

Slutrapportering ”Uppdrag att utföra en ämnesöversikt och kartläggning inom gruv- och mineralforskningsområdet”

– N2015/2162/FÖF

FÖRFATTARE SUSANNE GYLESJÖ, ANNIKA ZIKA-VIKTORSSON OCH MARGARETA GROTH

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Sammanfattning | 3 |
| 1 Inledning | 5 |
| 2 Genomförda aktiviteter | 6 |
| 2.1 Sammanfattning av rapport: Sammanställning av strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskning..... | 6 |
| 2.2 Sammanfattning av rapport: Forskning och framtid-Svensk gruvindustri i perspektiv | 11 |
| 2.3 Sammanfattning av slutsatser från två bibliometriska studier | 13 |
| 2.4 Finansieringsbild..... | 16 |
| 3 Resultat från undersökning om forskningssamverkan på gruv- och mineralområdet | 18 |
| 3.1 Bakgrund | 18 |
| 3.2 Undersökning av läget inom gruv- och mineralforskning | 18 |
| 3.2.1 Viktiga styrkor beskrivna av undersökningsdeltagarna | 20 |
| 3.2.2 Utmaningar beskrivna av undersökningsdeltagarna | 21 |
| 3.3 Samverkan för forskning och innovation | 22 |
| 3.3.1 Fördelar med och kritiska aspekter av samverkan | 24 |
| 3.3.2 Hur samverkan bör drivas..... | 25 |
| 3.4 Sammanfattande kommentarer | 27 |
| 4 Sammanfattning och slutsatser | 29 |
| 4.1 Ämnesöversikt | 29 |
| 4.2 Styrkor och utmaningar | 29 |
| 4.2.1 Styrkeområden inom svensk gruv- och mineralforskning | 29 |
| 4.2.2 Utmaningar för gruv- och mineralforskningen i Sverige | 31 |
| 4.3 Förbättringar i samverkan mellan forskningsaktörer | 32 |
| 4.4 Kategorisering av forskningssatsningarna med avseende på i vilken grad de beaktar den cirkulära ekonomin | 33 |
| 5 Vinnovas förslag | 34 |
| 6 Förteckning över bilagor | 36 |

Sammanfattning

Vinnova har fått i uppdrag av regeringen att ta fram en översikt över svensk forskning på gruv- och mineralområdet och att kartlägga forskningsområdets styrkor och utmaningar samt att föreslå hur olika typer av samverkan inom forskning kan utvecklas och förbättras.

Uppdraget initierades i samband med att den svenska mineralstrategin presenterades i februari 2013. Uppdraget gavs till Vinnova i mars 2015 och avslutades i juni 2016. I samband med uppdraget till Vinnova fick även Vetenskapsrådet i uppdrag att göra en bibliometrisk studie inom området. Vetenskapsrådets studie ingår som en del i detta uppdrag. Vinnova har låtit göra en kompletterande bibliometrisk studie.

Vinnova har också låtit göra en kartläggning av områdets styrkor och svagheter samt en överblick över tidigare svenska och europeiska forskningsinsatser. Därutöver har Vinnova genomfört en enkät och intervjuer. Vinnova har också sammanställt en översikt av forskningsfinansieringen inom området.

Samverkan mellan industri och akademi inom gruv- och mineralforskningsområdet är väletablerat i Sverige och är en av de mest framträdande styrkorna i denna rapport. Denna samverkan bidrar bland annat till att forskningen inom området får hög industriell relevans vilket skapar förutsättningar för nyttiggörande. Det finns även tydliga utmaningar som är kopplade till olika förväntningar och skilda perspektiv, samspel mellan universitet och forskningsinstitut samt ledarskap. Spetskompetens bedöms finnas inom flera ämnesområden som exempelvis brytningsteknik, anrikningsteknik och metallurgi. Även miljöområdet bedöms vara starkt och det är också ett område som tillsammans med återvinning är viktigt att bedriva forskning inom i framtiden. Speciellt eftersom cirkulär ekonomi lyfts fram både nationellt och internationellt och det är en generell trend att arbeta mot en högre grad av materialutnyttjande. Urban mining är ett annat potentiellt framtida styrkeområde, men i dagsläget saknas verktyg för värdering av återvinningspotentialen hos svenska mineral- och metalltillgångar. En annan viktig utmaning rör konjunkturvariationerna som gruvbranschen starkt påverkas av. Forskningskompetens riskerar att utarmas när konjunkturerna viker och finansiering dras undan. Mer långsiktiga satsningar och längre projekt skulle göra forskningen mindre känslig för sådana variationer och samtidigt gagna effektiv forskningssamverkan och den forskning som görs på långsamma processer. Andra möjligheter ligger i utvecklingen av ny kunskap och kompetens samt i nytänkande och ökat fokus på möjligheter. Tvärvetenskapligt och multidisciplinärt samarbete behövs för att utveckla gruv- och mineralforskningen liksom mer av grundforskning som säkerställer kunskapsuppbyggnad.

Baserat på kartläggning, enkät och intervjuer med områdets aktörer föreslår Vinnova **en fortsatt och förstärkt satsning på strategiska innovationsprogram** inom området, förslagsvis med följande delkomponenter:

- En satsning på nationell forskarskola inom gruv- och mineralområdet som bedrivs gemensamt av flera lärosäten, förslagsvis även med internationell koppling
- Särskilda åtgärder för att stärka ledningen av komplexa samverkansprojekt

- Incitament för kompetensöverskridande samverkan inom och utom gruv- och mineralområdet
- En särskild satsning för framtida områden med hög potential som ännu inte attraherar industriell medfinansiering, exempelvis urban mining och substitution av kritiska råvaror
- Särskilda incitament för mobilitet mellan samtliga aktörstyper inom området

Från vår kartläggning och undersökning ser vi att det finns intresse och behov av sådana satsningar, men att de inte ryms inom befintliga resurs- och budgetramar. Det strategiska innovationsprogrammet STRIM är en viktig och samlande aktör inom området, och adresserar en del av förslagen ovan, t.ex. har de planer på att starta en forskarskola i år och deras breda öppna utlysningar inkluderar framtida områden med hög potential och uppmuntrar kompetensöverskridande samverkan, men det behövs ytterligare förstärkning.

Därutöver bör en satsning på grundforskning inom området kunna stimulera såväl framtida behovs- och excellensområden som kompetensförsörjning.

Gruv-och mineralområdet är ett område av hög samhällsrelevans. Efterfrågan på metaller och mineral ökar kontinuerligt på grund av ekonomisk tillväxt och en globalt växande medelklass. Även ny energiteknik och annan teknik medför ökad efterfrågan. Svensk forskning är generellt starkt inom gruv-och mineralområdet och Sverige har en effektiv och konkurrenskraftig industri. För att attrahera fler investeringar i svensk industri och i svensk forskning behövs målmedvetna och långsiktiga satsningar såsom strategiska innovationsprogram.

1 Inledning

Vinnova fick den 11 mars 2015 i uppdrag att genomföra en ämnesöversikt och kartläggning av svenska styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskningsområdet. Enligt uppdraget ska översikten innehålla en bibliometrisk utvärdering av de aktuella forskningsområdena (denna del har utförts av Vetenskapsrådet), samt en kartläggning av historiska och kommande forskningssatsningar inom de aktuella forskningsområdena. Även forskningsområdena ”urban mining”, återvinning av metaller (särskilt kritiska metaller) och substitution av kritiska metaller är inkluderade i uppdraget. Uppdraget anger också att kartläggningen bör innefatta en kategorisering av forskningssatsningarna med avseende på i vilken grad de beaktar den cirkulära ekonomin.

Det huvudsakliga målet med uppdraget är att ta fram en kartläggning över svenska styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskningsområdet samt att lämna förslag på hur samverkansformer mellan forskningsaktörer inom gruv- och mineralområdet kan förbättras.

Uppdraget utgör en del i arbetet med att uppnå den i Sveriges mineralstrategi formulerade målbilden *”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.”*

Gruv- och mineralområdet är ett område med hög samhällsrelevans. Efterfrågan på metaller och mineral ökar kontinuerligt på grund av ekonomisk tillväxt och en globalt växande medelklass. Även ny teknik som t ex energiteknik medför ökad efterfrågan. Det blir allt viktigare med en effektiv och hållbar gruv- och mineralindustri. Forskning på området är en central del för att möjliggöra detta. Svensk forskning är generellt starkt inom gruv- och mineralområdet och vår industri är effektiv, men det är viktigt att vi fortsätter jobba för att behålla det vi är bra på samt möta våra utmaningar och hantera våra svagheter.

För uppdraget har Vinnova rekvirerat 1 500 000 kronor. Medlen har huvudsakligen använts för externt utförda rapporter och analyser, inklusive den utökade bibliometristudien. En sammanställning över utgifterna för utförandet finns i bilaga 6.

Slutrapporten beskriver styrkor och svagheter, inklusive finansieringsöversikt och bibliometriska uppgifter, inom gruv- och mineralområdet (kapitel två), en översikt av samverkan inom området, baserat på en enkät och intervjuer (kapitel tre) samt beskrivning av området med styrkor och utmaningar och förslag på hur samverkansformer kan förbättras (kapitel fyra). Texterna i kapitel två och tre är sammanfattningar av ett antal rapporter som redovisas i bilagor till denna rapport. Vinnovas förslag återfinns i kapitel fem.

Inom Vinnova har uppdraget genomförts av Susanne Gylesjö (projektledare) och Annika Zika-Viktorsson under ledning av enhetschef Margareta Groth. Lennart Stenberg har bidragit till den bibliometriska analysen.

2 Genomförda aktiviteter

I det här kapitlet sammanfattas de rapporter och studier som genomförts inom ramen för uppdraget. Två rapporter som rör historik, nuläge och trender har gjorts. Dels en sammanställning över ett 20-tal strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskningsområdet som genomfördes av Ramböll Management AB och dels en översikt av historik och trender vad gäller forskning och utveckling inom gruv- och mineralområdet globalt, inom EU, Norden och Arktis samt i Sverige som genomfördes av SAS Kawano. Därutöver har två bibliometriska studier genomförts, en av Vetenskapsrådet (hädanefter VR) via ett särskilt uppdrag inom ramen för Vinnovas uppdrag, samt en kompletterande bibliometrisk studie av bibliometrigruppen på KTH på uppdrag av Vinnova. Vidare har en översikt över forskningsfinansiering på området från tre statliga finansiärer sammanställts för de sista 15 åren.

Kartläggningen har kompletterats med en undersökning bestående av en enkät och intervjuer, denna redovisas i kapitel 3.

Uppdraget, liksom resultaten, har diskuterats och kommunicerats genom ett flertal aktiviteter med relevanta aktörer:

- Inför VRs bibliometristudie erbjöds forskare inom området att skicka in sina publiceringslistor för att kunna stämma av med VRs resultat, men även som stöd för framtagandet av nyckelord.
- Vinnova tillsatte en referensgrupp sammansatt av företrädare för akademi, näringsliv och myndigheter inom området. Gruppen har satts samman även med tanke på geografisk fördelning.
- I november genomfördes en workshop med 14 personer från referensgruppen, samt ytterligare personer från Ramböll och Vinnova. Workshopen syftade till att i en interaktiv form ta del av referensgruppens synpunkter och kunskaper på gruv- och mineralforskningsområdet samt på sammanställningen som Ramböll genomfört. Deltagarna fick också möjlighet att komplettera de områdesindelningar som Rambölls arbete resulterat i samt att diskutera styrkeområden och utmaningar.
- Referensgruppen gavs möjlighet att lämna synpunkter på VRs bibliometristudie.
- Referensgruppen gavs möjlighet att lämna synpunkter på Rambölls rapport med avseende på vad de ansåg viktigt att Vinnova tog med i fortsättningen av uppdraget.
- I slutet av december deltidrapporterades uppdraget till Näringsdepartementet.
- På Bergforskardagarna den 24 maj presenterades resultat från uppdraget bl.a. från den enkät som skickats ut till forskare inom området.
- Under hösten 2016 kommer en presentation av resultatet att anordnas på Vinnova som är öppen för alla intressenter.

2.1 Sammanfattning av rapport: Sammanställning av strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskning

I syfte att titta närmare på styrkor och utmaningar för gruv- och mineralforskning och få en nulägesbild över området lät Vinnova göra en sammanställning av ett 20-tal publicerade rapporter och strategiska dokument inom gruv- och mineralområdet som

beskriver svensk forskning (se bilaga 2). Uppdraget omfattade även en workshop med relevanta aktörer inom området. Nedan sammanfattas rapporten.

Sverige är idag en av de viktigaste gruvnationerna inom Europa (EU28 och Norge, Schweiz och Island) och den största producenten av järnmalm med 80–90 procent av Europas produktion. Ca 10 000 personer är direkt sysselsatta av gruvnäringen och ytterligare ca 35 000 personer är indirekt sysselsatta hos underleverantörer, i servicebolag etc. 2013 bidrog gruvnäringen med 106 miljarder kronor till Sveriges BNP. Mineralnäringen säljer produkter baserade på utvinning och återvinning av ballast, industrimineral och natursten och den svenska årsproduktionen uppgår till cirka 80 miljoner ton med en omsättning av 32,1 miljarder kronor.

Generellt sett har Sverige en hållbar mineralproduktion med hög förädlingsgrad från gruva till färdig metall. 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 växeldragande effekt mellan gruvbolagen, utrustningstillverkare och entreprenörer för att driva utvecklingen framåt.

Svensk gruvindustri måste vara effektiv för att kunna vara konkurrenskraftig. Detta har medfört att forskning och näring har utvecklats tillsammans och industriforskningen inom området är därför framstående. De aktörer som verkar inom gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige är universitet och högskolor, forskningsinstitut, branschorganisationer och myndigheter samt privata aktörer.

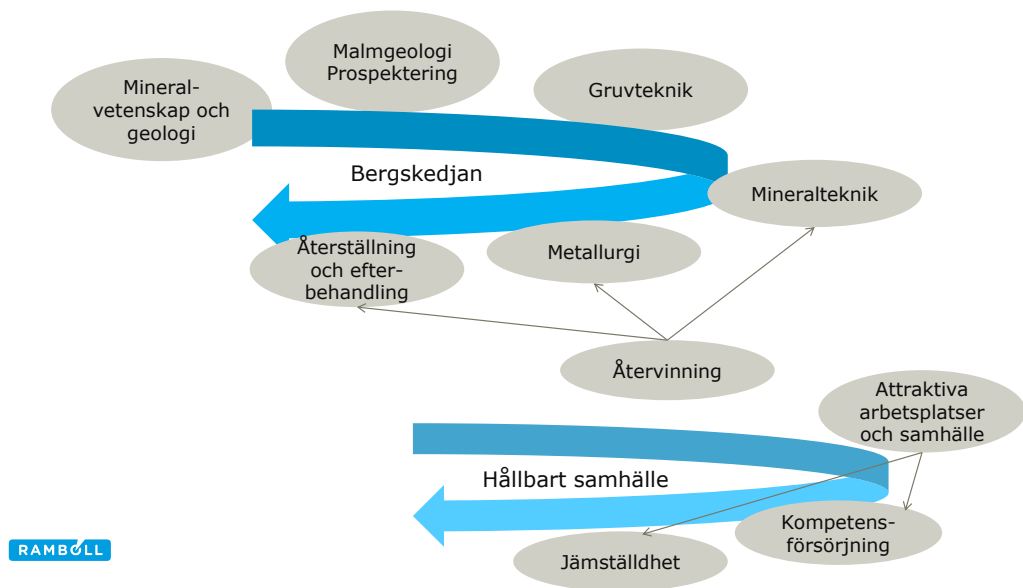
Svensk forskning inom området, liksom den svenska näringen, kan generellt betraktas vara av internationellt hög klass.

Denna sammanställning har delat in gruv- och mineralforskningsområdet i åtta delområden:

- 1) mineralvetenskap och geologi
- 2) malmgeologi och prospektering
- 3) gruv- och brytningsteknik
- 4) mineralteknik
- 5) metallurgi
- 6) återvinning, urban- och landfill mining
- 7) återställning och efterbehandling
- 8) attraktiva arbetsplatser och samhälle.

Inom området metallurgi så har bara forskning med direkt koppling till gruv- och mineralområdet har beaktats, ståltillverkning ingår inte. Substitution av metaller ingår inte i denna sammanställning då detta fällt faller mer inom materialvetenskap som skulle bli alltför omfattande att ta med i studien.

Områdena rör sig runt två huvudsakliga noder: bergskedjan och det hållbara samhället, se figur 1 nedan.



Figur 1: Områdesindelningens förhållande till noderna "Bergskedjan" och "Hållbart samhälle"

Baserat på sammanställningen och resultat av workshopen som anordnades i samband med slutförandet av sammanställningen har följande punkter per område noterats. **Mineralvetenskap och geologi** omfattar t.ex. grundläggande studier av mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper och även experimentell mineralogi och mineralnomenklatur.

Ett styrkeområde som lyfts fram är karakterisering av mikrostrukturer i bergarter med koppling till materialfunktion och mekaniska egenskaper.

Mycket av den geokemiska forskningen inom området som utförs idag utförs på utländsk geologi och gynnar därmed inte Sverige direkt.

En annan utmaning är att kompetensen inom området riskerar att försvinna på sikt.

En trend är att forskning inom området kommer att fokusera mer och mer på att kvantifiera mineralsammansättningen, vilket innebär att tillgång till avancerade instrument som kan identifiera och kvantifiera mineral kan bli avgörande inom detta område (t.ex. utrustning som tillåter högupplöst analys i realtid).

Malmgeologi och prospektering omfattar både grundläggande geologisk forskning om bildning av malm- och mineralförekomster och utveckling av prospekteringsmetoder. Agendan för det strategiska innovationsprogrammet för Gruv- och Metallutvinning (SIP STRIM) pekar bl.a. ut innovativa undersöknings- och prospekteringsmetoder på stora djup med förbättrad borrhäls-teknik, effektivare geofysiska metoder för undersökning på stora djup och 3D modellering av malmkroppar samt modellering av bildandet av malmkroppar som intressanta områden.

Kunskapen om Europas berggrund är bristfällig när det gäller djupa fyndigheter och uppskattningarna av EU:s malmreserver tros vara underskattade. Det finns ett behov att systematiskt kartlägga Sveriges berggrund och att utveckla metoder för att undersöka berggrundens djupare lager.

Svensk forskning anses av workshopdeltagarna att vara starkt inom malmgeologi generellt och mer specifikt inom 4D-modellering, utveckling av borrhäls-teknik och geometallurgi, men det finns fortfarande ett stort forskningsbehov inom området.

Området geometallurgi bedöms kunna bli viktigt i takt med att komplexa och lågradiga malmer bryts.

Kartläggning av kritiska råvaror i Sverige är ytterligare ett forskningsbehov som nämns. En utmaning inom området är att redan i prospekteringsfasen få kunskap om variationer i sammansättningen hos mineraliseringar för att redan innan produktionsfasen kunna designa t.ex. anrikningsprocessen.

Inom området **gruv- och brytningsteknik** återfinns verksamhet som handlar om att bryta malm/berg såsom sprängning, krossning, transport och sortering.

Området anses som ett styrkeområde i Sverige generellt, speciellt inom gruvutrustning där svenska leverantörer är världsledande. Inom mineralindustrin ses det som en fördel att Sverige är ett litet land då kombinationen av internationell klass på produktionsteknik och korta (informella) kontaktvägar mellan industri, maskinleverantörer och forskning är gynnsam.

En trend inom området, som inom många andra områden, är att gå mot ökad automation och digitalisering. Detta område är relativt bra i Sverige redan nu men anses kunna utvecklas och bli ett svenskt styrkeområde i framtiden.

Trenden att vi går mot att utvinna djupare fyndigheter med lägre halter medför utmaningar och ökat forskningsbehov på t.ex. brytningsprocessen, utrustning, arbetsmiljö och logistik etc. Integrerad processkontroll anses viktigt för att anpassa och effektivisera alla steg.

Den kanske största utmaningen är att ta fram effektivare och mer hållbara produktionsprocesser och att minska energiförbrukningen under brytning och krossning. Arbetsmiljö och säkerhet blir mer och mer aktuellt allteftersom man bryter djupare gruvor. 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.

Mineralindustrin nämner vikten av att hitta effektiva åtgärder mot damning, som är ett arbetsmiljöproblem under brytningsprocessen, men också ett miljöproblem.

Mineralteknik omfattar, malning, anriknings- och separationsmetoder.

Svensk forskning är starkt inom anriknings- och separationsmetoder, som t.ex. flotation, liksom inom utrustning för behandling av malm och mineral. Inom cementindustrin nämns forskning om energieffektivare förbränningsteknik, alternativa bränslen och koldioxidlagring (CCS) som starka områden.

Trenden mot mer låghaltiga malmer med komplex mineralogi kan kräva ny teknik för bättre separationsmetoder och anrikning.

Den kanske största utmaningen är att förbättra den totala resurseffektiviteten dvs. förbättrad utvinning av mineral/metall med minskad energi- och vattenförbrukning. Även inom detta område betonas behovet att integrera de olika delarna som ingår i värdekedjan så att information som tas fram vid prospektering och brytning kan användas för att optimera och effektivisera de mineraltekniska processerna.

På workshopen lyftes det fram att kunskap och erfarenhet från andra processindustrier skulle kunna vara till nytta.

I området **metallurgi** har forskning med direkt koppling till gruv- och mineralområdet beaktats. Ståltillverkning har valts bort då det är ett eget område och inte bedöms vara relevant för denna studie.

Styrkeområden här är kopplade till kunskap om specialdesignade metallurgiska processer. Det finns även en bra infrastruktur och rutiner för att samla in skrot och andra material som kan blir råvara.

I SIP STRIMs agenda konstateras att det finns ett behov av forskning 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.

Mineraltekniska och metallurgiska processerna måste anpassas till varierande sammansättning och låga halter.

Återvinning, urban- och landfill mining handlar om flera potentiella källor för sekundär utvinning av metaller och mineral. Återvinning omfattar återvinning från gruvavfall, avfallsströmmar från andra industrier, rökgasrening, nedlagd infrastruktur etc. Detta är starkt kopplat till mineralteknik och metallurgi. Urban och landfill mining handlar främst om att utvinna metallföremål som t.ex. kablar och rör samt skrot från nedlagd infrastruktur och deponier. Det här är delvis relativt nytt område som växer då trenden att gå mot en mer cirkulär ekonomi är stark. Hög grad av materialnyttjande är en generell trend där mer skall utvinnas och mindre avfall skall genereras.

Utmaningar inom området handlar dels om att hitta och ta fram resursen och dels om att utvinna metallen med hjälp av metallurgiska processer. Workshopdeltagarna lyfte urban mining som ett potentiellt framtida styrkeområde, men verktyg för värdering av återvinningspotentialen av svenska sekundära mineral- och metalltillgångar saknas. Skattesystem betraktas som en annan utmaning. På workshopen lyftes det att det skulle behövas en myndighet som har sektorsansvar för frågor gällande resursutvinning från deponier och nedlagd infrastruktur. För att hitta en affärsmodell för återvinning med god lönsamhet behövs incitament och en lagstiftning som styr mot en cirkulär ekonomi.

Forskningen inom **återställning och efterbehandling** 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. Viktiga forskningsbehov är t.ex. att minska eller hindra Acid Mine Drainage (AMD) samt att minska utsläpp av kväve och cyanider, minska damning och grundforskning om sulfid- och sekundär mineralbildning och stabilitet.

Också i detta område behövs ett systemtänkande 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. Frågor kring utsläpp till vatten och påverkan på den biologiska mångfalden behöver belysas då efterbehandling av gruvområdet bedöms bli en avgörande fråga i prövningsprocessen.

Forskning gällande **attraktiva arbetsplatser och samhälle** ingår i viss omfattning även i övriga områden. Kompetensförsörjning som en viktig aspekt för näringen för att säkerställa effektivt resursnyttjande och hållbar utveckling. För att skapa attraktiva arbetsplatser behövs även en förbättrad arbetsmiljö (i täkter) avseende buller, damning och vibrationer, att utveckla människa-maskin-interaktionen och automation samt bättre ergonomi, identifiera och minimera risker för att öka säkerheten etc.

Här ingår även genusperspektivet i gruvindustrin där t.ex. LTU har omfattande forskning som menar att dessa frågor har strategisk betydelse bland annat för en bred och hög kompetensförsörjning och en socialt hållbar utveckling av gruvsektorn.

Övergripande reflektioner:

I ett mer övergripande perspektiv identifierades några generella utmaningar för innovationer i gruvbranschen. Analysen visade att de största utmaningarna för

branschen i Norden rör 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. Fortsatt utveckling inom dessa områden kräver samspel mellan den akademiska världen, gruvbolagen samt leverantörer av utrustning och tjänster. För alla utmaningar är det viktigt att ha ett helhetsperspektiv och att integrera behoven i de olika stegen i kedjan för att kunna optimera gruvprocessen.

Energieffektivisering ses som en gemensam utmaning för hela branschen. Att kunna utvinna mer av den brutna malmen handlar om att spara energi, minska miljöavtrycket och samtidigt öka lönsamheten. Man bedömer att automation och digitalisering är av yttersta vikt i forsknings- och utvecklingsbehovet.

Det är viktigt att komma ihåg de olika förväntningarna hos inblandade när akademisk och industridriven forskning sammanförs. 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 en annan nyckelfråga för branschen. Både industrin och samhällen där gruvorna finns behöver vara attraktiva för arbetskraft. Forskning visar på att en modernisering av hur branschen arbetar med styrning av verksamheten och hur den är organiserad kan leda till en mer jämställd bransch och därmed också säkra en tillströmning av kompetens.

Svensk gruv- och mineralindustri är effektiv i ett internationellt perspektiv men behöver fortsätta utvecklas. De viktigaste frågorna för fortsatt framgång för forskningen och näringen som beskrivs i denna rapport är:

- Undersökning av den djupa berggrunden för att hitta nya fyndigheter och nya malmer. Sällsynta jordartsmetaller är särskilt viktiga.
- 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.

2.2 Sammanfattning av rapport: Forskning och framtid- Svensk gruvindustri i perspektiv

Inom ramen för uppdraget har Vinnova låtit göra en översikt över historik och trender vad gäller forskning och utveckling inom gruv- och mineralområdet globalt, inom EU,

Norden och Arktis samt i Sverige. Nedan följer en sammanfattning av huvudpunkterna i rapporten som finns som bilaga 2.

Megatrender som globalisering, urbanisering och digitalisering påverkar gruv- och mineralindustrin i stor utsträckning. En globalt växande medelklass och globala konsumtionsmönster medför att efterfrågan på råmaterial ökar. Ny energiteknik skapar också efterfrågan på metaller och mineraler.

Gruv- och mineralindustrin påverkas starkt av handelsrestriktioner, och det var Kinas exportrestriktioner av sällsynta jordartsmetaller som bidrog till att EU lanserade Råvaruinitiativet 2008. Råvaruinitiativet lanserades som ett viktigt initiativ för att skapa ökad konkurrenskraft och ökad sysselsättning samtidigt som behovet av råvaruimport minskas genom resurseffektivitet och återvinning. Genom tillkomsten av Råvaruinitiativet fick Kommissionen verktyg och budget att agera för att säkra tillgången på råvaror till EU. Råvaruinitiativet gjorde också att forskningsfrågorna inom området kom in på ett helt nytt sätt i det sjunde ramprogrammet och senare i H2020 samt miljardsatsningen EIT Knowledge & Innovation Centre (KIC).

Genom Råvaruinitiativet aktualiserades gruv- och mineralindustrins betydelse för EU:s medlemsländer. EU-kommissionen uppmanade medlemsländerna att ta fram nationella mineralstrategier, vilket många medlemsländer också gjorde. Den svenska mineralstrategin presenterades i februari 2013. I Sveriges närområde startades satsningar i såväl Norden som Arktis. Finland tog tidigt fram en mineralstrategi, och har gjort stora satsningar på ”Green Mining”. Arktis är mycket mineralrikt och är fortsatt intressant. De nordiska länderna genomför det gemensamma initiativet NordMin med bland annat gemensamma nordiska satsningar på högre utbildning. NordMin finansieras av Nordiska Ministerrådet.

Sverige har en mycket lång gruvhistoria med till exempel Garpenbergsområdet som brutits sedan 1200-talet. Falu koppargruva, liksom de senare etablerade gruvorna i Norr- och Västerbotten har haft och har stor betydelse för svensk ekonomi och export. Sveriges metall- och mineralförekomster har också lett till att svenska gruvteknikleverantörer utvecklats på ett konkurrenskraftigt sätt, med Nobel som ett historiskt exempel och ABB, Atlas Copco och Sandvik som moderna exempel. Genom åren har det funnits en kontinuerlig framåtsyftande satsning på gruv- och mineralforskning, med stark betoning på teknikutveckling. Forskningen har då kunnat stödja teknikutveckling och samtidigt också försett området med välutbildade personer. De senaste åren finns också en medvetenhet om vikten av satsa på samhällsinriktade områden, som genusmedveten attraktivitet och ”social license to operate”. Akademi, institut och industri har framgångsrikt verkat brett, över värdekedjor och ämnesområden.

Rapporten pekar på att det är tydligt att området påverkas av fler faktorer än konjunkturer, och att det kan vara svårt att utforma långsiktiga forsknings- och innovationsinsatser för en sektor som är cyklisk samtidigt som den påverkas starkt av politiska händelser. Det är viktigt med stabila forskningssatsningar som också är anpassade till den industriella realiteten med cyklisk ekonomi. De långa, och ofta svårförutsägbara, ekonomiska cyklerna kan skapa svårigheter för samverkansforskning. Rapporten uttrycker att för områdets utveckling är långsiktig bred samverkansforskning

viktigt även i framtiden. Rapporten lyfter också att det är särskilt viktigt att sådan samverkansforskning innefattar såväl samhällsfrågor som teknikutvecklingsfrågor.

2.3 Sammanfattning av slutsatser från två bibliometriska studier

Inom ramen för uppdraget har två bibliometriska studier genomförts. Bibliometriska studier görs för att undersöka i vilken omfattning forskning på ett område har publicerats och vilket genomslag den har. Citeringsvärden är ett mått på genomslagskraften hos artiklar och därmed en indikation på deras kvalitet. Volymmåttan är ett mått på produktivitet.

Den första är gjord av Vetenskapsrådet (VR) som under 2015 genomförde en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige och baseras på nyckelordssökning. Denna rapporterades i augusti 2015 och gjordes med syftet att utgöra ett underlag för Vinnovas regeringsuppdrag. Den andra genomfördes av KTH:s bibliometrigrupp med syftet att komplettera resultaten från VR:s studie för att utveckla bilden av hur svensk forskning på gruv- och mineralområdet är organiserad. KTH:s studie använder sig av en klustermetod för att indela artiklarna i klasser och har utgått från artiklarna VR:s studie omfattade.

VR:s bibliometriska studie visar att den totala svenska produktionen av artiklar på gruv- och mineralforskningsområdet¹ ligger nära det globala genomsnittet, svenska arbeten var under delar av den studerade perioden citerade i högre omfattning än det globala snittet. Enligt KTH:s studie var den genomsnittliga citeringsgraden för svenska artiklar inom området i början av 2000-talet i nivå med världsgenomsnittet, men har under de senaste fem åren sjunkit under världssnittet. Snitten varierar inom olika delområden.

Enligt VR:s studie är *gruv- och anrikningsteknik* det största delområdet i mätningen och antalet citeringar ligger klart över vad som gäller för motsvarande artiklar i världen. Även området *Miljöaspekter av gruvverksamhet* har något högre citeringsfrekvens än världsgenomsnittet. Vissa områden, som kan betraktas som mer nya, har ännu inte gett avtryck i publiceringsvolymen. Detta gäller främst ”urban mining” och substitutionsområdet.

Båda studierna visar att de som publicerar allra mest är Luleå Tekniska Universitet, Uppsala Universitet och Naturhistoriska riksmuseet, men också företagen Boliden och LKAB syns bland de som publicerar stor volym. Enligt KTH:s studie har dessa organisationer ökat sin produktion under mätperioden, men den fältnormerade citeringsgraden för publikationerna inom området har sjunkit sedan år 2000. När det gäller länders artikelproduktion är det USA och Kina som har den största produktionen. Sverige ligger på 17 plats bland de mest publicerande länderna.

Bibliometriska ansatser

En central fråga för de bibliometriska studierna är hur den totala produktionen av vetenskapliga artiklar inom gruv- och mineralområdet utvecklats i Sverige jämfört med

¹ VR har i sin bibliometriska studie grupperat forskning inom gruv- och mineralforskning i sju delområden¹: 1) Grundläggande mineralvetenskap; 2) Forskning om malmer och mineralförekomster inklusive prospektering; 3) Gruv- och anrikningsteknik; 4) Miljöaspekter av gruvverksamhet; 5) Återvinning av metaller inklusive *urban mining* och återvinning av kritiska metaller; 6) Substitution av kritiska metaller; 7) Samhällsvetenskaplig forskning.

utvecklingen i världen i stort. Svaret på frågan kompliceras av att en stor och växande andel artiklar författas av forskare från mer än ett land. I bibliometriska analyser är praxis att för artiklar med författare från flera länder tillskrivs varje land endast "sin del" av en artikel (så kallad *fraktionisering*), d.v.s. om en artikel har författare från tre länder får varje land räkna sig tillgodo en tredjedels artikel.

Med det beskrivna sättet att räkna har Sveriges andel av världsproduktionen av publiceringar inom gruv- och mineralområdet enligt VR:s undersökning kraftigt minskat från en toppnivå i slutet av 1990-talet på 2,2 procent till ca 1,3 procent under perioden 2008-2013. KTH:s studie ger i allt väsentligt samma bild av utvecklingen för den större publikationsmängd som där studeras. Resultatet förefaller således i så måtto robust.²

Sverige delar den kraftiga relativa nedgången med många andra etablerade forskningsnationer. Den återspeglar den dramatiska geografiska tyngdpunktsförskjutning som skett inom många områden under de senaste 15-20 åren. Det mest iögonfallande i denna utveckling är Kinas avancemang till en ledande position inom ett antal forskningsområden men även många andra länder som tidigare forskningsmässigt spelat en underordnad roll har flyttat fram sina positioner. Den internationella konkurrensen inom gruv- och mineralforskningen har med andra ord breddats och intensifierats. Med den avgränsning som gjorts i KTH-studien ökade Kina sin andel av världsproduktionen inom gruv- och mineralområdet från endast 9 procent 2000-2004 till 23 procent 2010-2014 samtidigt som USA:s andel minskade från 26 procent till 18 procent.

Bland de 19 länder som 2010-2014 hade en större publiceringsvolym än Sverige, enligt det urval av artiklar som gjordes i KTH:s studie, hade i Europa endast Polen, Spanien och Italien (marginellt) en gynnsammare utveckling än Sverige. Utanför Europa hade Kina, Indien, Australien (marginellt) Ryssland (marginellt), Iran, Turkiet, Brasilien, Sydkorea, Sydafrika och Mexiko en gynnsam utveckling.

Många av de länder som under senare år byggt ut sin forskning har gjort detta från en tidigare blygsam nivå. Av länder med större publiceringsvolym än Sverige 2010-2014 utmärker sig Australien genom att under denna period ha en vetenskaplig produktion per capita som är nästan dubbelt så stor som Sveriges. Med samma mått ligger Kanada på en nivå knappt under Sveriges. För samtliga övriga 17 länder var antalet artiklar per capita högst hälften av Sveriges nivå och i många fall väsentligt lägre än så. Kina och Indien ligger på nivåer som är endast en åttondel respektive en femtondel av Sveriges. Det innebär att Kina och Indien tillsammans med många andra länder kan förväntas fortsätta att öka sin vetenskapliga produktion i rask takt och att det därför är mer eller mindre ofrånkomligt att Sveriges andel, liksom den för andra mogna forskningsnationer, kommer att fortsätta att minska relativt snabbt. Åtskilliga länder, flertalet utanför Europa, som idag har en lägre artikelproduktion än Sverige kommer inom de närmaste åren att passera Sverige.

² KTH:s studie visar samtidigt att om istället varje artikel i sin helhet tillskrivs varje land med medverkande författare blir trenden för svensk del en helt annan. Sveriges andel 2008-2013 är i detta fall 2,4 % vilket är en obetydlig medgång toppnivån på 2,6 % i slutet av 1990-talet. Eftersom i detta fall summan av alla länders andelar blir större än 100 % är dock bilden av bibehållen nivå inflaterad.

Enligt VR:s undersökning ligger den relativa citeringsgraden för artiklar med författare i Sverige nära världsgenomsnittet men förefaller ha sjunkit mellan perioderna 2002-2007 och 2008-2013. Mest tydlig är nedgången i andelen citerade artiklar. Även KTH:s studie visar på en markerad nedgång i den relativa citeringsnivån för Sverige när samma mått används som i VR-studien. Enligt denna metod jämförs de identifierade artiklarna inom gruv- och mineralområdet med andra artiklar inom samma tidskriftsgrupper där de publiceras. Det framgår av KTH:s studie att med denna metod har den genomsnittliga citeringsgraden för alla artiklar, globalt inom gruv- och mineral-området, sjunkit i förhållande till den referenspopulation som används. Om de svenska artiklarna enbart jämförs med den globala produktionen av artiklar inom gruv- och mineralområdet (såsom detta avgränsats i KTH:s studie) har den svenska citeringsnivån uppvisat endast små variationer strax under världsgenomsnittet. Icke desto mindre måste nivån och utvecklingen av citeringsgraden för Sverige betraktas som medioker. Av de 19 länderna med högre produktionsvolym har åtta stycken en citeringsnivå som ligger minst 9 procent över världsgenomsnittet och i stort sett alla dessa har haft en positiv utveckling under de senaste 10 åren. Nivån för gruvländerna Australien och Kanada ligger 20 respektive 6 procent över världsgenomsnittet.

Gruv- och mineralforskning som den definierats och avgränsats i de refererade studierna består av ett antal områden som sinsemellan är av tämligen olika karaktär och där Sveriges position, den internationella konkurrensbilden och utvecklingen över tid i dessa avseenden skiljer sig åt betydligt.³ Den trend mot ökad konkurrens och geografisk tyngdpunktsförskjutning som beskrivits ovan slår emellertid igenom på alla områden. Ju finare indelning i delområden som görs desto större blir skillnaderna i Sveriges position. Vissa områden är vita fläckar där forskningen i Sverige är helt marginell samtidigt som det finns några områden där forskningsorganisationer i Sverige intar en ledande roll i världen. Ett speciellt fall är den malmgeologiska forskningen som i hög grad är geografiskt uppdelad. Som exempel på ett område där Sverige intar en tätposition kan nämnas järnmalmssintring där Luleå tekniska universitet (LTU) och LKAB 2010-2014 svarade för 3,5 respektive 2,0 procent av artikelproduktionen i världen. Endast tre kinesiska universitet publicerade fler artiklar än LTU.

Förekomsten av gruvindustri och karaktären på denna påverkar den forskning som bedrivs i olika länder. Huvuddelen av världens gruvindustri finns utanför Europa. Det är därför inte överraskande att i stort sett alla ledande forskningsorganisationer inom gruv- och anläggningsteknik återfinns utanför Europa. I Europa framstår LTU som den ledande forskningsmiljön. Huvuddelen av den forskning som resulterar i vetenskapliga artiklar inom gruv- och anrikningsteknik rör olika kemiska och biotekniska metoder för anrikning (bl.a. bioläkning, flotation och tidigare nämnda järnmalmssintring) och en mindre del själva gruvdriften. Inom anrikningsdelen förefaller Sverige ha behållit sin position relativt väl medan tillgängliga data ger ett intryck av att Sverige kraftigt gått tillbaka inom bergmekanik och gruvteknik.

³ VR:s undersökning redovisar Sveriges position för fem delområden (se ovan) för hela perioden 1990-2013 men ger ingen bild av om, och i så fall hur, denna förändrats över tiden. Det digra datamaterial som KTH-studien tagit fram möjliggör detaljerad analys av utvecklingen för olika delområden över tiden och jämförelser mellan enskilda länder. Områdesindelningen i den senare är emellertid inte direkt översättbar till VR:s indelning vilket försvårar en samlad analys. De slutsatser som redovisas om utvecklingen per delområde i det följande bör därför betraktas som tentativa och kan vid behov fördjupas ytterligare.

Enligt VR:s undersökning var för hela perioden 1990-2014 forskningen i Sverige avseende ”malmer och mineralförekomster” det svagaste av de fem statistiskt belysta områdena såväl vad gäller omfattning som citeringsgrad. Ur tillgängliga data har det inte varit möjligt att dra några slutsatser om eventuella förändringar över tiden gällande Sveriges position på området som helhet. För att tolka data, inte minst när det gäller citeringsgrad, bör den starka geografiska uppdelningen av forskningen inom malmgeologi beaktas. För den del av området som rör tillämpad geofysik och prospektering ger KTH:s studie en mycket mer positiv bild. Trots att detta är ett snabbt växande område har Sverige behållit sin position och Uppsala universitet är en av de ledande forskningsorganisationerna i världen.

Området ”återvinning av metaller” omfattar såväl livscykelanalyser (LCA) av produkter med metallinnehåll som teknologier för metallåtervinning. Inom detta mycket snabbt växande område har Sverige fortfarande en stark, om än något vikande, position med idag strax över 2,0 procent av världsproduktionen av artiklar. I artikelproduktion låg KTH 2010-2014 på en nionde plats efter universitet och institut i Kina, USA, Japan och Norge.

2.4 Finansieringsbild

Gruv- och mineralindustrin är av stor betydelse för Sverige och de stora forskningssatsningarna inom området har alla uppkommit genom att staten, industrin och akademien kraftsamlat kring fokuserade åtgärder som t.ex. Forskningsgruvan i Luossavaara (1975-1985), Gruvteknik 2000 (1987-1992), det Strategiska Gruvforskningsprogrammet (2006-2010), MinBaS I och II (2003-2005, 2007-2010). Även pågående satsningar som MinBaS-Innovation (2013-2016) och det Strategiska Innovationsprogrammet för Gruv och Metallutvinning (SIP STRIM 2013-) är gemensamma program mellan staten och aktörerna på området.

En sammanställning har gjorts av hur forskning och utveckling på området finansierats under 2001-2015 av tre statliga finansiärer samt det strategiska forskningsområdet, finansierat via Utbildningsdepartementet, CAMM (Centre of Advanced Mining and Metallurgy, forskning och utbildning inom gruv- och mineralområdet), se figur 2 nedan.

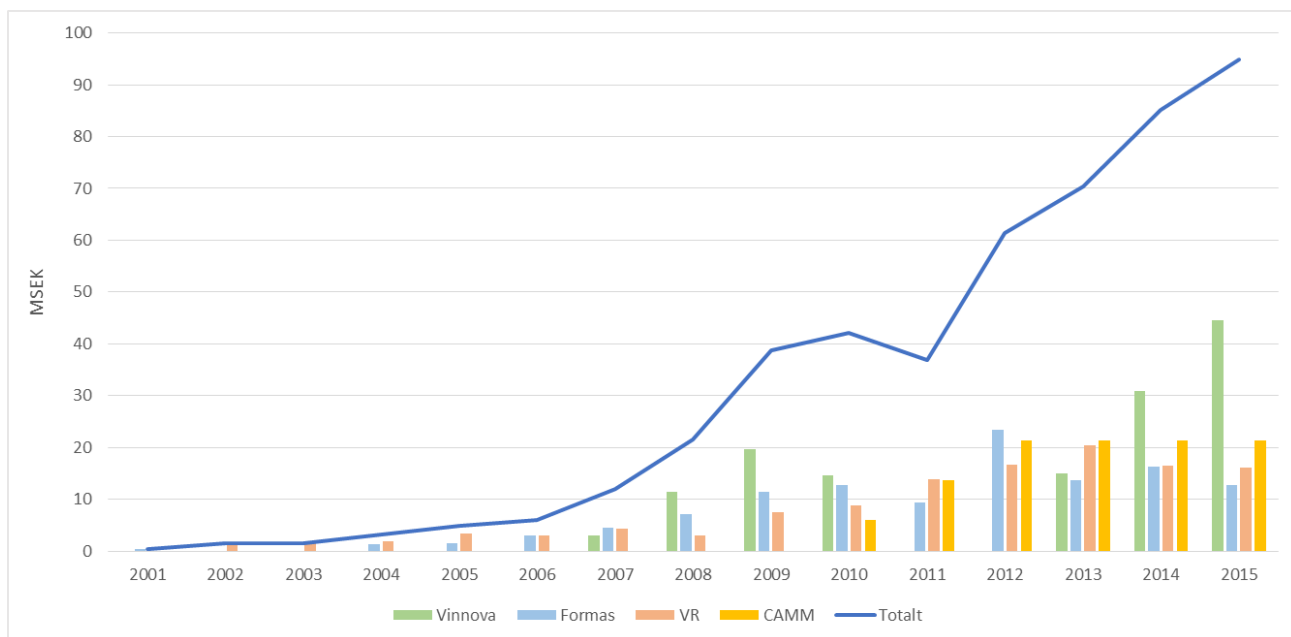
Det finns en viss osäkerhet i finansieringsbeloppen t.ex. kan de tidigare siffrorna ge en något skev bild då rapportering och klassificering av projekt såg annorlunda ut hos finansiärerna än vad det gör idag. Dessutom skiljer sig det något vad som ingår i området hos de olika finansiärerna. Formas och VRs finansiering omfattar t.ex. enstaka projekt i ett bredare område och mer grundforskning medan Vinnovas inkluderar projekt med högre industriellt deltagande inom program riktade mot gruv- och mineralområdet. Vinnovas satsningar har i stor omfattning krävt industriell medfinansiering, och den totala projektvolymen är därför avsevärt större än den offentliga finansiering som redovisas här.

Satsningen på området har gått stadigt uppåt, framförallt sen 2006 då det Strategiska Gruvforskningsprogrammet startades. De senaste tio åren har råvaror varit en av de frågor som stått på den politiska agendan i EU och nu finns även EIT Raw Materials, ett europeiskt Knowledge & Innovation Centre (KIC) inom råvaror där ett av dess sex center ligger i Luleå.

Minskningen runt 2011, och även 2012 för Vinnova, kan förklaras med att de projekt som pågick i Vinnovas branschforskningsprogram för gruvindustrin höll på att avslutas

och nya program som det Strategiska Innovationsprogrammet för Gruv och Metallutvinning och MinBaS-Innovation inte startades förrän 2013.

