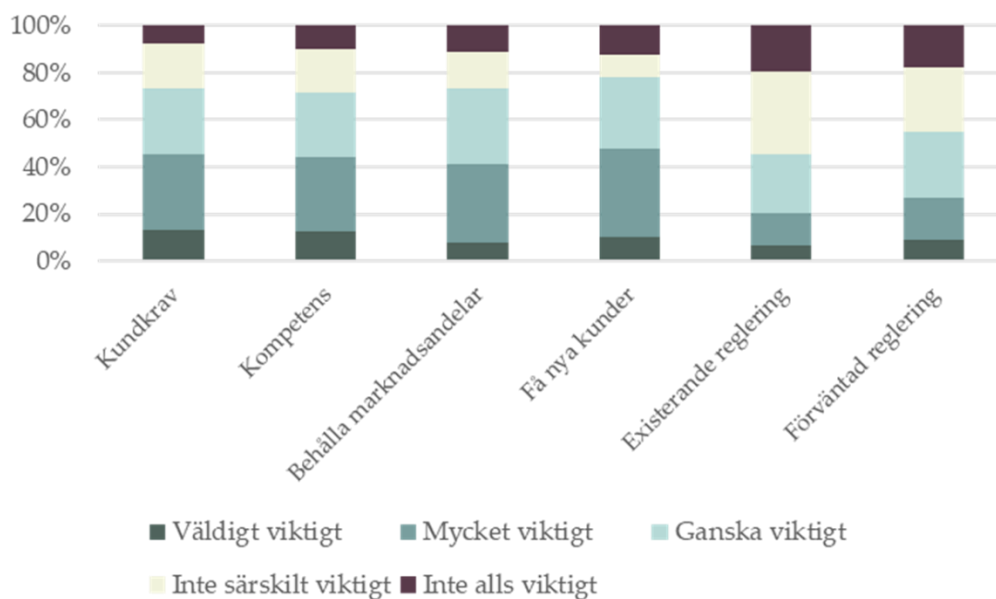
mellan olika branscher (Tabell 7). Däremot är det en stor skillnad mellan företag av olika storlek. Av företag med fler än 250 anställda anger 73 procent att de använder återvunna material. Det är nästan uteslutande bulkmaterial som är återvunna: av de företag som anger att de använder återvunna material eller köper komponenter tillverkade av återvunna material anger 80 % att det rör sig om bulkmaterial. Men användningen av återvunna andra metaller är inte obetydlig. En tredjedel av alla de företag som använder återvunna material svarar att det inkluderar metaller som inte kan klassas som bulkmetaller.

För att förstå drivkrafterna för att över 40 procent av företagen använder återvunna material i produktionen ställde vi en fråga kring motiven. Företagen fick på en femgradig skala ((i) väldigt viktigt; (ii) mycket viktigt; (iii) ganska viktigt; (iv) inte särskilt viktigt; (v) inte alls viktigt) ta ställning till vikten av sex olika motiv för beslut att öka användningen av återvunna material. Motiven var:

1. För att möta krav från kunder.
2. För att kunna visa oss ledande på miljöområdet då detta är avgörande för att kunna behålla eller rekrytera kompetens.
3. För att behålla marknadsandelar.
4. För att få nya kunder.
5. För att klara existerande statlig reglering.
6. För att klara förväntad statlig reglering.

Från företagens svar är det tydligt att de interna drivkrafterna (motiv 2, 3, och 4 ovan) och externa kundkrav (motiv 1) är viktigast för valet att använda återvunna material i produktionen. Nästan hälften av företagen anger dessa motiv som väldigt eller mycket viktiga (Figur 8). Statlig reglering anges inte som något starkt motiv. Drygt hälften av företagen anger att existerande statlig reglering inte alls varit viktig eller inte varit ett särskilt viktigt motiv. Något fler anger att förväntad statlig reglering är ett motiv. Det finns inga stora skillnader mellan hur företag från olika branscher eller storlek bedömer motiven.

Figur 8. Betydelsen för företagen av olika motiv för att öka användningen av återvunna material.



Data från enkät.

4.2 Återvinning av metaller

Förutsättningarna för återvinning av metaller påverkas av hur metallerna använts. Att återvinna metaller från en liten kompakt produkt som en mobiltelefon är inte det samma som återvinning av metaller från en bro. Den stora skillnaden finns i demontering och separering av metaller. Denna inledande fas av återvinningen karakteriseras även av att företag är specialiserade på en viss produkt. Det är därför olika företag som demonterar och sorterar ut metaller från fordon, elektronik och byggnader. Detta innebär att det kan finnas unika barriärer beroende på hur metallerna använts. Generellt är det småföretag som sorterar och demonterar uttjänta produkter. Större återvinningsföretag är kunder till företag som sysslar med demontering och sortering och har i sin tur smältverk som kunder för metallåtervinning (se Figur 1). Vi inleder med att beskriva återvinning av metaller från uttjänta fordon innan vi går vidare till elektronik och byggnader.

4.2.1 Återvinning av metaller från fordon

Fordon består av mycket stål, omkring 70 procent av fordonsvikten (Ademe 2019). Under senare år har andelen lågviktmaterial, till exempel aluminium och kolfiber, ökat då detta bidragit till lägre totalvikt och därmed mindre bränsleförbrukning. Samtidigt har fordonen utrustats med allt mera elektronik vilket inneburit ökat beroende av innovationskritiska metaller. Sällsynta jordartsmetaller finns bland annat i elmotorer, säkerhetssystem, bromsar och dörrar (Alonso et al. 2012). Riktigt starka magnetiska metaller, som neodymium och dysprosium, återfinns i elmotorer, högtalare och sensorer (Cullbrand & Magnusson 2012). Beroendet av innovationskritiska metaller och mineral förväntas bli ännu större i och med elektrifieringen av drivlinan. Fordonstillverkningen blir därför bland annat beroende av tillgången till kobolt, litium och grafit.

4.2.1.1 En stor del av massan återvinns men inte många metaller

Uttjänta fordon i Sverige hamnar initialt hos demonteringsföretag som avlägsnar vätskor och komponenter som är farliga för miljö och hälsa (Andersson et al. 2017). Demonteringsföretagen tar även bort reservdelar och återanvändningsbara delar som är rika på framför allt bulkmetaller (aluminium, koppar och stål). Elektroniska komponenter kan vanligtvis inte användas som reservdelar och är kostsamma att ta bort vilket gör att de blir kvar i det uttjänta fordonet som skickas vidare för automatiserad bearbetning. Det finns ungefär 300 småskaliga demonteringsföretag i Sverige och 3 större företag som har storskaliga automatiserade anläggningar för fragmentering och sortering av material. Material som inte går till metallåtervinning kan återvinnas som byggmaterial, medan vissa förbränns eller deponeras (Andersson et al. 2017).

Detta innebär att en stor del av massan av fordon idag återvinns i Sverige precis som i övriga EU. Enligt den svenska återvinningsrapporten 2017 för lätta fordon som omfattas av producentansvar var materialåtervinningen och återanvändningen drygt 86 procent. Detta innebär att Sverige precis som de flesta andra medlemsländerna i EU klarade målsättningarna i det så kallade ELV-direktivet (End-of-Life-Vehicle, 2000/53/EG).

4.2.1.2 Bara några få metaller återvinns

Majoriteten av de olika metallerna som finns i ett fordon återvinns dock inte (UBA 2017; Andersson et al. 2017). Det rör sig om de flesta av de innovationskritiska metaller som används i mycket små kvantiteter. De påverkar därför inte måluppfyllelsen av EU-direktivet. Samtidigt ökar dessa metallers betydelse i och med att fordon får allt fler elektriska komponenter. EU-kommissionens föreslagna förordning för batterier syftar därför bland annat till att skapa en marknad för återvinning och återanvändning av batterier från elfordon. Att dessa metaller inte återvinns eller återanvänds idag beror delvis på att det saknas metoder och ibland även lämplig teknik för demontering och

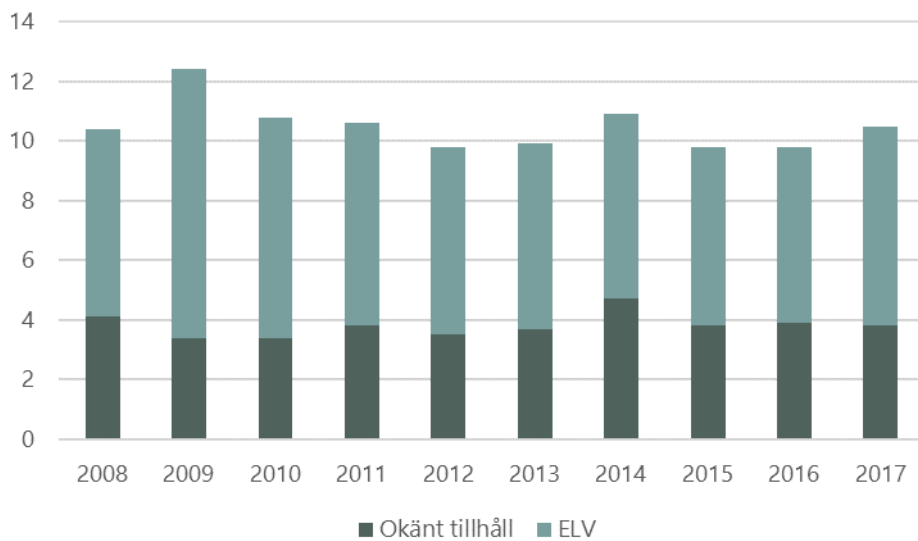
separering av dessa metaller (UBA 2017; Söderman & Ingemarsdottir 2014; van der Have 2017). Detta försvåras av att ett fordon innehåller en stor mängd metaller med en sammansättning som kan förändras snabbt, vilket skapar osäkra marknadsvillkor för återvinning (Ciavvi et al. 2015; van der Have 2017). Situationen accentueras av klimatpolitiken som fokuserar på utsläpp från drift av fordon. För att klara de politiska målsättningarna behöver fordonstillverkarna öka användningen av komplexa lättviktsmaterial och genomföra en elektrifiering av drivlinan (Tillväxtanalys 2020). Hittills har fordonsindustrin varit en viktig kund för återvunnet aluminium av lite lägre kvalitet. Ett elektriskt fordon behöver dock bara hälften av detta aluminium vilket redan nu märks på möjligheten att få avsättning för återvunnet aluminium i EU (Material Economics 2020). Detta innebär att det blir alltmer tidskrävande att demontera och separera metaller som finns i lägre koncentrationer i fordon. Idag är det lönsamt att spendera ungefär en halvtimme på att demontera en bil vilket innebär att komponenter och material bara kan sorteras mycket grovt. En annan betydande barriär är att demonterarna saknar information från fordonsproducenten om hur innovationskritiska metaller och mineral kan separeras från olika komponenter (Norden 2017). En konsekvens av att metallerna inte återvinns är att de hamnar utspridda på deponier eller som fyllnadsmassor för byggnader och infrastruktur (Andersson et al. 2017). En bidragande orsak till detta kan vara att deponering och energiåtervinning är alltför attraktivt ekonomiskt (Norden 2017). Detta gör en eventuell framtida användning av metallerna kostnadskrävande och de kan även sitta fast i konstruktioner som ska stå kvar i många decennier. En annan orsak till att återvinning av innovationskritiska metaller från fordon inte är lönsam kan vara att miljöaspekterna inte är fullt ut beaktade vid den primära utvinningen och förädlingen av dessa metaller (Norden 2017).

