

Avsedd för
VINNOVA

Dokumenttyp
Rapport

Datum
10 december 2015

SAMMANSTÄLLNING AV STRATEGISKA DOKUMENT OCH RAPPORTER INOM GRUV- OCH MINERALFORSKNING

RAPPORT



**SAMMANSTÄLLNING AV STRATEGISKA DOKUMENT
OCH RAPPORTER INOM GRUV- OCH
MINERALFORSKNING
RAPPORT**

SAMMANFATTNING

Ramböll har fått i uppdrag av Vinnova att sammanställa strategiska dokument och rapporter som beskriver strategier inom gruv- och mineralforskningsområdet. Uppdraget har genomförts som en litteraturstudie i form av sammanställningar av rapporter och strategidokument som rör gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige och övriga världen. Uppdraget har även omfattat en workshop med relevanta aktörer som är aktiva inom gruv- och mineralforskningen i syfte att kvalitetssäkra och diskutera olika infallsvinklar på forskningsområden och behov inför framtiden.

Sverige är idag en av de viktigaste gruvnationerna inom Europa (EU 27 och Norge, Schweiz och Island) när det gäller produktion av järnmalm, koppar, bly, silver och zink. Gruv- och mineralbranschen är viktig för Sverige, med 10 000 direkt sysselsatta och 35 000 indirekt sysselsatta inom gruvnäringen. I samverkan med näringen har även en stark forskningsmiljö utvecklats, med Luleå tekniska universitet som huvudaktör.

Generellt har Sverige en hållbar mineralproduktion med hög förädlingsgrad från gruva till färdig metall. De aktörer som verkar inom gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige är universitet och forskningsorganisationer, institut och myndigheter samt privata aktörer.

Litteraturstudien har delat in gruv- och mineralforskningsområdet i åtta delområden. Dessa är mineralvetenskap och geologi, malmgeologi och prospektering, gruv- och brytningsteknik, mineralteknik, metallurgi, återvinning, urban och landfills mining, återställning och efterbehandling samt attraktiva arbetsplatser och samhälle.

Svenska gruvor, med hög andel underjordsbrytning och höga miljö- arbetsmiljökrav, betraktas som krävande beställare av utrustningar, service och tjänster. Svensk gruvindustri behöver vara effektiv för att kunna vara konkurrenskraftig, inte minst när det gäller underjordsverksamhet. Därför har svensk gruvforskning och svensk gruvnäring utvecklats tillsammans. En konsekvens är att industriforskning i Sverige är framstående tack vare växelspelet mellan krävande beställare såsom Boliden och LKAB å ena sidan, och svenska företag inom till exempel utrustning för underjordsbrytning i form av Sandvik och Atlas Copco å andra sidan.

Svensk forskning inom gruv- och mineralområdet liksom den svenska näringen kan generellt betraktas vara av internationellt hög klass. Gruvteknik, mineralgeologi och anrikningsteknik är tre områden inom vilka forskningen håller hög vetenskaplig kvalitet. I ett internationellt perspektiv är forskning och utveckling inom ämnet liten jämfört med Australien och Kanada som är de två stora gruvforskningsländerna. I ett internationellt perspektiv är även de svenska gruvbolagen relativt små med huvudsakligen inhemsk verksamhet.

Fortsatt utveckling inom dessa områden kräver samspel mellan den akademiska världen, gruvbolagen samt leverantörer av utrustning och tjänster. Ett gemensamt drag för dessa utmaningar är att kunna se helheten och att integrera behoven i de olika stegen i kedjan för att kunna optimera gruvprocessen.

För branschen som helhet framstår energieffektivisering som en gemensam utmaning. Att kunna utvinna mer av den brutna malmen handlar om att spara energi, minska miljöavtrycket och samtidigt öka lönsamheten. Automation och

digitalisering framstår därför som nyckeln i forsknings- och utvecklingsbehovet.

En viktig aspekt att beakta när akademisk och industridriven forskning sammanförs är förväntningarna hos de olika inblandade. Tillämpningen av forskningsresultaten behöver främjas och stödjas exempelvis med hjälp av demonstrationsprojekt, pilotanläggningar etc. Behovet av den typen av åtgärder har framkommit i de flesta delområden som undersökts.

Kompetensförsörjning är även en nyckelfråga för branschen där universiteten och forskningen kan bidra till att kompetent personal finns. Både industrin och samhällen där gruvorna finns behöver vara attraktiva för arbetskraft. En attraktiv arbetsplats och tillika samhälle skapas bland annat genom att tillgängliggöra arbetsplatsen för både kvinnor och män. Forskningen visar att en modernisering av hur branschens arbetar med styrning och hur verksamheten är organiserad kan leda till en mer jämställd bransch och därmed också säkra en tillströmning av kompetens.

Även om svensk gruv- och mineralindustri är effektiv i ett internationellt perspektiv behöver utvecklingen fortsätta. De viktigaste frågor som kunnat identifieras i denna utredning för fortsatt framgång av forskningen och näringen är:

- Undersökning av den djupa berggrunden för att hitta nya fyndigheter och nya malmer. Sällsynta jordartsmetaller är en ämnesgrupp som är särskilt viktig.
- Digitalisering, informationsinsamling och –analys on-line och automation av hela kedjan från geofysiska undersökning, borrhning, brytning och anrikning. Visionen är att processen i sin helhet skall optimeras till skillnad till från tidigare arbetssätt där varje steg optimerats för sig och information viktig i de andra stegen inte tas till vara.
- Utveckling av metoder för att utvinna fler och mer mineral från komplexa malmer med låga halter.
- Utveckla metoder där det som idag ses som avfall kan upparbetas och/eller behandlas för att kunna bli en restprodukt som kan användas.
- Satsningar på teknologi för att skapa säkra och attraktiva arbetsplatser.
- Holistiskt och tvärvetenskaplig utbildning och gruvforskning.
- Samarbete mellan teknikämnen och samhällsvetenskap.
- Teoretisk och tillämpad genusforskning i industrimiljö

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INLEDNING | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Uppdragets genomförande | 1 |
| 1.3 | Rapportens disposition | 1 |
| 2. | FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUV- OCH MINERALNÄRING | 2 |
| 2.1 | Gruv- och mineralnäring i Sverige | 2 |
| 2.2 | Sveriges mineralstrategi | 6 |
| 2.3 | EU:s mineralbehov | 7 |
| 2.4 | Lagstiftning och styrmedel | 7 |
| 3. | AKTÖRER INOM GRUV- OCH MINERALFORSKNING I SVERIGE | 9 |
| 3.1 | Universitet och forskningsorganisationen | 9 |
| 3.2 | Institut och myndigheter | 9 |
| 3.3 | Privata aktörer | 10 |
| 3.4 | Publikationer inom respektive områden | 10 |
| 4. | FORSKNINGSOMRÅDEN | 11 |
| 4.1 | Inledning | 11 |
| 4.2 | Mineralvetenskap och geologi | 11 |
| 4.3 | Malmgeologi och prospektering | 12 |
| 4.4 | Gruv- och brytningsteknik | 14 |
| 4.5 | Mineralteknik | 16 |
| 4.6 | Metallurgi | 18 |
| 4.7 | Återvinning, urban och landfill mining | 20 |
| 4.8 | Återställning och efterbehandling | 22 |
| 4.9 | Attraktiva arbetsplatser och samhälle | 24 |
| 5. | REFLEKTIONER | 27 |

BILAGOR

BILAGA 1 REFERENSER

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Ramböll har fått i uppdrag av Vinnova att sammanställa strategiska dokument och rapporter som beskriver strategier inom gruv- och mineralforskningsområdet. Uppdraget tar sin utgångspunkt i regeringsuppdraget om att uppnå den målbild som finns i Sveriges mineralstrategi, d.v.s. att "Svensk forskning inom gruv- och mineralrelaterade områden ska vara världsledande och präglas av ett väl fungerande samarbete mellan näringsliv och akademi. Forskningsresultat ska tillämpas av näringen och stärka gruv- och mineralnäringens konkurrenskraft".¹ Rapporten syftar till att vara ett stöd i Vinnovas arbete att identifiera svenska styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskningsområdet som beskrivs i strategier och översikter för området.

Nedan beskrivs uppdragets genomförande med tillhörande datainsamling, uppdragets avgränsning samt disposition av rapporten.

1.2 Uppdragets genomförande

Uppdraget är genomfört i en bred ansats där ämnesområdet "gruv- och mineralforskning" har sammanställts och diskuteras i ett brett perspektiv: från geologisk och mineralogisk grundforskning och malmgeologi via prospektering till forskning om gruvbrytning, mineralteknik, efterbehandling, återställning, återvinning (inklusive urban mining och landfill mining). Fältet inkluderar även attraktiva arbetsplatser och samhälle inklusive genusfrågor. Metallurgi ingår såtillvida att forskning som har direkt koppling till gruv- och mineralområdet har beaktats. Ståltillverkning ingår inte, och inte heller substitution av metaller, eftersom detta fält närmar sig materialteknik och blir alltför omfattande för att kunna tas med i studien.

Uppdraget har genomförts genom:

- Litteraturstudie i form av sammanställningar av rapporter och strategidokument som rör gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige och omvärlden.
- En workshop med relevanta aktörer aktiva inom gruv- och mineralforskningen i syfte att kvalitetssäkra och diskutera olika infallsvinklar på forskningsområdena och behov inför framtiden.

I första hand har Vinnova försett Ramböll med en lista på rapporter och strategiska dokument som har studerats. Litteraturstudien har kompletterats av Ramböll med andra relevanta strategiska dokument som behandlar de aktuella forskningsområdena (se referenslista i bilaga 1).

Deltagarna i workshopen bestod av 14 deltagare som representerade universitet och högskolor, samt branschen och myndigheter.

Uppdraget har genomförts under november och december 2015.

1.3 Rapportens disposition

Denna rapport är disponerad enligt följande: efter detta inledande kapitel följer kapitel 2 som går igenom olika typer av förutsättningar för gruv- och mineralforskningen och i kapitel 3 presenteras aktörer på området samt en reflektion över publicering av områden. I kapitel 4 återfinns en sammanställning över de olika forskningsområdena och rapporten avslutas med kapitel 5 som innehåller reflektioner kring det studerade materialet.

¹ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

2. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUV- OCH MINERALNÄRING

2.1 Gruv- och mineralnäring i Sverige

2.1.1 Näringens betydelse

I flera av rapporterna som ligger till grund för denna kartläggning påpekas att gruv- och mineralnäringen är viktig för Sverige^{2 3 4 5}. I Sverige sker brytning idag huvudsakligen i tre regioner: norra Norrland, Bergslagen och Gotland. I norra Norrland bryts stora mängder järnmalm samt koppar och andra sulfidmineraler. I Bergslagen bryts zink, koppar och järnmalm. Ett flertal fyndigheter av både järnmalm och basmetaller finns i området och är på projektstadiet. På Gotland pågår brytning av högkvalitativ kalksten som framförallt används i stål- och cementproduktion.

Gruvbranschen har ungefär 10 000 direkt sysselsatta i Sverige. Ytterligare cirka 35 000 personer bedöms vara indirekt sysselsatta hos underleverantörer och servicebolag samt i andra sektorer som berörs av gruvnäringen^{6 7 8}. Svenskt näringsliv uppger att gruvnäringen 2013 bidrog med 106 miljarder kronor till Sveriges BNP⁹. Mineralnäringen säljer produkter baserade på utvinning och återvinning av ballast, industrimineral och natursten. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) anger att den svenska årsproduktionen uppgår till cirka 80 miljoner ton med en omsättning av 32,1 miljarder kronor¹⁰.

Sverige är idag en av de viktigaste gruvnationerna inom Europa (EU27 och Norge, Schweiz och Island) och den största producenten av järnmalm med 80–90 procent av Europas produktion. Vad gäller koppar är Sverige den tredje största producenten med omkring 10 procent av den europeiska produktionen. För bly, silver och zink har Sverige mellan 15 och 30 procent av produktionen i Europa. Både vid prospektering strax utanför Gränna och ur LKAB:s restprodukter undersöks möjligheterna för utvinning av sällsynta jordartsmetaller^{11 12}.

Enligt gruvföretagens branschorganisation Svemin¹³, har Sverige en hållbar mineralproduktion med hög förädlingsgrad från gruva till färdig metall. Exempelvis består en stor del av den järnmalm som bryts i Sverige av magnetit, som har en hög järnhalt och ger 65 procent lägre koldioxidutsläpp vid pelletisering jämfört med hematitmalm.