Förutom nationell finansiering har Sverige även varit starka inom området när det gäller EU-finansiering till skillnad mot svenskt deltagande inom andra områden. I H2020 deltar Sverige i 36 procent av projekten beviljade inom området och har fått 4.4 procent av medlen (nästan 5 MEuro) vilket är högre än totala svenska snittet på 3.3 procent. Det är också värt att nämna ERA-MIN (FP7) där Sverige varit mycket framgångsrika med deltagande i sex projekt och koordinerar fyra av dessa projekt.



Figur 2: Sammanställning av forskningsfinansiering 2001-2015.

3 Resultat från undersökning om forskningsamverkan på gruv- och mineralområdet

Under våren 2016 genomfördes Vinnova en undersökning om styrkor inom gruv- och mineralforskning samt om forskningsamverkan mellan aktörer på gruv- och mineralområdet. Två olika datainsamlingar gjordes, en webbaserad enkät till forskare på universitet, högskolor och institut (136 personer deltog) samt nio intervjuer med representanter för näringslivet som samarbetar med akademisk forskning på området.

3.1 Bakgrund

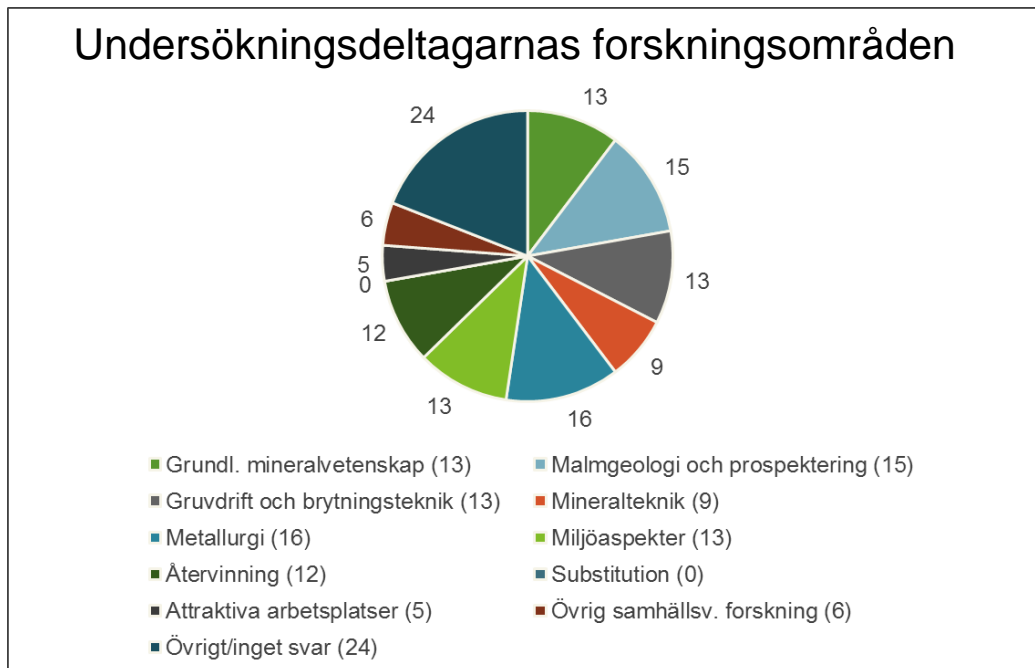
Enkäten skickades till 192 personer och besvarades av 71 procent. Enkäten hade akademiska forskare som målgrupp och urvalet gjordes via en intressentlista bestående av sökande inom Vinnovas utlysningar för gruv- och mineralforskning, deltagare i områdesinriktade konferenser och seminarier samt personer som föreslagits av de som fått enkäten. De nio intervjuerna gjordes med personer i näringslivet vilka valdes ut med anledning av deras långa erfarenhet av samverkansprojekt. Intervjuerna, som var ungefär en halvtimme långa, hade fokus på samverkan mellan akademi och näringsliv och gjordes med syfte att ge en kompletterande bild till enkätresultaten.

Av de som deltog i enkätundersökningen är 74 procent män och 26 procent kvinnor. 73 procent av de svarande har doktorsexamen. 47 procent av deltagarna är anställda på universitet och 39 procent på institut. Resten uppgav ”annan” vilket kan vara intresseorganisationer eller myndighet. Lite drygt två tredjedelar har varit på sin nuvarande arbetsplats i mer än 11 år och 29 procent har erfarenhet av anställning i näringslivet för att arbeta med gruv- och mineralfrågor.

3.2 Undersökning av läget inom gruv- och mineralforskning

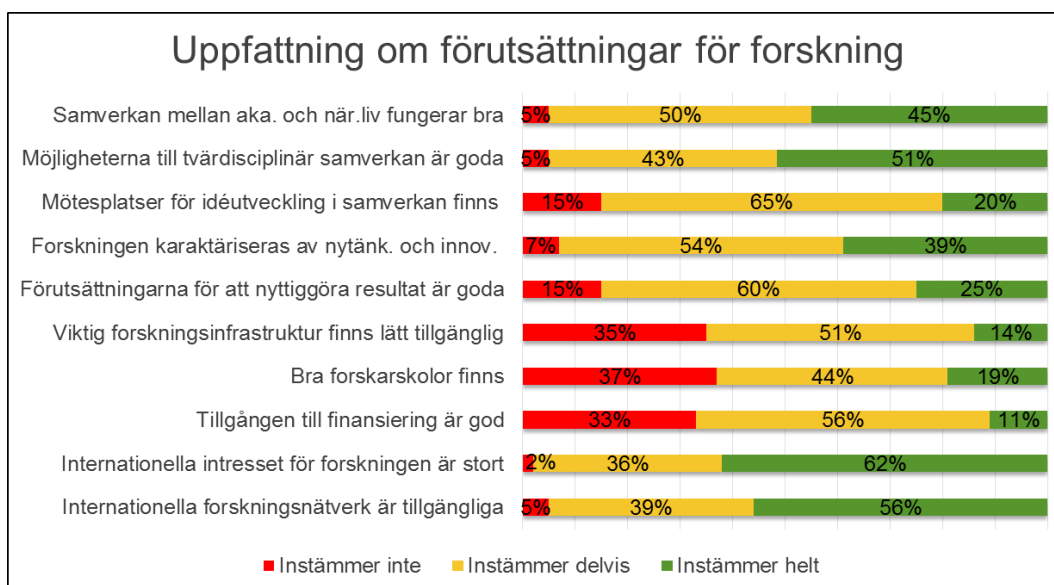
Enkäten gick ut brett till forskare aktiva inom gruv- och mineralforskning i Sverige. En beskrivning av vilka forskningsområden deltagarna uppgav som sitt huvudsakliga visas i figur 3. Nästan en fjärdedel uppgav ”övrigt” område vilket beror på att enkäten skickades till en bredare målgrupp än vad som kunnat täckas av de förbestämda kategorierna. Här fanns en möjlighet att själv ange sin tillhörighet, men detta gjordes endast av ett fåtal personer så det har inte varit möjligt att undersöka dessa tillhörigheter närmare.

”Malmgeologi och prospektering” samt ”metallurgi” är de områden som är störst i undersökningsgruppen. Det var en ganska jämn fördelning över de övriga, bortsett från ”övrig samhällsvetenskaplig forskning” och ”attraktiva arbetsplatser” som är de två minsta kategorierna, samt ”substitution” som inte angavs av någon av deltagarna (se figur 3).



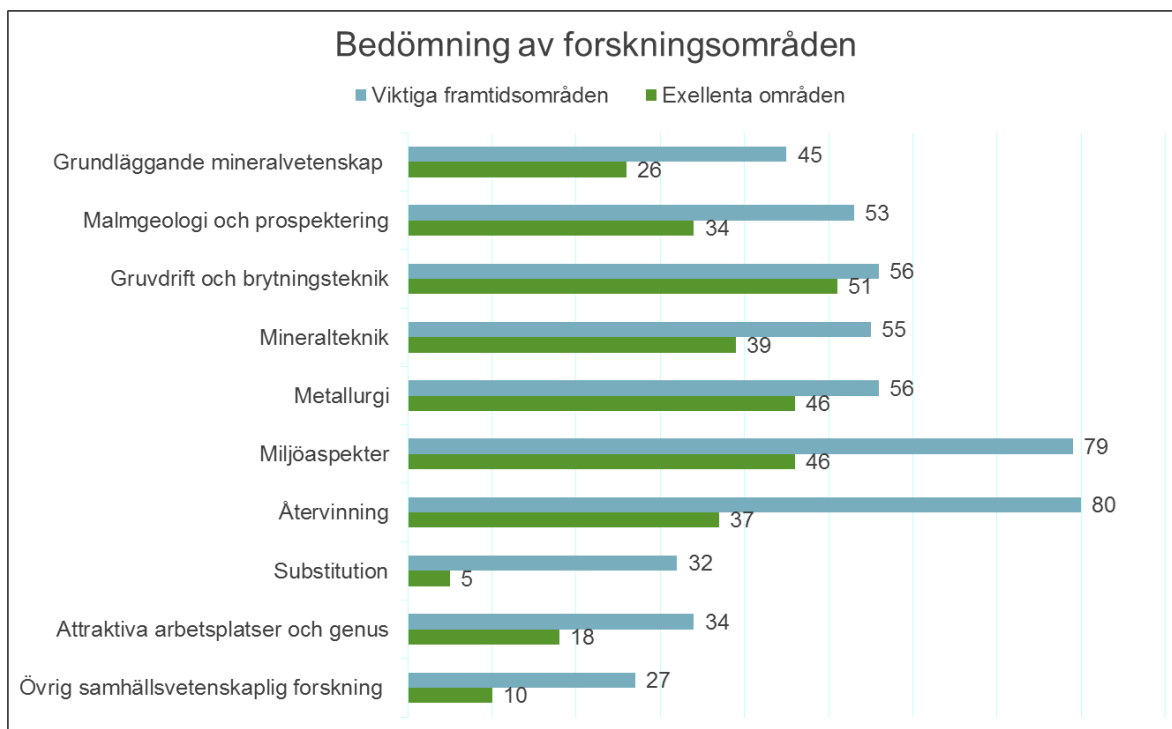
Figur 3. Undersökningsdeltagarnas områdestillhörighet med antal personer inom parentes. Diagrammet visar även området "substitution" till vilket inga forskare uppgav sig tillhöra. Antal svarande: 126 personer.

Ett viktigt syfte med den här delen av undersökningen var att studera hur förutsättningarna för forskning på det egna området uppfattades av deltagarna. Därför ställdes ett antal frågor om detta i enkäten. Resultatet, som visas i figur 4, pekar på att många gör en positiv bedömning av förutsättningarna för samverkan och tillgång till nätverk och mötesplatser. Undersökningsdeltagarna är inte lika nöjda när det gäller tillgången till mötesplatser för idéutveckling och samverkan samt möjligheten till nyttiggörande av resultat. Ännu något mindre nöjda är man även när det gäller tillgänglig forskningsinfrastruktur, finansiering och forskarskolor.



Figur 4. De deltagande forskarnas ställningstagande till påståenden om deras egen forskning och forskningsområde. Antalet svarande: 128 personer.

För att ytterligare undersöka de olika forskningsområdena frågade vi vilka områden som bedömdes vara forskningsmässigt excellenta samt på vilka av dessa områden framtidens forskning borde bedrivas. Resultatet visas i figur 5. Det var möjligt för var och en att välja flera områden och även det egna. ”Gruvdrift och brytningsteknik” samt ”metallurgi” och ”miljö” är de områden som flest anser att det bedrivs excellent forskning inom. Bilden visar även att ”miljöaspekter” och ”återvinning” är de områden som flest anser vara framtidens viktiga forskningsområden.



Figur 5. Uppfattning bland undersökningsdeltagarna om forskningsområdenas excellens respektive vikt för framtiden. Värdena i grafen visar antalet deltagare som valt området. Varje deltagare kunde välja mer än ett område. Antalet svarande: 128 personer.

3.2.1 Viktiga styrkor beskrivna av undersökningsdeltagarna

För att ytterligare beskriva styrkor inom svensk gruv- och mineralforskning ställdes ett antal öppna frågor i enkäten och i intervjuerna. Dessa svar har tolkats och grupperats och resulterat i beskrivningen nedan av några generella styrkeområden.

Den väl fungerande och sedan länge etablerade *samverkan* mellan aktörerna på området beskrivs som en viktig styrka som dessutom är unik för Sverige. Samverkan mellan akademi och näringsliv har starkt bidragit till forskningens höga relevans och möjliga tillämpning. I intervjuerna beskrivs hur engagemang och egna initiativ hos medarbetare på alla nivåer i ett företag är en unik och viktig aspekt av svenskt näringsliv och en förutsättning för fungerande samverkan. När det gäller utveckling och innovation där flera kompetenser krävs är engagemang och initiativ av avgörande betydelse. Enligt undersökningen fungerar samverkan mellan näringsliv och akademi mycket väl och av avgörande betydelse för hela forskningsområdet. Två områden som särskilt lyfts fram är gruvdrift och brytningsteknik som har en lång tradition av samverkan, samt arbetsplatsutveckling där forskningen är särskilt beroende av tillgången till empiri.

En annan viktig styrka är den *spetskompetens* som finns inom gruv- och mineralområdet. Enligt intervjuerna finns i Sverige världsledande forskargrupper som framgångsrikt kombinerar vetenskaplig spets med praktisk skicklighet, vilket är viktigt för såväl framgång som respekt i branschen. Spetskompetens finns, enligt enkätundersökningen, på områden som metallurgi, materialvetenskap och miljöområdet. Av forskarna beskrivs kompetensen på miljöområdet som särskilt stark och att det dessutom sker en kontinuerlig och snabb kompetensuppbyggnad inom området. En annan kompetens som lyfts fram är simulering. Här finns spetskompetens, samtidigt som simuleringsteknik har en god potential att användas på många och nya sätt för exempelvis optimering av processer.

Miljöteknik tillsammans med *återvinning och avfallshantering* beskrivs som starka områden inom gruv- och mineralforskningen. Här påpekas dock att mer multidisciplinär samverkan liksom samverkan mellan olika aktörer behövs. Det är viktigt för att möjliggöra att alla typer av utmaningar kan mötas när det gäller hanteringen av gruvavfall.

I undersökningen beskrivs även andra fördelar som förekomsten av *sällsynta jordartsmetaller* och teknik för att bryta dessa, samt *dateringsmetoder* för malmer. Även prospektering beskrivs som ett starkt område med god potential att bli ännu starkare. Enligt enkäten finns goda möjligheter för svenska forskare att bli världsledande inom *malmgeologi och prospektering*, eftersom det i Sverige finns kompetenta företag och goda geologiska förutsättningar. När det gäller *utrustning* för gruvdrift beskrivs det som ett område med hög forskarkompetens och kraftfulla näringslivsaktörer. Här finns dock, enligt enkäten, ett behov att i högre utsträckning samverka med nya aktörer som har liknande tillämpningar.

3.2.2 Utmaningar beskrivna av undersökningsdeltagarna

Enkäten och intervjuerna ger även beskrivningar av olika utmaningar för gruv- och mineralforskningen, såväl för sina specialistområden som för hela forskningsområdet.

En av de utmaningar som beskrivs rör *konjunkturvariationerna* som gruvbranschen starkt påverkas av. För forskningen skulle detta, enligt deltagarna i studien, delvis kunna förbättras genom ett minskat beroende av industrin och genom forskningssatsningar som ger möjlighet till mer långsiktig finansiering. Mer långsiktiga satsningar och längre projekt skulle även gagna den forskning som görs på långsamma processer och dessutom göra det möjligt att bättre utveckla forskningssamverkan mellan olika aktörer. Längre projekt kan ge möjligheter att säkerställa de förutsättningar som behövs för att få till effektiv samverkan, förutsättningar som exempelvis gemensamma rutiner och förtroende. Ett förslag som beskrivs i undersökningen rör ett nationellt centrum för gruvrelaterad miljöforskning, vilket beskrivs som en möjlighet att hantera effekterna av konjunkturcykler. För att bemöta behovet av långsiktighet efterfrågas även ett nationellt malmforskningsprogram. I undersökningen beskrivs att forskningskompetens riskerar att utarmas när konjunkturerna viker och finansiering dras undan. De så kallade mjuka frågorna beskrivs som att de löper särskilt stor risk.

Andra möjligheter som beskrivs ligger i *utvecklingen av ny kunskap och kompetens* samt i nytänkande och ökat fokus på möjligheter. Tvärvetenskapligt och multidisciplinärt samarbete efterfrågas liksom mer av grundforskning. Deltagare i undersökningen anser att behovet av grundforskning tenderar att förbises (särskilt nämns områdena brytningsteknik och berggrundsgeologi). Den kunskap som genereras

genom grundforskning beskrivs som viktig för uppbyggnaden av tillämpad forskning och av utveckling av nya metoder och tekniker.

En annan av utmaningarna som beskrivs i undersökningen rör *branschens image* och att delar av branschen är konservativ, särskilt de delar där man inte tidigare behövt förnya kompetens och där konkurrensen varit svag. Det finns dock en medvetenhet om att branschen behöver förnya bilden av sig.

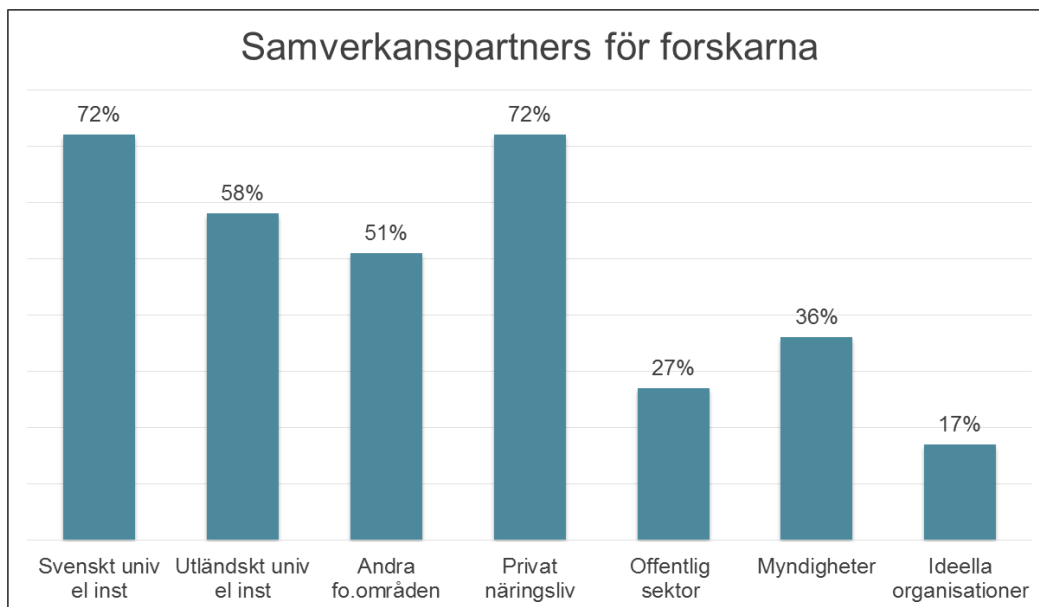
Andra mer specifika behov som beskrivs rör exempelvis utvecklingen av en ny struktur för samordning av brytning av metall, ballast, natursten och mineral. En sådan kan bestå i en gemensam testsite som dessutom med fördel kan kopplas till en forskarskola. För detta område beskrivs även ett behov av en tydligare uppkoppling mot och inkludering av andra forskningsområden.

I undersökningen uttrycks även behov av att myndigheterna ökar sina krav på forskningen att lösa problem som är kopplade till samhällsutmaningarna. Detta skulle exempelvis kunna vara en kraftsamling för cirkulär ekonomi, vilket efterfrågas bland de forskare som ingår i studien. I enkätsvaren lyfts även möjligheten med en öppen databas för berggrundsgeologi vilken skulle kunna bidra till möjligheten för många att använda dessa data vilket vore bra av såväl ekonomiska som praktiska skäl. Data finns hos myndigheterna men behöver samordnas och göras tillgängliga. Öppna data om berggrundsgeologi kan användas i arbetet med att möta samhällsutmaningar bland annat.

3.3 Samverkan för forskning och innovation

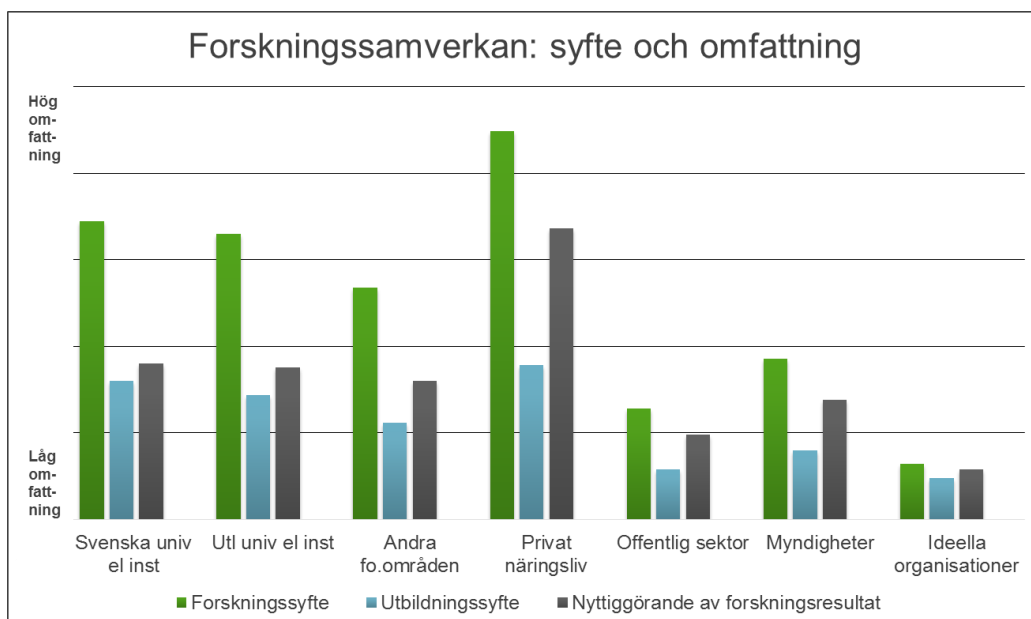
Samverkan mellan olika aktörer i gruv- och mineralbranschens innovationssystem är ett av två huvudfokus för denna studie. För att utveckla den övergripande bilden av samverkan ställdes frågor om inriktning och omfattning, men även om fördelar och kritiska aspekter. Nedan visas resultatet från enkätens kategorisvarsfrågor. Därefter presenteras tolkade och grupperade resultat från enkätens öppensvarsfrågor och från intervjuerna.

Samverkan mellan akademiska forskare på gruv- och mineralforskningsområdet och näringslivsaktörer har en lång tradition och beskrivs i denna studie som väl fungerande överlag. För att få en bild av hur olika aktörer involveras i forskningssamverkan frågade vi vilken typ av aktörer forskarna samverkar med. I figur 6 visas hur stor andel av de svarande som angav att de samarbetade med de olika typerna av aktörer. De allra vanligaste parterna finns hos privat näringsliv. Ideella organisationer anges som samverkanspart av 17 procent, vilket är det alternativ som förekommer minst ofta.



Figur 6. Bilden visar hur stor andel av undersökningsdeltagarna som samverkar med partners av olika typer. Antal svarande: 138 personer.

I figur 7 visas en sammanställning av hur forskarna i enkätundersökningen rapporterar samverkan, med avseende på typ av aktör, syfte med samarbetet och samarbetets omfattning. Den bild som visas ger endast en grov översikt, bland annat eftersom gränserna för de olika alternativen inte är tydliga. Trots detta blir vissa mönster synbara som att det vanligaste syftet för samverkan med partners i privat näringsliv är forskning. Över huvud taget är samverkan med forskningssyfte det vanligaste oavsett typ av aktör. Ideella organisationer är den typ av aktör som forskarna samverkar minst med. Givetvis behöver behov och relevans styra samverkan, men den relativt låga förekomsten av samverkan med offentlig sektor och ideella organisationer kan tyda på att det finns en potential att utveckla denna. Enligt den bild som framkommer av den här undersökningen finns också en utvecklingspotential när det gäller samverkan för utbildning, vilket bör ses som ett sätt att nyttiggöra forskning.



Figur 7. Rapportering av undersökningsdeltagarnas samverkan utanför den egna forskargruppen. Bilden visar typ av partners samt syfte med och omfattning av samverkan. Antal svarande: 138 personer.

3.3.1 Fördelar med och kritiska aspekter av samverkan

En utgångspunkt för hela den här studien är att samverkan är något positivt för forskning och innovationsförmåga. Även om detta bekräftas på många håll, så ville vi genom intervjuerna och enkäten få ytterligare beskrivningar av fördelarna med samverkan liksom av utmaningarna knutna till dessa.

Fördelar med samverkansprojekt

Genomgående i studien framhålls det att Sverige har en stor fördel genom de goda förutsättningarna för samarbete som platta organisationer och liten byråkrati medför. Enligt flertalet av intervjuerna med näringslivets representanter finns inom gruv- och mineralforskning ett väl fungerande ekosystem för samarbete, även om mindre bolag borde inkluderas i större omfattning. Värdet av samverkan framhålls även när det gäller strategiutveckling eftersom det är viktigt att många är med och påverkar strategierna.

Resultatet från enkäten till forskarna visar på en rad fördelar med att samverka med företag: det ger finansiella bidrag, ökar relevansen i forskningsfrågorna, ger möjligheter till test och verifiering samt skapar förutsättningar för nyttiggörande. Den teknikmognad som finns i branschen medför goda möjligheter att testa forskningsresultat.

Samverkan skapar alltså viktiga möjligheter till finansiering, såväl direkt som indirekt. Industrin finansierar forskningsprojekt direkt, men samarbetet är många gånger även en förutsättning för att erhålla finansiering från offentliga finansiärer. En annan viktig fördel är att forskningens relevans ökar, det vill säga att forskare får delta i projekt som ska leda till realiserbara och kommersiella resultat samt i projekt som förväntas bidra till utvecklingen av samhälle och näringsliv. Företagen som forskare samverkar med är också viktiga avnämare av resultaten, eftersom i företagen sker tillämpning, implementering och nyttiggörande. Enligt enkäten till forskare erbjuder företagen nödvändig tillgång till infrastruktur för tester och verifiering.

Enligt enkäten till forskarna bidrar akademi och näringsliv till varandras kunskapsutveckling. Detta sker dels genom den teknik som utvecklas, men för akademien även genom breddade kunskaper om branschfrågor och praxis i företag. Genom samverkan med näringslivet utvecklar universiteten sitt arbetssätt. Forskarna får ta del av ett dynamiskt sammanhang och verkliga utmaningar, och dessutom av viktig kompetens och intressanta nätverk.

Kritiska aspekter och utmaningar

Även om samverkan mellan akademi och näringsliv när det gäller forskning ses som en stor möjlighet framkommer även vissa utmaningar. Dessa handlar om svårigheten att hantera olika, och ibland till och med motsatta, syften och mål, liksom svårigheten med öppenhet kring radikala idéer och innovation. Ledarskap och arbete med planer och förväntningar blir därmed mycket viktigt.

En sådan utmaning rör, enligt forskarenkäten, företagens många gånger bristande förståelse för behovet av forskning som inte ter sig akut nödvändig. Kulturer och tidshorisonter skiljer sig åt mellan akademi och företag. På företagen finns många gånger ett starkt fokus på praktisk problemlösning och kortsiktiga fördelar eftersom daglig drift måste prioriteras.

En annan utmaning, enligt forskarna i undersökningen, är också att upprätthålla intresset för ett projekt över tiden hos ett företag. Enligt enkätsvaren kan en konsekvens bli av detta bli brister i överlämningen av forskningsresultaten, på så vis att deltagarna inte gör en gemensam analys och tolkning av resultaten. Men av intervjuerna med representanter från näringslivet framkommer en annan bild, nämligen att forskarna inte alltid har förståelse för att när resultatet tagits fram är det bara början på ett arbete, inte slutet. Enligt deltagarna i undersökningen är det viktigt att vara noggrann i början och kommunicera förväntningar och planer väl.

Enligt intervjuerna ger inte alltid samverkansprojekt de rätta förutsättningarna för innovation. Detta beroende på företagets benägenhet att undvika risker och därmed blir tendensen i samverkansprojekt att snarare förbättra i det befintliga än att utveckla nytt. Konkurrensen med övriga parter i ett samverkansprojekt gör det svårt att satsa på mer radikala innovationer eller nya idéer. Även om det är bra för utvecklingshöjden i allmänhet, att samverka med konkurrenter, så kan det vara svårt att gå in i samverkan med riktigt nya idéer. Samverkan kring radikal innovation är beroende av enskilda parter möjlighet att behålla kontrollen över de radikala idéerna och utfallet av dessa. Men enligt intervjuerna ligger det nyskapande inte endast i innovationer som ett slutresultat utan många gånger i möjligheten till förnyelse som mindre idéer och små utvecklingssteg av radikal kvalitet som tas.

Bolag av olika storlekar har många gånger olika förutsättningar att delta i samverkansprojekt och det är väl känt att detta beror på tillgång till resurser, många gånger i termer av tid. Genom intervjuerna framkommer att det sker en utveckling mot att i högre grad involvera mindre företag i forskningssamarbete. Strukturer för detta börjar allt mer börjar komma på plats. Många bolag skulle, enligt intervjuerna, redan nu kunna ta mer plats om intresse och engagemang finns. Forskningssamverkan kräver inte alltid främst resurser utan kanske aktiv vilja och egna initiativ. Vikten av forskningssamverkan kommer inte endast från nyttan av enskilda projekt utan även deltagandet i strategiskt arbete och dialoger kring forskningsbehov. De stora bolagen på gruv- och mineralområdet anses sätta spelreglerna för forskning och utveckling. Men av flera i undersökningen beskrivs de stora bolagen som ytterst viktiga eftersom de har muskler att driva på utveckling och har viktig kompetens, bland annat på olika specialistområden med stor betydelse för utvecklingen på gruv- och mineralområdet.

När det gäller just forskning på gruv- och mineralområdet kan kraven på samverkan medföra fördröjande omständigheter eftersom det många gånger krävs utrustning, personal och analyser som är mycket specifika för varje aktörs område i ett projekt. En lösning på detta som föreslås genom enkäten är mer samordning, bland annat genom formella nätverk som kan ta ansvar för olika inriktningar.

3.3.2 Hur samverkan bör drivas

Samverkan är en angelägenhet för så gott som alla i undersökningen och deltagarna delade med sig av beskrivningar av hur samverkan bedrivs, på operativ nivå i forskningsprojekt, men även på en mer strategisk nivå.

Enligt de intervjuer som gjordes med representanter för näringslivet är *ledarskapet* av största vikt för framgångsrik samverkan, detta gäller såväl strategiskt som operativt ledarskap. För att nyttja samverkansmöjligheterna fullt ut behövs rätt projektledare. För både akademi och företag gäller att en projektledare måste kunna ”driva externt”, det

vill säga hantera projekt som sträcker sig utanför den egna organisationen och som utförs i en annan miljö och organisatorisk struktur än den man själv verkar i dagligen.

Tillsammans med ledarskapet framhålls även *planering* och att *sätta rätt förväntningar* som nycklar till fungerande forskningssamverkan. I undersökningen beskrivs att samverkansprojekt alltid ställer krav på arbete med att sätta rätt förväntningar. Det är inte ovanligt att förväntningarna skiljer sig åt och det av högst naturliga och logiska skäl eftersom forskare många gånger utgår från mer långsiktiga idéer och företag många gånger agerar på närliggande behov. Vem som ska ta ansvar för olika delar och uppgifter i ett projekt är också mycket viktigt att klara ut tidigt. Intervjuerna pekar ut viktiga hygienfaktorer som utgör grunden för fungerande forskningssamverkan: syftet med ett samverkansprojekt bör vara tydligt och nyttan måste uppfattas som ömsesidig mellan de ingående parterna. Av intervjuerna framkommer att det viktiga grundläggande arbetet många gånger försvåras av brist på tid och utrymme för företag och forskare att gemensamt planera och utveckla ett samverkansprojekt. Ett problem som lyfts fram är att företag många gånger tillfrågas om medverkan alltför sent i planeringsfasen.

För att få till ett effektivt ledarskap för samverkansprojekt ställs speciella krav på *kompetens och erfarenhet* hos projektledaren. Erfarenhet från både akademi och näringsliv behövs hos en projektledare, så att hen förstår de olika förutsättningarna för de deltagande parterna. Men en av de intervjuade menade att om man överhuvudtaget kommer till start med något så komplext som ett samverkansprojekt mellan olika parter inom näringsliv och akademi, så har man redan en projektledare med lämplig kompetens.

Av intervjuerna framkom också att projektledarens kompetens påverkar även *förtroende och tillit* bland de medverkande. Förutom förmågan att hantera samordning och vara pådrivande behöver projektledare för samverkansprojekt också veta hur ”känsliga lägen” ska hanteras, det vill säga när ägarskap av idéer och resultat blir en fråga för projektet. Sådana lägen uppstår alltid förr eller senare i ett samarbete mellan akademi och näringsliv och denna typ av kompetens framhölls som mycket viktig. Rent generellt nämns också att många projekt är alltför korta vilket inte ger rätt förutsättningar för att skapa förtroende och bra samarbeten. Utveckling av förtroende och tillit ställer krav på tid.

Enligt intervjuerna har de strategiska innovationsprogrammen fungerat bra när det gäller samverkan och medför en *möjlighet att arbeta strategiskt*. En sådan möjlighet är enligt intervjuerna av stor betydelse för aktörerna i näringslivet, även om samverkan också många gånger är tungarbetat och tids- och resurskrävande. I undersökningen beskrivs hur Vinnovas utlysningar, med krav på samverkan mellan olika aktörer, har knuffat igång många viktiga samarbeten och varit en plattform för bolag som annars inte kunnat vara en del i ett mer strategiskt samarbete. Enligt intervjuerna är det viktigt att partners går in med *egen finansiering* annars blir engagemanget inte tillräckligt. Att höga chefer och personer med viktiga positioner deltar i samverkanskonstellationer är också viktigt eftersom det visar på prioritering och möjlighet till beslut. Det här är något som fungerar bra i svenska, typiskt platta organisationer, där samarbete på rätt nivå kan etableras.

3.4 Sammanfattande kommentarer

Enkäten och intervjuerna har genomförts för att ge en bild av styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskning samt för samverkansprojekt och program. Bilden är baserad på beskrivningar gjorda av deltagarna i forskningssamverkan. Bilden som resultatet visar ska fungera som ett empiribaserat komplement till kartläggningens övriga delar.

Sammantaget visar den enkät och de intervjuer som genomförts att det finns en god utvecklingspotential för området och för samverkan mellan systemets olika parter. Det finns en rad befintliga styrkor att bygga vidare på, och det finns områden som bedöms som viktiga för framtiden och som kan expandera ytterligare.

Vid sidan av de områden som kan utvecklas med direkta effekter på ekonomisk avkastning, samhällsnytta och tillväxt så visar studien tydligt att just samverkan mellan industri och forskning är väl etablerad och en utav framgångsfaktorerna för svensk gruv- och mineralforskning. Det finns även viktig spetskompetens inom forskningen som tillsammans med den relativt höga utbildningsnivån bland medarbetarna i gruvbranschen borde kunna bidra till en stark kunskapsutveckling på sikt.

I undersökningen framkommer även exempel på vissa svårigheter som präglar branschen och forskningen. Den varierande världskonjunkturen kan göra det svårt att långsiktigt planera samverkansprojekt eftersom en sjunkande konjunktur riskerar att snabbt försämra möjligheterna för näringslivets parter att delta. Här finns en önskan från forskarna om ett minskat beroende av bolagens finansiering. Det finns även en beskrivning av svårigheten att få finansiering till grundforskning och hur detta kan innebära en risk att kunskap om mer grundläggande förhållanden – som sedan ska övergå i tillämpad forskning – blir en brist.

En annan intressant svårighet som nämns och som har bäring på stora delar av svensk industri är att branschens image är svag. Det behövs en bättre bild av gruvbranschen och hur arbete och forskning går till där, både för möjligheten att rekrytera kompetens, och för att skapa förutsättningar för nytänkande.

Aktörerna inom området samverkar i hög grad med varandra, med andra forskningsområden och med internationella partners. Det gäller såväl forskning som utbildning och resultatspridning. Samverkan är en svensk paradgren och här finns mycket goda förutsättningar för fortsatt utveckling. Samverkan innebär för både forskare och akademi fördelar som finansiering och möjligheter att utveckla och testa nya lösningar, men också att ny och gemensam kunskap utvecklas. Kunskap som sedan i sin tur förhoppningsvis kan befrukta andra viktiga industriella områden. Sådan kunskap rör inte bara tekniska eller produktrelaterade aspekter utan även hur man löser problem över områdesgränser.

Det framkommer även ett kritiska aspekter av samverkan. Det är många gånger svårt att ha samsyn kring mål och förväntning och vilka behov som ett projekt ska uppfylla. Olika parter går in i samverkan med olika förväntningar, behov och ambition samtidigt som tidshorisonterna för deltagande och leveranser kan skilja sig åt. Det är därför av stor vikt att klargöra hur olika förväntningar på leveranser ser ut. Det är också viktigt att ta ställning till projektets typ, dvs. om aktörernas frågor verkligen lämpar sig för ett aktuellt projekt. Projektets inriktning avgör hur projektet ska genomföras och alltför akuta problem lämpar sig inte för forskningsprojekt.

Andra svårigheter visade sig röra möjligheten att skapa utrymme för innovation. Hur ägarskap ska hanteras liksom öppenhet är en viktig aspekt av samverkansprojekt. Detta ställer inte bara krav på de rena kontraktsbitarna utan även på deltagarna kompetens. I ett samverkansprojekt måste man veta hur känsliga lägen ska hanteras. Om inte olika parter känner sig trygga med detta så kommer öppenheten att bli lidande.

De stora bolagens dominans inom gruv- och mineralforskningen lyfts i undersökningen fram som både ett problem och en möjlighet. När det gäller just denna bransch så finns ett fåtal stora bolag vilka beskrivs som viktiga för tillförandet av såväl resurser som strategisk utveckling. Samtidigt framhålls risken med att de blir alltför dominerande när det gäller idéer och utvecklingsmöjligheter. På olika sätt behöver strukturer etableras som kan motverka denna typ av konserverande effekt.

Det är tydligt att gemensamma målbilder och god projektledning är nyckelfaktorer för framgångsrik samverkansforskning och industriell implementering av resultat. I ett samverkansprojekt ställs höga krav på kontinuerligt arbete med planer, ansvarsfördelning och att etablera förtroende. Det ledarskap som behövs ska vara utrustat med rätt kompetens, vilken helst ska innefatta erfarenhet av olika aktörers olika sammanhang och behov. Det är viktigt med erfarenhet av att leda projekt utanför de egna organisatoriska strukturerna.

4 Sammanfattning och slutsatser

Uppdraget innehöll tre huvudsakliga delar, en ämnesöversikt, en kartläggning av styrkor och svagheter samt ett uppdrag att föreslå förbättringar i samverkan mellan forskningsaktörer inom gruv- och mineralområdet. Därutöver skulle även en kategorisering över områdets bidrag till en cirkulär ekonomi göras.

Nedan följer sammanfattning och slutsatser baserat på det arbete som utförts i uppdraget. I kapitel fem återfinns Vinnovas förslag baserat på sammanfattningen och slutsatserna.

4.1 Ämnesöversikt

Inom uppdraget har följande områden studerats med avseende på innehåll och styrkor och utmaningar:

- 1) mineralvetenskap och geologi
- 2) malmgeologi och prospektering
- 3) gruv- och brytningsteknik
- 4) mineralteknik
- 5) metallurgi
- 6) återvinning, urban- och landfill mining
- 7) återställning och efterbehandling
- 8) attraktiva arbetsplatser och samhälle.

För de bibliometriska studierna innefattande publiceringsvolym och citeringsfrekvens har uppdelningen varit något annorlunda för att möjliggöra en så bred analys som möjligt, men även här finns de ovanstående områdena med.

4.2 Styrkor och utmaningar

När det gäller styrkor och utmaningar så har information inhämtats genom såväl rapporter och analyser som enkätstudier och intervjuer. Svensk forskning är generellt stark inom gruv- och mineralområdet och vår industri är effektiv, men det är viktigt att vi fortsätter jobba för att behålla det vi är bra på samt bemöter våra utmaningar och brister.

4.2.1 Styrkeområden inom svensk gruv- och mineralforskning

Efterfrågan på metaller och mineral kommer att fortsätta öka beroende på ökande befolkning och ökande ekonomisk tillväxt. För att möta detta behov kommer både primär och sekundär utvinning av metaller och mineral behövas. Forskningens roll är bl.a. att ta fram den kunskap och teknik som behövs för att möta framtida utmaningar. EU konsumerar ca 20 procent av världens malmer och mineral, men producerar bara 3-4 procent av dem. 2008 startades Råvaruinitiativet av EU-kommissionen för att jobba för en säkrad tillgång av råvaror i Europa.

Sverige är idag en av de viktigaste metall- och mineralproducerande länderna i Europa och har stora möjligheter att fortsätta vara det. Generellt sett anses svensk forskning inom området, liksom den svenska näringen, vara av hög internationell klass och har utvecklats tillsammans. I de delrapporter som gjorts inom ramen för uppdraget samt den

undersökning i form av en enkät och intervjuer som gjorts framträder många svenska styrkor inom gruv- och mineralforskningen. I detta kapitel kommer vi att sammanfatta och lyfta fram de styrkor och möjligheter/förutsättningar som finns i Sverige inom området.

Den kanske tydligaste styrkan som kommer fram i både rapporter och undersökningen som gjorts inom detta uppdrag är den samverkan mellan industri och akademi inom området som har funnits länge i Sverige. Denna samverkan, som finns både inom forskningsprogram och enskilda projekt, bidrar bl.a. till att forskningen inom området har hög industriell relevans och skapar förutsättningar för nyttiggörande. Det är en fördel att Sverige är ett litet land då platta organisationer och lite byråkrati skapar bra förutsättningar för samverkan. T.ex. inom mineralindustrin har kombinationen av hög klass på produktionsteknik och korta, informella kontaktvägar mellan industri, utrustningsleverantörer och forskning varit gynnsam. Vidare skapar även samverkan bättre förutsättningar för finansiering både direkt genom att företagen finansierar forskningsprojekt men också indirekt genom att samarbete ofta är en förutsättning för att erhålla finansiering. I enkäten framgår att även om den vanligaste samarbetspartnern för akademien är privat näringsliv så sker samarbete med flera olika partners som t.ex. andra universitet/institut och andra forskningsområden. Syftet med samverkan är framförallt forskning, oavsett samarbetspartner, men nyttiggörande av resultat och utbildning sker också i samarbete. Det bör dock noteras att trots denna väletablerade samverkan finns det vissa utmaningar med t.ex. aktörernas olika förväntningar, ledarskapet, helhetsperspektivet och samspelet mellan universitet och forskningsinstitut.

Spetskompetens bedöms finnas inom flera ämnesområden. Bibliometriskt så står området *gruv- och anrikningsteknik* ut tillsammans med *miljöaspekter inom gruv- och mineralområdet*. Att vi i Sverige har världsledande leverantörer av gruvutrustning anses ha varit en faktor som stärkt området gruv- och brytningsteknik.

Miljöområdet ses som särskilt starkt och här sker en snabb uppbyggnad av kompetens. Det är också ett område som tillsammans med återvinning anses vara viktigt att bedriva forskning inom i framtiden, speciellt som cirkulär ekonomi är något som betonas både nationellt och internationellt och en generell trend är att gå mot högre grad av materialutnyttjande. Urban mining skulle kunna vara ett potentiellt framtida styrkeområde, men verktyg för värdering av återvinningspotentialen av svenska mineral- och metalltillgångar saknas.

I enkätsvaren anses förutom de redan nämnda även metallurgi vara ett svenskt styrkeområde. Här finns dock ett behov, som i många andra områden, av en helhetssyn som kombinerar t.ex. mineralteknik och metallurgi för att utvinna mer råvara och begränsa avfallet. Vidare anses malmgeologi och prospektering kunna bli ett område där Sverige blir världsledande då det redan idag finns kompetens, bra företag och geologiska förutsättningar. Svensk forskning anses redan idag vara starkt inom detta område, speciellt 4D-modellering, utveckling av borrhälssteknik och geometallurgi. Automation och digitalisering lyfts fram i flera fall som något där Sverige är relativt bra, men som anses vara vitalt i framtida forskning och behövs förstärkas ytterligare.

Av enkäten framkommer att inom de flesta områden är forskarna positiva till intresset för och kompetensen inom deras eget forskningsområde, tillgång till internationella nätverk och de möjligheter som finns för kunskapsspridning. Även om många tycker de har en fungerande samverkan med näringslivet så önskar de mer.

4.2.2 Utmaningar för gruv- och mineralforskningen i Sverige

Den genomförda studien visar även på ett antal utmaningar som aktörerna involverade i gruv- och mineralforskning behöver anta. Detta för att den svenska gruv- och mineralforskningen ska vara framgångsrik även fortsättningsvis och kunna bidra till näringsens konkurrenskraft, innovationsförmåga och omställning.

I de två bibliometriska studierna framkommer att publiceringsvolymen minskar liksom antalet citeringar av svensk forskning inom området. Även om artikelproduktion inte ger en fullständig bild av forskningssituationen så kan detta vara en indikation på en utveckling som går åt fel håll. Vad som behövs för att utvecklingen ska vända är svårt att säga eftersom orsakerna kan vara många och beroende av såväl interna faktorer som den globala konkurrensen. Om den minskade citeringsgraden är ett tecken på kvalitetsbrister eller minskad relevans så kan ökad spetskompetens, teknikutveckling och förnyelse av de akademiska områdena ingå i en lösning. Andra sätt kan vara att få in mer av nytänkande i forskningen, inte bara när det gäller mer områdesspecifika ämnen utan också för generiska teman som digitalisering, metodutveckling, avfallshantering och teknologi för säkerhet. Forskning med sådan tematisk inriktning ställer krav på samverkan mellan kompetenser från olika områden för att bli riktigt effektiv och uppnå önskvärd nytta.

En annan viktig utmaning rör konsekvenserna av konjunktursvängningar och cykliska ekonomiska förhållanden som finns i branschen. Negativa konsekvenser av konjunktursvängningarna uppstår framförallt då företagen behöver avbryta eller trappa ner på sitt åtagande i projekt, eller inte kan ställa upp alls. Om detta sker i för stor omfattning och forskningsorganisationerna inte klarar av att parera för svårigheterna finns en risk att viktig forskning blir lidande. Sådan forskning som löper stor risk att få styrka på foten när konjunktoren går ner kan behöva tas om hand i särskilda satsningar. För detta behövs dock strategier och tydliga prioriteringar som görs ur ett helhetsperspektiv där hela värdekedjor ingår.