En annan viktig anledning till att många innovationskritiska metaller inte återvinns är den begränsade mängden och begränsade värdet av dem i uttjänta fordon. Baserat på världsmarknadspriser för metaller uppskattar Andersson et al. (2019) att stål, aluminium och koppar utgör 90 procent av metallvärdet i uttjänta fordon. För att motivera återvinning av andra metaller behöver därför priset på dessa vara högt, vilket är fallet för till exempel guld, silver, palladium och platina. Vissa innovationskritiska metaller och mineral återvinns därför från fordon. Palladium och platina återvinns från katalysatorer. Kobolt, molybden och mangan återvinns från metallegeringar, smörjmedel och magnetiska komponenter (Andersson et al. 2017). Silver, guld, palladium och rhodium återvinns från magnetiska komponenter (Andersson et al. 2017).

4.2.1.3 Återvinningen påverkas av att uttjänta fordon försvinner

Ett särskilt problem som påverkar förutsättningarna att skapa effektiva system för återvinning av metaller från fordon är att många fordon försvinner ur de reglerade återvinningssystemen. Enligt den officiella EU-statistiken hamnar ungefär 6 miljoner uttjänta fordon hos 13 000 auktoriserade demonterare varje år (se Figur 9). Antalet borde dock egentligen vara omkring 10 miljoner fordon. Mer än vart tredje fordon hamnar därför utanför det legala systemet (och därmed utanför ELV-direktivet). Ett stort antal försvinner olagligt ut ur Europa medan andra fordon hamnar hos icke auktoriserade demonterare eller dumpas i naturen (Mehlhart & Kosiriska 2017). Detta innebär allvarliga konsekvenser för människors hälsa och miljö. Uttjänta fordon innehåller farliga ämnen såsom spillolja, köldmedier och tungmetaller. Det är troligt att dessa ämnen inte behandlas korrekt när uttjänta fordon hanteras olagligt. Till exempel uppskattar Mehlhart och Kosiriska (2017) att det varje år i EU rör sig om mellan 20 och 55,2 miljoner liter miljöfarliga icke-bränslevätskor.

Figur 9. Uttjänta fordon (ELV) och fordon där det är okänt var de befinner sig i EU (miljoner per år)



Källa: för 2008 till 2014 Mehlhart och Kosiriska (2017), för 2015 till 2017 Trinomics (2020).

4.2.2 Återvinning av metaller från elektronik och elektriska apparater

Elektriska och elektroniska produkter har det gemensamt att de är beroende av elektrisk ström eller elektromagnetiska fält för att fungera. Det kan till exempel röra sig om dataskärmar, lampor, tvättmaskiner, solceller, stora medicinska apparater, dammsugare och mobiltelefoner. Med andra ord produkter som används brett i samhället.

Detta är produkter som är tillverkade av en mängd olika råvaror som har mycket olika och specifika elektrofysiska egenskaper. Mer än 60 grundämnen kan finnas i material och komponenter (Baldé et al. 2017). Den största delen av vikten utgörs generellt av bulkmaterial. Stål står för ungefär 50 procent av produkternas vikt (IVL 2019). Men även aluminium och koppar används i betydande omfattning, inte minst på grund av deras goda ledningsförmåga och formbarhet. Flera andra metaller, som nickel, krom, bly, silver, guld och platinagruppernas metaller, är vanliga då de används i motstånd, kondensatorer och omvandlare. Ofta används de dock i mycket små mängder. En grupp metaller som ofta lyfts fram är de sällsynta jordartsmetallerna. Dessa används i små eller mycket små mängder men är viktiga för många högteknologiska tillämpningar, till exempel permanentmagneter, batterier, lasrar och lysämnen (Bristøl 2015). EU har identifierat flera av dessa metaller som kritiska (EU 2020).

4.2.2.1 Allt mera till metallåtervinning men nivån är låg

I Sverige sorteras elavfall in i sju kategorier (TV-apparater och bildskärmar; kylar och frysar; stora vitvaror; belysning; lysrör; bärbara batterier; diverse elektriska varor). Detta sker på återvinningscentraler innan de skickas vidare till återvinningsanläggningar för sortering och demontering (IVL 2019). Efter demontering av farliga ämnen och komponenter sorteras avfallet mekaniskt i olika fraktioner (till exempel metaller, plast och glas) som sedan transporteras vidare till återvinnings- eller uppberedningsanläggningar. Sorteringen i olika fraktioner är grov vilket innebär att ett stort materialvärde förloras, bland annat genom att ädelmetaller hamnar bland annat metallskrot.

Finansiella transaktioner för behandlingen av elavfall i Sverige styrs framför allt av upphandlingar som organiseras av El-Kretsen, ett icke-vinstdrivande företag som ägs av 19 branschföreningar. Syftet med detta är att säkerställa att krav på producentansvar

efterlevs. Upphandlingarna reglerar kostnaden för att ta hand om elavfall och intäkterna från de metaller som finns i avfallet. Detta kan jämföras med hur transaktioner sker för uttjänta fordon, där processen är mer diversifierad. Fordonstillverkare ställer krav på demonterare att uppfylla producentansvaret i utbyte mot att demonteringsföretaget får alla värden som kan extraheras ur de uttjänta fordonen. Dessa skillnader innebär att de finansiella riskerna är olika för aktörer inom fordons- och elproduktbranscherna. Systemet för elavfall innebär att eventuella höga återvinningskostnader fördelas mellan många företag. I systemet för uttjänta fordon bär demonteringsföretaget alla finansiella risker. Detta innebär till exempel att företag som demonterar uttjänta fordon behöver täcka eventuella ökade återvinningskostnader. Resultatet är att incitamenten för metallåtervinning inte är de samma. Över lag är systemet för elavfall mindre känsligt för finansiella risker, det vill säga höga återvinningskostnader och låga metallpriser.

Avfallsflödet från elektriska produkter har ökat snabbt i Sverige och övriga världen. Genomsnittet i världen år 2016 har beräknats till 6,1 kg per person vilket kan jämföras med 5,8 kg per person bara två år tidigare (Baldé et al. 2017). Bara 20 procent av elavfallet bedömdes 2016 ha samlats och återvunnits på ett sätt som tillfredsställer de regleringar som finns. Det är oklart var över 75 procent av elavfallet verkligen hamnar. Baldé et al. (2017) gör bedömningen att det mesta blir illegalt dumpat eller att det transporteras för återvinning i utvecklingsländer med billigare arbetskraft och med svagare regelverk för miljö- och arbetsskydd.

Mängden elavfall i EU var 12,3 miljoner ton år 2016 vilket innebär 16,6 kg per person. Bara ungefär en tredjedel av detta bedöms ha behandlats i enlighet med befintliga europeiska bestämmelser (EU 2018). Detta innebär att många länder har svårt att nå målen för EU:s elavfallsdirektiv WEEE (Waste Electronics and Electrical Equipment, 2012/19/EU). Enligt detta direktiv ska medlemsländerna antingen samla in 65 procent av den genomsnittliga vikten av elektronik och elektriska apparater som sålts på marknaden under de tre föregående åren eller 85 procent av det elavfall som skapats i landet. Andelen insamlat elavfall varierar dock mycket mellan olika medlemsländer.

4.2.2.2 Bara tre av EU:s länder klarar målsättningen

Bara tre länder klarade EU direktivets mål 2019. Det var Schweiz, Bulgarien och Kroatien (UNITAR 2020). Irland, Estland och Ungern är ganska nära måluppfyllelse medan flera stora medlemsländer ligger långt ifrån. Utifrån beräkningsmetoden för 65-procentsmålet var andelen i Italien 42 procent, i Tyskland 43 procent, i Frankrike 46 procent och i Spanien 51 procent. Sveriges andel år 2018 var 54 procent vilket var lägre än Polens. Enligt svenska beräkningar var dock andelen 65 procent (SOU 2021) vilket visar på stora osäkerheter i data. I jämförelse med andra länder ligger Sverige bättre till om beräkningsmetoden för 85-procentsmålet används men samtidigt är måluppfyllelsen alltfjämt ganska avlägsen. UNITAR (2020) beräknar Sveriges andel till 70 procent år 2018. Det är bara Polen (77 procent) och Ungern (88 procent) som har högre andel.

Återvinningen i de flesta europeiska länderna inriktar sig främst på metaller av högt värde och som kräver små demonteringsinsatser vilket innebär låga arbetskostnader. Det rör sig till exempel om datorchassin och kraftaggregat. Detta betyder att stål, koppar och aluminium är de metaller som vanligtvis återvinns först. Mindre beståndsdelar med elektroniska komponenter är vanligtvis för dyra att demontera och återvinna på grund av höga kostnader för arbetskraft och att de genererar små metallvolymmer. Detta innebär att återvinningen av kritiska metaller från elavfall generellt är låg (Graedel et al. 2011). Det finns dock undantag och det är inom återvinningen av ädelmetaller, platinagruppens metaller och kobolt som kan ha en återvinningsgrad på 50 procent. Många mindre elektroniska komponenter plockas isär och förbränns eller deponeras. Det är inte heller

ovanligt att delar av elavfallet skickas illegalt till utvecklingsländer för okontrollerad återvinning vilket utgör en stor risk för lokalbefolkningens hälsa och allvarliga miljöföroreningar (IVL 2019). En slutsats från UNITAR:s granskning (UNITAR 2020) av WEEE-direktivet är att illegal export är en av de viktigaste orsakerna till den dåliga måluppfyllelsen.

Granskningen från UNITAR visar även på andra orsaker till den låga måluppfyllelsen. Några av dessa har att göra med dålig dokumentation och kontroll vilket i realiteten innebär att mer metaller återvinns än vad som syns i statistiken. Några av de viktigare orsakerna är de följande.

- Elavfall som hamnar som metallskrot. I dessa fall är risken stor att det inte registreras som elavfall. Detta rör sig många gånger om stora elektriska produkter med högt metallinnehåll av stål, aluminium och koppar.
- Elavfall som slängs som sopor. Detta flöde riskerar att hamna på deponi.
- Elektriska produkter som exporteras och återanvänds. Kan till exempel röra sig om mobiltelefoner som säljs vidare till utvecklingsländer.
- Hamstring av uttjänta elektriska produkter, det vill säga att uttjänta produkter som inte används längre inte lämnas in för återvinning utan sparas i hushållet eller i företaget.

4.2.2.3 Det finns tekniska utmaningar

Men insamlingen av uttjänt elektronik och elektriska apparater är inte de enda utmaningar som begränsar metallåtervinningen. Bacher et al. (2016) kommer till slutsatsen att produkternas design och insamlingen av uttjänta produkter är de största utmaningarna för återvinningen av elektronik och elektriska apparater. De designrelaterade utmaningarna har att göra med att produkterna är komplexa och består av många olika material samt att det ofta är okänt vilka material som finns i produkten och var de finns. Dessa utmaningar gäller framför allt de flesta av de innovationskritiska metallerna eftersom koncentrationerna av dessa vanligtvis är små. Dessa utmaningar ökar eftersom många av produkterna kontinuerligt får förbättrad prestanda och nya funktioner vilket uppnås genom användning av ett ökat antal mindre komponenter, kompaktare förpackning, fler integrerade material och fler metallegeringar. Denna utveckling sker många gånger utan att hänsyn tas till demontering och separation av olika material (New Innonet 2016). En särskild utmaning skapas av att det idag är tidskrävande att identifiera enskilda produkter. Om det är svårt att identifiera produkten blir det meningslöst att det finns information om hur olika produkter kan demonteras och separeras. För att effektivisera identifieringen av produkter diskuteras produktpass i EU och Sverige.⁶

Komplexiteten i designen av elektronikprodukter och elektriska apparater skapar också rena tekniska utmaningar. Det finns till exempel inte någon kommersiell automatiserad metod för demontering av elektroniska komponenter. Huvudalternativet är manuell demontering. Detta driver upp kostnaderna och leder till att fokus hamnar på metaller av mycket högt värde eller på enheter med höga koncentrationer av en specifik metall. Samtidigt kan den manuella demonteringen vara en möjlighet för sysselsättning. Till exempel samarbetar El-Kretsen kring demontering av elektronikgods med ett antal återbruk som bygger på arbetsrehabiliterande verksamhet. Den manuella demonteringen i dessa anläggningar möjliggör att stora mängder ädelmetaller kan omhändertas.