Även andra delar inom svensk metall- och mineralproduktion ligger i framkant i utvecklingen. Boliden har tagit fram metoder vid smältverket Rönnskär för att återvinna elektronikskrot och filterstoff och företaget är idag världsledande inom teknik för elektronikåtervinning. Svenska företag har länge varit drivande i att skapa innovativa produkter som bidrar till ett mer hållbart samhälle. SSAB producerar slitstarka och höghållfasta stål, som innebär att slutprodukten kan produceras med mindre material och längre livslängd; materialåtgången kan minskas med så

² Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>). SveMin 2012

³ Nordmin (<http://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/Nordmin>)

⁴ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

⁵ Mapping the Nordic mining and metal industry ([http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirrkations/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry\(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a\).html](http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirrkations/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a).html)). Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J., Söderholm, P. (2014)

⁶ Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>). SveMin 2012

⁷ SveMin:s hemsida (<http://www.svemin.se>)

⁸ Svenskt Näringslivs hemsida (<http://www.miljonytta.se/branscher/gruvindustrin>)

⁹ Ibid

¹⁰ SGU:s hemsida (<http://www.sgu.se>)

¹¹ Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>). SveMin 2012

¹² Mapping the Nordic mining and metal industry ([http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirrkations/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry\(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a\).html](http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirrkations/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a).html)). Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J., Söderholm, P. (2014)

¹³ Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>). SveMin 2012

mycket som 40 procent för att uppnå samma funktion och därmed förbättras ekonomin för hela produktionskedjan¹⁴.

Sverige har en högt utvecklad miljö- och arbetsmiljölagstiftning jämfört med andra länder, vilket har lett till att miljöpåverkan är lägre för mineraler producerade här och skapat ett slags växel-dragande effekt mellan gruvbolagen, utrustningstillverkare och entreprenörer för att driva utvecklingen framåt¹⁵. På Esty och Porters rankning av länder utifrån ett miljöregleringsindex – där faktorer som riktlinjer för utsläpp, struktur på miljölagar och tillgängligheten på miljörelaterad information tas i beaktande – hamnar Sverige på andra plats efter Finland.

Utrustningstillverkare, servicebolag och andra delar av den svenska gruvbranschen har tillmötesgått de ökade kraven på hållbara lösningar som gett Sverige en världsledande position inom utrustningstillverkning. Inte minst gäller detta verksamhet under jord med företag som Atlas Copco och Sandvik.

Detta kluster av gruvbolag, servicebolag och ingenjörsbolag är en viktig kraft för nationell och regional ekonomi och teknisk kompetens som samverkar med och kompletteras av en stark FoU-verksamhet inom akademien. Luleå Tekniska Universitet (LTU) är idag ett av de ledande i Europa inom gruvforskning med en unik bredd som omfattar hela produktionskedjan¹⁶.

Gruvbranschen i Sverige kan samtidigt betraktas internationellt sett som liten och de större svenska gruvföretagen är relativt små och verkar företrädesvis inom Sverige. Framsynt FoU gör att gruvföretagen trots detta är mycket konkurrenskraftiga och i många fall teknik- och miljöledande. För branschens fortsatta utveckling och tillväxt i harmoni med samhället krävs enligt utvärderingen av gruvforskningsprogrammet gjord av Vinnova¹⁷:

- Tillgång till mineralfyndigheter som bas för nya gruvor
- Stärkt konkurrenskraft genom utveckling av nya värdeskapande produkter och genom sänkta kostnader. Sänkta kostnader ökar också den lönsamt brytbara malmbasen
- Återanvändning och återvinning som en del i ett hållbart samhälle
- Minskad miljöbelastning och fortsatt utveckling av en säkrare arbetsmiljö

Dessa huvudteman beaktas återkommande i utredningar, forskningsagendor och –program, som tagits fram det senaste decenniet.

2.1.2 Potentialen för nya fyndigheter

En av nitton åtgärder i Sveriges mineralstrategi¹⁸ var att uppdraga åt SGU att kartlägga och analysera utvinnings- och återvinningspotentialen för metall- och mineraltillgångar i Sverige¹⁹. SGU²⁰ har gjort en översiktlig bedömning av fyndpotentialen från den svenska berggrunden (s.k. primära resurser) samt återvinningspotentialen (s.k. sekundära resurser) från gruvavfall, industri-deponier, kommunala deponier och genom urban mining (metaller gömda i städernas infrastruktur).

¹⁴ Ibid

¹⁵ Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvinindustrin/tillvaxtvision>). SveMin 2012

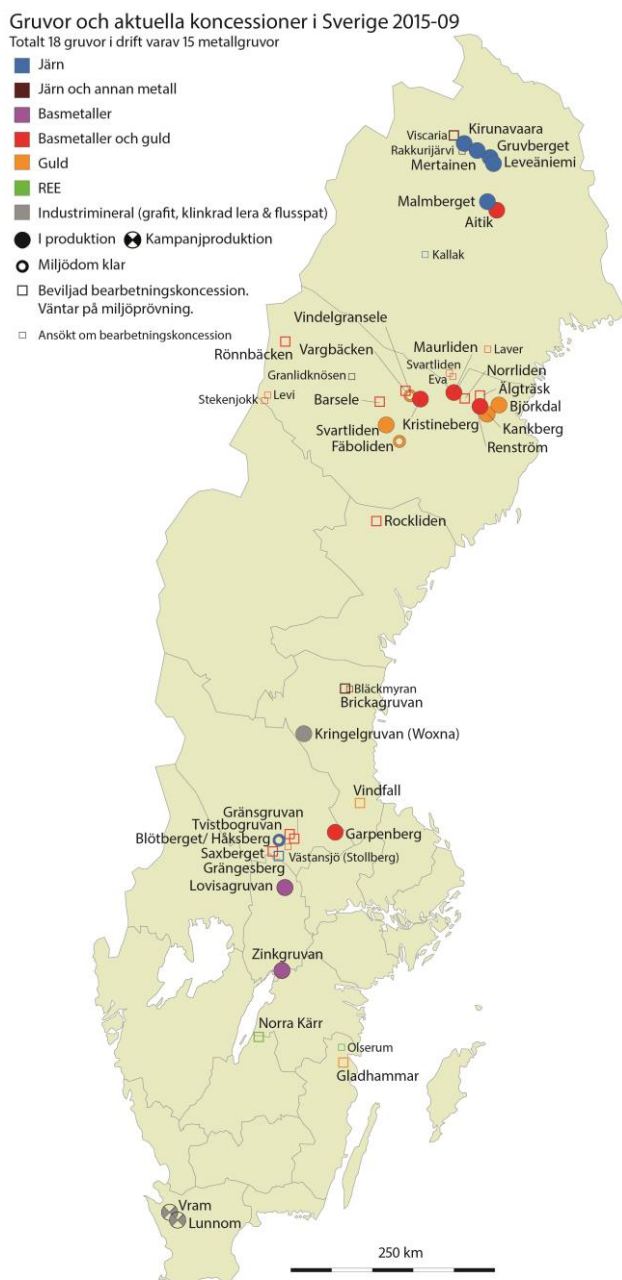
¹⁶ Ibid

¹⁷ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publicationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

¹⁸ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

¹⁹ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

²⁰ Ibid



Figur 1 Gruvor och koncessioner i Sverige 2015

SGU:s kartläggning visade att metall- och mineralstatistiken är mycket bristfällig angående både potential från utvinning och återvinning. Även statistik om vissa legeringsmetaller och metaller för elektronikindustrin som används i mindre kvantiteter är bristfällig gällande både i vilka produktionskedjor och i vilka varor dessa används.

SGU:s kartläggning visade att den största potentialen för nya metall- och mineralfyndigheter (som kunde bedömas kvantitativt) finns i den svenska berggrunden. Jämfört med tillgångar från gruvor och prospekteringsobjekt där det finns tydliga regler för hur dessa bedöms (och där bedömningarna är försiktiga) saknas motsvarande regler för bedömning och presentation av metall- och mineraltillgångar när det gäller sekundära resurser. En konsekvens blir att den samlade statistiken över sekundära resurser är teoretiskt beräknad och därmed indikativ. Därför är det svårt att utvärdera och jämföra primära och sekundära resurser med varandra.

I Sverige utvinns järn, koppar, bly, zink, guld, silver och tellur och potential finns att utvinna fosfor, mangan, flusspat, sällsynta jordartsmetaller (REE) och nickel i framtiden. Funktionell återvinning, dvs återvinning där mineralens primära funktion utnyttjas, sker i Sverige idag för järn, koppar, krom, aluminium, bly, molybden, fosfor, zink, silver, guld och kobolt. Återvinningen av järn, basmetaller och ädelmetaller är redan idag hög i Sverige och ökad återvinning bedöms därför vara marginell även om ökad återvinning är angelägen då den både spar materiella resurser och energi.

Vilka och hur mycket metaller som kan utvinnas från gruvavfall och om detta är ekonomiskt lönsamt är osäkert. Potentialen bedömdes som stor för främst REE och fosfor men tekniska lösningar för konkurrenskraftig utvinning av dessa saknas dock i dagsläget. Även vanadin som finns i större mängder i deponerad stålslagg kan inte i nuläget återvinnas på ett ekonomiskt lönsamt sätt.

Potential finns även i kommunala deponier och urban mining (inbyggd i byggnader och infrastruktur). Kunskap om dessa tillgångar hur dessa kan utvinnas är dock mycket osäkert och därför är potentialen svår att bedöma. Detta utgör därför ett viktigt område för fortsatt kartläggning²¹.

2.1.3 Utvinning och återvinning i Sverige idag²²

För att tillgodose en ökande efterfrågan på metaller och mineral kommer både återvinning av metaller och primär gruvbrytning av metaller att behövas. I en prognos från Jernkontoret bedöms primära respektive sekundära resurser stå för hälften vardera av råvaran för ståltillverkning år 2060 (beräknat på 80 procentig global stålåtervinning). Det innebär alltså att både malmproduktion och återvinning behöver öka. Den funktionella återvinningen av legerings- och specialmetaller är oftast över 50 procent och SGU pekar på utvecklingsbehov av funktionell återvinning av t.ex. specialstål och elektronikskrot. Detsamma gäller för primärutvinning från gruva, där möjligheterna att få ett fullt utbyte av all metall som malmen innehåller idag är begränsade.

Återvinningsmetoder av metaller för elektronikindustrin behöver utvecklas då utbudet av elektronikskrot med dessa metaller ökar, t.ex. metaller som indium och gallium i plattskärmar och litium, kobolt och molybden i bilar.

2.1.4 Kritiska metaller och mineral för Sveriges försörjningsbehov

Arbete pågår inom EU att identifiera kritiska metaller och mineral²³. Dessa definieras som att det finns risk för störning av leverans eller kraftig fördyring av en specifik metall eller mineral.

Den svenska stålindustrin är inriktad främst på rostfria stål, verktygsstål och höghållfasta stål, där finns ett stort behov av special- och legeringsmetaller men även av färdiga komponenter. Metaller och mineral som kan definieras som kritiska och där inga fyndigheter finns i Sverige är koks, platinametaller och bor medan mineral med mindre fyndigheter är kobolt, niob, tenn, volfram och magnesium. Kritiska mineral med höga utvinnings- eller återvinningspotentialer är ferrokisel, flusspat, titan, REE, nickel, krom, mangan, vanadin, dolomit och kalksten²⁴.

2.1.5 FoU och kompetensförsörjning

Under perioden 2006-2010 genomfördes ett strategiskt gruvforskningsprogram som finansierades till hälften av staten och hälften av gruvindustrin. Syftet med programmet beskrevs som att stärka den svenska gruvindustrins teknikledande position och konkurrenskraft inom strategiska

²¹ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

²² Ibid

²³ http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/policy-strategy/index_en.htm

²⁴ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

nischer samt att säkra framtida kompetensförsörjning²⁵. Ämnesområdena för utlysningen för det strategiska gruvforskningsprogrammet sammanfattades i punkterna:

- Säkrad råvaruförsörjning genom prospektering
- Ökad konkurrenskraft genom utveckling av produktionsteknik
- Ökad kunskap i partikelteknologi inom gruvindustriella processer
- Resurseffektiv utvinning av basmetaller
- Minskad miljöbelastning vid gruvhantering

Genom gruvprogrammet genomförde staten och industrin i praktiken en riktad satsning på LTU som gruvuniversitetet, även om det från statens sida aldrig varit ett uttalat mål, vilket resulterade i att en stark forskningsmiljö har etablerats som täcker hela värdekedjan från prospektering till efterbehandling inklusive metallurgi och samhällsvetenskaplig forskning²⁶. Forskningen som bedrivs vid LTU är mycket relevant för industrin och resultat används i undervisning för olika program som exempelvis civilingenjörsutbildningar inom Naturresursteknik (NRT), Industriell Miljö och Processteknik (IMP) samt Väg och Vatten (V)²⁷.