Även om svensk forskning ligger långt framme när det gäller ekologi och hållbarhetsaspekter inom gruv- och mineralområdet så finns det en stor utvecklingspotential för området. En kärnfråga är hur man ska kunna utvinna mer malm med mindre energi och med så lite påverkan på miljön som möjligt. Här finns det behov av mer forskning för utveckling av nya metoder och tillämpning av ny teknik (t.ex. digitalisering, materialteknik, energilösningar), men även av samverkan mellan forskare, kunniga branscher och olika kravställare samt intresseorganisationer. Efterfrågan på kunskap och kompetens är stor.

Två andra ämnesområden som enligt kartläggningen har speciella utmaningar och behöver stor utveckling är prospektering och substitution av kritiska metaller. När det gäller prospektering finns i Sverige ett gediget kunnande och starka företag, men teknisk utveckling för bland annat djupprospektering behövs liksom öppna databaser som kan stötta prospektering. 3D-modellering är en metod som behöver utvecklas vid sidan av nya verktyg och avancerade instrument. När det gäller substitution bedöms det som ett viktigt framtidsområde. Forskningen på området är i dagsläget inte så omfattande och kan behöva särskilt forskningsstöd och samordning med den materialforskning som har relevans i sammanhanget. Denna bild är inte unik för

Sverige, utan finns i hela Europa, där just samordning mellan forskare inom materialvetenskap och forskare inom gruv- och mineralområdet är bristfällig.

Enligt kartläggningen saknas test- och demoanläggningar för vissa områden. Just för gruv- och mineralforskning kan detta vara avgörande, dels med tanke på att utrustning många gånger är dyrt och dels då tester i riktiga produktionsmiljöer kan få väldigt stora kostnader. Många gånger uttrycks behov av just anläggningar, men det kan vara mer effektivt och flexibelt att på olika sätt göra forskningsprojekt eller existerade forskningsmiljöer tillgängliga för test och demonstration. Projekt som får statlig finansiering och där parternas intellektuella rättigheter kan skyddas borde kunna öppnas upp bredare för forskning.

Även inom samverkan som är en styrka finns vissa utmaningar t.ex. när det gäller samsyn rörande mål och förväntningar, öppenhet och ledarskap. Det är tydligt att gemensamma målbilder och god projektledning är nyckelfaktorer för framgångsrik samverkansforskning och industriell implementering av resultat. Mobilitet mellan aktörer skulle kunna vara ett verktyg som gynnar förståelsen mellan parter och även underlättar implementering.

En utmaning som inte bara rör gruv- och mineralbranschen utan hela den svenska industrin rör tillgång till och utveckling av kompetens. Gruv- och mineralbranschen behöver säkra tillgången till excellenta forskare och kompetenta operatörer i gruvorna. Detta ställer krav på skolor och utbildning, men även på branschens förmåga att rekrytera. Branschen måste få ungdomar att bli intresserade av arbete i gruv- och mineralområdet eller närliggande verksamheter. Digitaliseringen och den omställning som denna medför ställer också krav på helt nya kompetenser. Detsamma gäller de möjligheter som automation, bioteknologi och nya smarta material innebär.

Att branschen jobbar på sin image och attraktivitet är av stor vikt för möjligheten till förnyelse. Branschen kan visa upp sig som högteknologisk och med en modern och säker arbetsmiljö. I svensk gruvindustri finns även ett starkt fokus på psykosocial arbetsmiljö och att göra arbetet attraktivt för män såväl som kvinnor. Det finns dock en hel del kvar att göra när det gäller att lyfta fram en mer positiv image av branschen. Kontinuerlig utveckling av säkerhet, ergonomi och psykosocial arbetsmiljö bidrar till ökad attraktivitet.

4.3 Förbättringar i samverkan mellan forskningsaktörer

Forskningen inom gruv- och mineralområdet i Sverige finns på ett begränsat platser i landet. Kartläggningen visar att Luleå Tekniska Universitet, Uppsala Universitet, Chalmers, Umeå universitet, Naturhistoriska Riksmuseet, Boliden och LKAB är stora aktörer inom området. Därutöver finns också relaterad forskning Linköpings universitet, Stockholms Universitet och vid forskningsinstituterna SP och MEFOS samt vid SGU. De senaste åren har flera steg tagits mot en ökad samverkan inom området, bland annat genom den gemensamma forsknings- och innovationsagenda som togs fram inom Vinnovas satsningar på strategiska innovationsområden. Den agendan resulterade sedan i ett strategiskt innovationsprogram, STRIM.

Samverkan med nationellt fokus såsom det strategiska innovationsprogrammet för Gruv- och Metallutvinning, STRIM, resulterar redan i mer samarbete mellan forskningsaktörer och en breddning av aktörerna inom området jämfört med tidigare.

Det finns också ett större engagemang och bredd i de styrande funktionerna inom STRIM än vad som funnits i tidigare satsningar, till exempel ingår både SGU, SP och Uppsala Universitet i STRIMs styrelse. De strategiska innovationsprogrammen samverkar också med varandra för att gemensamt adressera frågor som täcker flera program, exempelvis kommer gemensamma utlysningar med livscykelperspektiv på gruv- och metallfrågor. Det nystartade innovationsprogrammet Re:Source kan också bidra. Det är värt att notera att det finns ett antal innovationsprogram som arbetar med material och råvarufrågor, och som, både enskilt och gemensamt, kommer att kunna bidra till områdets utveckling i Sverige.

Fortsatt fokus och ökade ekonomiska resurser till samverkansprogram med nationellt ansvar (strategiska innovationsprogram) kommer att stärka utvecklingen inom råvaruförsörjning, materialeffektivitet, återvinning och cirkulär ekonomi, till gagn för både svensk forskning och näringsliv. De strategiska innovationsprogrammets upplägg med gemensamma strategier och prioriteringar möjliggör fokus på samverkan.

En notering från det europeiska samarbetet är att Sverige framstår som ett land med god samverkan mellan forskning och näringsliv, att det finns ett starkt säkerhets- och miljötänkande och att vi är intressanta som europeiska partners. Sverige har också en nod inom den europeiska Knowledge and Innovation Community (KIC) inom råmaterialområdet, och deltar med ett stort antal forskningsaktörer och företag i flera noder.

Samverkan mellan forskningsaktörer kan stärkas genom ett flertal insatser som samtidigt möter de styrkor och utmaningar området står inför. Satsningar som en gemensam nationell forskarskola möter såväl samverkansförbättringar som kompetensförsörjning, samtidigt som det med rätt upplägg kan göras industriellt relevant och internationellt attraktivt.

4.4 Kategorisering av forskningssatsningarna med avseende på i vilken grad de beaktar den cirkulära ekonomin

Det finns inget enkelt sätt att kvantifiera i vilken utsträckning historiska och kommande forskningssatsningar beaktar den cirkulära ekonomin. Det är dock tydligt att en mängd delområden, flera av dem internationellt starka, i hög grad bidrar till den cirkulära ekonomin. Det finns en stark utveckling av förbättrad utvinning av primära råvarukällor och återvinning av sekundära råvarukällor. Vår bedömning är att nyare forskningssatsningar i högre grad än äldre har ett tydligare fokus på cirkulär ekonomi. Detta innefattar också de satsningar som gjorts inom de strategiska forskningsområdena (SFO), och i mycket hög grad inom de strategiska innovationsprogrammen, där till exempel två program nyligen gjorde en gemensam utlysning om livscykelanalys för metalliska material.

5 Vinnovas förslag

Genom kartläggningen av gruv- och mineralforskning blir det tydligt att såväl näringslivsrepresentanter som forskningsaktörer uppfattar samverkansforskning som meningsfull och stimulerande samtidigt som den bidrar till akademisk och industriell konkurrenskraft. Det framgår också tydligt genom enkät och intervjuer att det finns en historik av samverkan mellan näringsliv och forskningsaktörer som ytterligare byggts på genom långsiktiga strategiska satsningar, senast representerat av de strategiska innovationsprogram som Vinnova startat i samverkan med områdets aktörer.

Kartläggningen av gruv- och mineralområdet visar också att det finns en rad svenska styrkeområden, både ämnesmässiga och kulturella. Bland de ämnesmässiga kan nämnas gruvteknik, miljöfrågor och säkerhetsfrågor som är tydliga industriella styrkor. Bland de kulturella styrkorna finns lång erfarenhet av samverkan, såväl nationellt som internationellt och mellan ämnesområden. Just de kulturella styrkorna delas med många andra forskningsområden. Det finns också utmaningar att arbeta vidare med samtidigt med viktiga nya områden med potential för excellens. Kartläggningen visar också att det finns ett intresse för öppna data från ansvariga myndigheter, dessa kan gynna ny kunskapsutveckling och nya investeringar i Sverige.

Flertalet av de svenska styrkeområdena inom gruv- och mineralteknik bidrar också i hög grad till en cirkulär ekonomi. Det finns ett starkt fokus på återvinning och tekniker och metoder för att så långt som möjligt återanvända material. Särskilt metallutvinning producerar råvaror som kan återanvändas oändligt. Där ligger fokus istället på att minska miljöpåverkan från framställningen, till exempel genom energieffektivisering och minskade utsläpp från tillverkning.

Större etablerade och internationellt verksamma företag driver utvecklingen framåt och Sverige måste vara en attraktiv plats för företagets verksamhet. De nationella och internationella nätverk de agerar i utgör kanaler till exportmarknader och plattformar för FoU-samverkan, och det är därför viktigt att investera i sådan forskningssamverkan som skapar förutsättningar för fortsatta industriella investeringar i Sverige och i svensk forskning.

Förtroendeskapande forskningsinvesteringar utmärks av att de tas fram i samverkan mellan behovsägare och kunskapsaktörer. De är också långsiktiga och bygger på gemensamma strategier och prioriteringar, samtidigt som de är agila för att hantera snabba omvärldsförändringar. Långsiktiga strategier är särskilt viktiga inom det cykliska gruv- och mineralområdet. Robusta och breda samverkansprogram kan också hantera områden som har stor potential och framtida nytta men som ännu inte är direkt industriellt applicerbara. Långsiktiga satsningar bör också i stor utsträckning vara öppna för aktörer och idéer som tillkommer under satsningens livslängd för att stimulera förnyelse och gränsöverskridande samverkan. Det är värt att notera att det finns ett antal innovationsprogram som arbetar med material och råvarufrågor, och som både enskilt och gemensamt, kommer att kunna bidra till områdets utveckling i Sverige. Såväl Vinnova som enskilda samverkansprogram kan verka som neutrala mötesplatser för att stimulera idéutveckling och undvika konserverande och rigida strukturer.

Baserat på kartläggning, enkät och intervjuer med områdets aktörer föreslår Vinnova **en fortsatt och förstärkt satsning på strategiska innovationsprogram** inom området, förslagsvis med följande delkomponenter:

- En satsning på nationell forskarskola inom gruv- och mineralområdet som bedrivs gemensamt av flera lärosäten, förslagsvis även med internationell koppling
- Särskilda åtgärder för att stärka ledningen av komplexa samverkansprojekt
- Incitament för kompetensöverskridande samverkan inom och utom gruv- och mineralområdet
- En särskild satsning för framtida områden med hög potential som ännu inte attraherar industriell medfinansiering, exempelvis urban mining och substitution av kritiska råvaror
- Särskilda incitament för mobilitet mellan samtliga aktörstyper inom området

Från vår kartläggning och undersökning ser vi att det finns intresse och behov av sådana satsningar, men att de inte ryms inom befintliga resurs- och budgetramar. Det strategiska innovationsprogrammet STRIM är en viktig och samlande aktör inom området, och adresserar en del av förslagen ovan, t.ex. har de planer på att starta en forskarskola i år och deras breda öppna utlysningar inkluderar framtida områden med hög potential och uppmuntrar kompetensöverskridande samverkan, men det behövs ytterligare förstärkning.

Därutöver bör en satsning på grundforskning inom området kunna stimulera såväl framtida behovs- och excellensområden som kompetensförsörjning.

6 Förteckning över bilagor

Bilaga 1. Sammanställning av strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskning.

Bilaga 2. Forskning och framtid-Svensk gruvindustri i perspektiv.

Bilaga 3. Vetenskapsrådets bibliometriska utvärdering.

Bilaga 4. Bibliometric study of Swedish research in mining and minerals (KTH).

Bilaga 5. Enkät och intervjustudie.

Bilaga 6. Ekonomisk sammanställning för uppdraget.

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 landfill 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.miljonnytt.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 infrastrukturer).

¹⁴ Ibid

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

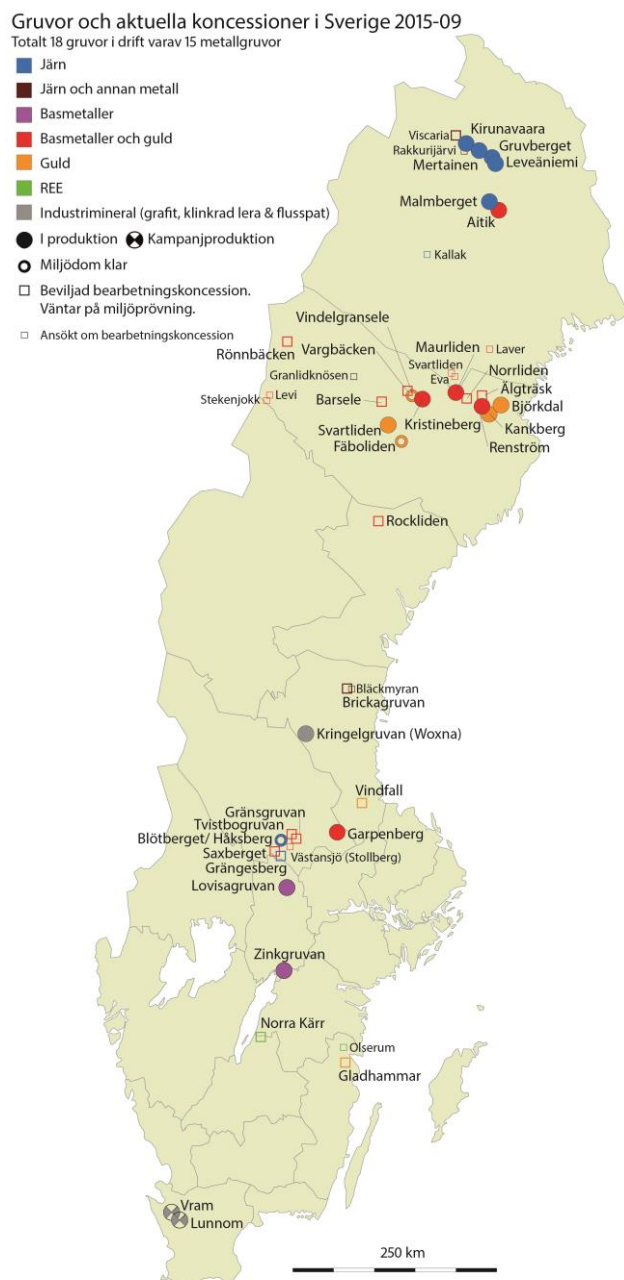
¹⁶ Ibid

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.

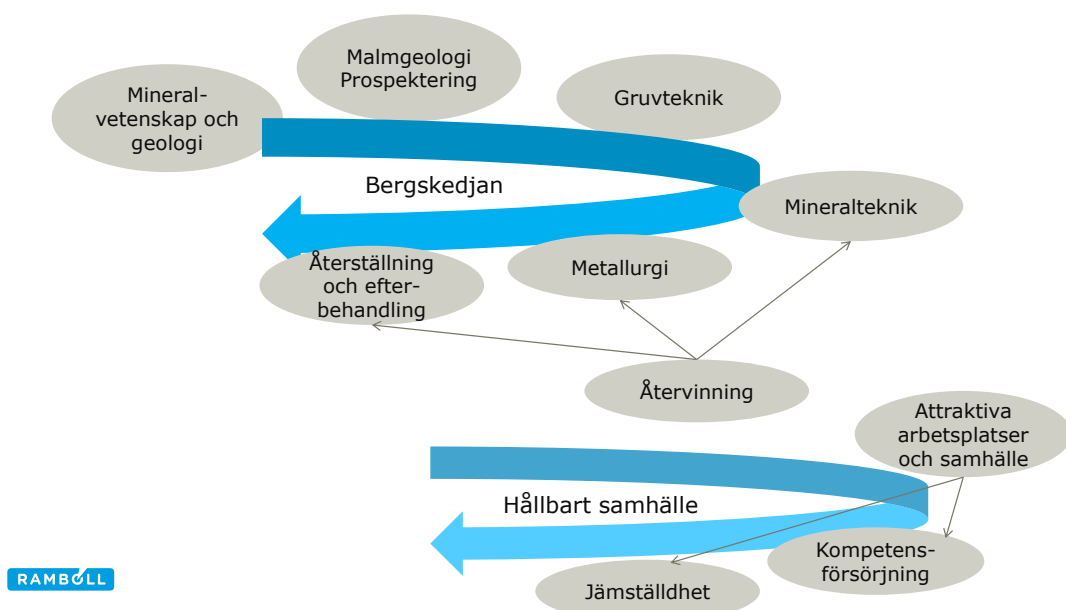
⁴⁵ Företag inom svensk gruv- och mineralindustri (2007-2011). Vinnova 2013:12

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 mineralförkomster 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 borrning 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 reductant 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 gruvsamhällen

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 gruvsamhällen* 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/publicirkaations/mapping-the-nordic-mining-and-metal-industry\(513cb848-7707-4bb9-8bc1-3cirkabaf0cirka08a\).html](http://pure.ltu.se/portal/sv/publicirkaations/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.stenametall.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-jamstallldhet-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>)

Forskning och Framtid Svensk gruvindustri i perspektiv



Bild: Pär Wehede, LTU

Göran Bäckblom
April 2016

Sammanfattning

Att "Svensk forskning inom gruv- och mineralrelaterade områden ska vara världsledande och präglas av väl fungerande samarbete mellan näringsliv och akademi" är en viktig del i Sveriges mineralstrategi. Regeringen har gett uppdrag till Vinnova att bland annat bedöma den strategiska nyttan av fortsatta satsningar på forskning inom gruv- och mineralnäringen. Denna rapport är ett delunderlag till Vinnova och belyser trender i olika perspektiv. Några områden där forskning är vital för fortsatt långsiktig hållbarhet identifieras.

Globalt

Ökande befolkning och växande ekonomier innebär fortsatt ökande behov av metaller och mineraler som i dagsläget behöver mötas med nya gruvor. Den teknologiska utvecklingen av energisystem och elektronik medför samtidigt mer komplexa produkter med allt fler typer av ingående metaller, ofta i små mängder, nödvändiga för funktionen. Värdekedjorna blir globala men å andra sidan finns också en trend mot ökade handelshinder, vilket allvarligt hotar den framtida handeln av råvaror och då i ännu högre grad handeln med de produkter som är beroende av en säker råvaruförsörjning.

Varken nu eller under översiktlig framtid kan återvinning tillgodose världens behov av metaller och mineraler. För många av de så kallade teknologimetallerna saknas också effektiv teknologi för återvinning. I gruvorna bryter man allt fattigare malmer på större djup och på mer avlägsna platser. Ökade inslag av nationalism och maktskiften med ökande polarisering inom nationalstaten ökar komplexiteten i råvaruförsörjning samt möjligheten att få tillstånd till nya gruvor.

Många av de globala trenderna är allmänna och inte specifika för råvarusektorn. Klimatöverenskommelsen COP 21 medför krav på ordentliga effektiviseringar inom råvarusektorn, som förmodligen inte kan mötas utan helt nya typer av klimatsmarta processer. Specifikt för gruvsektorn kan man anta fyra "game-changers": 1) Sakernas Internet (Internet of Things) 2) Lärande maskiner för autonoma fordon och system 3) Bioteknologi för utvinningsbara metaller och för rening av gruvavfall 4) Smarta kläder och personutrustningar som skyddar för utsläpp och extrema temperaturer.

Utvecklingen i stort men också i Sverige talar för ett bredare, sammanhållet forskningsprogram inom långsiktig hållbarhet där också mineralekonomi och samhällspåverkan är viktiga beståndsdelar.

EU

Råvaror har under närmare 10 år varit en av de frågor som varit på den politiska agendan. Genom Råvaruinitiativet har EU banat väg för ett flertal åtgärder, inte minst inom det nuvarande ramprogrammet Horisont 2020. EU har dessutom skapat ett flertal strukturer för att kraftsamla intressenterna. Det har varit en betydande och mycket fruktbar växelverkan mellan EUs och Sveriges forskningssatsningar för råvarusektorn.

I dagsläget finns inom den politiska nivån på Kommissionen ett minskat fokus på råvarufrågor, vilket kan få stora konsekvenser på det kommande ramprogrammet efter Horisont 2020 som nu börjar skissas. Det är av yttersta vikt att Sverige och andra mineralrika länder som Finland och Polen aktivt påverkar Kommissionen att fortsatt prioritera råvarufrågorna.

EUs projekt blir allt större. Om trenden fortsätter är det än mer nödvändigt att svensk institutssektor kraftsamlar och att man hittar former där svenska institut samarbetar med universiteten - inte konkurrerar.

Norden och Arktis

Nordiska Rådet har förtjänstfullt finansierat ett nordiskt forskningsprogram inom råvarusektorn, NordMin. Nordiska Rådet torde vara en utmärkt finansiär av ett bredare samhällsforskningsprogram om långsiktig hållbarhet för råvarusektorn. Ett starkare nordiskt samarbete torde också vara fördelaktigt för förhandlingar med EU och inte minst med Arktiska Rådet där Finland är ordförande 2017 - 2019.

Sverige

Stora forskningsprojekt som Forskningsgruvan i Luossavaara (1975-1985), Gruvteknik 2000 (1987-1992) och det Strategiska Gruvforskningsprogrammet (2006-2010) har haft ett gemensamt ursprung - att staten, industrin och akademien kraftsamlat kring fokuserade åtgärder. De senaste gemensamma insatserna har resulterat i ett brett, strategiskt innovationsprogram för råvarusektorn, SIP STRIM och att EIT Raw Materials har etablerat ett center i Luleå. Vidare har gruvsektorn skapat ett aktiebolag Nordic Rock Tech Centre AB (RTC) med avsikt att föra ut forskningsresultat i praktiken. Organisationerna Georange och Bergskraft ger väsentliga bidrag till sektorns utveckling. I dagsläget är tid att återigen klargöra gränssnitt och roller mellan aktörerna för fortsatt ökad slagkraft.

Ett svenskt dilemma är att små, internationellt framgångsrika svenska företag köps upp av utländska företag för att sedan mer eller mindre läggas ner i Sverige. Det är på sin plats att det etableras så kallade "acceleratorer" för råvarusektorn, så att de svenska företagen växer och förvärvar, hellre än förväras.

Styrkor och svagheter

Rapporten kompletterar andra källor och konstaterar att svensk industri är stark inom ett antal specifika nischer, men inte i alla. Sverige har med systematisk prospektering stor potential för fortsatta fynd i svensk berggrund vilken då medför att det finns fortsatt gruvverksamhet i Sverige. Det ger ökade möjligheter att svenska teknik- och utrustningsleverantörer att fortsätta ett nära samarbete med sina svenska kunder för att utveckla framtidens säkra och effektiva teknologier för en global marknad. För att bibehålla detta försprång är det nu av vikt att den svenska gruvindustrin i samverkan tar fram digitala plattformar och ökad automation för råvarusektorn. Vidare bör man satsa på ordentliga program inom mikrobiologi för att förhoppningsvis hitta nya metoder att anrika komplexa malmer och rena gruvavfall. Det är också vitalt att ett brett, sammanhållet samhällsforskningsprogram finansieras.

Former för samverkan

Det är klokt om de svenska forskningsaktörerna återigen renodlar roller och gränssnitt. Tillväxt sker i gradienter och eller gränssnitt och för att initiera gradienter och nya gränssnitt bör man hitta tydliga instrument för ökad samutlysning mellan strategiska innovationsprogram (SIP), t ex genom budgetanvisning. Syftet är naturligtvis att få till större konkurrens i ansökningar och att skapa bättre projekt. SIPar synes vara en effektiv form för samverkan och det är viktigt att de ges tillräcklig tid att utvecklas, minimum fem år framåt. En utmaning är att utforma en långsiktig strategi för forskning i en cyklisk bransch. För en starkare svensk råvarusektor i EU-ansökningar är det nödvändigt med starkare samarbeten mellan institut och akademi. Råvarusektorn behöver också utveckla sitt innovationssystem och pröva "open innovation" för att hitta nya vägar och idéer för problemlösning.

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| SAMMANFATTNING | 1 |
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING | 3 |
| 1 INLEDNING | 4 |
| 2 DEFINITIONER | 5 |
| 3 GLOBALA TRENDER | 6 |
| 3.1 EFTERFRÅGAN OCH UTBUD | 6 |
| 3.2 SCENARIOS OCH TRENDER FÖR GRUV- OCH MINERALINDUSTRIN..... | 10 |
| 3.3 SAMMANFATTANDE KOMMENTARER | 13 |
| 4 VAD GÖR EU? | 14 |
| 4.1 RÅVARUINITIATIVET (RAW MATERIALS INITIATIVE – RMI) | 14 |
| 4.2 FORSKNING OCH INNOVATION..... | 17 |
| 4.2.1 <i>European Technology Platforms (ETP)</i> | 18 |
| 4.2.2 <i>ERA-NET</i> | 18 |
| 4.2.3 <i>Public Private Partnerships (PPP)</i> | 19 |
| 4.2.4 <i>Europeiska innovationspartnerskap (EIP)</i> | 19 |
| 4.2.5 <i>Horisont 2020</i> | 21 |
| 4.2.6 <i>EIT Råvaror (EIT Raw Materials)</i> | 23 |
| 4.3 CIRKULÄR EKONOMI..... | 23 |
| 4.4 SAMMANFATTANDE KOMMENTARER | 25 |
| 5 NORDISKA INITIATIV OCH ARKTIS | 26 |
| 6 SVENSKA INITIATIV I PERSPEKTIV | 27 |
| 6.1 FORSKNINGSGRUVAN I LUOSSAVAARA (1976-1985) | 28 |
| 6.2 GRUVTEKNIK 2000 (1987-1992)..... | 28 |
| 6.3 EFTER GRUVTEKNIK 2000 – VISION 2010 | 29 |
| 6.4 FORSKNINGSPROPOSITIONERNA 2004-2012 | 31 |
| 6.5 DET SVENSKA LANDSKAPET – INDUSTRI OCH AKADEMI I SAMVERKAN..... | 35 |
| 7 STYRKOR OCH UTMANINGAR I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV | 36 |
| 8 FORMER FÖR SAMVERKAN | 38 |
| 9 EFTERORD | 40 |
| 10 REFERENSER | 40 |

1 Inledning

“Mining is not everything. But without mining, everything is nothing”¹

Regeringens uppdrag till Vinnova (2015-03-05 N2015/2162/FÖF) är bland annat att *“genomföra en ämnesöversikt och kartläggning av svenska styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskningsområdet. Forskningsområdena Urban Mining, återvinning av metaller (särskilt kritiska metaller) och substitution av kritiska metaller ska inkluderas i uppdraget.”* Vidare anförts att *“Sveriges styrkeområden och utmaningar inom gruv- och mineralforskningen i ett internationellt perspektiv ska identifieras och den strategiska nyttan av att genomföra satsningar på dessa ska bedömas. I uppdraget ska också ingå att lämna förslag på hur samverkans former mellan forskningsaktörer inom gruv- och mineralområdet kan förbättras.”* Man önskar också *“en kartläggning av historiska och kommande forskningssatsningar inom de aktuella forskningsområdena.”*

Uppdraget från regeringen till Vinnova utgör en del i arbetet med att uppnå målen i Sveriges mineralstrategi, nämligen 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.”*

Färsk rapport från LTU², IF Metall³ och Vinnova⁴ ger goda beskrivningar av dagens nordiska och svenska industri. SGU har i samråd med Naturvårdsverket också genomfört en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotentialen för metall- och mineraltillgångar i Sverige.⁵

Grunden för långsiktig konkurrenskraft är att anpassa sig till omvärldens förändringar snabbare och effektivare än konkurrenter. Förändringar kan vara långsiktiga trender och paradigmskiften, men också snabba omkastningar i förutsättningarna. Det är inte säkert att man behöver vara i topp i alla områden, men sammantaget ska ett företag eller organisation vara bättre än konkurrenterna för långsiktig konkurrenskraft.

Den här rapporten är ett delunderlag till Vinnovas huvudrapport. Den inleds med en bred belysning av globala trender och hur initiativ i EU, Norden och Sverige samverkar för att möta behoven. Vidare diskuteras behov av nya kunskaper (forskning) och färdigheter som torde behövas för att stärka den svenska konkurrenskraften. I rapportens senare delar diskuteras strategiska nyttor med fortsatta insatser och synpunkter om hur den svenska samverkan mellan intressenter kan stärkas.

¹ Mark Cutifani, CEO Anglo American

² Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J. Söderholm, P., 2014. Mapping the Nordic mining and metal industry for the purpose of enhancing and developing its innovative capability, Luleå Univ of Technology. https://pure.ltu.se/portal/files/97402485/Rapport_Nordisk_gruvindustri.pdf

³ Åberg, K., 2015. Gruvindustrin. Fokus industrin. Rapport #3. IF Metall. [https://www.ifmetall.se/ifmetall/home/resources.nsf/vRes/if_metall_1299580918718_industrilandet_sverige_gruvind_pdf/\\$File/Industrilandet%20Sverige_Gruvind.pdf](https://www.ifmetall.se/ifmetall/home/resources.nsf/vRes/if_metall_1299580918718_industrilandet_sverige_gruvind_pdf/$File/Industrilandet%20Sverige_Gruvind.pdf)

⁴ Sörensson, R., 2013. Företag inom svensk gruv- och mineralindustri - 2007-2011 Vinnova Analys VA 2013:12. ISBN 978-91-86517-95-3, http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/va_13_12.pdf

⁵ SGU, 2014 Redovisning av regeringsuppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. 3114-1639/2013. Sveriges Geologiska Undersökning. <http://resource.sgu.se/produkter/regeringsrapporter/utvinnings-och-atervinningspotential-metaller-mineral-2014.pdf>

2 Definitioner

Några grundläggande definitioner följer:

Vad är gruvindustrin?

I det smala perspektivet är gruvindustrin gruvbolagen, exempelvis Boliden och LKAB. Det finns också en stor uppsättning av prospekteringsbolag som letar fyndigheter och som sedan säljer fyndigheter till gruvbolag. I ett bredare perspektiv finns även stora utrustningsleverantörer som har en betydande del av sin affär mot gruvindustrin (ABB, Atlas Copco, Sandvik, m fl.). Vidare finns det teknik konsulter som levererar tjänster mot gruvbolagen och utrustningsleverantörerna. Gruvindustrin bör ses som en sektor och behandlas som en sektor innefattande hela klustret över värdekedjan.

Vad är malm?

”Malm” kallas inte längre malm utan mineralreserv. En **mineralreserv** är den del av tillgången som kan utvinnas lönsamt. Den svenska nomenklaturen är anpassad till internationellt vedertaget språkbruk, se vidare⁶. Industrin i Sverige, Finland och Norge har för övrigt gemensamma, rekommenderade regler för publik information om prospekteringsresultat, undersökningar, lönsamhetsstudier och värderingar av mineraltillgångar och mineralreserver⁷.

Långsiktig hållbarhet?

Hållbarhet har med tiden kommit alltmer i fokus. Den allmänna definitionen är att en verksamhet *”möter dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att möta sina behov”*. För långsiktig hållbarhet ska tre faktorer balanseras – den ekonomiska, den ekologiska och den sociala hållbarheten. Det är en utmaning att definiera hållbarhet i ett tillväxtperspektiv, hellre än i ett bevarandeperspektiv. Kopplingen mellan hållbarhet och gruvor har närmare bearbetats in en nyligen genomförd förstudie⁸ som grund för ett nytt forskningsområde. Området bedöms vara centralt för att få samhällets breda acceptans nationellt, regionalt och lokalt.

Vad är ”cash-cost”?

Cash-cost är inte internationellt definierad, men avser oftast platskostnader (kostnad för brytning, anrikning etc) utan hänsyn till avskrivning, amortering, huvudkontorets kostnader mm. Kostnaden divideras sedan med den mängd produkt som produceras utan hänsyn till biprodukters värde. För en kopparmalm som innehåller en biprodukt guld, dras värdet av guldet bort innan cash-cost beräknas. Det har också blivit vanligare att man i cash-cost inkluderar ersättningsinvesteringar för att kunna upprätthålla produktionsförmågan. Cash-cost ger en enkel överblick av gruvans kortsiktiga lönsamhet. Sammanställningar av årsredovisningarna från gruvföretagen innehåller oftast nödvändig information för att kunna se den egna gruvans cash-cost i förhållande till mer eller mindre alla andra gruvor i världen. Genom denna översikt ser man enkelt vilka metallpriser som är nödvändiga för att en gruva ska vara kortsiktigt lönsam. Cash-cost för en typisk koppargruva i mellanskiktet ligger i storleksordningen kring 1 USD/pound Cu och logiken är att en gruva med mycket låg cash-cost är lönsam i alla konjunkturer medan en gruva med hög cash-cost bara är lönsam vid höga metallpriser och följaktligen kommer

⁶ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Mineraltillg%C3%A5ng>

⁷ http://www.svemin.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=5a102a96-e43e-441f-a477-a08602f28355&FileName=FRB_standarden_120101.pdf

⁸ Hojem, P., 2014. Making Mining Sustainable: Overview of private and public responses. Luleå Univ of Technology, se vidare <http://www.ltu.se/research/areas-of-excellence/future-mining/Publikationer/Fem-nya-rapporter-om-gruvor-och-hallbar-utveckling-1.124549>

att stängas ner temporärt eller för alltid vid en lågkonjunktur. En mycket rik mineralreserv (malm) kan ha låg cash-cost även vid måttlig produktivitet medan en fattig mineralreserv kräver hög produktivitet för lönsamhet i alla konjunkturer. Ett exempel är Aitikgruvan där Boliden bryter en mycket fattig kopparmalm, men där produktivitet i världsklass gör gruvan lönsam över större delen av en konjunkturcykel.

3 Globala trender

”Förutsägelser är alltid svåra att göra – särskilt om framtiden”⁹

För en långsiktig hållbar gruv- och mineralindustri i Sverige är det utomordentligt viktigt att förstå omvärldens trender och paradigmskiften för att förhoppningsvis proaktivt kunna möta kunders och samhällets förväntningar. Det är då forskningens roll att ta fram den nya kunskap som behövs för att lösa dagens och framtidens utmaningar. Det är uppenbart att megatrender som globalisering, urbanisering, digitalisering mm påverkar gruv- och mineralindustrin både globalt och i Sverige; därutöver finns naturligtvis ett antal ”interna trender” inom näringen att ta hänsyn till för att bygga stärkt konkurrenskraft. Som en startpunkt är det av intresse att studera en färsk rapport från World Economic Forum¹⁰ som beskriver trender och globala risker. En översikt visas i Figur 3-1 med en kompletterande Tabell 3-1 som också diskuterar hur de globala trenderna kan påverka råvarusektorn. Som exempel kan nämnas ökad nationalism som lär medföra handelshinder och minskad säkerhet i leverans av både råvaror och teknologi. En annan aspekt är nationalstatens försvagning som kan minska möjligheten att driva befintlig industri och önskar mer än att öppna upp för expansion. Det är uppenbart att motsättningar och komplexiteten kan öka med tiden, vilket inte minst får konsekvenser vad man behöver forska om. Mineralekonomi och samhällsfrågor är därmed exempel på frågor som bör ingå i långsiktiga forskningsprogram för råvarusektorn som helhet.

3.1 Efterfrågan och utbud

Efterfrågan på metaller ökar med ökande befolkning och med ökande ekonomisk tillväxt. Falu Koppargruva producerade under sin storhetstid på 1600-talet ca 3000 ton koppar per år, vilket var ca 2/3 av världens produktion av koppar. Idag är den årliga, globala produktionen av koppar kring 20 miljoner ton, varav 18% kommer från återvinning¹¹.

En jordbrukare har skördetid en eller flera gånger per år med priser på produkterna som kan variera kraftigt beroende på utbud och efterfrågan. Det samma gäller skogsbruket men med längre cykler, här i ett 10-100 års perspektiv. Svängande efterfrågan och utbud med följande stora variationer i priser är också en mycket typisk förekomst när det gäller metaller och mineraler.

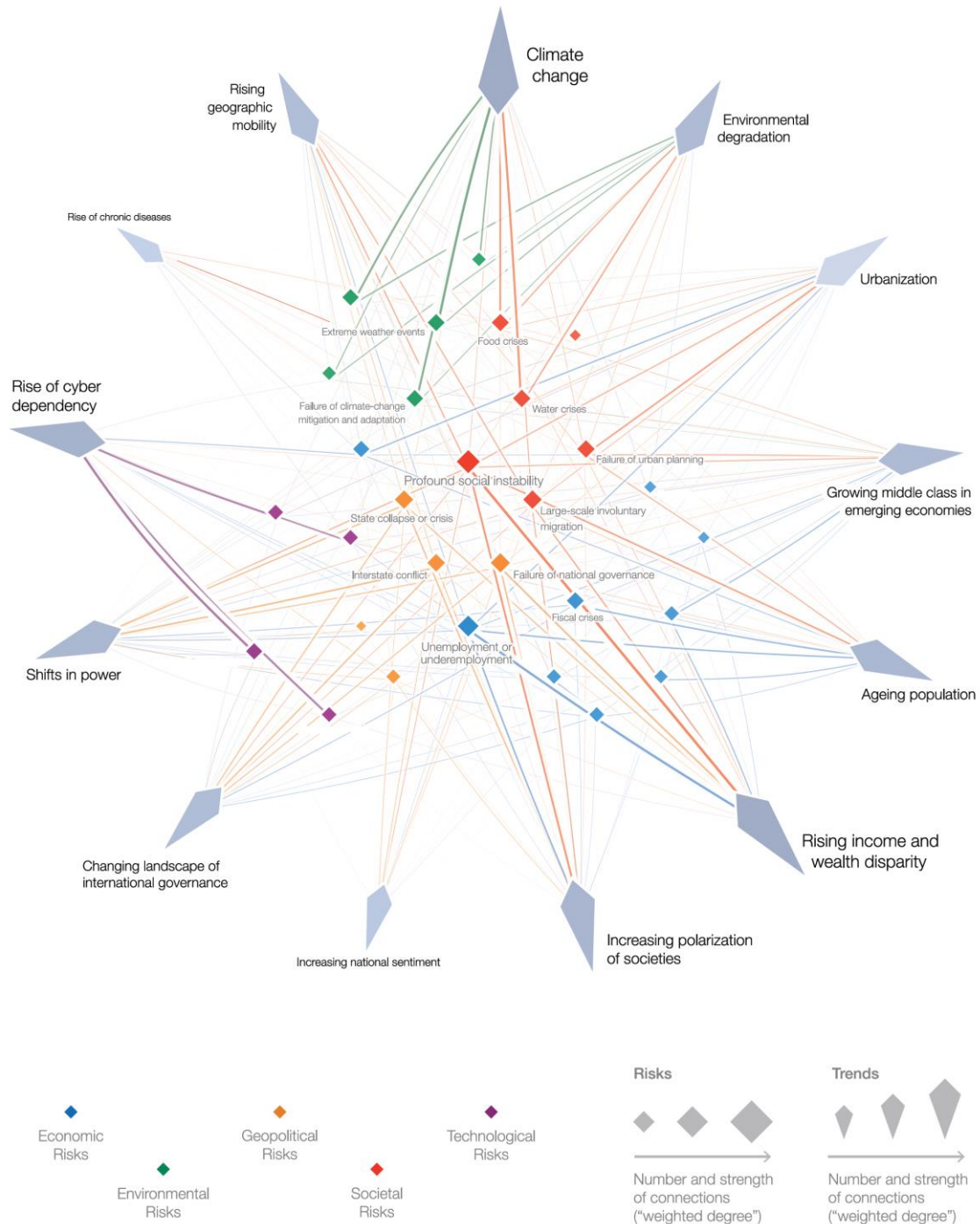
En god hushållningsprincip för långsiktig hållbarhet är då att samla vinsterna och göra investeringar under de goda åren så att det finns att ta av när det råder bistra tider. I samband med Kinas tillväxt har mer eller mindre samtliga handelsvaror (”commodities”) haft en enorm prisutveckling sedan mitten av 1990-talet beroende på plötsligt starkt ökande efterfrågan och där investeringar för att öka utbudet genom ökad kapacitet kan ta ett flertal år att genomföra. I och med att tillväxten i Kina nu bromsar in och utbudet har ökat, faller priserna kraftigt. Prisbildningsmekanismer för handelsvaror har beskrivits bl. a av Centre for European Policy Studies

⁹ Niels Bohr. Fysiker och nobelpristagare

¹⁰ World Economic Forum, 2016. The Global Risk Report 2016. WEF.
http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf

¹¹ <http://copperalliance.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/ICSG-Factbook-2014.pdf>

(CEPS), där även prismodeller för järnmalm, koppar och aluminium analyserades¹². Man konstaterar i allmänhet att marknaden för handelsvaror senaste decenniet har gått från en dunkel tillvaro till ett belyst område som på djupet analyseras av policyskapare och finansiella institutioner. Handeln är nu inte bara den fysiska marknaden utan också den finansiella.



Figur 3-1. Trender och risker. WEF, 2016

¹² Valiante, D., 2013. Commodities Price Formation: Financialisation and Beyond, CEPS-ECMI Task Force Report, Centre for European Policy Studies, Brussels.

Tabell 3-1, Analys av trender och dess påverkan på råvaruförsörjningen. Trend och beskrivning från WEF, 2016. Koppling till råvarufrågorna av författaren.

| Trend | Description | Relevance for raw material supply Author's assessments |
|---|--|--|
| Ageing population | Ageing populations in developed and developing countries driven by declining fertility and decrease of middle and old age mortality. | Stiffer competition for young educated people. Adapt work places to fit older people. Need for regular updates of training and education. |
| Changing landscape of international governance | Changing landscape of global or regional institutions (e.g. UN, IMF, NATO, etc.), international governance, agreements of networks. | International agreements would contribute to fair competition on a level playing field. |
| Climate change | Change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere, in addition to natural climate variability. | Strong incentive to find new or better processes to extract minerals and metals. Strong incentive for increased economical recycling. New energy technology requires an increased number and volumes of "technology metals" that for the present are difficult to recycle. |
| Environmental degradation | Deterioration in the quality of air, soil and water from ambient concentrations of pollutants and other activities and processes. | International regulations necessary to increase mining tailing dam safety. Better processes to make fruitful use of impediments as well as lowered emissions to air and water. |
| Growing middle class in emerging economies | Growing share of population reaching middle-class income levels in emerging economies | Growing demand for minerals and metals. |
| Increasing national sentiments | Increasing national sentiment among populations and political leaders affecting countries' national and international political positions. | Rise of import and export restrictions that would impair free trade of minerals, metals and technology. Risk for disorder in the supply chain. |
| Increasing polarization of societies | Inability to reach agreement on key issues within countries because of diverging or extreme values, political or religious views. | Increased difficulty to have access to land and extended duration for permitting under present legislation. |
| Rise of chronic diseases | Increasing rates of non-communicable diseases, also known as chronic diseases, leading to long-term costs of treatment and threatening recent societal gains in life | Societal challenge also affecting raw material sectors, not least risk for epidemics. |
| Rise of cyber dependency | Rise of cyber dependency due to increasing digital interconnection of people, things and organizations. | The move to Industry 4.0 is certainly adding an issue of cyber dependency related to platforms, data networks and cyber safety. |

| Trend | Description | Relevance for raw material supply Author's judgements |
|---|---|--|
| Rising geographic mobility | Increasing mobility of people and things due to quicker and better-performing means of transport and lowered regulatory barriers. | Fly-in and fly-out more likely options for raw materials extraction in remote places. Building of transport infrastructures would increase demand for minerals and metals. |
| Rising income and wealth disparity | Increasing socio-economic gap between rich and poor in major countries or regions. | Mining has contributed to growth of prosperity in regions and countries, but also to the "Dutch disease" depending on the quality of institutions and governance. |
| Shifts in power | Shifting power from state to non-state actors and individuals, from global to regional levels, and from developed to emerging market and developing economies | Increased tensions between regions and the state where national frameworks not necessarily are applicable would further complicate running an existent industrial operation and even more to license new operations. |
| Urbanization | Rising number of people living in urban areas resulting in physical growth of cities. | Increase demand for minerals and metals. Also more difficult to attract people to work in remote areas. |

Ett viktigt bidrag till ökad förståelse av marknadskrafter ges av Jacks, 2013^{13,14}. Han har undersökt de reala priserna för 30 handelsvaror över 160 år, mellan år 1850 till år 2012. Långsiktigt har priserna sjunkit på det som växer, som ris, vete etc., medan priserna långsiktigt stigit på handelsvaror som metaller och mineraler. Han undersökte även supercykler för alla dessa 30 handelsvaror, här definierad som att priset avviker med mer än 20 % från trenden. Den viktiga slutsatsen av de statistiska analyserna är att en supercykel från start till slut aldrig varar mer än 40 år. Supercykler uppstår i tider av snabb industrialisering och urbanisering. Hälften av handelsvarorna inledde den senaste supercykeln mellan 1994 och 1999. I och med att tillväxten avtar i Kina spekulerar Economist¹⁵ och många andra att handelsvaror är i slutet av en supercykel. Järnmalmspriset var 9 december nere på 2005 års nivå (under USD 40 per ton) och oljan nere på 2009 års nivå (USD 40 per fat) och samma dag meddelar det stora gruvkonglomeratet Anglo American att man kommer att göra sig av med stora delar av sina tillgångar motsvarande närmare 2/3 av sina 155 000 anställda.

En utmaning är då att utforma en långsiktig strategi för forskning i cykliska branscher. I tider av tillväxt och goda vinster är fokus inriktat på att öka produktionen. I bistra tider skärs kostnader och personal ned, inkl.