⁶ Enligt regeringens handlingsplan för Cirkulär ekonomi ska Sverige verka för att EU inför produktpass.

Det finns inte industriella processer för majoriteten av de innovationskritiska metallerna på marknaden. Det sker inte heller några investeringar i denna typ av återvinningsanläggning (Nunweiler 2017). Många gånger är det dessutom tekniskt svårt att separera ut innovationskritiska metaller från komplexa konstruktioner och legeringar (Bacher et al 2016). Processen försvåras även av förekomsten av giftiga eller farliga ämnen såsom kvicksilver, bly, galliumarsenid och beryllium i många produkter.

Ett grundläggande problem för återvinningen av flera metaller är att det saknas teknik som möjliggör identifiering av de många metallerna i produkter. Det går således inte att i stor skala identifiera vilka metaller som finns i olika komponenter i en produkt. Den snabba teknikutvecklingen innebär dessutom att det inte går att skapa ett bra lärande.

Sammantaget innebär detta att det i jämförelse med bulkmetaller är relativt dyrt att återvinna innovationskritiska metaller vilket innebär att de bara återvinns om de betingar ett högt pris (Andersson et al. 2019).

4.2.3 Återvinning av metaller från byggnader och infrastruktur

Under det senaste århundradet har den totala användningen av byggmaterial i världen ökat med faktor 42 (Krausmann et al. 2009). Under samma period har den ackumulerade mängden material som finns i byggnader och infrastruktur ökat med faktor 23 (Krausmann et al. 2017). Metaller utgör dock bara en mindre del av det totala materialet, omkring 10 till 15 procent (EU 2017; Shooshtarian et al. 2020). En mycket stor andel av metallerna som finns i byggnader och infrastruktur återvinns. En grov uppskattning från Kanada är att cirka 90 procent av stålet som finns i rivningsavfall återvinns, 10 procent återanvänds och bara en bråkdel går till deponi (Gorgolewski et al. 2006). I EU uppskattas återvinningen av aluminium i byggnader och infrastruktur vara 90 procent (European Aluminium 2016).

Efter gruvsektorn är byggsektorn den sektor som genererar mest avfall i Sverige, totalt 13 miljoner ton under 2018 varav 6 procent var farligt avfall (Naturvårdsverket 2020). De stora mängderna kommer från infrastruktur- och anläggningsprojekt eller muddring. Bostadsbyggande står för mindre än 10 procent. Detta innebär att de största avfallskategorierna är jord (schaktmassor), mineraliskt bygg- och rivningsavfall (betong, tegel, klinker, asfalt och liknande) samt muddermassor. Avfallet består således främst av material som är tungt, enkelt att återvinna men har ett lågt ekonomiskt värde. Konventionell materialåtervinning som har ett högre ekonomiskt värde, till exempel återvinning av metaller, plast och papper, står endast för 1,8 procent av det totala avfallet från byggsektorn (Naturvårdsverket 2020). Samtidig konstaterar Naturvårdsverket att betydande flöden av bygg- och rivningsavfall saknas i statistiken. Detta har även uppmärksammats av EU vid deras granskning av avfallsdirektiven (EU 2017, direktiv 2008/98/EC). Tillsammans med nio andra medlemsländer fick Sverige betyget "dåligt" när det gäller den officiella statistiken för bygg- och rivningsavfall. Tio länder fick betyget "måttligt" medan nio länder fick betyget "bra", bland annat Danmark, Tyskland, Nederländerna och Polen.

En barriär som begränsar möjligheten att återvinna material av god kvalitet eller rent av återanvända material från avfall från byggnader och infrastruktur är tillgången till information. En svårighet med detta är att det rör sig om konstruktioner som många gånger skapades för decennier sedan med begränsad hänsyn till återvinning och återanvändning. Naturvårdsverket, Boverket och branschorganisationen Sveriges byggindustrier genomför därför gemensamma vägledningsskampanjer samt informations- och utbildningssatsningar. Det handlar bland annat om att förbättra materialinventeringar av byggnader inför rivningar så att det går att identifiera material

och produkter för återanvändning, avfall som kan materialåtervinnas samt farligt avfall så att det kan tas om hand på ett miljömässigt godtagbart sätt. För att främja sorteringen vid bygg- och rivningsverksamhet har det införts krav på användning av sex avfallskategorier (varav metaller är en). Från den 1 augusti 2020 införs krav på att i planen redovisa vilka byggprodukter som kan återanvändas och hur dessa ska tas om hand, vilket avfall som åtgärden kan ge upphov till och hur avfallet ska tas om hand, särskilt hur man avser att möjliggöra dels materialåtervinning av hög kvalitet, dels avlägsnande och säker hantering av farliga ämnen.

4.3 Sammanfattning – användning och barriärer vid återvinning av metaller

Svaren på de initiala frågorna i kapitlet kan från ovanstående genomgång kortfattat sammanfattas.

Hur kommer efterfrågan på metaller att utvecklas?

- Efterfrågan på bulkmetaller drivs på av urbanisering och ekonomisk tillväxt som leder till ökad konsumtion av fordon, elektronik och elektriska apparater.
- Efterfrågan på de flesta innovationskritiska metaller drivs på av digitaliseringen av samhället och elektrifieringen av transporter och industrier.
- Om inte den globala ekonomiska utvecklingen stannar av kommer primära metaller behövas i decennier. Andelen sekundära metaller kan dock öka till omkring 50 procent år 2050.

Finns det drivkrafter för en ökad efterfrågan på återvunna metaller?

- Flera industribranscher efterfrågar återvunna bulkmetaller. Särskilt gäller detta större företag (fler än 250 anställda). Detta motiveras av att företagen vill bli mer hållbara eftersom det skapar förutsättningar för att rekrytera och behålla kompetens, för att komma in på nya marknader eller bevara marknadsandelar. Flera företag möter även kunder som ställer krav på återvunna metaller. Statlig reglering är ett mindre viktigt motiv. Det finns inte någon stor skillnad mellan branscher.

Vad finns det för barriärer i användningen av metaller som begränsar möjligheten och lönsamheten i återvinningen av metaller?

- Återvinningen av bulkmetaller från uttjänta produkter, byggnader och fysisk infrastruktur fungerar väl. Det rör sig om stora volymer och metallerna har ett betydande värde.
- Det finns flera barriärer som begränsar återvinningen av flera innovationskritiska metaller. Betydande barriärer för återvinning av dessa metaller från uttjänta fordon, elektronik och elektriska apparater är de följande.
 - Avsaknad av information. Företag som demonterar uttjänta produkter och företag som ska separera metaller saknar ofta information om vilka metaller som finns i produkterna och var dessa finns. Om denna information finns behöver dock enskilda produkter kunna identifieras, vilket skulle underlättas med produktpass.
 - Produktdesignen. De innovationskritiska metallerna finns ofta i mycket små koncentrationer i produkter som utvecklas i snabb takt.
 - Demonteringen behöver ske manuellt. Det saknas tekniska lösningar för demontering, bland annat eftersom produkters design ändras kontinuerligt.
 - Tekniska utmaningar. Komplexiteten i metallsammansättningen innebär tekniska utmaningar när metaller ska separeras.

- Det är oklart var många uttjänta fordon, elektronik och elektriska apparater hamnar. I EU finns det reglering som syftar till att återvinningen av dessa produkter ska ske hållbart. Att produkter försvinner påverkar lönsamheten för företag som följer regelverken och försvarar för metallåtervinningen.

5. En samlad analys – barriärer

I detta kapitel parar vi ihop iakttagelserna i kapitel 3 och kapitel 4 med de tre formerna av barriärer: ofullständig konkurrens, ofullständig information och negativa externaliteter. Bara för att det förekommer barriärer är det dock inte givet att en ökad återvinning alltid är samhällsekonomiskt motiverad. Miljövinsten med en övergång till mer cirkulära produktionsmetoder är inte nödvändigtvis större än de eventuellt ökade produktionskostnaderna. Inte heller innebär en ökad återvinning nödvändigtvis effektivare marknader. Det kan till exempel röra sig om att demonterare av produkter saknar information om en viss metall men att denna information skulle finnas om det var lönsamt att återvinna metallen. Policymisslyckanden i statens hantering av barriärer finns med i analysen när detta är relevant.

5.1 Ofullständig konkurrens som förvärras av nationella särintressen

Vår analys visar att det inte finns en väl fungerande marknad för samtliga metaller. Man behöver åtminstone skilja på marknaderna för bulkmetaller, ädelmetaller och innovationskritiska metaller. Marknaden för bulkmetaller är mer mogen. Även om bulkmetaller ofta handlas bilateralt mellan producent och industrikunder finns det en öppen metallbörs som ger riktmärken för priserna. Bulkmetaller produceras och handlas i stora volymer till ett ganska högt pris. Ädelmetaller handlas också på metallbörs. I jämförelse med bulkmetallerna är dock volymerna mycket små men priset på ädelmetaller är högre. För många innovationskritiska metaller saknas det en öppen metallbörs vilket innebär att det är svårare att bedöma priser.

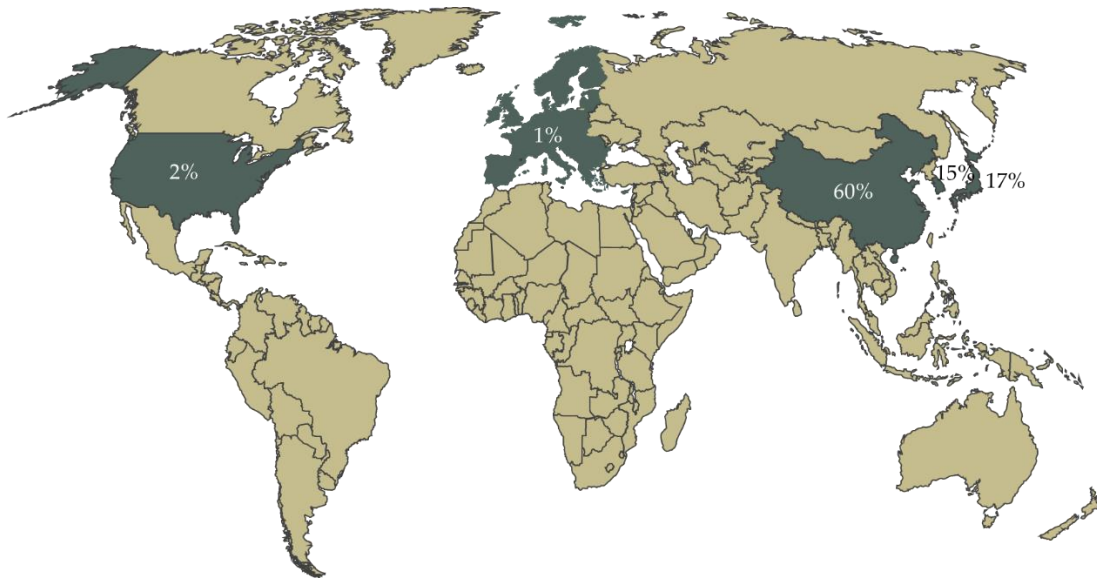
5.1.1 Kina dominerar produktionen av förädlade metaller

Det finns dock många gånger en likhet mellan bulkmetaller och innovationskritiska metaller: Kina har en oligopolställning när det gäller produktionen av förädlade metaller. För alla de åtta metaller som belysts lite mer utförligt i denna analys har Kina över 50 procent av produktionen av förädlad metall.