I det strategiska gruvforskningsprogrammet betraktades forskning och utveckling som en nödvändig bas för högkvalitativ undervisning och företagens kompetensförsörjning. En industrinära forskningsöverbyggnad med stadig förankring i vetenskapens grunder, antogs medföra en rad fördelar:

- ett utbildningsväsende som är insatt i aktuella forskningsfrågor och aktuellt utvecklingsbehov
- tillgång till både ett industriellt nätverk och ett internationellt akademiskt nätverk för studenterna
- studentprojekt med anknytning till aktuella forskningsfrågor kan bedrivas

Utvärderingen av programmet visade samtidigt att flera av de indikatorer som brukar förknippas med innovation (definierat som nya och framgångsrika produkter och processer), inte betraktades som relevanta av deltagarna i projekten, såsom utveckling av företagets varu- och tjänstutbud, etablering av nya marknader, användning av nya tillverkningsprocesser, patentansökningar, beviljade patent och avknopningsföretag. En slutsats av utvärderingen var att deltagarna inte hade uppfattat att programmet hade lett till konkreta innovationer och att det sannolikt fanns utrymme att utveckla tankarna om nyttiggörande av forskning även i gruvbranschen²⁸.

2.2 Sveriges mineralstrategi

Sverige är idag ett av Europas ledande gruvländer. Spetskunskap och de tillämpningar som svensk gruvnäring har kan tillsammans med kompetensen, som kan byggas upp inom resurseffektiv utvinning och återvinning, bidra till välfärdsutvecklingen²⁹.

I Sveriges mineralstrategi³⁰ finns en målbild för framtiden beskriven där utvinning och bearbetning av malm och mineral från den svenska berggrunden ska ske med ökad resurseffektivitet. Återvinningsgraden av metaller, mineralprodukter och processavfall ska öka och avfallsmängder-

²⁵ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

²⁶ Ibid

²⁷ Luleå tekniska universitets hemsida (<http://www.ltu.se>)

²⁸ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

²⁹ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

³⁰ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

na minska. Fem strategiska områden för långsiktigt hållbar mineralanvändning har pekats ut som har sammanlagt elva åtgärdsområden beskrivna:

- En gruv- och mineralnäring i samklang med miljö, kultur och andra näringar.
 - Ökad resurseffektivitet.
 - Förbättrad dialog och synergi med andra näringar.
 - Gruvsamhällen med attraktiva natur- och kulturmiljöer.
- Dialog och samverkan som främjar innovation och tillväxt
 - Främjande av samhällsutveckling och regional tillväxt.
 - Tydligare ansvarsfördelning och bättre informationsflöde mellan näringens aktörer
- Ramvillkor och infrastruktur för konkurrenskraft och tillväxt
 - Ett tydligare och effektivare regelverk.
 - Infrastruktursatsningar för gruvnäringens tillväxt
- En innovativ gruv- och mineralnäring med en excellent kunskapsbas
 - Forskning och innovation som skapar tillväxt och konkurrenskraft
 - Kompetensförsörjning som möter näringens och regionernas behov
- En internationellt välkänd, aktiv och attraktiv gruv- och mineralnäring
 - God kapitalförsörjning och främjande av investeringar
 - Ökad delaktighet på den internationella arenan

2.3 EU:s mineralbehov

År 2008 offentliggjorde EU-kommissionen sitt råvaruinitiativ³¹ med avsikt att bibehålla öppenheten inom världsmarknaden för råvaror. Inom produktionen och förbrukningen ska man sträva efter sparande, hållbart utnyttjande och återvinning av råvaror. Man ska främja utnyttjandet av de egna råvarorna i EU-området samt förbättra kunnandet i branschen och ta fram nya tekniker genom åtgärder från EU:s och medlemsländernas sida. Verksamhetsbetingelserna för branschen ska säkerställas genom utveckling av lagstiftningen, tillståndsförfarandet och -planeringen. Målet med råvaruinitiativet är att skapa en gemensam mineralpolitik för EU och medlemsländerna, vilket även skulle kunna ligga till grund för de framtida globala åtgärderna inom mineralpolitiken.

Exempel på åtgärder som föreslås av EU-kommissionen är:

- Kritiska råvaror definieras
- Ett mer intensivt nätverksbyggande mellan de nationella geologiska forskningscentralerna stöds för att förbättra EU:s informationsunderlag.
- De kunskaper och den målinriktade forskning som gäller innovativa prospekterings- och gruvtekniker, återvinning, materialsättning och effektivt utnyttjande av naturtillgångar ökas.
- Resurseffektiviteten i användningen av naturtillgångarna förbättras och användningen av ersättande material främjas.
- Återvinningen samt användningen av returråvarorna främjas.

2.4 Lagstiftning och styrmedel

Gruv- och mineralnäring berörs av olika lagstiftningar, skatter och styrmedel såsom minerallagen, miljöbalken, plan- och bygglagen och arbetsmiljölagen. En utredning gjordes på uppdrag av Nordiska ministerrådet³² med syfte att ge en översikt över lagstiftning och skatter i de nordiska länderna. Bakgrunden till utredningen är diskussionen som förs i samhället och media om hur lagstiftning och skatter kan säkerställa att gruvbrytning bidrar till en hållbar utveckling. Utredningen visade på stora likheter mellan länderna med bl.a. en harmoniserad miljölagstiftning även

³¹ http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/policy-strategy/index_en.htm

³² Mining in the Nordic Countries. A comparative review of legislation and taxation. Norden 2015.

om det finns olikheter där Grönland särskiljer sig mest: en socialkonsekvensbeskrivning är obligatorisk på Grönland till skillnad för övriga länder. Sverige och Finland anses vara bland de länder som har världens lägsta effektiva beskattningar. Samtidigt finns i dessa länder andra skatter och miljöavdrag som spelar roll för det faktiska skatteuttaget.

En skatt som anses påverka utvinning av metaller från deponier "*landfill mining*" är den så kallad deponiskatten som läggs på avfall som deponeras. Skatten syftar att minska mängden avfall som deponeras och därmed öka återvinning. Landfill mining anses missgynnas av deponiskatten då avfallsfraktionen som inte återvinns skulle beskattas när det deponeras om³³. Deponiskatten är platt vilket betyder att alla betalar 435 sek i skatt per ton avfall som deponeras oavsett avfalls slag. Samtidigt finns 41 olika avfallsslag och behandlingsformer som har skattebefrielse.

I utredningen "Översyn av deponiskatten"³⁴ gjorde Naturvårdsverket bedömningen att det finns anledning att införa speciella skatteregler för deponiutvinning. Naturvårdsverket menar att deponiutvinning är oftast att se som en integrerad del av efterbehandling av gamla deponier. Samma skatteregler bör därför gälla för avfall från deponiåtervinning som för förorenad jord från övriga efterbehandlingsåtgärder, vilka är skattebefriade.

För deponier som grävs upp för att de är i behov av efterbehandling, kan metallutvinning vara ett lönsamt tillskott då avfallshanteringen bekostas på annat sätt. Landfill mining i en deponi med enda syfte att utvinna metaller, plast och organiskt avfall från gamla deponier är däremot sällan lönsamt idag då avfallet behöver deponeras på annan anläggning även om det skulle kunna ge stora miljövinster.

Enligt SGU³⁵ och forskningsagendan "Resurssmart materialanvändning"³⁶ behöver nya eller förändrade styrmedel införas för att åstadkomma återvinning av metall från deponier och gynna urban mining. Dessa styrmedel behöver undersökas ur ett brett perspektiv med målsättningen att identifiera vilka förändringar som skulle kunna bidra till en ökad resurseffektivitet inom såväl primär utvinning som återvinning, så att resurserna kommer att användas på ett hållbart sätt samtidigt som de negativa miljöeffekterna minimeras. För att kunna genomföra ändamålsenliga förändringar krävs fördjupade kunskaper dels om miljöpåverkan av de olika försörjningsalternativen, dels om dokumenterade återvinningspotentialer i gruvavfall, industrideponier, kommunala deponier och genom urban mining.

³³ Översyn av deponiskatten. 2013-12-20 NV-00338-13 NV. Naturvårdsverket 2013

³⁴ Ibid

³⁵ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

³⁶ The Research and Innovation Agenda – "Resource-Efficient Material Utilization: Renewing Swedish Excellence" (<http://corporate.stenametall.com/Research-and-Innovation/Research-projects/Research-and-Innovation-Agenda>).

3. AKTÖRER INOM GRUV- OCH MINERALFORSKNING I SVERIGE

Nationell forskning med anknytning till gruv- och mineralbranschen är främst lokaliserad till Luleå tekniska universitet och mötesarenan Bergforsk som syftar till att integrera och koordinera FoU mellan industri och universitet. Gruv- och mineralbranschens medverkan i Europeiska unionens sjunde ramprogram för forskning och teknisk utveckling³⁷ framstår som blygsam³⁸.

En bibliometrisk utvärdering genomfördes av Vetenskapsrådet under sommaren 2015³⁹, på uppdrag av Vinnova, med syfte att sätta svensk forskning i ett internationellt perspektiv. Kartläggningen utgick ifrån artiklar publicerade i vetenskapliga (peer-review) tidskrifter där författarnas arbetsgivare används för att identifiera vilka organisationer som bedriver forskning. Artiklar och bidrag till konferenser beaktas inte i denna typ av kartläggning. Området "gruv- och mineralforskning" delades in i sju delområden för att strukturera sammanställningen:

- Grundläggande mineralvetenskap
- Forskning om malmer och mineralförekomster inklusive prospektering
- Gruv- och anrikningsteknik
- Miljöaspekter av gruvverksamhet
- Återvinning av metaller (här ingår bl.a. *urban mining* och återvinning av kritiska metaller)
- Substitution av kritiska metaller
- Samhällsvetenskaplig forskning

I utredningen har publikationer under perioden 1990-2014 sökts med hjälp av olika nyckelord och utgått från klassificering av tidskrifter i Web of Science. Under perioden 1990-2011 har publikationstakten legat mellan 20 - 40 fraktionerade artiklar per år. De senaste tre åren har genomsnittet varit över 60 artiklar per år. Antalet publicerade artiklar har varit mellan 500-1000 st/år under 1990-talet. Under 2000-talet har publikationstakten ökat till över 4 000 st/år.

3.1 Universitet och forskningsorganisationen

Universiteten och forskningsorganisationer där gruv- och mineralforskning pågår är följande (rangordnade efter antal publikationer enligt Vetenskapsrådet)⁴⁰:

- Luleå tekniska universitet
- Uppsala universitet
- Naturhistoriska riksmuseet
- Stockholms universitet
- Kungliga tekniska högskolan
- Lunds universitet
- Chalmers
- Umeå universitet
- Linköpings universitet
- Göteborgs universitet
- Sveriges lantbruksuniversitet

3.2 Institut och myndigheter

Sveriges geologiska undersökning (SGU) är enligt Vetenskapsrådet⁴¹ den enda icke akademiska aktör som publicerat artiklar i peer review-tidskrifter, inom ämnet gruv- och mineralforskning.

³⁷ EU 7th Framework Programme: European Research and Technological Development 2007-2013

³⁸ Företag inom svensk gruv- och mineralindustri (2007-2011). Vinnova 2013:12

³⁹ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁴⁰ Ibid

En orsak till att SGU framstår som den enda aktör i området beror på att endast artiklar i vetenskapliga tidskrifter beaktats. Vidare finns inte aktörer som Swerea MEFOS och SP med i statistiken. En orsak är att ämnesområden som processmetallurgi och pelletstillverkning inte har inkluderats när delområdet "anrikningsteknik" avgränsades i Vetenskapsrådet⁴². Därför har forskningen som rör malm-/metallförädling inte beaktats i sammanställningen och aktörer som Swerea MEFOS inte nämnts trots att de är aktiva i t.ex. SIP - STRIM (Strategic Innovation Programme for the Swedish Mining and Metal Producing Industry). Även SP-Processum driver projekt om efterbehandling av gruvor, dock som finansiär och inte författare, varför de inte kommer med i sammanställningen.

Forskning och utveckling inom mineralområdet beaktades inte av Vetenskapsrådets kartläggning, varför aktörer inom området inte redovisas i kartläggningen.

3.3 Privata aktörer

Boliden och LKAB är de två i särklass största aktörerna inom gruv- och mineralforskning. Deras bidrag till det strategiska innovationsprogrammet (SIP) STRIM överstiger 30 miljoner kronor vardera⁴³ och deras engagemang märks även i publiceringsstatistiken. De stora företagen, sett till andel sysselsatta, är dessutom stora exportörer, bedriver egen FoU och finns representerade i såväl norra, mellersta som södra Sverige⁴⁴. Andra privata aktörer är Zinkgruvan Mining AB, ABB, Northern Mining product AB, Outotec AB, Orexplore AB, Ruuki Sverige AB, Galvano Tia AB, Atlas Copco Rock Drills AB, Koblode & Partner AB, Stena Recycling, FORCIT⁴⁵. Det finns även många små- och medelstora företag verksamma i branschen.

3.4 Publikationer inom respektive områden

För perioden 1990-2014 motsvarade publiceringen från den svenska forskningen 1,6 procent av alla artiklar som publicerats inom ämnesområdet. Detta kan jämföras med andelen svenska artiklar i databasen (oavsett ämne) som var 1,3 procent. Detta innebär att svensk forskning är förhållandevis mer aktiv inom områdena som inräknats som "gruv- och mineral". I Sverige är också gruv- och mineralforskning större i förhållande till all annan forskning jämfört med världsgenomsnittet. Under perioden 2002-2007 har svensk gruv- och mineralforskning citerats cirka 15 procent mer än världssnittet vilket kan ses som en indikation att forskningen är framstående. De senaste åren var denna skillnad i citeringsgrad jämfört med världssnittet dock inte mätbar⁴⁶.

⁴¹ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁴² Ibid

⁴³ VINNOVAs sammanställning av forskningsfinansiering inom gruv- och mineral. Vinnova (2015)

⁴⁴ Erfarenheter av EU:s samarbetsprogram. Vinnova rapport 2013:12.

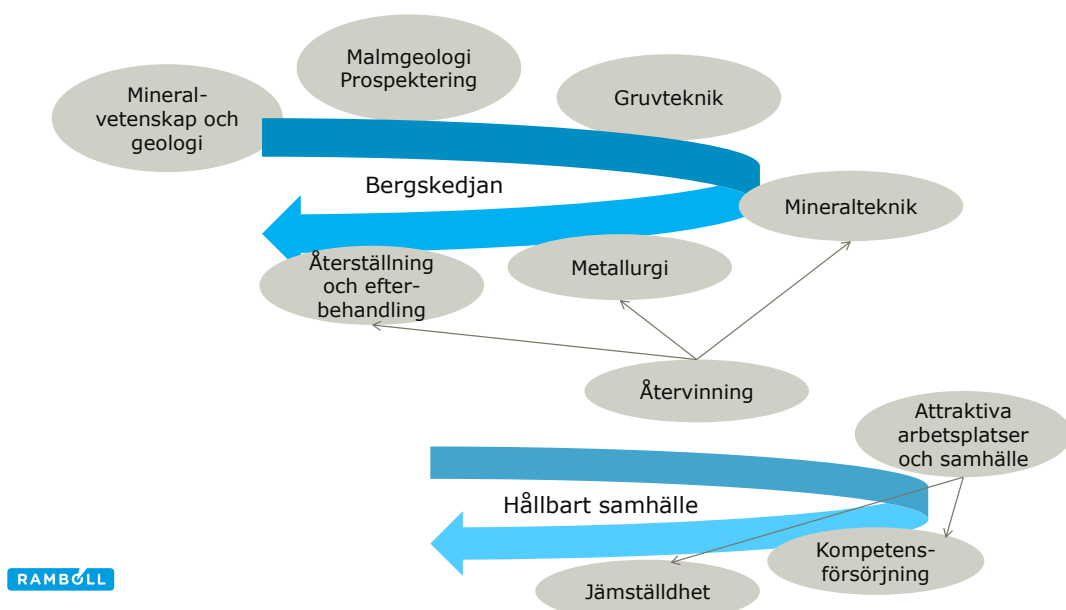
⁴⁵ Företag inom svensk gruv- och mineralindustri (2007-2011). Vinnova 2013:12

⁴⁶ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

4. FORSKNINGSMRÅDEN

4.1 Inledning

Detta kapitel presenterar de olika forskningsområdena som ingår i det övergripande samlingsbegreppet gruv- och mineralforskning. Inspiration till indelningen har hämtats från strukturen som använts av bland andra Vetenskapsrådet⁴⁷, Nordmin⁴⁸, CAMM⁴⁹ och (SIP) STRIM⁵⁰. Avsnitten för varje forskningsområde behandlar, när information finns tillgänglig, frågor om forskningsområdets vision, state-of-the-art, styrkeområden och forskningsbehov. Forskningsområdena kan illustreras enligt figuren nedan. Områdena rör sig runt två huvudsakliga noder: *bergskedjan* och det *hållbara samhället*.



4.2 Mineralvetenskap och geologi

Till att börja med kan det konstateras att tillgängligt material rörande mineralvetenskap och geologi är begränsat till sitt omfång. Resultaten från den bibliometriska undersökning som Vetenskapsrådet⁵¹ genomfört visar att det publiceras främst grundläggande studier av mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper vilket inkluderar även experimentell mineralogi och mineralnomenklatur. Publikationsmässigt är detta område störst av de som undersökts och har bedömts som "moget" i det avseendet att artikelproduktionen är relativt jämnt fördelad över tid⁵². Denna bedömning delades dock inte av workshopsdeltagarna⁵³. Ett tydligt inspel från workshoppen var att mycket av den geokemiska forskningen som sker idag genomförs på geologiska formationer i utlandet. Det innebär att forskningsresultaten inte kommer att på ett direkt sätt gagna svensk gruv- och mineralindustri. Möjligen kan det antas få någon indirekt effekt för Sverige.

⁴⁷ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015.

⁴⁸ Nordmin (<http://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/Nordmin>)

⁴⁹ CAMM: Centre of Advanced Mining and Metallurgy (<http://www.ltu.se/centres/camm>)

⁵⁰ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

⁵¹ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁵² Ibid

⁵³ Workshop Stockholm 151118

4.2.1 Styrkeområden

Ett styrkeområde som lyfts fram är karakterisering av mikrostrukturer i bergarter med koppling till materialfunktion och mekaniska egenskaper⁵⁴. En EU-standard är på väg att tas fram som baseras på svensk forskning.

4.2.2 Utmaningar och trender

Workshopdeltagarna⁵⁵ bedömde att

- Forskning inom området kommer att fokusera mer och mer på att kvantifiera mineralsammansättningen.
- Tillgång på avancerade instrument som kan identifiera och kvantifiera mineral är därför avgörande inom detta område (t.ex. utrustning som tillåter högupplöst analys i realtid är ett viktigt verktyg för området).
- En utmaning blir att kompetensförsörjningen bedömdes kunna försvåras på sikt.
- En trend är att mycket av den grundforskningen som bedrivs i Sverige inte utförs på svensk geologi.

4.3 Malmgeologi och prospektering

Området omfattar både grundläggande geologisk forskning om bildning av malm- och mineralförekomster och utveckling av prospekteringsmetoder som innefattar bland andra geofysik och borrhsteknik. De malmgeologiska arbetena handlar till allra största delen om fyndigheter belägna i Sverige. Artiklar relevanta för prospektering rör huvudsakligen geofysiska mätmetoder, där seismisk avbildning i 2D och 3D dominerar. Artikelproduktionen har ökat märkbart de senaste åren vilket är delvis ett resultat av verksamheten i det strategiska gruvprogrammet och pågående forskning inom CAMM⁵⁶.

4.3.1 Vision

En vision togs fram i samband med framtagandet av agendan för (SIP) STRIM⁵⁷ som pekar ut innovativa undersöknings- och prospekteringsmetoder på stora djup med förbättrad borrhsteknik, effektivare geofysiska metoder för undersökning på stora djup och 3D modellering av malmkroppar samt modellering av bildandet av malmkroppar. Målet är att malm på större djup skall identifieras för att öka malmreserverna och minska antalet kritiska metaller. Prospektering skall ske med minskad energiförbrukning vid borrhning och kortad tidsåtgång mellan fältundersökningarna och modelleringen.

4.3.2 State of the art

Kunskapen om Europas berggrund är bristfällig när det gäller djupa fyndigheter och uppskattningarna av EU:s malmreserver tros vara underskattade. Med EU:s försörjningsundersökning gällande metall och mineral i beaktande, är det angeläget att bättre kunna undersöka och uppskatta hittills okända mineraliseringar⁵⁸.

Summorna som läggs på prospektering är förhållandevis låga jämfört med övriga världen och EU:s beroende avseende kritiska metaller kommer därmed inte att minska. Tidigare EU-projekt har visat förekomst av djupa fyndigheter i centrala Europa och resultaten visade även på potential för att hitta liknade fyndigheter i Sverige, i Skellefteådistriktet. Därför pekar författarna på behovet att systematiskt kartlägga Sveriges berggrund och att utveckla metoder för att undersöka berggrundens djupare lager⁵⁹.

⁵⁴ MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<https://www.vinnova.se>).

⁵⁵ Workshop Stockholm 151118

⁵⁶ CAMM: Centre of Advanced Mining and Metallurgy (<http://www.ltu.se/centres/camm>).

⁵⁷ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013)

⁵⁸ Ibid

⁵⁹ Ibid

Agendan för (SIP) STRIM identifierade sex huvudområden:

- Borrningsteknik på djup över 1000 meter.
- 4D modellering: framtagande av tredimensionell modell av berggrunden ner till 4-5 km samt modellering hur geologiska formationer har bildats och utvecklats med tiden.
- Utveckling av geofysiska metoder för mätningar på 4-5 km djup
- Konceptuell modellering av bildning av fyndigheterna
- Utbildning i ekonomisk geologi
- Dataintegrering i realtid i samband med borrning.

Ämnesområdet geometallurgi som handlar om att kombinera geologi eller geostatistik med metallurgi, för att skapa en spatial eller geologisk modell inför mineralanrikningen, har inte kunnat särskiljas och studeras specifikt i Vetenskapsrådet bibliometri⁶⁰. Geometallurgi används av gruvindustrin för hantera riskerna och variationen i de mineraltekniska processerna.

4.3.3 Styrkeområden

Styrkeområden som nämns är mineralgeologi i stort⁶¹, liksom 4D-modellering av berggrunden⁶². Gällande undersökningsmetoder, har utveckling av borrhåsteknik pekats ut som ett styrkeområde inom svensk forskning i samband med workshopen. Metoder för djupborrning och realtidsmätning samt analys av borrhåskärnor är viktiga. Även geometallurgi pekades ut som ett styrkeområde.

4.3.4 Utmaningar och trender

En utmaning inom området är att en definition av kritiska mineral saknas i Sverige⁶³. En annan utmaning är behovet att redan i prospekteringskedet kunna få kunskap om variationer i sammansättningen hos mineraliseringar⁶⁴. Detta är något som upptäcks först i produktionsfas, vilket kan ställa till problem om t.ex. mineraliseringen varierar kraftigt i halt av metallen som utvinns, eller genom att anrikningsprocessen inte designats för att hantera material med varierande halter.

4.3.5 Forskningsbehov

I agendan för (SIP) STRIM har följande område pekats ut som särskilt intressanta:

- Utveckla nya borrhåstekniker för billigare och snabbare djupa borrhål.
- Utveckla programvara för tredimensionell modellering av geologiska strukturer.
- Utveckla en databas för tredimensionella geologiska strukturer.
- Framtagande av en ny programvara för modellering av geologisk utveckling, strukturer osv.
- Framtagande av nya visualiseringsverktyg av den kontinentala jordskorpan (jfr oljeindustrin).
- Utveckling av ny mätutrustning för seismiska tomografi.
- Förbättrad teknik för elektromagnetisk mätning, utveckling av ny utrustning.
- Framtagande av förbättrad analystekniker för att definiera malmparametrar och nya programvaruverktyg för realtidsanalys under borrningen.
- Användning av mineralogiska och geokemiska vektorer för att nya fyndigheter.

Området geometallurgi bedöms kunna bli viktigt i takt med att komplexa och låggradiga malmer bryts. Ytterligare forskningsbehov som nämns är att det saknas kartläggning av kritiska råvaror i

⁶⁰ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁶¹ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01.

⁶² (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013)

⁶³ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013.

⁶⁴ MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<https://www.vinnova.se>)

Sverige. Mineralindustrin lyfter fram att kunskapen om hur mineraliseringars sammansättning varierar är dålig. Ofta upptäckts det först i produktionsfas och man behöver ta fram en metodik för att hitta dessa variationer innan brytningen påbörjas. En viktig aspekt är därför att kunna hitta och bedöma fyndigheter med lägre halter och mer komplex sammansättning och på större djup.

4.4 Gruv- och brytningsteknik

Gruv- och brytningsteknik handlar om all verksamhet som syftar att bryta malmen/berget (spränga, krossa, transportera, sortera) tills att den når verket där det skall hanteras eller anrikas. En betydande andel av forskningen i den bibliometriska utvärderingen handlar om material, maskiner och konstruktioner för gruvinfrastruktur⁶⁵.

4.4.1 Vision

Visionen i agendan för (SIP) STRIM50 är att öka konkurrenskraften hos de svenska gruvföretagen tack vare mer effektiva brytningsprocesser och utrustning för både underjords- och dagbrottsbrytning. Målet är att minska energiförbrukning, koldioxidutsläppen och malmförluster med 30 procent år 2030. En annan aspekt är att gruvbrytning skall vara säkrare för de som arbetar i gruvan, vilket anknyter till kapitel 4.9 om attraktiva arbetsplatser. Arbetsmiljö och säkerhet blir mer och mer aktuellt allteftersom man bryter djupare gruvor; bergspänningar ökar med större risk för så kallade "smälleberg". Djupare gruvor innebär även högre temperatur i gruvan.

4.4.2 State of the art

Området omfattar många delmoment från karakterisering av malm, sprängning, bergmekanik, förstärkning, brytning och avskiljning av malm och gråberg. Forskning inom området inrymmer optimering inom respektive delmoment för att bryta så mycket malm som möjligt så energieffektivt som möjligt och generera så lite avfall som möjligt.

En aspekt där arbetsmiljö och effektivisering av brytningsmetoder anknyter till varandra är förståelse av de seismiska händelserna i gruvan, förstärkningar som tål deformationer, automation och utveckling av kommunikationssystem. Den generella utmaningen handlar om utveckling mot djupare gruvor som behöver brytas på ett effektivt och säkert sätt. Även processoptimering ("lean" processer) pekas ut som ett viktigt forskningsområde i (SIP) STRIM⁶⁶. Det kan t.ex. handla om att samspelet mellan olika delmoment måste beaktas för att hela kedjan skall fungera optimalt. Nyttjandegraden (OEE - Overall Equipment Effectiveness) för utrustning/anläggning är generellt låg vilket ger möjlighet för optimering och effektivisering^{67 68}.

4.4.3 Styrkeområden

Det faktum att en stor del av gruvverksamheten i Sverige utförs som underjordsbrytning samt behov av att vara konkurrenskraftig har gjort svensk gruvforskning framstående och utgör därför ett styrkeområde generellt⁶⁹. Svensk industri är framstående inom automation av gruvbrytning. De svenska leverantörerna av utrustning inom gruvutrustning är världsledande och utför forskning och utveckling inom området⁷⁰. Mineralindustrin nämner det faktum att Sverige är ett litet land som en fördel i sammanhanget: kombinationen av internationell klass på produktionsteknik

⁶⁵ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁶⁶ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

⁶⁷ Workshop Stockholm 151118

⁶⁸ Förstudie: förbättrad detaljplanering hos Boliden Mineral AB. Högskolan i Borås. Rapport 8/2009. Ly. W. (2009).

⁶⁹ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

⁷⁰ MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<https://www.vinnova.se>).

och korta och informella kontaktvägar mellan industri, maskinleverantörer och forskning gör att Sverige har utvecklats till en stark aktör⁷¹.

4.4.4 Utmaningar och trender

Utmaningen inom området handlar om att ta fram mer effektiva och hållbara produktionsprocesser, och att minska den stora energiförbrukningen under brytningen och krossningen⁷².

En utmaning är också att man behöver få en bättre förståelse av hur berg krossas/fragmenteras⁷³. Detta är viktigt dels för att kunna optimera hur krossningen går till för att materialet ska fungera väl att mala, dvs att styra produktionen bättre så att det blir mindre förluster och spill. Det är också viktigt för att möjliggöra en ersättning av naturgrus med bergkross.

Mineralindustrin nämner också behovet att hitta effektiva åtgärder mot damning, som är ett arbetsmiljöproblem under brytningsprocessen, men också ett miljöproblem⁷⁴.

4.4.5 Forskningsbehov

Som tidigare nämnt är trenden att vilja utvinna fattigare och mer komplexa malmer, på stora djup vilket ställer krav på hela brytningsprocessen, utrustning, arbetsmiljö och materiallogistiken för att samtidigt kunna vara konkurrenskraftig.

De specifika forskningsområdena som pekats ut i (SIP) STRIM⁷⁵ är:

- *Karakterisering av malmresursen* där on-line mätningar av geologiska, bergmekaniska och metallurgiska parametrar och utveckling av sensorer blir en viktig informationskälla som används i effektivisering av de efterföljande stegen i malmbrytningsprocessen. På lång sikt behövs nya modelleringsverktyg tas fram där informationen sammanställs och utvärderas för att bli del av en integrerad geometallurgisk och resurskaraktiseringsmodell.
- *Effektivisering av borrhning, sprängning och schaktning* av malm och gråberg. Automation av delmomenten för att på sikt kunna effektivisera hela processen och bättre förståelse av fragmenteringsprocessen vid sprängning är exempel av områden där forskningsbehov finns med målet att öka selektivbrytningen och minska gråbergproduktionen.
- *Processautomation och -optimering* som inkluderar bl.a. ventilation, flödesmonitorering, integrerade underhållsprogram samt, logistik för nyttjande av utrustning. Optimering av hela gruvprocessen kräver integrerade system och övervakning av processen i realtid. Digitalisering av gruvan och den information som tas fram är därför en viktig förutsättning för processautomation.
- För att uppnå *"ökad malmuttag och fragmentering"* behövs en bättre förståelse av materialegenskaper i berg, speciellt med ökande djup. Hur berget spricker, undvika inblandning av malm och gråberg, bergstabilitet, sprängning är exempel på frågor som behöver undersökas för att möjliggöra en automation av brytningen. Vid sidan av laboratoriestudier behöver tester i större skala genomföras.
- *Bättre förståelse och modelleringsverktyg av gruvseismisk* är nödvändiga för att minska arbetsmiljörisker och driftstörningar, speciellt när djupare malm bryts. Jämförelse av laboratoriestudier och modellering med fältstudier behövs. Forskning om seismisk aktivitet

⁷¹ Ibid

⁷² Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

⁷³ MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<https://www.vinnova.se>).

⁷⁴ Ibid

⁷⁵ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

och bergmekanik är starkt kopplade med varandra. Dynamisk förstärkning är ett område som pekats ut i samband med workshopen⁷⁶.

- *Bergförstärkning och modellering av statiska och seismiska förhållanden* i berg och en generell förståelse av mekanismerna är nödvändig för att kunna tillämpa framtagna modeller för bergförstärkning i gruvor med olika brytningsmetod, storlek, och geologiska förhållandena.
- *Brottmekanismer i berg* behöver förstås bättre för att optimera brytningen.
- *Monitorering* av bergsparametrar i samband med underjordskrossning kan användas för optimering av mineraltekniska processer som krossning och malning av malmen.
- *Energioptimering av ventilation och infrastruktur*. Logistik, kortare transporter och värmväxling är exempel på processer som kan optimeras för att minska gruvnäringens miljöpåverkan.
- *Utrustning och maskiner*. Förbättrat och anpassat underhåll leder till mindre driftstörningar och besparingar.
- *Integrerad processkontroll*. Kunskap, mätningar, information som generas i varje steg av processen kan användas för att anpassa och effektivisera de övriga stegen och därmed hela produktionskedjan. Realtidmätningar, digitalisering, lokaliserings- och kommunikationssystem, sensorer behövs för att generera informationen som är nödvändig för modelleringen och optimering av processen. Anläggningsutnyttjande behöver ökas med hjälp av högre grad av automation, effektivare och snabbare produktionsstyrning samt bättre underhåll.

4.5 Mineralteknik

Forskningen inom delområdet innefattar en stor bredd av artiklar med kopplingar till olika tekniska och naturvetenskapliga discipliner och representerar området med störst antal artiklar i denna undersökning. Området domineras av artiklar om anriknings- och separationsmetoder (t.ex. flotation) dominerar. Citeringarna ligger klart över vad som gäller för motsvarande artiklar i världen⁷⁷.

4.5.1 Vision

Resurseffektivitet inom mineralteknik kommer att förbättras avsevärt vilket resulterar i lägre energiförbrukning och därmed CO₂-utsläpp samt minskade förluster av värdefulla mineraler under malmförädlingsprocessen⁷⁸.

Visionen är också att skapa en innovativ processkontroll, optimering av malning och fysisk separering som styrs av avancerade analysmetoder och online-sensor teknik.

4.5.2 State of the art

Anrikningsprocessen kombinerar malnings- och separationssteg med syfte att åstadkomma ett malmkoncentrat eller producera en industriell mineralprodukt med förbestämda egenskaper. Dagens processer och teknik kan betraktas som "mogna" efter utvecklingen som skett under de senaste decennierna, men dessa kan inte betraktas färdigt optimerade. Separation av komplexa malmer är exempelvis en viktig utmaning som behöver lösas. Där kan ny teknik behöva utvecklas för att kunna hantera komplexa, låggradiga malmer. Nya utmaningar uppkommer även i

⁷⁶ Workshop Stockholm 151118

⁷⁷ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

⁷⁸ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

samband med exploatering av komplexa malmer. Med tanke på den allmänna trenden mot malmer med låga halter och komplex mineralogi krävs ökat mineralutbyte och förbättrade separationsprocesser.

Den stora utmaningen för forskning och utveckling ligger i att förbättra den totala resurseffektiviteten för särskilda malmer dvs förbättrad utvinning av värdefulla mineral med minskad energiförbrukning och vattenbehov^{79 80}. Användning av metoder som bioläkning ställer även krav på vattenrening samt förståelse för hydrologin/geohydrologin i områdena som nyttjas för utvinning. Samtidigt skärps miljökraven gällande utsläpp till vatten och luft vilket ställer krav på reningssystem. En utmaning med visionen av att ha slutna system där processvattnet återanvänds i det oändliga är att vissa ämnen (t.ex. salter) anrikas i systemet och behöver avlägsnas med olika reningstekniker för att undvika störningar.

Malning är inte bara det mest energiintensiva steget inom mineralteknik, utan är även avgörande för alla efterföljande steg i mineralanrikningen. Krossning och malning utförs inte optimalt på grund av bristande malmkaraktärisering, särskilt när det gäller kornstorlek i inkommande malm.

För närvarande bestäms många av malmens och gråbergets egenskaper som används i processmodellering genom laborietester såsom i mekanisk brytning, sprängning, krossning och malning, vilket är ofta tidskrävande och kostsamt. Följaktligen minskas antalet prover och tester, vilket även minskar tillförlitligheten i information om malmkroppen. På sikt behöver metoderna som används idag ersättas av modeller som tar hänsyn till mineralogi och textur. Gällande malmanrikningsprocesser, utvinning och selektivitet i fysiska separationer måste förbättras ytterligare. Till exempel beror effektiviteten i flotationsprocessen på partikelstorleken där cirka 10 procent av de värdefulla mineralerna går förlorade i den mycket fina och i de grova fraktionerna⁸¹. Flotationsprocessen kan justeras för att fånga även de finaste partiklarna och mängden malm som skall behandlas kan minskas tack vare förbättrade separationstekniker.

Pelletering och brikettering av malmkoncentrat kräver även mycket energi, men agglomerat skapar mindre damm och är därför mer lämpade för transport och frakt. För närvarande är pelletering av malmkoncentrat huvudsakligen reserverad till järnmalm, där det resulterar i energibesparingar och förbättrad prestanda i masugnen. Efterfrågan på pelletering av andra malmkoncentrat förväntas öka liksom vid återvinning av andra material.

4.5.3 Styrkeområden

Styrkeområden som nämns inom området mineralteknik är forskning inom anriknings- och separationsmetoder (t.ex. flotation) där citeringar av publicerade artiklar ligger högre för svenska vetenskapliga artiklar⁸².

4.5.4 Utmaningar och trender

Utmaningar inom mineralteknik handlar om att hitta åtgärder mot den höga energiförbrukningen vid krossning och malning.

⁷⁹ CAMM: Centre of Advanced Mining and Metallurgy (<http://www.ltu.se/centres/camm>)

⁸⁰ MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<https://www.vinnova.se>).

⁸¹ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

⁸² Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

4.5.5 Forskningsbehov

Sammanfattningsvis bör forskningen fokusera på:

- Utveckla och implementera energieffektiva processer, särskilt för malning av hård malm.
- Utveckla effektiva separationsprocesser för att behandla finfördelad malm och komplexa malmer.
- Metoder för utvinning av kritiska mineral behövs för att kunna utvinna dessa ur dagens och framtidens malmer.
- Förbättra och optimera mineralanrikningsprocesser för bättre resurseffektivitet och hållbarhet, det vill säga en minskning mängd av gråberg och anrikningssand samt processvatten.
- Utveckla bättre pre-anrikningsprocesser för separation nära gruvan.
- Utveckla nya processer för effektiv utvinning av värdefulla mineraler från restprodukt och avfallsflöden från befintliga mineral anrikning anläggningar.
- Förstå effekten av olika processteg på fysikalisk-kemiska egenskaper hos malmen.

En generell utmaning är att integrera de olika områden som ingår i kedjan så att information som tas fram vid prospektering och brytning kan användas för att optimera och effektivisera de mineraltekniska processerna. På workshopen⁸³ lyftes fram att kunskap och erfarenhet från andra processindustrier skulle kunna vara till nytta.

4.6 Metallurgi

4.6.1 Vision

Nya förbehandlingsmetoder och metallurgiska processer möjliggör ett fullt utnyttjande av malmkoncentrat, skrot och avfallsströmmar i syfte att maximera det ekonomiska utfallet och minimera miljöpåverkan från hela processkedjan.

4.6.2 State of the art

Metallutvinning i Sverige sker med hjälp av processer där höga krav ställs gällande låga utsläpp och låg energiförbrukning. Dessa processer är konkurrenskraftiga i ett internationellt perspektiv. Malmkoncentrat, skrot och vissa avfallsmaterial används som råvara för metallframställning där specialdesignade processer används för metallåtervinningen (t.ex. Electric Arc Furnace och Kaldo-processen)⁸⁴.

En struktur finns idag för att samla in de stora avfallsströmmarna som innehåller metaller. Utvinning av guld och koppar från olika avfallsfraktioner förutspås dock att öka i framtiden. De stora aktörerna är Stena Metall, Kuusakoski Sverige, SIMS Recycling Solutions och RagnSells men branschen har även många mindre aktörer. Sorteringen av olika metallfraktioner är inte fullständig vilket leder till att metallblandningar kommer in i processen. Idag återvinns inte alla ämnen som finns i malmkoncentrat, skrot och vissa avfallsmaterial trots att de förekommer i halter som gör det ekonomiskt att tas hand om. Vissa ämnen såsom antimon är förorenande och minskar utbytet av koppar. Samtidigt blir både malmen som utvinns och skrot mer och mer komplexa och en ökad utvinning av fler ämnen skulle vara önskvärd.

Även metoderna för att utvinna olika metaller utvecklas och blir mer energieffektiva. Som exempel används energin från sulfidoxidation för smältning av kopparmalmen i en så kallad flash furnace, utan behov av externt energitillskott (kallad autogen smältning). En annan trend är att använda andra materialflöden som innehåller både metall och organiskt material i sådana mängder att fossila reduktant som kol och koks kan ersättas.

⁸³ Workshop Stockholm 151118

⁸⁴ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

Forskningen har de senaste åren fokuserat på att hitta metoder att utvinna mineraliseringar med låga halter och även öka återvinning av olika fraktioner. Biolakning har utvecklats för att kunna utvinna mineraliseringar med låga metallhalter som inte kan processas med de traditionella metoderna. Forskning har även fokuserat på att hitta metoder att hantera antimonhaltiga material eller använda järnslag i cementtillverkningen. Forskning bedrivs av exempelvis Swerea MEFOS, LTU, KTH, Chalmers med finansiering av industrin, MISTRA och EU (ERA-MIN⁸⁵ och KIC on raw materials⁸⁶).

I agendan för (SIP) STRIM⁸⁷ konstateras att det finns ett behov av forskningsprojekt som med en holistisk syn kombinerar mineralteknik, hydrometallurgi och pyrometallurgi för att utvinna mer från dagens råvara och eliminera förorenande ämnen som begränsar återvinning av skrot.

Även andra strategiska agendor som "Resource efficient material utilisation"⁸⁸ som drivs av bland andra Stena Recycling, IVL, Chalmers och KTH berör ämnesområdet när det gäller skrotinsamling och återvinning. Även restmaterialen från stålindustrin är eller kan bli råvara för basmetallindustrin. Oavsett källan är en utmaning att kunna säkerställa kvaliteten i råvaran liksom produkten och slaggen avseende teknisk och miljöprestanda.

4.6.3 Styrkeområden

Styrkeområdena i Sverige finns kopplade till kunskapen om den metallurgiska processen med den experimentella masugnen hos Swerea MEFOS samt kunskapen hos Boliden när det gäller Kaldo-processen. Det finns även en bra infrastruktur och rutiner för att samla in skrot och andra material som kan bli råvara.

4.6.4 Utmaningar och trender

Tillverkning av pellets till järnframställning från masugn är ett sätt att uppgradera järnmalmen. Även tillverkning av Direct Reduced Iron (DRI) är ett sätt att framställa järn med hjälp av naturgas vilket orsakar lägre emissioner av växthusgaser och är därmed ett intressant område för både gruv- och stålindustrin.

För att göra näringen mer konkurrenskraftig och minska dess miljöpåverkan behöver utvinningsgraden av olika ämnen öka så att dessa inte går förlorade i industrins restprodukt- och avfallsflöden. Detta gäller för utvinning av malm och olika typer av avfall som skrot och industriella restprodukter.

Det finns idag mineraliseringar som på grund av sin komplexa sammansättning och småskaliga struktur inte kan exploateras med de traditionella mineraltekniska metoderna. Generellt behöver både de mineraltekniska och metallurgiska processerna anpassas till varierande råvarusammansättning och låga halter. On-line XRF-analysmetoder är ett exempel på en metod som skulle kunna underlätta den mineraltekniska processen.

En effekt av den ökade återvinning är exempelvis en ökning av Al- och Cr-halterna i slaggen vilket innebär ökade metallförluster samt kan orsaka problem för slaggen som produkt. Generellt behöver effekten av en ökad ut- och återvinning säkras för att undvika negativa konsekvenser på både metallutvinning och restproduktflödet.

Energiutvinning från varma gaser och slagg är sällsynt och beroende på den lokala efterfrågan för spillvärme. Om förutsättningarna finns, kan energiåtervinning ökas. Även möjligheten att ersätta fossila reductant (kol och koks) med avfall som innehåller organiskt kol och metaller be-

⁸⁵ ERA-MIN roadmap (<http://www.era-min-eu.org/about/era-min-roadmap>).

⁸⁶ KIC on raw materials (<http://eit.europa.eu/eit-community/eit-raw-materials>).

⁸⁷ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013)

⁸⁸ The Research and Innovation Agenda – "Resource-Efficient Material Utilization: Renewing Swedish Excellence" (<http://corporate.stenametall.com/Research-and-Innovation/Research-projects/Research-and-Innovation-Agenda>).

höver studeras i detalj enligt (SIP) STRIM⁸⁹. Generellt rekommenderas mer forskning om olika metall-haltiga avfallsströmmar som skulle kunna anrikas där avfall från rökgasrening nämns som en källa för ämnen som är sällsynta i primärråvara. Metoder för pelletisering av finkorniga material behövs för att underlätta hantering av dessa strömmar.

4.6.5 Forskningsbehov

Sammanfattningsvis bör forskningen fokusera på:

- Innovativa pyro-, hydro- eller biohydrometallurgiska processer för att extrahera alla metallerna.
- Kunskap om fördelningen av olika ämnen mellan olika processer.
- Innovativa metoder för att utnyttja kolhaltiga avfallsströmmar.
- Utveckla metoder som är mer energi- och resurseffektiva för att minska miljöpåverkan.
- Innovativa separationstekniker (eller kombinationer av separationstekniker) att mer effektivt separera metaller som finns i komplexa materialströmmar.

4.7 Återvinning, urban och landfill mining

Området täcker flera potentiella källor för utvinning av metaller och mineral. Återvinning handlar både om återvinning av gruvavfall (som processas om) och utvinning av metaller från avfallsströmmar från andra industrier (stål- och metallindustrin), rökgasrening och andra metallrika avfall. Området är starkt kopplad till områdena mineralteknik och metallurgi då den största utmaningen handlar om att hitta metoder för att utvinna resterande metaller och mineral från dessa material⁹⁰.

Urban och landfill mining handlar främst om att utvinna metallföremål (kablar och rör etc) samt skrot från nedlagd infrastruktur och deponier⁹¹. Utmaningar inom området handlar dels om att hitta och ta fram resursen och dels att utvinna metallen med hjälp av metallurgiska processer.

4.7.1 State of the art

Återvinning av metaller var det minsta av ämnesområdena av dem som Vetenskapsrådet⁹² undersökte, och betecknas som "framtidig" då 70 procent av de identifierade artiklarna var från den senaste tioårsperioden (2005–2014). Citeringsmässigt ligger det nära världen i övrigt med relativt liten andel internationella samarbeten. Forskningen omfattar bl.a. livscykelanalyser (LCIRKA) av produkter med metallinnehåll, samt teknologier för mestadels generell återvinning från fordon, konstruktionsmaterial, el- och elektronikskrot, slagg m.m. Arbeten fokuserar på basmetaller, som t.ex. koppar och aluminium.

Publikationer rörande forskning om sekundär utvinning av metaller från gruvavfall (varp, anrikningssand) har liten omfattning, med ett hundratal artiklar globalt, och knappast någon alls från Sverige. Återvinning av gruvavfall handlar ofta om att processa material från gruvavfallsdeponier som inte var lönsamt att processas när det bröts och därmed betraktats som gråberg. I takt med att priserna stiger blir gråberg till malm och företeelsen handlar i första hand om lönsamhet snarare än teknisk utmaning och FoU.

Termen urban mining, som allmänt syftar på återvinning eller återanvändning i samhället av material från industriprodukter, byggnader och avfall, används relativt sällan i den internationella litteraturen, motsvarande cirka 80 träffar i databasen. Den första träffen var en artikel från 2004, och de allra flesta träffarna är från 2009 eller senare. Det besläktade, något äldre begreppet landfill mining (eller landfill reclamation), vilket innebär en process där avfall som tidigare har

⁸⁹ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013)

⁹⁰ Ibid

⁹¹ Strategiskt innovationsprogram (SIP) RE: Source (<http://resource-sip.se/om-resource/resource-in-english/>).

⁹² Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

deponeras grävs fram och bearbetas, har bara drygt hälften så många träffar. Av författare verk-samma i Sverige finns endast en handfull arbeten, mestadels av översiktskaraktär, som explicit rör något av dessa båda områden.

I samband med omställning av samhället till en cirkulär ekonomi blir landfill mining mer aktuell. En bi-effekt av landfill mining är att avfallet som grävs fram kan vara mycket förorenat och leda till negativa miljöeffekter. Landfill mining i hushållsavfalldeponier handlar idag främst om att utvinna en brännbar fraktion och fyllnadsmassor (jord) medan utvinning av skrot blir en positiv tillskott i projektet⁹³. Ofta är den primära drivkraften en annan, exempelvis ett infrastrukturprojekt, som leder till att deponin behöver flyttas.

4.7.2 Styrkeområden

På workshopen⁹⁴ lyftes urban mining fram som ett potentiellt styrkeområde för återvinning av metaller. Samtidigt påpekas i SGUs Kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar⁹⁵ att verktyg för värdering av dessa resurser saknas. Detta konstateras även i Sveriges mineralstrategi⁹⁶.

4.7.3 Utmaningar och trender

Generellt kan området betraktas som litet, både nationellt och internationellt, när det gäller FoU. En orsak kan vara ett skattesystem som gör landfill mining olönsamt, många olika små källor (att jämföra med gruvbrytning som handskas med extremt stora volymer), samt många enskilda ägare till dessa "fyndigheter"^{97 98}. Gruvavfall finns däremot samlat i stora mängder på en plats och omfattas inte av deponiskatt. Kostnader för efterbehandling av gruvavfall och behandling av utgående lakvatten borde tillgodoräknas vid återvinning av gruvavfall om det processas om och avfallet blir inert. En slutsats från workshopen⁹⁹ var att det skulle behövas en myndighet som har sektorsansvar för frågor gällande resursutvinning från deponier och nedlagd infrastruktur.

4.7.4 Forskningsbehov

Gällande utvinning av mineral och metall från gruv- och andra industriavfall är det främsta utmaningen att hitta metoder för att separera och hantera dessa ämnen¹⁰⁰. FoU-arbetet som behövs inom området ligger främst inom områdena mineralteknik och metallurgi.

När det handlar om urban and landfill mining ligger den främsta utmaningen i att hitta en affärsmodell för återvinning med god lönsamhet. Till det behövs incitament och en lagstiftning som styr mot en cirkulär ekonomi¹⁰¹. Området tros bli viktigare i framtiden enligt workshopdeltagarna¹⁰². Hög grad av materialnyttjande är en generell trend där mer skall utvinnas och mindre avfall skall genereras.

⁹³ Avfallshantering och återvinning - Förutsättningar och framtidsutsikter. NWI (2011).

⁹⁴ Workshop Stockholm 151118

⁹⁵ Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013. SGU 2014

⁹⁶ Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013

⁹⁷ Study on the competitiveness of the EU Primary and Secondary Mineral Raw Materials Sectors. EPT SMR Research and Innovation Agenda.

⁹⁸ Mining in the Nordic Countries. A comparative review of legislation and taxation. Norden 2015

⁹⁹ Workshop Stockholm 151118

¹⁰⁰ The Research and Innovation Agenda - "Resource-Efficient Material Utilization: Renewing Swedish Excellence" (<http://corporate.stenametall.com/Research-and-Innovation/Research-projects/Research-and-Innovation-Agenda>).

¹⁰¹ Ibid

¹⁰² Workshop Stockholm 151118

4.8 Återställning och efterbehandling

Forskningen inom området handlar huvudsakligen om vittring av mineral i gruvavfall, lakning, spridning av tungmetaller och försurande ämnen, samt om utveckling av metoder för att motverka negativa miljöeffekter av sådana processer. De svenska artiklarna har något högre citeringar än världsgenomsnittet¹⁰³.

4.8.1 Vision

Visionen som (SIP) STRIM¹⁰⁴ har definierat för framtidens gruvbrytning är att dess miljöavtryck skall vara så liten att verksamheten blir accepterad i samhället. Gruvbrytning skall inte orsaka några skadliga utsläpp (surt lakvatten, metaller, kväve, cyanid, damm, buller) till naturen och allt gruvavfall används eller återvinns till produkt. Idag genereras cirka 20 miljarder ton gruvavfall i världen årligen¹⁰⁵. Efterbehandlingsåtgärder av nedlagda gruvor skall leda till ett ekologiskt mer värde i form av ökad biodiversitet, ökade möjligheter för bevarande av kulturvärden och möjligheter för andra aktiviteter som rennäring, turism, friluftsliv att nyttja området¹⁰⁶.

Forskning bör fokusera på

- att skapa verktyg för att värdera vilka metoder eller material som är lovande och värda att skala upp till pilot- och fullskala experiment.
- Utföra demonstrationsprojekt där nya innovativa metoder kan testas och utvecklas i stor skala samt utvärdera deras funktion i ett längre perspektiv.

Under workshoppen¹⁰⁷ framkom att en nollvision där gruvbrytning inte generar något avfall betraktas av vissa workshopdeltagare som orealistisk medan andra ser möjligheten att avfallet blir en restprodukt som kan användas för olika ändamål. Frågan styrs av den tekniska utvecklingen liksom den juridiska och politiska styrningen.

4.8.2 State of the art

Den största miljöpåverkan från gruvavfallet beror på oxidationen av sulfidmineralen som vanligtvis förekommer i samband med utvinning av koppar, zink, guld och bly. Strategin som används för att minska gruvavfallets miljöpåverkan är 1) att hindra syretransporten till sulfiderna med hjälp av olika täckningsmetoder och 2) behandla utkommande lakvatten med hjälp av alkalina material som kalk och neutralisera Acid Rock Drainage (ARD).

Pågående forskning fokuserar på att ta fram material baserade på olika typer av industriella restprodukter som askor, slam och dylikt. Restprodukterna används ensamt eller i kombinationer/blandningar för att skapa en syrebarriär och eller motverka den försurande effekten av ARD. Även forskning som syftar att ta bort sulfid från gruvavfallet eller inhibera (inaktivera) dessa pågår.

Forskningsinsatserna syftar till att hitta alternativ till kalkningen av utgående lakvatten som är dagens metod och som bör ses som en kortsiktig lösning, även om kalkning sannolikt kommer att behövas även i framtiden som en temporär lösning.

Efterbehandling av gruvområdet blir en avgörande fråga i prövningsprocessen. Därför behöver frågorna kring utsläpp till vatten och påverkan på den biologiska mångfalden belysas.

¹⁰³ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

¹⁰⁴ (SIP) STRIM. Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (2013).

¹⁰⁵ Mine Waste, Characterisation, treatment and environmental impacts. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Lottermoser, B. (2007).

¹⁰⁶ Handbok - Inspiration till att skapa bra natur i täkter. Åtgärder under drift och i samband med efterbehandling. SBUF 2015.

¹⁰⁷ Workshop Stockholm 151118

Även för efterbehandlingsfrågor behöver ett systemtänkande användas där man ser till helheten och undviker att "optimera" varje steg för sig. Exempelvis kan olika efterbehandlingsmetoder kombineras vid olika tidpunkter under gruvdriften för att uppnå den bästa effekten. Avfallshantering behöver bli en del av den integrerade gruvprocessen även om efterbehandling ofta sker efter (tidsmässigt) att gruvbrytning upphört.

4.8.3 Styrkeområden

Styrkeområden är forskningen inom vittring av mineral i gruvavfall, lakning, spridning av tungmetaller och försurande ämnen, samt om utveckling av metoder för att motverka negativa miljöeffekter av sådana processer^{108 109}. Detta märks också genom att de svenska artiklarna har något högre citeringar än världsgenomsnittet¹¹⁰. Mycket av forskningen inom området i Sverige utförs på Luleå Tekniska Universitet¹¹¹ i en grupp som har varit aktiv sedan mitten av 90-talet.

4.8.4 Utmaningar och trender

Utmaningen handlar konkret om att minska utsläppen av ARD och kväve från gruvavfalldeponier, minska mängden avfall som generas samt energiförbrukning och koldioxidutsläpp i samband med malmutvinning.

4.8.5 Forskningsbehov

Forskningen inom området är främst tillämpad och sker ofta i samarbete med gruvindustrin och andra industrier. Forskningsområdena som bör prioriteras är:

- Minska/hindra bildandet av ARD.
- Minska påverkan från damning.
- Minska utsläppen av kväve och cyanider.
- Grundforskning om sulfid- och sekundära mineralbildning och stabilitet.

Följande specifika områden har pekats ut:

Avfallshantering

- Avsvavling av gruvavfall, dvs att ta bort mineralen som orsakar miljöproblem.
- Hantering av vattenströmmar för att minska kontakt med malm (inklusive dräneringssystemen, beläggning/inhibering av exponerade mineralytor, etc.).
- Framtagandet av produkt från gruvavfall.
- Förebyggande av damning.
- Utveckling av paste för hantering av anrikningssand

Behandling av lakvatten

- Ny teknik för att minska kväve- och svavelutsläpp i miljön.

Efterbehandling av gruvor

- Innovativa metoder för täckning av gruvavfall, bland annat en ökad användning av avfall från andra industrier. Modellering och bedömning av metodernas hållbarhet i det tidsspann som efterfrågas av miljömyndigheterna och som beaktar ändrade klimatförhållande. Utveckling av "walk away"-lösningar.
- Skapande av ekologisk mervärden vid efterbehandling och möjligheterna till ekologisk kompensation.
- Metoder för säkert hantering av avfall som bildas vid biolakning.

¹⁰⁸ CAMM: Centre of Advanced Mining and Metallurgy (<http://www.ltu.se/centres/camm>).

¹⁰⁹ MiMi - Performance assessment, Main report. MiMi-report 2003:3. ISSN 1403-9478, ISBN 91-89350-27-8. Höglund, L-O, Herbert, R., Lövgren, L., Öhlander, B., Neretniks, I., Moreno, L., Malmström, M., Elander, P., Lindvall, M. & Lindström, B. (2004)

¹¹⁰ Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687. Vetenskapsrådet 2015

¹¹¹ MiMi - Performance assessment, Main report. MiMi-report 2003:3. ISSN 1403-9478, ISBN 91-89350-27-8. Höglund, L-O, Herbert, R., Lövgren, L., Öhlander, B., Neretniks, I., Moreno, L., Malmström, M., Elander, P., Lindvall, M. & Lindström, B. (2004)

- Metoder för modellering och bedömning av utsläpp till vatten på lång sikt (när gruvområdet är efterbehandlat) behövs.
- Hantering av dammar och dagbrottsjöar i ett långtidsperspektiv.

Energieffektivisering

- Förbättrade energisystem. Utnyttjande av värme.

4.9 Attraktiva arbetsplatser och samhälle

Forskning med huvudsakligen samhällsvetenskaplig inriktning ingår i viss omfattning i områdena återvinning, miljöaspekter och gruvteknik. Vetenskapsrådet 2015¹¹² gjorde ingen systematisk kartläggning av artiklarna med samhällsvetenskapliga artiklar då underlaget var begränsat i databasen. Sammanfattningsvis handlade det om cirka 90-talet artiklar om naturresursekonomi, policy eller miljöfrågor.

De största forskningsutförarna i kategorin är Luleå tekniska universitet, Lunds universitet, Linköpings universitet, Chalmers samt Umeå universitet.

I Svemins utredning om gruvbranschens roll som tillväxtmotor i Sverige, pekas kompetensförsörjning som en viktig aspekt för näringens fortsatta utveckling¹¹³. I sin prognos pekade Svemin på att gruvnäringen skulle kunna skapa över 10 000 nya arbetstillfällen och bland dessa ett stort antal ingenjörer. Forskning och universitetsutbildning är beroende av varandra och branschen behöver i mycket högre utsträckning än idag uppfattas som en framtidsbransch med goda karriärmöjligheter på attraktiva orter enligt Svemin. Bland de fem rekommendationer som Svemin ger handlar en om att skapa ett program för att upprätthålla Sveriges ledarskap inom FoU och branschkompetens längs hela förädlingskedjan i syfte att säkerställa effektiv resursnyttjande och en hållbar utveckling.

När det gäller möjligheter att skapa attraktiva arbetsplatser pekar arbetsmiljöforskningen vid Luleå på flertalet faktorer som har betydelse i sammanhanget:

- Idag finns det en brist på kunskap om geologi som ämne och därmed brist på utbildad arbetskraft
- Det behövs en förbättrad arbetsmiljö i tärter avseende damning, buller och vibrationer
- Attraktiva arbetsplatser skapas genom att utveckla människa-maskin-interaktionen, automation och bättre ergonomi
- Det finns risker associerade med interna transporter i tärten som bör identifieras och minimeras
- Det är en utmaning att locka unga människor till branschen och bland annat behöver säkerheten förbättras för att locka arbetskraft

Därmed finns det en potential i att utveckla teknologi som kan möta dessa ovan utmaningar. I den genomförda workshopen framkom bland annat attraktionskraft finns i gruv- och mineralnäringen eftersom de bästa arbetar i branschen och det handlar om produkter som gör global och nationell nytta. Det som krävs för detta är att det finns en tillförlitlig hållbar markanvändning och ett långsiktigt perspektiv på markåtkomst, vilket i sin tur kräver goda samverkansformer med andra delar av samhället på lokal och regional nivå.

I forskning om att skapa attraktiva samhällen och arbetsmiljöer ingår genusperspektivet. Forskningsområdet omfattar förändringsprocesser som bidrar till god arbetsmiljö och arbetsorga-

¹¹² Vetenskapsrådet (2015). Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687

¹¹³ SveMin (2012) Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.svemin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>)

nisation, lärande och innovativa företag samt hållbar teknik- och samhällsutveckling regionalt, nationellt och internationellt. Det handlar om att integrera teorier om genus, teknik, industriell produktion och arbetsorganisation. Utpräglad forskning kring genus i gruvindustrin återfinns i huvudsak på Luleå tekniska högskola. Forskningen menar att genusfrågorna har strategisk betydelse bland annat för en bred och hög kompetensförsörjning och en socialt hållbar utveckling av gruvsektorn.¹¹⁴

Några behov som forskningen har identifierat bland företag i gruvnäringen är:

- Könsuppdelad statistik och utvärdering av insatser på jämställdhetsområdet.
- Moderna organisationsformer, kompetensutveckling, karriärmöjligheter och säkerhet på arbetsplatsen.
- Jämställdhet och arbetsvillkor inklusive säkerhet behöver gälla även för externa leverantörer.
- Tillåtande gemenskap på arbetsplatsen.
- En bredare rekrytering – mer "in house" utbildning.

Några behov och utmaningar som forskningen har identifierat som finns i akademien är:

- Strategisk genusmedveten rekrytering och befordran i akademi.
- Utmana det manliga teknikidealet och professorsidealet.
- Holistiskt och tvärvetenskaplig utbildning och gruvforskning.
- Samarbete mellan teknikämnen och samhällsvetenskap.
- Teoretisk och tillämpad genusforskning i industrimiljö

Genusagendan "GenderSTRIM" är integrerad med Strategic Research and Innovation Agenda for the Swedish Mining and Metal producing industry (SIP-STRIM) – Vinnovas SIO program (Strategiska innovations områden)¹¹⁵. Inom området finns följande pågående och framtida forskningsområden:

- Genusmönster i gruvnäringens innovationssystem
- Systematiskt arbetsmiljöarbete och genus bland gruvnäringens entreprenörer
- Mellanchefens roll som förändringsaktör för ökad jämställdhet
- Produktivitet, säkerhet och genus – kvinnor och mäns olika arbetspraktiker?
- Jämställd rekrytering och kompetensutveckling
- Maskulinitet, risk och säkerhet
- Nya jämställdhetsinterventioner - "best practice"
- Manlig arbetsplatskultur "blue-collar masculinity"
- Attraktiva, jämställda och hållbara gruvsmåhällen

I övrigt bör nämnas några forskningssatsningar på Luleå Tekniska högskola såsom Nordic Mining and the Search for Women-designing new gender equality interventions¹¹⁶ som är en kartläggning av tidigare och pågående jämställdhetssatsningar i syfte att identifiera utmaningar och goda exempel. Satsningen syftar till att ta fram guidelines och "best practice" för jämställdhetssatsningar skräddarsytt för gruvbranschen. Denna typ av satsning har finansierats av branschen samt NordMin. Andra forskningssatsningar är *From Macho to Modern - challenging blue collar masculinity* som handlar om Gruvarbetarens nya yrkesroller, kompetens och praktiker och syftar till att studera arbetsplatskultur, medarbetarskap och ledarskap. Dessutom bedrivs forskningssatsningen *Alice och Attract - Socialt hållbara gruvsmåhällen* som handlar om stadsomvandling i gruv

¹¹⁴ Abrahamsson, L., Segerstedt, E., Nygren, M., Johansson, J., Johansson, B., Edman, I., Åkerlund, A., (2014). Gender, diversity and work conditions in mining, and sustainable development: Previous research and future challenges, Luleå University of Technology

¹¹⁵ Agenda: (SIP) STRIM (2013). Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry

¹¹⁶ <http://www.ltu.se/research/subjects/Genus-och-teknik/Forskningsprojekt/Nordisk-gruvnaring-nya-vagar-till-okad-jamstalldhet-SEARCH-1.124179?l=en>

expansionens spår om socialt hållbarhet och livsmiljöer i kallt klimat samt jämställdhet i gruvbranschen.

Det kan konstateras att genus och jämställdhet är starka profilfrågor där det finns ett stort behov av forskning kring attityd och organisation samt system för socialt hållbar utveckling i gruvindustrin.

5. REFLEKTIONER

Sverige är idag en av de viktigaste gruvnationerna inom Europa (EU 27 och Norge, Schweiz och Island) när det gäller produktion av järnmalm, koppar, bly, silver och zink. Gruv- och mineralnäring är viktig för Sverige, med många personer sysselsätta direkt och indirekt. I samverkan med näringen har även en stark forskningsmiljö utvecklats, med Luleå tekniska universitet som huvudaktör.

Svenska gruvor, med hög andel underjordsbrytning och höga miljö- arbetsmiljökrav, betraktas som krävande beställare av utrustningar, service och tjänster. Svensk gruvindustri behöver vara effektiv för att kunna vara konkurrenskraftig, inte minst när det gäller underjordsverksamhet. Därför har svensk gruvforskning och svensk gruvnäring utvecklats tillsammans. Sverige har exempelvis en internationell särställning när det gäller leverans av utrustning där utveckling av både tung verkstadsindustri är ett exempel på framgång liksom små och medelstora företag som utvecklar produkter och tjänster nationellt och internationellt¹¹⁷. En konsekvens av detta är att industriforskning i Sverige är framstående. Kartläggningen av företag inom svensk gruv- och mineralindustri beställd av Vinnova¹¹⁸ visade att växelspelet mellan krävande beställare såsom Boliden och LKAB å ena sidan, och svenska företag inom till exempel utrustning för underjordsbrytning i form av Sandvik och Atlas Copco å andra sidan har gett Sverige en världsledande position. De sistnämnda företagen har gemensamt en marknadsandel kring 60 procent av den globala marknaden för underjordsutrustning. Gruv- och mineralföretag som till exempel Boliden, Dragon Mining, LKAB, Nordkalk och Zinkgruvan är sammanlänkade med dels serviceföretag, exempelvis Bergteamet och Drillcon, dels teknik-, utrustnings- och förädlingsföretag såsom Atlas Copco, Metso, Outotec, Sandvik och Volvo CE¹¹⁹. Ett grupp företag som inte beaktats i rapporten är teknikföretagen, sannolikt på grund av att deras huvudverksamhet ligger inom området infrastruktur snarare än gruv- och mineral, även om flera av dem utför specialiserade tjänster inom området.

Svensk forskning inom gruv- och mineralområdet liksom den svenska näringen kan generellt betraktas vara av internationellt hög klass. I utvärderingen av det strategiska gruvforskningsprogrammet som Vinnova genomförde 2012 nämns gruvteknik, mineralgeologi och anrikningsteknik som tre områden inom vilka forskning håller hög vetenskaplig kvalitet och befinner sig i spetsen av den internationella forskningen¹²⁰. European Innovation Partnerships Strategic Implementation Plan (EIP-SIP)¹²¹ tar upp Sverige bland de tunga aktörer som bör bidra med kunskap om och erfarenhet att länka akademisk forskning med näringsliv, tillsammans med USA, Kanada, Världsbanken, FN, japanska regeringen och Finland. I ett internationellt perspektiv är FoU inom ämnet liten jämfört med Australien och Kanada som är de två stora gruvforskningsländerna. Även de svenska gruvbolagen är, i ett internationellt perspektiv, relativt små med huvudsakligen inhemsk verksamhet¹²². När det kommer till mineralteknik (mineral processing) bedömde EIP-SIP¹²³ att det saknas expertis i Europa (inklusive Sverige) inom området och att experter återfinns i Kanada och Australien.

¹¹⁷ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

¹¹⁸ Företag inom svensk gruv- och mineralindustri (2007-2011). Vinnova 2013:12

¹¹⁹ ibid

¹²⁰ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

¹²¹ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/strategic-implementation-plan-sip-0>

¹²² Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

¹²³ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/strategic-implementation-plan-sip-0>

För varje enskilt gruvföretag handlar utmaningarna i första hand om att hantera ökande produktionskostnader, motverka en konservativ inställning till innovationer och kunna arbeta långsiktigt med prospektering. För metallproducenter består den främsta utmaningen i modernisering av äldre produktionsanläggningar och teknik med låga vinstmarginaler och att hitta medarbetare med rätt typ av kompetens. För leverantörerna av utrustning handlar utmaningar främst om svårigheterna att kunna utföra experiment och tester under verkliga förhållanden¹²⁴.

I ett mer övergripande perspektiv identifierades några generella utmaningar för innovationer i gruvbranschen. Analysen visade att *efterfrågan på hållbar gruvdrift-, svårigheter i samband med prospektering av nya mineralfyndigheter, en konservativ inställning till innovation inom gruvindustrin, den globala konkurrensen* och ett fokus på kortsiktiga ekonomiska indikatorer samt avsaknad av pilot- och demonstrationsförsök/-anläggningar är de största utmaningarna för branschen i Norden¹²⁵.

Fortsatt utveckling inom dessa områden kräver samspel mellan den akademiska världen, gruvbolagen samt leverantörer av utrustning och tjänster. Ett gemensamt drag för dessa utmaningar är att kunna se helheten och att integrera behoven i de olika stegen i kedjan för att kunna optimera gruvprocessen.

För branschen som helhet framstår energieffektivisering som en gemensam utmaning. Att kunna utvinna mer av den brutna malmen handlar om att spara energi, minska miljöavtrycket och samtidigt öka lönsamheten. Automation och digitalisering framstår därför som nyckeln i forsknings- och utvecklingsbehovet.

En viktig aspekt att beakta när akademisk och industridrivna forskning sammanförs är förväntningarna hos de olika inblandade. Ett oväntat resultat av utvärderingen av det strategiska gruvforskningsprogrammet var att majoriteten av de deltagande företagen bedömde att viktiga frågor som företagets miljöpåverkan och dess kompetensförsörjning inte beaktades i de genomförda forskningsprojekten¹²⁶. Tillämpningen av forskningsresultaten behöver främjas och stödjas exempelvis med hjälp av demonstrationsprojekt, pilot anläggningar och dyl. Behovet av den typen av åtgärder har framkommit i de flesta delområden som undersökts.

Kompetensförsörjning är även en nyckelfråga för branschen där universiteten och forskningen kan bidra till att kompetent personal finns tillgänglig. Både industrin och samhällen där gruvorna finns behöver vara attraktiva för arbetskraft. En attraktiv arbetsplats och tillika samhälle skapas bland annat genom att tillgängliggöra arbetsplatsen för både kvinnor och män. Forskningen visar att en modernisering av hur branschen arbetar med styrning och hur verksamheten är organiserad kan leda till en mer jämställd bransch och därmed också säkra en tillströmning av kompetens.

Även om svensk gruv- och mineralindustri är effektiv i ett internationellt perspektiv behöver utvecklingen fortsätta. De viktigaste frågor som kunnat identifieras i denna utredning för att uppnå fortsatt framgång för både forskning och näring är:

- Undersökning av den djupa berggrunden för att hitta nya fyndigheter och nya malmer. Sällsynta jordartsmetaller är en ämnesgrupp som är särskild viktig.
- Digitalisering, informationssamling och -analys on-line och automation av hela kedjan från geofysiska undersökning, borrhning, brytning och anrikning. Visionen är att processen i sin

¹²⁴ Mapping the Nordic mining and metal industry ([http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirkaions/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry\(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a\).html](http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirkaions/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a).html)). Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J., Söderholm, P. (2014)

¹²⁵ Ibid

¹²⁶ Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt--publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>) Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01

helhet skall optimeras till skillnad till från tidigare arbetssätt där varje steg optimeras för sig och information viktig i de andra stegen inte tas till vara.

- Utveckling av metoder för att utvinna fler och mer mineral från komplexa malmer med låga halter.
- Utveckla metoder där det som idag är avfall kan upparbetas och eller behandlas för att kunna bli en restprodukt som kan användas.
- Satsningar på teknologi för att skapa säkra och attraktiva arbetsplatser.
- Holistiskt och tvärvetenskaplig utbildning och gruvforskning.
- Samarbete mellan teknikämnen och samhällsvetenskap.
- Teoretisk och tillämpad genusforskning i industrimiljö.

BILAGA 1 REFERENSER

- Abrahamsson, L., Segerstedt, E., ;Nygren, M., Johansson, J., Johansson, B., Edman, I., Åkerlund, A., (2014). Gender, diversity and work conditions in mining, and sustainable development: Previous research and future challenges. Luleå University of Technology
- Agenda: ETP SMR Research and Innovation agenda (Economia 2015) Study on the Competitiveness of the EU Primary and Secondary Mineral Raw Materials Sectors (<http://ec.europa.eu/growth/>)
- Agenda: The Research and Innovation Agenda – "Resource-Efficient Material Utilization: Renewing Swedish Excellence" (<http://corporate.stenametal.com/Research-and-Innovation/Research-projects/Research-and-Innovation-Agenda>)
- Agenda: (SIP) STRIM (2013). Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry.
- EIP's action plan Raw Materials (http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/policy-strategy/index_en.htm).
- Höglund, L-O, Herbert, R., Lövgren, L., Öhlander, B., Neretniks, I., Moreno, L., Malmström, M., Elander, P., Lindvall, M. & Lindström, B. (2004). MiMi - Performance assessment, Main report. MiMi-report 2003:3. ISSN 1403-9478, ISBN 91-89350-27-8.
- Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J., Söderholm, P. (2014). Mapping the Nordic mining and metal industry ([http://pure.ltu.se/portal/sv/publications/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry\(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cabaf0ca08a\).html](http://pure.ltu.se/portal/sv/publications/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cabaf0ca08a).html))
- Lottermoser, B. (2007). Mine Waste, Characterisation, treatment and environmental impacts. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ly. W. (2009) Förstudie: förbättrad detaljplanering hos Boliden Mineral AB. Högskolan i Borås. Rapport 8/2009.
- MinBaS - En forsknings- och innovationsagenda för Mineral, Ballast och Sten. MinBaS innovation agenda 2012-01944. (<http://www.vinnova.se>)
- Naturvårdsverket (2013). Översyn av deponiskatten. 2013-12-20 NV-00338-13 NV.
- Norden (2015). Mining in the Nordic Countries. A comparative review of legislation and taxation.
- Nordic Mining and the Search for Women-designing new gender equality interventions <http://www.ltu.se/research/subjects/Genus-och-teknik/Forskningsprojekt/Nordisk-gruvnaring-nya-vagar-till-okad-jamstalldhet-SEARCH-1.124179?l=en>
- NWI (2011). Avfallshantering och återvinning - Förutsättningar och framtidsutsikter.
- SBUF (2015). Handbok - Inspiration till att skapa bra natur i täkter. Åtgärder under drift och i samband med efterbehandling.
- Strategiskt innovationsprogram (SIP) RE: Source (<http://resource-sip.se/om-resource/resource-in-english/>)
- SveMin (2012) Gruvbranschen – en tillväxtmotor för Sverige (<http://www.sveamin.se/gruvindustrin/tillvaxtvision>)
- Svenskt Näringslivs hemsida (<http://www.miljonytta.se/branscher/gruvindustrin>)
- Sveriges Mineralstrategi. Regeringskansliet 2013.

SGU (2014). Uppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. D.nr: 3114-1639/2013.

Vetenskapsrådet (2015). Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F). D.nr. 1.1.2-2015-687.

Vinnova (2012). Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram (<http://www.vinnova.se/sv/Aktuellt-publicerat/Publikationer/Produkter/Utvardering-av-strategiskt-gruvforskningsprogram/>)

Utvärdering av Strategiskt gruvforskningsprogram. Vinnova rapport VR 2012:01.

Vinnova (2013). Erfarenheter av EU:s samarbetsprogram. Vinnova rapport 2013:12.

Vinnova (2013). Företag inom svensk. gruv- och mineralindustri (2007 – 2011). Vinnova 2013:12

Vinnova (2015). VINNOVA:s sammanställning av forskningsfinansiering inom gruv- och mineral. Workshop Stockholm 151118

Hemsidor:

CAMM: Centre of Advanced Mining and Metallurgy. (<http://www.ltu.se/centres/camm>)

ERA-MIN roadmap (<http://www.era-min-eu.org/about/era-min-roadmap>).

KIC on raw materials (<http://eit.europa.eu/eit-community/eit-raw-materials>).

Luleå tekniska universitets hemsida (<http://www.ltu.se>)

Nordmin (<http://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/Nordmin>)

SGU:s hemsida (<http://www.sgu.se>)

SveMin:s hemsida (<http://www.svemin.se>)

VINNOVA:s hemsida (<http://www.vinnova.se>)