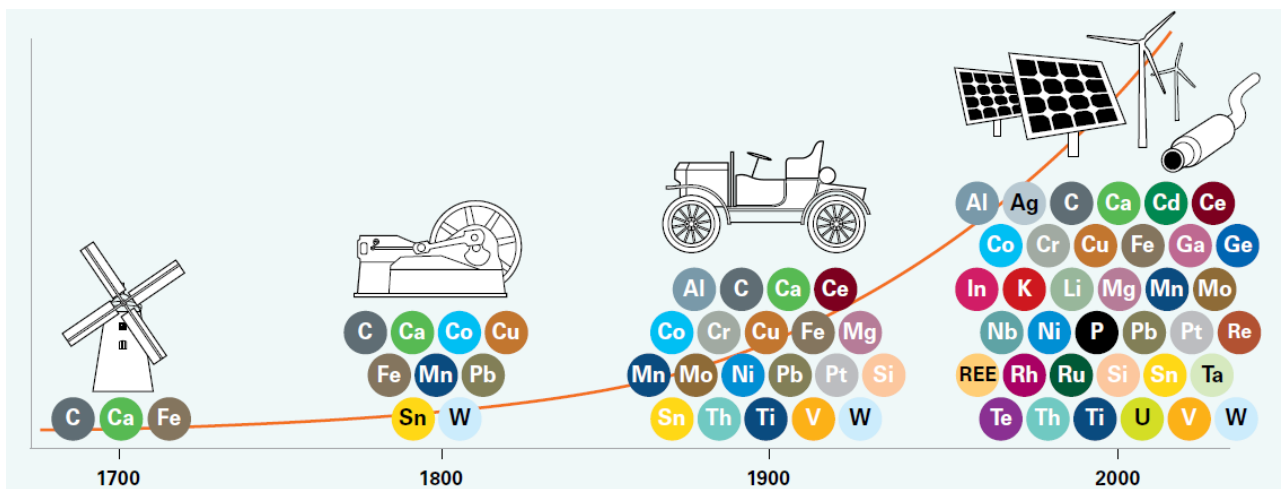
¹³ Jacks, D.S., 2013. From boom to bust: a typology of real commodity prices in the long run
David S. Jacks, Working Paper 18874. <http://www.nber.org/papers/w18874> National Bureau of Economic Research, Massachusetts, USA

¹⁴ Economist, 2013. Shocks and Ores. Economist 8 juni 2013

¹⁵ Economist, 2015. In a hole. Economist 12 dec 2015

medel för intern och extern forskning. De ovan nämnda supercyklerna rör handelsvaror men det finns också åtminstone tre andra aspekter att ta hänsyn till i efterfrågan och utbud:

- **Nya teknologiska processer kan helt förändra prisbildn.** Napoleon III använde bestick av aluminium, eftersom aluminium i mitten av 1800-talet var mer exklusivt och dyrare än guld¹⁶. Genom att från slutet av 1800-talet använda elektrolys för att separera metallen, så reducerades priset radikalt och aluminium fick med tiden en allt ökande efterfrågan. Som andra metaller så förbrukas inte aluminium vid användning; de är grundämnen och evigt återvinningsbara, förutsatt att system och teknologi finns för återvinning.
- **Hälsa- och miljöfarliga ämnen kan via lagstiftning fasas ut.** Det mest lyckade exemplet är Montrealprotokollet som förbjöd användning av freoner och som har ratificerats av 197 länder.
- **Nya produkter kräver nya material.** En modern mobiltelefon använder mer än 60 olika metalliska grundämnen. Nya energitekniker kräver mer och fler typer av metaller, se Figur 3-2.



Figur 3-2. Periodiska systemet i energisystemen ¹⁷

3.2 Scenarios och trender för gruv- och mineralindustrin

Ett flertal organisationer och företag har försökt speja in i framtiden. Här extraheras några reflektioner från World Economic Forum¹⁸, Mc Kinsey¹⁹, EY²⁰, Deloitte²¹, LTU²² och RTC²³

¹⁶ Economist, 2013. A tantalising prospect, Economist 16 febr 2013

¹⁷ Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy, J., 2011: Critical Metals in Strategic Energy Technologies. European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport

¹⁸ World Economic Forum, 2011. Mining & Metals. Scenarios to 2030. World Economic Forum.

¹⁹ McKinsey, 2011 Resource revolution: Meeting the needs of energy, materials, food and water needs. McKinsey&Co

²⁰ Ernst&Young, 2015. Business risks in Mining and Metal, <http://www.ey.com/GL/en/Industries/Mining---Metals/Business-risks-in-mining-and-metals>

²¹ Deloitte, 2015. Tracking the trends 2016. The top 10 issues mining companies will face the coming year. Deloitte

Behovet av naturresurser ökar. Både WEF-studien och McKinsey-rapporten tar sikte mot 2030. WEF har identifierat ett 60 tal-drivkrafter för den framtida utvecklingen och på basis av detta tagit fram tre scenarios. Oavsett vilket framtidsscenario som är det mest troliga, är det uppenbart att handelsfrågorna växer i betydelse. Detta får naturligtvis stora effekter på vad som är problemet att lösa via forskning. I ett mer pessimistiskt scenario, tror man på minskad globalisering och ökad nationalism när det gäller naturresurser. Detta scenario kan också underbyggas med OECDs löpande översyn av export restriktioner där tendensen senaste decenniet varit en närmast 10-faldig ökning av restriktionerna. Bara för råvaran järnmalm fanns det närmare 300 exportrestriktioner år 2012²⁴. Det var ju också Kinas exportrestriktioner av sällsynta jordartsmetaller som var en grund till att EU lanserade hela Råvaruinitiativet, se vidare Kapitel 4.1. Kina är å andra sidan en stor importör av råvaror. Nästan två tredjedelar av den globala exporten av järnmalm gick 2014 till Kina.

Av särskild betydelse för konkurrenskraft är väl sammanhållna värdekedjor. OECD stålkommitté har ägnat frågan om statsstöd särskilt intresse. Inom stålindustrin så finns det ca 30 % global överkapacitet. Kina blir en allt större exportör av stål och under år 2015 kommer mer än 100 miljoner ton att exporteras - mer än hela Japans stålproduktion (se fotnot 15). Om då den kinesiska stålindustrin har stora statsstöd, snedvrids den globala konkurrensen och riskerar också stora delar av EUs stålindustri, vilket i förlängningen slår mot europeisk industri i allmänhet och ett råvaruproducerande företag som LKAB i synnerhet med en fördel att vara både nära och en del av den europeiska marknaden.

Försvårad handel med råvaror kan ha många implikationer. Är det svårt att hitta råvarorna till den nya energitekniken flyttar produktionen av den nya energitekniken där tillgången av kritiska råvaror är säkrad, t ex till Kina. Påverkas forskningens inriktning i sina delar av handelspolitiken? Teknik för att prospektera, bryta och anrika råvaror torde vara universell och inte utsättas för handelshinder. Däremot lär det bli viktigare att effektivt kunna ta vara på de tillgångar man äger inom landet och det blir mer intressant att genomföra noggrannare prospektering av primära (för senare gruvbrytning) och sekundära råvaror (genom återvinning – ”urban mining”) i den jurisdiktion där man befinner sig.

McKinsey tar upp den ekonomiska utvecklingen där kanske 3 miljarder människor går från fattigdom till medelklass inom några årtionden, vilket förutom ökad individuell konsumtion även ökar investeringar i infrastruktur, stadsbyggande mm. Rapporten understryker behovet av ökad resursproduktivitet för att möta framtidens utmaningar med ökat behov av naturresurser och man listar effektiviteten av 130 möjliga åtgärder. Bland topp-15 åtgärder återfinns bland annat behovet av effektivisering av järn- och stålindustrin på plats 6. När det gäller anpassning till den cirkulära ekonomin, så ser man gärna att företagen tar ett ökat ansvar genom att ta tillbaka produkterna efter användning, samt att produkterna utformas från början för att underlätta återvinning. När det specifikt gäller gruvor ser man trender i ökade utvinningskostnader då mineralreserverna trots kraftigt ökad prospektering tenderar att bli fattigare, mer komplexa och hittas allt djupare eller på allt mer avlägsna platser. Vidare ökar motståndet mot gruvetableringar med allt mer komplicerade tillståndsprocesser som konsekvens.

²² Abrahamsson, L., Johansson, B., Johansson, J., 2009. Future of metal mining – sixteen predictions Int. J. Mining and Mineral Engineering, Vol. 1, No. 3, 2009. 304-312.

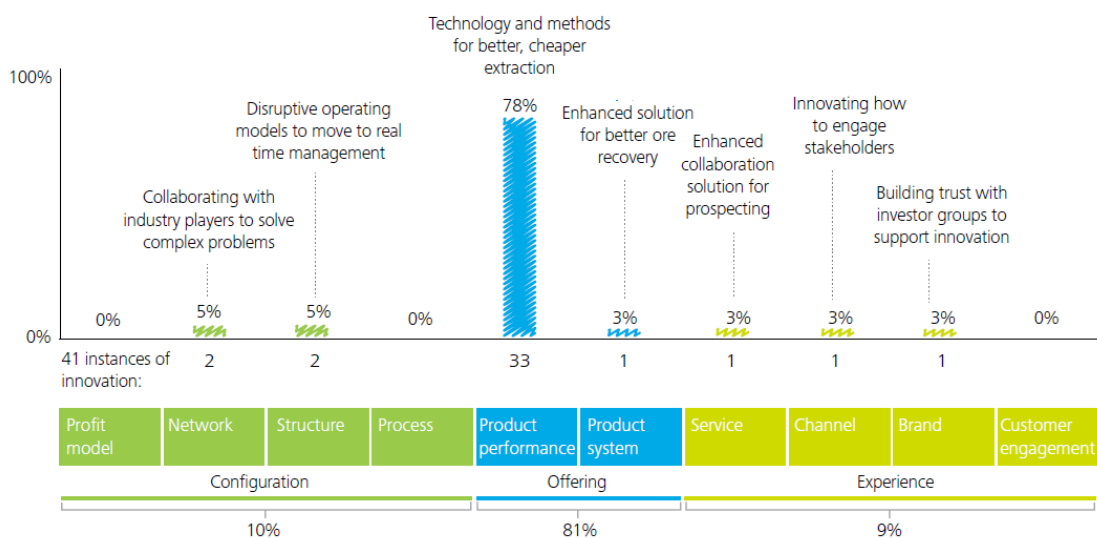
²³ Bäckblom, G., Forssberg, E., Haugen, S., Johansson, J., Naarttijärvi, T., Öhlander, B., 2010. Smart Mine of the Future. Conceptual study 2009-2010. RTC.

²⁴ Presentation OECD Stålkommitté 5-6 juni 2014.

<http://www.oecd.org/sti/ind/Item%207%20Raw%20material%20restrictions.pdf>

Här finns naturligtvis ett dilemma: globalt, inte minst efter COP21-mötet 2015 växer insikten att man måste överge fossilbränslen i energisektorn. Ny energiteknik som sol och vindkraft kräver mycket mer och många fler metaller per MW än t ex vattenkraft och kärnkraft. Byggande av ett kärnkraftverk kräver ca 40 ton stål per MW, medan vindturbiner på land kräver 180 ton stål per MW och havsbaserade 450 ton stål per MW²⁵ Till detta ska läggas att sol och vind kräver väsentlig utbyggnad av kraftnäten med ökat behov av metaller. Kommissionen har i en förtjänstfull rapport gjort en detaljerad genomgång av EUs behov om SET-planen (Strategic Energy Technology Plan) genomförs.²⁶

Ernst&Young, Deloitte med flera stora revisionsbyråer producerar årliga trend- och riskbedömningar för den internationella gruvindustrin. Gemensamt för dem är t ex tron på behov av ökad produktivitet, "licens to operate" och ökad protektionism rörande de nationella råvarutillgångarna. Deloitte betonar bl.a. behovet av innovation²¹ för att klara utmaningarna och har i en begränsad undersökning av 41 innovationer fördelat dessa enligt nedanstående modell, Figur 3-3.



Figur 3-3. Innovationer inom gruvindustrin. Efter Deloitte²¹

I undersökningen dominerar innovationer inom området produktivitet. Deloitte ser t ex följande "game-changers" i teknologi, som inte bara påverkar gruvindustrin förstås: 1) Sakernas Internet (Internet of Things) 2) Lärande maskiner som används för autonoma fordon och system. 3) Bioteknologi för utvinning av metaller och för rening av gruvavfall 4) Smarta kläder och personutrustningar som skyddar för extrema temperaturer.

Svensk industri och akademi i samverkan med polska kollegor tog år 2010 fram en Vision 2030 med prioriterade områden för den framtida forskningen och utvecklingen. Arbetet skedde inom ramen för den konceptuella studien Smart Mine of the Future²³. Där såg man inga möjligheter att öka produktiviteten avsevärt genom uppskalning av utrustningar, som mer eller mindre har nått en optimal gräns, både för gruvan som för anrikningen. En av lösningarna till "safer, leaner, greener mining" är då smartare användning av IT. Ett

²⁵ World Steel Association. <https://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/bookshop/Sustainable-steel-at-the-core-of-a-green-economy/document/Sustainable-steel-at-the-core-of-a-green-economy.pdf>

²⁶ Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy, J., 2011: Critical Metals in Strategic Energy Technologies. European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport

viktigt bidrag för synen på framtiden ges i artikeln *“Future of metal mining – sixteen predictions”*²² och författarna betonar särskilt att ny IT medför att arbetets innehåll och organisation radikalt förändras.

I sammanhanget är det värt att nämna betydande insatser av UNEP (United Nations Environment Programme) som i flera excellenta rapporter^{27,28,29,30} gjort viktiga sammanställningar över metallers användning och återvinning i ett miljömässigt hållbarhetsperspektiv. Återvinning av järn, stål, aluminium och koppar har en lång tradition. Återvinningsgraden för järn och stål är mellan 70% - 90% , och över 50% för aluminium och koppar, likaså för guld och silver. Platinagruppens metaller återvinns mellan 60% - 70%. Däremot är graden för återvinning av metaller som litium, gallium, germanium, Indium, tellurium och de sällsynta jordartsmetallerna försvinnande låg, mindre än <1%. Orsaker är brist på logistik, teknologi och legala ramverk, framför UNEP²⁹. Tillväxt av marknaden för hybrid- och elbilar ger för övrigt ett prisrally på mineralet litiumklorid, som är en viktig beståndsdel för att tillverka litumbatterier. De sista två månaderna 2015 dubblades priset på mineralet³¹.

Industrin som använder REE (Rare Earth Elements, sällsynta jordartsmetaller) försöker att minska beroendet av Kina, dels genom ökad återvinning och dels genom substitution, till exempel genom att tillverka permanentmagneter utan att använda REE.

President Obama lade 2011 fast en nationell strategi för hushållning med elektronik³². Viktiga beståndsdelar i strategin är t ex eco-design av elektronik för att förenkla återvinning och satsning på forskning och innovation i multi-kluster grupper för att ta fram teknologi för teknologimetallerna. Den offentliga sektorn ska föregå med de goda exemplen. Liksom i EU vill man stärka lagstiftningen kring export av e-avfall mm.

3.3 Sammanfattande kommentarer

Gruvindustrin är en del av samhället och påverkas av de förändringar i samhället som sker i stort. Gruvindustrin verkar på en internationell marknad där priser sätts på en världsmarknad som varierar stort över tiden. För en långsiktigt hållbar svensk gruvindustri är det viktigt att den är ekonomiskt bärkraftig, vilket innebär att de fyndigheter som finns inom landets gränser bryts till internationellt konkurrenskraftiga kostnader och med samtidigt uppfyllande av samhälleliga krav, som förändras över tiden.

²⁷ Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S., 2011: Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. UNEP.

²⁸ Graedel T.E., Allwood, J., Birat, J.-P., Reck, B.K., Sibley, S.F., Sonneman, G., Buchert, M., Hagelüken, C., 2011. Recycling Rates of Metals – A Status Report. UNEP.

²⁹ UNEP, 2012. Responsible Resource Management for a Sustainable World: Findings from the International Resource Panel, UNEP

³⁰ van der Voet, E.; Salminen, R.; Eckelman, M.; Mudd, G.; Norgate, T.; Hischier, R., 2013. Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. UNEP

³¹ Economist, 2016. An increasingly precious metal. Economist 16 jan 2016

³² EPA, 2011: National Strategy for Electronic Stewardship. Se <http://www.epa.gov/smm-electronics/national-strategy-electronics-stewardship-nse>

För internationell konkurrenskraft är det väsentligt att via prospektering hitta nya rika fyndigheter. Det finns goda förutsättningar att fortsättningsvis finna nya brytvärda fyndigheter i Sverige och angränsande länder, som Finland eftersom området är mineralrikt. Så sent som 2011 annonserade Anglo American ett stort fynd av koppar-nickel-platinagruppens metaller i norra Finland – det största på decennier i Finland.

En annan förutsättning för att skapa låg cash-cost är att bli ledande i produktivitet genom smart teknologi i samverkan med en engagerad organisation. Sverige har alla förutsättningar att lyckas med att utveckla framtidens teknologier, inte minst inom gruvsektorn.

Marknad och prisbildning för metaller sker internationellt men villkor för den inhemska produktionen sätts av de nationella, regionala och lokala regelverken och utformning av dessa har stor betydelse för viljan och möjligheten till investeringar som bygger välstånd.

EU konsumerar 20% av världens malmer och mineral, men producerar bara 3-4% av dem. Eftersom Sverige kan driva gruvindustri som är effektiv och säker och i god samverkan med samhället, har Sverige närmast ett moraliskt ansvar att på bästa sätt utnyttja våra potentialer och samtidigt exportera vårt kunnande för att göra gruvverksamhet säkrare och resurseffektivare, var än fyndigheterna råkar ligga. "Sänd ditt bröd över vattnet, ty med tiden får du det tillbaka" är gammal visdom som håller än.

4 Vad gör EU?

"A good hockey player plays where the puck is. A great hockey player plays where the puck is going to be".³³

EUs "grundlag" är fördragen varav det senaste, Lissabonfördraget trädde i kraft 1 dec 2009³⁴. I fördragen fastställs t ex EUs behörighet att agera inom olika områden. En viktig aspekt är "subsidiaritetsprincipen" som anger att "beslut ska fattas på lägsta ändamålsenliga nivå".

EU har då t ex en gemensam klimatpolitik eftersom nödvändiga klimatmål inte i tillräcklig utsträckning uppnås av medlemsstaterna, vare sig på central nivå eller på regional och lokal nivå och att åtgärder bättre uppnås på unionsnivå. EU har dock ingen gemensam politik för mineraler med gemensam lagstiftning för gruvor i EU, eftersom medlemsländerna anser att denna typ av frågor bäst hanteras nationellt, regionalt och lokalt och inte på EU-nivå.

4.1 Råvaruinitiativet (Raw Materials Initiative – RMI)

Detta hindrar inte Kommissionen som har förslagsrätt att ta initiativ och ett sådant är t ex Råvaruinitiativet som lades fram 2008^{35,36}. Bakgrunden var att industrin genom växande handelshinder (Kinesiska exportrestriktioner) fick svårt att få tillgång till sällsynta jordartsmetaller mm. Volymerna som behövs är väldigt små, men utan dessa väldigt små volymer fungerar inte modern elektronik. EU fick helt plötsligt insikt om råvarornas betydelse för hela samhällsekonomin.

³³ Wayne Gretzky

³⁴ EU, 2012. Fördraget om Europeiska Unionens funktionssätt. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:12012E/TXT&from=SV>

³⁵ EU, 2008. Råvaruinitiativet — att uppfylla våra kritiska behov av tillväxt och arbetstillfällen i Europa. KOM(2008) 699. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:sv:PDF>

³⁶ http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/policy-strategy/index_en.htm

Hantering av råvaror spänner över många policyområden som markanvändning, energi och klimat, transporter, handel och inte minst forskning och innovation. Genom tillkomsten av råvaruinitiativet fick Kommissionen verktyg och budget att agera för att säkra tillgången på råvaror till EU genom arbete inom tre delområden:

1. *”Säkerställande av råvarutillgången från internationella marknader på samma villkor som andra industriella konkurrenter.*
2. *Etablering av de rätta ramvillkoren i EU för att främja en hållbar råvaruförsörjning från europeiska källor*
3. *Främjande av den allmänna resurseffektiviteten och återvinning för att minska EU:s förbrukning av primära råvaror och det relativa importberoendet”.*

Rapporter och studier publiceras regelbundet. Här nämns t ex Kommissionens årsrapporter över genomförda aktiviteter inom råvaruinitiativet³⁷ och sammanställningar av tillståndet rörande ”kritiska mineraler”³⁸, det vill säga mineraler med stor betydelse för EUs ekonomi och med osäker försörjning.

Kommissionen har också via Raw Materials Supply Group publicerat rekommendationer³⁹ för nationella lagstiftningarna, policys, landanvändning mm, men det ska noteras att det skedde under starkt motstånd från flera av parterna.

Andra intressanta publikationer är t ex sammanställningen av EUs mineralresurser och reserver⁴⁰ och rapporten om den europeiska gruvindustrins och återvinningsindustrins konkurrenskraft⁴¹. I den förra gör man en stor översikt över EU data och de åtgärder som skulle behövas för att till 2020 kunna publicera en konsistent översikt över mineralresurser och mineralreserver i primära (gruvor) och sekundära (återvinning från gruvavfall och deponier) råvaror, samt för råvaror under användning.

Rapporten om konkurrenskraften för den europeiska gruv- och återvinningssektorn hanterar egentligen inte hela sektorn utan endast gruvbolagen och återvinningsbolagen, och därmed inte konkurrenskraften för hela sektorn med leverantörer, starka forskningsmiljöer etc. Rapporten sammanfattar sina huvudresultat i SWOT-analyser. Nedan extraheras styrkorna för gruvindustrin och återvinningsindustrin i Tabell 4-1 och Tabell 4-2 i sin

³⁷ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0171&from=EN>

³⁸ EU, 2014. Om översynen av förteckningen över råvaror av särskild betydelse för EU och om genomförandet av råvaruinitiativet KOM(2014) 297 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0297&from=EN>

³⁹ <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/5571/attachments/1/translations/en/renditions/native>

⁴⁰ Parker, D., Petavratzi, E., Mankelow, J., Waugh, R., Bertrand, G., (BRGM), 2015. Minventory: EU raw materials statistics on resources and reserves Ares(2015)1987581 - 11/05/2015 <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/10224/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

⁴¹ Hogg, D, Taylor, S., Massie, A., Tsiarta, C., Hudson, J., Gunn, G., Broadbent, C., Blackmore, C., Hassall, D., Cole, G., Elliot, L., and Watson, S., 2015. Study on the Competitiveness of the EU Primary and Secondary Mineral Raw Materials Sectors. Ares(2015)1451434 - 01/04/2015b http://bookshop.europa.eu/en/study-on-the-competitiveness-of-the-eu-primary-and-secondary-mineral-raw-materials-sectors-pbET0215302/downloads/ET-02-15-302-EN-N/ET0215302ENN_002.pdf;pgid=lq1Ekni0.1ISR000K4MycO9B0000m3W3MdEu;sid=U7CsVn2FHJ2sWCsKJnsy8R-g8XPQBt9GL-A=?FileName=ET0215302ENN_002.pdf&SKU=ET0215302ENN_PDF&CatalogueNumber=ET-02-15-302-EN-N

helhet. Rapporten synes prisa EU systemet och att detta är den största styrkan för den europeiska gruvindustrin medan det globala teknologiska ledarskapet för europeisk industri förvånansvärt inte nämns. Ansatsen är bredare för återvinningsindustrin.

Tabell 4-1. EUs gruvsektor. Styrkor

| ID | Strength | Area(s) of assessment | Description | Relevant sub-sector |
|---------|--|--|--|---------------------|
| NEEI-S1 | Robust and stable legislation | Policy and Legislation | A strong policy landscape provides a stable business environment and can add benefit through sustainable development, higher value products and increased investment. | All |
| NEEI-S2 | Political will to ensure security of supply | Policy and Legislation - Section 4.1.4.1 and Raw Material Supply – Section 5.1.5 | Europe relies heavily on the import of raw materials and minerals and the EU is taking measures to counter this in order to increase domestic growth. The Raw Materials Initiative, amongst other policies, act as a solid regulatory framework behind the sector. | All |
| NEEI-S3 | Proven closure planning and aftercare track record | Policy and Legislation - Section 4.1.5.1 | The EU places a strong emphasis on monitoring all risks associated with mining and quarrying activities. Compliance with the Mining Waste Directive (Directive 2006/21/EC) requires operators of mine sites to develop detailed proposals for site closure which maintain a sustainable industry. | All |
| NEEI-S4 | Strong support for R&I activity | Research and Innovation - Section 6.1.4.1 | Investment in R&I has been made a priority in the regulatory and policy framework with the Lisbon Strategy and Europe 2020 with the recognition that innovation is an important component of economic growth. R&I in the EU28 more often focused on the extraction of minerals rather than processing. | All |
| NEEI-S5 | High degree of social and environmental protection and awareness | Policy and Legislation – Section 4.2.4 and 4.2.3 | The EU is a world leader in the development of policy designed to minimise the negative social and environmental impacts of industrial activity. These benefit the industry by maintaining a socially responsible industry. | All |

Tabell 4-2. EUs återvinningssektor. Styrkor

| ID | Strength | Area(s) of assessment | Explanation | Relevant sub-sector |
|-------|---|---|--|---------------------|
| RI-S1 | Legislation which supports high recycling rates | Policy and Legislation – Section 4.2 | The EU28 has developed a series of robust legislation that has required Member States to increase the amount of material recycled. | All |
| RI-S2 | Expertise, skills and increasingly high employment in the RI | Research and Innovation – Section 6.2.1 | More jobs at higher income levels are created by recycling than compared to landfilling or incinerating waste. Overall employment related to the recycling of materials in European countries increased by 45 % between 2000 and 2007. | All |
| RI-S3 | Political will to ensure security of supply and clear direction | Raw Material Supply – Section 5.2.4 | Europe relies on the importation of raw materials and minerals and the EU is taking measures to counter through the development of the RI. | All |

| ID | Strength | Area(s) of assessment | Explanation | Relevant sub-sector |
|-------|--|---|---|---------------------|
| | for policy | | | |
| RI-S4 | Well-developed transportation infrastructure and proximity to global markets | Raw Material Supply – Section 5.1.4 | The densely populated nature of the EU28 and the associated well-developed transport network facilitates the transport of materials between Member States. The EU is also well connected to the major shipping routes to the rest of the world. | All |
| RI-S5 | Mature recycling market, with strong capture rates of recycle | Research and Innovation – Section 6.2.1 | Recycling targets are mandated by legislative drivers within most EU28 Member States resulting in high captures of recycle. | All |
| RI-S6 | Technologically advanced RI | Research and Innovation – Section 6.2.1 | The EU28 is known to be the most technologically advanced, most capital intensive and most resource efficient in the sector. | All |

4.2 Forskning och innovation

Avsnittet redovisar en kort historisk exposé innan fördjupning sker för teknologiplattformar, ERA-Net, innovationspartnerskap för råvaror, Public Private Partnerships samt KIC (Knowledge and Innovation Community) för råvaror.

EU är nu inne på sitt åttonde ramprogram – Horisont 2020. Det första lanserades 1984. Fram till och med FP7 hade programmet en liknande tematisk indelning (t ex transporter, energi, miljö, hälsa, IT.) Ramprogrammen har fått allt större betydelse för finansiering av svensk forskning, likaväl som att ramprogrammen påverkar den svenska forskningens innehåll – de blir mer och mer varandras spegelbilder.

Med det sjätte ramprogrammet tog Kommissionen ett avgörande steg för att göra de enskilda projekten större. Man ville hellre ha cirka 4 000 projekt i storleken €20-30 miljoner än 20 000 projekt i storleksordningen €2-3 miljoner som i FP5. Kommissionen insåg också att större projekt kräver större och insatser från förslagsställarna; man inbjöd därför industrin och forskarsamhället att komma in med intresseanmälningar (Expression of Interest). Dessa EoI skulle dels hjälpa Kommissionen att finna var det fanns styrkor och intressen för att kunna rikta utlysningarna, dels för att forskarsamhället skulle hitta tid att skapa starka Europeiska konsortier. Ca 11 500 EoI lämnades in, varav ett från MITU (nuvarande Bergforsk) med titeln "MITOP – Mine to Product. Intelligent production in sustainable management of natural resources" med deltagande från organisationer i Finland, Frankrike, Kanada, Polen, Storbritannien, Sverige, Sydafrika och Österrike.

Bergforsk arbetade hårt för att ordet "mineral" skulle komma in i FP7 men det lyckades inte. Men i och med att Råvaruinitiativet tog fart fanns det utrymme för utlysningar för råvarusektorn inom FP7s program för Nanovetenskap, Nanoteknologier, Material och nya produktionsteknologier (NMP). Budgeten för detta område var totalt €3 467 miljoner från FP7 hela budgeten som var på €50 521 miljoner för åren 2007-2010.

Av avgörande betydelse för svensk gruv- och mineralforskning var Vinnovas öppna arbetsätt, där industri och akademi i dialog med Vinnova kunde lämna förslag på ändringar i EUs arbetsprogram. Ett exempel är från 2007, där en utlysning i NMP programmet på förslag av Bergforsk breddades att också inkludera prospektering

och råvaruförsörjning. Resultatet blev ett vinnande ProMine projekt som drevs 2009-2013⁴². ProMine blev fört utsett av Kommissionen till det bästa, avslutade projektet inom Industriella teknologier med en prisceremoni i Aten april 2014.⁴³

Det svenska initiativet Smart Mine of the Future²³ presenterades för Kommissionen vid ett möte anordnat av ETP SMR (se Kapitel 4.2.1 nedan), vilket ledde till att Kommissionen valde att senare göra en utlysning om teknologi för djupa gruvor. LKAB var koordinator för det vinnande förslaget I²Mine (Innovative Technologies and Concepts for the Intelligent Deep Mine of the Future) som avslutas våren 2016.

4.2.1 European Technology Platforms (ETP)

December 2002 lanserade Kommissionen begreppet "European Technology Platforms" med uppgiften att föra samman forskarintressenterna för att ta fram FoU strategier av intresse för EU. Man betonade att ETP skulle ledas av industrin med syftet att skapa tillväxt och stärka konkurrenskraften.

Olika industrisektorer skapade snabbt ett antal plattformar för att komma i en dialog med Kommissionen rörande samverkansprogrammets innehåll. Gruv- och mineralindustrin skapade European Technology Platform for Sustainable Mineral Resources (ETP SMR, www.etpsmr.org) som bildades 2005. Den är en av de 41 "officiella" plattformarna⁴⁴. Under 2013 ombildades ETP SMR från ett nätverk till en juridisk person, för att som finansierad partner kunna delta i ramprogrammets utlysningar.

Det är av betydelse att ETP SMR tog fram egna visionsdokument och strategiska forskningsagendor, som täckte värdekedjan från prospektering och gruvbrytning till återvinning. Arbetet har inte alltid löpt utan friktioner, då "återvinnarna" ofta felaktigt har menat att man kan undvika att öppna nya gruvor – för att återvinning skulle räcka för att försörja världen med metaller. Detta scenario kan förstås bli verkligt när befolkningstillväxt stannar upp och världens fattigdom är utrotad.

Sverige har varit väl representerat inom ETP SMR och haft inflytande genom att LKAB under många år antingen varit ledamot eller ordförande i styrgruppen. Vidare har t ex LTU och Bergforsk varit hårt engagerade under årens lopp. Bergforsks vd är numera ledamot i styrgruppen.

4.2.2 ERA-NET

Kommissionen uppmanade ETP SMR att hjälpa till att skapa ett ERA-Net⁴⁵ för råvaruindustrin och nätverket kunde då förmå ett antal medlemsländer att lämna in en vinnande ansökan. Färdplanen, eller forskningsagendan, togs fram i mycket god samverkan mellan ETP SMR och ERA-MIN. ERA-MIN⁴⁶ har varit betydelsefullt ur minst tre aspekter: 1) ERA-MIN nätverket med deltagande från 19 partners från 15 länder visade tydligt att EUs medlemsländer prioriterar råvaruförsörjningen, vilket var en mycket viktig faktor i de långa och hårda förhandlingarna om Horisont 2020. 2) Utlysningarna 2013, 2014 och 2015 på totalt €19.6 miljoner allokerade från de nationella budgetarna är ett viktigt bidrag för forskning kring säkrad

⁴² <http://promine.gtk.fi/>

⁴³ <http://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/nyheter/Internationellt-pris-till-ProMine-1.117451?l=en>

⁴⁴ http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp#whatdo

⁴⁵ http://ec.europa.eu/research/era/era-net-fp7_en.html

⁴⁶ <http://www.era-min-eu.org/>

råvaruförsörjning⁴⁷. 3) Nära och förtroendefullt samarbete mellan Europeisk industri och akademi via ETP SMR och ett antal nationella forskningsfinansiärer via ERA-MIN. Avsikten är att fortsätta med ERA-MIN inom ramen för Horisont 2020. Margareta Groth, Vinnova var för ERA-MINs styrgruppsordförande.

4.2.3 Public Private Partnerships (PPP)⁴⁸

Den finansiella krisen 2008 medförde att Kommissionen 2009 presenterade PPPs som en lösning att få igång Europa. Det var tre områden som prioriterades – framtidens fabrikation, energieffektiva byggnader och gröna bilar. Skapande av ett PPP innebär i princip att Kommissionen öronmärker en budget för området – och det handlar då om storleksordningen €1 miljard i bidrag. För PPP Gröna Bilar ställde också den Europeiska Investeringsbanken upp med lån på €4 miljarder. Kommissionen fann att PPP var ett attraktivt sätt att top-down samla den europeiska kompetensen. Industrin har stort deltagande liksom små- och medelstora företag i jämförelse med övriga delar av ramprogrammet. Ansökningar sker i öppen konkurrens och endast 10-15% av ansökningarna blir beviljade. Inom ramen för Horisont 2020 har ett flertal nya PPP lanserats, t ex SPIRE⁴⁹ för den europeiska processindustrin. Ett av SPIREs fokusområden är råvaror. Framtagningen av färdplanen för SPIRE visade tydliga brister i den svenska forskningsstrukturen. I ett tidigt läge hade de stora forskningsinstituten "delat kakan" och ordförandeskapen för de olika arbetsgrupperna. Den samlade svenska institutsvärlden är väl så stor som t ex VTT, men den svenska har inte samma slagkraft genom ett splittrat agerande mot EU. Vidare råder ofta ett osunt konkurrensförhållande mellan svenska universitet och svenska institut då man ofta i utlysningarna konkurrerar om samma anslag, vilket inte uppmuntrar till konstruktiva samarbeten.

Det finns två andra initiativ i EU-sfären som är ytterst intressanta för att utveckla råvarusektorn. Det första är PPP ECSEL (Electric Components and Systems for European Leadership), där professor Jerker Delsing på LTU lett arbetet med att ta fram färdplanen för Smart Produktion⁵⁰. Det andra initiativet är euRobotics, där inte minst det polska gruvföretaget KGHM gjorde en god insats för att få in gruvor och mineral som ett delprogram i den PPP som sedermera fått namnet SPARC⁵¹. Båda initiativen torde ha stor relevans när det gäller att utveckla fjärrstyrning och automation inom gruvindustrin.

Inriktningen på utlysningarna inom ett PPP sker i god samverkan mellan Kommissionen och respektive PPP och naturligtvis i samråd med programkommittéerna. Ansökningarna är öppna oberoende om en organisation är medlem i ett PPP eller inte. Enskilda tjänstemän på Kommissionen ser också gärna ett PPP för råvaror.

4.2.4 Europeiska innovationspartnerskap (EIP)

I februari 2012 lanserade Kommissionen innovationspartnerskap inom råvaror, jordbruk och åldrande i hälsa⁵². *Målet är att undanröja svagheter, flaskhalsar och hinder för europeisk forskning och innovation, som förhindrar eller fördröjer utvecklingen och marknadsinförandet av nya bra idéer. Hit hör bristande investering, föråldrad*

⁴⁷ <http://www.era-min-eu.org/images/documents/eramin-projectcatalog2015dern.pdf>

⁴⁸ http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/ppp-in-research_en.html

⁴⁹ www.spire2030.eu

⁵⁰ http://www.ecsel-ju.eu/web/downloads/documents/ecsel_gb_2015_46_-_masp_2016.pdf

⁵¹ <http://sparc-robotics.eu/wp-content/uploads/2014/05/H2020-Robotics-Multi-Annual-Roadmap-ICT-2016.pdf>

⁵² http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-196_sv.htm

lagstiftning, brist på standarder och splittrade marknader. Varje partnerskap leds av en styrelse med den eller de EU-kommissionärer som ordförande som har ansvar för partnerskapets ämnesområde. I styrelsen sitter dessutom företrädare för medlemsstaterna (ministrar), parlamentsledamöter, ledande industrifolk, forskare, företrädare för civilsamhället och andra viktiga berörda parter. Partnerskapen ska undersöka vad som kan göras för att minska kapacitetsbristerna (t.ex. vidareutveckla teknik eller förbättra marknadsramarna och stimulera efterfrågan) och uppmuntra till insatser inom både den offentliga och den privata sektorn. De ska inte ersätta finansieringsprogrammen, utan snarare fungera som en gemensam plattform för samarbete.

I senare skeden har EIP om smarta städer och vatten tillkommit. Man ska notera att EIP inte är en finansieringskälla, utan mer av en "think-tank" som ska ta fram åtgärder som anses nödvändiga.

I en relativt lång och omständlig process togs en Strategisk Implementationsplan (SIP) för EIP Råvaror fram⁵³. Den beskriver vad man vill göra inom teknik, icke-tekniska frågor (t ex lagar och regler), samt internationella frågor, se Figur 4-1. SIP har beslutats i en högnivågrupp (High Level Steering Group - HLSG) där tre kommissionärer (industri, miljö, forskning), sju ministrar (bl a Sveriges miljöminister) och ett antal företrädare för industri (t ex LKABs och Atlas Copcos VDar) ingick. Högnivågruppen stöds av en "sherpagrupp". Från svensk sida var en representant från näringsdepartementet sherpa till den svenska miljöministern, vilket Kommissionen tyckte var en lysande lösning. Det är också en betydande svensk närvaro i EIPs olika arbetsgrupper.

I och med att Juncker-kommissionen tillträdde är det politiska åtagandet från Kommissionen betydligt lägre. Den nya kommissionären för DG GROW, Elżbieta Bieńkowska har sedan sitt tillträde 1 november 2014 varit osynlig inom EIP Råvaror, och inget högnivåmöte har hållits under 2015. Vid årskonferensen 2015, deltog inga politiker, förutom en spansk statssekreterare⁵⁴. Datum för nästa högnivåmöte är preliminärt satt till juli 2016. Närings- och innovationsminister Mikael Damberg kommer att efterträda förra miljöministern Lena Ek i HLSG och det är mycket positivt att ministern prioriterar råvarufrågorna. Med minskat politiskt intresse från Kommissionen och medlemsländerna att driva råvarufrågorna, torde det få stora återverkningar på nästa ramprogram "FP9".

SIP har ändamålsenligt styrt vilka utlysningar som t ex kommer i Horisont 2020 inom "Societal Challenge 5" där bland annat råvaror ingår. För arbetsprogram 2014-2015 har 28 råvaruprojekt beviljats med en total EU-budget på €140 miljoner. Sedan december 2015 mäter EIP och Kommissionen resultatet av sektorns olika aktiviteter för att leverera mot SIP⁵⁵ genom ett antal utvalda parametrar - "Raw Materials Scoreboard" - som beslutades under 2015. I samband med högnivåmötet i juli 2016 är avsikten att redovisa resultaten från första periodens mätning.

För att ytterligare skaffa underlag för Kommissionen att styra utlysningar, anmodades intressenter att lämna in "Commitments" som redovisar vad man vill göra, med vem och budget mm. LKAB t ex sände in ett Commitment tillsammans med LTU och Bergforsk⁵⁶, som då handlade om det program för långsiktig hållbarhet

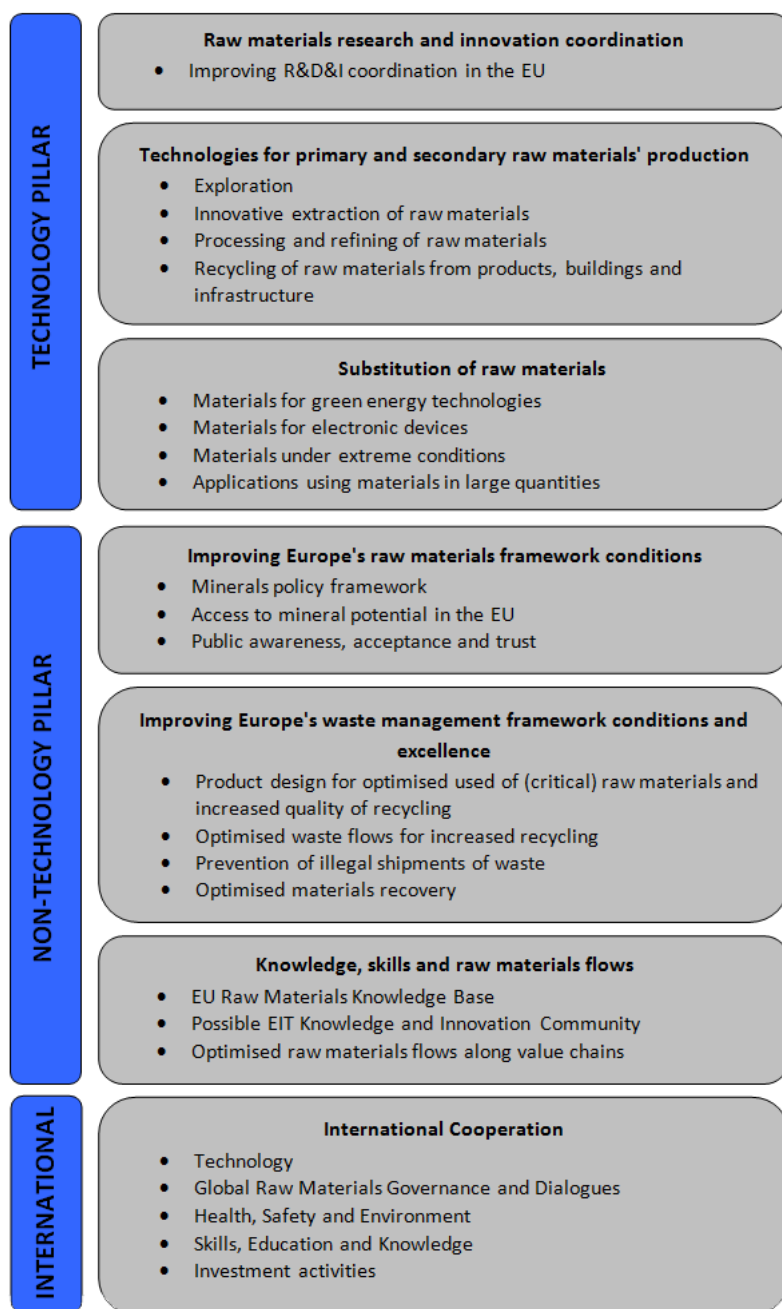
⁵³ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/strategic-implementation-plan-sip-0>

⁵⁴ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/annual-conference-european-innovation-partnership-raw-materials>

⁵⁵ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/eip-raw-materials-monitoring-and-evaluation-scheme>

⁵⁶ <https://ec.europa.eu/eip/raw-materials/en/content/sustainable-mining>

i gruvindustrin som är definierat i en förstudie. Drygt 80 Commitments uppfyllde de satta kriterierna och den totala omslutningen i åtaganden handlade om €1.9 miljarder.



Figur 4-1 Översikt av innehållet i den strategiska innovationsplanen för EIP Råvaror

4.2.5 Horisont 2020

Hösten 2009 var den svenska regeringen ordförande i Europeiska unionens råd och kunde sätta sin prägel på det kommande ramprogrammet, inte minst genom att föra in kunskapstriangeln (forskning – utbildning - innovation) och med avsikten att stora delar av programmet skulle inriktas mot de stora samhällsutmaningarna⁵⁷.

⁵⁷ https://www.vr.se/download/18.249c421a1504ad6d28144942/1444391884365/Lund_Declaration_2009.pdf

Bergforsk hade två enkla budskap 2009-2013 tills Horisont 2020 var beslutat 1) Råvaruförsörjningen är en global samhällsutmaning 2) Den tematiska indelningen i tidigare ramprogram fungerar inte för processindustrin.

Kommissionens tjänstemän för råvarufrågor kunde slutligen säkra råvaror som en samhällsutmaning med egen, självständig budget inom området "Klimatåtgärder, miljö, resurseffektivitet och råvaror". En annan viktig del i Horisont 2020 handlade om att bygga kunskaps- och innovationskluster- Knowledge and Innovation Communities (KIC). I de hårda förhandlingarna med Europaparlamentet kunde också, med gott stöd från svenska parlamentariker, KIC Råvaror säkras.

Inriktningar på utlysningar styrs via EUs strategiska program och arbetsprogram som regelbundet revideras via rådgivande grupper, programkommittéer mm. Råvarufrågorna på EU nivå hanteras av DG GROW men det är DG ENVI som styr programkommittén "Klimat, miljö, resurseffektivitet och råvaror". Portföljen är bred och Sverige har bara en ledamot och en expert vid bordet med miljödepartementet som styrande med risken att de näringspolitiska frågorna får mindre utrymme. Sverige har också förtjänstfullt via Vinnova med flera organisationer organiserat inhemska referensgrupper som löpande ger råd till regeringskansliet inför förhandlingarna i Bryssel.

Det är av stor betydelse att Sverige i olika sammanhang stöder råvarufrågorna i EU, då gärna tillsammans med andra mineralrika länder som Finland och Polen. Ett exempel följer: Utbildningsdepartementet, via dåvarande statssekreterare Peter Honeth, sände i september 2014 ett brev till Kommissionen rörande inriktningen på Horisont 2020 i det planerade arbetsprogrammet 2016-2017. När det gäller säkrad råvaruförsörjning - ett av de fyra svenska fokusområdena - gjordes följande inspel:

"In the case of primary raw materials, it is generally considered that Europe's mineral potential is under-explored both with regard to subsurface minerals (particularly deeper than 150 meters) and at sea in the EU Member States exclusive economic zones.

Given the general good geological potential of the European continent, major opportunities of access to primary raw materials exist within the EU, especially for mining operations at greater depths, in non-conventional surface deposits or in small deposits. The ocean bed could also contain valuable raw materials, such as copper, zinc, gold, silver and rare metals, leading to growing world-wide competition for marine mineral deposits.

In order to identify, access and make sustainable use of the unconventional deposits of raw materials, current technology needs to be improved for high resolution geological screening and mining in extreme environments. To make better use of available deposits of raw materials techniques have to be developed to address the fact that available raw materials' feed stocks are becoming more complex and low-grade, and they may also vary in composition over time, making their processing and refining more complex, with growing energy and water requirements per unit of concentrated produce.

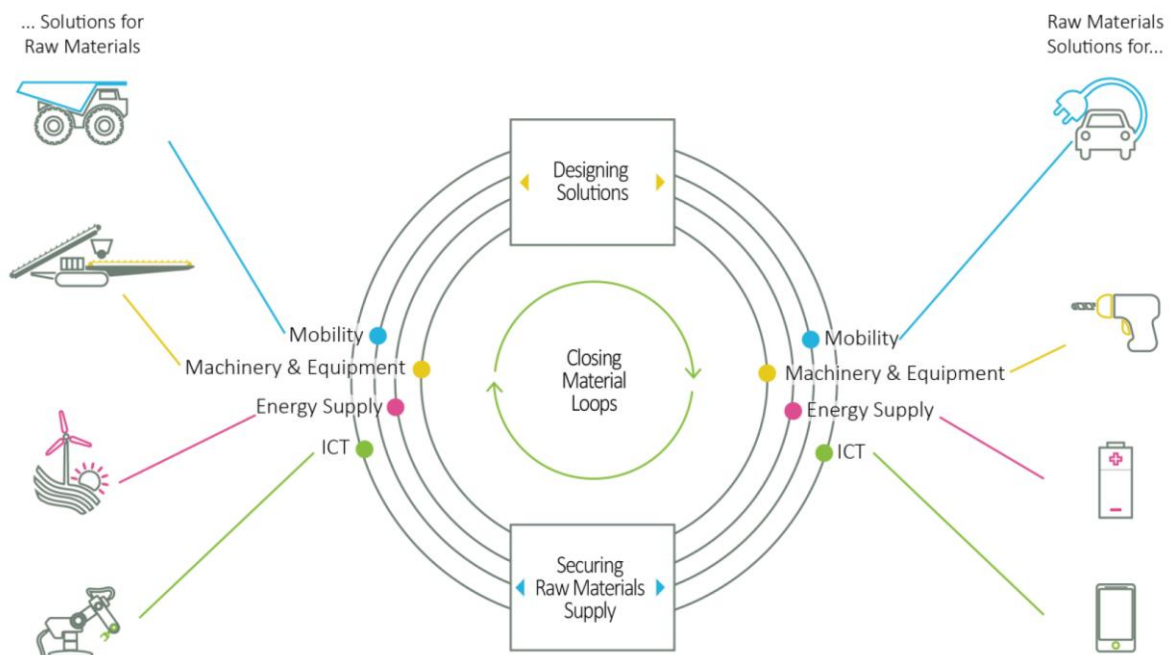
Developing smarter and more resource efficient production technologies that reduce the use of raw material in the manufacturing step can also be an important step to make better use of available raw materials. The resource base can be broadened by utilising new types of waste as a source for raw materials, e.g. secondary raw materials. This requires that new techniques are developed to make it possible to use and re-use what currently is discarded as waste. In identifying new types of waste suitable as raw materials, the possibilities of urban mining should be investigated further and utilised.

Current research has shown that our society holds large amounts of valuable metals and minerals in e.g. discarded electronic products and end- of-life infrastructure such as cables and pipes. Making these materials available as raw materials will contribute to a more sustainable supply of raw materials and to meet the goals of improved resource efficiency."

Skrivningen är tydlig och ger fortfarande ett bra ramverk för det fortsatta arbetet.

4.2.6 EIT Råvaror (EIT Raw Materials)

Bergforsk var proaktiva och tog redan hösten 2011 ett beslut om att bygga upp ett vinnande europeiskt konsortium för KIC Råvaror. Med stort engagemang har sedan framförallt LTU bidragit till att konsortiet RawMatTERS med mer än 100 partners från 20 länder den 8 december 2014 blev det vinnande förslaget⁵⁸. Det har bedömts att den totala ansökningskostnaden har varit SEK 100 miljoner. EIT Raw Materials som KIC Råvaror nu benämns, räknar med en total budget på ca €2 miljarder över sju år inkluderande EITs bidrag på omkring 25%. EIT Raw Materials är organiserat med sex center i Europa, varav ett i Luleå. Huvudkontoret är beläget i Berlin.⁵⁹ Styrelsens leds av Prof Jan-Eric Sundgren med Åsa Sundqvist, LKAB från Sverige som en av styrelseledamöterna. De strategiska målen och marknadsfokus för EIT Råvaror visas schematiskt i Figur 4-2. EIT Råvaror har en huvudsaklig inriktning mot utbildning och innovation.



Figur 4-2. Strategiska mål och marknadsfokus för arbetet inom EIT Råvaror.

4.3 Cirkulär ekonomi

Ett av de policy-områden som Europeiska Kommissionen arbetat med rör den "cirkulära ekonomin" och som tros få stor påverkan på lagstiftning, regler och inriktning på forskning och innovation. Juncker-kommissionen drog in det förslag på cirkulär ekonomi som behandlats i rådet och i Europaparlamentet. och ett uppdaterat förslag publicerades i december 2015⁶⁰. De föreslagna åtgärderna kommer bidra till att "sluta kretsloppet" i produkters livscykel genom ökad materialåtervinning och återanvändning, vilket ger fördelar för både miljö och ekonomin. Förslagen antas att optimera värdet och användningen av råvaror, produkter och avfall, främja

⁵⁸ <http://eit.europa.eu/newsroom/eit-selects-new-strategic-partnerships-milestone-europe-areas-health-and-raw-materials>

⁵⁹ <http://eitrawmaterials.eu/>

⁶⁰ http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

energibesparingar och minska utsläppen av växthusgaser. Förslagen omfattar produkternas hela livscykel från tillverkning och konsumtion till avfallshantering och marknaden för returråvaror. För att stödja handlingsplanen finansieras förslagen med över €650 miljoner euro från Horisont 2020 och €5.5 miljarder från strukturfonderna. Från själva meddelandet med bilaga⁶¹ visar Tabell 4-3 ett utdrag av åtgärder med speciell relevans för råvarusektorn. Inte minst intressant blir vägledningen rörande gruvavfall och om hur den ”cirkulära ekonomin” kommer att påverka uppläggningsen av utlysningar inom Horisont 2020.

Tabell 4-3. Utdrag ur handlingsplanen för cirkulär ekonomi, med bedömd särskild relevans för råvarusektorn

| Åtgärder | Tidtabell |
|--|---------------|
| Produktion | |
| Fokus på den cirkulära ekonomins olika aspekter i framtida produktkrav enligt direktivet om ekodesign | från 2016 |
| Arbetsplan för ekodesign 2015–2017 och begäran till europeiska standardiseringsorganisationer om att utarbeta standarder för materialeffektivitet inför fastställandet av framtida ekodesignkrav när det gäller produkters hållbarhet och möjligheter till reparation och materialåtervinning | december 2015 |
| Inkludera vägledning om den cirkulära ekonomin i referensdokument för bästa tillgängliga teknik (Bref-dokument) för flera industrisektorer | från 2016 |
| Vägledning och främjande av bästa praxis i planer för hantering av gruvavfall | 2018 |
| Marknaden för returråvaror | |
| Vidare utveckling av EU:s informationssystem för råvaror | från 2016 |
| Åtgärder per sektor | |
| Råvaror av avgörande betydelse | |
| Rapport om råvaror av avgörande betydelse och den cirkulära ekonomin | 2017 |
| Förbättra utbytet av information mellan dem som tillverkar och dem som återvinner elektroniska produkter | från 2016 |
| Europeiska standarder för materialeffektiv återvinning av elektroniskt avfall, förbrukade batterier och andra relevanta komplexa uttjanta produkter | från 2016 |
| Dela bästa praxis för återvinning av råvaror av avgörande betydelse i gruvavfall och deponier | 2017 |
| Innovation och investeringar | |
| Initiativet ”Industri 2020 i kretsloppsekonomin” inom Horisont 2020 | Oktober 2015 |
| Stöd till medlemsstaterna och regioner för att öka innovationen för den cirkulära ekonomin genom smart specialisering | från 2016 |
| Stöd till berörda aktörer genom offentlig-privata partnerskap, samarbetsplattformar, stöd till frivilliga åtaganden i näringslivet och utbyte av bästa praxis | från 2015 |
| Bevakning | |
| Utarbeta regler för bevakningen av den cirkulära ekonomin | 2017 |

⁶¹ Kommissionen 2015. Att sluta kretsloppet – en EU-handlingsplan för den cirkulära ekonomin. COM (2015) 614 final

4.4 Sammanfattande kommentarer

Råvarusektorn har haft betydande politisk medvind under det senaste decenniet. Höga priser och stark efterfrågan har ökat medvetenheten om sårbarheten i råvaruförsörjningen. Vidare har man tydligt sett positiv regional utveckling med nya kvalificerade jobb, inte minst för unga.

Det svenska gruvklustret har tidigt insett betydelsen av att det finns god koppling mellan de europeiska forskningsprogrammen och de nationella programmen. Det blir inga svenska nationella forskningsprogram för råvarusektorn, om det inte finns utsikter att dessa växlas upp inom EU. Och det blir inga program på EU nivå om inte Kommissionen, Rådet och EU-parlamentet ser stort intresse från EUs medlemsländer.

Perioden 2005 – 2015 har fungerat relativt klockrent med stora synergier mellan de svenska nationella programmen och de europeiska. Här har den politiska viljan varit styrande. Men det har också varit en stor belastning för akademien och industrin att svara upp mot de politiska signalerna. Genom ETP SMR gjordes ett gediget arbete för att ta fram en strategisk forskningsagenda. Denna var sedan en god grund i det goda samarbetet med att ta fram en forskningsagenda för ERA-MIN. Kommissionens sätt att ta fram den strategiska implementationsplanen (SIP) för EIP Raw Materials skapade dock en del friktioner. Kommissionen började på noll och framtagningen av SIP skedde *ad hoc* med dem som råkade närvara på de i Bryssel anordnade mötena. ETP SMR och ERA-MINs agendor med bred förankring blev inte mer än en av rösterna bland alla andra röster vid de fysiska mötena. Många, inte minst i akademien kände en olust att återigen ”uppfinna hjulet.” Slutresultatet blev dock tillfredsställande. Man kan dock notera att Kommissionen vill flytta ut ansvaret till intressenterna att genomföra SIP genom formaliserade Commitments, lite liknande förfarandet med Expression of Interest inför FP6. Ett av de förslag som lär få luft under vingarna att skapa ett nätverk bland Europas gruvregioner.⁶²

Den framtida konkurrenskraften av råvarusektorn styrs av förmågan att anpassa sig till en föränderlig verklighet. Behovet av malmer och mineraler fortsätter att öka med 2-3% per år, beroende på ökande befolkning och växande ekonomier. Samhället som helhet inser värdet av malmer och mineraler men ser ofta att gruvor placeras någon annanstans, att återvinning borde räcka för att försörja världen. Gruvor ses som osäkra och oattraktiva arbetsplatser med metoder och teknologier som är omoderna, vilket då inte är sant för den moderna gruvindustrin.

Det behövs då ett visst politiskt mod att bygga och vidmakthålla fortsatta forskningsstrukturer för råvarusektorns tillväxt också i Sverige. Under 2016 inleds under ledning av det holländska ordförandeskapet, arbetet med att sätta upp det ramprogram som kommer efter Horisont 2020. Ska råvarufrågorna få prioritet även i kommande ramprogram krävs politiska insatser redan nu. Förhoppningen är naturligtvis att det även i framtiden ska finnas tydliga synergier mellan det kommande ramprogrammet FP9 och den svenska forskningspropositionen 2016 som ska ha en utblick över 10 år.

Sverige behöver också bygga tydligare stödstrukturer för att ta vara på möjligheterna i ramprogrammen. Om trenden fortsätter som tidigare att budgeten mer och binds upp i stora åtaganden som PPPs, KICs etc. torde det vara en än viktigare att samarbetet mellan svenska institut och svenska universitet kraftigt förbättras. Om inriktningen i FP9 att projekten ska växa mot €10 miljarder, då behövs ett starkare och effektivare samarbete också med industrin.

⁶² https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/sites/rawmaterials/files/Horizon%202020_Session%20II_EU%20network%20of%20mining%20and%20metallurgy%20regions_H.Karas_.pdf

Man kan notera att Vinnova 2005 lade ut ett uppdrag på Georange och Bergforsk att föreslå EU-strategier⁶³. Rapporten redovisar inte minst betydelsen av de regionala strukturfonderna och Interreg-programmen. Författarna betonade bl.a. att kunskapen om EUs finansieringsmöjligheter borde ökas. Vidare såg man värdet av att *"Sverige agerar för att stödja tillkomsten av ett starkt kluster av företag som verkar inom gruv- och mineralbranschen"* och det senare önskemålet kan väl anses uppfyllt genom att Vinnova stött skapandet av Strategiska Innovationsprogram⁶⁴, varav ett är för gruv- och metallutvinning, SIP STRIM.

För ökad slagkraft skrev svensk gruvindustri och akademi (LTU) i maj 2007 ett samarbetsavtal med polsk gruvindustri och akademi. Lyckad samverkan har skett informellt t ex genom gemensamt agerande inom ETP SMR och EIP Råvaror, men också mer formellt genom gemensamt deltagande i projekt som Smart Mine of the Future, I²Mine och EIT Raw Materials. Det är möjligt att ett kommande ERA-MIN på liknande sätt kan få medlemsstaterna att samagera för inspel till kommande strategiska program och arbetsprogram inom Horisont 2020. I sammanhanget kan det vara värt att notera att ETP SMR f n leder Horisont 2020 projektet VERAM (Vision and Roadmap for European Raw Materials)⁶⁵. Man planerar för två huvudleveranser 1) En översikt av pågående initiativ inom råvaruområdet på nivåerna EU, medlemsländer, regionalt och lokalt, både när det gäller forskning och innovation och policys 2) Föreslå en färdplan/forskningsagenda med horisonten 2050 som ska tas fram i samråd med intressenterna längs värdekedjan.

5 Nordiska initiativ och Arktis

*"Bästa sättet att få ett arbete att framstå som svårt är att skjuta upp det"*⁶⁶

Finland har, liksom Sverige, en antagen mineralpolicy. Den finska visionen 2050 är att *"Finland är en global föregångare inom hållbart utnyttjande av mineraler och mineralområdet är en av stöttepelarna för vår samhällsekonomi."*⁶⁷ Som en konsekvens, bildades ett stort forskningsprogram via TEKES. Programmet Green Mining 2011-2016 har en total budget av €60 miljoner där TEKES står för hälften⁶⁸.

Man kan notera att Finland är mycket aktiva inom Arktiska frågor⁶⁹. Förre statsministern Paavo Lipponen är involverad och i ett brev till Europeiska Kommissionens ordförande Juncker 14 september 2015⁷⁰ - *For an*

⁶³ Lundberg, S., Nordlander, O., Bäckblom, G., 2006. Strategier för EU-finansiering av gruvrelaterad FoU. Rapport till Vinnova. Rapporten ingick som en del i Vinnovas rapport om metallurgisektorn, , se http://www.Vinnova.se/upload/dokument/Om_Vinnova/Regeringsuppdrag/EU_strategi/Metallurgi%202006-03661.pdf

⁶⁴ <http://www.Vinnova.se/sv/Var-verksamhet/Gransoverskridande-samverkan/Samverkansprogram/Strategiska-innovationsomraden/Strategiska-innovationsprogram/>

⁶⁵ http://www.etpsmr.org/?post_projects=veram

⁶⁶ Winston Churchill

⁶⁷ Finlands mineralstrategi, 2010 http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/minerals_strategy/documents/FinlandsMineralstrategi_1.pdf

⁶⁸ Presentation Green Mining. https://www.tekes.fi/globalassets/global/tekes_greenmining_en_final.pdf

⁶⁹ <http://www.arcticfinland.fi/EN>

⁷⁰ <http://www.cosmopolis.fi/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Juncker-Memo-2015.pdf>

ambitious EU Arctic and Nordic Policy” föreslås bl.a. en nordisk policy som täcker hela den norra dimensionen från Grönland till nordvästra Ryssland, norra Tyskland och Polen. Man pekar på att den arktiska regionen har 17% av världens kända mineralreserver och 25% av de globala olje- och gasreserverna. Mineraldillgångarna i form av järn, koppar, nickel, zink, guld och REE är bland de rikaste i världen. När det gäller forskning och utveckling, vill man att det ska finnas en arktisk prioritering i Horisont 2020 arbetsprogram för 2018-2020.

Det är av hög prioritet att noggrannare följa och stödja utvecklingen i det mineralrika Arktis, dit också Danmark via Grönland hör. I sammanhanget kan det vara värt att notera besöket i Kiruna av Lady Ashton, förra Höge Representanten för EU utrikestjänst, European External Action Service (EEAS). Besöket i mars 2012 hade sin betydelse för att forma EUs arktiska policy. Man skriver⁷¹ till exempel: *“In view of increasing mining and oil extraction activities in the Arctic region, the EU will work with Arctic partners and the private sector to develop environmentally friendly, low-risk technologies that could be used by extractive industries. For example, Nordic-based mining companies as well as universities and researchers are crucial partners in related FP7 projects such as ProMine and I²Mine.”* Vidare är det värt att påminna om Arktiska Rådets utrikesministermöte i Kiruna i maj 2013⁷², där råvaruförsörjning kunde diskuteras ”hands-on”. Utmärkta tillfällen för fortsatta dialoger om Arktis och Norden sker inte minst då Finland tar över ordförandeskapet för det Arktiska Rådet 2017-2019. Man kan påräkna att Nordiska Rådet i framtiden kan få större tyngd. Författaren och historikern Gunnar Wetterberg går t o m så långt att 16 januari 2016 i DN propagera för en nordisk förbundsstat⁷³.

Förra statsrådet Ewa Björling gjorde en viktig insats för råvarusektorn genom att föreslå att avsätta en del av Nordiska Rådets årliga totalbudget på SEK 1.2 miljarder till ett nordiskt mineralforskningsprogram – NordMin⁷⁴ under åren 2013-2016 och med DKR 30 miljoner i anslag. Det finns all anledning att stödja en fortsättning av NordMin för att hitta vägar till stärkta nordiska och arktiska forskningsstrukturer, som också torde vara av intresse för goda förslag till EUs ramprogram för forskning och innovation.

I övrigt kan man notera att Norge hade kring 2011 planer på ett mineralforskningsprogram på ca NOK100 miljoner per år – MinForsk21 - men det stoppades i ett sent läge av Norges Forskningsråd, som skulle ha varit en av de stora finansiärerna.

6 Svenska initiativ i perspektiv

*“The difficulty lies not so much in developing new ideas as in escaping from old ones.”*⁷⁵

Svensk gruvindustri har minst sagt en lång historia. Som exempel kan nämnas Garpenbergsområdet i Dalarna där brytning skett sedan 1200-talet. Falu Koppargruva var under lång tid av största betydelse för nationens intäkter. Framväxten av malmfälten i 1900-talets början hade enorm betydelse för utvecklingen av Sverige som industrination. Teknisk utveckling har varit betydelsefull för att skapa långsiktig hållbarhet, ekonomiskt, socialt och ekologiskt. Christopher Polhem och Alfred Nobel är två exempel på banbrytare. Under hela 1900-talet blev det goda samarbetet med svensk gruvindustri och teknikleverantörer av största vikt för gruvföretagens

⁷¹ EEAS, 2012. Developing a European Union Policy towards the Arctic Region: progress since 2008 and next steps. JOIN(2012) 19 final. http://eeas.europa.eu/arctic_region/docs/join_2012_19.pdf

⁷² Websida. <https://oarchive.arctic-council.org/handle/11374/528>

⁷³ <http://www.dn.se/debatt/nordisk-forbundsstat-kan-mota-framtidens-kriser/>

⁷⁴ <http://www.ltu.se/research/subjects/Malmgeologi/Nordmin?!=en>

⁷⁵ John Keynes

överlevnad och teknikleverantörernas tillväxt från lokala aktörer till ledande globala leverantörer inom sina specifika produktområden. Företag som ABB, Atlas Copco och Sandvik har lyckats att ta fram nya produkter som ligger i teknikens framkant, även i tekniksprång och sedan haft förmågan att sälja produkterna globalt, efter de lokala förutsättningarna.

Länder som Kanada, Sydafrika och Australien med mycket större gruvindustri har inte klarat det Sverige genomfört – att i god samverkan mellan kunder, leverantörer och akademi – bygga ett internationellt teknologisk ledarskap inom en del specifika teknikområden. Det är med viss avund som t ex Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET) konstaterar: *”Many years ago, in the face of international competition and a decline in mining in the country, the Swedish mining industry, its manufacturers and research centres, joined together to provide the world’s mining operations with improved and more productive equipment and techniques that could be aimed at reducing operating expenses. The exercise proved to be profitable for them, and established Sweden as one of the world’s pre-eminent manufacturers of mining equipment. In spite of its smaller territory, compared with that of Canada, and its much lower mineral production, Sweden is now a dominant player in the international mining equipment market.”*⁷⁶

I det följande återges kortfattat en del historiska samverkansprojekt.

6.1 Forskningsgruvan i Luossavaara (1976-1985)

Luossavaaraprojektet blev en del i miljardpaketet för att säkra sysselsättningen i Norrbotten och samtidigt den största statliga satsningen på gruvforskning någonsin för att genomföra ett fullskaligt försök i storskalig malmproduktion. Projektkostnaden beräknades till SEK 132 miljoner, varav SEK 30 till forskning. Man räknade med att försäljningen av malm skulle inbringa SEK 90 miljoner. Projektet är detaljerat beskrivet i en utmärkt sammanfattningsrapport.⁷⁷ LKAB tillhandahöll den sedan 1967 stängda Luossavaragruvan för försöken som genomfördes 1981-1985.

I allmänhet var gruvindustrin skeptisk till satsningen att testa underjordsbrytning med 100 m höga öppna rum (”skivpallbrytning”). Försöken skulle ha till exempel ha lite relevans för gruvbolag som Boliden som använder ”igensättningsbrytning”. Ledningen för LKAB hade sedan tidigare stort förtroende för den använda metoden ”skivrasbrytning” som fortfarande används. Projektet gav naturligtvis en hel mängd resultat och erfarenheter. Man lyckades visa att det gick att öppna höga och stabila brytningsrum och man lyckades demonstrera *”utvecklingspotentialen för modern teknologi i planering, projektering, genomförande och uppföljning av gruvarbeten”*.

LKAB konstaterade: *”Trots allt har vi lärt oss en hel del av Luossavaaraprojektet, men man bör nog tänka sig för mycket noga, innan man drar igång något nytt projekt i den här formen eller omfattningen.”* Erfarenheterna från Luossavaara var betydelsefulla för det kommande Gruvteknik2000 programmet, både när det gällde programmets innehåll som sättet att angripa problemen.

6.2 Gruvteknik 2000 (1987-1992)

Som en uppföljning av Forskningsgruvan, planerade gruvindustrin för framtida malmbrytning med målet att stärka industrins internationella konkurrenskraft genom att företagen i samverkan med högskolor och

⁷⁶ Laverdure, L., Fecteau, J.-M., 2004. Definition of an Action Plan in Research and Development, Trial and Experimentation to Promote Safety for Underground Mining Operations. Final Report. CANMET-MMSL 04-037(CR). [http://www.camiro.org/sites/default/files/CANMET-MMSL%2004-037\(CR\)%20English%20Report.pdf](http://www.camiro.org/sites/default/files/CANMET-MMSL%2004-037(CR)%20English%20Report.pdf)

⁷⁷ Svensk Gruvteknik, 1987. Forskningsgruvan i Luossavaara 1976-1985, 1987. The Luossavaara mining research project. Styrelsen för teknisk utveckling, 1987 ISBN 9178501784.

forskningsinstitut utvecklar nya och befintliga brytningsmetoder för underjordsgruvor.⁷⁸ Programmet var vid den tiden, världens största samlade gruvforskningsprogram och med starkt stöd från industrin, akademien, fackföreningar och staten. LKABs tidigare vd, envoyén Arne S Lundberg skrev i en programbroschyr hur man skulle gå till väga för att lyckas: *”Vi vet alla att utvecklingsprojekt lever ett riskfyllt liv. Det är lätt att hamna i återvändsgränder, ibland fortsätter projekten som isolerade öar utan intresse för andra än dem som arbetar med projektet. Det gäller framförallt att sätta ihop projektgrupperna så att klokhet, fantasi, kunskap och omdöme samverkar. Ibland behövs också en smula galenskap för att hitta nya vägar. Den vanligaste bristen i projektgrupper som arbetar med utveckling är brist på fantasi och kreativitet. Det är känsliga saker som lätt manglas ner om miljön är för tuff. Det ska nog också finnas en viss stress med i det hela – ingenting brukar bli bättre för att man får lång tid på sig.”* Slutsatserna torde vara giltiga än i dag.

Gruvteknik 2000 bestod av 13 områden i prioritetsordning med 54 utvecklingsprojekt. De tre mest prioriterade områdena var malmkännedom, fragmentering och brytningsmetodernas bergmekanik. Under en femårsperiod 1988-1992 anslog STU totalt SEK 50 miljoner för Gruvteknik 2000, medan gruvföretagen och tillverkarna åtog sig medverkan i form av egna insatser om SEK 100 miljoner respektive SEK 200 miljoner kronor, dvs totalt SEK 350 miljoner. Programmet resulterade i en rad delrapporter, men tyvärr inte någon sammanfattande slutrapport. En utvärdering av programmet gjordes 1992 av NUTEK via en konsultfirma⁷⁹. Deltagarna var nöjda med resultaten, men hade önskat färre prioriterade områden. Genom satsningarna fick LKAB bättre produktivitet. Bolidens Kristinebergsgruva behövde inte stänga då man kraftigt kunde reducera risk för ras vilket väsentligt ökade produktiviteten och gruvan är fortfarande i drift nu på ett djup av 1300m under markytan. Atlas Copco och Nitro Nobel fick bättre kundanpassning av sina produkter. Dåvarande Högskolan i Luleå producerade 30+ doktors- och licenciatavhandlingar. Utvärderingen av programmet genomfördes i anslutning till programmets avslutning och därför var det då inte möjligt att uppkatta de totala systemförbättringarna och den önskade minskningen av brytningskostnaderna.

Mer eller mindre parallellt med Gruvteknik 2000, genomfördes under åren 1988-1994 en satsning på Prospekteringsinriktad Malmgeologi i två etapper via STU/NUTEK och med en totalbudget på 24 miljoner kronor⁸⁰.

6.3 Efter Gruvteknik 2000 – Vision 2010

I mitten och slutet av 90-talet fortsatte ett framgångsrikt samarbete med LTU och industrin i så kallade centrumbildningar, som medgav flexibilitet och lagom stora projekt. Exempel på dessa centrumbildningar var MiMI (Mitigation of the environmental impact of mining waste) som huvudsakligen finansierades av MISTRA och industrin, AGRICOLA om partikelteknologi och ytkemi med finansiering av Strategiska forskningsstiftelsen och industrin och MIMER (Minerals and Materials Recycling Research Centre) med finansiering av bl a MISTRA och industrin.

Georange⁸¹ bildades 1999 och har haft en betydelsefull roll för att fylla det tidigare tomrum som tidigare fanns för FoU kring prospektering, malmgeologi och yttre gruvmiljö. Vidare har Georange haft en viktig roll för

⁷⁸ Lindqvist, P.-A., Hustrulid, W.A., Hedén, H., Hellström, S.-E., Sognfors, P.O., 1985. Framtida malmbrytning. Områden för gruvteknisk forskning och utveckling. BeFo 173:1/85.

http://www.befoonline.org/UserFiles/Archive/514/173_1_85.pdf

⁷⁹ Selg, H., 1994. NUTEKS utvärdering av Gruvteknik. Meddelande från Svenska Gruvföreningen 178, vol 14 p3-19. ISSN 0586-9021

⁸⁰ Gruvkommittén, 1996. Gruvorna och Framtiden. SOU 1996:152.

⁸¹ www.georange.se

regionala funktionsanalyser, klusterutveckling och uppbyggnad av den aktörsgemensamma paraplyorganisationen Bergforsk. Georange har åstadkommit två nyttiga avknoppningar, dels den årliga konferensen Framtidens Gruv- och Mineralindustri⁸² och den årliga Euro Mine Expo⁸³. Bägge initiativen är klart internationellt förankrade. Ett av de projekten som Georange stödde var för övrigt att ta fram en regional funktionsanalys. Denna studie blev sedan en grund för regeringen på påverkan av EU, inte minst för att få till transportkorridorer⁸⁴. Vidare kan noteras att Georange var värd för ett EU-finansierat projekt för samarbete mellan gruvregioner. Tyvärr blev inte Georange ett fullt nationellt initiativ, så om region Norrland har Georange, så har Bergslagsregionen på motsvarande sätt haft föreningen Bergskraft⁸⁵ som också gjort betydande insatser sedan den bildades år 2005.

I juni 1999 togs ett lokalt initiativ i Gällivare för att skapa ett "European Mineral and Mining Technology Center". Via olika finansieringsformer, inte minst strukturfonder, skapades Gällivare Hard Rock Research (GHRR) som genomförde en rad olika bergtekniska projekt under 2003-2006 innan det 2005 ombildades till ett kommersiellt aktiebolag, Nordic Roch Tech Centre AB⁸⁶ med den övergripande ambitionen: "*moving theory into practice*". De nuvarande aktieägarna är ABB, Atlas Copco, Bergforsk och NCC med Bergforsk som majoritetsägare.

I slutet av 1990-talet var utbildningsläget kritiskt, med få studenter och med risk för att utbildningarna inom gruv- och metallurgi vid LTU skulle läggas ned. Lokala initiativ som skapandet av Georange och GHRR genom EUs strukturfonder saknade samordning. Man noterade också att det inte fanns några nämnvärda satsningar på bergteknik. Den samlade gruv- mineral- och bergindustrin med leverantörer av maskiner och utrustningar inledde 1999 ett arbete som resulterade i en Vision 2010⁸⁷ och det finns anledning att lyfta några av resultaten och slutsatserna:

- LKAB, Boliden och Carl Bennet AB finansierade tre nya professorer med 12 miljoner kronor under 4 år. (Detonik och sprängteknik, hydrometallurgi, och basmetallernas metallurgi.) Staten finansierade en fjärde professur i malmgeologi
- Man etablerade ett nätverk BergSam för bergindustrin för att få till en nationell påverkansplattform
- Arbetsgruppen sände år 2002 ett brev till regeringen med önskan att under tre år få 15 miljoner i finansiering för att skapa ett större nationellt innovationskluster med arbetsnamnet MinMet (Swedish Minerals and Metals Innovation Cluster)
- Målet var också att EU skulle förlägga ett center inom Mining and Minerals till Norrbotten/Västerbotten.

Det lösa nätverket BergSam existerar fortfarande. Branschorganisationer som SveMin, Sveriges Bergmaterialindustrier och forskningsfinansiärer som Stiftelsen Bergteknisk forskning (BeFo) och föreningen

⁸² <http://www.framtidensgruvochmineral.se/>

⁸³ <http://www.eurominexpo.com/>

⁸⁴ ÅF, 2010. Supply of Raw Materials, Transport Needs and Economic Potential in Northern Europe.. <http://www.nll.se/upload/IB/lg/regio/Rapporter%20Internationellt-EU/Regeringens%20r%C3%A5varuanalys%20juni%202010.pdf>

⁸⁵ www.bergskraft.se

⁸⁶ <http://www.rocktechcentre.se/>

⁸⁷ MITU, 2003. Konsten att flytta berg. Vision 2010 – ett nationellt program för svensk bergindustri

Mineralteknisk Forskning träffas några gånger per år för informationsutbyte, inte minst om arbetsmiljö, men det sker inget organiserat samarbete för gemensamt agerande. 2003 lämnade svensk detonikforskning och gruvindustrin BeFo. Detonikforskningen lades på LTU i en centrumbildning Swebrec. I dag har BeFo en inriktning mot urbant byggande, inte minst hur man tätar tunnlar för att minska vatteninläckning. Med fyra huvudfinansiärer (Trafikverket, Svensk Kärnbränslehantering AB, Energiforsk och Atlas Copco) och ca 40 huvudmän omsätter man knappt 13 miljoner per år.

Det är värt att notera att industri- och bergmaterialsindustri under åren 2003-2010 genomförde utvecklingsprogrammet MinBas1 och MinBas2 med en totalbudget på SEK 49 miljoner respektive SEK 55 miljoner kronor.⁸⁸ Programmet har sedan fortsatt baserat på strategisk forsknings- och innovationsagenda MinBas Innovation. Programbudgeten 2014-2017 är på SEK 52 miljoner varav Vinnova står för hälften.⁸⁹

6.4 Forskningspropositionerna 2004-2012

Den politiska vinden under 1980-talet och 1990-talet var att gruvindustrin var en "sunset industry" som man accepterade men såg som något primitivt – "low-tech". Råvaruförsörjning var något som tredje världen kunde sköta medan Sverige skulle gå in i det post-industriella samhället.

Med tiden växte insikten att gruvindustrin var teknikdrivande och viktig för tillverkningsindustrins framtid i Sverige, t ex ABB, Atlas Copco, Sandvik med flera var globala företag med en väsentlig bas i Sverige. Parallellt arbetade industrin och akademien via Luleå tekniska universitet för att minska den organisatoriska fragmenteringen. Klara roller etablerades för Georange, GHRR och Bergforsk (med det tidigare namnet MITU (Mineralindustrins Teknikutveckling).

Under ledning av Bergforsk togs en forskningsagenda fram som sedan accepterades i branschprogrammet Metallurgi⁹⁰. Man skulle gemensamt och i samråd med Vinnova och industrin *"analysera förutsättningarna för ett innovativt och framtidsinriktat forskningsprogram samt lämna förslag till ett sådant program. Programmet ska särskilt bidra till utveckling av områden där den svenska gruvindustrin och smältverken bedöms ligga i eller nära teknikfronten. Detta kan t.ex. avse effektivare process- och produktionsmetoder, utveckling av nya material och produkter, utvecklad miljöteknik, återanvändning och återvinning i enlighet med Bergforsks förslag."*

Regeringen beslutade vid sitt sammanträde 14 september 2006 att Vinnova i samverkan med industri och SGU skulle genomföra ett innovativt och framtidsinriktat gruvforskningsprogram för att stärka den internationella konkurrenskraften hos gruvindustrin. Under perioden 2006-2010 bidrog staten med SEK 50 miljoner och industrin med minst lika mycket. I senare avtal mellan Vinnova och Bergforsk satsas sedan på:

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

⁸⁸ http://www.minfo.se/?page_id=130

⁸⁹ <https://www.sgu.se/Documents/Om%20SGU/Anvandarrad/Bergmaterialrad/bergmaterialrad-mars-2015-bilaga-5.pdf>

⁹⁰ Regeringskansliet, 2005. Metallurgi – en del av innovativa Sverige.

- Minskad miljöbelastning vid gruvhantering

Dessutom reserverades varje år pengar för "särskilt innovativa projekt." Det kunde röra flera områden eller mer visionära forskningsaktiviteter med stor potential och som innehöll radikala idéer och nytänkande. Ett av de projekten som genomfördes som särskilt innovativt var idéstudien Smart Mine of the Future, som var betydelsefullt för att samla intressenter i nya forsknings- och innovationsprojekt. Bergforsk noterade att den svenska gruvindustrin och den svenska, globala utrustningsindustrin hade få kontaktytor i forskningsfrågor och bjöd därför in flera intressenter till samtal. Vid workshopen konstaterade professor Jan Johansson på LTU att det vore bra om man kunde samlas ett kring en Framtidsgruva på samma sätt som bilindustrin arbetar med Car of the Future. Resultatet blev ett brett konsortium som sedan ansökte om pengar ur det Strategiska Gruvforskningsprogrammet för att genomföra den första idéstudien.

Det strategiska gruvforskningsprogrammet utvärderades av en oberoende organisation⁹¹ som bl.a. framhöll att *"gruvteknik, mineralgeologi och anrikningsteknik håller hög vetenskaplig kvalitet och befinner sig i spetsen av den internationella forskningen inom respektive område. Projekten bidrar sannolikt till att stärka den svenska gruvindustrins teknikledande position och internationella konkurrenskraft, skapa starka utbildnings-, forsknings- och innovationsmiljöer, och ett framgångsrikt svenskt deltagande i internationella gemenskapsinitiativ inom EU, men även ökad samverkan med forskningen i Australien, Finland, Kanada och Polen"*.

Forsknings- och innovationspropositionen 2008 handlade mer om vetenskaplig kvalitet och fokusering på strategiska områden än om fortsatta branschprogram. Ett av de 24 områdena som nämndes i propositionen var Hållbart utnyttjande av naturresurser, inklusive mineraler och metaller. Dåvarande regeringen konstaterade att *"Mineral och metaller, liksom energiråvaror, är avgörande för svensk välfärd" samt "För att ta till vara den potential som finns både nationellt och regionalt för utveckling av dessa råvarutillgångar behövs en fortsatt långsiktig satsning tillsammans med industrin. Insatserna bör riktas mot teknik bl.a. för att hitta nya fyndigheter och nya utvinnings- och produktionsmetoder som ger ökad resurseffektivitet och minimerad miljöpåverkan."*⁹²

I en kvalificerad ansökningsprocess med internationell granskning, fick LTU i konkurrens ett ökat fakultetsanslag på SEK 83.9 miljoner mellan 2010-2014⁹³. Man kan som en detalj i sammanhanget notera att ansökan skrevs i gott samarbete mellan industri och LTU. LTU bildade sedan ett Centre for Advanced Mining and Metallurgy⁹⁴ (CAMM) med inriktning mot:

- Geometallurgy and 4D geological modelling
- Deep mining
- Lean mining
- Green mining

⁹¹ Stern, P., Terrell M., Åström, T., Blomqvist, L., 2012. Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram . VR 2012:01. Vinnova, <http://www.Vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-12-01.pdf>

⁹² <http://www.regeringen.se/contentassets/05cb6c62a34e4b37a114611a3ebcbd5b/ett-lyft-for-forskning-och-innovation-prop.-20080950>

⁹³ <http://www.Vinnova.se/sv/Om-Vinnova/Verksamhet/Strategiska-forskningsomraden/Hallbart-utnyttjande-av-naturresurser/>

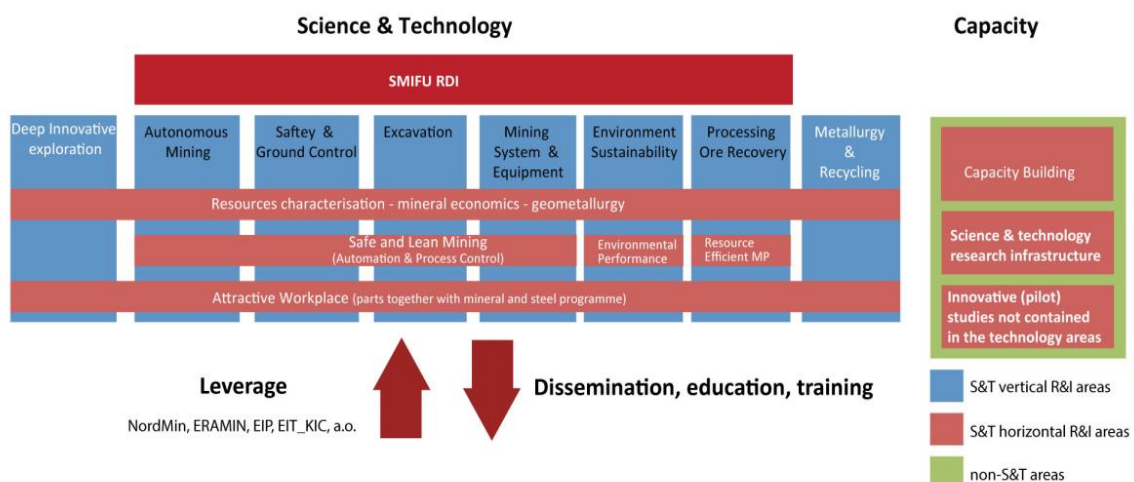
⁹⁴ <http://www.ltu.se/centres/camm/About-CAMM>

- Particle technology
- Raw materials for future iron- and steel making

Arbetet har granskats internationellt genom Vetenskapsrådets försorg⁹⁵ med rekommendation att det särskilda fakultetsanslaget ska fortsätta utan omfördelning. Regeringens beslut väntas och under väntetiden är anslagen för åren 2015 och 2016 på samma nivå som för 2010-2014.

Forsknings- och innovationspropositionen 2012⁹⁶ hade en inriktning att skapa större sammanhängande samverkansprogram genom ”strategiska innovationsområden”. Avsikten var att medel ska fördelas långsiktigt till forskning av hög vetenskaplig kvalitet, som beaktar näringslivets och offentlig sektors behov av långsiktig kompetensuppbyggnad. Gruv- och mineralindustrin vann senare i konkurrens en utlysning från Vinnova och SIP STRIM blev tilldelade SEK 92 miljoner av Vinnova för perioden 2013-2016. Programmet är en breddning av Smart Mine of the Future (se Figur 6-1) med uppdelning i sju delområden

- innovativ djupprospektering – förbättring av borrhäls- och prospekteringsmetoder för att utöka tillgången på inhemska mineralråvaror
- gruvdrift – förstärkning av den svenska gruvsektorns konkurrenskraft med hjälp av mer effektiv teknik och miljövänliga, säkra processer
- anrikning – ökning av resurseffektiviteten och energieffektiviteten
- återanvändning och metallurgi – minimering av miljöpåverkan och maximering av det ekonomiska resultatet genom ett effektivt tillvaratagande av restprodukter och skrot
- återvinning och miljöprestanda – minimering av gruvdriftens totala fotavtryck
- attraktiva arbetsplatser – minimering av personal under jord genom ny teknologi för utvinning
- jämställdhet i gruvdriften – bryt könsmönster såväl som malm.



Figur 6-1. Koppling mellan programinnehållet i SMIFU och SIP STRIM

⁹⁵ Vetenskapsrådet, 2015: Evaluation of the Strategic Research Area Initiative 2010–2014

<https://publikationer.vr.se/produkt/evaluation-of-the-strategic-research-area-initiative-2010-2014/>

⁹⁶ <http://www.regeringen.se/contentassets/4ef9d72bd1b84b3fad482671b5509fa7/forskning-och-innovation-prop.-20121330>

Av upphovsrättsliga skäl bytte Smart Mine of the Future namn till Sustainable Mining and Innovation for the Future (SMIFU). En fördjupning av den konceptuella studien resulterade i 12 arbetspaket⁹⁷ som utförligt beskrivs i en rapport⁹⁸. Som noteras är SMIFU-programmet i SIP STRIM breddat med prospektering, metallurgi och återvinning. De horisontella områdena ingick tidigare också i stora delar i SMIFU. En kvistig fråga i sammanhanget var om automation och IT skulle ligga som ett horisontellt område eller inordnas ”linjen”. En aktuell fråga är hanteringen av samhällsfrågorna i SIP STRIM. Avsikten är att initiera forskning inom ett nytt programområde ”Social Licence to Operate”.

I sammanhanget är det värt att notera de två programmen SIP för Sakernas Internet (Internet of Things) och SIP för Processindustriell IT och Automation (PiiA)⁹⁹. Gruvbolagen har haft ett långt och nära samarbete via deltagande i ProcessITInnovations¹⁰⁰ -en Vinnova VinnVäxt-vinnare. På motsvarande sätt deltar gruvindustrin i ett europeiskt nätverk för automatisering i processindustrin, ProcessITEurope.¹⁰¹

Ett konkret exempel på samarbete mellan gruvindustri och ProcessITInnovations följer: Rock Tech Centre (RTC) skapade ett internationellt B2B-konsortium med svensk, finsk, polsk och gruvindustri och också med medverkan från företag i Schweiz och Frankrike (Figur 6-2). MIGS (Mining Initiative on Ground Support systems and equipment) syftade till att utveckla effektivare förstärkningssystem, inte minst för seismiska händelser. En förstudie genomfördes för att hitta teknik att mäta i realtid på bergbultars funktion. RTC tog fram teorier för mätning med parameterval medan ProcessITInnovations tog fram en passande design för sensorer. Systemet har utvecklats i steg, bl med stöd av SIP PiiA. Och den smarta bergbulten vann 2015 första pris i den tävling IPSO Alliance i Silicon Valley skapat för att demonstrera tillämpningar av Internet of Things¹⁰².



Figur 6-2. Deltagare i MIGS konsortiet

⁹⁷ <http://www.rocktechcentre.se/core-business/programs/smifu-ii/>

⁹⁸ RTC, 2012. Sustainable Mining and Innovation for the Future. Research, Development and Innovation Program. Nordic Rock Tech Centre AB.

⁹⁹ <http://sip-piia.se/>

¹⁰⁰ <http://www.processitinnovations.se/>

¹⁰¹ <http://www.processit.eu/>

¹⁰² <http://www.ipso-alliance.org/ipso-alliance-names-the-smart-rock-bolt-10000-winner-of-the-2015-challenge/>

Inför den kommande forskningspropositionen 2016 har Bergforsk lämnat remissvar med förslag rörande forskning, innovation och utbildning. Man efterfrågar bl a insatser för att skapa testbäddar, demonstratorer, piloter inom spetsteknik och avancerade systemlösningar.

6.5 Det svenska landskapet – industri och akademi i samverkan

Det som är gemensamt för många av industrins satsningar på akademien är att genom hög kvalitet på forskning också skapa hög kvalitet på utbildning och hög kvalitet på de studenter som sedan ska anställas. LKAB har t ex genom olika donationer till Luleå tekniska universitet, totalt ca SEK 200 miljoner, stärkt LTUs kompetens inte bara inom LKABs nischer. Ett universitet kan inte vara världsbäst på alla aspekter, men det är väsentligt att det fungerar som en nod med kopplingar till världsexpertis var den än råkar befinna sig.

SIP STRIM har lyckats samla en stor del av industri och akademi inom den svenska råvarusektor, men ändå bara en bråkdel av befintliga företag inom sektorn. Författaren har kontaktat tre svenska företag som är ordentligt internationellt förankrade, växer och som bedriver eget utvecklingsarbete.

- Stockholm Precision Tools AB¹⁰³ tillverkar och tillhandahåller avancerade utrustningar för att mäta in och styra riktning på borrhål. Bolaget har ca 6 medarbetare i Sverige. 2010 bildade man ett bolag i Spanien, som nu har 14 medarbetare. SPT är ett typiskt "ingenjörsföretag" som egenfinansierat tar fram nya produkter för världsmarknaden. 25% av omsättningen satsas på forskning och utveckling, men SPT har ingen egentlig erfarenhet om hur man svarar på nationella utlysningar eller EU-utlysningar och har aldrig deltagit i dessa sammanhang.
- Rockma AB¹⁰⁴ tillverkar och marknadsför system för mätning under borrning (Measurement While Drilling – MWD) för att via dessa data bedöma bergets egenskaper. Bolaget har i Sverige fem anställda och Sydafrika fyra anställda och bolagen i Sydafrika och i Sverige har liknande omsättning. Man har tre heltidsanställda som enbart sysslar med utveckling av produkterna, inte minst via mobilapplikationer. Då bolaget startades 1999 sökte man ett bidrag på några hundratusen svenska kronor, men det upplevdes krångligt och därefter har man gjort all utveckling av egen kraft med avsikten att lyckas på den internationella marknaden. Rockma konkurrerar t ex med bolag som Atlas Copco och Caterpillar i MWD-system för dagbrott. Underjord använder Anglo American t ex 29 av deras system i Sydafrika. Rockma noterar fö att i länder som Norge och Finland värnar bolag och statliga upphandlingar den egna småindustrin, medan bolag i Sverige hellre handlar utan tanke på att stödja de egna småföretagen.
- Mobilaris AB¹⁰⁵ är ett bolag med bakgrund i telekom som är specialiserat på beslutsstöd och visualisering av positionsdata. Tekniken är generisk med vidsträckta applikationer, t ex inom gruvindustrin, för att med hög precision lokalisera personal och fordon under jord. Metoderna togs fram i samarbete med bl a Boliden och LKAB, men har en allt större marknad i den internationella gruvindustrin. Bolaget som bildades 1999 har nu ca 30 medarbetare. Utvecklingen har varit självfinansierad med undantag för ett Vinnova-projekt (Forska&Väx 2013) på SEK1.7 miljoner 2013-2014 för att utveckla det industriella positioneringssystemet för gruvindustrin. Mobilaris har deltagit i några EU-utlysningar tillsammans med Luleå tekniska universitet, men hittills utan framgång. Närheten till LTU har varit viktig som en rekryteringsbas. Man är inte negativ till att söka bidrag; det

¹⁰³ <http://rogtecmagazine.com/closure-interview-orlando-ramirez-ceo-stockholm-precision-tools-spt/> , www.stockholmprecisiontools.com

¹⁰⁴ www.rockma.se

¹⁰⁵ www.mobilaris.se

finns fler idéer än resurser men det ska då finnas god hjälp för att söka extern finansiering för forskning och utveckling.

Det som ofta händer med framgångsrika svenska bolag är ofta att de blir uppköpta, hellre än att de expanderar själva via förvärv. Ett exempel är Reflex Instruments som hade liknande inriktning som Stockholm Precision Tools. Bolaget köptes av ett australiensiskt bolag för att sedan mer eller mindre försvinna från Sverige. Raw Materials Group är ett annat exempel på ett internationellt framgångsrikt svenskt bolag som efter uppköp mer eller mindre försvunnit i Sverige. RMG hade oöverträffad kontroll på data om den globala gruvindustrin. Sverige har sedan Alfred Nobels dagar haft ett intensivt utvecklingsarbete inom spräng- och tändmedel, men efter försäljningen av Nitro Nobel/Dyno Nobel är det mycket svårare att få till utvecklingsarbeten i Sverige, som ofta krävt beslut på svensk, sedan på nordisk, sedan på europeisk nivå, sedan på ett huvudkontor i Australien.

Genom att internationellt framgångsrika svenska företag köps upp är det risk att värdekedjor bryts. Ska man t ex skapa Framtidens Gruva måste alla delar utvecklas i en helhet, vilket naturligtvis är enklare om huvudkontoren för de olika delarna finns i samma region. Skulle ett bolag som t ex Mobilaris köpas upp av utländska intressenter, minskar det möjligheten att Sverige även i framtiden blir en stark leverantör av lösningar för den internationella gruvindustrin. Det är därför angeläget att hitta ett bra sätt att arbeta med "acceleratorer"¹⁰⁶ för råvaruklustret. Det finns en stor spännvidd i hur acceleratorer ser ut och fungerar. Eftersom företag behöver olika slags hjälp (beroende på affärsområde, teknik etc) är det inte säkert att det idag finns färdiga mallar att tillämpa, se vidare den refererade fotnoten. Ett exempel på ett extremt framgångsrikt acceleratorföretag är Y Combinator¹⁰⁷ som sedan 2005 fått fram åtta "unicorns", dvs. företag som värderas till mer än USD 1 miljard; två av dessa är Airbnb och Dropbox.

7 Styrkor och utmaningar i ett internationellt perspektiv

*If you always do what you've always done, you'll always get what you've always got"*¹⁰⁸

Vinnova har i ett separat uppdrag inom ramen för regeringsuppdraget tagit fram en sammanställning av nuläget som i detalj även beskriver svenska styrkor och utmaningar¹⁰⁹ och den bilden kompletteras här.

Sverige har geologiska potentialer, vilket motiverar fortsatt prospektering och utbyggnad av gruvor. Sverige har i ett antal nischer ett teknologiskt ledarskap med produkter som har god avsättning på den internationella marknaden. En förutsättning för fortsatt teknologiskt ledarskap är att via Sakernas Internet skapa industriella plattformar för internationell gruvindustri. USA har vunnit kampen om plattformar (Apple, Google, Amazon, Facebook etc) men Europa har ett försprång när det gäller industriell IT. Ska det bibehållas är det väsentligt att man i framtiden kan bygga och bibehålla plattformar för industriell IT, vilket inte minst bilindustrin arbetar med.¹¹⁰ Enligt författarens mening har industri och akademi i samverkan ännu inte definierat ett större samverkansprojekt hur man ska bygga en digital plattform för gruvindustrin. Sverige har utmärkt kompetens för att ta ett teknologiskt ledarskap i gruvindustrins digitalisering, som sedan kan demonstreras i svenska

¹⁰⁶ Se t ex <http://blogg.Vinnova.se/opendata/nagra-nyanser-av-acceleratorer/>

¹⁰⁷ Y Combinator, the X Factor of tech. Economist Print edition 7th Nov 2015

¹⁰⁸ Henry Ford.

¹⁰⁹ Ramböll, 2015. Sammanställning av strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskning, Ramböll.

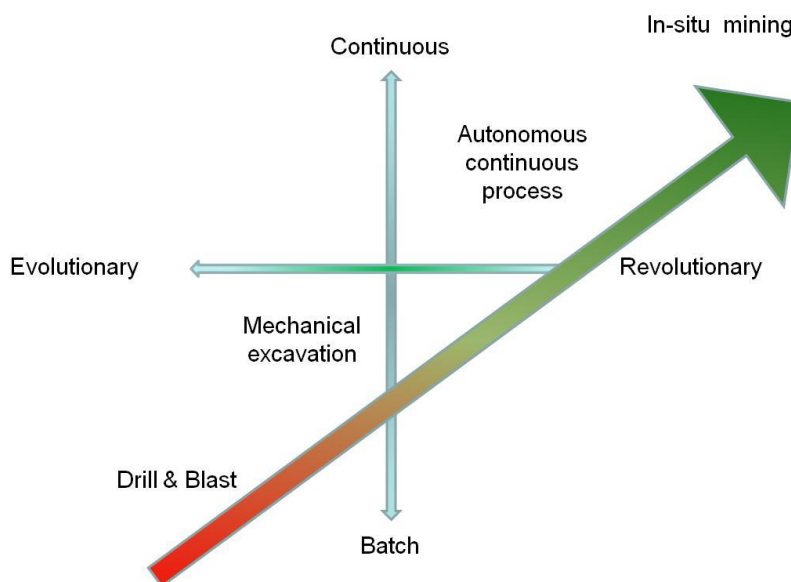
¹¹⁰ Economist, 2015. Does Deutschland do digital? Economist 21 nov 2015

gruvor. I mitten av 90-talet låg t ex LKABs gruvor i internationell framkant när det gällde en digital och automatiserad gruva. Man är idag fortfarande stark på digitalisering för anrikning, pelletisering och logistik, men gruvorna är inte längre världens modernaste. I sammanhanget är det värt att nämna Wallenberg Autonomous Systems Program (WASP)¹¹¹ där industri och akademi i samverkan bygger vidare på svenska styrkeområden som automation, robotik och programvara. WASP är Sveriges största individuella forskningsprogram någonsin. Satsningen är på SEK 1.8 miljarder över en 11 årsperiod. Atlas Copco har för närvarande två doktorander och Boliden en doktorand i programmet.

När det sedan gäller den mineraltekniska delen är det intressant att finna bättre metoder att öka utbytet. Dagens teknik är att mala malmen och sedan med olika kemiska metoder skapa ett metallkoncentrat. Det är av intresse att göra fortsatta insatser på kemiska, men inte minst biologiska metoder att extrahera metaller. Det finska bolaget Talvivaara¹¹² utvecklade metoder att utvinna nickel och zink via bakteriell lakning och det finns all anledning att fortsätta satsningar på bakteriell lakning. Det är nya processer som kan ge radikala samhällsvinster, se inte minst det tidigare anförda exemplet om utvinning av aluminium (se fotnot 16)

Svensk industri är starkt på underjordsbrytning, men det finns många segment där Sverige eller Norden inte är ledande. Som exempel nämns mjukvara för dagbrottsplanering, eller utveckling av teknik för malning, där ett huvudkontor visserligen kan ligga i Norden, men där forskning och utveckling sker på annan kontinent. Sverige har också tappat en tidigare ledande roll för borrhålsgeofysik i klena borrhål (som används i gruvindustrin).

Av avgörande betydelse för långsiktig hållbarhet är internationell konkurrenskraft och Sverige har tappat i produktivitet, inte minst inom ett bolag som LKAB. Uppskalning är inte längre möjlig inom gruvindustrin för att som tidigare öka produktiviteten. Tron nu är att det är fortsatt digitalisering, automation och organisationsutveckling som ska ge verkliga framtida produktivitetsökningar i gruvan. Inom ramen för Smart Mine of the Future diskuterades olika scenarios och en framtidsvision är att hela processen, inklusive gruvan är en kontinuerlig process. Ett idealtillstånd är att metallerna tas upp *in situ*, som man redan gör för vissa urangruvor (se Figur 7-1).



Figur 7-1. Utvecklingslinje för gruvindustrin. Bild från underlagsrapport till den konceptuella Smart Mine of the Future.

¹¹¹ www.wasp-sweden.org

¹¹² www.talvivaara.com

I ett allmänt perspektiv har svenska gruvbolag varit starka på att inte bara skapa samverkan med samhälle, utan också starkt bidra till samhällsbygget med god lokal, regional och nationell förankring. Men samhället förändras. Frågan om hållbar utveckling blir allt viktigare för råvarusektorn, såväl i Sverige som globalt. För att fortsätta kunna växa som bransch och som enskilt företag behöver man noggrannare definiera hållbar utveckling, både genom att vara en fortsatt god förebild men också genom att aktivt delta i samhällsdebatten med välgrundade fakta.

Långsiktig hållbarhet är en balans mellan ekologi, ekonomi och sociala frågor. Vid tillståndsprövning representeras staten enbart av de myndigheter som bevakar de ekologiska frågorna vilket ger ett skevt beslutsunderlag. Enligt författarens mening är inte rimligt att enskilda tjänstemän på låg nivå inom en myndighet kan överklaga tillstånd öppnande av nya gruvor – inte för att få bättre miljövillkor – utan för att man vill att en högre rättsinstans ska ge sin dom över hur en lagtext ska tolkas i akt och mening att skapa en framtida rättspraxis. Denna juridifiering av myndigheter och politiken medför långa handläggningstiden för tillstånd till förfång för en långsiktig hållbarhet. En konsekvens t ex för LKAB, har då varit att produktionen i en ny gruva kommer igång flera år senare, då priserna på järnmalm är USD 50 per ton i stället för USD 150 per ton. Med mer än 10 miljarder i intäktsstapp för bolaget, mer än tusen arbetstillfällen senarelagda – varav 500 direktanställda - och flera miljarder till statskassan missade – är det en rimlig avvägning av statsförvaltningen?

Det är då angeläget att ett brett och sammanhållet samhällsforskningsprogram kritiskt och oberoende analyserar alla de faktorer som hjälper eller stjälper en långsiktigt hållbar gruvnäring och samhällsutveckling. Man behöver därför i nuläget ett högkvalitativt brett forskningsprogram för samhällsfrågor för att ge vetenskaplig grund och ramar för en långsiktigt hållbar råvaruindustri, antingen den är inriktat mot gruvor, återvinning eller mot substitution. Det är inte t ex tillräckligt med ett teknologiskt ledarskap om det sedan inte finns möjlighet att få produktionstillstånd inom rimliga tider. LKAB har finansierat en förstudie för ett sådant program framtaget av LTU, se vidare fotnot 8 och 56. Framtida forskningsinsatser behövs för att t ex jämföra hur olika länder och bolag i praktiken arbetar med långsiktig hållbarhet, för att hitta metodik för att mäta råvarusektorns påverkan på nationell, regional och lokal ekonomi, ekosystemen och sociala faktorer och t ex för att studera synergier mellan målen och metodiker för hantering av målkonflikter.

Det vore utmärkt om det mindre samhällsforskningsprogram som nu ska rymmas inom SIP STRIM får en bredare, gärna nordisk arena¹¹³.

8 Former för samverkan

”Strength and growth come only through continuous effort and struggle.”¹¹⁴

Bakterier, liksom kunskap växer ofta snabbt där det finns gradienter och eller gränssnitt. Isolerat arbete inom ett ämnesområde eller sektor leder ofta till stegvisa förbättringar men mer sällan till genombrott. SIP-programmen är ett nytt angreppssätt för att stärka forskning och innovation, och det är nödvändigt att dessa får verka åtminstone fem år till, men naturligtvis med återkommande utvärderingar, så att erfarenheter successivt tas till vara i arbetet. Det torde också vara läge att öka gränsöverskridande samarbeten mellan SIParna. För SIP STRIM bör det vara särskilt viktigt att samarbeta med SIP Sakernas Internet, SIP

¹¹³ Ett steg i denna riktning är att Nordforsk inom Nordiska Rådet i januari 2016 beviljade projektet ”Råvaruutvinning och hållbara samhällen i Arktis” (REXSAC) NOK 28 miljoner över fem år. Studien leds av KTH. <https://www.kth.se/forskning/artiklar/nytt-forskningscentrum-om-arktis-1.621317>

¹¹⁴ Napoleon Hill

Processindustriell IT och Automation, SIP Metalliska material och SIP Re:Source¹¹⁵ (avfallshantering). Många av frågorna är för övrigt inte heller sektorsspecifika, som att göra livscykelanalyser över värdekedjan, eller att begripa hur framtidens arbetsmiljöer ska ordnas på bästa sätt.

Det finns säkerligen många sätt att befrämja ett ökat samarbete mellan gränserna i syfte att skapa nya gradienter och eller gränssnitt. Vinnova bör i samverkan med SIPar skapa instrument som stimulerar till fler samutlysningar. Ett tänkbart sätt är naturligtvis genom en budgetanvisning. Konkurrensen om medlen lär öka och nya aktörer kan samarbeta, med förhoppningsvis bättre projekt och oväntade synergier som följd.

Gruvindustrin har inget eget branschforskningsinstitut med seniora forskare, utan universiteten, framförallt LTU tar ett stort ansvar. Det är tyvärr svårt att få fram ett naturligt och inspirerande samarbete mellan universitet och institut, eftersom man ofta konkurrerar om samma utlysningar. Följden är att råvarusektorn har svårt att hitta erfarna koordinatörer som kan bygga konsortier och ansökningar inom EUs ramprogram. För FP7-projektet I²Mine behövde man gå till Tyskland för hjälp. Det är angeläget att Sverige hittar ett system för samarbeten mellan universitet och institutssektor där instituten kan ta ett större ansvar i EU-projekt. Det är positivt att RISE¹¹⁶ stärker sitt varumärke på EU-arenan; med bättre svenskt samarbete mellan instituten lär kvalitet och slagkraft förstärkas.

År 2004 samlades de svenska forskningsaktörerna för gruvindustrin för att renodla rollerna för aktörerna. Ett resultat blev Bergforsk som en "think-tank" som äger forskningsagendan, med centrumbildningar som utförare. Georange hanterade samhällsfrågorna. På samma sätt som den europeiska branschorganisationen för stålindustrin, Eurofer delegerade forskningsfrågor till den europeiska teknologiplattformen Estep, och den europeiska branschorganisationen för gruvindustrin, Euromines delegerade forskningsfrågor till ETP SMR har SveMin delegerat forskningsfrågorna till Bergforsk.

Men landskapet är nu till viss del förändrat. SIP STRIM är en stor operatör av Bergforsk agendan, liksom KIC-noden i Luleå för EIT Raw Materials. Det är angeläget att industri och akademi gör ett omtag för att beskriva och renodla rollerna för aktörerna; i sammanhanget är det då värt att även samtala med närgränsande aktörer inom mineral- och bergindustri. En viktig aspekt i rollfördelningen rör inkubatorer och "acceleratorer". Tre exempel på företag har nämnts, Stockholm Precision Tools AB, Rockma AB och Mobilaris AB och de har inte behov av inkubatorer, men kan vara hjälpta av acceleratorer. Vem tar ledarrollen inom gruvklustret för att skapa ett acceleratorprogram för råvarusektorns företag?

En viktig del i de pågående programmen torde vara att testa nya metoder att skapa innovationer. Man bör göra en del tester av "open innovation" i några pilotprojekt t ex förutsättningar för att kunna extrahera alla de tunga, sällsynta jordartsmetaller som finns i LKABs avfallsdammar. Man kan också testa biologisk lakning för olika malmtyper.

När det gäller svensk samordning mot EUs ramprogram, så är det värdefullt att departement och myndigheter samlar referensgrupper med deltagande av industri och akademi för diskussioner och avstämningar. I och med att programkommittén för råvaror är en del av andra miljöfrågor inom kommissionen och så också i den svenska referensgruppen finns det en risk att den långsiktiga hållbarheten för råvarusektorn enbart handlar om den ekologiska aspekten, medan samhällsfrågor och ekonomi hamnar i bakgrunden, vilket då i sig äventyrar den långsiktiga hållbarheten.

¹¹⁵ www.resource-sip.se

¹¹⁶ www.ri.se

9 Efterord

Författaren framför sitt varma tack till kollegor som förtjänstfullt lämnat kommentarer på ett tidigare rapportutkast, nämligen Charlotte Andersson, SIP STRIM, Per-Erik Lindvall, Brexia Business AB, Sabine Mayer, Bergforsk, Mikael Ramström, Atlas Copco, Kent Tano, LKAB och Pär Weihed, LTU. Tack framförs också till cheferna på Stockholm Precision Tools AB Orlando Ramirez, Rockma AB Kari Bro och Mobilaris AB Mikael Nyström, som välvilligt tagit sin tid i anspråk. Åsikter som framförs i rapporten är författarens egna och behöver inte på något sätt återspegla åsikter hos de företag och organisationer (inklusive Vinnova) som nämns i rapporten. Studien är finansierad av Vinnova. Tack framförs till Vinnovas ansvariga Susanne Gylesjö.

10 Referenser

- Abrahamsson, L., Johansson, B., Johansson, J., 2009. Future of metal mining – sixteen predictions Int. J. Mining and Mineral Engineering, Vol. 1, No. 3, 2009. 304-312.
- Bäckblom, G., Forsberg, E., Haugen, S., Johansson, J., Naarttijärvi, T., Öhlander, B., 2010. Smart Mine of the Future. Conceptual study 2009-2010. RTC.
- EEAS, 2012. Developing a European Union Policy towards the Arctic Region: progress since 2008 and next steps. JOIN(2012) 19 final. http://eeas.europa.eu/arctic_region/docs/join_2012_19.pdf
- EPA, 2011: National Strategy for Electronic Stewardship. Se <http://www.epa.gov/smm-electronics/national-strategy-electronics-stewardship-nses>
- EU, 2008. Råvaruinitiativet — att uppfylla våra kritiska behov av tillväxt och arbetstillfällen i Europa. KOM(2008) 699. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:sv:PDF>
- EU, 2012. Fördraget om Europeiska Unionens funktionssätt. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:12012E/TXT&from=SV>
- EU, 2014. Om översynen av förteckningen över råvaror av särskild betydelse för EU och om genomförandet av råvaruinitiativet KOM(2014) 297 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0297&from=EN>
- EU, 2015. Att sluta kretsloppet – en EU-handlingsplan för den cirkulära ekonomin. COM (2015) 614 final
- Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S., 2011: Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. UNEP.
- Graedel T.E., Allwood, J., Birat, J.-P., Reck, B.K., Sibley, S.F., Sonneman, G., Buchert, M., Hagelüken, C., 2011., 2011. Recycling Rates of Metals – A Status Report. UNEP.
- Hogg, D, Taylor, S., Massie, A., Tsiarta, C., Hudson, J., Gunn, G., Broadbent, C., Blackmore, C., Hassall, D., Cole, G., Elliot, L., and Watson, S., 2015. Study on the Competitiveness of the EU Primary and Secondary Mineral Raw Materials Sectors. Ares(2015)1451434 - 01/04/2015b http://bookshop.europa.eu/en/study-on-the-competitiveness-of-the-eu-primary-and-secondary-mineral-raw-materials-sectors-pbET0215302/downloads/ET-02-15-302-EN-N/ET0215302ENN_002.pdf;pgid=Iq1Ekni0.1ISR00OK4MycO9B0000m3W3MdEu;sid=U7CsVn2FHJ2sWCsKJnsy8R-g8XPQBt9GL-A=?FileName=ET0215302ENN_002.pdf&SKU=ET0215302ENN_PDF&CatalogueNumber=ET-02-15-302-EN-N

Hojem, P., 2014. Making Mining Sustainable: Overview of private and public responses. Luleå Univ of Technology, se vidare <http://www.ltu.se/research/areas-of-excellence/future-mining/Publikationer/Fem-nya-rapporter-om-gruvor-och-hallbar-utveckling-1.124549>

Gruvkommittén, 1996. Gruvorna och Framtiden. SOU 1996:152.
http://weburn.kb.se/metadata/059/SOU_7266059.htm

Jacks, D.S., 2013. From boom to bust: a typology of real commodity prices in the long run
David S. Jacks, Working Paper 18874. <http://www.nber.org/papers/w18874> National Bureau of Economic Research, Massachusetts, USA

Kurkkio, M., Ejdemo, T., Frishammar, J. Söderholm, P., 2014. Mapping the Nordic mining and metal industry for the purpose of enhancing and developing its innovative capability, Luleå Univ of Technology. https://pure.ltu.se/portal/files/97402485/Rapport_Nordisk_gruvindustri.pdf

Laverdure, L., Fecteau, J.-M., 2004. Definition of an Action Plan in Research and Development, Trial and Experimentation to Promote Safety for Underground Mining Operations. Final Report. CANMET-MMSL 04-037(CR). [http://www.camiro.org/sites/default/files/CANMET-MMSL%2004-037\(CR\)%20English%20Report.pdf](http://www.camiro.org/sites/default/files/CANMET-MMSL%2004-037(CR)%20English%20Report.pdf)

Lindqvist, P.-A., Hustrulid, W.A., Hedén, H., Hellström, S.-E., Sognfors, P.O., 1985. Framtida malmbrytning. Områden för gruvteknisk forskning och utveckling . BeFo 173:1/85.
http://www.befoonline.org/UserFiles/Archive/514/173_1_85.pdf

Lundberg, S., Nordlander, O., Bäckblom, G., 2006. Strategier för EU-finansiering av gruvrelaterad FoU. Rapport till Vinnova. Rapporten ingick som en del i Vinnovas rapport om metallurgisektorn, , se http://www.Vinnova.se/upload/dokument/Om_Vinnova/Regeringsuppdrag/EU_strategi/Metallurgi%202006-03661.pdf

McKinsey, 2011 Resource revolution: Meeting the needs of energy, materials, food and water needs. McKinsey&Co

Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy, J., 2011: Critical Metals in Strategic Energy Technologies. European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport

Parker, D., Petavratzi, E., Mankelow, J., Waugh, R., Bertrand, G., (BRGM), 2015. Minventory: EU raw materials statistics on resources and reserves Ares(2015)1987581 - 11/05/2015
<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/10224/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

Ramböll, 2015. Sammanställning av strategiska dokument och rapporter inom gruv- och mineralforskning, Ramböll.

Regeringskansliet, 2005. Metallurgi – en del av innovativa Sverige.

RTC, 2012. Sustainable Mining and Innovation for the Future. Research, Development and Innovation Program. Nordic Rock Tech Centre AB.

Selg, H., 1994. NUTEKS utvärdering av Gruvteknik. Meddelande från Svenska Gruvföreningen 178, vol 14 p3-19. ISSN 0586-9021.

SGU, 2014 Redovisning av regeringsuppdrag att utföra en kartläggning och analys av utvinnings- och återvinningspotential för svenska metall- och mineraltillgångar. 3114-1639/2013. Sveriges Geologiska Undersökning. <http://resource.sgu.se/produkter/regeringsrapporter/utvinnings-och-atervinningspotential-metaller-mineral-2014.pdf>

Stern, P., Terrell M., Åström, T., Blomqvist, L., 2012. Utvärdering av strategiskt gruvforskningsprogram . VR 2012:01. Vinnova, <http://www.Vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-12-01.pdf>

Svensk Gruvteknik, 1987. Forskningsgruvan i Luossavaara 1976-1985, 1987.: The Luossavaara mining research project Styrelsen. för teknisk utveckling, 1987 ISBN 9178501784

Sörensson. R., 2013. Företag inom svensk gruv- och mineralindustri - 2007-2011 Vinnova Analys VA 2013:12. ISBN 978-91-86517-95-3, http://www.Vinnova.se/upload/EPiStorePDF/va_13_12.pdf

UNEP, 2012. Responsible Resource Management for a Sustainable World: Findings from the International Resource Panel, UNEP

Valiante, D., 2013. Commodities Price Formation: Financialisation and Beyond, CEPS-ECMI Task Force Report, Centre for European Policy Studies, Brussels.

van der Voet, E.; Salminen, R.; Eckelman, M.; Mudd, G.; Norgate, T.; Hischier, R., 2013. Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. UNEP

World Economic Forum, 2016. The Global Risk Report 2016. WEF. http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf

Åberg, K., 2015. Gruvindustrin. Fokus industrin. Rapport #3. IF Metall. [https://www.ifmetall.se/ifmetall/home/resources.nsf/vRes/if_metall_1299580918718_industrilandet_sverige_gruvind_pdf/\\$File/Industrilandet%20Sverige_Gruvind.pdf](https://www.ifmetall.se/ifmetall/home/resources.nsf/vRes/if_metall_1299580918718_industrilandet_sverige_gruvind_pdf/$File/Industrilandet%20Sverige_Gruvind.pdf)

ÅF, 2010. Supply of Raw Materials, Transport Needs and Economic Potential in Northern Europe.. <http://www.nll.se/upload/IB/Ig/regio/Rapporter%20Internationellt-EU/Regeringens%20r%C3%A5varuanalys%20juni%202010.pdf>

Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F)

Verket för innovationssystem (Vinnova) fick i mars 2015 i uppdrag av regeringen att genomföra en ämnesöversikt och kartläggning av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige. I underlaget till svaret ska en bibliometrisk utvärdering ingå och därför fick Vetenskapsrådet (VR) vid samma tidpunkt i uppdrag att ta fram denna, vilken också ska omfatta forskningsområdena "urban mining", återvinning av metaller (särskilt kritiska metaller) och substitution av kritiska metaller. Här rapporteras resultatet av Vetenskapsrådets uppdrag. De sju delområden som identifierats och studerats är:

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

De två sista delområdena är små sett till publikationsvolymen, varför någon detaljerad statistik inte presenteras för dem. Andra möjliga teman, som forskning kring industrimineral och bergmaterial, har undersökts preliminärt men visat sig vara svåra att avgränsa. Den bibliometriska undersökningen har utförts av Dan Holtstam och Henrik Aldberg, Avdelningen för forskningspolitik, i samråd med Vinnova.

Arbetsmetod och avgränsningar

Det existerar idag ingen sammanställning över alla de artiklar från Sverige, som publicerats inom det aktuella området. Generellt brukar VR:s bibliometriska undersökningar utgå från ämnesområden enligt klassificering av tidskrifter i *Web of Science* (WoS) och på så sätt går det att göra sig oberoende av publikationslistor. Detta angreppssätt fungerar dock inte för detta uppdrag då ämnesindelningen i WoS inte fullständigt motsvarar de delområden som utpekats. Identifieringen av relevanta artiklar har istället genomförts med nyckelordssökningar. För de olika delområden som uppdraget omfattar (enligt VR:s tolkning) har särskilda uppsättningar av nyckelord tagits fram. Uppdelningen och strategin för sökningarna har utvecklats i dialogen med Vinnova.

Genomsökningen har skett i artiklarnas titlar, abstract (sammandrag) samt de uppsättningar av nyckelord som författarna själva angett. Metoden har vissa begränsningar som medför att resultatet får en översiktlig karaktär. Då det inte är möjligt att konstruera söksträngar som träffar samtliga artiklar innebär det att områdenas storlek sannolikt underskattats något. Det finns också en risk att artiklar som saknar relevans kommer med av olika skäl (t.ex. förekomsten av polysemiska facktermer). Vi har i denna undersökning dock försökt minimera antalet för uppdraget icke-relevanta artiklar genom att vissa ämneskategorier (t.ex. medicinska vetenskaper, agronomi) helt uteslutits från sökningarna. Förutom den typen av generell uteslutning av stora ämneskategorier har fler avgränsningar gjorts så att arbeten som berör mer kulturella eller historiska aspekter (t.ex. inom arkeologi) inte ingår. Artiklar om energiråvaror (kol, olja, skiffergas etc.) är inte heller medtagna. Söksträngarna har dessutom ställvis innehållit villkor om att specifika nyckelord inte får förekomma (NOT-satser) för att ytterligare reducera mängden icke relevanta artiklar. (Se Appendix för en lista över vilka ämnesklasser som inte ingår i utsökningarna samt vilka sökord som använts för de olika delområdena.) Slutligen har en

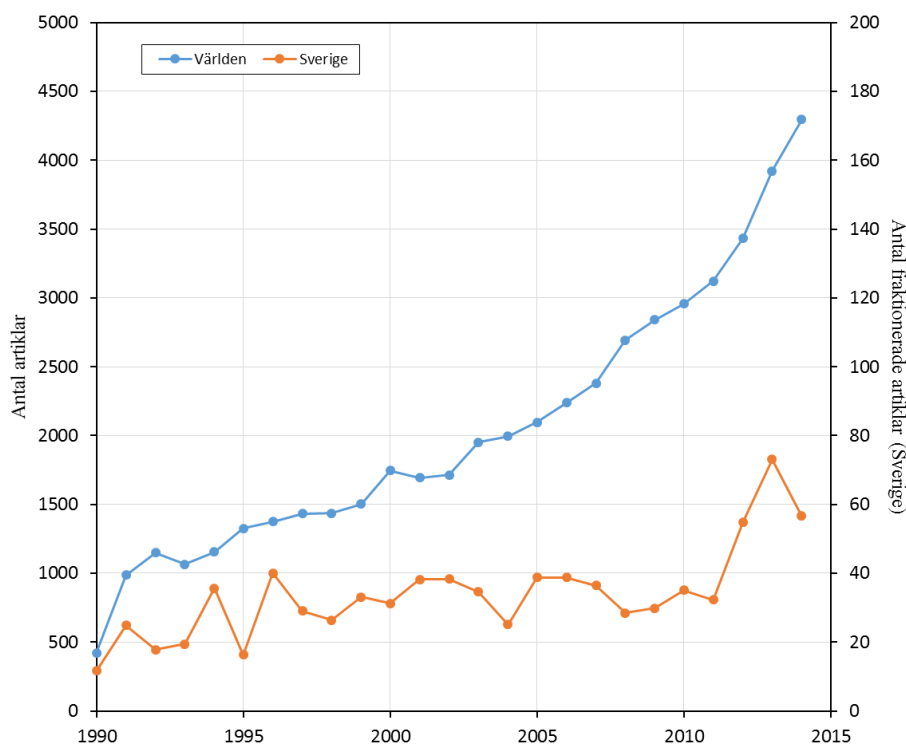
manuell genomgång av resultaten (artiklarna från Sverige) skett, där få kvarstående icke önskade artiklar exkluderats från undersökningen.

Sökningarna har gjorts i VR:s bibliometriska databas, vars innehåll i stort motsvarar innehållet i WoS.¹ I utsökningen ingår endast vetenskaplig artiklar och översiktsartiklar (reviews). Det innebär att mötessammandrag, böcker, fristående tekniska rapporter m.m. inte finns med bland resultaten. Nyckelordssökningen innebär också att artiklar författade på andra språk än engelska normalt inte hittas.

Materialet omfattar artiklar publicerade under perioden 1990–2014. Med antalet publikationer menas, om inget annat anges, antalet fraktionerade publikationer. Varje publikation fraktioneras med avseende på antal adresser och antal ämnen publikationen är klassad i. Om en publikation t.ex. har 3 adresser och är klassad i 4 ämnen, delas den upp i 12 lika stora delar. Vill vi sedan undersöka publikationsvolymen för olika länder, och två av adresserna kommer från samma land, krediteras detta land 2/3 av publikationen. Om man i tillägg skulle studera ämnesuppdelad publikationsvolym skulle landet med två adresser få tillgodoräkna sig 2/12 av publikationen per ämne. På motsvarande sätt går det också att fraktionera på organisationer istället för länder.

Antalet citeringar är räknade under två olika tidsfönster: ett 3-årigt och ett 6-årigt. Ett 3-årigt fönster betyder att antalet citeringar som gjorts till publikationen inom 2 år året efter att den publicerades räknas. Det vill säga, för en artikel publicerad år 2000 räknas citeringar till denna artikel från åren 2000, 2001 och 2002.

Fig. 1: Volymförändringar 1990–2014 för artiklar från samtliga länder samt Sverige (axel till höger).



¹ Vissa data som ingår här härrör från Science Citation Index Expanded®, Social Science Citation Index®, Arts and Humanities Citation Index®, Conference Proceedings Citation Index® och Conference Proceedings Citation Index – Social Sciences & Humanities® framställda av Thomson Reuters®, Philadelphia, Pennsylvania, USA. © Copyright Thomson Reuters® 2015. Alla rättigheter förbehålls

Vidare är alla citeringsvärden fältnormerade. Detta innebär att antalet citeringar till en publikation divideras med citeringsmedelvärdet (fältreferensvärdet) för alla publikationer i databasen i samma ämnesområde (fält), från samma år och av samma publikationstyp. Om en publikation har fått lika många citeringar som den genomsnittliga publikationen av samma typ, från samma år, i samma fält, får den följaktligen en fältnormerad medelcitering lika med 1. Vilket fält en viss artikel anses tillhöra avgörs av hur tidskriften, som artikeln förekommer i, har klassats i WoS.² Andel högt citerade publikationer, som benämns topp-10, är andelen artiklar citerade mer än den 90:e percentilen.

Resultat

Antalet artiklar från hela perioden 1990–2014³, som sammantaget fångats upp av de olika nyckelordssökningarna, och som har minst en svensk adress, är drygt 1 100 om vi räknar hela artiklar, och 846 som fraktionerade värden. Detta motsvarar cirka 1,6% av alla artiklar i sökningarna. Av samtliga artiklar i databasen (alla ämnen) från samma period utgör svenska artiklar 1,3%. Sett från 1990-talets början fram till idag har volymen internationellt sett inom gruv- och mineralområdet ökat med en faktor fyra per år. För Sveriges del är den totala produktionen liten, och det blir stora variationer när enskilda år jämförs, men totalt sett har det skett nära en fördubbling sedan 1990-talets första år (Figur 1). Citeringsvärdena varierar också kraftigt för enskilda år (artiklar med mönster som avviker mycket från genomsnittet får stort genomslag), men de svenska artiklarna ligger i stort sett nära det globala genomsnittet, och det är svårt att se någon bestående trend över tid (se Tabell 1, Figur 2). Dock kan det anses säkerställt att de svenska arbetena var citerade i något högre grad än vad som gällde för världen som helhet för de två mellersta sexårsperioderna, särskilt 2002–2007, då de svenska publikationerna citerades ca 15% mer än världssnittet. För genomsnittet av de senaste fem åren går det inte att skönja något övertag av det slaget.

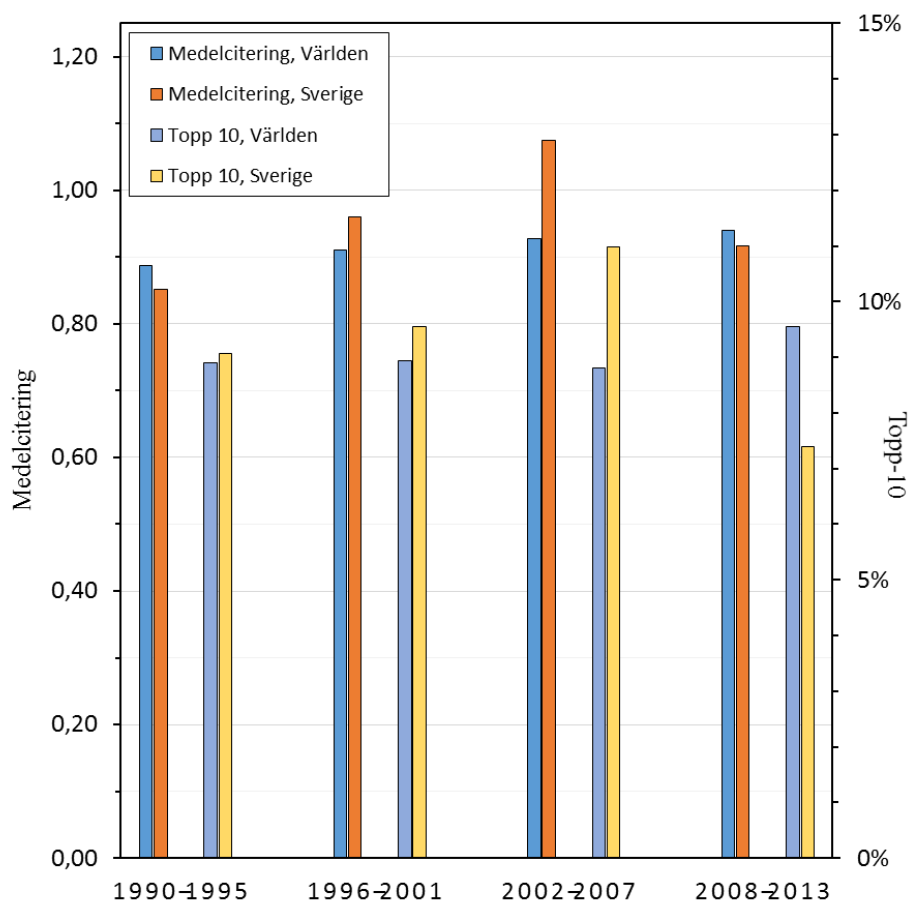
Tabell 1. Bibliometriska värden för publikationer 1990–2013, uppdelat på sexårsperioder.

| Världen | | | | | |
|----------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Publiceringsår | Antal artiklar (frak) | Medelcitering 3-årigt fönster | Medelcitering 6-årigt fönster | Andel topp-10 3-årigt fönster | Andel topp-10 6-årigt fönster |
| 1990–1995 | 6 106 | 0,9 | 0,9 | 9% | 9% |
| 1996–2001 | 9 188 | 0,9 | 0,9 | 9% | 9% |
| 2002–2007 | 12 378 | 0,9 | 0,9 | 8% | 9% |
| 2008–2013 | 18 966 | 0,9 | 0,9 | 9% | 10% |
| Sverige | | | | | |
| 1990–1995 | 126 | 0,8 | 0,9 | 8% | 9% |
| 1996–2001 | 198 | 1,0 | 1,0 | 9% | 10% |
| 2002–2007 | 212 | 1,0 | 1,1 | 11% | 11% |
| 2008–2013 | 253 | 0,9 | 0,9 | 7% | 7% |

² För ytterligare beskrivning av dessa begrepp, se *Riktlinjer för användning av bibliometri vid Vetenskapsrådet* på www.vr.se.

³ Notera att data för 2014 inte är medtagna i tabellerna med citeringsstatistik då citeringsvärdena för dessa artiklar inte är stabila.

Fig. 2: Bibliometriska mått för artiklar publicerade 1990–2013 (6-åriga fönster).



Tabell 2. Antal publikationer för svenska organisationer 1990–2013.

| Organisation | Antal artiklar (frak) | Antal whole counts | Antal internationella | Andel internationella |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Luleå tekniska universitet | 202 | 306 | 101 | 33% |
| Uppsala universitet | 120 | 225 | 120 | 53% |
| Naturhistoriska riksmuseet | 72 | 164 | 112 | 68% |
| Stockholms universitet | 69 | 132 | 54 | 41% |
| Kungliga tekniska högskolan | 62 | 114 | 54 | 47% |
| Lunds universitet | 41 | 75 | 37 | 49% |
| Chalmers | 29 | 48 | 16 | 33% |
| Umeå universitet | 25 | 42 | 17 | 40% |
| Ytkemiska institutet | 22 | 29 | 8 | 28% |
| Linköpings universitet | 21 | 31 | 8 | 26% |
| Göteborgs universitet | 21 | 47 | 30 | 64% |
| Boliden AB | 20 | 47 | 16 | 34% |
| Sveriges lantbruksuniversitet | 16 | 26 | 9 | 35% |
| Sveriges geologiska undersökning | 14 | 33 | 18 | 55% |
| LKAB | 11 | 27 | 3 | 11% |

Bakom de svenska arbetena finns en högre andel internationella samarbeten än vad som gäller för hela världen (det är ungefär dubbelt så vanligt med minst en utländsk författaradress bland de svenska publikationerna). Bland de större forskningsutförarna (med mer än 10 artikelfraktioner) återfinns tio universitet, Naturhistoriska riksmuseet, Ytkemiska institutet, Sveriges geologiska undersökning, samt två mineral-metallföretag, Boliden AB och LKAB (Tabell 2).

Grundläggande mineralvetenskap

Alla slags grundläggande studier av mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper täcks av detta delområde, och det inkluderar även experimentell mineralogi och mineralnomenklatur. Området har betydande gränssytor till samtliga av de övriga delarna i denna undersökning. Det är det största området globalt av de identifierade (ett av de två största med svenska författare) och framstår som "moget" i det avseendet att artikelproduktionen är relativt jämnt fördelad över tid. Citeringsnivån ligger strax under världsmedlet (Tabell 3). Graden av internationellt samarbete är hög, 62%.

Forskning om malmer och mineralförekomster inklusive prospektering

Området omfattar både grundläggande geologisk forskning om bildning av malm- och mineralförekomster och utveckling av prospekteringsmetoder. 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. Artiklarna från Sverige är citerade i mindre omfattning än vad som gäller globalt, men andelen med internationellt författarskap är högt (Tabell 3). Produktionen har ökat märkbart de senaste åren.

Gruv- och anrikningsteknik

Delområdet innefattar en stor bredd av artiklar med kopplingar till olika tekniska och naturvetenskapliga discipliner och är det med störst antal artiklar i denna undersökning. Arbeten om anriknings- och separationsmetoder (t.ex. flotation) dominerar, men en betydande andel handlar om material, maskiner och konstruktioner för gruvinfrastruktur. Citeringarna ligger klart över vad som gäller för motsvarande artiklar i världen, och en något större andel ligger över topp 10-nivån (Tabell 3).

Tabell 3. Bibliometriska värden för artiklar 1990–2013, per område.

| Område | Antal artiklar | Andel internationella* | Världen | | | |
|--|----------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | Medelcitering 3-årigt fönster | Medelcitering 6-årigt fönster | Andel topp-10, 3-årigt fönster | Andel topp-10, 6-årigt fönster |
| <i>Grundläggande mineralvetenskap</i> | 14367 | 38% | 1,2 | 1,2 | 13% | 13% |
| <i>Malmer och mineralförekomster</i> | 10467 | 26% | 0,8 | 0,8 | 7% | 7% |
| <i>Gruv- och anrikningsteknik</i> | 10940 | 16% | 0,6 | 0,6 | 5% | 5% |
| <i>Miljöaspekter av gruvverksamhet</i> | 9078 | 20% | 0,9 | 0,9 | 8% | 9% |
| <i>Återvinning av metaller</i> | 6083 | 15% | 1,2 | 1,2 | 13% | 13% |
| Sverige | | | | | | |
| <i>Grundläggande mineralvetenskap</i> | 221 | 62% | 1,1 | 1,1 | 13% | 14% |
| <i>Malmer och mineralförekomster</i> | 127 | 59% | 0,6 | 0,6 | 3% | 3% |
| <i>Gruv- och anrikningsteknik</i> | 228 | 34% | 0,9 | 0,9 | 7% | 6% |
| <i>Miljöaspekter av gruvverksamhet</i> | 159 | 40% | 1,0 | 1,0 | 8% | 9% |
| <i>Återvinning av metaller</i> | 111 | 27% | 1,2 | 1,3 | 13% | 14% |

*baserad på *whole counts*

Miljöaspekter av gruvverksamhet

Forskningen inom området handlar huvudsakligen om naturlig nedbrytning av mineralkomponenter i gruvavfall, frigörande, spridning och ackumulation 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 världsgenomsnittet (Tabell 3).

Återvinning av metaller

Området är det minsta av dem som tas upp här, och kan betecknas som "framtungt" då 70% av de identifierade artiklarna är från den senaste tioårsperioden (2005–14). Citeringsmässigt ligger det nära världen i övrigt och andelen internationella samarbeten är relativt liten, 27% (Tabell 3). Forskningen omfattar bl.a. livscykelanalyser (LCA) av produkter med metallinnehåll, samt teknologier för mestadels generell återvinning från fordon, konstruktionsmaterial, el- och elektronikskrot, slagg m.m. Arbeten om "vanliga" ämnen (t.ex. koppar, aluminium) dominerar i den mån specifika metaller nämns.

Forskning om sekundär utvinning av metaller från gruvavfall (varp, anrikningssand) förefaller vara av liten omfattning, med ett hundratal artiklar globalt, och knappast någon alls från Sverige.

Urban mining

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 databasen⁴. Den dyker upp första gången i en artikel 2004, och de allra flesta träffarna är från 2009 eller senare. Det beslätade, något äldre begreppet *landfill mining* (= *landfill reclamation*), vilket innebär en process där fast avfall som tidigare har deponeras grävs fram och bearbetas, har bara drygt hälften så många träffar. Av författare verksamma i Sverige finns endast en handfull arbeten, mestadels av översiktskaraktär, som explicit rör dessa båda områden⁵.

Återvinning av kritiska metaller

EU-kommissionen har pekat ut 20 s.k. kritiska råvaror (*critical raw materials*) från en ursprunglig lista med 54 möjliga ämnen av stor ekonomisk betydelse och med hög risk för leveransstörningar (supply risk). Det är i huvudsak metaller (grundämnen⁶) samt några sammansatta ämnen. Uttrycket, som förekommer för första gången i en artikel publicerad 2011, har inte hunnit få stor användning i den vetenskapliga litteraturen. Flera andra begrepp förekommer; förutom de närmaste varianterna *critical materials*, *strategic raw materials*, eller *critical metals*, finns en rik flora beslätade uttryck, t.ex. *strategic metals*, *rare metals*⁷, *value metals*, *scarce metals* och *green metals*. Då inkluderas som regel en del andra (utöver de 20) eftertraktade metaller. Sökningar på dessa begrepp och olika namngivna substanser ger dock få träffar med svenska adresser.

Substitution av kritiska metaller

Forskningen om substitution eller ersättning av kritiska metaller är också svår att fånga med standardiserade bibliometriska rutiner. Det finns en omfattande vetenskaplig litteratur om material som "dopats", d.v.s. där ingående grundämnen i varierande grad bytts ut mot andra i syfte att förändra materialens egenskaper. Mer generella sökningar med nyckelord som "*substitution*" / "*replacement*" ger många träffar, men där det sällan av den bibliografiska informationen framgår om syftet varit att byta ut en kritisk metall mot en mer lättillgänglig komponent. Artiklar med sådant fokus brukar innehålla uttryck av typen "X-free", där X är den sällsynta komponenten som ersatts med något

⁴ Inklusive *urban mine/-s*

⁵ *Technosphere mining* har lanserats som en övergripande term, än så länge infrekvent.

⁶ Notera att sammantaget rör det som om betydligt fler än 20 grundämnen, eftersom vissa grupperats till ett i EU:s lista, t.ex. platinagruppens metaller (PGM).

⁷ Ej att förväxla med *rare earth metals/elements*, som tillhör EU-kategorin kritiska material (REE)

kandidatmaterial. Sökningar på de utpekade kritiska metallerna, och andra med viktiga tekniska tillämpningar, visar att omfattningen av publikationerna är begränsad, och att volymen med svenska författare är obetydlig. Internationellt förefaller forskning av platina-fria elektroder i bl.a. Grätzelsolceller (*dye-sensitized solar cells*) och bränsleceller vara stor. Utveckling av REE-fria permanentmagneter och halvledarljussämnen är ett annat område och försöken att ersätta indium i optiskt transparenta ledarmaterial ett tredje. Publikationer på dessa teman från Sverige är sammantaget ganska sällsynta (< 30), och kan inte utgöra material för en närmare bibliometrisk analys.

Samhällsvetenskaplig forskning

Under arbetets gång har ett antal arbeten med huvudsakligen samhällsvetenskaplig inriktning identifierats. De ingår i viss omfattning ovan i områdena återvinning, miljöaspekter och gruvteknik. Ingen systematisk sökning med nyckelord av samhällsorienterade artiklar har genomförts här (bl.a. beroende på den relativt låga täckningsgraden för sådana ämnen i databasen). De påträffade artiklarna, cirka 90 till antalet om de behandlas som en egen kategori, handlar till större delen om naturresursekonomi, policy eller miljöfrågor. Citeringarna ligger under världsmedelvärdet för tidskrifterna och andelen med internationellt författarskap är 37%. De största forskningsutförarna i kategorin är Luleå tekniska universitet, Lunds universitet, Linköpings universitet, Chalmers samt Umeå universitet.

Diskussion

Citeringsvärden brukar användas som ett mått på genomslagskraften hos artiklar (och även som en indikation på deras vetenskapliga "kvalitet"). Volymmåtten är i sin tur en beskrivning av produktiviteten. Denna undersökning pekar på vissa signifikanta variationer mellan områden, och visar också tydligt att omfattningen på publikationerna har ökat väsentligt. Det kan dock vara värt att hålla i minnet att en analys som spänner över en så pass lång tid (nästan 25 år) innebär vissa begränsningar. Framförallt hinner mycket förändras vad gäller personer och institutioner, varför jämförelser av prestationer inte kan bli fullt relevanta. En annan viktig aspekt är att normeringen görs mot publikationer i "världen", som har också har utvecklats. USA har varit den största producenten av artiklar under många decennier. I början av 1990-talet var Kinas produktion bara en bråkdel av den amerikanska, men är nu av fullt jämförbar storlek. Parallellt med de stora volymökningarna har artiklarna från Kina inom området dessutom förbättrats avsevärt i citeringsavseende, och ligger nu på en nivå över världsgenomsnittet.

De stora volymökningarna i världen (som beror på reellt ökad produktion, men till viss del även på större täckningsgrad i databasen för en del länder) har medfört att Sveriges faktiska andel av artiklarna minskat något. De stigande antalet citeringar globalt innebär också att det krävs fler citeringar idag per artikel för att hamna på nivån för världsgenomsnittet, d.v.s. konkurrensen tilltar.

Den bild som ges av den bibliometriska analysen kan inte heller bli heltäckande; som antytts inledningsvis kommer inte resultaten av all forskning med eftersom en del områden är osynligare än andra (t.ex. på grund av olikartade publiceringstraditioner för olika discipliner). Metoden med nyckelordsökningar är inte heller helt robust då precisionen sannolikt försämras ju längre bak i tiden man går.

De delområden som använts här för att bibliometriskt beskriva gruv- och mineralforskningen ligger i vissa delar nära varandra, och gränsdragningarna blir i viss mån artificiella. Ett mindre antal artiklar tillhör därför mer än ett delområde. En indikation på att avgränsningarna dock i huvudsak fungerat är att de tidskrifter som är mest frekventa (för de svenska publikationerna) inom varje delområde är unika (Tabell 4), med några få undantag.

Tabell 4. Frekventa tidskrifter för artiklar med svenska adresser, per område (ordnade efter storlek i antal)

| Grundläggande mineralvetenskap | Malm- och mineralförkomster | Gruv- och anrikningsteknik | Miljöspåpekter av gruvverksamhet | Återvinning av metaller |
|---|-------------------------------|--|--|---|
| AMERICAN MINERALOGIST | MINERALIUM DEPOSITA | MINERALS ENGINEERING | SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT | RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING |
| EUROPEAN JOURNAL OF MINERALOGY | GFF | INTERNATIONAL J. OF MINERAL PROCESSING | APPLIED GEOCHEMISTRY | JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION |
| PHYSICS AND CHEMISTRY OF MINERALS | ORE GEOLOGY REVIEWS | MINERALS & METALLURGICAL PROCESSING | JOURNAL OF GEOCHEMICAL EXPLORATION | WASTE MANAGEMENT |
| MINERALOGICAL MAGAZINE | PRECAMBRIAN RESEARCH | J. OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE | WATER AIR AND SOIL POLLUTION | HYDROMETALLURGY |
| GEOCHIMICA ET COSMOCHEMICA ACTA | ECONOMIC GEOLOGY | HYDROMETALLURGY | ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY | SCANDINAVIAN JOURNAL OF METALLURGY |
| CONTRIBUTIONS TO MINERALOGY AND PETROLOGY | GEOPHYSICS | LANGMUIR | ENVIRONMENTAL GEOLOGY | WASTE MANAGEMENT & RESEARCH |
| PHYSICAL REVIEW B | JOURNAL OF APPLIED GEOPHYSICS | COLLOIDS AND SURFACES A | ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RES. | INTERNATIONAL J. OF LIFE CYCLE ASSESSMENT |
| NEUES JAHRBUCH FÜR MINERALOGIE-M | ECONOMIC GEOLOGY | POWDER TECHNOLOGY | AMBIO | JOURNAL OF INDUSTRIAL ECOLOGY |
| SCIENCE | CANADIAN MINERALOGIST | SCANDINAVIAN JOURNAL OF METALLURGY | ENVIRONMENTAL POLLUTION | STEEL RESEARCH INTERNATIONAL |
| | TECTONOPHYSICS | CIM BULLETIN | WATER RESEARCH | JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS |

Appendix. Ämnesområden om inte ingår i underlaget samt sökord som använts för respektive delområde

Exkluderade ämnesområden

Artiklar som i WoS är klassade till något av dessa ämnesområden ingår inte i underlaget.

| Ämne | Ämne - forts. | Ämne - forts. |
|---|--------------------------------------|---|
| Agricultural Economics & Policy | Forestry | Ophthalmology |
| Agricultural Engineering | Gastroenterology & Hepatology | Orthopedics |
| Agricultural Experiment Station Reports | Genetics & Heredity | Otorhinolaryngology |
| Agriculture, Dairy & Animal Science | Geriatrics & Gerontology | Parasitology |
| Agriculture, Multidisciplinary | Gerontology | Pathology |
| Allergy | Health Care Sciences & Services | Pediatrics |
| Anatomy & Morphology | Health Policy & Services | Peripheral Vascular Disease |
| Andrology | Hematology | Pharmacology & Pharmacy |
| Anesthesiology | Immunology | Physiology |
| Archaeology | Infectious Diseases | Primary Health Care |
| Astronomy & Astrophysics | Integrative & Complementary Medicine | Psychiatry |
| Audiology & Speech-Language Pathology | Marine & Freshwater Biology | Psychology |
| Biochemical Research Methods | Mathematical & Computational Biology | Psychology, Clinical |
| Biochemistry & Molecular Biology | Medical Ethics | Public, Environmental & Occupational Health |
| Biophysics | Medical Informatics | Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging |
| Biotechnology & Applied Microbiology | Medical Laboratory Technology | Rehabilitation |
| Cardiac & Cardiovascular Systems | Medicine, General & Internal | Respiratory System |
| Cell & Tissue engineering | Medicine, Legal | Rheumatology |
| Cell Biology | Medicine, Miscellaneous | Sport Sciences |
| Chemistry, Medicinal | Medicine, Research & Experimental | Substance Abuse |
| Clinical Neurology | Meteorology & Atmospheric Sciences | Surgery |
| Critical Care Medicine | Microbiology | Toxicology |
| Cytology & Histology | Microscopy | Transplantation |
| Dentistry, Oral Surgery & Medicine | Neuroimaging | Tropical Medicine |
| Dermatology | Neurosciences | Urology & Nephrology |
| Emergency Medicine | Nursing | Water Resources |
| Endocrinology & Metabolism | Nutrition & Dietetics | Veterinary Sciences |
| Energy & Fuels | Obstetrics & Gynecology | Virology |
| Fisheries | Oceanography | Zoology |
| Food Science & Technology | Oncology | |

Söktermer för delområden

Grundläggande mineralvetenskap

| Inkluderas | Exkluderas |
|---|---|
| (mineral AND ("crystal chemistry" OR "crystal-chemical" OR crystallochemical OR "crystal structure" OR crystallograph*)) OR "mineral chemistry" OR (mineral AND intracryst*) OR | ceramic OR concrete OR enamel OR bone OR teeth OR soil OR calculi OR metallurgy OR steel OR coke OR glass OR catalyst OR cellulose OR microb* OR ash OR sewage OR freshwater OR nano* |

| | |
|---|--|
| <p>"mineral physics" OR "mineral surface" OR (("crystal chemistry" OR "cation distribution" OR "cation ordering" OR "high pressure" OR "trace element*") AND (silicate OR phosphate* OR oxide OR *pyroxen* OR amphibole OR garnet OR feldspar OR mica OR olivin* OR spinel*)) OR "mineral nomenclature" OR "mineral classification" OR "mineral species" OR "mineral group"</p> | |
|---|--|

Forskning om malmer och mineralförekomster inklusive prospektering

| Inkluderas | Exkluderas |
|---|--|
| <p>metallogen* OR "ore forming" OR "ore formation" OR "ore genesis" OR "mineral forming" OR (ore AND deposit) OR (ore AND fluid*) OR (ore and metamorph*) OR (ore and isotop*) OR (volcanic AND ore) OR (skarn AND (deposit OR ore OR mineral OR occurrence)) OR (hydrothermal AND ore) OR "orogenic gold" OR IOCG OR (SEDEX AND (deposit OR ore)) OR ("base metal" AND (deposit OR ore)) OR (VMS AND (deposit OR ore)) OR (sulphide* AND ore) OR (sulfide* AND ore) OR "gold enrichment" OR (polymetallic AND ore) OR ("iron oxide" AND ore) OR (prospecting AND (mineralization OR ore OR geophysical OR geochemical)) OR "metal prospecting" OR "mineral exploration" OR "ore exploration" OR "geophysical exploration" OR "geochemical exploration" OR "metal exploration" OR (("resource characterization" OR "resource characterisation") AND (ore* OR deposit OR mineralization)) OR ("remote sensing" AND (ore* OR mineralization)) OR "ore characterization" OR "ore characterisation" OR ("resource evaluation" AND (ore OR deposit OR mineralization)) OR "geophysical modelling" OR "geophysical modelling" OR ("geochemical mapping" AND (ore* OR deposit OR mineralization)) OR ("seismic imaging" AND (ore* OR deposit OR mineralization)) OR ((reflection AND seismic) AND (ore* OR deposit OR mineralization)) OR (("gravity anomal*" OR aeromagnetic OR "magnetic anomal*") AND (ore OR mineralization)) OR ("electrical resistivity" AND (ore* OR "mineral deposit")) OR (magnetotelluric* AND (ore* OR "mineral deposit" OR mineralization)) OR ((prospecting OR exploration) AND drilling)</p> | <p>pellet* OR steel OR "carbon dioxide capture" OR flotation OR *metallurgy OR groundwater OR "ground water" OR soil OR pollution OR slag OR drainage OR bioleaching OR waste OR Oregon OR petroleum OR coal OR hydrocarbon OR biomass OR biosphere OR bone OR "ice sheet" OR offshore</p> |

Gruv- och anrikningsteknik

| Inkluderas | Exkluderas |
|--|--|
| <p>(mining AND automation) OR (mine AND automation) OR "mine planning" OR "mining engineering" OR "mining seismology" OR "sustainable mining" OR "mine infrastructure" OR (mining AND robotics) OR "mining machinery" OR "mining equipment" OR "mining operation" OR</p> | <p>soil OR wastewater OR "text mining" OR "data mining" OR "web mining" OR "literature mining"</p> |

| | |
|---|--|
| <p>"tumbling mill" OR "mining mill*" OR "mining vehicle" OR (mining AND drilling) OR (mining AND milling) OR "underground mining" OR "open pit mining" OR "open pit mine" OR "underground mine" OR "rock bolts" OR (autonomous AND mining AND vehicle) OR (shotcrete AND (mine or mining)) OR (tunneling AND (mine or mining)) OR "mineral processing" OR "mineral engineering" OR "mineral dressing" OR "ore production" OR "ore processing" OR "ore dressing" OR "ore refinement" OR "ore characterization" OR "mineral separation" OR (comminution AND mineral) OR ("magnetic separation" AND mineral) OR ("gravity separation" AND mineral) OR "process mineralogy" OR ("size separation" AND mineral) OR ("rock support" AND mining) OR "rock fragmentation" OR "ore leaching" OR flotation OR geometallurg* OR electrowinning OR electroextraction OR (bioleaching AND (metal OR ore)) OR (biooxidation AND (metal OR ore))</p> | |
|---|--|

Miljöaspekter av gruvverksamhet

| Inkluderas | Exkluderas |
|---|--|
| <p>"mine waste" OR "mining waste" OR "mine spoil*" OR "mine drainage" OR "acidic mine water*" OR "acid rock drainage" OR "acid mine drainage" OR ((AMD OR ARD) AND mining) OR (mining AND "heavy metals") OR "minewater" OR "mine water*" OR (mining and wastewater) OR (contamination AND mining) OR (pollution AND mining) OR ("nitrogen discharge" AND mining) OR ("dry cover" OR "water cover") AND (mining OR mine)) OR (sulfid* AND tailing*) OR (sulphid* and tailing*) OR (tailing* and deposit) OR "mining dams" OR "tailing dams" OR (tailing* AND mining) OR "mine tailing*" OR "mill tailing*" OR (mining AND ("environmental science" OR "environmental impact" OR "environmental effect" OR "environmental assessment")) OR "mine effluents" OR ("land use" AND mining) OR (remediation AND mining) OR (rehabilitation AND mining) OR "mine rehabilitation" OR "mine reclamation" OR "mine remediation" OR "mine hazard" OR "mining hazard"</p> | <p>"text mining" OR "data mining" OR "web mining" OR "literature mining"</p> |

Återvinning av metaller

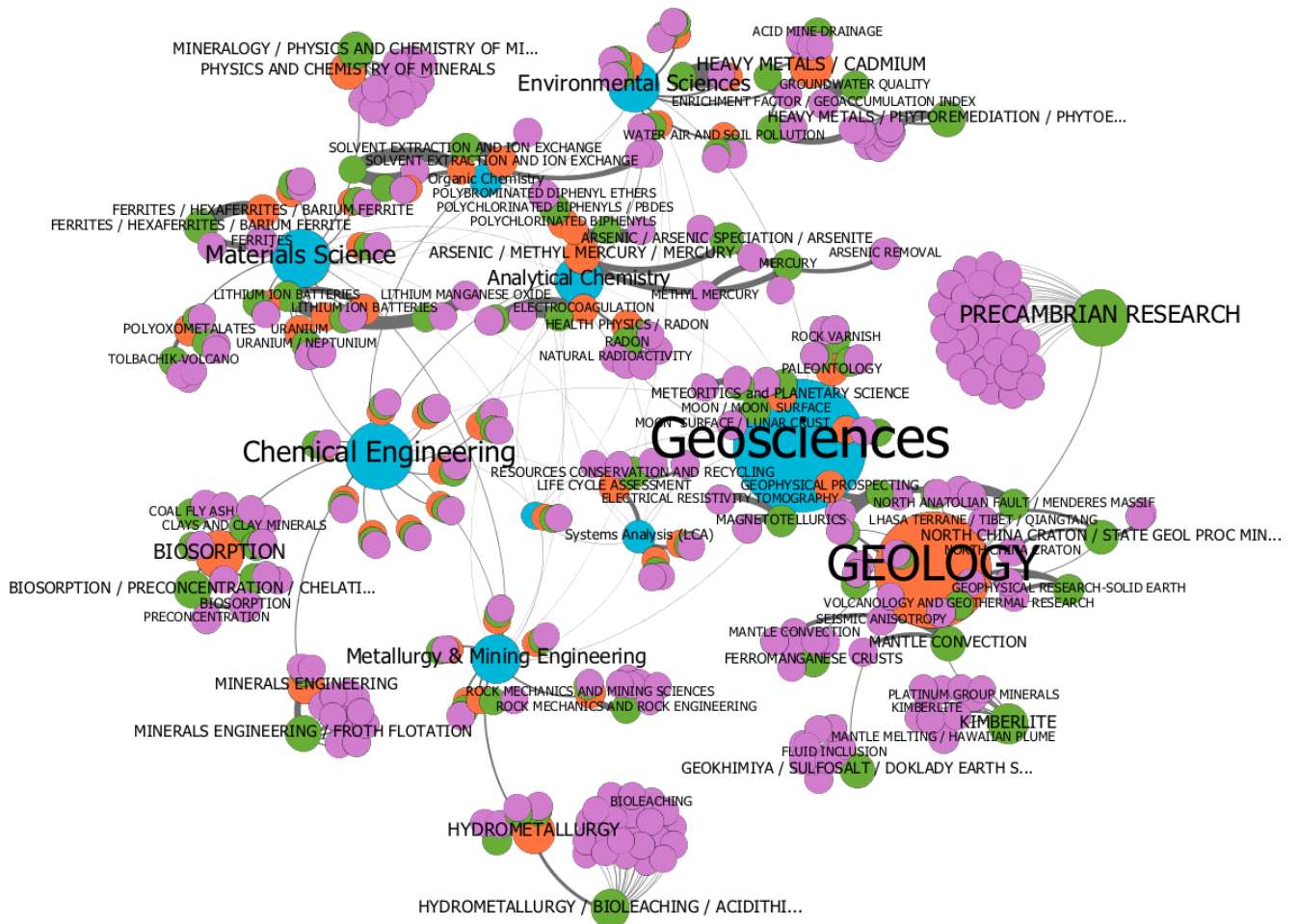
| Inkluderas | Exkluderas |
|---|--|
| <p>(recycling AND metal AND waste) OR (waste AND "valuable metal") OR ("life cycle" AND metal) OR "anthropogenic metal resource*" OR "urban mining" OR "urban mine*" OR ("waste recovery" AND metal) OR (recyclable AND metal) OR (e-waste* AND recycling) OR ("electronic waste" AND recycling) OR "secondary metal resource" OR (downcycling AND metal) OR (decontamination AND metal) OR "landfill</p> | <p>nutrient* OR wastewater OR biowaste OR soil OR sewage OR ash OR star OR geochemistry OR fuel OR toxicity OR biomass OR subduct* OR sediment OR (mantle AND crust)</p> |

| | |
|---|--|
| <p>mining" OR (landfill AND recovery) OR (scrap AND recycling) OR (slag AND recycling) OR (hydrometallurgical AND recycling) OR (diode AND recycling AND metal) OR "waste electrical and electronic equipment" OR WEEE OR "secondary metal supply" OR "secondary raw material*" OR ("recyclable material*" AND metal) OR (recovery AND metal AND slag) OR (batter* AND recycling) OR (automobile* AND recovery AND metal) OR (automotive AND recovery AND metal) OR (vehicle* AND recovery AND metal) OR (automobile* recycling AND metal) OR (automotive AND recycling AND metal) OR (vehicle* AND recycling AND metal) OR (batter* AND separation AND metal) OR ("solar cell waste") OR "LCD waste" OR (LCD AND recycling) OR (steel AND recycling) OR (CIGS AND recycling) OR (semiconductor AND recycling) OR ("ICT waste" AND recycling) OR ((antimony OR beryllium OR bismuth OR chromium OR cobalt OR gallium OR germanium OR indium OR nickel OR niobium OR platinum OR PGM OR PGE OR palladium OR rhodium OR ruthenium OR iridium OR tungsten OR gold OR hafnium OR copper OR lithium OR molybdenum OR rhenium OR silver OR scandium OR selenium OR tantalum OR tellurium OR tin OR vanadium OR REE OR "rare earth*" OR lanthanid* OR lanthanoid* OR lanthanum OR cerium OR praseodymium OR neodymium OR europium OR gadolinium OR terbium OR dysprosium OR erbium OR yttrium OR holmium OR thulium OR ytterbium OR lutetium OR samarium) AND recycling)</p> | |
|---|--|

Bibliometric study of Swedish research in mining and minerals

Ulf Kronman, Peter Sjögarde, Per Ahlgren.

KTH Royal Institute of Technology bibliometrics group. 2016-05-19, version 1.1



Contents

| | |
|---|----|
| 1 Svensk sammanfattning | 3 |
| 2 Summary in English..... | 4 |
| 3 Background..... | 6 |
| 4 Data and methods..... | 6 |
| 4.1. Data source..... | 7 |
| 4.2. Creation of publication classes through clustering | 7 |
| 4.3. Description and labelling of publication classes..... | 8 |
| 4.4. Selection of publication classes for mining and minerals research..... | 10 |
| 4.5. Identification of authors and research environments | 12 |
| 4.6. Compilation and presentation of statistics | 13 |
| 5 Results..... | 14 |
| 5.1. Mining and minerals research in Sweden in relation to the rest of the world..... | 14 |
| 5.2. Important organisations with regard to publication volume and citation impact..... | 21 |
| 5.3. Important Swedish organizations with regard to publication volume and citation impact..... | 23 |
| 5.4. Distribution of publications within mining and minerals research over major publication classes.. | 25 |
| 5.5. Areas within mining and minerals research where Sweden is strong with regard to publication volume and/or citation impact..... | 27 |
| 5.6. Areas within mining and minerals research where Sweden is weak with regard to publication volume or citation impact | 30 |
| 5.7. Visualizations of bibliometric networks | 32 |
| 5.8. Swedish research environments and networks..... | 35 |
| 5.9. Comparing the class-based study with the Swedish Research Council keyword-based study | 36 |
| 6 Discussion and conclusion..... | 38 |
| 7 References..... | 39 |

1 Svensk sammanfattning

Denna rapport presenterar en bibliometrisk studie av svensk forskning inom området gruv- och mineralforskning. Studien har utförts med hjälp av en klustringsbaserad teknik som delar in forskningspublikationer i hierarkiska klasser. Studien har genomförts som ett projekt för att bedöma användbarheten av den klustringsbaserade tekniken och utnyttjar delvis resultaten från en tidigare studie baserad på framsökning av publikationer via nyckelord som genomförts av Vetenskapsrådet.

För studiens genomförande klustrades 28 miljoner publikationer i KTHs bibliometriska databas *Bibmet* i 35 192 klasser och av dessa klasser valdes 243 ut som relevanta för gruv- och mineralforskning. I dessa klasser fanns 4 118 svenska publikationer mellan åren 1990-2014, utgörande 1,8 % av världsproduktionen inom området, vilket är cirka 30 % högre än den genomsnittliga svenska produktionen av vetenskapliga artiklar, sett över alla områden i databasen Web of Science. Den genomsnittliga citeringsgraden för svenska artiklar inom området var i början av 2000-talet i paritet med världsgenomsnittet inom området (1,16), men har under de senaste 5 åren sjunkit under världsgenomsnittet (0,92).

USA och Kina är de länder som har störst artikelproduktion inom området och där har Kina vuxit snabbt och gått förbi USA i publikationsvolym de senaste 5 åren. Sverige hamnar på 17:e plats i en lista över de mest publicerande länderna. De mest citerade länderna inom området är USA och Schweiz, där publikationerna citeras 40-50% mer än genomsnittet. De största publicerande organisationerna inom området internationellt sett är vetenskapsakademierna i Kina och Ryssland.

Studien indikerar att svensk forskning inom området är bibliometriskt stark inom klasserna¹ *High Pressure Research*² och *Lead Isotopes*³, där Sverige publicerar 3 gånger mer och citeras 25-90 % mer än genomsnittet. Som svaga områden indikeras publikationsklasserna *Acid Mine Drainage*⁴, *Tundish*⁵, och *Impact Cratering*⁶, där Sverige publicerar mycket men får ett svagt genomslag i form av citeringar.

De största svenska organisationerna inom området är Uppsala universitet, Luleå tekniska universitet, KTH och Naturhistoriska riksmuseet. Alla dessa organisationer har ökat sin publikationsproduktion under mätperioden, men den fältnormerade citeringsgraden för publikationerna inom området har sjunkit för i stort sett alla svenska organisationer sedan år 2000.

Den sammanfattande bedömningen av den i projektet tillämpade klassifikationsmetoden i relation till den nyckelordsbaserade metod som använts av Vetenskapsrådet är att den nya metoden ger möjlighet att fånga in fler publikationer än nyckelorden, samt att indelningen i publikationsklasser ger möjligheter till mer fokuserade analyser än de traditionella ämnesklassningarna som baserar sig på Web of Sciences ämneskategorier. Den klustringsbaserade metoden fångade in 4118 svenska publikationer i jämförelse med den nyckelordsbaserade teknikens 1100 publikationer.

Den klusterbaserade indelningen av publikationer skapar dock en viss osäkerhet om innehållet i publikationsklasserna, både genom att det är svårt att sätta etiketter på klasserna och att citeringarna

¹ Namnen på publikationsklasserna som anges i texten är manuella extraktioner och tolkningar av automatiserade etiketter som tagits fram med statistiska metoder. Den automatiserade etiketten anges nedan i fotnot kopplad till respektive tolkad etikett.

² Shock Wave Detonat Phys / High Pressure Research / Sci Extreme Condit

³ Lead Isotopes / Stable Lead Isotopes / Unite Format Rech Phys

⁴ Acid Mine Drainage / Acid Sulfate Soil / Acid Sulfate Soils

⁵ Tundish / Continuous Casting / Electromagnetic Brake

⁶ Meteoritics & Planetary Science / Impact Cratering Grp / Shock Metamorphism

mellan publikationer kan basera sig på andra kriterier än gemensam ämnestillhörighet samt att innehållet i klasserna dessutom kan variera över tiden. Möjligheten att analysera många små publikationsklasser skapar också ett mycket omfattande statistiskt datamaterial som kan vara svårt att presentera och visualisera. Projektet har löst detta genom att presentera statistik för utvalda publikationsklasser och visualiseringar av publiceringsrelationer på en webbplats som ett komplement till denna rapport: http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/

2 Summary in English

This report describes a method to analyse Swedish research in mining and minerals using a clustering-based hierarchical classification system and some results from the analysis. The method partly utilises the results from a keyword-based study om mining and minerals research performed by the Swedish Research Council.

In order to find publications related to mining and minerals research, 28 million publications in the bibliometric database *Bibmet* at the Royal Institute of Technology were clustered into 35 192 publication classes using a technique based on citations between the publications. 243 classes were selected as being relevant to mining and minerals research, using a statistical content labelling system.

For Sweden, a total of 4118 publications were found in the selected publication classes for the years 1990 to 2014. For the world as a total, the number of publications in the same publication classes is 225 366 which means that Swedish research in mining and minerals here is estimated to 1.8 percent, which is 30 percent above the average Swedish research presence, counted over all fields covered by the Web of Science database. The normalized citation impact at 1.16 of Swedish research in in parity with the world average for the mining and minerals field during the years 2000-2004, but has gone down to 0.92, below the world average, during the last 5-year period.

The most publishing countries in mining and minerals are USA and China, where China has had a large growth in publishing and surpassed USA in the last 5-year period. Sweden ends up at rank 17 in the list of countries publishing mining and minerals research. The most cited countries in mining and minerals research are USA and Switzerland at a level 30-45 % higher than the world average. The largest publishing organizations internationally are the Chinese and Russian academies of sciences.

The publication classes⁷ where Sweden is found to be strong in mining and minerals research are *High Pressure Research*⁸ and *Lead Isotopes*⁹, where the Swedish publication output is 3 times higher than normal in mining and minerals classes and the citation impact is 25-90% above the class average.

The areas where Sweden's bibliometric performance in mining and minerals research is found to be weak are *Acid Mine Drainage*¹⁰, *Tundish*¹¹, and *Impact Cratering*¹², where Sweden has a high publication presence in the classes, but a low citation impact.

⁷ The names of the publication classes given in the text are manually interpreted labels extracted from statistically generated labels. The statistical labels are given in footnotes below, linked to the manual labels in the text.

⁸ Shock Wave Detonat Phys / High Pressure Research / Sci Extreme Condit

⁹ Lead Isotopes / Stable Lead Isotopes / Unite Format Rech Phys

¹⁰ Acid Mine Drainage / Acid Sulfate Soil / Acid Sulfate Soils

¹¹ Tundish / Continuous Casting / Electromagnetic Brake

¹² Meteoritics & Planetary Science / Impact Cratering Grp / Shock Metamorphism

The organizations with highest publication volumes in Sweden are Uppsala University, Luleå University of Technology, KTH Royal Institute of Technology, and the Swedish Museum of Natural History. All these organizations have increased their publishing in mining and minerals research during the last 5-year period, but we also note that the citation rate for mining and minerals publications has fallen for most Swedish organisations since 2000.

The conclusions about the used classification methodology are that it brings forward possibilities to retrieve more publications than a keyword-based method and possibilities to analyse on a more detailed level than for studies based on the Web of Science subject categories. The drawbacks with the method are that the grouping of publications may not be fully in accordance with a subject classification and that it is difficult to describe the subject content of the publications in the classes, especially over a longer period of time. Analysis at lower classification levels also gives a vast amount of statistical data that can be difficult to digest and visualize. The project has solved this issue by publishing detailed results on a web site, as a supplement to this report: http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/

3 Background

The Swedish innovation agency Vinnova has been commissioned by the Swedish government to do an investigation of strengths and challenges in Swedish research in mining and minerals. The assignment can be summarized as follows in Swedish:

Vinnova ska genomföra en ämnesöversikt och kartläggning av svenska styrkor och utmaningar inom gruv- och mineralforskningsområdet. Forskningsområdena Urban Mining, återvinning av metaller (särskilt kritiska metaller) och substitution av kritiska metaller ska inkluderas i uppdraget.

Sveriges styrkeområden och utmaningar inom gruv- och mineralforskningen i ett internationellt perspektiv ska identifieras och den strategiska nyttan av att genomföra satsningar på dessa ska bedömas.

In parallel with the Vinnova commission, the Swedish Research Council (SRC) got assigned to do a bibliometric study of Swedish research in mining and minerals as a supplement and an input to the Vinnova study. The SRC bibliometric study has been finalized and results have been reported (Vetenskapsrådet, 2015). The study was based on keyword searches in the SRC version of the Web of Science (WoS) database.

Within the Vinnova-funded project *BibCap*, with aim to develop the bibliometric system at the KTH Royal Institute of Technology (KTH), a new class-based methodology for classifying research publications has been implemented. The analysts at Vinnova commissioned the KTH bibliometrics group to perform a project with a second bibliometric study on Swedish research in mining and minerals to put the new method to test. This report represents a documentation of the method and the results from the project.

An interpretation of the basic questions to answer in relation to the assignment from the government can be as follows:

- Which are the Swedish areas of strengths and weakness within research in mining and minerals as seen from a bibliometric perspective?
- In which countries and at what organisations is mining and minerals research located, in Sweden and globally?
- Where are the Swedish mining and minerals research environments located and what are their research focuses and bibliometric relations?

The aim of the KTH project has not only been to answer these questions in particular, but also to develop general methods to be able to answer similar questions within other research fields.

4 Data and methods

The KTH bibliometrics group had to address a number of challenges to be able to generate data to answer the questions stated for the study. These involved the grouping of publications into classes, the description of these classes, the selection of relevant publication classes for the study, and to compile relevant statistics for each publication class. Since the amount of information turned out to be extensive, there was also a need to make the statistical results navigational and to add options to zoom between different levels of aggregation.

To facilitate the interpretation, the project group also created visualizations. The visualizations also came with challenges regarding comprehensiveness, navigation and "zoomability". Visualization has also been the main approach to create means to identify research environments. Relations between researchers (co-authorship) and between researchers and publication classes were used in the visualizations to create a picture of the Swedish researchers' activity within the analysed subject area. However, a set of

publications belonging to a researcher is not easily identified since author names are not unique. This problem of author ambiguity also needed to be addressed within the project.

The sub-headings of this section describe the most important steps in the publication selection and analysis process.

4.1. Data source

The data source used for the analysis is the KTH bibliometrics group's in-house database *Bibmet*, containing the same publication data as the Thomson Reuters database Web of Science (WoS).¹³ A limitation to WoS publication types “articles” and “reviews” was made. Conference papers do not contain full address information and were therefore omitted.

It is important to bear in mind that WoS covers some subject areas better than others. For instance, research publications regarding social aspects in relation to mining and minerals are likely to be covered to a lower extent than publications regarding chemical, physical and biomedical aspects, since the social sciences publish a higher degree of publication types other than peer reviewed articles. Some research areas and topics within mining and minerals research may therefore be underrepresented in the results.

4.2. Creation of publication classes through clustering

To be able to identify publications within the area of mining and minerals research, a classification of the publications is needed, so that all publications within the data source are classified into a distinct publication class.

The WoS database contains a subject classification of journals. This classification is however broad and lack hierarchy, which makes zooming in to more narrow subareas impossible. Another problem with this kind of classification is that it only classifies journals, and consequently all publications in a journal will belong to the same field. This is problematic since not all articles in a journal belong to the same subject area, and this is especially the case for large broad journals such as for instance Nature, Science, PLoS ONE and Physical Review letters.

To solve this problem, a methodology—originated from the Centre for Science and Technology Studies (CWTS), Leiden University—for creating a publication-level hierarchical classification system was used (Waltman & van Eck, 2012). Within this methodology, the relatedness of publications is measured on the basis of citation links between the publications. Further, when the relatedness scores have been obtained, a network is constructed, and the publications are grouped into classes by use of a modularity-based clustering technique (Newman & Girvan, 2004) (Waltman & van Eck, 2013). Fig. 4.1 shows an example of a network partitioned by the use of the clustering technique.

To create a hierarchy, we used the same clustering technique to group the resulting publication classes into broader classes. By using this method, we obtained 4 levels of hierarchy, from 35 192 small, finely grained publication classes at level 1 up to 21 to broad large publication classes at level 4.

¹³ Certain data included herein are derived from the Web of Science® prepared by THOMSON REUTERS®, Inc. (Thomson®), Philadelphia, Pennsylvania, USA: © Copyright THOMSON REUTERS® 2016. All rights reserved.

given class, a relevance score has been calculated for each such descriptive piece of information. The relevance score shows how informative a term is when it comes to describe the class. The terms with the highest relevance scores can then be used for description and labelling of classes.

In some classes author keywords most effectively describe the class, while in others a journal name most effectively describes the class. At the most aggregated level the WoS journal categories dominate as descriptors and at the most disaggregated levels author keywords have the best performance. The BibCap project plans to refine and document this newly developed method of labelling classes later as a part of the main project. Descriptive information of this kind has been generated for each publication class in the classification system. This has been done for all articles in the database and can be navigated at the web pages of the KTH bibliometrics group.¹⁴

During the course of the project for the bibliometric study of Swedish mining and minerals research, some drawbacks with the hierarchical nature of the publication classes have been spotted with regard to the labelling of the classes. When classes at lower levels (1 or 2) are aggregated to higher levels (2 or 3), sometimes the labels at the higher level can be misleading regarding the content of the lower classes, since the labels describe the content of *all* sub-classes, not only the selected classes for mining and minerals.

This effect is especially significant when a single class at level 1 is "aggregated" into a class at a higher level. In this case, it is more appropriate to keep both the analysis and the description of the content at level 1. This strategy was utilized in the analysis performed in sections 5.5 and 5.6, where the analysis has been performed on a mix of classes from level 2 and 1, depending on the number of subclasses in mining and minerals.

For the description of labels at the highest level 4, a manual interpretation and mapping was made, to make visualizations and results at this level more readable. This is the translation used between automatic labelling and manual labelling:

| Interpreted content label | Automatically generated label |
|--|---|
| Applied Mathematics | Mathematics / Mathematics, Applied / Math |
| Systems Analysis (LCA) | Economics / Operations Research & Management Science / Business |
| Organic Chemistry | Chemistry, Organic / Chemistry, Inorganic & Nuclear / Chemistry, Multidisciplinary |
| Metallurgy & Mining Engineering | Metallurgy & Metallurgical Engineering / Materials Science, Multidisciplinary / Engineering, Mechanical |
| Chemical Engineering | Polymer Science / Engineering, Chemical / Chemistry, Physical |
| Environmental Sciences | Plant Sciences / Agronomy / Horticulture |
| Materials Science | Physics, Condensed Matter / Physics, Applied / Materials Science, Multidisciplinary |
| Geosciences | Geochemistry & Geophysics / Geosciences, Multidisciplinary / Meteorology & Atmospheric Sciences |
| Analytical Chemistry | Chemistry, Analytical / Environmental Sciences / Atmospheric Environment |

Table 4.1 Mapping of statistically generated labels for publication classes at level 4 to manually interpreted content labels. LCA stands for Life Cycle Analysis.

¹⁴ Description of publication classes: <http://www.kth.se/bibliometrics/classification/2015Q3/>

4.4. Selection of publication classes for mining and minerals research

At this point in the process we had a four-level classification system containing information about publication classes and statistically generated labels for the classes. However, we did not know which of the classes that belong to the mining and minerals research area. To make such a selection, we used the publications previously retrieved by SRC with the use of keyword search terms. Our assumption was that if a class contained a large number of publications from the SRC study¹⁵, and these publications constituted a large share of the total number of publications within this class, then this class most likely should be categorized as a mining and mineral publication class. Therefore, we compiled statistics for each class about the number of SRC-study-publications. This was done at level 1, the lowest and most disaggregated level.

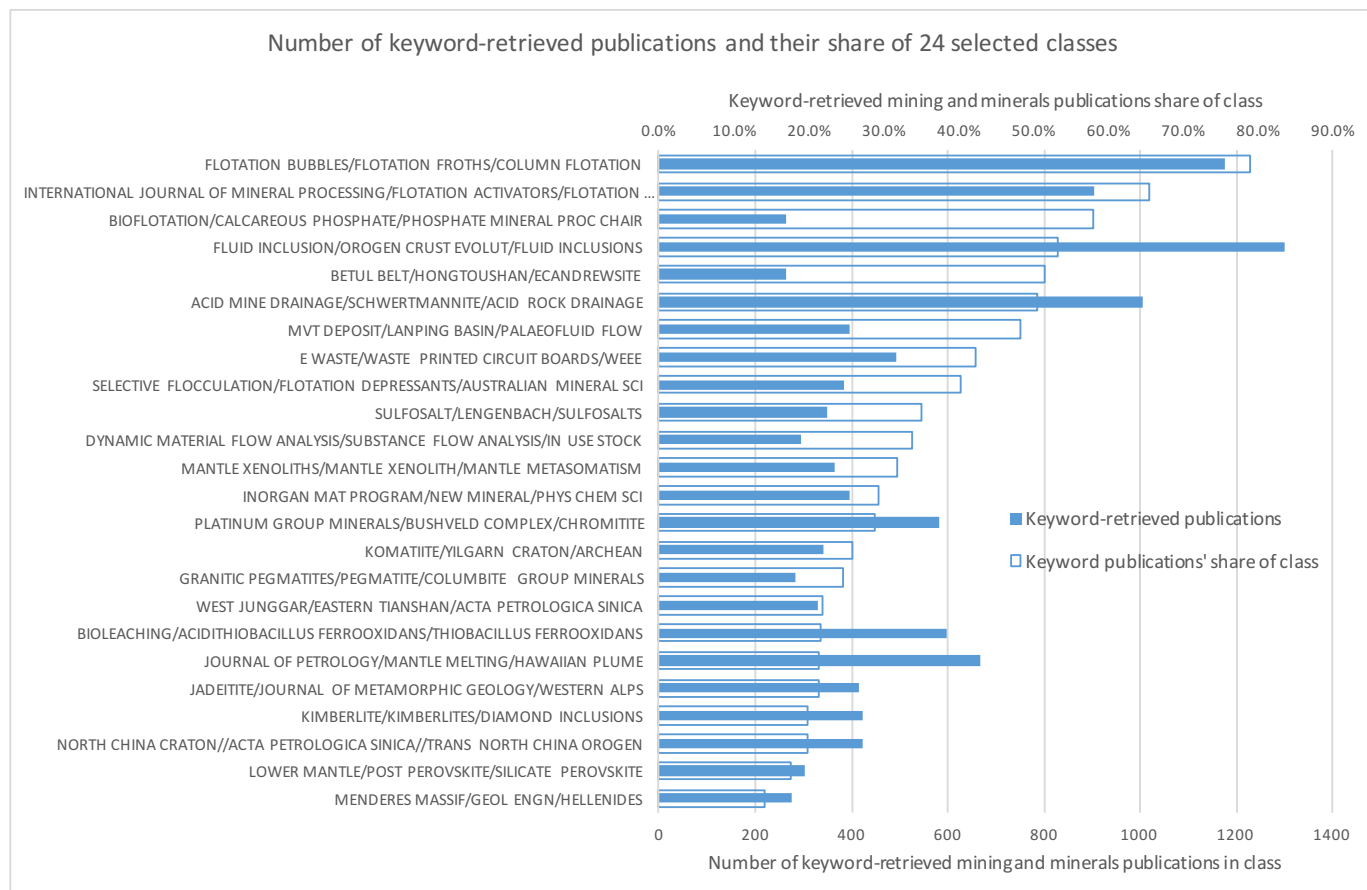


Fig. 4.2 Number of publications retrieved by the SRC keyword search for publication classes at level 1 during years 1990-2014, together with the keyword searched publications' share of each class. 24 classes with more than 250 publications listed of altogether 243 selected classes at level 1. Classes are listed in descending order according to the share of SRC-publications.

We then set limits regarding number of SRC-study-publications and share of SRC-study-publications of the total number of publications in class to determine if a class was to be included in the study or not.

¹⁵ Called SRC-study-publications below

The following 4 criteria were used to include classes relevant for mining and minerals research from the 35 192 publication classes at level 1. If *all* of the following criteria were satisfied, the class was included in the automatic class selection:

1. The class contains at least 10 SRC-publications OR the SRC-publications constitute at least 10% of the total number of publications in the class.
2. The class contains at least 50 SRC-publications OR the SRC-publications constitute more than 10% of the total number of publications in the class OR the total number of publications in the class is at least 150.
3. The class contains at least 50 SRC-publications OR the SRC-publications constitute more than 3% of the total number of publications in the class.
4. There are at least 4 Swedish SRC-publications in the class.

The classes were then looked through and some manual adjustments were made, where about 55 classes below the levels set for inclusion were included manually and about 25 classes above this level were excluded. The manual adjustment was done in collaboration with a subject expert from Vinnova.

About 165 classes were included exclusively on statistical grounds, making up to a sum of 245 selected classes at level 1. Two classes were removed later in the project by examining the titles of the publications and considering them to be mostly out of scope, resulting in a final result of 243 analysed classes at level 1.

During the manual selection of classes, some decisions regarding the balance between *precision* and *recall*¹⁶ were made, so that recall was favoured over precision. This means that there is a risk that the selected classes cover more aspects of mining and minerals research than could be expected if the publications had been selected individually or by keyword search. This also means that more than the commercial "core" of mining and minerals research are covered. For instance, some geological science and environmental research regarding effects from mining and minerals are covered by the selected publication classes.

The aggregated publication classes at levels 2-4 above classes from level 1 in the hierarchy were delimited to contain publications only from the selected mining and minerals classes at level 1. A list of labels for the selected 243 classes at level 1 and their position in the class hierarchy can be viewed at the project results website.¹⁷

¹⁶ *Precision* is the fraction of retrieved instances that are relevant, while *recall* is the fraction of relevant instances that are retrieved.

¹⁷ Selected classes in mining and minerals research http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/

The final result of class selection process in relation to the SRC keyword selection can be summed up as follows:

| | |
|---|---------|
| Number of included publication classes | 243 |
| Number of included publications, worldwide | 225 366 |
| Number of included Swedish publications ¹⁸ | 4118 |
| Number of included SRC keyword publications, worldwide | 33 991 |
| Number of <i>excluded</i> SRC keyword publications, worldwide | 19 046 |
| Number of included Swedish SRC keyword publications | 976 |
| Number of <i>excluded</i> Swedish SRC keyword publications | 124 |

Table 4.2 Publication statistics for the 243 selected publication classes in the study.

Labels and statistical information for all the 243 selected publication classes at level 1 can be viewed at the project website at address: http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/ in a class hierarchy, together with links to more detailed information for each publication class.

4.5. Identification of authors and research environments

Information about research environments is not easily retrieved from the database since there is no such data. Addresses in author affiliations normally contains information about university or other organization and country. Information on a more detailed level, such as department or centre, is not always included. Therefore, we considered publication addresses as unreliable to identify research environments. Instead, we used data on the researcher level to indicate research environments.

We assumed that researchers who co-publishes frequently can be said to represent a research environment. However, individual researchers are not easily identified in the database since authors often share the same name. To identify publications written by the same person we used a disambiguation algorithm developed by CWTS, described in (Caron & van Eck, 2014).

To determine pairs of publications which have been authored by the same person, the approach uses both similarity of author information connected to the person in the publications and similarity between the general publication information. The approach is not 100 percent correct but it has performed well¹⁹ when compared to verified data from KTH and the Karolinska Institute. We therefore considered the approach appropriate for this study and implemented it on Swedish researchers. The result of the author disambiguation approach is a publication set for each identified researcher.

To identify research environments, we used this information to create networks based on co-publishing between researchers (see the visualization "Co-publishing between Swedish researchers within mining and minerals research" below). To facilitate the identification of research environments we used the modularity-based clustering technique of the open-source program *Gephi* to group researchers into potential "environments" based on their co-publishing relations. The grouping is not organization-based, which means that co-publishing researchers within different organizations can be considered as belonging to the same research environment.

¹⁸ A Swedish publication is defined as a publication where at least one author is affiliated with a Swedish organization.

¹⁹ The method has been tested on 63 000 author-verified articles from KTH and the Karolinska Institute and showed a recall of 93% and a precision of 97%.

4.6. Compilation and presentation of statistics

The ambition was to present the statistics in a manner that makes it possible to zoom in from an aggregated level to a less aggregated level. Therefore, we have presented the statistics as web pages with links between classification levels and to pages with country and organization statistics for each publication class. The web pages are also linked to the classification system that we have created to make it possible to get further information about the contents of each class.

The results of the statistical analysis of the 243 selected publication classes are presented at the KTH bibliometrics group's website for the project of the bibliometric study of Swedish mining and minerals research.²⁰ The start page of the web presentation contains links to visualizations of relations between publication classes and authors affiliated to Swedish organizations, and a list of basic statistics for all the selected publication classes at the lowest level together with an outline of the hierarchy of classes, so that publication classes at higher levels are presented together with each selected class. The list contains links to webpages with more detailed information.

For each of the selected publication classes a web page was created with statistics regarding publication output and citation impact. This was done at the level of countries and organizations. Since the material was sizeable we limited the results to be displayed for each class to 50 countries and 100 organizations. Both limitations were based on publication frequencies for the countries and organizations respectively. In addition to this information separate result pages were compiled for Swedish organizations.

The following statistics are included on each web page:

- **Number of publications, full counts** – This indicator expresses the number of publications that have been authored or co-authored by a country or an organization. Since full counts are used this means that a publication can be counted multiple times if co-authored between countries or organizations. For instance, a publication co-published by Swedish researchers and Chinese researchers will be counted both for Sweden and China.
- **Share of the total number of publications in the field, full counts** – The share of all publications in each field that have been authored or co-authored by a country or an organization is expressed by this indicator. The same as mentioned above apply regarding multiple counting if a publication is co-authored by two or more countries or organizations.
- **Number of publications among 10% most cited in field, full counts** – This indicator expresses the number of publications that have been authored or co-authored by a country or an organization that are among the 10% most cited publications in the same WoS subject category, published the same year and of the same publication type (article or review). Note that the WoS subject categories are used as reference groups, not the publication class itself.
- **Share of publications among 10% most cited in field, fractionalized** – The same reference groups are used for this indicator. It is calculated as weighted means. For a country or an organization and a publication, the number of addresses containing the country name or organization name is calculated. The value is then divided with the total number of addresses in the publication, resulting in a weight of between 0 and 1. This weight is then used for the calculation of the weighted mean. Publications co-authored by many countries or organizations are given less weight in the calculation than publications by a single author/organization or co-authored by just a

²⁰ http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/

few countries or organizations. This is done to avoid an inflation of the indicator values, caused by an increasing degree of co-authorship. The world average of the indicator is exactly 10 percent. Once again note that the WoS subject categories are used as reference groups, not the publication class itself, which means that the world average within a publication class can differ from 10 percent. For a formal definition of the indicator, see (Ahlgren & Sjögarde, 2015)

- **Field normalized citation rate (c_f), fractionalized** – This indicator, like the top 10% indicators described above, normalizes for the variation of citation pattern between subject fields. Each publication is compared to a reference group of publications, i.e. publications within the same WoS subject category, published the same year and of the same document type (article or review). This is done by dividing the number of citations of each publication with the average number of citations for the reference group of publications, which results in a normalized citation rate. The indicator value expresses the field normalized mean citation rate of the country's or organization's publications. It follows from the definition of c_f that the mean field normalized citation rate of all records in the WoS database is 1. A citation rate above one indicates that the set of publications is cited above world mean, e.g. a citation rate of 1.2 indicates that the publications are cited 20 percent above world average. Fractional weighting is calculated by the same method mentioned above and used for the same reasons given above. Once again note that the WoS subject categories are used as reference groups, not the publication class itself, which means that the world average within a publication class can differ from 1.0. For a formal definition of the indicator, see (Ahlgren & Sjögarde, 2015).

5 Results

The approximately 30 000 scientific publications per year from Sweden that can be found in the WoS database can be estimated to be around 1.25 - 1.5 percent of the yearly world production of scientific articles, depending on whether articles are counted in full (1.5) or address fractional counts (1.25), calculated over all fields of science in the WoS database. This average share can be taken as some sort of baseline when trying to identify research areas where Sweden can be considered to be strong in publication volume. If the Swedish share of publications in a class for instance is larger than 2 percent, this could be considered to be an area where Sweden has a high publication volume.

Likewise, the mean field normalized citation rate (c_f) for Swedish research publications the last 10 years is about 1.15 and the mean share of publications among the 10 percent most cited in each field (top10%) is about 11.5 percent (both mean values calculated on address fractionalized publication weights). These values can thus be considered as some kind of indication on whether Swedish publications within a research area has high citation impact or not. For instance, a c_f value below 0.8 can be considered average or low whereas a c_f value above 1.2 can be considered fairly high (Visser & Nederhof, 2011). Equally, a top10% value below 8 percent can be considered low and a value over 15 percent can be considered high.

5.1. Mining and minerals research in Sweden in relation to the rest of the world

The data analysis starts with an overview of the trends for publication volume and citation impact for Sweden for *all* the 243 selected publication classes for mining and minerals *as a group* in relation to publications from the whole world in the same group.

5.1.1. Publication volume

For Sweden, a total of 4118 publications²¹ can be found in the 243 selected publication classes for the years 1990 to 2014, which means that the analysed number of Swedish publications in the selected publication classes are less than 170 per year.

For the world as a total, the number of publications in the same publication classes is 225 366. The Swedish share of publications in the mining and minerals selection is thus 1.82 percent, which is about 20 percent higher than the average Swedish production of scientific articles over all areas in WoS (counted as full publication counts).

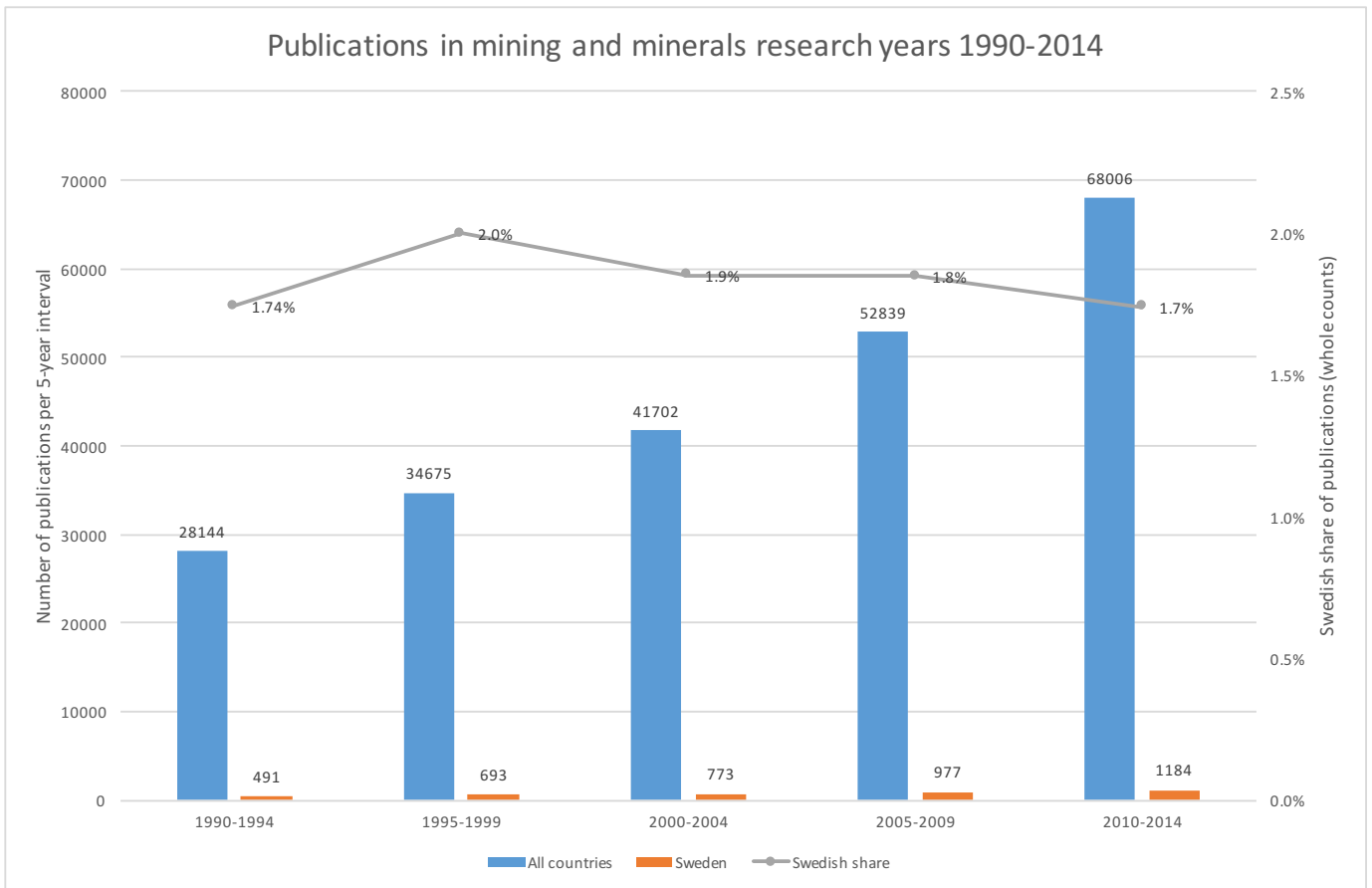


Fig. 5.1 Publication volume in mining and minerals research for all countries and Sweden, together with Swedish share of publications (full counts) for 5-year periods years 1990-2014.

From Fig. 5.1 it can be noted that during the years 1995 to 2009 the Swedish share of publications in mining and minerals research was higher than Sweden's average 1.5 percent share of scientific publications. But it can also be noted that the share has fallen from 2.0 percent to 1.7 percent during the most recent years, even if this is still above the Swedish average share. The Swedish average share over the whole period is 1.82 percent.

Some of the decline in Swedish share of global publications may be attributed to the rise of China's publishing in this field, which has grown significantly during the recent years. It can be noted that the

²¹ 4118 publications full counts and 2874 publications, address fractional counts

number of Swedish publications within the field still is rising from 977 the previous 5-year period to 1184 the last period.

Next, we look at the development of the share of publications for Sweden, compared to a set of selected "benchmark nations". The chosen countries are: USA, China, Russia, Australia, Switzerland, Canada, Brazil, Germany, and Finland.

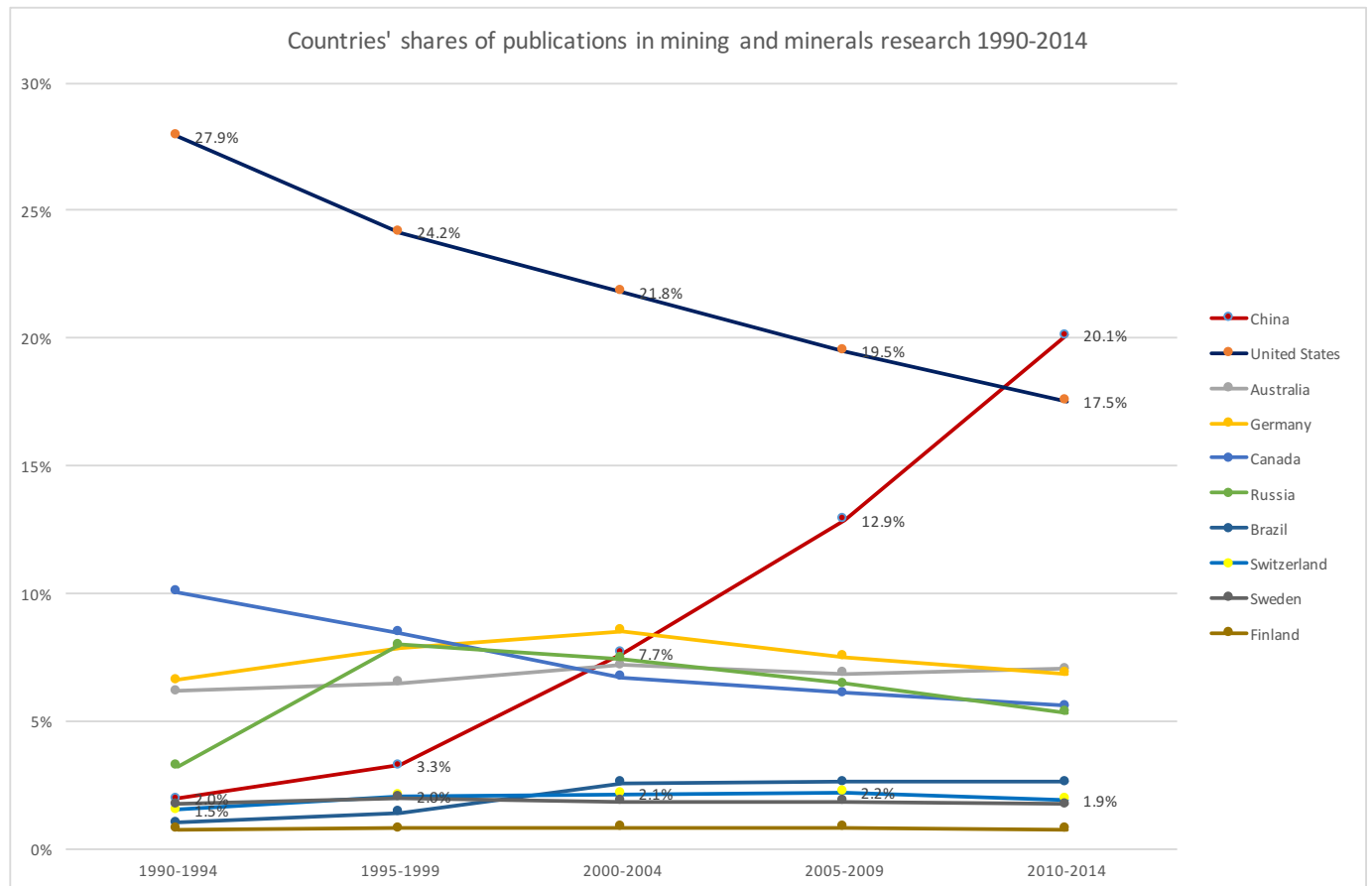


Fig. 5.2 Shares of publications in mining and minerals research 1990-2014 for a set of selected mining and minerals countries. Lines for USA, China and Sweden are marked with percentage values. A web presentation of the data behind the diagram can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_countries.html

Fig. 5.2 shows that China has had a huge rise in publishing in mining and minerals research from 2000 and onwards. The share goes up from around 3 percent in 1995-1999 to over 20 percent in 2010-2014. This huge rise affects all other countries, which have shown a decline in their shares since 2000; this is especially notable for the US production, which has declined from about 28 percent down to 17.5 percent.

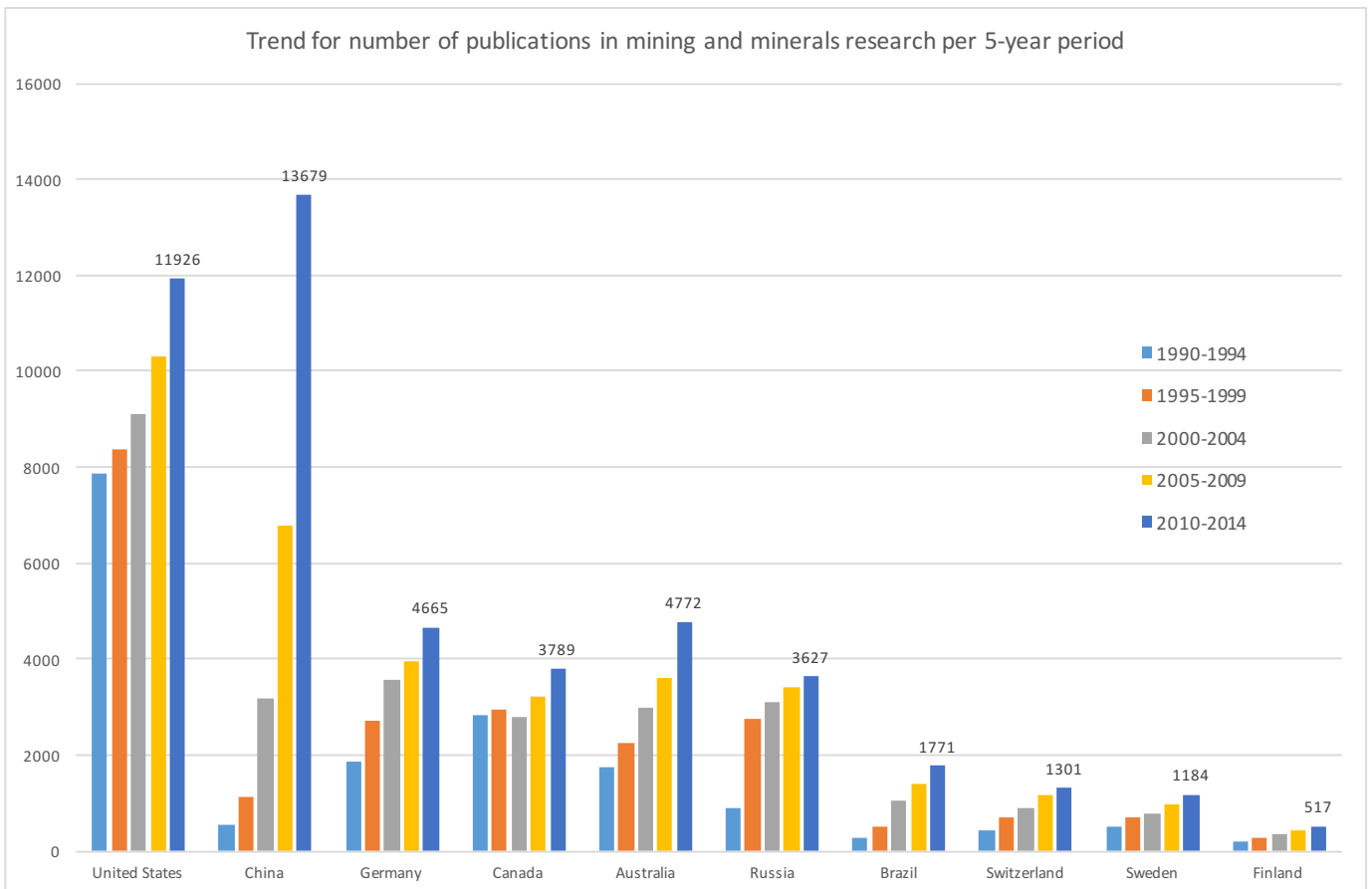


Fig. 5.3 Number of publications per 5 year period for a selection of countries in mining and minerals research over the years 1990-2014. The last period is marked with the actual publication numbers (full counts). A web presentation of the data behind the diagram can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_countries.html

From Fig. 5.3 the huge rise of publications in mining and minerals research in China once again can be noted, surpassing USA in the last analysis period. Even though the publication volume is growing for all countries, the extreme rise of Chinese publishing makes the shares of all other countries diminish.

5.1.2. Citation impact

As a supplementary information to the publication volume, the impact measured as the field normalized citation rate (c_f) and the share of publications among the top 10 percent most cited in the field (top10%) can be studied.

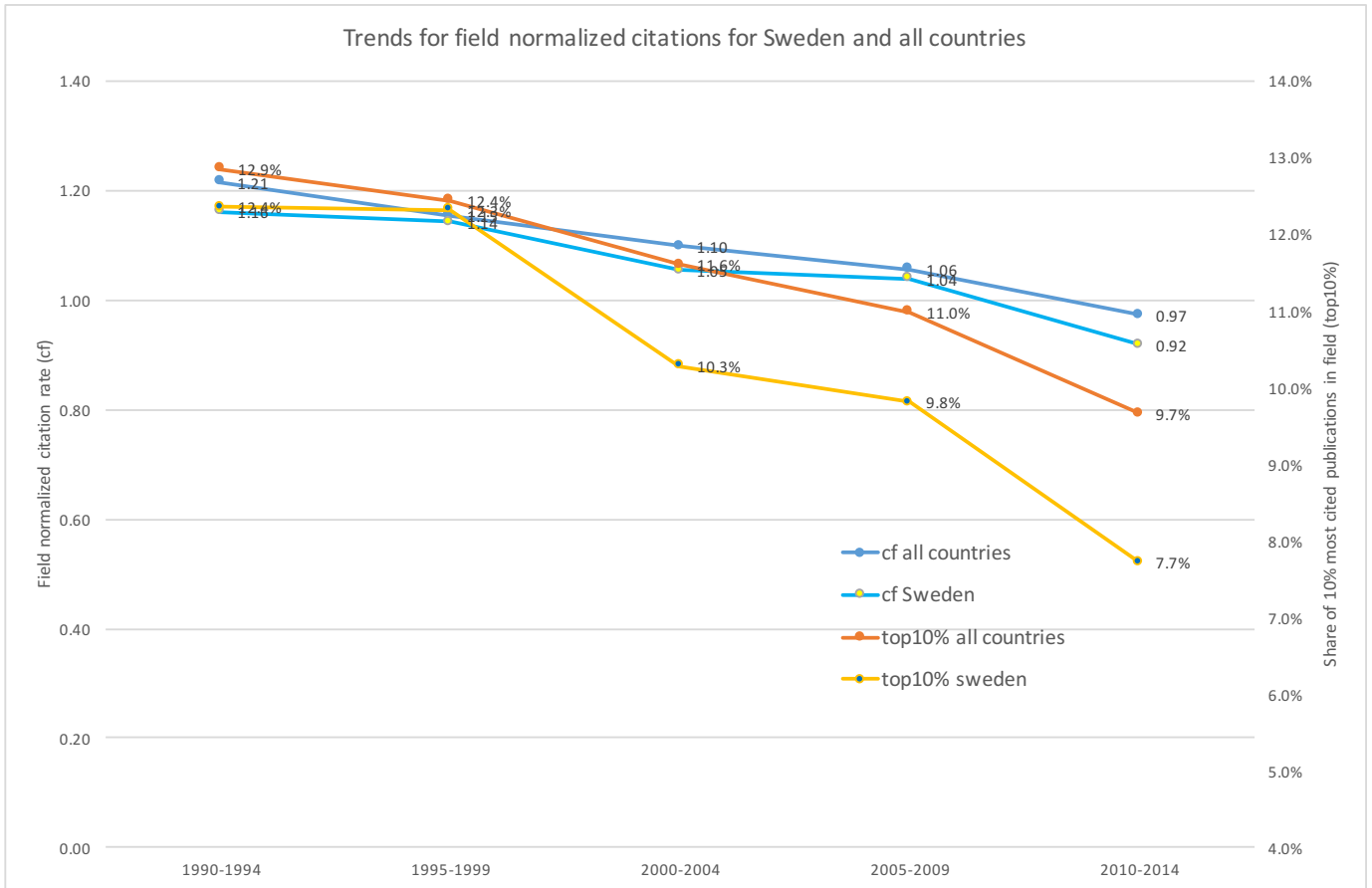


Fig. 5.4 Field normalized citation rate (c_f) and share of publications among top 10 percent most cited (top10%) for Sweden and all countries during years 1990-2014. Address fractionalized and weighted citation counts.

Fig. 5.4 shows that Swedish research in mining and minerals had a citation impact at par with the world mean during years 1995 to 2009, but that the citation impact has fallen below the world mean in the last 5 years. The effect is especially visible for the share of top 10 % most cited publications, where Sweden has fallen from a share of 12.4% down to 7.7%.

It is also interesting to note that the mean normalized citation rate and the share of publications among the 10 percent most cited in the WoS journal fields has been declining for the whole world the last 10 years for mining and minerals research as defined by the selected publication classes. Since the field normalization is done against WoS subject fields this means that the publications in the selected classes have had diminishing citation impact in their fields the last 10 years. This needs to be further investigated, maybe by looking more into details about the publication classes at lower levels in the hierarchy.

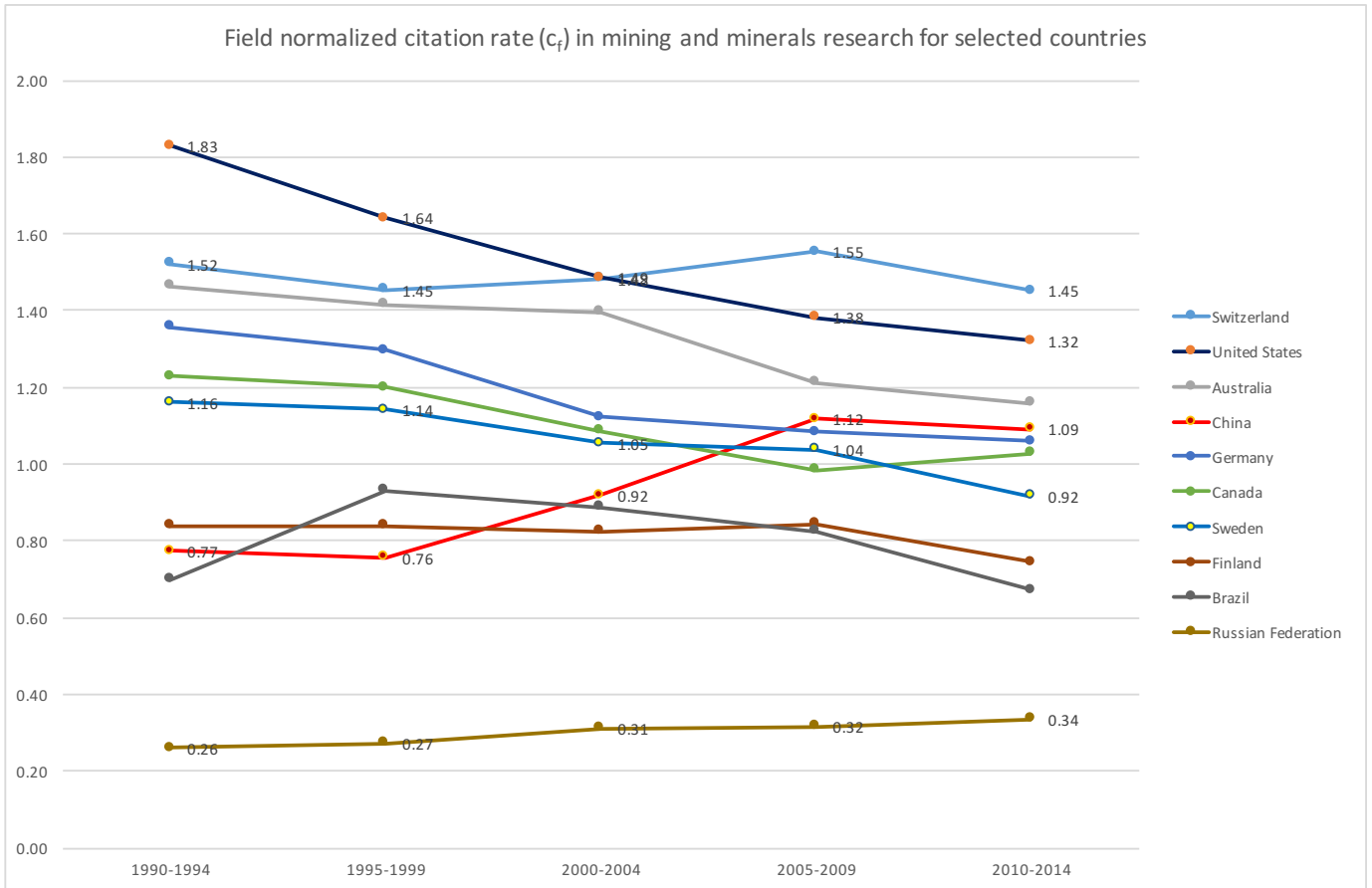


Fig. 5.5 Field normalized citation rate (c_f) for selected countries in mining and minerals. Switzerland, USA, China, Russia and Sweden lines are marked with values. A web presentation of the data for the graph can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_countries.html

From Fig. 5.5 it can be noted the decline of citation impact (1.83 – 1.32) of US publications and the rise of impact (0.77 – 1.09) of Chinese publications. It can also be noted that Switzerland has maintained a high-impact position during the period and is now the country with highest impact in mining and minerals research (about 1.45).

We can also see that the fairly large amount of publications coming from Russia has a very low international citation impact. This may be due to the articles being written mainly in Russian, or dealing with domestic aspects of mining.

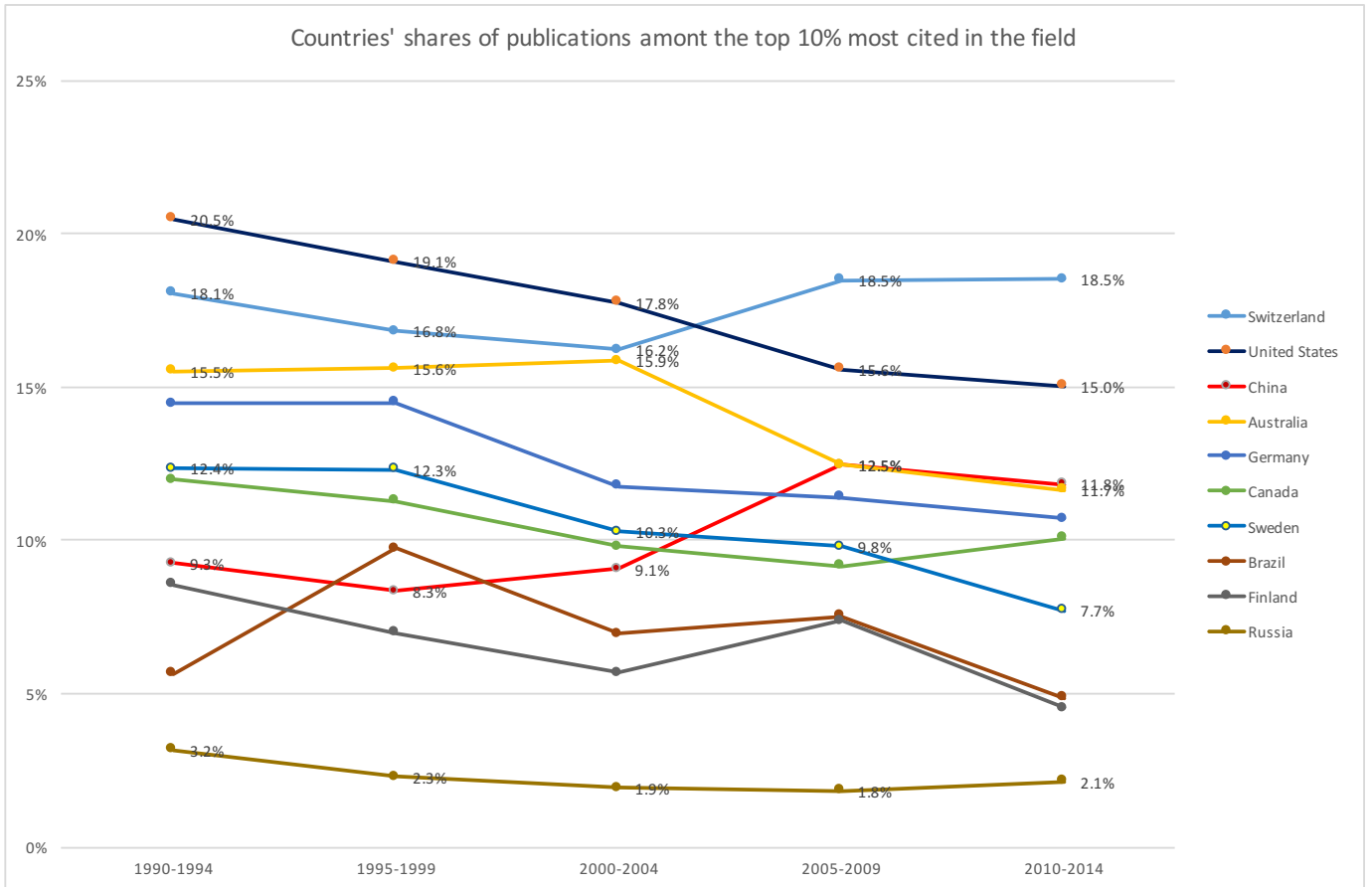


Fig. 5.6 The selected mining and minerals countries' shares of publications among the top 10% most cited in the field. Numbers are based on weighted address-fractional counts.

5.2. Important organisations with regard to publication volume and citation impact

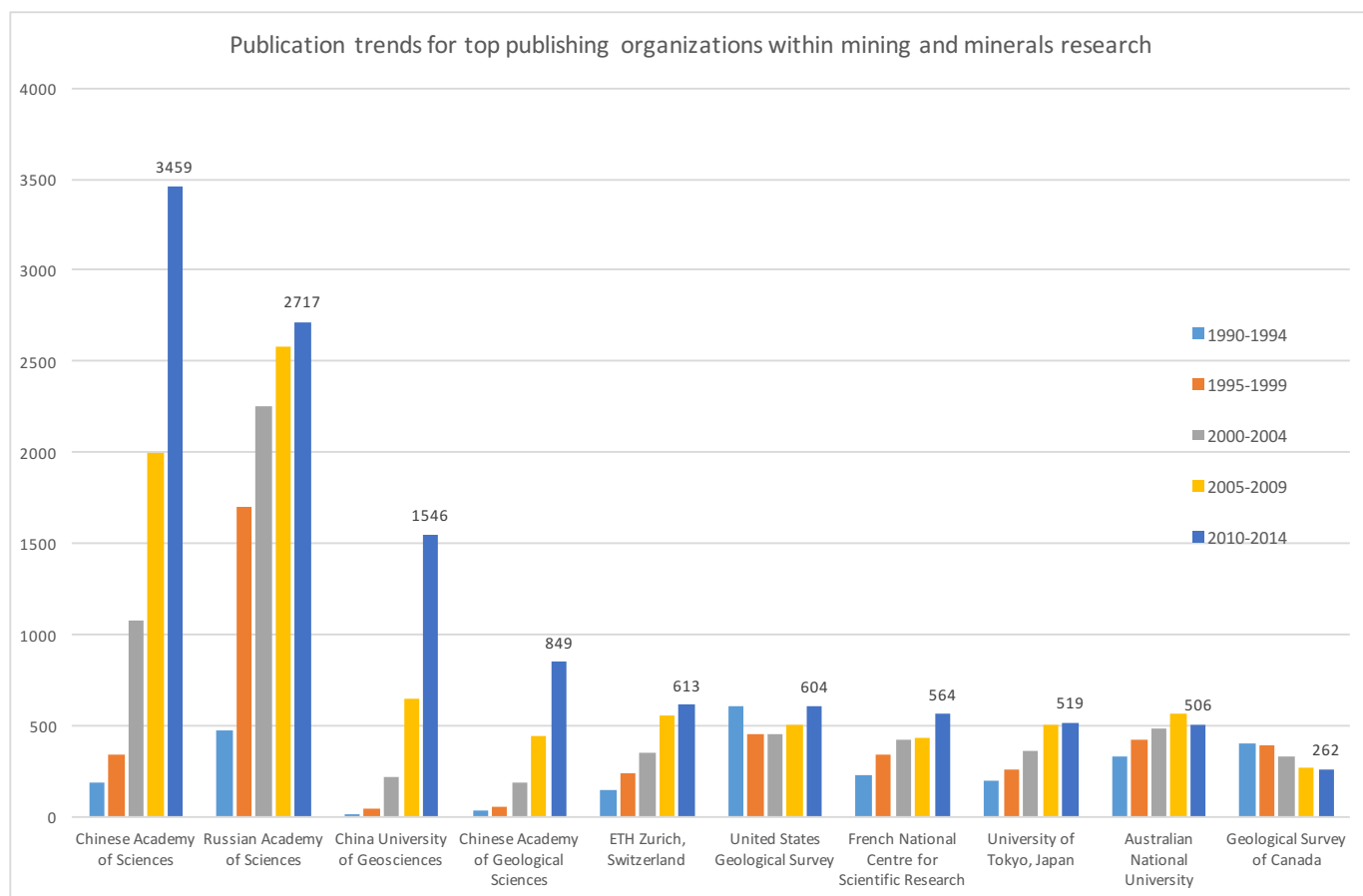


Fig. 5.7 Number of publications per 5-year period for top publishing organizations within mining and minerals research. A web presentation of the data for the graph can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_org.html

Once again a huge rise in publications for the Chinese organizations can be noted, surpassing the largest Russian organization in the last period. No Swedish organization is represented among the top publishing organizations; Uppsala University is at the Swedish top in slot 76 in the international list.

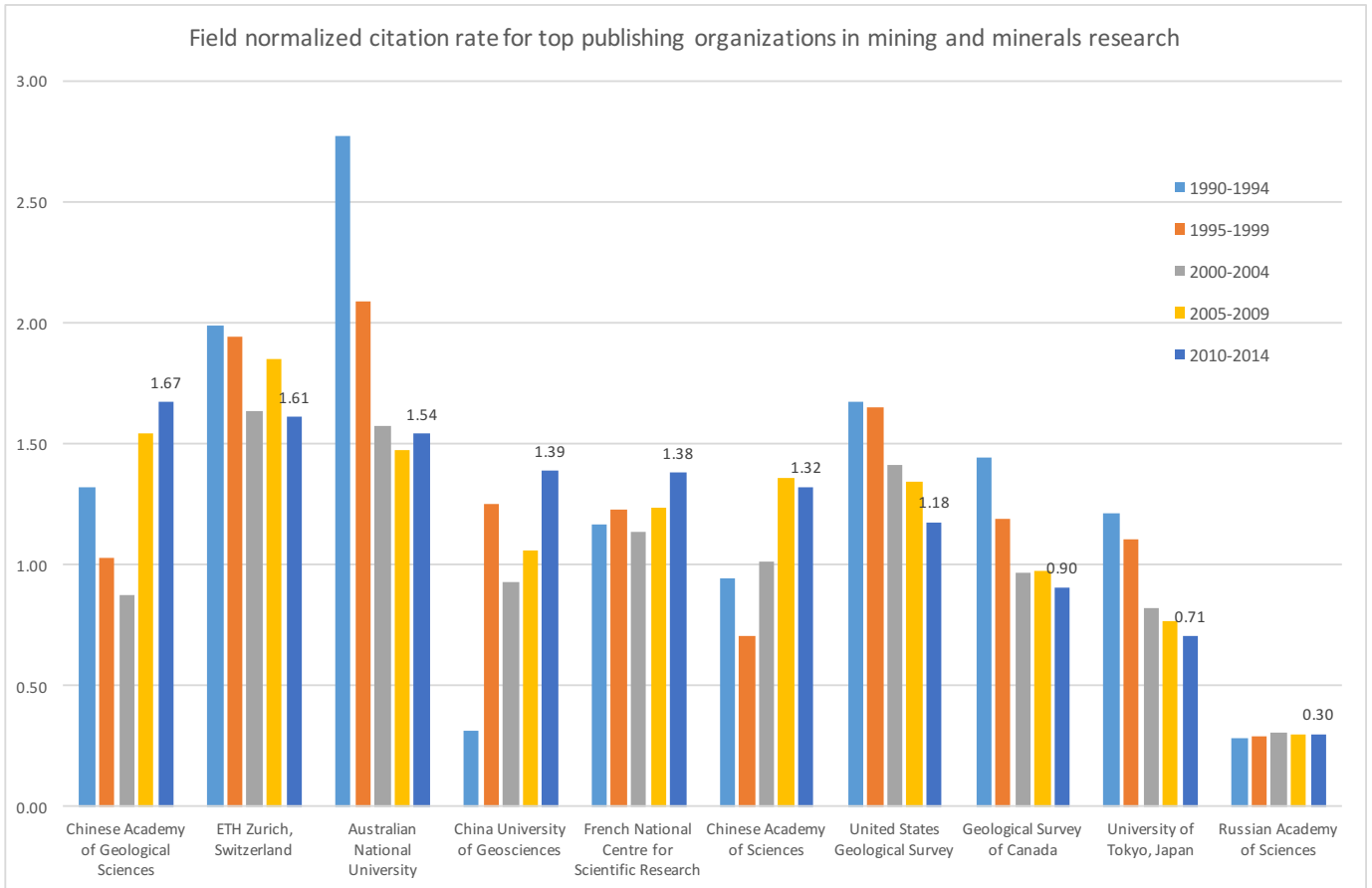


Fig. 5.8 Field normalized citation rate (c_f) for top publishing organizations in mining and minerals research. The graph is limited to organizations publishing more than 1500 publications between 1990 and 2014 and based on address-fractional publication counts. A web presentation of the data for the graph can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_org.html

As can be noted from Fig. 5.8, the Chinese Academy of Geological Sciences now is producing the most cited publications, followed by ETH Zürich and the Australian National University, which though has had a decline in citation impact over the analysis period, but recovered a bit in the last 5-year period. ETH Zurich has maintained a high citation impact over the full analysis period. We can also note that the Russian Academy of Sciences, although having a large publication volume, has a very low citation impact on their publications, which is in accordance with the overall low citation rate for Russian research in mining and minerals.

5.3. Important Swedish organizations with regard to publication volume and citation impact

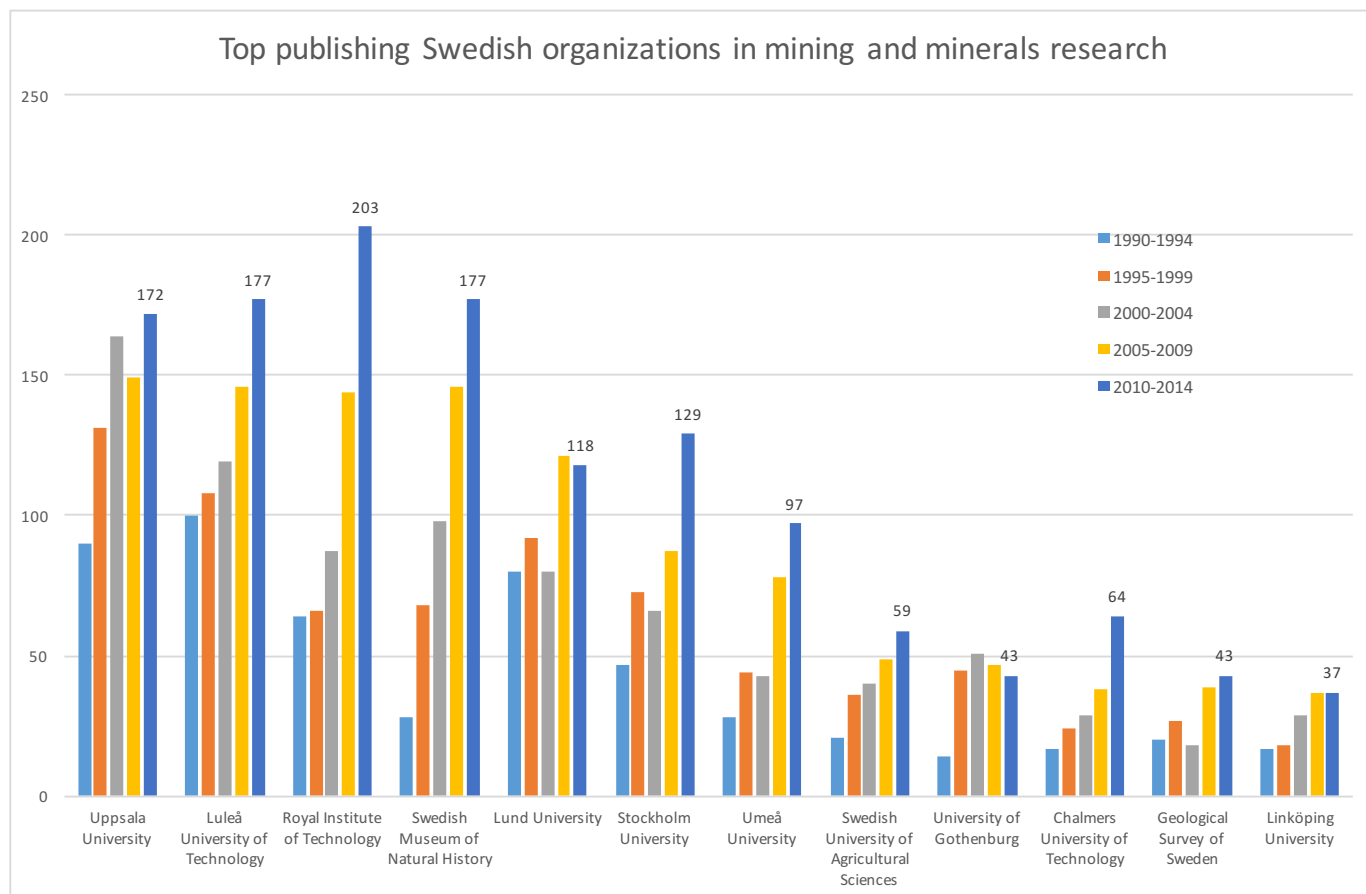


Fig. 5.9 Top publishing Swedish organizations in mining and minerals research. Publications per 5-year period with the actual number of publications (full counts) given for the last period. