

# Digitaliseringens konsekvenser på råvaru- och processindustrin

## *State of the art*

Skogsindustrin

**Gruv- och Mineralindustrin**

Stål- och Metallindustrin

Kemisk och Petrokemisk Industri

Livsmedelsindustrin

Läkemedelsindustrin

Energi

# Innehåll

PiiA Insight – State of the art	3
<hr/>	
Gruvindustrin i världen	4
<hr/>	
Gruvindustrin i Sverige	7
Transport och logistik	9
<hr/>	
Branschens utmaningar	10
Kritiskt läge	10
Prospektering	11
Produktivitet	13
Resurseffektivitet	13
Alternativen	17
<hr/>	
Svensk konkurrenskraft	19
Den tekniska leverantörsindustrin	19
<hr/>	
Teknisk transformation	21
Investeringar	22
<hr/>	
SIP PiiA – Forskningsområden	23

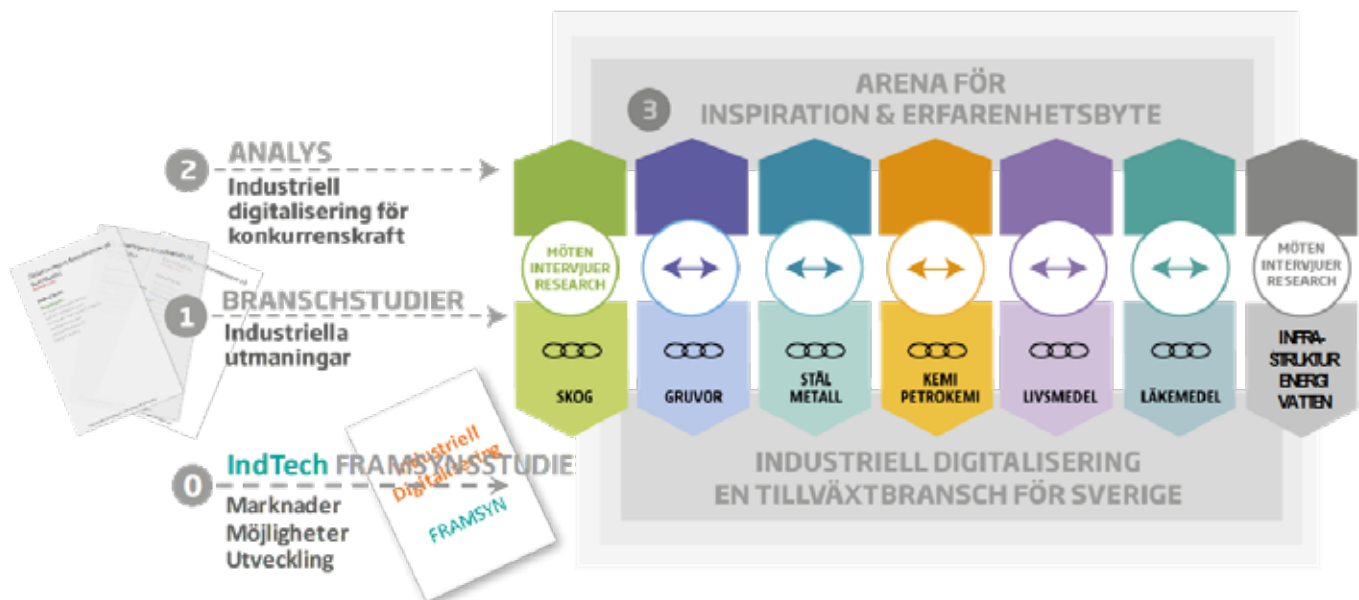
# PiiA Insight - State of the Art

Programmet PiiA - Processindustriell IT och Automation - kraftsamlar den svenska automationsindustrin och lyfter fram industrins digitalisering. Målet är en stark, dynamisk utveckling som sprids och ökar konkurrenskraften för svensk industri i sin helhet.

I den här rapportserien skisseras utmaningar och möjligheter - *state of the art* - för den svenska råvaru- och processindustrin. Målgruppen är dels industrin själva och ambitionen om att försäkra konkurrenskraften med hjälp av digitalisering. Men också

IndTech-leverantörerna (Industriell Teknologi) vars erbjudande är det som gör en smart industri möjlig.

Rapporten gör inte anspråk på att vara en fullständig beskrivning utan är en övergripande analys som syftar till att underlätta diskussionen och ge vägledning för alla som avser att satsa i digitaliseringen av industrin. Studien genomförs av PiiA Insight och Blue Institute och är ett levande dokument, det vill säga att den uppdateras över tiden utan speciell utgivning.



**Figur 1** Processmodell för studier och rapporter. 0. IndTech är den teknik som består av traditionell IT och automation samt den nya digitaliseringen, som kan göra industrin smart. 1. Innebär att beskriva utmaningar och möjligheter - *state of the art* - för den svenska basindustrin. 2. Att identifiera framgångsfaktorer som går att nå direkt och indirekt med hjälp av Industriell IT och Automation. 3. Att skapa en plattform för inspiration mellan branscher, företag och andra aktörer. Källa: Blue Institute 2015.

## Fakta Strategiska Innovationsprogram - SIP

VINNOVA, Energimyndigheten och Formas finansierar sjutton strategiska innovationsprogram. Genom samverkan inom områden som är strategiskt viktiga för Sverige skapas förutsättningar för hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar och en ökad internationell konkurrenskraft. Inom programmen utvecklar företag, akademi och organisationer tillsammans framtidens hållbara produkter och tjänster.

PiiA – Processindustriell IT och Automation – är ett av de strategiska innovationsprogrammen som startade 2013. PiiA drivs av en egen styrelse, ledningsgrupp samt stödgrupperingar. Värdorganisation är RISE.

Läs mer på PiiAs hemsida: [www.sip-piia.se](http://www.sip-piia.se)

## Gruvindustrin i världen

**Gruvindustrin har vänt upp efter den nedgång som följde efter ”the commodities super cycle” 2015. Det finns dock flera stora orosmoln i horisonten. Här finns utmaningar i produktivitet, miljö, säkerhet, lägre mineralhalter och en stor osäkerhet i efterfrågan. Sammanvägt förändringar som både är stora, och där marknaden kräver snabbt agerande.**

Miljöutmaningen driver strukturella frågeställningar i branschen, då brytning och förädling av metaller ensamt står för 18 procent av de globala växthusgaserna<sup>1</sup>. Förändringar i konsumtionsmönster baserat på en ökad miljömedvetenhet driver fram en ny mineralmix på marknaden. Kol står idag för hälften av all gruvproduktion. När energimixen förändras mot hållbara energislag faller successivt andelen kol. I OECD-länderna används numer mer naturgas än kol som råvara i elproduktionen, och sol-, vind- och geoenergi växer snabbast. På global nivå är fortfarande kol störst, men faller långsamt i styrka. I takt med en ökande, rörlig och rikare befolkning så är mineralbehovet från anläggningsbranschen

stort. För infrastruktur och fastigheter finns ett stort behov av stål och därmed järnmalm. Utöver den största sektorn inom gruvindustrin, mineralbränslen (kol, brunkol, koks, naturgas, råolja, skifferolja och uran - cirka 15 miljarder ton), så är brytning av järnmalm dominerande med en årlig produktion på 2,1 miljarder ton<sup>2</sup>.

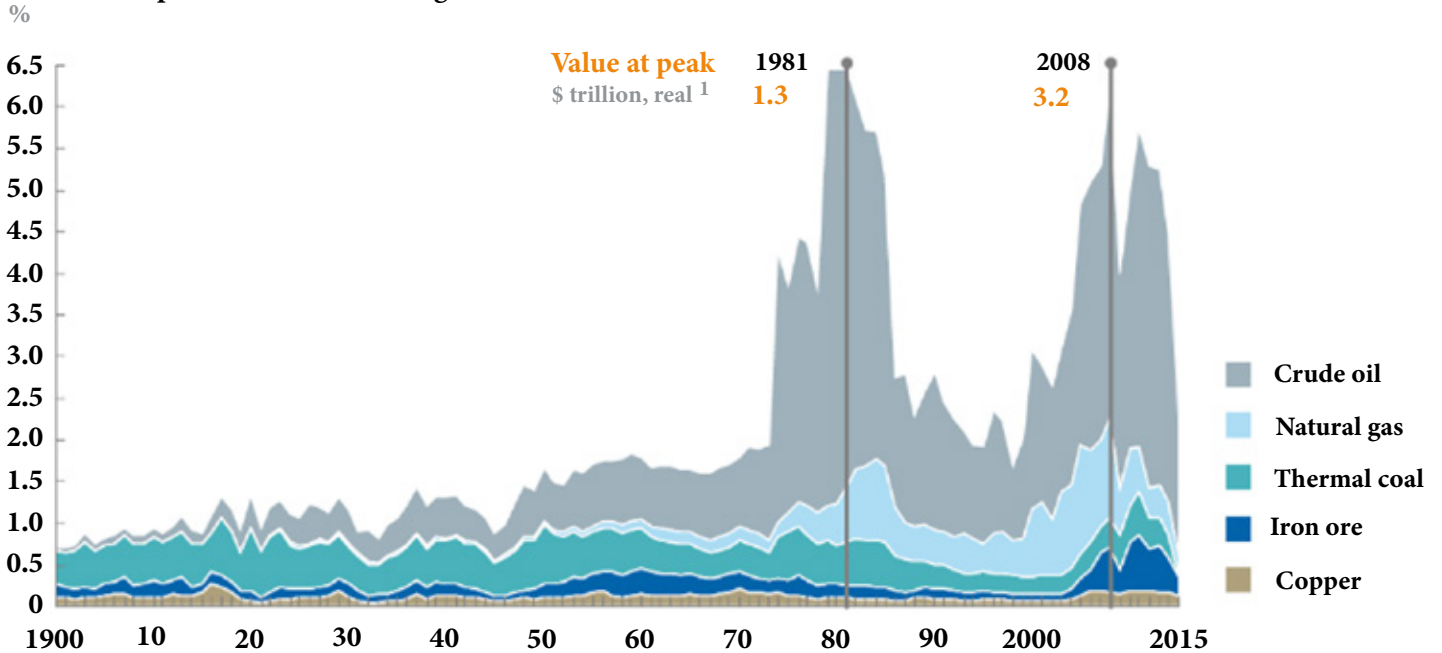
Infrastruktur driver tillsammans med fordon, maskiner och el/elektronik mycket av mineralanvändningen. Bland de stora mineralbehoven återfinns även aluminium med en årsproduktion på 60 miljoner ton, koppar med 23 miljoner ton och zink på 14 miljoner ton<sup>3</sup>. Fordonsproduktionen ökar succesivt sin användning av aluminium, och här sker också en stor omställning mot nya typer drivlinor och energilagring vilket innebär en stor omställning i efterfrågan på mineraler. För litium-jon batterier, som dominerar batterimarknaden just nu, ökar efterfrågan på litium, kobolt, grafit, nickel, mangan och även här koppar och aluminium. Efterfrågan på sällsynta jordartsmetaller, eller *Rare Earth Elements* (REE) ökar också i takt med klimatomställningen då mycket

1 UN Global Resources Outlook 2019

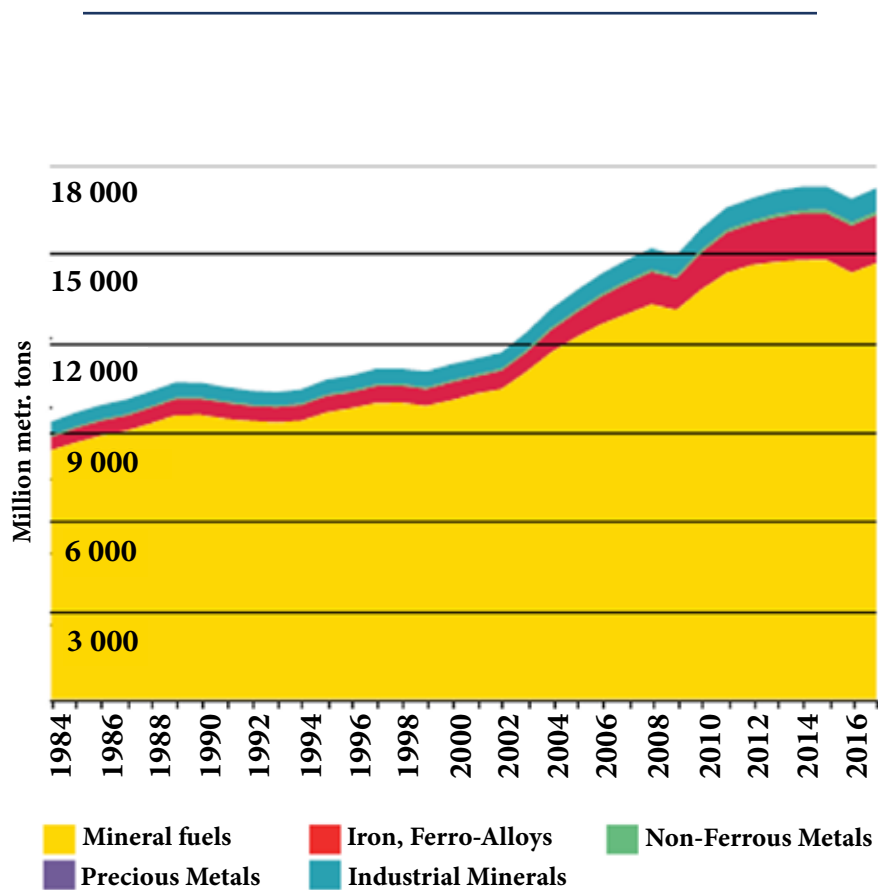
2 World Mining Data 2019

3 Ibid

## Resource expenditures as share of global GDP



Figur 2 En "Super cycle" är över för mineralbranschen. Källa: McKinsey



Figur 3 Total mineralproduktion 1984-2017, Källa: World Mining Data 2019

av omställningens maskiner och utrustningar har behov av REE. Några exempel på REE-mineraler som används här är dysprosium, neodymium, samarium, lantan och yttrium (elmotorer, generatorer, batterier, legeringar et cetera).

Efterfrågan på mineraler är stor och fortfarande växande, men den stora drivkraften, Kinas industrialisering och urbanisering som skapade den nuvarande produktionskapaciteten har dämpats. I dagsläget ses ingen ny sådan stark drivkraft komma. Det innebär att det för järnmalm idag finns en överkapacitet på marknaden då den globala produktionskapaciteten har byggts mot en betydligt snabbare ökning i efterfrågan. Då bland annat andelen återvunnet järn växer kan överkapaciteten vara i 20 år<sup>4</sup>. Tillsammans med den stora prisvolatiliteten bidrar det till att skapa osäkerhet kring nya investeringar. Flera bolag har byggt upp sin kapacitet, men inte lyckats förbättra effektiviteten. Fokus för investeringarna framöver ligger i produktivitetsförbättringar genom ett ökat resursutnyttjande.

Järnmalm svarar för 80 procent av globalt efterfrågade metallmineraler. Järnmalm produceras över hela världen där Kina står för en tredjedel av malmbrytningen. Volymen till trots så kommer majoriteten av användbar järnmalm från Australien och Brasilien som står för 40 respektive 20 procent av världproduktionen<sup>5</sup>. I det sammanhanget står Kina bara för 14 procent.

Störst efterfrågan på järnmalm finns dock i Kina, 1100 miljoner ton, därefter Indien med 140 miljoner ton, samt EU och Japan med 130 miljoner ton vardera. Nedströms i värdekedjan dominerar Kina med sin marknadsandel i stålbranschen på cirka 50 procent. Marknadspriset på järnmalm har varit högst volatilt sedan 2008. Under en 10-årsperiod har priset pendlat mellan 40 USD/ton och 180 USD/ton. I samband med katastrofen när dammen i Brumadinho (ägd av Vale) brast i januari 2019, och Vale fick stänga ner en

produktion på 93 miljoner ton, åkte priset upp från cirka 70 USD/ton till över 100 USD/ton.

Prisnivåerna har fått branschens juniorbolag att stänga sina gruvor och utmanar även relativt stora företag som till exempel LKAB. Nedströms i värdekedjan så har till exempel British steel, Storbrianniens näst största stålproducent, fått lägga ner. I den hårdnande konkurrensen pågår samtidigt pågående sammanslagningar som den mellan Tysklands Thyssenkrupp och Indiens Tata Steel.

**Enligt U.S. Geological Survey (USGS) används 98 procent av järnmalmen till att tillverka stål som bland annat går till infrastruktur i olika former.**

**Av stålproduktionen i världen tillverkas 65 procent från jungfrulig råvara i form av järnmalm medan 35 procent produceras från skrot.**

LKAB gynnas dock av att deras malm till största delen är magnetit vilken utgör endast 10 procent av världsmarknaden. Magnetit kräver bara hälften så mycket energi och ger 65 procent lägre koldioxidutsläpp jämfört med hematit vid anrikning och pelletstillverkning. Stål producerat baserat på magnetit ger 15 procent lägre koldioxidutsläpp sett över hela värdekedjan<sup>6</sup>.

För koppar ser framtiden ljusare ut. Här behöver kapaciteten öka, men även här är det störst fokus på produktivitet. Strax under hälften av kopparbehovet kommer från elektronikindustrin, resten kommer från maskiner, bilar och konsumentprodukter. För koppar finns en tillväxtprognos från dagens 22 miljoner ton till 31 miljoner ton<sup>7</sup>. Då kopparhalterna i befintliga och nya fyndigheter fortsätter att gå ner kan det innebära framtida prisökningar.

<sup>4</sup> MGI, Beyond the Supercycle

<sup>5</sup> SGU: Mineralmarknaden: Tema järn och stål

<sup>6</sup> LKAB: Års och hållbarhetsredovisning, 2018

<sup>7</sup> MGI, Beyond the Supercycle

# Gruvindustrin i Sverige

Sverige producerar över 80 miljoner ton malm årligen. Järnmalmproduktionen uppgick till 27,5 miljoner ton under 2018. Kopparproduktionen hamnade på 106 000 ton och zink på 237 000 ton.

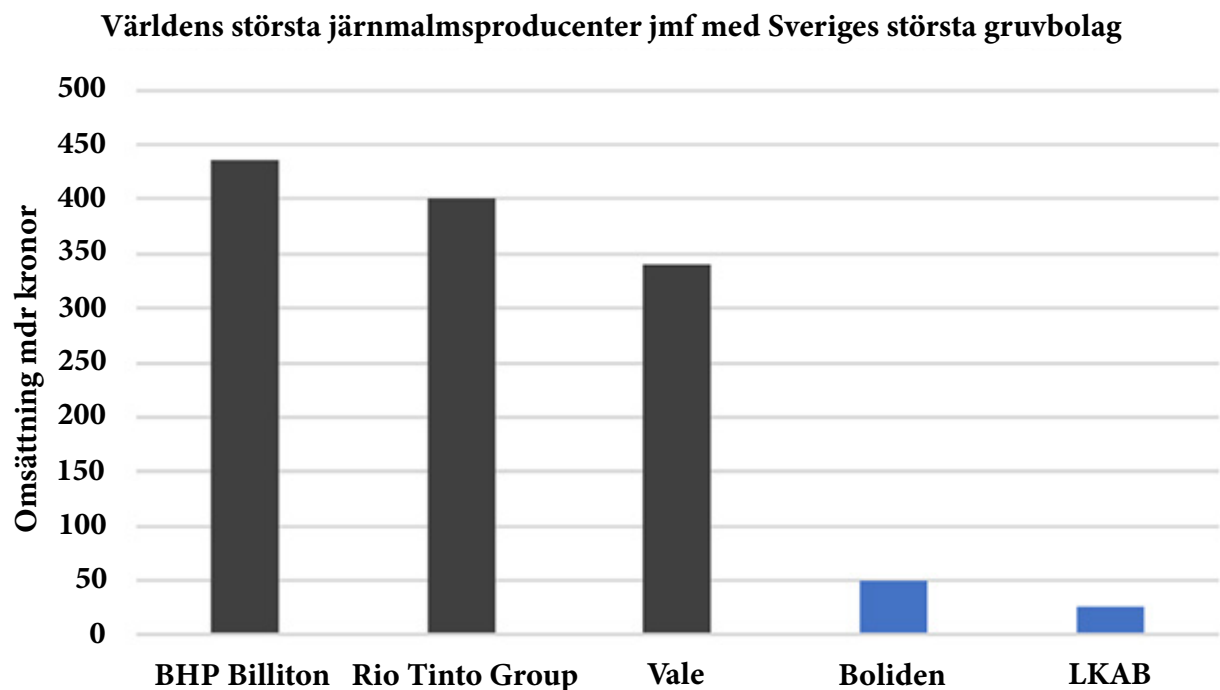
Sverige står för 91 procent av all järnmalm, 40 procent av allt bly, 33 procent av all zink, 23 procent av allt guld, 21 procent av allt silver och över 11 procent av all koppar som produceras i EU. Av den totala världproduktionen är dock EU en liten aktör som representerar några få procent av världsmarknaden för ovanstående mineraler.

Sverige med sin tusenåriga gruvtradition tillhör som sagt de ledande producenterna i Europa. Järn, koppar, zink, silver och guld finns i berggrunden. Sverige bidrar också till att utveckla en hållbar gruvdrift och förädling genom lägre koldioxidutsläpp, hög säkerhet och fokus på återvinning. Men trots

förutsättningarna har svensk gruvindustri tappat marknadsandelar. En jämförelse mellan Sverige och Australien visar att Australien ökat sin produktion med 45 procent 2013-2017, medan Sverige under tiden har stått still.

Gruvindustrin sysselsätter cirka 13000 personer i Sverige och indirekt över 30000 personer<sup>8</sup>. 80 procent av gruvindustrins produktionsvärde skapas i glesbygd<sup>9</sup>, vilket syns i till exempel produktionsinvesteringar per invånare där Norrbotten har högst andel i Sverige.

Den svenska gruvnäringen är en viktig del i Sveriges industrilandskap där behovet av mineraler finns i flera värdekedjor. Stålindustrin och vidare till anläggnings- och fordonsindustrin är stora mineralkonsumenter. Då flera av Sveriges industriföretag nu ställer om och elektrifierar sina produktportföljer

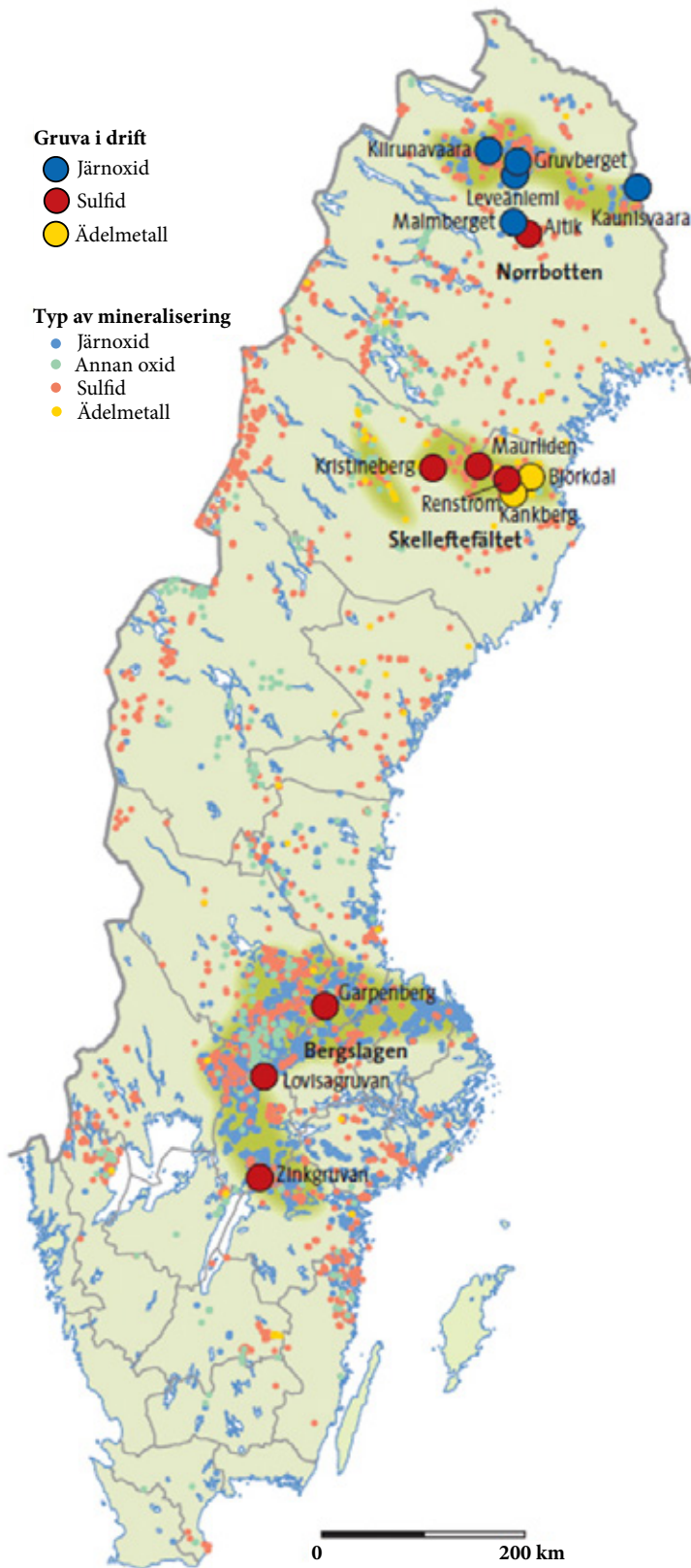


Figur 4 Svenska gruvbolag är relativt små i en internationell jämförelse (2018)

8 Svemin

9 SCB

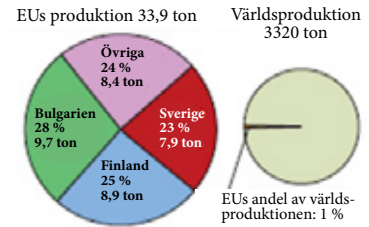
Sveriges gruvor och mineralisering 2018.  
Sweden's mines and mineralizations 2018.



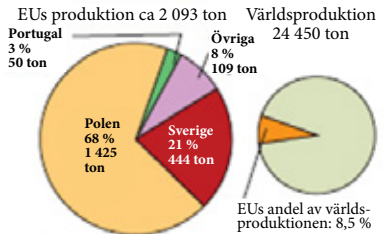
Sveriges gruvproduktion 2018 i relation till EU28 och världen.

Sweden's mine production 2018 in relation to EU28 and the world

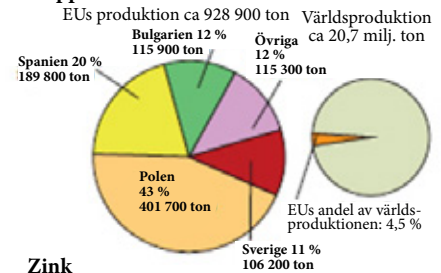
**Guld**



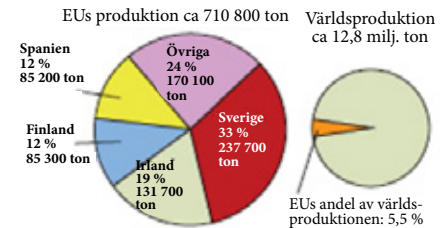
**Silver**



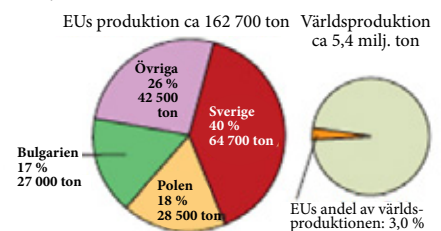
**Koppar**



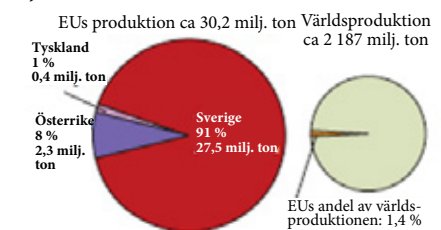
**Zink**



**Bly**



**Järn**



Figur 5 SGU: Bergverksstatistik 2018

ökar intresset för mineraler kopplat till batterier och elmotorer. För dessa mineraler, koppar undantaget, så har Sverige idag ingen stark ställning i jungfruligt mineral. Dock finns en stark återvinningsindustri i Sverige där den installerade basen av mineraler kan användas i sekundärproduktion när det är dags att kassera produkter.

I Sverige bryts mineraler främst i tre regioner - norra Norrland, Bergslagen och Gotland. I norr bryts stora mängder järnmalm samt koppar och andra sulfidmineraler. I Bergslagen bryts zink, koppar och järnmalm. På Gotland pågår brytning av kalksten som används i stål- och cementproduktion.

## Transporter och logistik

Logistik berör stora delar av verksamheterna och det innebär goda möjligheter till effektivisering. Kostnaden för transporter av malm från brytningsstället till anrikning är central och när mer malm bryts i gruvorna på Nordkalotten är goda transporter också viktiga förutsättningar för att kunna exportera malmen.

Malmbanan mellan Luleå och Narvik trafikeras i huvudsak av LKAB Malmtrafik AB. Enbart på sträckan Kiruna - Narvik transporteras varje år cirka 20 miljoner ton gods, vilket är 27 procent av alla svenska järnvägstransporter<sup>10</sup>. Skeppningen av malm från Narvik på Lofoten började 1903 och är fortsatt LKAB:s viktigaste länk till världsmarknaden.

Den svenska staten planerar att rusta upp Malmbanan och även vägen mellan Pajala och Svappavaara. Totalt beräknas investeringarna i gruvrelaterad infrastruktur kosta cirka 3,5 miljarder kronor.

För transporter på väg och järnväg finns utrymme för att optimera med hjälp av bättre planeringsverktyg. Att öka kapaciteten på befintliga spår, förbättra energianvändningen och hantera störningar är typiska mål för sådana projekt.

---

<sup>10</sup> Bantrafik 2019, Trafikanalys, Trafikverket

# Branschens utmaningar

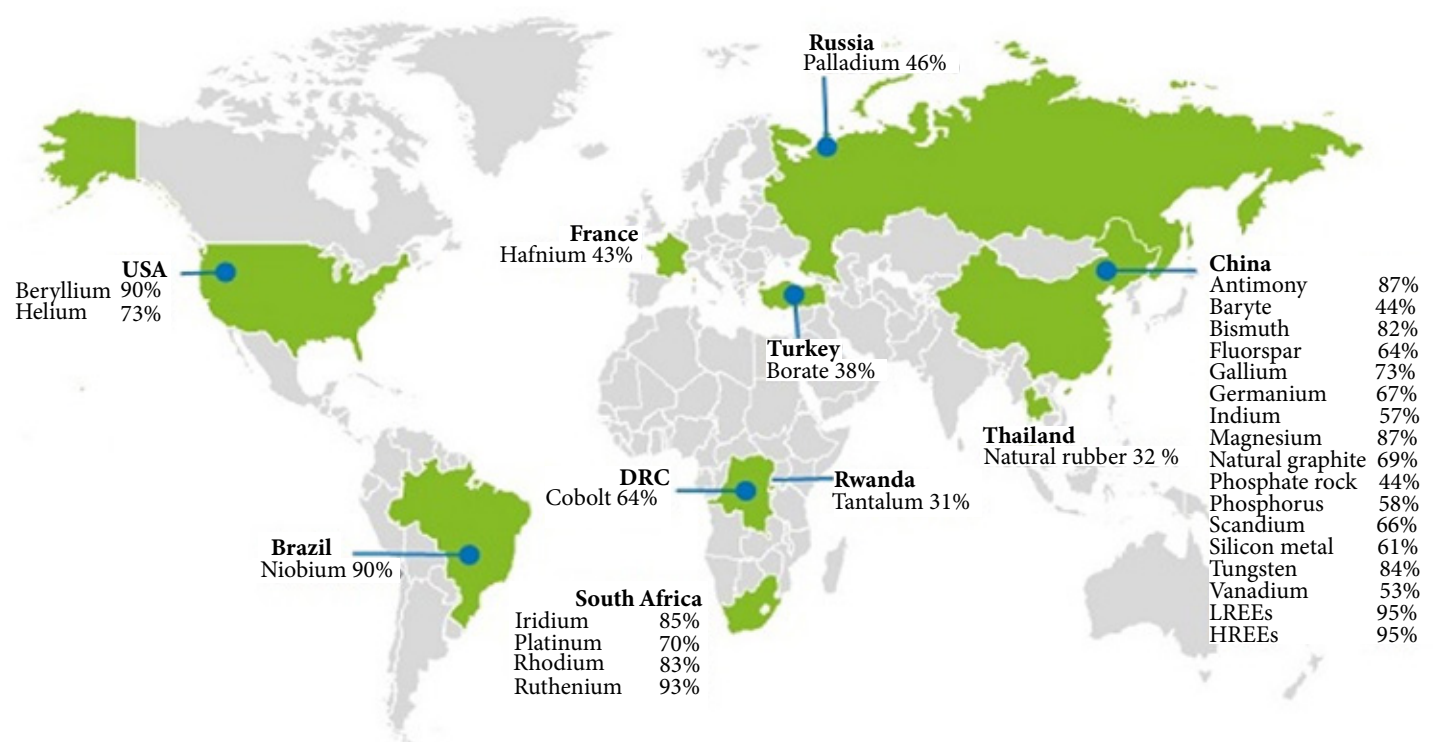
Kraven på förändring i branschen är omfattande. Flera av de omställningar som sker i samhället som får stora konsekvenser för råvaruproducenterna. Förändringarna får till effekt att samtidigt som det råder brist på vissa mineraler där behovet av prospektering och substitut är stort, så kräver andra mineraler stora satsningar i produktionseffektivitet - och allt ska göras på ett socialt rättvist och resurs-effektivt sätt.

## Kritiskt läge

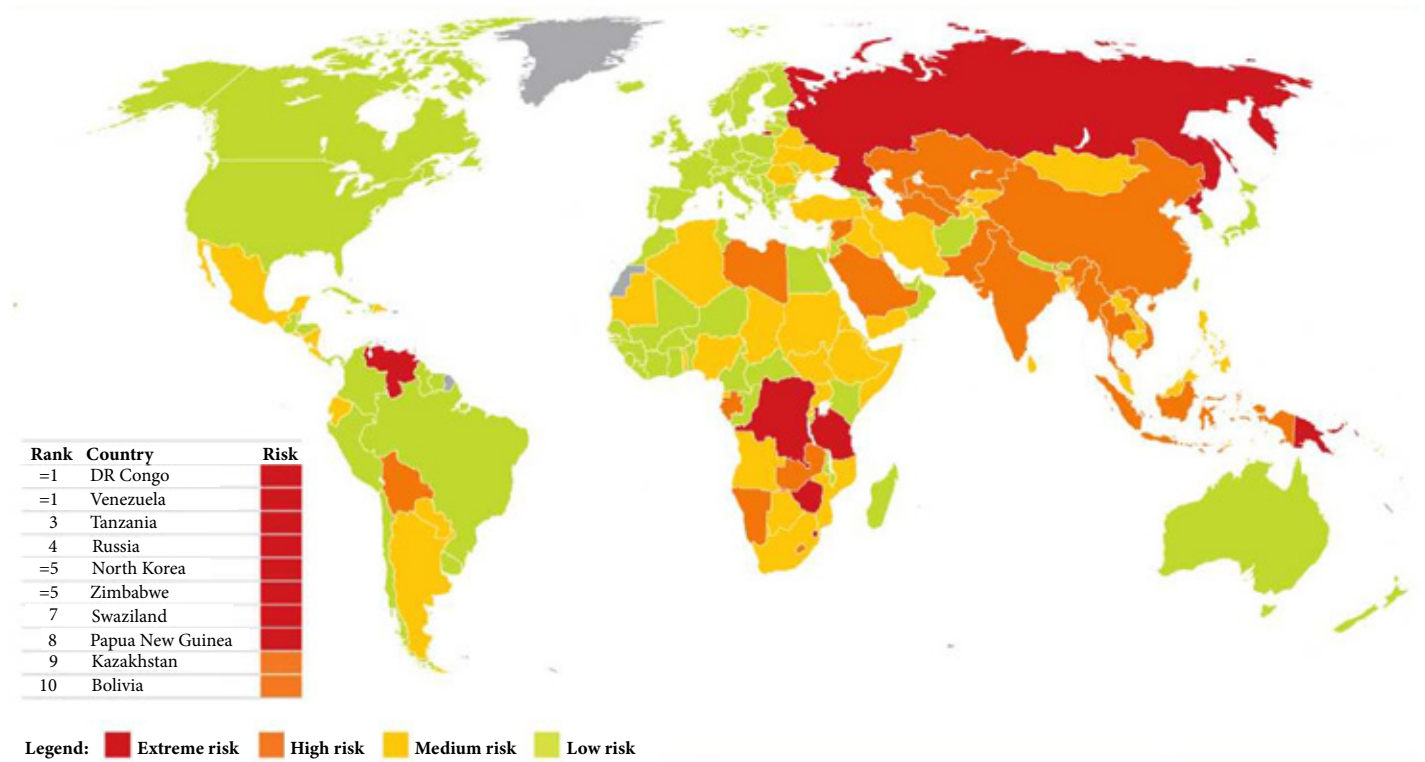
Flera av de mineraler som är kritiska för både global tillväxt och grön omställning finns i några få länder i världen (med dagens geologiska vetenskap), och dessutom så finns vissa i högst begränsade kvantiteter. Ett av de mest omtalade exemplen är kobolt i Kongo (DRC). Här har Kongo en totalt dominerande roll då de står för 60 procent av världens produktion.

Ett annat exempel är Rysslands dominans gällande tillgångar av palladium som till största delen går till bilkatalysatorer vilket kanske kan klassas som en mindre risk i framtiden. Kina har flest kritiska mineraler och ses dessutom som en hög risk i sammanhanget vilket skapar en stor osäkerhet i strategiska satsningar där beroenden finns. För litium-jon batterier så finns ett stort behov av grafit, ett mineral där Kina har 70 procent av marknaden, eller neodymium för magneter där Kina har 90 procent av världsmarknaden.

I jakten på mineraler växer fram en protektionism fram, en så kallad resursnationalism. I Resource Nationalism Index ser man att länder som just Kongo ligger högt. Kombinationen hög marknadsandel av kritiskt material och resursnationalism är en stark varningsflagga.



Figur 6 Critical Raw Material, Källa: European Commission



Figur 7 Resource Nationalism Index 2019, Källa Maplecroft

Ett av de senaste exemplen på resursnationalism är Indonesien som under hösten 2019 stoppade all export av nickelmalm för att främja sin egen smält-industri.

På företagsnivå finns också rörelser för att säkra mineraltillgångar. Vissa kapitalstarka företag som Tesla diskuterar om de behöver säkra sin produktion genom att förvärva mineraltillgångar för deras egna behov.

## Prospektering

Det dramatiska fallet för *global* prospektering har dämpats och vänt uppåt. De senaste åren har den årliga ökningen varit 15-20 procent men från låga nivåer. Prisfallet på bland annat järn har bidragit till att järnmalmprospekteringen fortsätter nedåt, men

fokus har skiftats mot att prospektera lönsammare mineraler som därigenom har en stark tillväxt. Kopparprospekteringen har en svag uppgång kopplat till prisutvecklingen, men företagen brottas med att flera nya fyndigheter har lågt kopparinnehåll, de flesta under en procent. Prospekteringsinvesteringarna är störst i Kanada, Australien, USA, Mexico, Chile, Peru och Kina.

Världens totala prospekteringsbudget låg 2018 på 9,62 miljarder USD. 25 länder stod för 88 procent av den totala prospekteringsbudgeten. Prospektering är investeringar med hög risk, och i ett politiskt och ekonomiskt osäkert klimat kan även det påverka trenden. De stora bolagen, (majors) investerar fortfarande mest, men för första gången på sedan 2011 växer de mindre prospekteringsbolagen snabbast<sup>11</sup>.

Koppar, zink och nickel står för de största volymerna i den globala prospekteringsbudgeten, men de snabbast växande batterimineralerna är litium och kobolt som mellan 2017 och 2018 växte med 200 respektive 300 procent<sup>12</sup>.

I Sverige har prospekteringen ökat kraftigt sedan 2016 och var 2018 tillbaka på samma nivå som 2011. Totalt projekterades det enligt Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) för nästan 800 miljoner kronor i Sverige under 2018<sup>13</sup>. Det är en ökning med 30 procent jämfört med året innan. Det är den avancerade och gruvnära prospekteringen som står för den största ökningen i Sverige, medan de tidiga prospekteringsinsatserna nått en ny lägstanivå. Långsiktigt innebär det en risk som kan begränsa potentialen för att upptäcka nya fyndigheter. De mest sökta mineralerna 2018 var koppar, guld, zink, silver, bly, järn och kobolt. Högaktuellt är även undersökningar kring brytning av vanadin, ett mineral som används i stålindustrin, men som också kan vara aktuellt för potentiella flödesbatterier.

Ny-prospekteringen söker sig till regioner där förutsättningarna är goda. Enligt oberoende Fraser Institute<sup>14</sup> är Sverige ett av världens generösaste länder när det gäller ekonomi och möjligheten att få miljötillstånd. Från branschen finns dock en annan bild, där bland annat Svemin ser en nedåtgående trend i antalet ansökningar och kopplar det till en långsam och komplicerad beslutsprocess<sup>15</sup>. Att antalet undersökningsansökningar gått ner de senaste åren kan eventuellt också kopplas till faktorer som inte fångas upp i andra attraktivitetsmått. Ett exempel är de svenska skatteregler som gynnar redan etablerade bolag.

Här har Australien och Kanada incitamentsprogram där även investerare får göra avdrag för prospekteringskostnader.

Resultatet av dessa skillnader kan vara en förklaring till att i Sverige står LKAB och Boliden för 64 procent av prospekteringskostnaderna, medan bolag som inte äger någon gruva står för 50 procent i Kanada<sup>16</sup>.

Att nedgången i Sverige är lägre än i övriga världen förklaras av SGU med att stora aktörer som Boliden och LKAB fortsatt att prospektera. Att de bolagen fortsätter prospekteringen bygger på att de har visioner om att öka brytningen. Även om tillväxtländerna Kina och Indien har tappat fart så är fortfarande efterfrågan på mineraler och metaller hög. Från 2019 räknar LKAB med att dubblera prospekteringsinsatserna<sup>17</sup>.

Prospekteringen av kritiska mineraler för elektrifieringsomställningen pågår i Sverige, men i liten skala. Några intressanta projekt här är (Företag:Plats:Mineral):

- Leading edge materials:
  - Bergby: Litium
  - Woxna: Grafit
  - Norra Kärr: REE
- Hannans reward:
  - Varuträsk: Litium
- Talga resources:
  - Vittangi, Jaikunen och Raitajrævi: Grafit
- Sienna Resources:
  - Slättberg: Kobolt, Nickel, Koppar
- Beowulf mining:
  - Åtvidaberg: Zink, Bly, Koppar
  - Sala: Bly, Zink, Silver

Northvolt kan komma att behöva stora mängder mineral bland annat 30 ton nickel och 44 000 ton grafit per år om deras planer om en batteriproduktion på 40 GWh blir verklighet.

12 Ibid

13 Ibid

14 FRASER INSTITUTE Survey of Mining Companies, 2018

15 Dagens industri, Iskallt för prospektering - "vårt rykte har fått sig en törn"

16 Tillväxtanalys, Sverige ett attraktivt gruvland i Världen

17 Det här är LKAB

## Produktivitet

När det gäller effektivitet tillhör svenska producenter som Boliden och LKAB i många avseenden de världsledande. I en global jämförelse är Boliden Aitik den som drivs med lägst kopparhalt men högst produktivitet.

Produktiviteten i Sverige har dock i princip legat still sedan tidigt 2000-tal, vilket trots allt är bättre än den globala medelnivån som under samma period försämrats sin produktivitet per anställd. Anledningen till att effektiviteten i branschen dippade till den lägsta på femtio år 2013 är delvis konsekvensen av medvetna beslut. Att till nästan varje pris pressa fram volymer när marknaderna blomstrade sågs givet förutsättningarna som en god idé. Gruvkoncepten utvecklades för volym och inte i första hand för effektivitet. Kombinationen av lägre malmhalter, mer otillgängliga fyndigheter, ökade energikostnader, brist på processvatten et cetera har minskat den globala produktiviteten med 40 procent under de senaste tio åren<sup>18</sup>. Dock har produktivitetstrenden globalt vänt uppåt, och har de senaste åren förbättrats med cirka 3 procent per år, en siffra som kommer ur ett större fokus på att reducera antal anställda och bättre kostnadskontroll. BHP, Rio Tinto, Anglo American, alla ser över sin effektivitet vilket har betalat sig. Marginalerna har stabiliserats igen efter några års nedgång. Investerare och andra intressenter är dock oroad för framtiden, kan branschen klara en hållbar lönsam tillväxt?

Allt detta gör att branschens fokus nu är att transformation. Gruvorna ska bli högeffektiva processfabriker som kan operera med bra resultat genom råvarucykeln alla faser. En sådan utveckling tar tid och kommer i det korta perspektivet utmärkas av kostnadsbesparingar, mer eller mindre radikala. Dessutom förändras branschens intäktströmmar. Under lång tid har mineralmixen sett ungefär lika ut, men en förändring är antagande då hållbarhets-

**Bara i järn- och kopparproduktionen<sup>19</sup> bedöms introduktionen av digitalisering, automation och elektrifiering globalt ha ett produktivetsvärde på 40-60 miljarder USD per år.**

kraven driver en omställning av världens energimix och produktportföljer. En omställning som i sin tur ombalanserar mineralbehovet och premierar cirkularitet. Omställningen mot en ökad effektivitet möjliggörs av ny teknologi.

## Resurseffektivitet

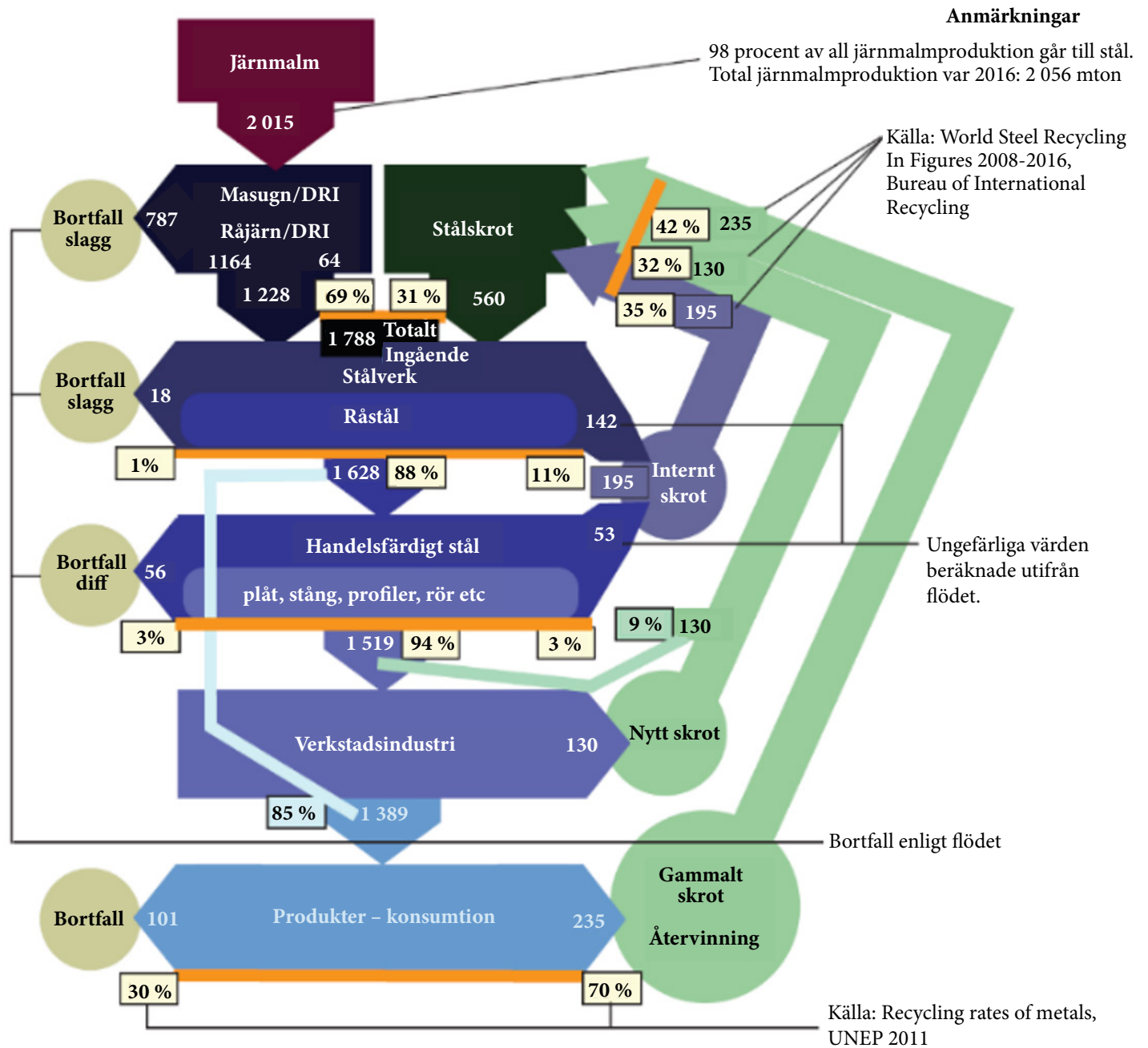
Både delnings- och cirkulär ekonomi utvecklas starkt där båda är drivande av ett bättre resursutnyttjande. I delningsekonomin genom ett ökat kapacitetsutnyttjande och i den cirkulära ekonomin genom ett ökat materialutnyttjande (återanvändning/återtillverkning/återvinning av produkter och mineraler). Dessa trender fungerar i stort som mottrender till brytning av jungfruliga material. Andra potentiella trender som kan minska mineralanvändningen är till exempel; 3D-printning, höghållfasta stål och alternativa byggmaterial som till exempel trä istället för betong och stål. Den cirkulära ekonomin öppnar även för nya möjligheter att ta hand om restprodukter. LKAB utvärderar tex om de kan extrahera fosfat från apatit, en restprodukt från apatitjärnmalm. I fosfater ingår fosfor som kan användas som gödningsmedel i livsmedelsindustrin.

2011 använde mänskligheten 79 miljarder ton material. Skulle materialanvändningen följa den ekonomiska tillväxten skulle vi förbruka 350 miljarder ton material om 40 år. Genom att ekonomisk tillväxt och materialförbrukning succesivt frikopplas ham-

18 Mckinsey MineLens

19 MGI, Beyond the Supercycle

20 OECD: Global Material Resources Outlook to 2060



Figur 8 Processen från stål till återvinning, Källa: SGU

nar prognosen på en dubbling, 167 miljarder ton till 2060<sup>20</sup>. De huvudsakliga drivkrafterna bakom frikopplingen är tjänstefiering i ekonomin och tekniska möjliggöranden i resurseffektivisering. När det gäller branschens bidrag till resurseffektivisering så är området mineralåtervinning snabbt växande.

Den globala marknaden för metallåtervinning var 2014 värderad till cirka 300 miljarder USD och förväntas nå nästan 450 miljarder 2022. Metallåtervinningen växer, och potentialen är stor. I en undersökning av 60 metaller så är det bara 18 stycken som har en återvinningsandel över 50 procent - de allra flesta har en återvinningsandel vid end-of-life på under en procent<sup>21</sup>. Effekten av den linjära ekonomin har till exempel inneburit det uppskattningsvis ligger 225 miljoner ton koppar i deponi<sup>22</sup>.

Andelen av sekundärproduktion (andra liv) skulle kunna ökas för de flesta metaller. Andelen har ökat för stål och koppar, men för aluminium har den minskat. Koppar är en av de mest återvinningsbara metallerna, den behåller sina egenskaper vid omsmältning och finns ofta i relativt stora koncentrationer utan att behöva separeras ut. Trots det täcker återvinning endast omkring 30 procent av världens behov<sup>23</sup>. En anledning till det är att koppar är en metall som ofta är bunden i olika system och infrastrukturer under lång tid.

Stål är världens mest återvunna material. 670 miljoner ton kom från återvunnet material 2017. Genom att återvinna stål reduceras energiåtgången 74 procent och koldioxidutsläppen minskas avsevärt.

Andelen stålproduktion baserad på skrotbaserad råvara är; 35 procent i världen, 41 procent i Sverige, 17 procent i Kina, 49 procent i EU. Kina ökar sin andel snabbast, medan EU och Sverige står still<sup>24</sup>.

När det gäller återvinning av REE så finns det flera områden att utveckla, då vissa av dem är svåra eller omöjliga att återvinna med dagens teknik. Orsakerna kan vara ineffektiv separering, vilket innebär att de förlorar önskvärda egenskaper i processen, eller att volymerna är för små för att det ska vara ekonomiskt försvarbart.



Figur 9 Apples återvinningsrobot 'Daisy', Källa: Apple

21 United Nations Environment Programme - International Resource Panel

22 UN International resource panel

23 SGU: Minefacts

24 SGU: Mineralmarknaden 2018

**Boliden Rönnskär** är ett integrerat metallurgiskt komplex där allt större andel kommer från återvinning av elektronikskrot som innehåller koppar, guld, silver och andra metaller. Mer än 200 ton smälts ner varje dygn, och varje dag framställs tre guldtackor på 12,5 kilo styck.

Världens volymer av elektronikavfall ökar snabbt samtidigt som smältverken som kan hantera elektronikskrot är få. Inom EU säljs årligen omkring 24 kilo elektronik per person. Men bara sex kilo återvinns och i USA är det ännu sämre. Glappet däremellan är potentialen för den framtida tillgången på e-skrot. I Sverige återvinns cirka 14 kilo, en minskning jämfört med tidigare år beroende på att elektroniken blir allt lättare.

Källa: Boliden Års- och hållbarhetsredovisning 2019, ITU, The Global E-waste Monitor 2017

**Aluminium** är ett exempel på hur affärsmodeller kan förändra en hel bransch. På femtiotalet började aluminium användas som förpackningsmaterial i större skala. Men framställningen från bauxit är extremt energikrävande. Genom att återanvända metallen går det att spara 95 procent av den energi som går åt för tillverkningen.

På bara något decennium runt 1970-talet ökade andelen återvunnet aluminium från 20 till 70 procent. Samtidigt konkurrerade aluminium ut plåt som dryckesförpackning. Genom pantsystemet samlas så mycket som 90 procent av alla burkar in i Sverige.

Återvinningsprocessen är ofta komplicerad. Apple släppte 2018 återvinningsroboten Daisy som är en uppföljare på den tidigare roboten Liam. Daisy kan plocka isär 200 iPhone i timmen. Med tanke på att försäljningen är cirka 35 000 iPhones i timmen så skulle det behövas 175 robotar för att klara det takten. Apples långsiktiga mål är att tillverka alla deras produkter baserat på återvunnet material.

### Miljö och energi

Gruvor använder till stor del maskiner som drivs av fossila bränslen samt stora mängder el och har således en påverkan på miljön. LKAB, som innehar den största mängden järnmalmproduktion i Sverige idag, är även en av Sveriges största elkonsumenter och står för omkring 2 procent av landets totala elförbrukning<sup>25</sup>. Järnmalmsbrytning skiljer sig dock inte avsevärt från annan brytning i detta avseende.

Energianvändning är område för effektivisering, inte minst ventilationen som kan utgöra hälften av en underjordsgruvas energikostnad. För att optime-

ra funktion och förbrukning har ABB utvecklat ett koncept som med dynamiska, multivariata modeller styr fläktarna och bidrar till en hälsosam miljö till lägre kostnad.

Stora mängder kol (i form av koks) används för att producera stål, framför allt vid reduktion av järnmalm till järn. Processen ger upphov till stora utsläpp av koldioxid, som i sin tur påverkar klimatet.

2017 gav järn- och stålindustrin upphov till 6,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter, vilket är 12 procent av Sveriges totala utsläpp på 52,6 miljoner ton. Två tredjedelar utgörs framför allt av förbränning och restgaser inom stålindustrin medan en tredjedel är från processutsläpp inom järnframställning.

2016 gick SSAB, LKAB och Vattenfall ihop för att revolutionera stålbranschen. Resultatet är HYBRIT-initiativet där planen är att ersätta koks och kol som används i järn- och stålproduktionen med vätgas och därigenom kunna vara fossilfria 2045. I

projektplanen så befinner man sig nu (2018-2024) i en pilot-fas där respektive företag planerar och bygger testanläggningar för att utvärdera sina bidrag i projektet. Omställningen kommer att behöva ske stegvis, men redan 2026 avser SSAB att introducera fossilfritt stål på marknaden.

## Alternativen

### Landfill Mining

Åtskilligt med metaller finns i gamla deponier till lands och till sjöss och de finns också i infrastrukturer som inte används. Avfallsdeponier innebär stora risker för miljön och behovet av att ställa om dem är globalt. Bara i Sverige antas soptipparnas metallvärde vara 100 miljarder eller mer<sup>26</sup>. Långsiktigt ökande metallpriserna sänker break-even-nivån och intresset för att sanera dessa deponier. Till det kommer effekter av offentliga styrmedel. I vilken takt det går beror på flera faktorer. Kostnaderna för *landfill mining* är höga. Processen med att sortera avfallet är komplicerad. Nya och storskaliga processer behöver utvecklas för att sänka kostnaderna.

### Urban Mining

Den metall som finns inbyggda i olika tekniska strukturer och system beräknas motsvara hälften av de kända fyndigheterna som finns kvar i världen. Och hälften av all metall som brutits i världen beräknas inte längre användas.

Värdet av infrastrukturer inom tele- och eldistribution i Sverige bedöms vara 1,5 miljoner ton<sup>27</sup>. Det är nästan lika mycket som Boliden Aitik - Europas största koppargruva - har kvar som brytvärd resurs. Även i det här fallet är det kommersiella värdet beroende av komplexa kalkyler. Men i takt med att priserna ökar och nya metoder utvecklas, kan intressanta marknader öppnas.

### Deep Sea Mining

En trend som bromsats är konceptet av Djuphavs-

gruvor. Kombinationen av sinande ovanjordsreserver, ökad efterfrågan, förväntat stigande priser, potentiellt höga mineralhalter gjorde att det sågs som ekonomiskt möjligt. Speciellt som utvecklingen inom olja och gasindustrin har gjort utvinningstekniken billigare och tillämplig i större skala.

Kanadensiska Nautilus Minerals planerade 2018 starta brytning på 2 000 meters djup i Stilla havet utanför Nya Guinea. Vulkaniska undervattensgejsrar med övertryck av hett vatten och mineraler gjorde fynden tillgängliga. Fjärrstyrda robotar på havsbottnen kombineras med stora vakuumsugare som tar mineralen upp till ytan. Företaget gick till rekonstruktion och ett nytt projekt, Solwara 1, har tagit vid.

Kunskapen om miljöpåverkan på stora djup är dock låg med djurliv som specialiserats för att kunna leva i nästan kokande vatten. Trots det menar vissa forskare att undervattensgruvor kan vara mindre skadliga än de på land. Frågan är starkt omtvistad och det pågår på flera håll utredningar om konsekvenserna på ekosystemet.

En intressant teknik för att utvinna litium ur haven är *Metal-Organic Framework* (MOF) som är ett poröst material med den högsta kända internytan där ett gram kan täcka 14600 kvadratmeter. Genom att filtrera havsvatten genom dessa membran kan vattenmolekyler passera och man fångar upp föroreningar. Vattnet behöver dock pressas med högt tryck för att passera, men fördelen är förutom att man producerar vatten också att man också filtrerar ut litiumjoner som finns i vattnet.

### Substitut

Till sist återstår möjligheten att substituera metaller med mer förekommande metaller, eller helt andra material. Det är en utveckling som sker dels genom grundforskning där alternativen kommer fram -

26 Krook Joakim, Resource and Climate Implications of Landfill Mining: A Case Study of Sweden, Linköpings Universitet, 2013

27 SGU, Kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar, 2014

kolbaserade fibermaterial är till exempel möjliga substitut för metaller. Och dels kommer den från industriella motiv för att sänka kostnader, rationalisera produktionsprocesser och erbjuda bättre kundvärden.

I fallet med kolfiber ersätter den redan metall i flygplanskonstruktioner och när elbilar behöver minska i vikt utvecklas processer för att ersätta karosseriplåt med kolfiber. I framtiden kan kolfibermaterial baserade på biomassa bli aktuella.

Inom det svenska Strategiska Innovations Programmet LIGHTer sker analys av lättviktsutvecklingen i Sverige utifrån tre materialområden - metall, mixade/innovativa material och kompositer. Genom att inventera industrins storlek, leverantörsstrukturer, lättviktsteknologier, forskning och kompetensförsörjning skapas en innovationsagenda där runt 25 miljoner SEK investeras varje år.

Det saknas med andra ord inte utmaningar vare sig för svenska gruvbolag eller den globala gruvindustrin. Kortsiktigt behöver resultaten skyddas med sänkta driftskostnader när malmpriserna går ner. Långsiktigt måste produktiviteten öka. Ny exploatering är nödvändig och kräver både geografiska, politiska och sociala beslut. Det behövs bättre återvinning och nya processer som ökar resursproduktiviteten för malm och metaller. Och till sist kommer det så småningom att behövas substitut för flera viktiga metaller.

# Svensk konkurrenskraft

Med en stark och väl strukturerad och specialiserad gruv-, stål-, metallindustri och en leverantörsindustri med företag som Epiroc, Sandvik, Scania och Volvo - alla världsledande inom sina områden, tillsammans med världsledande kompetenser inom Automation/IoT-sektorn med företag som ABB och Ericsson - har Sverige goda förutsättningar att framgångsrikt ta del av den omstrukturering av gruv- och metallindustrin som pågår i världen.

Sveriges industriella värdekedjor ger också starka samverkansfördelar. Här finns LKAB's järnmalm vilken vidareförädlas hos SSAB som producerar höghållfasta stål där slutprodukten, till exempel Volvo CE's dumprar, kan ges längre livslängd och materialåtgången på ingående komponenter minskas med så mycket som 40 procent. Allt samtidigt som ekonomin förbättras för hela värdekedjan. I slutet av livscykeln finns till exempel Boliden som utvecklat metoder för att återvinna bland annat elektronikskrot och är idag ledande inom den typen av återvinning genom smältverket i Rönnskär.

Den svenska mineralindustrin med LKAB och Boliden i spetsen håller god global konkurrenskraft. De flesta delar ligger i dag i utvecklingens framkant. Dock är behovet av ännu lägre produktionskostnad per producerat ton (*cash cost*) nödvändigt för att bibehålla konkurrenskraften. En utmaning om brytningen går mot lägre grad på malmen och att den sker på djupare nivåer.

Sverige har också en högt utvecklad miljö- och arbetsmiljölagstiftning som gör att miljöpåverkan är låg för producerade mineraler. Tillsammans driver branschen inklusive gruvbolagen, utrustningstillverkare och entreprenörer utvecklingen vidare för att minska miljöpåverkan och arbetsrelaterade olyckor. Sverige håller inom dessa områden absolut världs-klass. Ett annat område som utmärker den svenska gruvindustrin är ambitionen att minska könssegregeringen och därmed öka andelen kvinnlig arbets-kraft.

Strategiskt stöds gruvindustrin kraftfullt av satsningar på offentligt och industriellt forskningssamarbete. Det strategiska Innovationsprogrammet för gruv- och metallutvinnande industri, STRIM, driver och finansierar forskning och innovation inom utvinningsteknik, teknik för återanvändning av material och energi, samt strategier och teknologi för utveckling av attraktiva arbetsplatser och strukturella krafttag för jämställdhet i gruvsektorn.

Förutom STRIM finns innovationsprogrammet LIGHTer som är en långsiktig satsning för innovation av nya lättviktsmaterial och Metalliska Material för utveckling inom den metallurgiska sektorn.

Programmet Processindustriell IT och Automation - PiiA - som ansvarar för den här serien av bransch-analyser har också ett stort engagemang och samarbetsytor med dessa tre innovationsprogram.

## Den tekniska leverantörsindustrin

Svenska leverantörer av utrustning för underjordsgruvor med Epiroc och Sandvik i spetsen har en marknadsandel på 60 procent i världen. Förutom dessa två ledande teknikföretag representeras den svenska gruvindustrin av kompetens inom mätsystem, borrning, pumpar, kraftförsörjning, automation mm.

Hemmamarknadskrav från de svenska gruvorna kring polcirkeln förutsätter maskiner som fungerar i alla väder. Krävande lagstiftning har tvingat fram miljövänlig teknik samtidigt som både gruv- och prospekteringsbolag förfinar sina metoder för att effektivisera gruvdrift, produktion och leverans.

SMTG - Swedish Mining & Tunnelling Group - är ett svenskt leverantörsnätverk som bidrar till utvecklingen av gruvnäringen världen över. Organisationen samlar ett fyrtiotal aktörer från stora företag som LKAB, Epiroc, Sandvik, Xylem, Outotec, Volvo CE och ABB till fåmansbolag med spetskompetens.

Även akademien genom Luleå Tekniska Universitet finns representerade. Vid exploatering kan företagen leverera allt från marknadsanalyser, exploatering, infrastrukturbyggande och maskiner för gruvdrift. Även den viktiga kompetensen kring hur man i slutänden stänger en gruva kan erbjudas.

Ett exempel på att små avancerade teknikföretag får betydelse för svenska gruvor och teknikexport är Mobilaris i Luleå. Mobilaris utvecklades ur Telia Research strax före millennieskiftet och specialiserade sig på positioneringsteknik inom området public safety. Det är teknik som visat vara sig utmärkt för att positionera både människor och maskiner i underjordsgruvor. Bolagets produkter bidrar till mer effektiva processer, lägre kapitalbindning och högre säkerhet för personalen i gruvorna.

Boliden använder systemet Mobilaris Mining Intelligence för att styra sin produktion. Dessutom har Mobilaris integrerat sin lösning i ABB Ability, där ABB erbjuder en funktion ”Ventilation on Demand”. Här levererar Mobilaris Mining Intelligence olika maskiner och fordons position och baserat på det räknar ABB’s DCS-system 800XA ut hur mycket luft som behövs och styr fläktarna efter det – en lösning som kan spara över 50 procent av energikostnaderna för ventilation. Mobilaris omsätter cirka 40 miljoner SEK varav strax under hälften kommer från gruvprodukterna. Epiroc (tidigare Atlas Copco) äger sedan 2017 34 procent av Mobilaris Mining & Engineering.

Bland de viktiga traditionella leverantörerna av system för produktivitet och energi räknas ABB. De senaste årens satsningar på gruvautomation har innehållit både företagsförvärv och utveckling av nya koncept för optimering, säkerhet och asset management.

Midroc är ett företag som på senare år tagit position som en systemintegratör att räkna med. Midroc

Automation har tidigare levererat en totalintegrerad logistiklösning för LKAB i Kiruna. Lösningen för malmtransporter under jord har tagits fram i samarbete med Bombardier.

Ett annat initiativ som bör nämnas i sammanhanget digitalisering är Hexagons strategi att samlat de fyra företagen MineSight, Devex, SAFEMine och Leica Mining under en hatt. Ambitionen är att erbjuda integrerade mät- och systemlösningar för planering, drift och säkerhet.

The Swedish Mining Automation Group (SMAG) är en grupp svenska företag som tillhandahåller innovativa lösningar genom samarbete. Företagen i gruppen är; Epiroc, Mobilaris, Ericsson, Sention.AI, SKF, och Scania. Här kan svenska lösningar säljas på export.



Figur 10 Exempel på aktörer inom svensk gruvindustri

# Teknisk transformation

## Att organisera och satsa

Industriell IT och Automation är teknik som möjliggör bättre processer med mindre resursåtgång, färre arbetade timmar, ökad säkerhet och bättre arbetsmiljö. De är kraftfulla verktyg som kostnadseffektivt kan göra stor skillnad. Men för att det ska ske behövs ledarskap ända uppifrån företagets högsta chefer. Generellt är vi inom svensk industri bra på det. Våra stora svenska gruvor har sedan länge investerat i gedigna automationsplattformar och är i många avseenden världsledande. Det är en viktig tillgång att bygga vidare på genom att organisera, rekrytera och utbilda rätt förmågor.

## Effektiva och obemannade fordon och maskiner

En viktig del i produktivetsstrategin berör gruvornas fordonsflottor och deras effektivitet. Stor efterfrågan optimeras med korta tomgångstider och mindre fordon, medan kostnadsfokus ger större fordon med längre ställtider. Men den mest radikala förändringen ligger i möjligheterna att bedriva automatiserad brytning med obefintlig eller mycket låg personell närvaro. Där processerna huvudsakligen fjärrstyrs och övervakas centralt i driftcentraler. En sådan förändring kan höja produktiviteten signifikant. LKAB införde fjärrstyrd lastning redan 1999 med styrning från ett kontrollrum på sjunde våningen i Kirunakontoret. Idag är kontrollrummet placerat under jord på 1365 meter nivå. Huvudsyftet med fjärrlastning är att öka utnyttjandet genom förarlös lastning under nattskiftet då skutgaser från sprängningen ventileras ut. Även produktionsborrning styrs från modern miljö i kontrollrum under jord i både Kiruna och Malmberget. När det gäller digitalisering och automation av gruvdrift ovan jord ligger däremot Sverige efter. Här ligger länder som Australien, Chile och Kanada längst fram.

Australien är ett nav för gruvautomation och fältrobotik. University of Sydney driver tillsammans med Rio Tinto, Center for Mine Automation där visionen om autonom och fjärrstyrt gruvdrift realiserar.

**Världsmarknaden för gruvautomation väntas växa från 3,65 miljarder USD (2018) till 6,18 miljarder 2025<sup>28</sup> - en tillväxt på 70 procent.**

Gruvan West Angelas är flaggskeppet med tåg och borrhjullar som styrs från ett kontrollcenter i Perth - hundra mil därifrån.

Bland svenska utvecklingsprojekt inom detta område återfinns det nyligen avslutade PIMM-DMA som utvecklat lösningar för bland annat fjärrstyrda hjullastare. Fokus har varit på att förbättra produktiviteten direkt efter sprängning och den efterföljande ventilationsfasen. Användarfallet med fjärrstyrd hjullastare visar på betydelsen av samverkan mellan olika discipliner - allt från kontrollstation, IT, telematik, positionering, sensorer och maskiner och hur man fördelar systemkrav mellan företagen. Lösningen påvisar också hur viktigt det är att för dessa system av systemlösningar hitta affärsmodeller som möjliggör dessa samarbeten. Projektet har uppmärksammat internationellt både för den progressiva hållningen till automation och för det starka samarbetet mellan företagen. I projektet deltog ABB, Boliden, Luleå tekniska universitet, Oryx Simulations, Telia, Ericsson, RISE, Wolfit, Infovista och Volvo CE. VINNOVA delfinansierar.

Efter 2030 ska LKAB stå redo att konkurrenskraftigt bryta malm djupare ner i gruvorna i Kiruna och Malmberget. Projektet SUM – Sustainable Underground Mining, där LKAB samarbetar med ABB, Epiroc, Combitech och Volvo ska bana väg för en koldioxidfri, digitaliserad och autonom gruvdrift. Här utvecklas och testas teknologin både i både verklig och virtuell miljö.

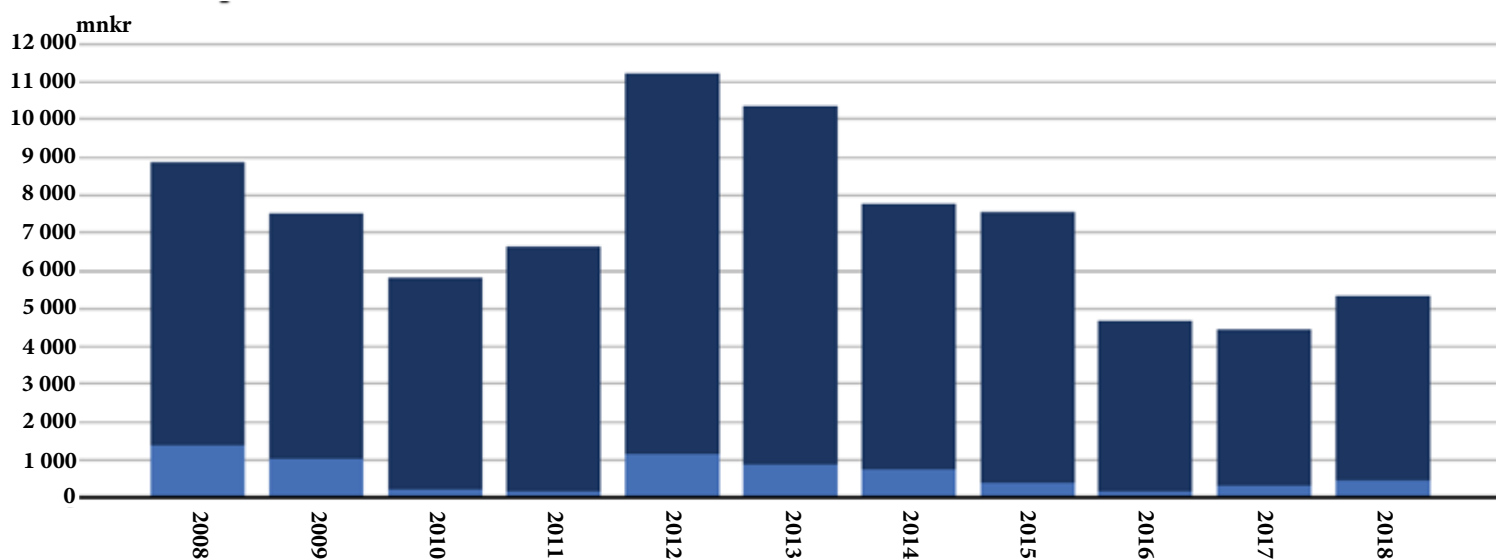
Boliden har tillsammans med Energimyndigheten investerat i projektet El-trolley där man elektrifierat en 700 meter lång transport upp ur dagbrottet i Aitik genom att använda sig av kontaktledningar och montera pantografer på truckarna. Genom lösningen räknar man med att spara 830 kubikmeter diesel per år och sänka växthusgasutsläppen med upp till 80 procent på de sträckor truckarna går. Boliden har beslutat att investera ytterligare 300 miljoner i utbyggnad av lösningen i Aitik samt implementera motsvarande teknik i Kevitsa.

## Investeringar

De senaste tio åren har gruvbranschen investeringar legat på nivån 10-15 procent av de totala industriinvesteringarna i Sverige. Efter 2012 har anläggningsinvesteringarna gått ned men ett litet trendbrott 2018. Karaktäristiskt är att branschen nu mer handlar om att öka kapaciteten i befintliga projekt än att starta nya. Mantrat är produktivitet.

För maskinleverantörerna innebär det att efterfrågan på utrustning är fortsatt svag men enligt både Epiroc och Sandvik relativt stabil sett utifrån beställningsgången. En viktig del i analysen är att andelen service ökar. Epiroc uppger att 50 procent av gruppens intäkter kommer från service som är mindre känslig för konjunkturen<sup>29</sup>. Den kan till och med vara kontracyklisk då effektivisering kan driva efterfrågan på mer tjänster.

Trender på marknaden är mer produktiv och säker utrustning, inklusive lösningar för att arbeta förrarlöst och med fjärrstyrning. Det driver fokus på totalkostnaden och optimering av värdekedjan. Konsolidering av kunder och leverantörer och prestationsbaserade kontrakt för service och förbrukningsvaror, liksom ökat miljöfokus är andra trender som går igen globalt.



Figur 11 Investeringar i svensk gruvindustri - SCB

# SIP PiiA – Forskningsområden

Gruvbranschen är under press. Fortsatt tillväxt bygger på att man klarar att stärka produktiviteten och bygger kapacitet mot framtida behov – allt på ett hållbart sätt. Frågan handlar i breda termer om att öka resursutnyttjandet i mineralernas ekosystem. Att fokusera på att få ner produktionskostnader i form av energi, personal, kapital och underhåll genom att strukturera eliminera slöseri och optimera OEE (*Overall Equipment Efficiency*) i värdekedjan. Ny teknologi skapar här nya möjligheter att reducera icke värdeskapande arbete. Genom till exempel IoT kan man skapa sig en medvetenhet om värdeflödenas karakteristik och därifrån identifiera förbättringsåtgärder. Det som differentierar vinnarna blir de som implementerar, lär sig och skapar värde av nya teknologier. Redan idag finns både avancerade system och tillgång till data, men de är ofta inte nyttjade till sin fulla potential.

Exempel på intressanta kunskapsområden för PiiA att investera i för industrisegmentet *Gruva och mineraler*:

- System av system-design och integration, då det är många system från många leverantörer som ska samverka i värdekedjan.
- Dataanalys, strukturer och verktyg för att skapa värde ur tillgångars data. Till exempel använda AI för att identifiera komplexa samband i processen som kan förbättra produktivitet, underhåll och energiåtgång
- Koordinering av manuella/autonoma maskiner och fordon i en process
- Kollaborativa maskiner/robotar
- Tele-operation, styra maskiner och fordon på distans, till exempel från ett kontrollrum. Kan fungera som ett komplement till automation.
- Trådlös kommunikation, att klara kapacitet och QoS i komplexa radiomiljöer.
- Positioneringssystem för maskiner och människor ovan och under jord
- Elektrisk infrastruktur, planeringssystem och optimering för installation och operation
- Blockkedjor för materialspårning, skulle till exempel kunna användas för *Environmental Product Declarations* (EPD) eller *Product Environmental Footprint* (PEF)
- AR/VR/MR för utbildning av personal
- Affärsmodeller i komplexa systemlösningar med många aktörer

