

MATERIAL ECONOMICS

KRITISKA METALLER FÖR KLIMATOMSTÄLLNINGEN

Möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

SWEDISH
MINING
INNOVATION

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 Energimyndigheten

FORMAS 

Strategiska
innovations-
program

MATERIAL ECONOMICS

KRITISKA METALLER FÖR KLIMATOMSTÄLLNINGEN

Möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

Om rapporten

Copyright © 2021 Material Economics Sverige AB. Vissa rättigheter förbehållna. Innehållet i den här rapporten är licenserat under Creative Commons BY-SA 4.0. Licensvillkoren är detaljerade på följande sida: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Vänligen referera till denna rapport som: Material Economics (2021). Kritiska metaller för klimatomställningen – möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring.

FÖRORD

Klimatförändringarna är en av vår tids stora globala utmaningar och viljan att ställa om till ett hållbart samhälle stiger nu snabbt. Samtidigt som omställningstakten ökar blir det allt tydligare vilka teknologier vi behöver anamma för att nå ett nettonollsamhälle innan klimatförändringarna gått för långt. Dessa teknologiska skiften kommer ha stor påverkan på hur olika råvaror används i våra samhällen.

Metaller och mineral kommer spela en viktig roll i omställningen. När vi byter ut fossila teknologier till hållbara krävs i många fall en större mängd metall för att göra samma sak. Många så kallade klimatteknologier förlitar sig även på metaller och mineral som vi inte tidigare använt i större skala, vilket kommer kräva en stor ökning av produktionen. Samtidigt finns frågetecknen kring var metallerna och mineralen ska komma från, samt hur mycket som kan tillgodogöras från återvinning.

Den här rapporten beskriver hur efterfrågan på metaller och mineral förväntas utvecklas fram till mitten av århundradet, hur klimatomställningen kommer påverka den utvecklingen, samt vilka implikationer det har för tillgångsfrågan och Sveriges roll som metallproducent. Slutsatsen

är att metallefterfrågan förväntas växa kraftigt, speciellt om vi ska nå klimatmålen, och att Sverige kan spela en viktig roll som producent av metaller med lågt klimatavtryck.


Rapporten har tagits fram av Material Economics inom ramen för Svemins projekt "Samhällets framtida behov av metaller och mineral för ett hållbart och digitalt samhälle i ett 2030- och 2050-perspektiv". Projektet är en del av och finansierat av Swedish Mining Innovation, det strategiska innovationsprogrammet för svensk gruv- och metallutvinnande industri, som är en gemensam satsning av Vinnova, Formas och Energimyndigheten. Projektets styrgrupp har inkluderat Erika Ingvald (SGU), Christina Wanhainen (LTU), Patrik Söderholm (LTU), Katarina Nilsson (Svemin), Maria Sunér (Svemin), Jenny Greberg (SMI), Pia Lindström (Boliden), Anna Lidbom (LKAB), Peter French (Talga Group), Mikael Schaufman (Lundin Mining) och Tobias Persson (Tillväxtanalys). Vi har även fått viktiga inspel från ytterligare en handfull bolag i branschen. Analysarbetet har skett med stöd av Astrid Agering och Finn Goodall. Vi riktar ett stort tack till alla som bidragit. Material Economics står ensamt för resultaten och slutsatserna som presenteras.

Per Klevnäs
Partner

Karl Murray
Associate Partner

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	06
SAMHÄLLETS BEHOV AV METALLER OCH MINERAL FÖRVÄNTAS VÄXA KRAFTIGT TILL ÅR 2050	08
HÖGRE KLIMATAMBITIONER BETYDER STÖRRE BEHOV AV METALLER	14
EUROPA HAR ETT STÖRRE METALLBEHOV ÄN OMVÄRLDEN	24
ÅTERVINNING ÄR VIKTIGT, MEN RÄCKER INTE TILL FÖR ATT MÖTA BEHOVET	26
EUROPA HAR ETT STORT IMPORTBEROENDE AV MÅNGA METALLER OCH MINERAL	30
IMPLIKATIONER FÖR SVERIGE: SVENSK GRUVNÄRING HAR EN VIKTIG ROLL ATT SPELA I OMSTÄLLNINGEN TILL ETT HÅLLBART SAMHÄLLE	34
REFERENSER	40



*Den viktigaste enskilda
drivkraften till ökad efterfråga på
många metaller fram till 2050
kommer vara klimatomställningen*

SAMMANFATTNING

Metaller och mineral är råvaror med unik betydelse för samhället och den klimatomställning vi står inför. Denna rapport sammanställer den rådande synen på det framtida behovet av metaller och mineral i vårt samhälle globalt, hur detta påverkas av klimatomställningen, hur vi kan möta dessa behov samt vad detta har för implikationer för Sverige och svensk gruvnäring.

Fram till år 2050 förväntas den globala efterfrågan på samtliga metaller och mineral inkluderade i denna rapport att växa. För många metaller kommer efterfrågan att växa kraftigt till 2050 – exempelvis förväntas efterfrågan på litium, sällsynta jordartsmetaller, grafit och indium att minst femdubblas.

Det finns många faktorer som påverkar efterfrågan av metaller, till exempel den ekonomiska utvecklingen, urbaniseringen, metallintensiteten i vår ekonomi och återvinningsgraden för att nämna några. Den viktigaste enskilda drivkraften till ökad efterfråga på många metaller fram till 2050 kommer vara klimatomställningen. De klimatteknologier som underbygger omställningen till ett hållbart samhälle, till exempel vindkraft, solkraft, elbilar & batterier, kräver alla metaller i hög grad, och ofta nya metaller som hittills inte använts i större skala. I tillägg så kommer klimatomställningen kräva en kraftigt ökad elektrifiering av samhället som i sin tur kommer kräva mer metaller, i synnerhet koppar.

Dessa så kallade energikritiska metaller inkluderar bland annat litium, kobolt, nickel, indium och sällsynta jordartsmetaller. Litium, kobolt och nickel är några av de metaller som behövs för att göra batterier till elfordon och energilagring. Indium används i vissa solceller och sällsynta jordartsmetaller används i till exempel vindkraftverk och elmotorer. För dessa metaller så kommer mer än hälften av den framtida efterfrågan att komma från klimatteknologier. Därmed kommer ambitionsnivån i klimatomställningen påverka efterfrågan kraftigt – snabbare omställning till ett nettonollsamhälle innebär högre efterfrågan av metaller.

För Europa så förväntas dessa effekter bli extra påtagliga och efterfrågan av metaller kommer växa ännu snabbare än på global basis. Anledningen till detta är att Europa har högt ställda klimatambitioner och därmed snabbare förväntas bygga ut de teknologier som kommer kräva metaller samt att vår teknologimix är något annorlunda.

För att möta detta växande behov av metaller så lyfts ofta återvinning, återanvändning och andra cirkulära metoder fram som lösningar. Vår analys visar att dessa åtgärder är mycket viktiga och kan ha en stor effekt på den framtida efterfrågan av primärmetaller, men det är långt ifrån tillräckligt för att mätta efterfrågan. För metallerna i den här rapporten så kan förbättrad återvinning som mest minska efterfrågan på primärmetaller med ca 15-26% fram till 2050.

DEN AVGÖRANDE DELEN AV METALLERNA FRAM TILL 2050 BEHÖVER DÄRMED KOMMA FRÅN GRUVDRIFT.

För EU innebär det dock en utmaning då det för många metaller finns ett stort importberoende. Idag importeras 100% av efterfrågan av sällsynta jordartsmetaller, molybden och titan, och nästan hela efterfrågan av grafit, mangan, litium och kobolt. Utöver förhöjda risker för leveranssäkerheten, så innebär det att EU förlorar möjligheten att bygga upp viktiga värdekedjor kring dessa metaller och de viktiga klimatteknologier som de möjliggör.

FÖR SVERIGE INNEBÄR DETTA EN MÖJLIGHET ATT INTE BARA BIDRA MED METALLER UR SVENSKA GRUVOR, UTAN ATT DESSUTOM BIDRA MED METALLER SOM FRAMSTÄLLS PÅ ETT MER HÅLLBART, MILJÖANPASSAT OCH SOCIALT ANSVARSFULLT SÄTT ÄN I OMVÄRLDEN.

Metallmarknaden är idag helt global då värdet på råvaran är mycket högt i relation till transportkostnaden. Detta gör att metallerna kommer att brytas någonstans – om inte i Sverige så i någon annan del av världen. Den svenska gruvnäringen har ett lägre klimatavtryck än resten av världen och Sverige skapar med sin export av metaller en betydande klimatnytta på ca 5 miljoner ton CO₂e per år.

Denna klimatnytta förväntas växa ytterligare i och med de förbättringar som branschen planerar.

Sverige har en lång och gedigen historia av gruvbrytning och är i Europa ett mycket viktigt land som bland annat bidrar med över 90% av produktionen av järn. Sverige har potential för utvinning av många nya och viktiga metaller och mineral. Fyndigheter har identifierats med bland annat sällsynta jordartsmetaller, grafit, kobolt, litium, nickel, platinagruppernas metaller, titan och vanadin. Grafit och sällsynta jordartsmetaller är redo att utvinnas i större skala från svenska fyndigheter i väntan på tillstånd. Sammanfattningsvis innebär detta att det finns mycket stora möjligheter för Sverige att fortsätta förädla och utveckla en ledande industri, möta en växande efterfrågan som är kritisk för klimatomställningen samt att bidra med metaller och mineral som utvinns på det mest hållbara sättet.

SAMHÄLLETS BEHOV AV METALLER OCH MINERAL FÖRVÄNTAS VÄXA KRAFTIGT TILL ÅR 2050

Metaller och mineral fyller ett grundläggande behov i vårt samhälle. Oavsett bransch eller område så används metaller och mineral för deras unika egenskaper, såsom hållfasthet, hårdhet, som ledare för ström eller värme samt magnetiska eller kemiska egenskaper.

Den ekonomiska utvecklingen av vårt samhälle har gått hand i hand med ökad användning av metaller och mineral. När länder utvecklas går de oftast igenom en fas av kraftigt ökat metallbehov för att bygga upp byggnader, infrastruktur, bilar och andra kännetecken av en utvecklad ekonomi. Därefter mattas efterfrågan av och kan i högre grad mötas av återvunnen metall. Idag har många delar av världen gått igenom denna utvecklingsfas. Samtidigt finns ännu ett stort uppdämt behov av metaller i många delar av världen. Som exempel på detta så finns det mindre än 1 ton stål per capita i Afrika, medan OECD-länderna har mättats på runt 11-14 ton per capita (Material Economics, 2018). Hur ser då utvecklingen av metallbehovet ut framöver?

Den här rapporten sammanställer resultaten från ett stort antal studier av den förväntade utvecklingen av användning av metaller och mineral fram till 2050. Sammanlagt ingår metastudier med över 150

underliggande prognoser över det framtida metallbehovet. Figur 1 sammanställer den nuvarande produktionen av primärmetaller (från gruvbrytning), den historiska tillväxten samt ett genomsnitt av olika framtidsprognoser för tillväxten till 2030 och 2050 samt den observerade osäkerheten.

Ett antal slutsatser är tydliga.

- **Samtliga metaller och mineral** ser ökad efterfrågan till 2050.
- **Störst tillväxt observeras bland** de så kallade energikritiska metallerna litium, sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium och kobolt, som alla förväntas växa med minst 300%. Den gemensamma faktorn för denna grupp är att dessa metaller och mineral inte använts i större skala tidigare och att de teknologier som de används för är relativt nya och under stark utveckling.
- **De stora basmetallerna**, järn, aluminium, koppar, zink och bly kommer att växa med 25-188%. Dessa metaller finns redan idag i stort omlopp i våra ekonomier och den ytterligare tillväxten blir därmed inte lika stor. Koppar är den metall med störst förväntad tillväxt av dessa.



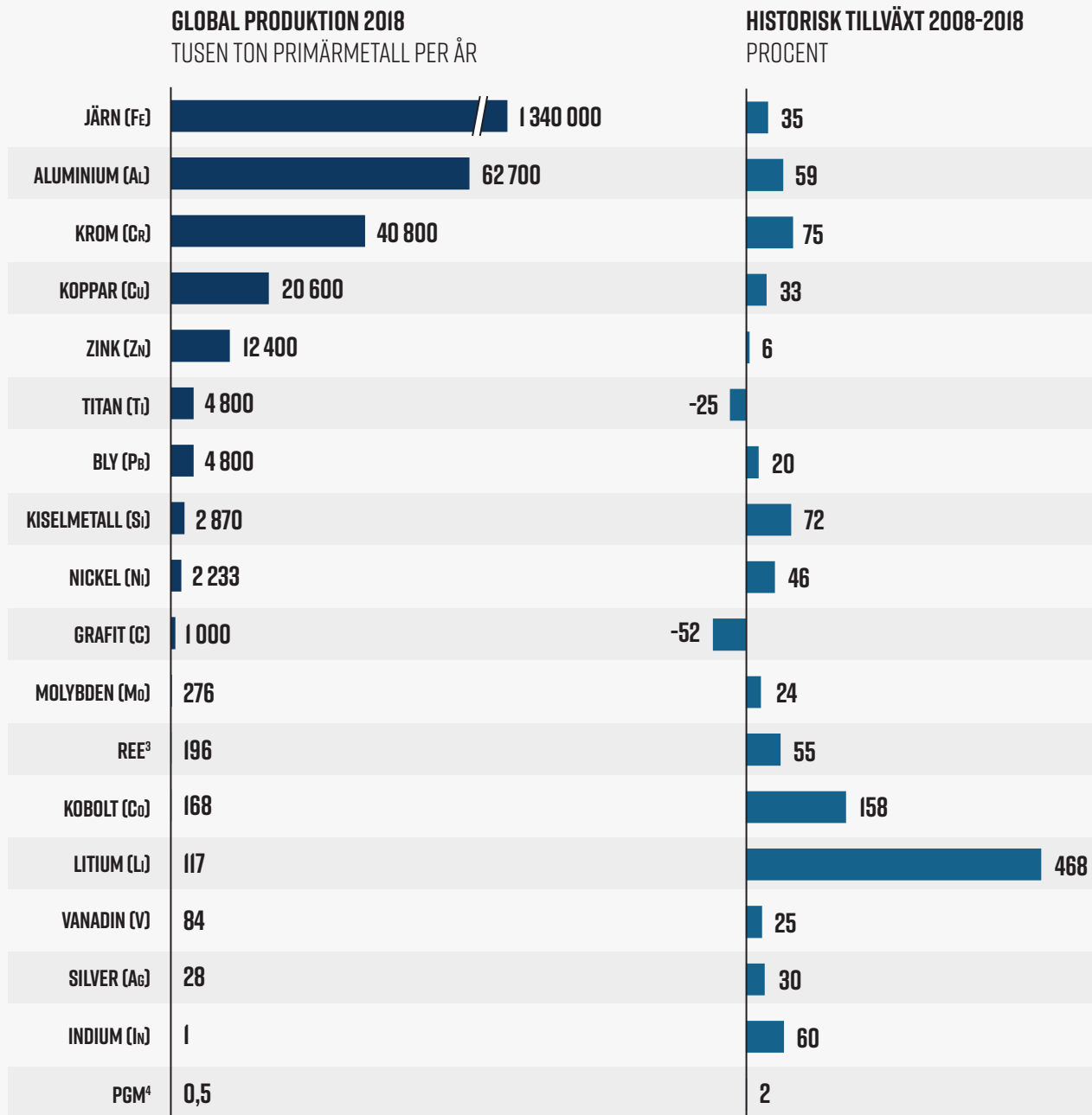
300%

Störst tillväxt observeras bland de så kallade energikritiska metallerna litium, sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium och kobolt, som alla förväntas växa med minst 300%

Figur 1

FÖRVÄNTAD GLOBAL TILLVÄXT AV EFTERFRÅGAN FÖR UTVALDA METALLER OCH MINERAL TILL 2050

Litium, sällsynta jordartsmetaller (REE), grafit, indium, kobolt bland de metaller och mineral med störst förväntad tillväxt till 2050. Koppar är den större metall som förväntas växa mest.



¹ Genomsnitt av framtidsprognoser från litteratursökning, i så stor utsträckning som möjligt kopplade till 2-gradersmålet och med cirkularitet.
² Osäkerheten reflekterar skillnaden efterfråga mellan prognoser. ³ Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements). ⁴ Platinagrupperns metaller.

FRAMTIDSUTSIKT - GENOMSnitt AV EXISTERANDE PROGNOser¹

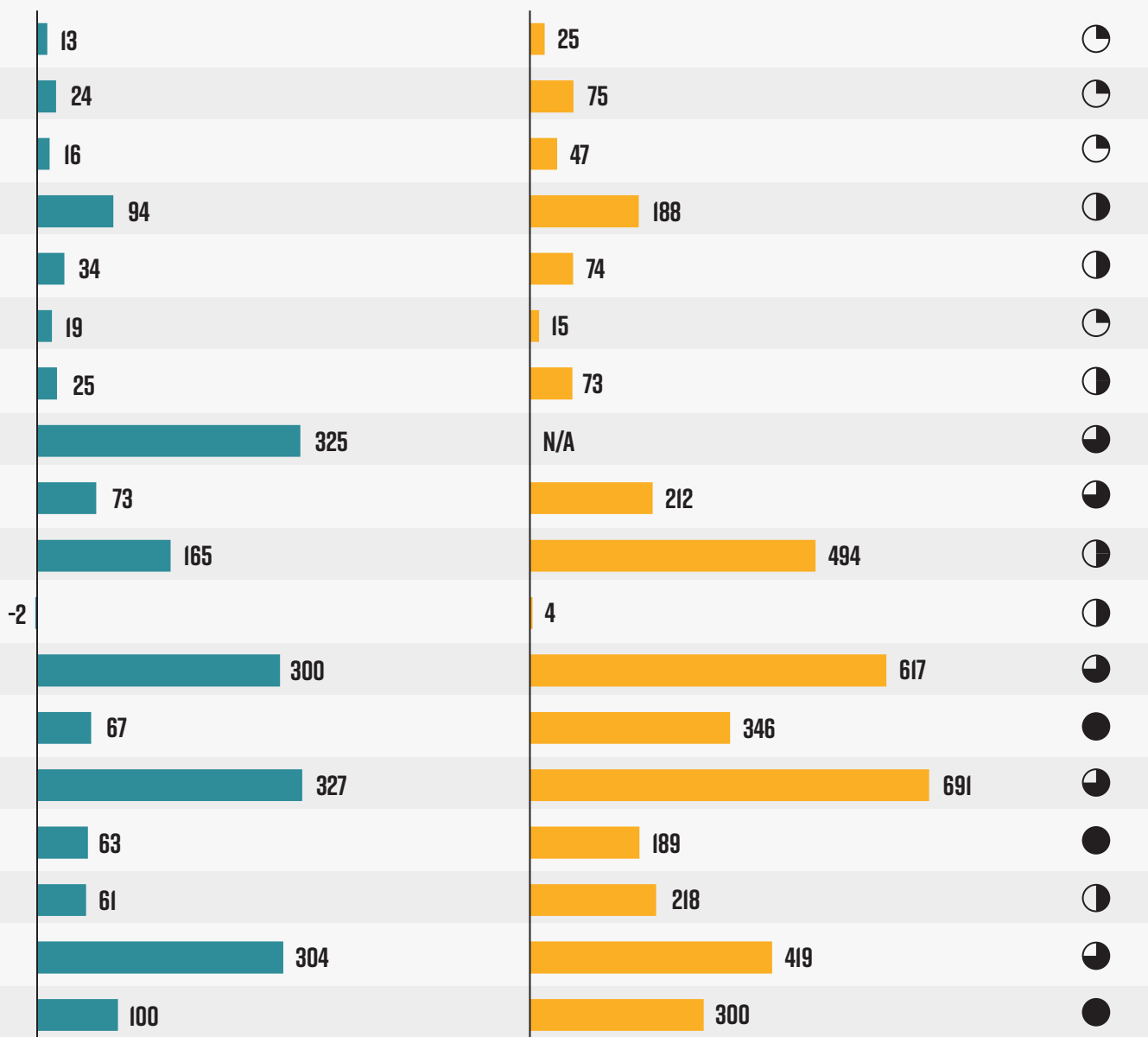
● HÖGRE OSÄKERHET

◐ LÄGRE OSÄKERHET

TILLVÄXT TILL 2030
PROCENT

TILLVÄXT TILL 2050
PROCENT

OSÄKERHET²



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAT PÅ ÖVER 150 UNDERLIGGANDE STUDIER

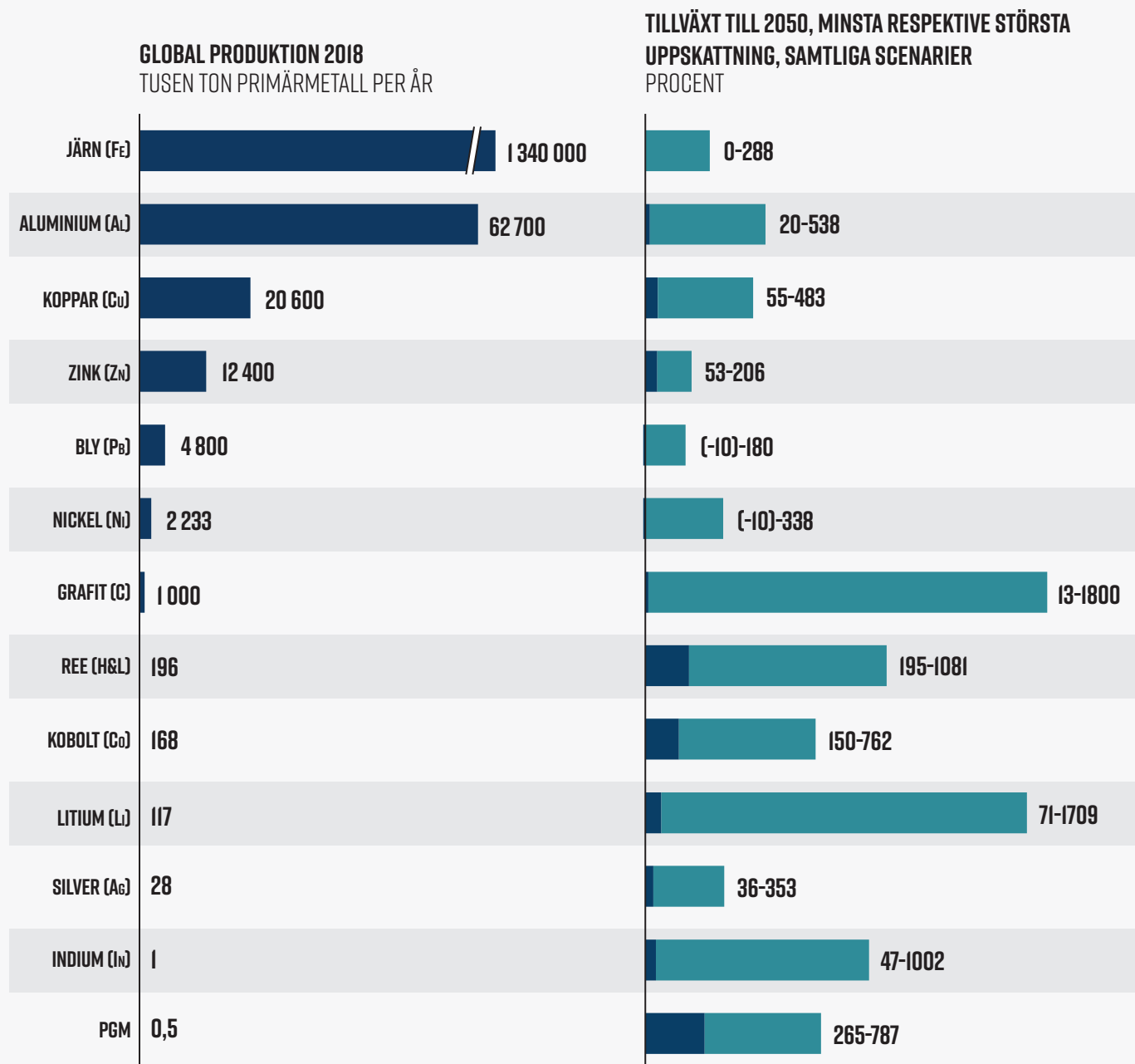
Osäkerheten är, som alltid när man prognosticerar framtiden, hög och det finns stor variation mellan studier. Skillnaderna drivs bland annat av olika metodik, olika scenarier för teknisk och ekonomisk utveckling samt olika antaganden för återvinning och andra trender. Exempel på enskilda faktorer som har stor påverkan på efterfrågan i litteraturen inkluderar hastigheten i klimatomställningen, den ekonomiska utvecklingen och urbaniseringen i lågt utvecklade ekonomier i regioner som Indien och Afrika samt teknisk utveckling som påverkar metallintensitet och möjlighet till återvinning, återanvändning, minskad resursförbrukning och andra cirkulära åtgärder.

Figur 2 sammanfattar skillnaden mellan de största och minsta uppskattningarna från litteraturen. Att gå igenom vad som orsakar skillnaden för varje metall och mineral ligger utanför den här rapportens syfte, men ett exempel är grafit vars efterfråga förväntas växa som resultat av efterfrågan på elfordon och batterier. Där beror den stora skillnaden framförallt på hur stor andel av fordonsmarknaden som elfordon tar, hur stor andel av batteritekniken som använder grafit samt i hur stor utsträckning som grafit från gruvdrift används istället för syntetisk grafit.

Figur 2

SKILLNAD I TILLVÄXT MELLAN MINSTA RESPEKTIVE STÖRSTA UPPSKATTNING

Det är stor spridning i uppskattningar om framtida behov av metaller och mineral.



KÄLLA: ANALYS AV MATERIAL ECONOMICS BASERAT PÅ ÖVER 150 UNDERLIGGANDE STUDIER

The background image shows a vast, scenic landscape. In the foreground, there is a large array of solar panels, likely on a rooftop or a flat surface, reflecting the sky. The middle ground features a lush green valley with scattered trees and a small structure. In the background, there are majestic, rocky mountains under a bright blue sky with scattered white clouds. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

HÖGRE KLIMATAMBITIONER BETYDER STÖRRE BEHOV AV METALLER

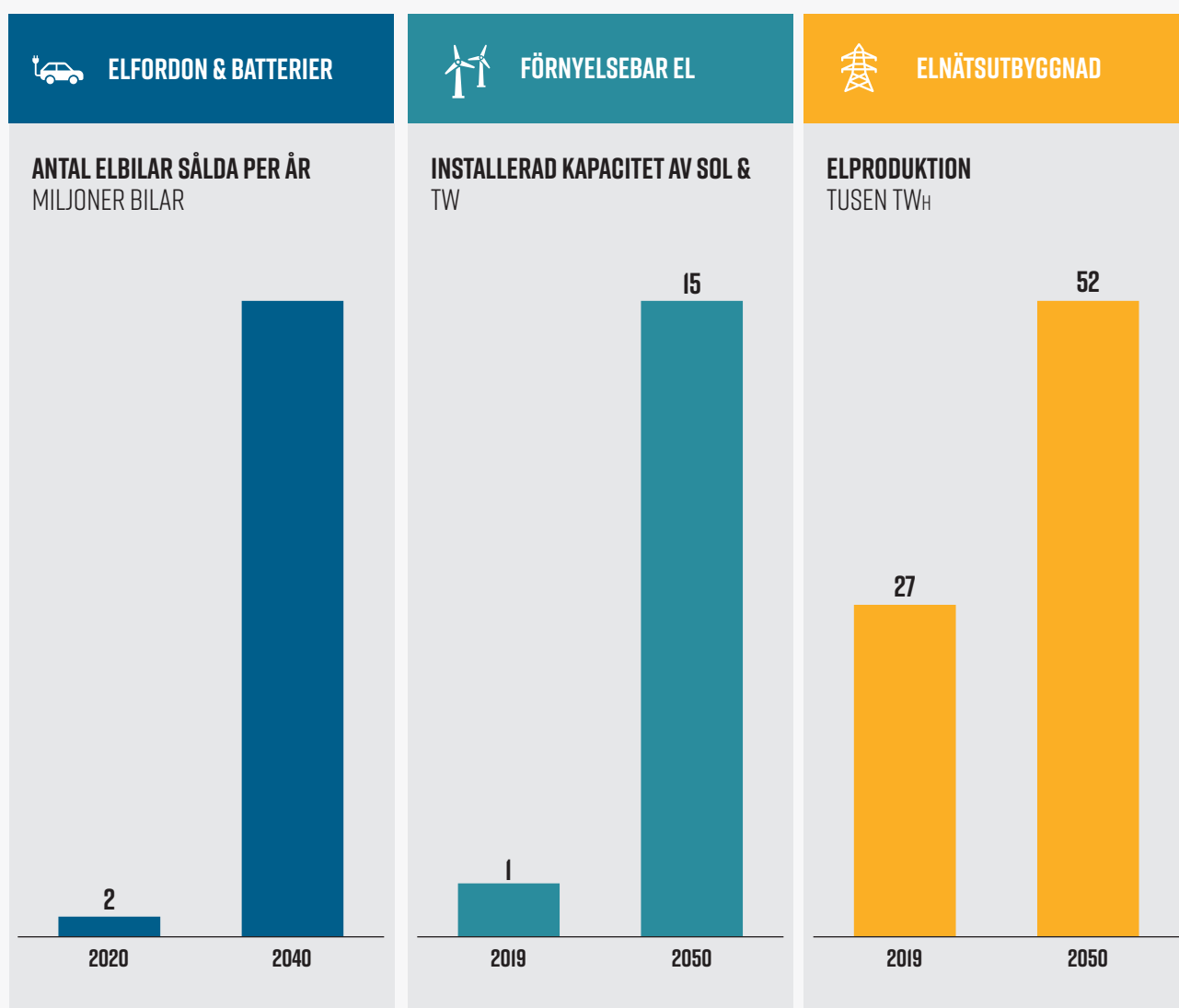
Många trender och samhällsförändringar påverkar metallbehovet. Klimatomställningen kommer vara den enskilt viktigaste faktorn fram till 2050, speciellt för de energikritiska metallerna. Detta är kanske inte förvånande när man tar hänsyn till att klimatomställningen sannolikt är den största omställningen av vår ekonomi sedan den industriella revolutionen med implikationer för samtliga sektorer i vårt samhälle.

Tre förändringar kopplade till denna omställning kommer ha en kraftig påverkan på metallbehovet – skiftet till elfordon med batterier, utbyggnaden av förnyelsebar el (framförallt solceller och vindkraft) samt elnätutbyggnaden som är ett resultat av att många delar av ekonomin behöver elektrifieras då vi fasar ut fossila bränslen. Figur 3 visar exempel på dessa förändringar från ledande prognosmakare.

Figur 3

EXEMPEL PÅ FÖRVÄNTAD UTVECKLING GLOBALT AV KLIMATTEKNOLOGIER MED STOR PÅVERKAN PÅ METALLBEHOVET

Kraftig tillväxt av elfordon, förnyelsebar el och elnätutbyggnad krävs för att nå klimatmålen. Dessa produkter kräver mer och nya sorters metaller. Starkare färg indikerar större betydelse av metallen för teknologin



KÄLLA: IEA ETP 2020 (SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCENARIO; BNEF ELECTRIC VEHICLE OUTLOOK 2020

*En elbil innehåller upp till
fyra gånger så mycket koppar
som en konventionell bil.*

Dessa förändringar innebär ett ökat metallbehov då de nya teknologierna ofta kräver mer metall än de gamla fossila teknologierna för att producera samma slutresultat. I figur 4 visas material- och metallintensiteten för anläggningar som använder kol, gas, vind samt sol.

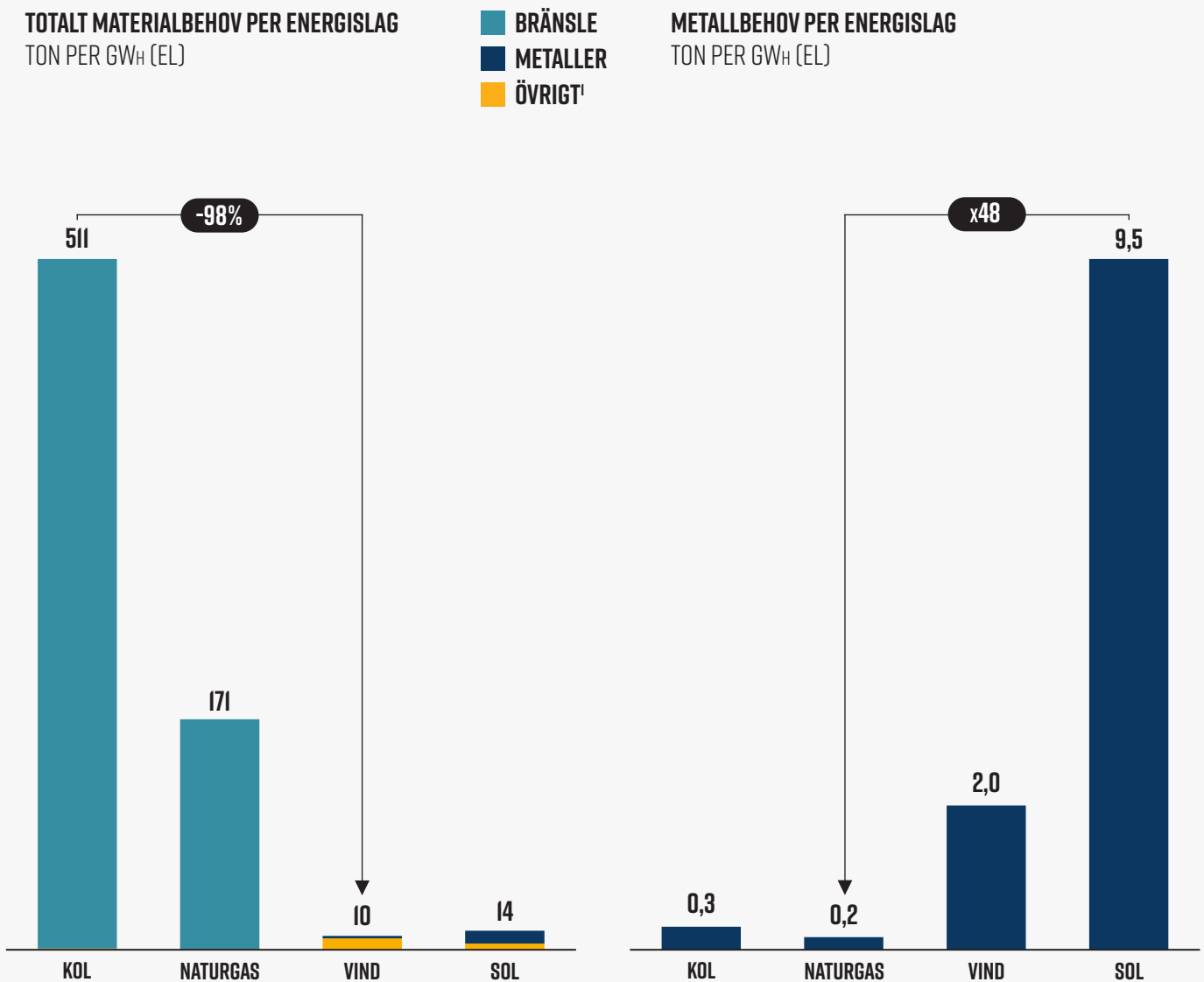
Det är tydligt att omställningen från kol och gas till förnyelsebart kommer att kraftigt minska det totala materialbehovet när man inkluderar bränsle, alla metaller samt andra mate-

rial t.ex. betong, plast och glas. Vindkraft kräver exempelvis bara 2% av det totala materialbehovet per GWh som ett kolkraftverk. Men samtidigt ökar metallbehovet 10-50 gånger för att producera samma mängd el. På ett liknande, men inte lika dramatiskt, sätt så ökar metallbehovet i en elbil jämfört med en konventionell bil då batteriet och elmotorn kräver ansevärd mängder metall. Exempelvis innehåller en elbil upp till fyra gånger så mycket koppar som en konventionell bil (Watari, 2018).

Figur 4

MATERIAL- OCH METALLINTENSITETEN I OLIKA ENERGISLAG

Skiftet från fossil energi till förnyelsebart kommer innebära en kraftig minskning av det totala materialbehovet för att generera el, men behovet av metaller kommer öka.



¹ Framför allt betong, men även t ex glas och plast

KÄLLA: DOE (2015) QUADRENNIAL TECHNOLOGY REVIEW; US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (2021)

Elfordon och batterier är exempel på teknologier som kräver många metaller som tidigare bara använts i mindre skala.

UTÖVER ATT DET TOTALA BEHOVET AV METALLER ÖKAR SÅ BEHÖVS ÄVEN NYA TYPER AV METALLER SOM INTE TIDIGARE ANVÄNTS I STÖRRE SKALA.

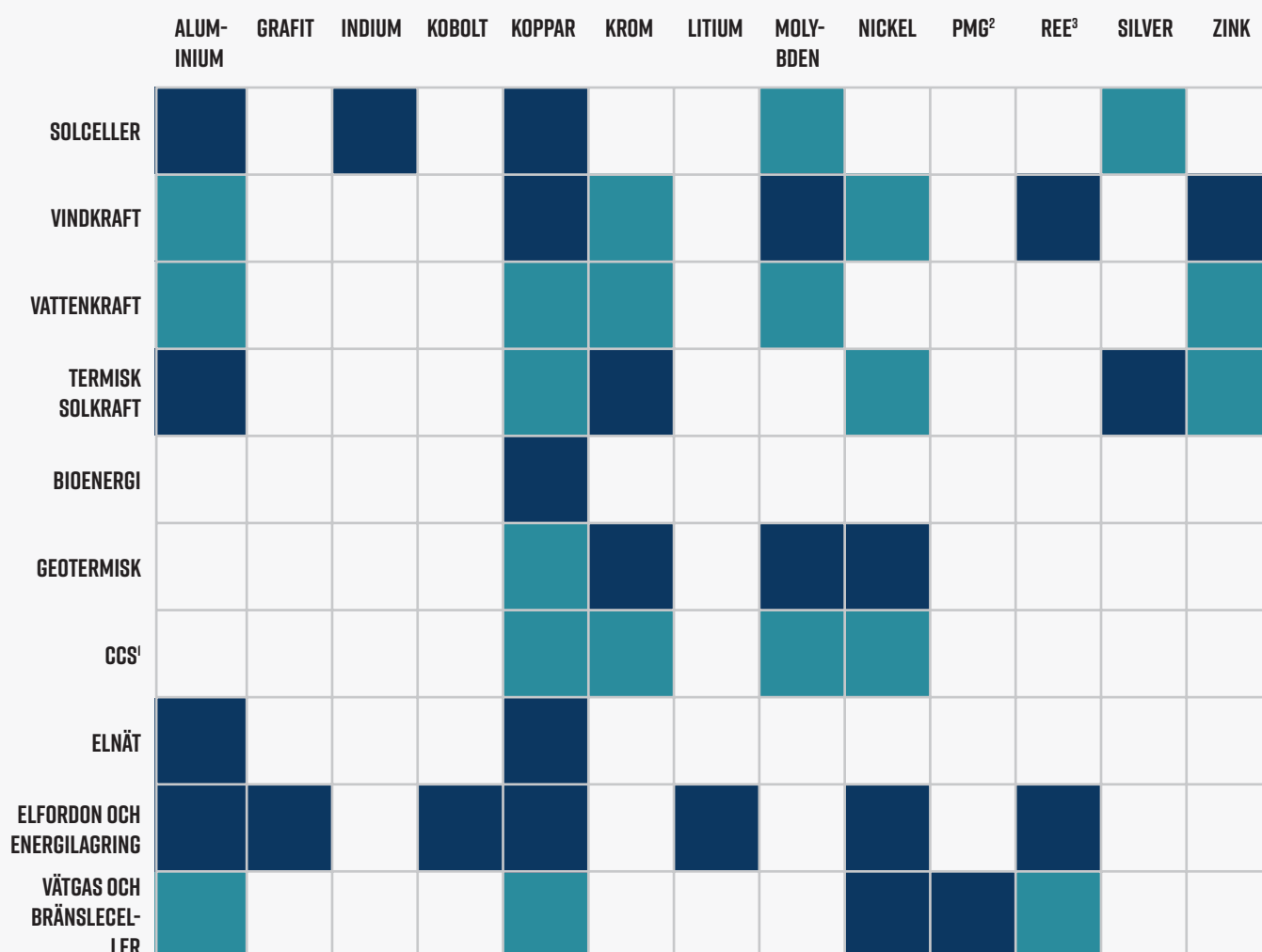
Figur 5 visar på övergripande nivå vilka metaller som krävs för olika teknologier (exklusive järn). Elfordon och batterier är ett exempel på teknologier som kräver många metaller som tidigare bara använts i mindre skala. Litiumjonbatterier som är den ledande tekniken kräver bland

annat litium och kobolt som redan sett kraftig tillväxt de senaste 10 åren (Figur 1). Ett annat exempel är att elmotorer såväl som vindkraftverk har skapat ett större behov av några av de sällsynta jordartmetallerna (REE) neodym, dysprosium och praseodym. Teknisk utveckling och möjlighet att i viss mån substituera metaller beroende på prisutveckling gör att metallbehovet i framtiden kan förändras. Ett exempel på detta är kobolt där flera batteritillverkare idag tittar på alternativa metaller.

Figur 5

RELATIV VIKT AV METALLER FÖR OLIKA KLIMATTEKNOLOGIER

Vissa metaller har ett snävare användningsområde, men kan vara kritiska för dessa teknologier.
Listan är inte fullständig och exkluderar exempelvis järn som används i princip alla teknologier.



Starkare färg indikerar större betydelse av metallen för teknologin

¹ Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon Capture and Storage); ² Platinagruppens metaller. ³ Sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements)
Not: Ej uttömmande lista på metaller

KÄLLA: IEA, VÄRLDSBANKEN

Figur 6 visar hur stor andel av efterfrågan 2050 som direkt kommer från dessa klimatteknologier. För flera av de stora basmetallerna, exempelvis järn och zink, kommer dessa teknologier skapa nya viktiga ytterligare kategorier av metallbehov. Men de kommer inte vara den huvudsakliga drivkraften till efterfrågan. Medan för de energikritiska metallerna, exempelvis litium, kobolt, neodym, indium och nickel så kommer klimatteknologierna ha en avgörande betydelse för efterfrågan och driva på en kraftigt ökad konsumtion.

I fallet med koppar har sekundära effekter av klimatomställningen en mycket stor effekt och är en av drivkrafterna till att den förväntade tillväxten i Figur 1 är så hög. Till stora

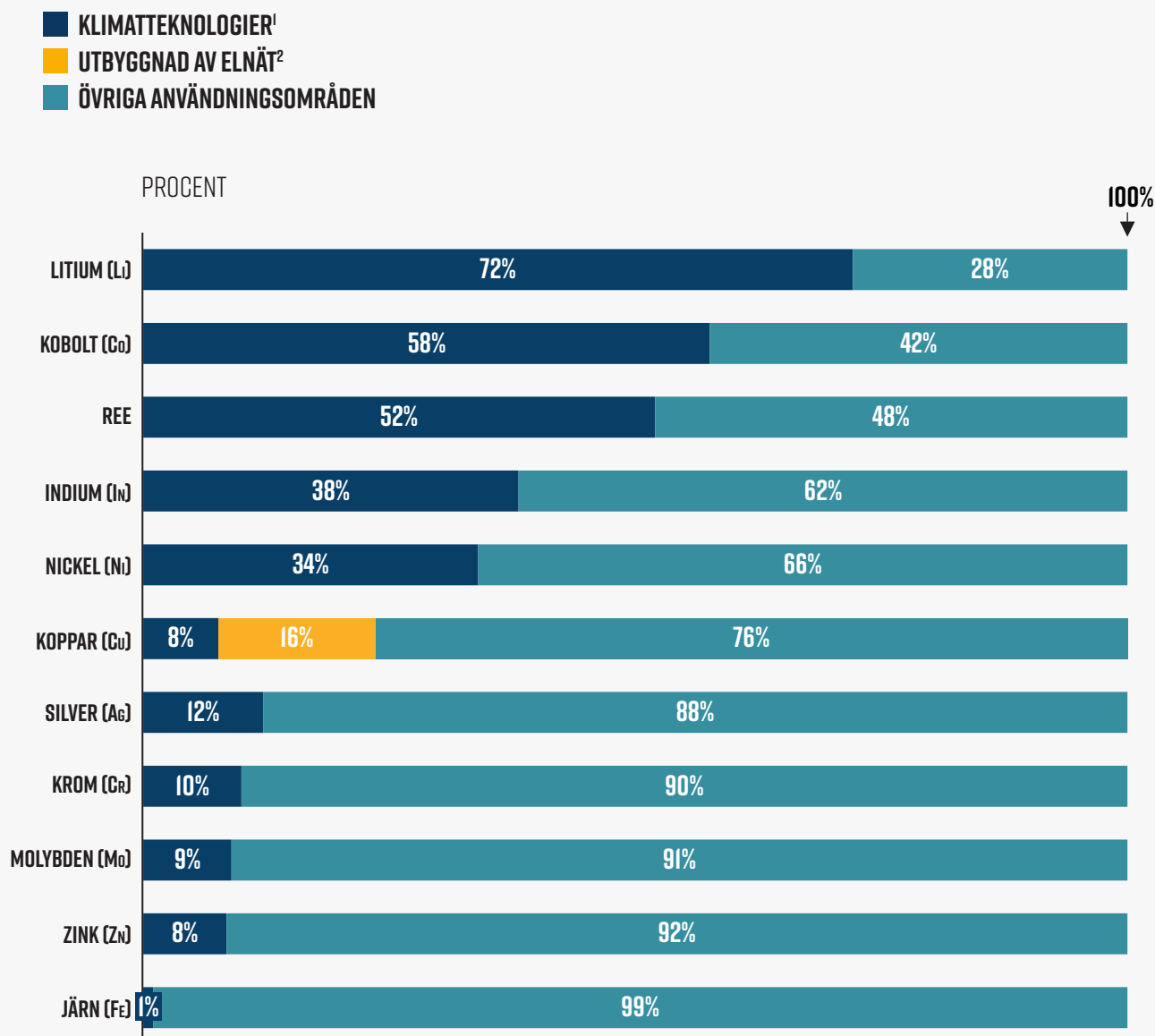
delar är klimatomställningen en elektrifieringsomställning av många sektorer i samhället. Då bilar, uppvärmning och industriella processer blir elektriska så kommer elnäten behöva byggas ut ordentligt. I fallet med Sverige så förväntas efterfrågan av el mer än fördubblas fram till 2045 (Material Economics 2021).

Nämnvärd är relationen mellan klimatambitioner och metallefterfrågan. Ju högre ambitionsnivån sätts i klimatomställningen och ju snabbare dessa teknologier byggs ut, desto mer metaller kommer samhället behöva fram till 2050 då klimatteknologier är en betydande drivkraft för efterfrågan av metaller. Figur 7 visar den förväntade efterfrågan av ett antal metaller och mineral vid olika klimatscenarier.

Figur 6

ANDEL AV EFTERFRÅGAN SOM KOMMER FRÅN KLIMATTEKNOLOGIER

Vissa metaller har ett snävare användningsområde, men kan vara kritiska för dessa teknologier. Listan är inte fullständig och exkluderar exempelvis järn som används i princip alla teknologier.



¹ Förnyelsebar elkraft, batterier, elfordon; ² Ökad utbyggnad från elektrifiering av fossila användningsområden (transmission, distribution och transformatorer)

KÄLLA: BGS; WATARI ET AL (2018, 2021); IEA (2021)



Att utvinna metaller är energikrävande så man kan fråga sig om denna utvinning inte ökar utsläppen av växthusgaser. Livscykelanalyser visar dock att de sammanlagda utsläppen från klimatteknologierna inklusive metallutvinningen är signifikant lägre än dagens fossila teknologier (IEA 2021). Ett exempel på detta är elbilar vars livscykelutsläpp är mindre än hälften så stora som likvärdiga bilar med förbränningsmotor, även om elen de använder kommer från delvis fossila källor. Detta beror på elmotorns högre effektivitet. För att ytterligare

minska utsläppen är den viktigaste åtgärden att minska utsläppen från elproduktionen, medan utsläppen från batterimetallerna är en relativt liten andel av de totala utsläppen (7-13%).

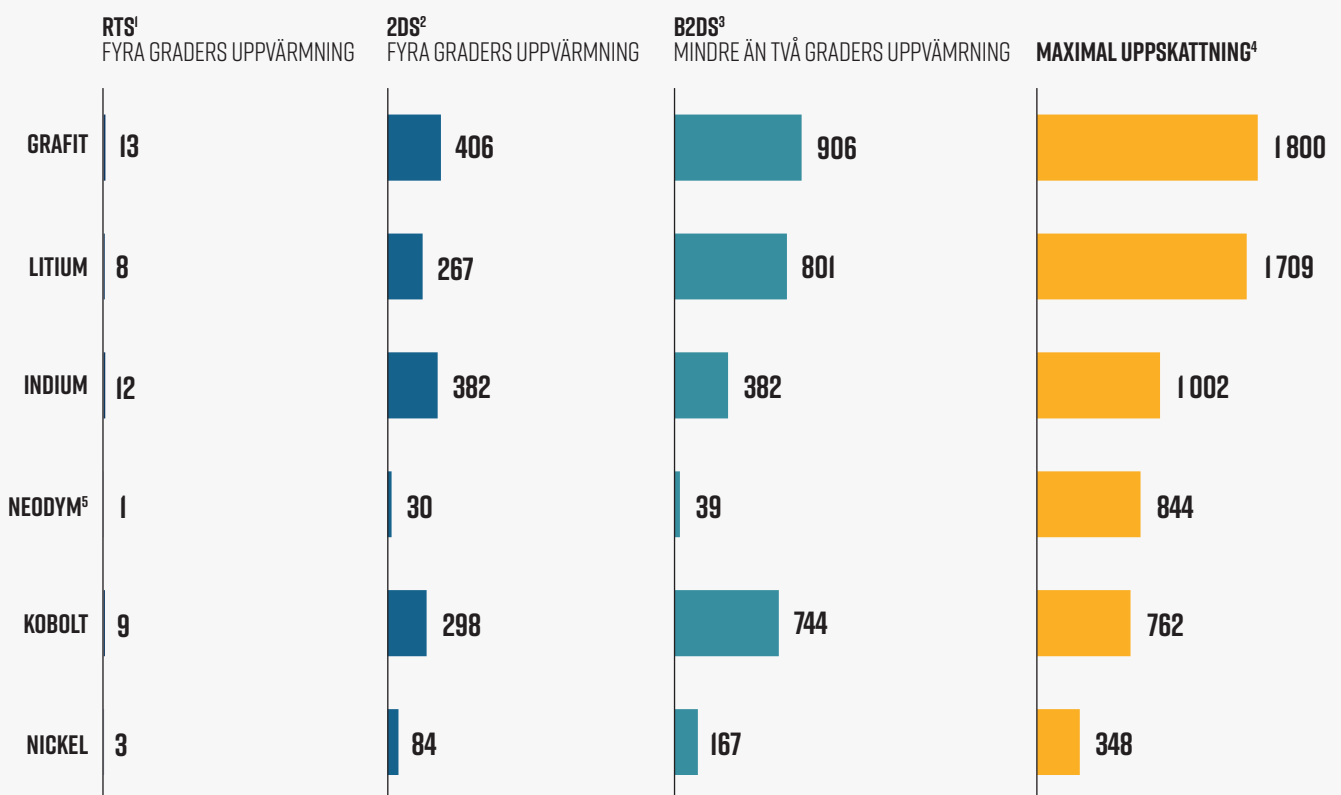
Klimatomställningen kommer även ha andra effekter på hur metallerna utvinns och används som inte täcks i detalj i denna rapport. Exempelvis förväntas stålproduktionen gå igenom en vätgasomställning samtidigt som stålet används på nya sätt och fasas ut från fossila produkter.

Figur 7

GLOBALT METALLBEHOV VID OLIKA KLIMATSCENARIER

För metaller med stor exponering mot klimatteknologier så spelar takten i klimatomställningen stor roll för efterfrågan. Högre ambitioner innebär ett större metallbehov

FÖRVÄNTAD EFTERFRÅGAN 2050 I FÖRHÅLLANDE TILL 2018 PÅ GRUND AV KLIMATTEKNOLOGIER PER KLIMATSCENARIO PROCENT



¹ Reference Technology Scenario; ² 2 Degree Scenario; ³ Beyond 2 Degrees Scenario; ⁴ Maximal uppskattning från litteraturen; ⁵ Världsbankens modell av neodym exkluderar efterfrågan från elbilar

KÄLLA: VÄRLDSBANKEN (2020); IEA ETP (2017); WATARI ET AL (2020; 2021)



EUROPA HAR ETT STÖRRE METALLBEHOV ÄN OMVÄRLDEN GIVET VÅR HÖGA AMBITIONSnivå I KLIMATOMSTÄLLNINGEN

EU har, jämfört med andra delar av världen, satt ett av de mest ambitiösa målen för klimatomställningen. EU ska nå klimatneutralitet till 2050 och sänka utsläppen med 55% till 2030. I EU:s långtidsbudget för 2021-2027 kommer även minst 30% av utgifterna läggas på klimatrelaterade projekt. Detta gör att EU:s behov av metaller för klimatomställningen kommer vara relativt sett högre än omvärldens. Europa är redan idag den största konsumenten av elbilar med 43% av nybilsförsäljningen 2020¹.

Europa har även andra förutsättningar som kommer påverka efterfrågan. Globalt sett förväntas solkraft vara den viktigaste energikällan inom en snar framtid. För norra Europa är dock förutsättningarna inte lika goda för solkraft givet vår geografiska position med färre soltimmar än många andra regioner.

Istället förväntas vindkraft spela en mycket viktig roll. Europa är redan en ledande vindkraftsproducent, och producerar idag 89% av all havsbaserad videnenergi.

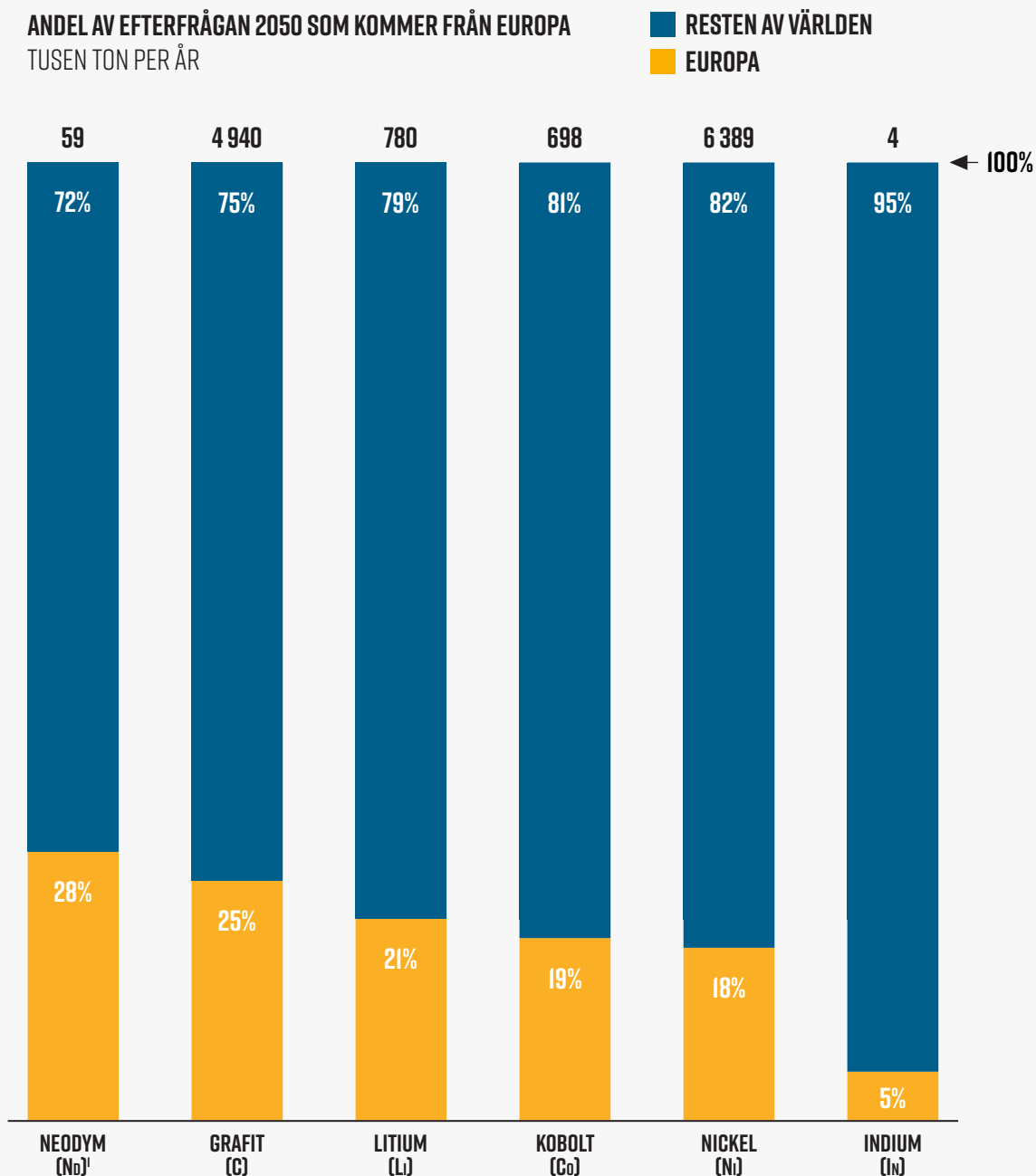
Figur 8 sammanfattar dessa effekter för Europas andel av efterfrågan för ett antal energikritiska metaller. EU:s andel av den globala ekonomin är idag ca 15%, men för många av dessa metaller är efterfrågan fram till 2050 betydligt större än så. Neodym, en sällsynt jordartsmetall som används till permanentmagneter i såväl elbilar som vissa typer av vindkraftverk, kommer vara mycket viktig för Europas omställning då det europeiska behovet utgör ca 28% av den globala efterfrågan. Indium, en metall som används i bland annat solceller, kommer relativt sett vara mindre viktig i Europas omställning.

¹ Enligt EV Volumes 2020

Figur 8

ANDEL AV EFTERFRÅGAN 2050 SOM KOMMER FRÅN EUROPA

Europa förväntas ha en högre efterfråga av flera metaller än omvärlden (relativt sin andel av den globala ekonomin på 15% idag). Metallmixen kommer också vara annorlunda givet mer fokus på vind, mindre på sol samt relativt snabb övergång till elbilar.



¹ Även de sällsynta jordartmetallerna dysprosium och praseodym förväntas växa i efterfråga kraftigt

KÄLLA: ME-ANALYS BASERAT PÅ "EUROPEAN COMMISSION, CRITICAL MATERIALS FOR STRATEGIC TECHNOLOGIES AND SECTORS IN THE EU - A FORESIGHT STUDY, 2020"; BGS; IEA ETP 2020; WATARI ET AL (2020)



ÅTERVINNING ÄR VIKTIGT, MEN RÄCKER INTE TILL FÖR ATT MÖTA BEHOVET

Vart ska metallerna som behövs i framtiden komma ifrån? Det finns bara en ändlig mängd metaller i jordskorpan som kan utvinnas. Därför spekuleras det då och då i att världen kommer nå en tidpunkt av "peak metal" varefter tillgången av metaller från gruvnäringen kommer att falla. Det mesta tyder dock på att denna tidpunkt är långt bort och inte kommer vara geologiskt relevant för tidshorisonten i den här rapporten (Jowitt et al, 2020). Med andra ord så kan gruvnäringen möta dessa behov av ytterligare metaller.

En annan viktig källa till metaller är de som redan finns i vår ekonomi idag i form av produkter som nått slutet av sina liv. En betydande andel av den järn, koppar, aluminium och andra basmetaller som används idag kommer från återvunnet skrot. Att återvinna metaller har flera fördelar. Det är ofta mer energieffektivt, i vissa fall billigare och minskar mängden material som måste deponeras. Kan samhället därmed möta sitt behov av metaller endast genom att återvinna det som

redan finns? Tyvärr är detta inte möjligt, även om det finns en förbättringspotential jämfört med idag. Figur 9 visar effekten av förbättrad återvinning och andra cirkulära åtgärder på två metaller med väldigt olika utveckling fram till år 2050.

Järn är den metall som används mest, primärt i form av stål, i allt ifrån bilar till broar till bordsbestick. Då metallen har en så stor utbredning och lång historia av användning så finns det en viss mängd skrot som varje år återvinns till nytt stål. Idag återvinns ca 80% av allt stål men bara ca 29% av allt nyproducerat stål kommer från sekundär metall (skrot). Skillnaden mellan dessa tal beror på att livslängden på stålprodukter ofta är mycket lång och att världsekonomin fortfarande går igenom en fas av ökad efterfrågan på stål. Om återvinningsgraden fortsätter ligga på 80% så ökar andelen sekundär metall till 35% till år 2050. Om återvinningsgraden kan förbättras till mer än 90%, samtidigt som ett antal andra åtgärder för att förbättra återvinningen genomförs, så är det möjligt att öka



andelen sekundär metall till 49% till år 2050. Den förbättrade återvinningen innebär en minskning av efterfrågan på primärmetall 2050 med ca 18% jämfört med nuvarande återvinningsgrad, och en minskning med 6% jämfört med dagens efterfrågan. Fortfarande skulle dock mer än hälften av allt järn som behövs komma från gruvbrytning.

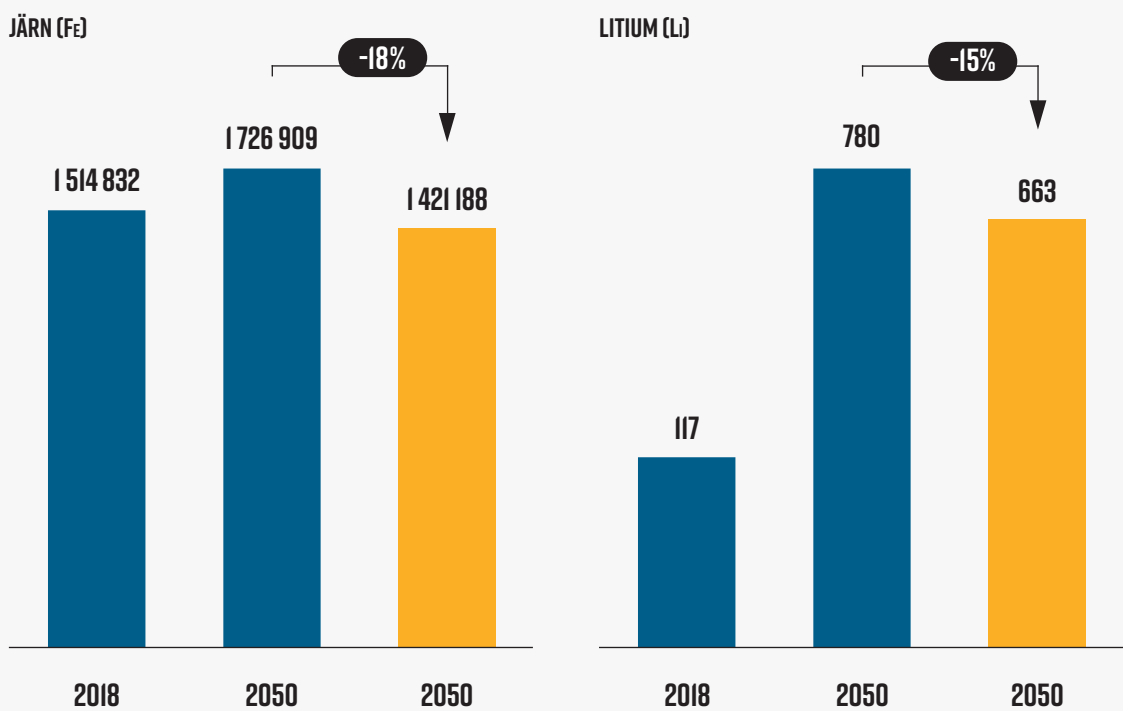
Litium är en metall med en helt annan profil än järn. Litium har först på senare år börjat användas i större skala i och med det tekniska genombrottet med litiumjonbatterier. Idag återvinns i princip inget litium alls och andelen sekundär metall är därmed också noll. Det pågår mycket forskning kring återvinning av litiumjonbatterier och en återvinningsindustri är under uppbyggnad. Hur stor andel som kommer att återvinnas till 2050 är dock i dagsläget mycket osäkert. Om återvinningsgraden skulle nå 50% utan andra förluster så skulle det innebära att efterfrågan på primära metaller till år 2050 skulle minska med ca 15%.

Världsbanken (2020) har gjort liknande analyser av ytterligare fyra metaller (koppar, aluminium, nickel, kobolt) och i samtliga fall är bilden liknande. Även om återvinningsgraden kan maximeras så kommer efterfrågan av primärmetaller till år 2050 bara minska med ca 15-26%. I detta fall har man endast räknat på metaller som används för klimatteknologier. För de flesta snabbväxande metaller innebär det att efterfrågan fortfarande kommer växa kraftigt jämfört med idag. Att öka återvinningsgraden är samtidigt utmanande och kräver delvis ny teknik och nya processer, både för insamlingen och för bearbetningen till nytt material. Många metaller finns i små mängder tillsammans med andra metaller samt andra material, exempelvis plast. Detta gör att det finns såväl tekniska som ekonomiska utmaningar kopplade till ökad återvinning som måste lösas. Detta borde vara högt prioriterade åtgärder som skulle medföra stora vinster för vårt samhälle, dock kvarstår ett stort behov av fortsatt gruvdrift.

Figur 9
**EFFEKT AV ÖKAD ÅTERVINNING
 PÅ EFTERFRÅGAN AV JÄRN OCH LITIUM**

GLOBAL EFTERFRÅGA AV PRIMÄRMETALL 2050
 TUSEN TON PER ÅR

■ NUVARANDE ÅTERVINNINGSGRAD
■ FÖRBÄTTRAD ÅTERVINNINGSGRAD



**ANDEL SEKUNDÄR
 METALL I TOTALA
 EFTERFRÅGAN**

29%

35%

49%

0%

0%

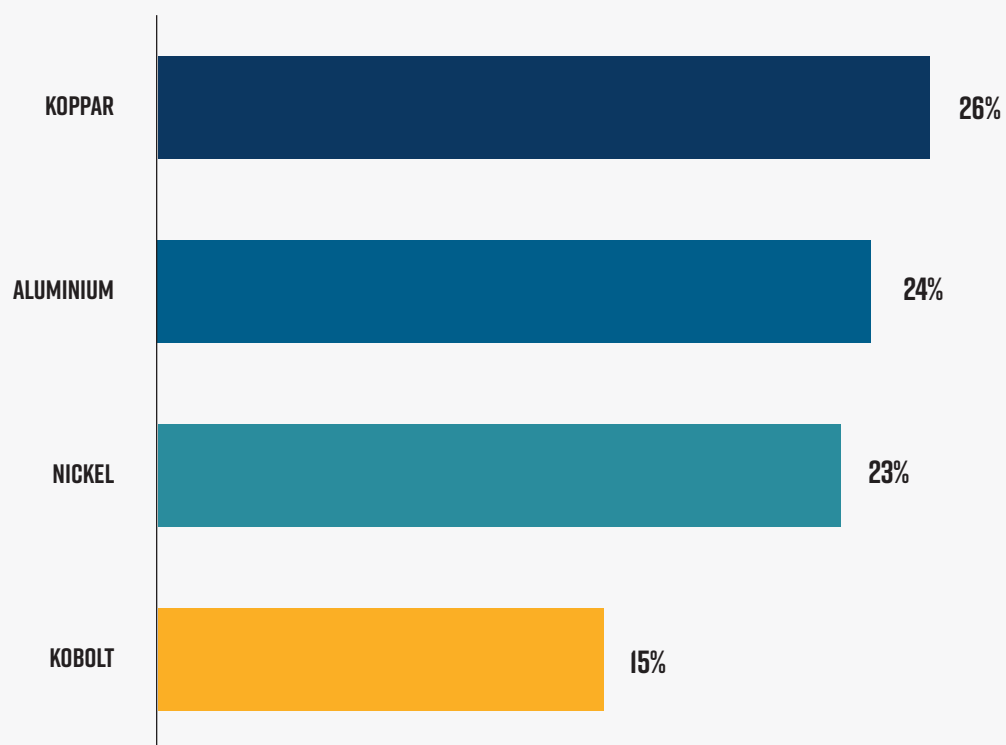
15%

**ÅTGÄRDER FÖR
 FÖRBÄTTRAD
 ÅTERVINNING**

Ökad återvinningsgrad från 80% till >90%, minskad downgrading och minskad metallintensitet

Ökad återvinningsgrad från 0% till 50% utan förluster, konstant metallintensitet

POTENTIELL MINSKNING AV EFTERFRÅGAN AV ÖVRIGA PRIMÄRMETALLER TILL 2050 FRÅN FÖRBÄTTRAD ÅTERVINNING¹



Ökad återvinning kan minska efterfrågan på primärmetaller, men det räcker inte till för att möta hela behovet. Som mest beräknas förbättrad återvinning kunna minska behovet av primärmetaller med 15-26% till 2050 relativt basscenarierna.

¹ Endast metaller för klimatteknologier, total minskning sannolikt lägre

KÄLLA: VÄRLDSBANKEN (2020); WATARI ET AL (2018); MATERIAL ECONOMICS

EUROPA HAR ETT STORT IMPORTBEROENDE AV MÅNGA METALLER OCH MINERAL

Som tidigare beskrivet, så har Europa ett relativt sett större behov av metaller och mineral för klimatomställningen än resten av världen. Samtidigt är EU starkt importberoende av många metaller och mineral. Metallmarknaden idag är helt globaliserad då metaller har ett högt värde relativt transportkostnaden och Europa importerar stora andelar metaller från Asien, Afrika och Sydamerika. Figur 10 visar importberoendet för ett antal utvalda metaller. Idag importeras 100% av efterfrågan av sällsynta jordartsmetaller, molybden och titan, och nästan hela efterfrågan av grafit, mangan, litium och kobolt – kritiska metaller för bland annat elbilar, batterier och vindkraftverk.


ATT VARA STARKT IMPORTBEROENDE BEHÖVER INTE VARA ETT STORT PROBLEM, MEN DET MINSKAR LEVERANSSÄKERHETEN OCH GÖR DET UTMANANDE ATT BYGGA UPP VÄRDEKEDJOR KOPPLADE TILL METALLERNA.

Leveranssäkerheten kännetecknas av att risken för tillgångsbegränsningar, avsiktliga eller oavsiktliga, blir högre. Under de senaste åren har världen sett flera exempel på hur beroenden av enskilda länder eller regioner påverkat världshandeln negativt – brister på varor från Kina under början av coronapandemin, exportstopp på vaccin,

brist på halvledare från Asien, logistikstörningar på grund av Suez-stoppet. Speciellt kännbart blir detta för metaller där en stor andel av tillgången kommer från ett eller ett fåtal länder. Ett exempel på en sådan metall är sällsynta jordartsmetaller där mer än 60% av världsproduktionen kommer från Kina (USGS, 2020). Det finns även exempel på hur Kina har använt sin unika position med sällsynta jordartsmetaller i utrikespolitiska syften. Att bygga upp inhemsk produktion är ett sätt att förbättra leveranssäkerheten.

En annan fördel med inhemsk produktion av metaller och mineral är de värdekedjor kopplade till produkterna som möjliggörs. Till exempel har möjligheterna i att bygga upp en starkare värdekedja i Sverige kring tillverkningen av litiumjonbatterier lyfts fram (Tillväxtanalys, 2017). Utvinningen av grafit, litium och kobolt skulle kunna vertikalt integreras och därmed potentiellt leda till lägre produktionskostnader. En annan fördel med inhemsk produktion är att möjligheterna att observera och påverka miljöeffekterna av utvinningen ökar.

Att bygga upp en viss andel inhemsk produktion inom EU skulle kunna öka leveranssäkerheten samt gynna möjligheterna att bygga upp en stark industri runt de klimatteknologiska värdekedjorna.



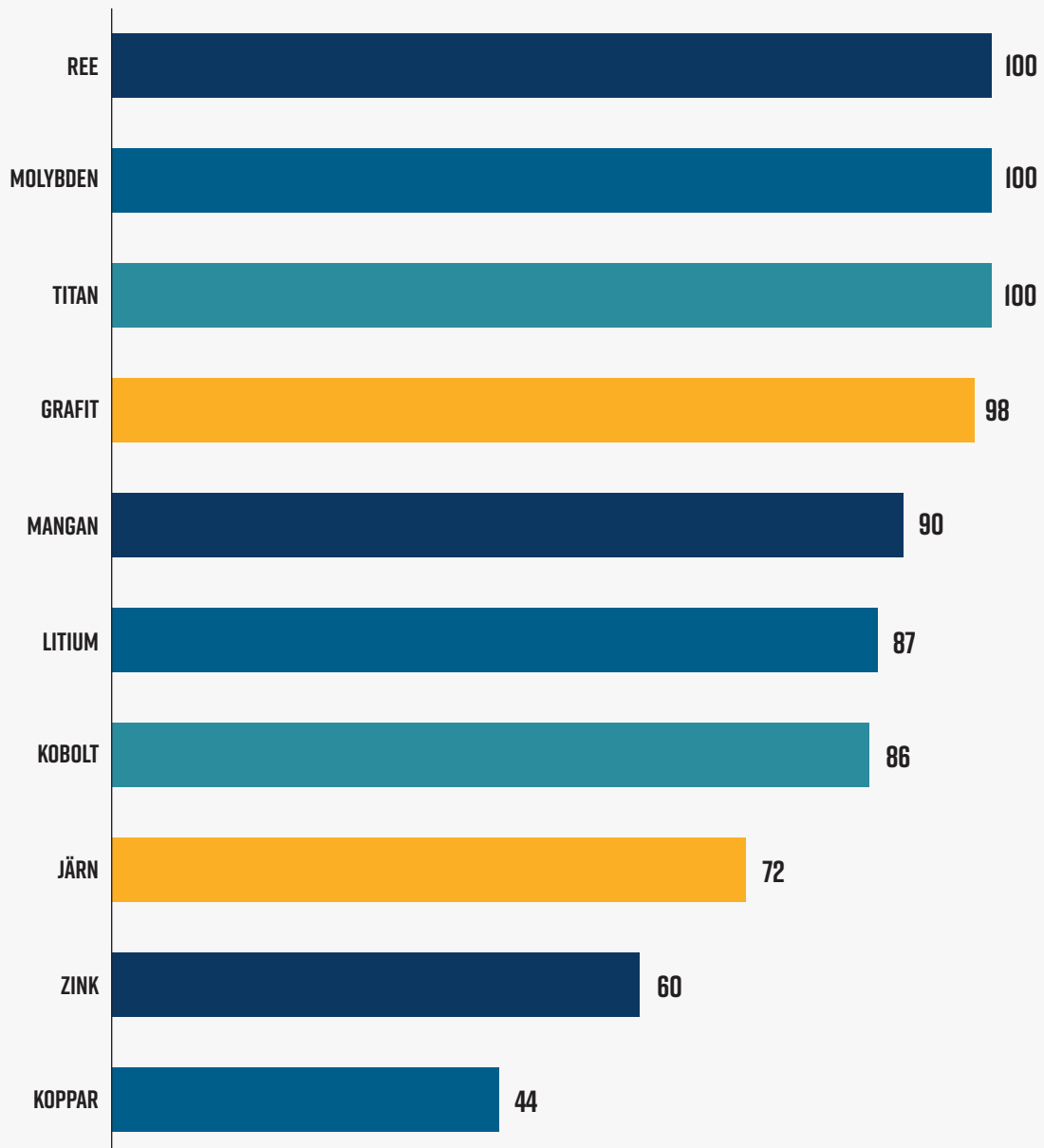
*Idag importeras 100% av
efterfrågan av sällsynta
jordartsmetaller, molybden
och titan*

Figur 10

IMPORTBEROENDE FÖR UTVALDA METALLER OCH MINERAL

Europa importerar en majoritet av sitt metallbehov, för några metaller är EU helt importberoende.

IMPORTBEROENDE TILL EU PER METALL (UTVALDA METALLER) PROCENT



¹ Importberoende av utvinning (ej bearbetning)

KÄLLA: STUDY ON THE EU'S LIST OF CRITICAL RAW MATERIALS (2020)

60%

*av världsproduktionen av
sällsynta jordartsmetaller
(REE) kommer från Kina.*





IMPLIKATIONER FÖR SVERIGE: SVENSK GRUVNÄRING HAR EN VIKTIG ROLL ATT SPELA I OMSTÄLLNINGEN TILL ETT HÅLLBART SAMHÄLLE

Sverige har en mer än tusen år lång historia av malmbrytning och metallframställning. Sverige är idag en ledande producent på en global metalmarknad, och utgör en kritisk del av EU:s försörjning av bland annat järn, zink, koppar och bly (Figur 11). Sverige står för över 90% av EU:s produktion av järn och mer än en tredjedel av EU:s produktion av bly och zink.

Med åren har Sverige utvecklat en internationellt ledande näring där inte bara gruvbolagen ligger i framkant. Även industrier runt gruvorna har växt fram, som världsledande teknikbolag inom gruvutrustning och gruvteknik. Därutöver finns en stor industrimineralproduktion som i vissa fall är direkt kopplad till metallframställningen.

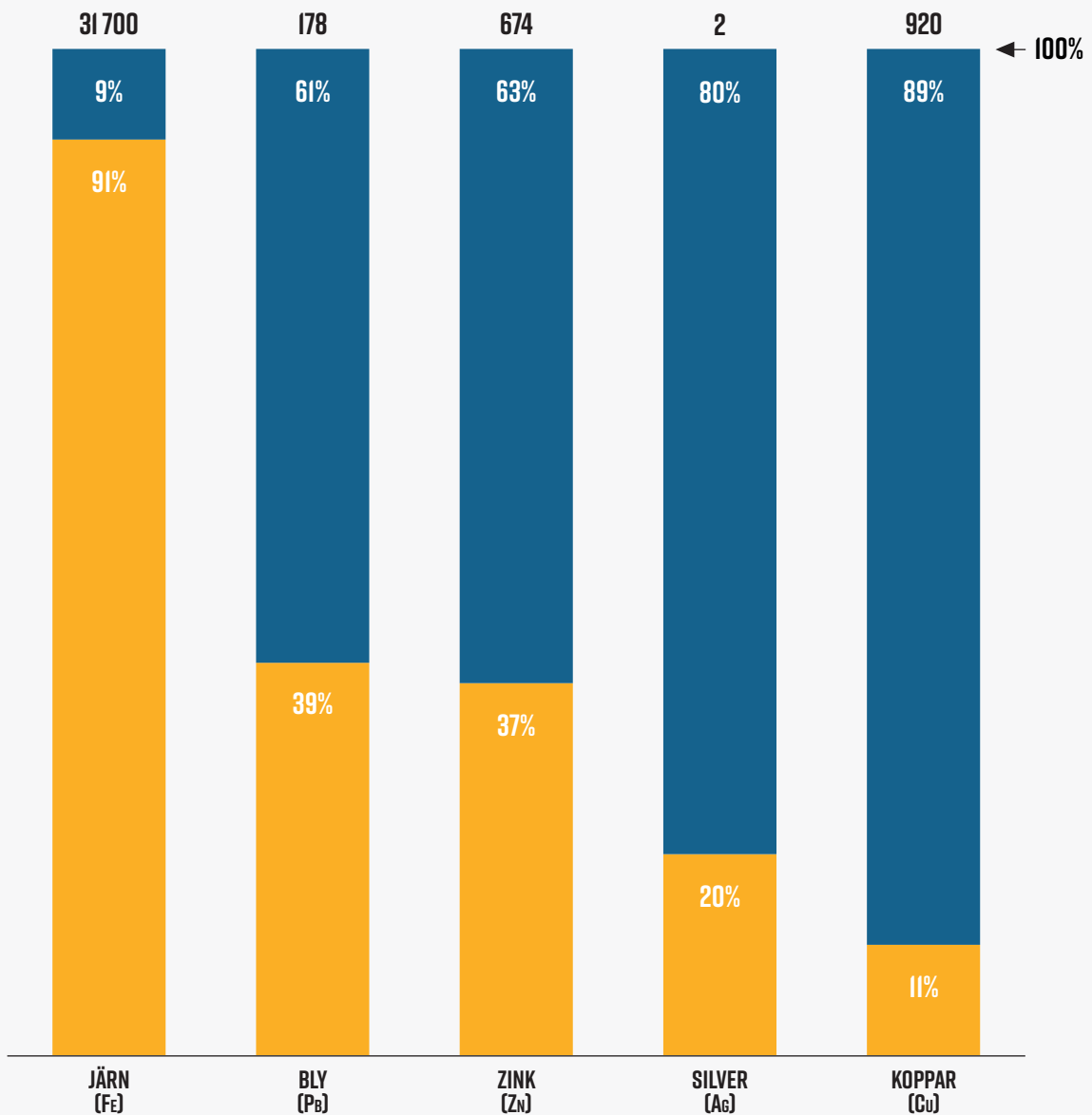
Figur 11

SVENSK METALLPRODUKTION I FÖRHÅLLANDE TILL ANDRA LÄNDER

Sverige har en betydande gruvindustri och står för en signifikant andel av EU:s metallproduktion.

SVERIGES ANDEL AV EU:s PRODUKTION AV UTVALDA METALLER 2019
PROCENT AV TOTAL PRODUKTION (TUSEN TON)

■ RESTEN AV EU
■ SVERIGE



KÄLLA: SGU (2019)

Det finns potential för utvinning av fler och mer metaller i Sverige och flera projekt är på gång. Utöver ökad produktion av de metaller som redan bryts idag finns potential för bland annat grafit, sällsynta jordartsmetaller, nickel, kobolt och litium. Figur 12 visar de malMBERÄKNADE fyndigheter i Sverige där kritiska råmaterial har påträffats. Det finns sannolikt fler fyndigheter och potentialen bedöms vara stor, men i många fall krävs mer prospektering för att avgöra det ekonomiska värdet.

Ett exempel på projekt som kommit mycket långt och snart skulle kunna bli verklighet är utvinningen av grafit i

Vittangi som skulle bli den största grafitgruvan utanför Kina (DI 2021). Den skulle stå för en femtedel av den beräknade efterfrågan i Europa fram till 2025 om brytningen kan starta enligt plan.

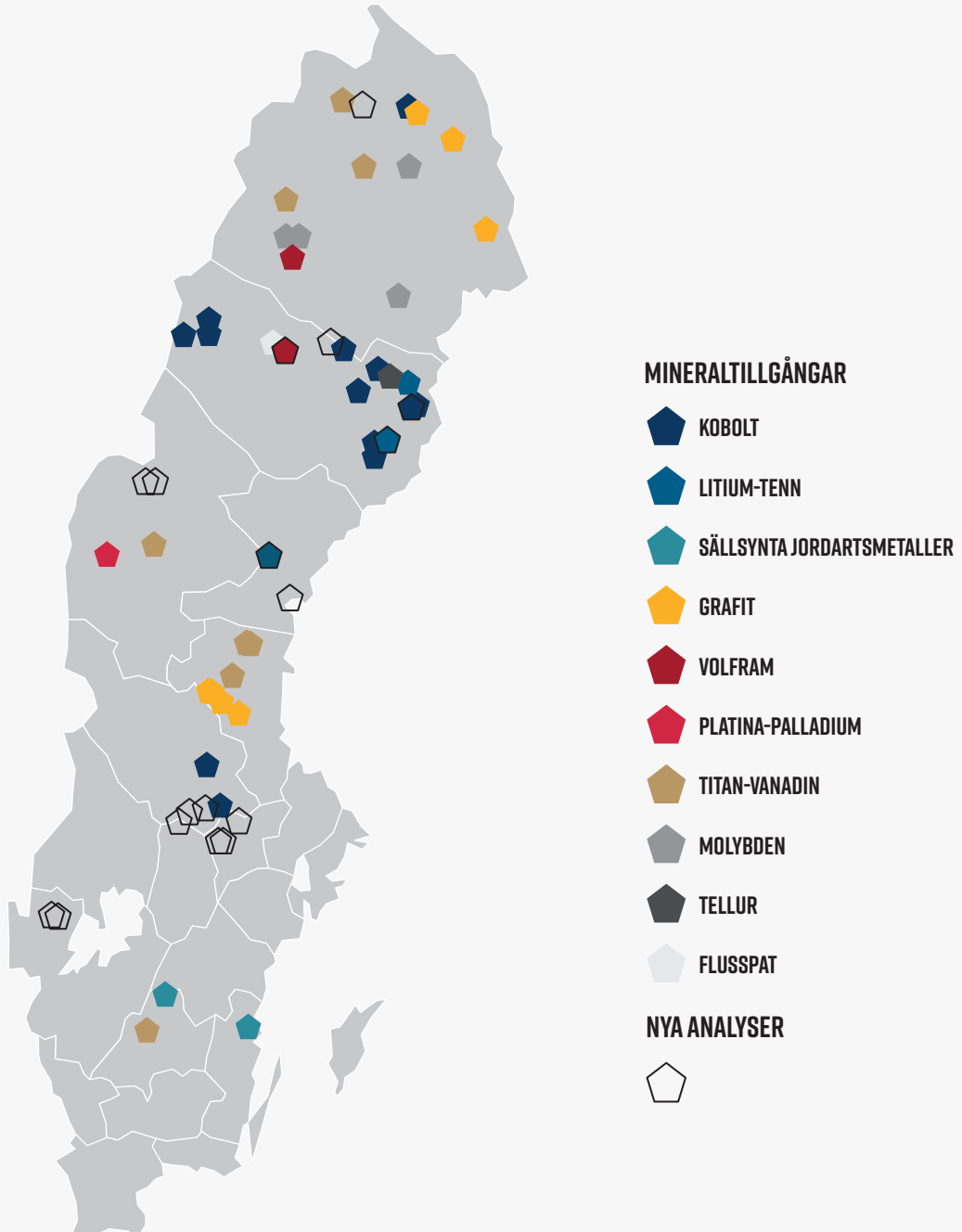
Även sällsynta jordartsmetaller skulle kunna utvinnas i Sverige och det finns flera aktiva projekt. Ett är LKABs Re-eMAP-projekt som skulle kunna producera upp till 30% av EU:s behov. Ett annat är Norra Kärr som är en av Europas största kända fyndigheter för så kallade tunga sällsynta jordartsmetaller².

² Sällsynta jordartsmetaller (ofta förkortade REE efter engelskans Rare Earth Elements) är en grupp av 17 metalliska grundämnen som ofta delas upp i två undergrupper – lätta respektive tunga.

Figur 12

MALMBERÄKNADE FYNDIGHETER I SVERIGE MED KRITISKA RÅMATERIAL

Det finns geologisk potential att utvinna flera kritiska metaller och mineral i Sverige.



KÄLLA: HALLBERG & REGINIUSSEN (2018), SGU, KARTLÄGGNING AV INNOVATIONSKRITISKA METALLER OCH MINERAL

Det finns ett antal anledningar till att Sverige är ett bra land att producera metaller i – lågt klimatavtryck, höga miljökrav samt goda sociala omständigheter. Svensk gruvdrift har betydligt lägre utsläpp av växthusgaser än omvärlden. I ”Klimatnyttan av svensk export” uppskattas klimatnyttan som genereras av svensk export av metaller från gruvindustrin till ca 5,6 miljoner ton CO₂ (Figur 13). Detta beror på flera saker, bland annat effektivare processer, renare el samt bättre malmkvalitet. Exempelvis producerar Boliden koppar med ett koldioxidavtryck som är mindre än en tredjedel av världsgenomsnittet (Bolidens gröna koppar har ett avtryck på mindre än 1,5 kg CO₂e per kg koppar, jämfört med 4,6 globalt). Branschen har dessutom ytterligare planerade förbättringar som kommer öka klimatnyttan till ca 30 miljoner ton CO₂ till år 2040 där LKABs satsning på fossilfri järnsvamp kommer ha störst effekt.

Sverige har dessutom mycket höga krav på andra miljöaspekter såväl som sociala villkor kring gruvbrytning,

något som skiljer sig kraftigt från många av de länder där energikritiska metaller idag produceras. En livscykelanalys som jämfört de olika miljöeffekterna av utvinning av sällsynta jordartsmetaller i Sverige och Kina visar att svensk produktion skulle ha en femtedel av den kinsesiska produktionens miljöeffekter (Schreiber et al, 2016). Svenska arbetsvillkor och arbetsmiljö håller också internationellt mycket hög nivå. Detta kan kontrasteras med utvinningen av kobolt som till största del sker i Kongo, med flertalet rapporter om barnarbete och utbredda miljöskador på närliggande byar (Banza Lubaba Nkulu et al, 2018; Aftonbladet, 2018).

Sverige har sammanfattningsvis en stor möjlighet att bidra till klimatomställningen med nödvändiga metaller som produceras på ett ansvarsfullt sätt samtidigt som vi därmed vidareutvecklar en viktig industri och möjliggör uppbyggnaden av värdekedjor kopplade till ny teknik.

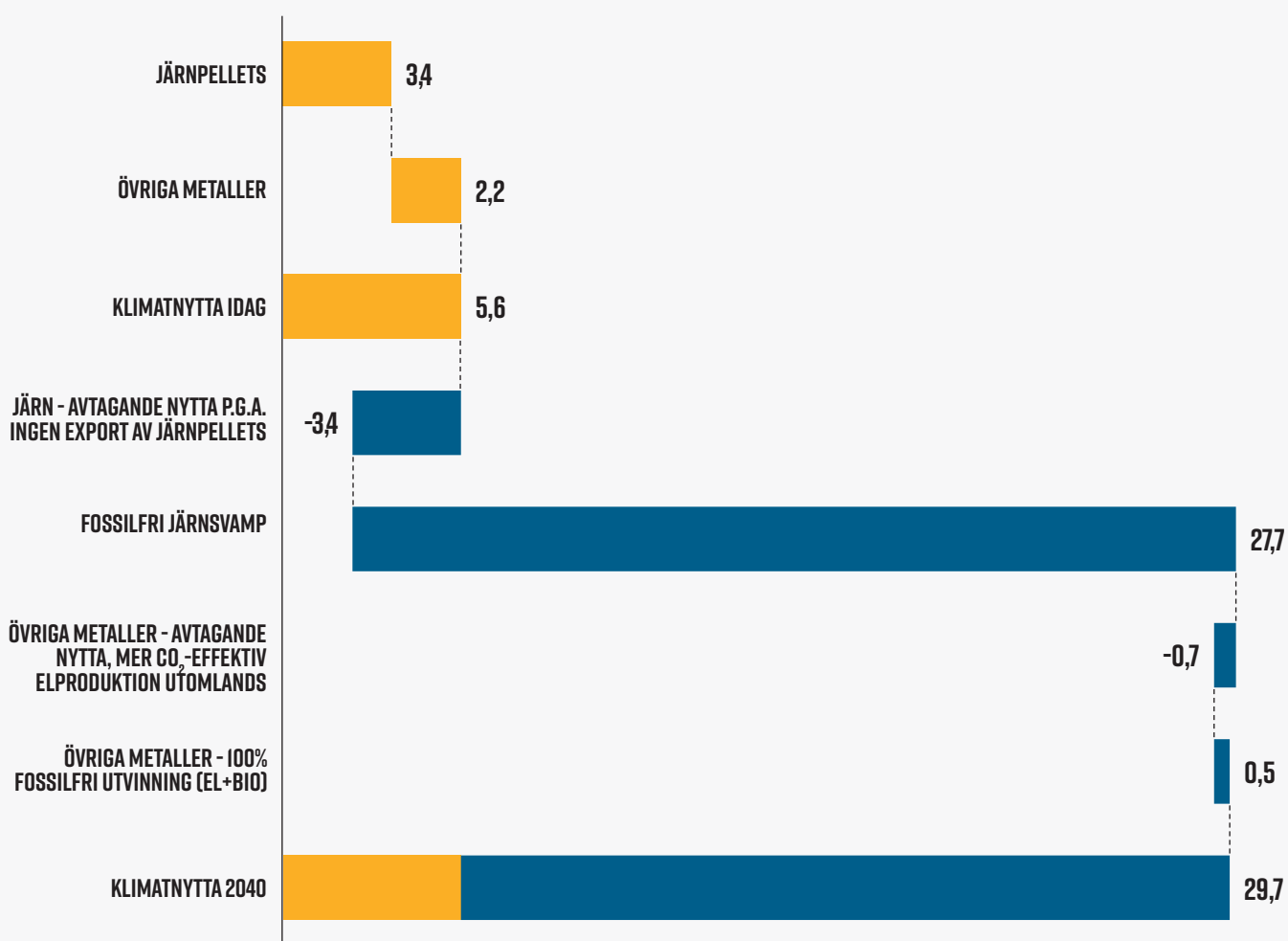
Figur 13

UPPSKATTAD KLIMATNYTTA AV EXPORT AV METALLER FRÅN SVENSK GRUVDRIFT

Svensk gruvdrift har lägre klimatavtryck än utländsk produktion av metaller, och genererar en klimatnytta via export motsvarande 5,6 miljoner ton CO₂ (2018)

KLIMATNYTTAN AV SVENSK EXPORT AV METALLER FRÅN GRUVDRIFT
MILJONER TON CO₂ 2018 & 2040 (BASERAT PÅ DAGENS EXPORTVOLYM)

■ TILLKOMMANDE EXPORTNYTTA TILL 2040
■ BEFINTLIG EXPORTNYTTA



KÄLLA: MATERIAL ECONOMICS ANALYS, BASERAT PÅ LKAB (2019), ANNUAL REPORT 2018; LKAB (2020), LEADING THE WAY TO DECARBONISATION; BOLIDEN (2020), ANNUAL REPORT; SCB (2020) - VARUEXPORT, BORTFALLSJUSTERAD; SCB (2020) - BASFAKTA FÖR VERKSAMHETSNIKVA ENLIGT FÖRETAGENS EKONOMI; SVEMIN (2019), FÄRDPLAN FÖR EN KONKURRENSKRAFTIG OCH FOSSILFRI GRUV- OCH MINERALNÄRING; IEA (2017) ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES; MATERIAL ECONOMICS (2019), INDUSTRIAL TRANSFORMATION 2050; MILFORD ET. AL. (2012) - THE LAST BLAST FURNACE

REFERENSER

- Aftonbladet (2018) Så högt är priset för framtidens teknik <https://special.aftonbladet.se/blodsbaatterier/>
- Banza Lubaba Nkulu et al., (2018) Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. DOI: 10.1038/s41893-018-0139-4
- Boliden (2018). Utveckling mineraltillgångar och mineralreserver 2017. <http://ir.boliden.com/sv/pressmeddelanden/utveckling-mineraltillgang-ar-och-mineralreserver-2017-1551526>
- British Geological Survey (2010). World Mining Production 2004-08. https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/world_statistics/2000s/WMP_2004_2008.pdf.
- British Geological Survey (2020). World Mining Production 2014-18. https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/world_statistics/2010s/WMP_2014_2018.pdf.
- Conserva, Mario (2019). Bleak future ahead for Europe's aluminium industry. Politico 2019-06-06. <https://www.politico.eu/sponsored-content/bleak-future-ahead-for-europes-aluminum-industry/>
- Dagens Industri (2021). Bara Kina slår grafitgruvan i Vittangi <https://www.di.se/nyheter/bara-kina-slar-graftgruvan-i-vittangi/>
- Daigo et al., (2014) Time-series analysis of global zinc demand associated with steel. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.10.013
- De Koning et al (2018). Metal supply constraints for a low-carbon economy? <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.040>
- Elshaki et al (2018). Resource demand scenarios for the major metals. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05154>
- European Aluminum (2019). Vision 2050
- Europakommissionen (2020 a). Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system. https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2020/04/rms_for_wind_and_solar_published_v2.pdf
- Europakommissionen (2020 b). Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>
- Europakommissionen (2020 c). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU: A Foresight Study. <https://ec.europa.eu/docs-room/documents/42881>
- Europakommissionen (2020 d). Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020): Final Report. DOI: 10.2873/11619.
- Europakommissionen (2018). Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d1be1b43-e18f-11e8-b690-01aa75cd71a1/language-en/format-PDF/source-80004733>
- Federal Ministry Republic of Austria – Agriculture, Regions and Tourism (2020). World Mining Data 2020. <http://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2020.pdf>
- Hallberg & Reginiussen (2018), SGU-rapport, Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral
- Hodgkinson, J. H. & Harrison Smith, Michael (2018). Climate change and sustainability as drivers for the next mining and metals boom: The need for climate-smart mining and recycling.
- IEA (2017). Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations.
- IEA (2020). World Energy Outlook
- IEA (2020). Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?
- IEA (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions
- IRENA (2020). REmap – Renewable Energy Roadmaps. <https://www.irena.org/remap>
- IRENA (2016). Floating foundations: A game changer for offshore wind power. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Offshore_Wind_Floating_Foundations_2016.pdf
- Jowitt, S.M., Mudd, G.M. & Thompson, J.F.H. (2020) Future availability of non-renewable metal resources and the influence of environmental, social, and governance conflicts on metal production. *Commun Earth Environ* 1, 13. <https://doi.org/10.1038/s43247-020-0011-0>
- JRC (2018 a). European Innovation Partnership on Raw Materials: Import Reliance. https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/scoreboard2018/indicators/3_Import_reliance.pdf
- JRC (2018 b). Towards Recycling Indicators based on EU flows and Raw Materials System Analysis data. DOI:10.2760/092885.
- LKAB (2020 b). LKAB går vidare med nya metoder för att utvinna kritiska råmaterial ur gruvavfall. <https://ree-map.com/sv/lkab-gar-vidare-med-nya-metoder-for-att-utvinna-kritiska-ramaterial-ur-gruvavfall/>
- Material Economics (2018) The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation <https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy>
- Material Economics (2021) Klimatnyttan av svensk export <https://materialeconomics.com/publications/klimatnyttan-av-svensk-export>
- McKinsey (2018). Metal mining constraints on the electric mobility horizon.

- Norhstedt, Linda (2018). Lång väg till brytning av metaller i Sverige. Ny Teknik 2018-03-22. <https://www.nyteknik.se/energi/lang-vag-till-brytning-av-metaller-i-sverige-6905322>
- OECD / Accenture (2017) Steel Demand Beyond 2030
- OECD (2019). Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences. <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>
- Pauliuk, S., Milford, R. L., Müller, D. B. and Allwood, J. M. (2013). The Steel Scrap Age. *Environmental Science & Technology*, 47(7). 3448–54. DOI:10.1021/es303149z.
- Schreiber, A.; Marx, J.; Zapp, P.; Hake, J.-F.; Voßenkaul, D.; Friedrich, B. (2016) Environmental Impacts of Rare Earth Mining and Separation Based on Eudialyte: A New European Way. *Resources* 2016, 5, 32. <https://doi.org/10.3390/resources5040032>
- Sethuraman, Latha et al (2014). Structural integrity of a direct-drive generator for a floating wind turbine. *Renewable Energy*. Volym 63, mars 2014. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.10.024>
- SGU (2020 a). Mineralstatistik. <https://www.sgu.se/mineralnaring/mineralstatistik/>
- SGU (2020 b). Kritiska råvaror. <https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-ravaror/>
- SGU (2019). Bergverksstatistik 2019 <http://resource.sgu.se/bergsstaten/bergverksstatistik-2019.pdf>
- SGU (2018). Kartläggning av innovationskritiska metaller och mineral. <http://resource.sgu.se/produkter/regeringsrapporter/2018/RR1805.pdf>
- Tillväxtanalys (2017). Innovationskritiska metaller och mineral från brytning till produkt – hur kan staten stödja utvecklingen?
- TNO (2019). Global Energy Transition and Metal Demand. DOI: 10.13140/RG.2.2.25790.54086.
- U.S. Geological Survey (2008). Mineral Commodity Summaries. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/indium/mcs-2008-indiu.pdf>.
- U.S. Geological Survey (2020). Mineral Commodity Summaries 2020. <https://doi.org/10.3133/mcs2020>
- Van der Voet et al (2019). Environmental implications of future demand scenarios for metals: methodology and application to the case of seven major metals. <https://doi.org/10.1111/jiec.12722>
- Världsbanken (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Wall Street Journal <https://www.wsj.com/articles/how-europe-became-the-worlds-biggest-electric-car-market-and-why-it-might-not-last-11614508200>
- Watari, Takuma et al (2018). Analysis of Potential for Critical Metal Resource Constraints in the International Energy Agency's Long-Term Low-Carbon Energy Scenarios. *Minerals* 2018, 8(4). <https://doi.org/10.3390/min8040156>
- Watari, Takuma et al (2020). Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements. *Resources, Conservation and Recycling*. Volym 155, april 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104669>
- Watari, Takuma et al (2021). Major metals demand, supply, and environmental impacts to 2100: A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*. Volym 164, januari 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105107>

KRITISKA METALLER FÖR KLIMATOMSTÄLLNINGEN

Möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

Denna rapport beskriver hur efterfrågan på metaller och mineraler förväntas utvecklas fram till mitten av århundradet, vilken roll klimatomställningen kommer påverka den utvecklingen, samt vilka implikationer det har för tillgångsfrågan och Sveriges roll som metallproducent.

Slutsatsen är att metallefterfrågan förväntas växa kraftigt, speciellt om vi ska nå klimatmålen, och att Sverige kan spela en viktig roll som producent av metaller med lågt klimatavtryck.

Analyserna och insikterna i rapporten är framtagna av Material Economics. Material Economics står ensamt för slutsatserna som presenteras.

Vänligen referera till denna rapport som: Material Economics (2021). Kritiska metaller för klimatomställningen – möjligheter för Sverige och svensk gruvnäring

MATERIAL ECONOMICS