Denna oligopolställning märks framför allt kring innovationskritiska metaller där Kina mer tydligt utnyttjar sin marknadsmakt. Det tydligaste exemplet är när Kina slutade exportera sällsynta jordartsmetaller till Japan hösten 2010 vilket innebar produktionsstörningar för japansk tillverkningsindustri. Kina använder emellertid framför allt exportrestriktioner för att gynna kinesiska intressen i tillverkningsindustrin och inte som påtryckningsmedel på andra länder (Tillväxtanalys 2017; Shen et al. 2020). Genom exportrestriktionerna ökar intäkterna för råvaruindustrin, men framför allt gynnas kinesisk tillverkningsindustri av lägre metallpriser än deras internationella konkurrenter har. Detta är tydligast på marknader under snabb utveckling, till exempel solceller och litiumjonbatterier, där tillgången till innovationskritiska metaller är en förutsättning för tillverkning. Det strategiska agerandet har bidragit till att Kina till exempel hade 60 procent av produktionen av litiumjonbatterier år 2019 och trenden är att dominansen förstärks (se Figur 10).

Men det är inte bara Kina som använder handelsrestriktioner. För andra länder är dock syftet generellt ett annat: att skydda egen metallindustri. Det finns många exempel på importrestriktioner för bulkmetaller, särskilt järn och stål. Under senare år har detta varit fallet i till exempel USA, EU och Indonesien.

Figur 10. Globala produktionen av litiumjonbatterier 2019.



Data från Pillot 2019.

5.1.2 Lönsamheten i återvinningen försvåras av att den är arbetsintensiv

En annan likhet mellan bulkmetaller och innovationskritiska metaller är att kostnaderna för utvinning och förädling av dem generellt är lägre i stora energiintensiva anläggningar. Lägre koncentrationer av mineral i gruvor har inte inneburit nämnvärt högre produktionskostnader. Detta beror bland annat på ökad automatisering. Konsekvensen är att gruvindustrin uppvisar ökad arbetsproduktivitet, det vill säga mer utvunnen mineral för mindre arbetsinsats (Ayres 1997).

Denna massproduktion har bidragit enormt till ekonomiskt välstånd genom att hålla nere kostnader och priser på tillverkade varor vilket ökar marknadens storlek och driver ekonomisk tillväxt. Samtidigt skapar det ett dilemma för återvinning av många metaller.

Att skapa liknande skalfördelar för återvinning av metaller är nämligen inte möjligt. Detta följer av att det är svårare att skapa lärande eftersom produkters design och innehåll kontinuerligt förändras. Särskilt gäller detta produkter med relativt kort livslängd, till exempel elektronik, och innovationskritiska metaller. Dessa metaller finns i mycket små koncentrationer och det är ofta tidskrävande att separera ut dem ur produkter. Detta innebär att återvinning av metaller till sin natur är mer arbetskrävande än primärtillverkningen.

Den historiskt rådande utvecklingen mot ökad arbetsproduktivitet påverkas även av politiska beslut. Det är utifrån detta perspektiv inte konstigt att mål för återvinning av metaller från fordon och elektriska produkter uttrycks i termer av volym och inte i termer av kvalitet eller specifika metaller. Det märks också på de effektiva skattenivåerna. Den effektiva skattenivån för en gruva i Sverige har bedömts ligga mellan 22 och 27 procent (Tillväxtanalys 2016; GMP Securities 2020). Någon liknande bedömning finns inte för återvinning av metaller. I Australien har det dock bedömts att över 90 procent av kostnaderna för demontering och sortering av elavfall utgörs av arbetskostnader (Dias et al. 2019). Om detta också gäller Sverige indikerar det att den effektiva skattenivån kan vara ungefär dubbelt så hög som den för gruvor. Detta innebär att omkring 25 procent av kostnaden för att utvinna ett kg koppar från en gruva utgörs av skatter medan motsvarande andel är betydligt högre om kopparen kommer från elavfall. Samtidigt har

vi tidigare konstaterat att en högre skattenivå för svenska gruvor riskerar att göra dem olönsamma (Tillväxtanalys 2016). Detta följer av att gruvnäringen är global och subventionerad (OECD 2017).

Den rådande situationen leder till att det inte är lönsamt att återvinna många metaller och därmed att produkter inte heller behöver designas för att underlätta återvinning av dessa metaller. Detta är dock på väg att ändras. Allt fler storföretag utvecklar cirkulära affärsmodeller för sina egna produkter som inkluderar metallåtervinning. Ett exempel från kapitel 3 är Audis samarbete med aluminiumindustrin kring återvinning av aluminiumdelar från uttjänta fordon. Ett annat exempel är Sandvik som skiftar mot alltmer cirkulära affärsmodeller med slutna kretslopp där materialens värde bevaras. Målet är att nå 90 procent cirkularitet. Att utveckla cirkulära affärsmodeller för vissa metaller är ofta lönsamt för dessa större företag då de kan själva skapa tillräckligt stora flöden, det är rationellt att bevara kvaliteten på metallerna och återvinningen minskar sårbarheten för externa störningar. Detta innebär att företagen tänker mer i termer av cirkulära produkter medan politiken ofta fokuserar på cirkulära flöden för material. Det kan därför finnas skäl att även politiken fokuserar mer på cirkulära produkter som går i linje med denna utveckling.

För nya företag och mindre företag som inte har möjlighet att utveckla cirkulära affärsmodeller på samma sätt är situationen en annan. Nya företag kan få svårt att konkurrera med etablerade storföretag eftersom det behövs ett lager av egna produkter om man ska kunna bygga cirkulära affärsmodeller. Denna effekt blir ännu större om det finns lagkrav på att använda återvunna metaller. Ett exempel på detta är EU-kommissionens förslag till batteriförordning som riskerar att gynna etablerade aktörer men försvåra för nya aktörer att etablera sig eftersom de kan få det mycket svårt att klara kraven på återvunna metaller. Små företag har ofta alltför små flöden för att utveckla cirkulära affärsmodeller för metaller (eventuellt med undantag för ädelmetaller).

5.2 Ofullständig information – ett problem för återvinning

I kapitel 3 och 4 finns det flera exempel på att marknaderna för innovationskritiska metaller inte är kompletta. Det rör framför allt att information försvinner i leverantörskedjorna och att kostnaden för att ta kontroll över informationen är betydande. Som redan nämnts skulle utvecklingen av en öppen marknad för återvinning av metaller av olika kvalitet leda till transaktionskostnader. Men detta är inte det enda problemet.

5.2.1 Återvinning försvåras av stora brister på information

En slutsats från vår analys är att innovationskritiska metaller generellt inte återvinns mer än marginellt. Det finns flera orsaker till detta men en är bristen på information. Detta är extra tydligt för uttjänta fordon, elektronik och elektriska apparater, det vill säga komplexa produkter med många innovationskritiska metaller. För att företag som demonterar dessa produkter ska kunna återvinna dessa metaller behöver de ha kunskap om vilka metaller som finns i produkterna och var de finns. Detta är dock affärshemligheter som tillverkare av produkten eller dess komponenter inte vill offentliggöra (Tillväxtanalys 2020). För att företagen som demonterar produkterna ska kunna sortera ut innovationskritiska metaller behöver de generera denna kunskap själva. Detta är dock något som försvåras av att innovationskritiska metaller finns i små koncentrationer i produkterna, liksom av den snabba teknikutvecklingen. Produkters design förändras kontinuerligt för att förbättra den tekniska prestandan och för att

minska produktionskostnaden genom att göra produkten mer kompakt. Detta innebär att kunskap om hur produkter ska demonteras snabbt blir inaktuell.

Flera vetenskapliga analyser identifierar informationsbrist och produktdesign som betydande barriärer för metallåtervinning. Även EU-direktivet för uttjänta fordon, EU:s elavfallsdirektiv samt EU-kommissionens förslag till batteriförordning ställer krav som syftar till att hantera dessa barriärer. Det är dock inte tydligt att detta verkligen rör sig om marknadsmisslyckanden utan det handlar egentligen primärt om att informationen inte finns tillgänglig eftersom det är olönsamt att återvinna många innovationskritiska metaller. Hade det varit lönsamt att återvinna dessa metaller skulle förmodligen informationen oftare finnas och produktdesignen anpassas för återvinning.

5.2.2 Men staten kan skapa kostnader som driver en illegal marknad

Att tvinga fram information riskerar att leda till att uttjänta produkter och komponenter hanteras utanför de kontrollerade systemen. I kapitel 4 har vi visat att detta redan är ett problem idag då en betydande andel av de uttjänta fordonen, elektroniken och elektriska apparaterna i EU inte hanteras enligt de regelverk som är implementerade.

Ökade statliga krav på återvinning av material från uttjänta produkter leder till högre transaktionskostnader. Det följer av att kraven innebär att företag behöver utveckla informationssystem eller designa om sina produkter för att underlätta återvinning av material. En effekt av detta är att det blir än mer lukrativt att inte följa regelverken. Detta innebär inte bara sämre lönsamhet för de företag som följer regelverken utan även att metallåtervinning i stort hämmas.

Från kapitel 3 och 4 är det i detta sammanhang viktigt att komma ihåg att demontering och sortering utförs av hundratals aktörer lokalt men "rena" metaller produceras i några få smältverk. Till exempel demonteras katalysatorer från fordon av skrothandlare i Sverige och skickas sedan till Storbritannien för vidare förädling. Höga transaktionskostnader för transporter kan därför vara förödande för metallåtervinningen.

5.3 Negativa externaliteter är inte fullt ut internaliserade

Från kapitel 3 är det tydligt att utvinning och förädling av metaller och mineral är förknippat med betydande negativa externaliteter. Det rör sig om enorma mängder gruvavfall, utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen och material och betydande utsläpp av växthusgaser. En övergång till återvunna metaller minskar generellt dessa negativa externaliteter, inte minst utsläpp av växthusgaser. Samtidigt är en viktig slutsats från kapitel 3 att statliga insatser för gruvnäringen och efterföljande förädling ofta drivs av attraktivitet. Detta tar sig många gånger uttryck i att nya eller förändrade styrmedel ska stärka den nationella gruvnäringen och processindustrins globala konkurrenskraft eller att konkurrenskraften inte ska påverkas negativt. Konsekvensen blir att priset på jungfruliga metaller inte fullt ut speglar de negativa effekter som uppstår. Det kan till exempel röra sig om att priset på utsläpp av växthusgaser inte internaliseras i priset fullt ut och att länder har en svag eller dåligt implementerad lagstiftning kring miljöproblem och sociala problem.

5.4 Sammantaget – återvunna metaller missgynnas

Mycket talar för att efterfrågan på metaller kommer att fortsätta att öka under kommande decennier vilket innebär att jungfrulig utvinning och förädling kommer att behövas. Särskilt gäller detta innovationskritiska metaller där behovet förväntas öka snabbt

samtidigt som det inte finns ett lager av dessa metaller i samhället som kan användas för återvinning. Andelen återvunna metaller förväntas dock öka särskilt om den globala temperaturökningen ska begränsas till under 2 grader. År 2050 kan över hälften av metallerna vara sekundära enligt många bedömningar (se kapitel 4.1.2).

Vår genomgång visar dock på flera barriärer för en ökad återvinning. Flera av dem bottnar i fundamentala marknadsförutsättningar men det förekommer även såväl policymisslyckanden som marknadsmisslyckanden. Marknadsförutsättningar som missgynnar återvinning är att den är betydligt mer arbetsintensiv och att det är svårt att skapa stordriftsfördelar. Exempel på policymisslyckanden är att åtgärder för primära metaller som syftar till att utveckla eller behålla attraktivitet snedvrider konkurrensen till återvunna metallers nackdel. Exempel på marknadsmisslyckanden är att priset på primära metaller inte fullt ut speglar de negativa effekter som uppstår vid utvinningen och förädlingen av metaller och mineral. Många gånger resulterar dessutom de statliga insatserna som syftar till att hantera dessa marknadsmisslyckanden och barriärer för återvunna metaller i betydande kostnader. Det sammantagna resultatet blir att sekundära metaller får svårt att konkurrera med primära metaller vilket bland annat märks på att det i stort sett bara är bulkmetaller och ädelmetaller som återvinns idag. En central fråga är därför vilka metaller som egentligen skulle återvinnas i större utsträckning om marknaden fungerade perfekt. Svaret på denna fråga är avgörande för om problemen bottnar i marknadsmisslyckanden som motiverar statlig intervention. Om en analys visar att det egentligen skulle vara samhällsekonomiskt lönsamt med ökad återvinning av en specifik metall är det fortfarande inte givet att staten ska korrigera för marknadsmisslyckandet. Flera av de problem som idag kopplas till ofullständig information skulle eventuellt kunna hanteras av marknadsaktörer utan statlig inblandning förutsatt att det var lönsamt att återvinna metallerna.

6. Reflektioner – områden för djupare analys

Sverige är en liten öppen ekonomi som i det globala perspektivet har en marginell efterfrågan på metaller. Svenska staten kan därför inte genom egna insatser hantera de marknads- och policymisslyckanden som identifierats mer än marginellt.

Det mest effektiva sättet att förbättra marknaden för metaller skulle vara att hantera de marknadsmisslyckanden som identifieras i rapporten. Detta skulle dock behöva ske globalt och det finns inte mycket som talar för en sådan utveckling. EU:s gröna giv och industristrategi samt Kinas och USA:s industripolitik blir snarast alltmer geopolitiska. Detta innebär att nationella intressen ska skyddas vilket skapar ett behov av att öka attraktiviteten för inhemsk industri och därmed stärka dess konkurrenskraft. Frågan vi ställer är därför hur marknads funktionalitet kan stärkas utifrån denna verklighet.

För staten och dess agerande är kanske den viktigaste slutsatsen i denna rapport att återvinningen av många metaller är marginell eftersom den är olönsam. Särskilt gäller detta många innovationskritiska metaller. Dessa metaller har ett alltför lågt värde och det är för dyrt att demontera och separera ut dem från uttjänta produkter. Delvis beror detta på att utvinningen och förädlingen av primära metaller är direkt och indirekt subventionerade genom stöd som syftar till att säkerställa konkurrenskraften eller stärka attraktiviteten hos inhemsk gruv- och processindustri. Dessa subventioner ger lägre metallpriser. Samtidigt bidrar skatter på arbete till att återvinning blir dyrt eftersom demontering av komplexa produkter och sortering av metaller är arbetsintensivt. En fråga som allt oftare ställs är därför om staten ska stimulera framväxten av en marknad för återvunna metaller.

Nedan beskriver vi ett antal kunskapsunderlag som är viktiga för att skapa mer effektiva marknader.

6.1 Kunskapsunderlag för bättre fungerande marknader

Svenska regeringen skulle kunna initiera en djupare analys av existerande styrmedel och belysa hur dessa påverkar (i) konkurrensen mellan primära och sekundära metaller och (ii) företags incitament att skapa effektiva marknader för återvunna metaller med bibehållen kvalitet. Ett sätt att angripa detta skulle vara att bedöma hur befintliga ekonomiska styrmedel, inklusive relevanta skatter, påverkar dessa två aspekter. En sådan bedömning behövs för att sakligt kunna diskutera behov av nya eller förändrade styrmedel och inte minst om det är motiverat med styrmedel som syftar till att skapa en marknad för återvunna metaller. Analysen behöver göras separat för bulkmetaller, ädelmetaller och andra innovationskritiska metaller.

Denna analys skulle vara en viktig grund för diskussioner i EU om konstruerade marknader för återvunna metaller. EU-kommissionens föreslagna batteriförordning är ett exempel på att denna utveckling redan pågår. Detta sker dock utan en grundlig analys av konsekvenserna. Enligt kommissionens förslag kommer det att finnas krav på andelen återvunna metaller i batterier. År 2030 ska till exempel batterier ha minst 12 procent återvunnen kobolt och 4 procent återvunnen litium. År 2035 kommer de erforderade andelarna vara 20 procent respektive 10 procent. Detta kan verka vara låga nivåer men de är anpassade till litiumjonbatteriers tekniska livslängd. För att klara dessa målsättningar behöver batteritillverkarna säkerställa tillgången på återvunna metaller.

Det är troligt att många av dem kommer att göra detta genom cirkulära affärsmodeller där batteritillverkarna får tillbaka sina egna batterier när de är uttjänta. En konsekvens av detta skulle bli att nya aktörer kommer att få problem att nå målen eftersom de inte har egna uttjänta batterier som kan återvinnas och att Baselkonventionen försvårar handel med återvunna metaller. Förordningen riskerar således att bli konkurrenshämmande om inte insatser vidtas för att säkerställa tillgången till återvunna batterimetaller på mer lika villkor.

En djupare analys för Sverige kan även inkludera flera aspekter, till exempel Industriklivet som administreras av Energimyndigheten, och hur dessa påverkar konkurrensen mellan primära och sekundära metaller. Andra exempel är hur utformningen av EU:s handelssystem för utsläppsrätter och skattesystemet påverkar konkurrensen. Vi kommer att belysa några av dessa aspekter närmare i kommande delstudier inom ramprojektet.

6.2 Kunskapsunderlag för bättre informationstillgång

Flera av de barriärer som finns för återvinning av metaller orsakas av att komponenter och produkter inte produceras med utgångspunkt i att material enkelt ska kunna demonteras och separeras för återanvändning eller återvinning. I takt med att efterfrågan på återvunna material ökar kan en positiv utveckling inom detta område sannolikt drivas på av högre marknadspriser och nya affärsmodeller. Det kan dock behövas kompletterande eller modifierade styrmedel, särskilt om denna omställning ska ske på ett samhällsekonomiskt effektivt sätt. Ett viktigt steg är därför att identifiera vilka styrmedel och insatser som behövs.

Ett annat viktigt område att belysa vidare är säkerställandet att EU-lagstiftning tillämpas lika i medlemsländerna och att olika delar av EU-lagstiftningen harmoniseras. Det går till exempel att hävda att direktivet för uttjänt elektronik och elektriska apparater stödjer återvinningen av specifika innovationskritiska metaller medan direktivet för uttjänta fordon inte har krav som rör specifika metaller. När fordon blir alltmer elektriska och digitaliserade kommer dessa skillnader bli än mer påtagliga eftersom det då kommer att finnas fler komponenter i fordon som bör hanteras på samma sätt som elavfall. Den tyska miljömyndigheten UBA tycker att det skulle vara obligatoriskt för producenter att förse demonteringsföretag med mer specifik information om vilka komponenter som är fördelaktiga att separera och hur detta ska genomföras effektivt. Det kan även finnas behov av att medlemsländer inom EU (och helst även övriga länder) har lagstiftning som bygger på likvärdiga definitioner av när en produkt är uttjänt eller ska klassas som avfall (se till exempel UBA 2020 för behov kopplat till uttjänta fordon). En viktig förutsättning för att denna information ska vara användbar är dock att återvinningsindustrin kan identifiera produkter och komponenter. Produktpass eller liknande system skulle effektivisera detta.

För Sverige, precis som alla andra länder, är det viktigt att kontinuerligt förbättra implementeringen av den lagstiftning som beslutats. Detta inkluderar följande.

- Insatser för att bli av med aktörer som utövar illegal hantering av uttjänta produkter.
- Tillståndprocesser för utvinning av metaller och mineral som är förenliga med internationella konventioner och avtal.
- Implementering av lagstiftningen kring uttjänta produkter, inte minst insatser som syftar till likvärdiga bedömningar i alla Sveriges kommuner.

6.3 Åtgärder för internalisering av externa effekter

Sverige bör verka för att negativa effekter fullt ut internaliseras i priset på metaller. Eftersom metallmarknaden är global och Sverige är en liten ekonomi behöver detta ske internationellt. Insatser som inte direkt syftar till att internalisera de externa kostnaderna i priset men som skulle öka acceptansen för detta kan behövas. Ett exempel som går i denna riktning är den pågående utvecklingen mot att företag behöver redovisa sina hållbarhetsrisker enligt principen om dubbel materialitet, det vill säga både hur de påverkar hållbarhetsproblem och hur de påverkas av hållbarhetsproblem. Logiken bakom detta är att transparens skapar möjlighet för finansmarknaden och andra intressenter att ställa krav på åtgärder. Ett viktigt inspel för denna process skulle vara den ovan nämnda analysen av hur existerande styrmedel påverkar (i) konkurrensen mellan primära och sekundära metaller och (ii) företags incitament att skapa effektiva marknader för återvunna metaller med bibehållen kvalitet.

Ett annat område är behovet av forskning och utveckling. Detta är en positiv externalitet eftersom forskning genererar kunskap som är kollektiv. Idag finns det betydande statligt stöd till processindustrins omställning till mycket små växthusgasutsläpp. Dessa stöd går nästan uteslutande till primära metallflöden. Vår genomgång visar dock på att det även finns ett behov av att stödja återvinningsindustrin. Det rör sig om utvecklingen av teknik för identifiering av metaller i uttjänta produkter samt automatisering och separation av olika metaller och ämnen.

7. Referenser

- Ademe. 2019. *Annual report the End-of-Life Vehicle observatory – 2017 data*.
- Al Barazi S., Näher U., Vetter S., Schütte P., Liedtke, M., Baier M., Franken G. 2017. *Cobalt from the DR Congo – Potential, Risks and Significance for the Global Cobalt Market*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Alonso E., Wallington T., Sherman A., Everson M., Field F., Roth R., Kirchain R. 2012. An assessment of rare earth element content of conventional and electric vehicles. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing* 5(2):473-477.
- Andersson M., Ljunggren Söderman M., Sandén B.A. 2019. Challenges of recycling multiple scarce metals: The case of Swedish ELV and WEEE recycling. *Resources Policy* 63
- Andersson M., Ljunggren Söderman M., Sandén B.A. 2017. Are scarce metals in cars functionally recycled? *Waste Management* 60:407-416.
- Ayres R. 1997. Metal recycling: Economic & environmental implications. *Resources, Conservation and Recycling* 21(3):145-173.
- Bachér J., Pihkola H., Kujanpää L., Mroueh U.-M., Vanderreydt I., Garcia Zambrano L. 2016. *Bottleneck analysis of WEEE, ELV and plastics packaging chains: key findings and commonalities*. D 2.5. (v1)_RP_Report on cross linking of the results per value chain, waste streams and raw material stream. NEW_InnoNet 2016/09/05.
- Baldé C.P., et al. 2017. *The Global E-waste Monitor – 2017. Quantities, Flows, and Resources*. Bonn/Geneva/Vienna, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association (ISWA).
- BGR 2020. *Informationen zur Nachhaltigkeit*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Bristøl L.M.L. 2015. *Characterization and recovery of rare earth elements from electronic scrap*. Norwegian University of Science and Technology. Master thesis.
- Buchert M., Degreif S., Dolega P. 2017. *Ensuring a Sustainable Supply of Raw Materials for Electric Vehicles: A Synthesis Paper on Raw Material Needs for Batteries and Fuel Cells*. Agora, Berlin
- Ciacchi L., Reck B.K., Nassar N.T., Graedel T.E. 2015. Lost by design. *Environmental Science & Technology* 49:9443-9451.
- Corbett T., O’Faircheallaigh C., Regan A. 2017. Designated areas and the regulation of artisanal and small-scale mining. *Land Use Policy* 68:393-401.
- Crompton P., Lesourd J.-B. 2008. Economies of scale in global iron-making. *Resource Policy* 35(2): 74-82.
- Crowson P. 2003. Mine size and structure of cost. *Resource Policy*, 29(1-1): 15-36.
- Crowson P. 2012. Some observations on copper yields and ore grades. *Resource Policy* 37(1): 59-72.
- Cullbrand K., Magnusson O. 2012. *The Use of Potentially Critical Materials in Passenger Cars*. Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, Report No. 2012:13.

- Dehoust G., Vogt R., von Ackern P., Rechlin, A. 2020. *Weiterentwicklung von Handlungsoptionen einer ökologischen Rohstoffpolitik* ÖkoRess II Abschlussbericht. UBA Texte 79/2020.
- Deetman S., Pauliuk S., Van Vuuren D.P., Van Der Voet E., Tukker, A. 2018. Scenarios for demand growth of metals in electricity generation technologies, cars, and electronic appliances. *Environmental Science & Technology* 52:4950-4959.
- Dias P., Bernardes A.M., Huda N. 2019. Ensuring best E-waste recycling practices in developed countries: An Australian example. *Journal of Cleaner Production*, 209(1): 846-854.
- Dolega P., Buchert M., Betz, J. 2020. *Environmental and socio-economic challenges in battery supply chains: graphite and lithium*. Öko-Institut e.V. Darmstadt.
- Elshkaki A., Graedel T.E., Ciacci L., Reck, B.K. 2018. Resource demand scenarios for the major metals. *Environmental Science & Technology* 52:2491-2497.
- European Aluminium 2016. *Recycling aluminium – a pathway to a sustainable economy*.
- EU 2017a. *Study on the Review of the List of Critical Raw Materials*. European Commission.
- EU 2017b. *Study on the Review of the List of Critical Raw Materials: Critical Raw Materials Factsheets*. European Commission.
- EU 2018. *Report on Raw materials for battery applications*. Commission staff working document, SWD(2019: 245) final
- EU 2020. *Resiliens för råvaror av avgörande betydelse: Att staka ut vägen mot ökad trygghet och hållbarhet*. COM(2020) 474 final.
- Gomez-Martin A., Martinez-Fernandez J., Rutttert M., Heckmann A., Winter M., Placke T., Ramirez-Rico J. 2018. Iron-Catalyzed Graphitic Carbon Materials from Biomass Resources as Anodes for Lithium-Ion Batteries. *ChemSusChem*. 11(16): 2776–2787.
- Gorgolewski M., Straka V., Edmonds J., Sergio C. 2006. *Facilitating greater reuse and recycling of structural steel in the construction and demolition process*. Working paper Ryerson University Canada.
- GMP Securities 2020. *Taxation trends in the mining industry*.
- Graedel T.E., Allwood J., Birat J.-P., Buchert M., Hagelüken C., Reck B.K., Sibley S.F., Sonnemann G. 2011. What do we know about metal recycling rates? *Industrial Ecology* 15(3): 355-366.
- Graham K. 2015. Baotou — A toxic lake created because of a thirst for technology. In *Digital Journal*.
- Haque N., Hughes A., Lim S., Vernon C. 2014. Rare Earth Elements: Overview of Mining, Mineralogy, Uses, Sustainability and Environmental Impact. *Resources* 3 (4): 614–635.
- Hentschel T., Hruschka F., Priester M. 2002. Artisanal and Small-scale Mining. I IIED, *Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development Challenges and Opportunities*.
- International Copper Study Group. 2020. *The World copper factbook 2020*.
- International Aluminium Institute. 2020. *The World aluminium statistics*.

IRP 2019. *Global Resource Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. A report of the International Resource Panel*. United Nations Environmental Programme. Nairobi, Kenya.

IVL 2019. *E-avfall och råmaterial – från miljöfrågor till affärsmodeller*. Rapport B 2355-S.

Johansson N., Krook J., Eklund M. 2014. Institutional conditions for Swedish metal production: A comparison of subsidies to metal mining and metal recycling. *Resources Policy* 41:72-82.

Krausmann F., Gingrich S., Eisenmenger N. 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68(10): 2696–2705,

Krausmann F., Wiedenhofer D., Lauk C. 2017. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(8): 1880–1885.

Labys W.C. 2006. *Modeling and Forecasting Primary Commodity Prices*. Ashgate, Burlington.

Leth D.O., Wilde-Ramsing J., Kwizera S. 2019. *Human Rights in Wind Turbine Supply Chains Update 2019. Assessing the level of due diligence conducted by wind turbine manufacturers supplying the Dutch market*. ActionAid. ActionAid; SOMO. Amsterdam.

Maiotti L., Katz B., Gillard T., Koep-Andrieu H. 2019. *Interconnected supply chains: a comprehensive look at due diligence challenges and opportunities sourcing cobalt and copper from the Democratic Republic of the Congo*. OECD, Paris.

Material Economics 2018. *Ett värdebeständigt svensk materialsystem*.

Material Economics 2020. *Preserving value in EU industrial materials – A value perspective on the use of steel, plastics and aluminium*.

Material Economics. 2021. *Kritiska metaller för klimatomställningen – möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring*.

Mehlhart G., Kosińska I. 2017. *Assessment of the implementation of Directive 2000/53/EU on end-of-life vehicles (the ELV Directive) with emphasis on the end-of-life vehicles of unknown whereabouts*. Publications Office of the EU

Mudd, G. 2010. Global trends and environmental issues in nickel mining: Sulfides versus laterites. *Ore Geology Reviews*. 38(1-2): 9-26.

Naturvårdsverket 2020. *Att göra mer med minde - Nationell avfallsplan och avfallsförebyggande program 2018–2023*. Reviderad 2020 Rapport 6946.

New Innonet 2016. *Analysis of the WEEE value chain*.

Norden 2017. *Critical metals in end-of-life products – Recovery potential and opportunities for removal of bottlenecks of recycling*. TemaNord 2017:531.

Nunweiler E. 2017. Policy approaches in Germany for supporting recycling of CRMs in WEEE and ELV. *Workshop Critical Raw Materials in Nordic Countries – Recovery Potential and Opportunities for Removal of Bottlenecks, CRM_NORD*. 18-01-2017, Stockholm.

OECD 2017. *Mapping support for primary and secondary metal production*. Working party on resource productivity and waste. Paris.

- O'Faircheallaigh C. 2015. Social equity and large mining projects: voluntary industry initiatives, public regulations and community development agreements. *Journal of Business Ethics* 132:91-103.
- Olafsdottir A.H., Sverdrup H.U. 2021. Modelling Global Nickel Mining, Supply, Recycling, Stocks-in-Use and Price Under Different Resources and Demand Assumptions for 1850–2200. *Mining, Metallurgy & Exploration*.
- Orihuela J.C., Paredes M. 2017. Fragmented layering: building a green state for mining in Peru. I Dargent E. et al. (red.) *Resources booms and institutional pathways*, s. 99-117.
- Ousman G., Ben Dhaou M. 2015. *Economies of scale in gold mining*. Working paper series N° 222, African Development Bank, Abidjan, Elfenbenskusten.
- Pillot C. 2019. *The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2018-2030*. Niobium Tech – Mobility
- Raabe D., Tassan C.C., Olivetti E.A. 2019. Strategies for improving the sustainability of structural metals. *Nature*, 576, 64-74.
- Radetzki M., Wårell L. 2017. *A handbook of primary commodities in the global economy*, 2. utg. Cambridge University Press, New York
- Raitio K., Allard C., Lawrence R. 2020. Mineral extraction in Swedish Sápmi: The regulation gap between Sami rights and Sweden's mining permitting practices. *Land Use Policy* 99.
- Re-Sourcing 2020. *State of play and roadmap concepts: Renewable sector*.
- Re-Sourcing 2021. *State of play and roadmap concepts: Mobility sector*.
- Rodrigo A., Vincent J. 2009. *Estimating the opportunity cost of lithium extraction in the Salar de Uyuni, Bolivia*. Duke University.
- Rodrik D. 2014. Green industrial policy. *Oxford Review of Economic Policy* 30(3): 469-491.
- Shen Y., Moomy R., Eggert R.G. 2020. China's public policies toward rare earths, 1975-2018. *Mineral Economics* 33:127-151.
- Schipper B.W., Lin H.C., Meloni M.A., Wansleben K., Heijungs R., van der Voet E. 2018. Estimating global copper demand until 2100 with regression and stock dynamics. *Resources, Conservation & Recycling* 132:28-36.
- Schüler D., Buchert M., Liu R., Dittrich S., Merz C. 2011. *Study on Rare Earths and Their Recycling. Final Report for The Greens/EFA Group in the European Parliament*. Öko-Institut e.V. Darmstadt.
- Schüler D., Dolega P., Degreif S. 2018. *Social, economic and environmental challenges in primary lithium and cobalt sourcing for the rapidly increasing electric mobility sector*. Öko-Institut, Darmstadt.
- Shooshtarian S., Caldera S., Maqsood T., Ryley T. 2020. Using recycled construction and demolition waste products: A review of stakeholders' perceptions, decisions and motivations. *Recycling* 5(31).
- SGU 2017. *Förslag till strategi för hantering av gruvaavfall*.
- SGU 2018. *Mineralmarknaden 2018 – Tema järn och stål*. Publikation 2019:1.

- SOU 2021. *Använd det som fungerar – Betänkande av Utredningen om pantsystem för småelektronik*. SOU 2021:26.
- Söderholm P., Ekvall T. 2020. Metal markets and recycling policies: impacts and challenges. *Mineral Economics* 33:257-272.
- Söderman M. L., Ingemarsdotter E. 2014. *Användning och återvinning av potentiellt kritiska material*. Chalmers University of Technology.
- Tillväxtanalys 2016. *Sverige – ett attraktivt gruvland i världen? En internationell jämförelse*. Rapport 2016:06.
- Tillväxtanalys 2017. *Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen*. Rapport 2017:03.
- Tillväxtanalys 2018a. *Hur kan staten göra en hållbar svensk gruvnäring attraktiv för investeringar?* Rapport 2018:02.
- Tillväxtanalys 2018b. *Statens roll vid grön omställning genom aktiv industripolitik*. PM 2018:10.
- Tillväxtanalys 2018c. *Vad är statens roll i omställningen till klimatneutrala konstruktionsmaterial?* PM 2018:03.
- Tillväxtanalys 2019. *Spårbarhet och märkning av hållbara metaller och mineral – insatser för ökad transparens, trovärdighet och efterfrågan*. PM 2019:01.
- Tillväxtanalys 2020. *Grön omställning av fordonsindustrins leverantörskedjor – Varför ställer industrin om, vad gör de och hur skapar de kontroll?* PM 2020:17.
- Tilton J.E., Guzmán J.I. 2016. *Mineral economics and policy*. RFF Press Routledge, New York.
- Tilton J.E. 2000. The future of recycling. *Resources Policy* 25:197-204.
- Tirkaso W., Gren I.-M. 2019. *National gasoline and diesel demand elasticities and regional effects of carbon taxes in Sweden*. Sveriges lantbruksuniversitet Working paper 02/2019.
- Tkaczyk A.H., Bartl A., Amato A., Lapkovskis V., Petranikova M. 2018. Sustainability evaluation of essential critical raw materials: cobalt, niobium, tungsten and rare earth elements. *Journal of Physics D: Applied Physics* 51(20).
- Trinomics 2020. *Supporting the Evaluation of the Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles: Final report*. Rotterdam.
- Tsurukawa N., Prakash P., Manhart A. 2011. *Social impacts of artisanal cobalt mining in Katanga, Democratic Republic of Congo*. Öko-Institut e.V. Darmstadt.
- UBA 2017. *Development of proposals, including legal instruments, to improve the data situation on the whereabouts of end-of-life vehicles*. German Environmental Agency.
- UBA 2020. *Effectively tackling the issue of millions of vehicles with unknown whereabouts. Scientific opinion paper*, German Environmental Agency.
- UNITAR 2020. *In-depth Review of the WEEE Collection Rates and Targets in the EU-28, Norway, Switzerland, and Iceland, 2020*. United Nations Institute for Training and Research, Bonn, Germany.
- US Geological Survey 2020. *Mineral commodity summaries 2020*.

- US Geological Survey 1981. *Minerals in the World Economy 1981*.
- Valero A., Valero A., Calvo G., Ortego A., Ascaso S., Palacios J.L. 2018. Global material requirements for the energy transition. An exergy flow analysis of decarbonisation pathways. *Energy* 159:1175 – 1184.
- Van Den Bergh J.C.J.M., Janssen M.A. (red.) 2005. *Economics of industrial ecology: materials, structural change, and spatial scales*. MIT Press, Cambridge.
- Van der Have G.-J. 2017. ELV Recycling: Challenges and opportunities to recover CRM. *Workshop Critical Raw Materials in Nordic Countries – Recovery Potential and Opportunities for Removal of Bottlenecks CRM_NORD*. 18-01-2017, Stockholm.
- Van der Voet E., Van Oers L., Verboon M, Kuipers K. 2018. Environmental implications of future demand scenarios for metals – methodology and application to the case of seven major minerals. *Journal of Industrial Ecology* 23(1): 141-155.
- Vogel C., Raeymaekers T. 2016. Terr(it)or(ies) of peace? The Congolese mining frontier and the fight against conflict minerals. *Antipode* 48:1102-1121.
- Världsbanken 2010. *Are commodity prices more volatile now? A long-run perspective*. Policy Research Working Paper 5460.
- Världsbanken 2020. *Minerals for climate action: The mineral intensity of the clean energy transition*. The World Bank, Washington DC.
- Watari T., Nansai K., Nakajima K. 2020. Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements. *Resources, Conservation & Recycling* 155.
- Watari T., Nansai K., Nakajima K. 2021. Major metals demand, supply, and environmental impact to 2100: A critical review. *Resources, Conservation & Recycling* 164.
- Watari T., McLellan B., Ogata S., Tezuka T. 2018. Analysis of potential for critical metal resource constraints in the international energy agency's long-term low-carbon energy scenarios. *Minerals* 8.
- Wilde-Ramsing J., Leth D.O., Horvath E., Regalia S. 2020. *Mapping risks of adverse social and environmental impacts in the Dutch wind sector*. SOMO, Business & Human Rights Resources Centre.
- World Steel Association. 2020. *Steel statistical yearbook 2020*.
- Wübbeke J. 2015. Rare earth elements in China: policies and narratives of reinventing an industry. *Research Policy* 38(3):384–394.

7.1 Intervjuer

Namn	Företag/Organisation
Michael Abraham	Bilretur
Andreas Frössberg	Sveriges Bilåtervinnares Riksförbund
Jesper Nyberg	Mirec Recycling Solutions AB
Martin Seeger	El-Kretsen
Christer Forsgren	Stena Metall AB
Sven Hjelmstedt	Boliden AB
Thomas Hörmfeldt	SSAB AB
Peter French	Talga Resources Ltd

Bilaga – Metallsektorn i den officiella statistiken

Primära och sekundära metaller och mineral enligt den officiella statistiken

Den officiella statistiken möjliggör inte att identifiera producenter av primärt och sekundärt material, då ett företag kan var involverat i produktionen av båda i olika utsträckning och även i produktionen av annat återvunnet material som exempelvis plast och trä. Här identifierar vi tre huvudbranscher som innehåller företag av intresse och som går att beskriva med officiell statistik: (i) utvinning, (ii) stål- och metallverk och (iii) återvinning.

Tabell 8. Metallnäringens direkta bidrag till BNP, sysselsättning och producerad volym mineral och metaller 2018

	BNP (1)	Antal anställda (1)	Volym (Mton)
Utvinningsindustri	1,1 %	9 100	27,9 (1)
Stål- & metallverk	1,3 %	30 000	5,0 (37 % sekundärt) (2)
Återvinningsindustri	0,5 %	14 600	

Data från (1) SCB, (2) Jernkontoret och diverse årsredovisningar.

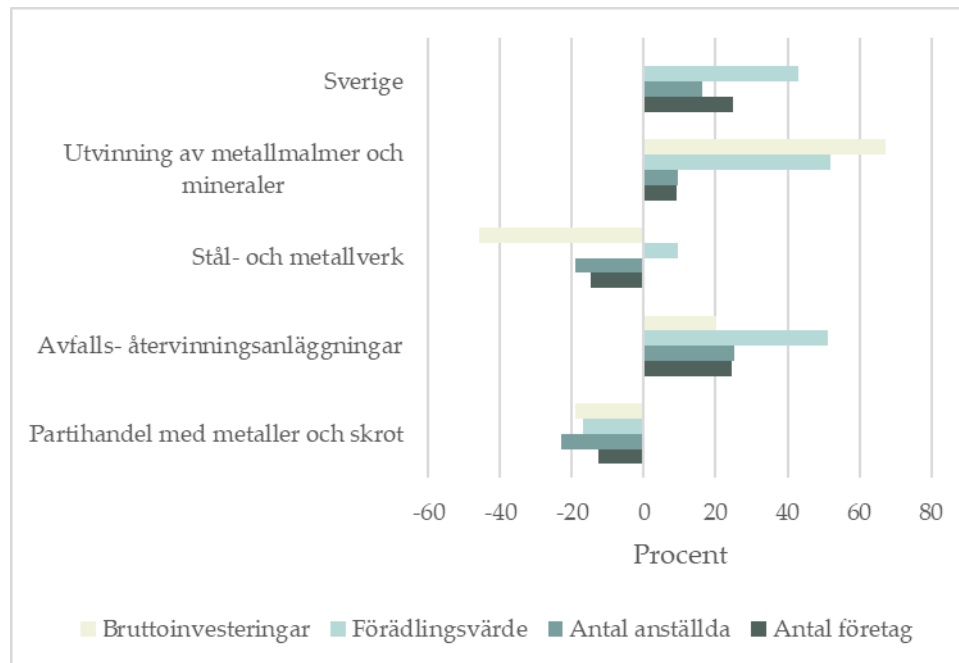
Tabell 8 sammanfattar läget år 2018. Totalt bidrog dessa tre branscher med drygt 2,9 procent av BNP och hade nästan 54 000 anställda. Detta är dock bara de direkta effekterna av industrin. I Tillväxtanalys rapport *Sverige – Ett attraktivt gruvland i världen?* från 2016 finns en bedömning av det svenska gruvklustrets bidrag till BNP. I det svenska gruvklustret ingår gruvbolag (utvinningsindustrin) och industrier som förser gruvindustrin med teknik samt företag som direkt använder mineral från gruvorna. Detta inkluderar företag som samarbetat i över 100 år, såsom Atlas Copco, Sandvik och SSAB, men även nya samarbeten mellan IT-företag och gruvklustret. Bedömningen var att gruvklustret bidrog med närmare 1,3 procent av BNP år 2013. Om hänsyn tas till indirekta effekter bedömdes bidraget vara nästan tre gånger så stort.

Utvinningsindustrin har sett en stor ökning i bruttoinvesteringarna

Mellan 2008 och 2018 ökade bruttoinvesteringarna i utvinningsindustrin med nära 70 procent och förädlingsvärdet i branschen (dvs. branschens bidrag till BNP) växte med cirka 52 procent (se Figur 11). Då gruvindustrin karakteriseras av att investeringar ofta följer en längre planeringscykel är det normalt med stora svängningar och perioder med mycket låga och mycket höga investeringar i projekt.

Antalet företag inom utvinningsindustrin har ökat och antalet anställda gick från 8 300 år 2008 till 9 100 år 2018, en ökning med 9 procent. Detta är att jämföra med partihandeln med metaller och skrot som står för ca 0,1 procent av BNP. Under samma period såg denna bransch negativ tillväxt (-17 procent), en neddragning i både antalet företag och antalet anställda som sjönk från ca 5 175 personer år 2008 till ca 4 000 år 2018. Bruttoinvesteringarna var även de negativa under denna period.

Figur 11. Förändring i bruttoinvesteringar, förädlingsvärde, antal anställda och antal företag mellan 2008 och 2018.



Data: SCB

Stål och metallverk har haft en period med minskade bruttoinvesteringar

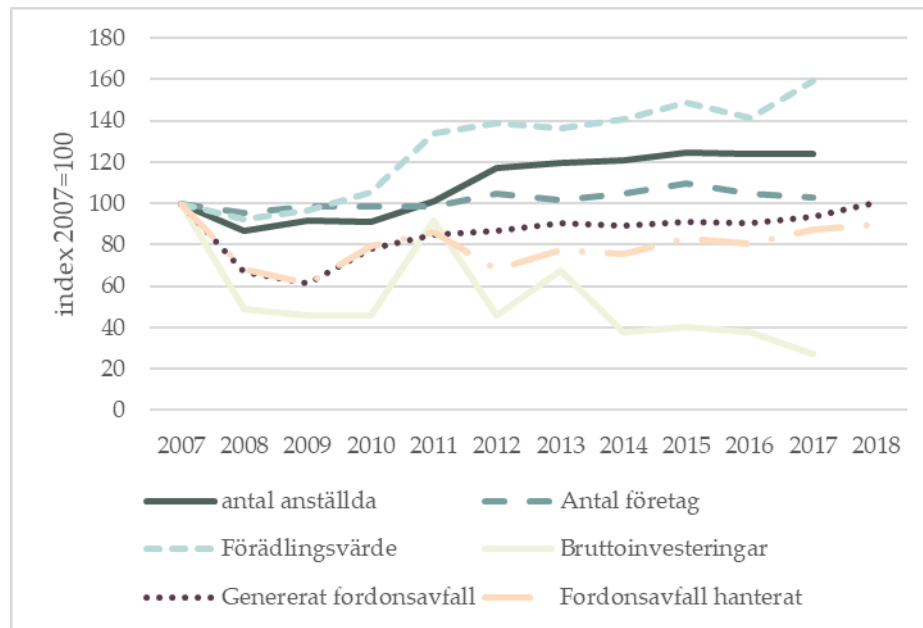
Stål- och metallverken förädlar mineral och återvunna metaller. År 2018 kom ungefär 37 procent av råvaran till stål- och metallverk från återvinning. En del av detta var eget internskrot som aldrig har nått marknaden men som reducerar företagens inköpskostnader. Elektroniskt avfall, som är en källa för ädelmetaller som guld och silver och basmetaller som koppar, köps dock in och återanvänds inom branschen, där Rönnskärsverken under lång tid har använt detta material i sin produktion. Branschen står för ca 1,3 procent av BNP och har under perioden 2008–2018 ökat förädlingsvärdet på sina samlade produkter med 9 procent (se Figur 11). Dock minskar både antalet företag i branschen och antalet sysselsatta. Bruttoinvesteringarna minskade med cirka 46 procent mellan 2008 och 2018. Stålbranschen har efter 2018 dock höjt investeringsgraden bland annat genom projekt som syftar till att ersätta naturgas med vätgas eller biogas i produktion av stål genom direktreduktion.

Återvinningsindustrin visar ökat förädlingsvärde

Återvinningsindustrin (exklusive partihandeln med skrot) växer i Sverige. Företagen inom denna bransch hanterar både insamling och behandling av olika typer av avfall. Förädlingsvärdet har ökat med drygt 50 procent mellan 2008 och 2018 och andelen av BNP växte från 0,50 procent till 0,53 procent under perioden (se Figur 11).

Antalet företag ökade från cirka 730 under 2008 till strax över 900 år 2018 vilket är en ökning med 20 procent. Detta har lett till ett ökat antal anställda, från ungefär 11 700 år 2008 till drygt 14 600 år 2018. Denna ökning är generell för branschen, inte specifik för metallåtervinning.

Figur 12. Utvecklingen av uttjänta fordon i Sverige mellan 2007 och 2017.



Källa: SCB och Naturvårdsverket.

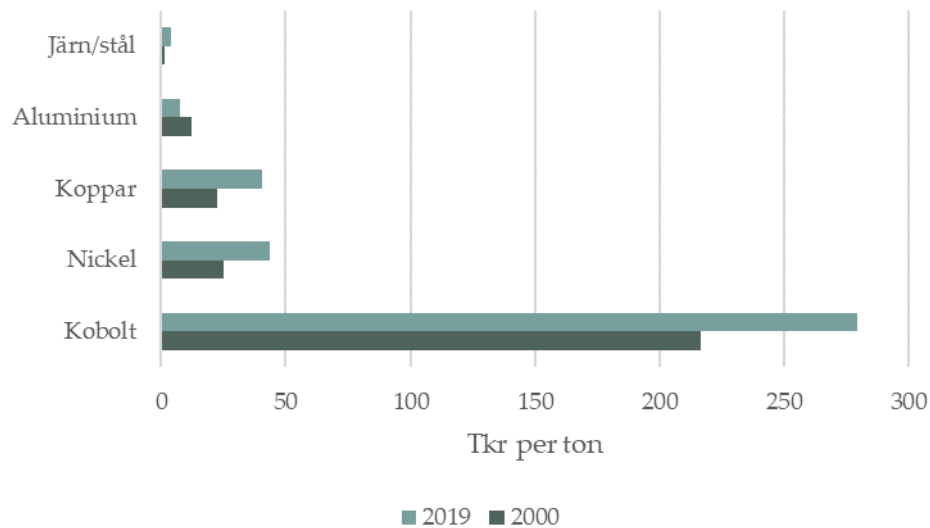
I återvinningsindustrin ingår anläggningar för demontering av uttjänta fordon, något som har varit av särskilt intresse i denna rapport. Branschen ökade förädlingsvärdet av sina produkter med cirka 60 procent mellan 2007 och 2017 (2018 års data är inte tillgängliga) där 2010 markerar starten på tillväxten. Ett par år senare vidtog en ökning av antalet anställda, där ca 330 personer redan varit anställda under en längre tid men därefter har antalet anställda ökat till ungefär 440 år 2017. Intressant att notera är att den genererade mängden fordonsavfall ligger på ungefär samma nivå 2018 som den gjorde 2007 och att den hanterade mängden fordonsavfall har sjunkit under denna period. Som noterades ovan exporteras en delmängd och den illegala handeln ger också ett mörkertal i statistiken.

Handeln med metaller som avfall i Sverige

Sveriges handel med metaller som avfall ökar. Under 2000 importerade Sverige metallavfall till ett värde av strax under 1,4 miljarder kronor men under 2019 var värdet av importerat metallavfall 4,5 miljarder kronor. Under samma period ökade Sverige sin export av metall som avfall från ca 1 miljard kronor år 2000 till 6,3 miljarder år 2019 (SCB handelsstatistik). Andelen svensk handel med metallavfall av EU:s totala handel ligger på 0,02 procent.

Den största delen av importen av metall som avfall kommer från EU. Nästa stora partner är USA men även Asien vinner mark. Även om vi importerar visst metallavfall från Afrika är värdet lågt: under 2000 importerades metall som avfall för 6 miljoner kronor och under 2019 hade det ökat till 22 miljoner kronor.

Figur 13. Prisutveckling på metallavfall importerat till Sverige.



Källa: SCB, handelsstatistik, egna beräkningar.

Priset på de importerade metallerna varierar mellan typ av metall och region. Metaller som kobolt, nickel men även järn och stål importeras till ökade priser. Under 2000 importerade Sverige avfall av kobolt till ett pris på 217 tkr per ton och under 2019 var priset 279 tkr per ton (Figur 13). Denna import kommer från fyra europeiska länder: Österrike, Frankrike, Storbritannien och Tyskland. Prisskillnaden mellan dem är stor. Metallavfall från Österrike betingar 235 tkr per ton medan Storbritanniens landar på 85 tkr per ton.

Stål och järn som avfall importeras från ett flertal länder. De fyra största är Tyskland, Indien, Italien och USA. Även om medelpriset är lågt, ca 4 tkr per ton, varierar priset även här mellan olika länder: Italien 56 tkr per ton, Tyskland 11 tkr per ton och Ryssland så lite som 4 tkr per ton.

Aluminium har dock sjunkit i pris under tidsperioden. Under 2000 var priset 12 tkr per ton och 2019 låg priset på 8 tkr per ton. Aluminium som avfall importerades fram till 2012 från alla världens regioner, men därefter avslutades stora delar av importen. Nu kommer den största delen av importen från Europa och USA.

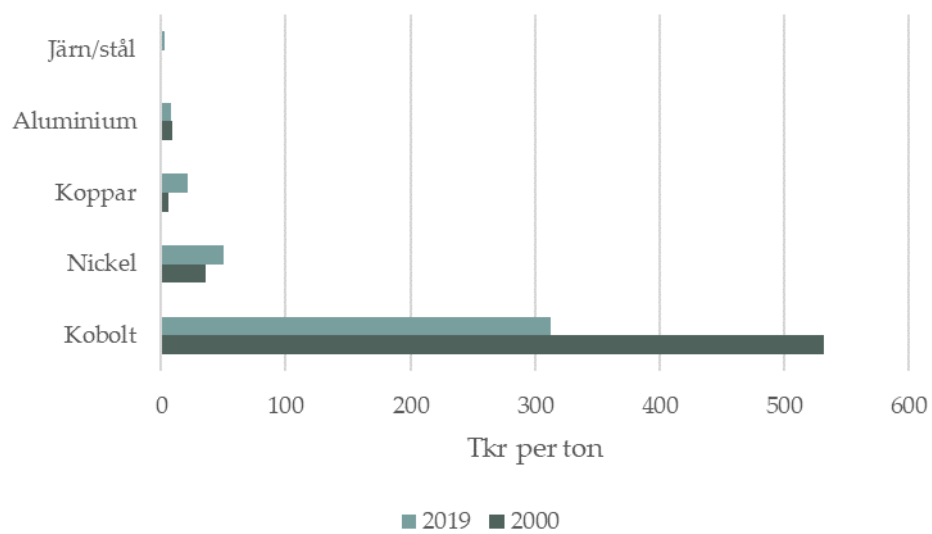
Dessa variationer i metallavfallspriser kan verka lite märkliga men förklaras ofta av kvaliteten på metallavfallet. Metallavfall med hög och jämn kvalitet betingar ett högre pris.

Som noterades ovan exporterar Sverige metaller som avfall i allt större utsträckning. EU står för den största andelen av exporten. Men under senare år har Afrika och Asien kommit upp som handelspartner och USA har näst intill försvunnit.

Priserna har förändrats under perioden (se Figur 14). Priset på exempelvis kobolt sjunker: under år 2000 exporterade Sverige kobolt som avfall för 532 tkr per ton men under 2019 var priset 313 tkr per ton avfall. Vår enda handelspartner för detta avfall är numera Tyskland. Denna export innefattar inte batterier för utvinning av kobolt, vilka skickas till Belgien och Finland (SGU 2020). Under tidigare år exporterades kobolt även till Storbritannien, Danmark och Frankrike.

Järn och stål som avfall har ökat i pris under perioden 2000–2019, från 1 tkr per ton till 3 tkr per ton. Även koppar har ökat i pris, från 6 tkr per ton till 22 tkr per ton.

Figur 14. Prisutveckling på export av metallavfall från Sverige.



Källa: SCB, handelsstatistik, egna beräkningar.

Tillväxtanalys har regeringens uppdrag att analysera och utvärdera statens insatser för att stärka Sveriges tillväxt och näringslivsutveckling. Genom vår kunskap bidrar vi till att effektivisera, ompröva och utveckla politiken.

I vårt arbete fokuserar vi på avgörande frågor för tillväxten i en öppen och kunskapsbaserad ekonomi som Sverige. Våra analyser och utvärderingar baserar sig på vetenskap och beprövad erfarenhet.

Sakkunniga medarbetare, unika databaser och utvecklade samarbeten på nationell och internationell nivå är viktiga tillgångar i vårt arbete. För att göra våra kunskapsunderlag relevanta och använda för vi en kontinuerlig dialog med dem som berörs.

Tillväxtanalys finns i Östersund (huvudkontor) och Stockholm.

Den kunskap vi tar fram tillgängliggör vi på www.tillvaxtanalys.se. Anmäl dig gärna till vårt nyhetsbrev för att hålla dig uppdaterad om våra pågående och planerade analys- och utvärderingsprojekt. Du kan även följa oss på LinkedIn.



Tillväxtanalys
Studentplan 3, 831 40 Östersund
Telefon: 010-447 44 00
E-post: info@tillvaxtanalys.se
Webb: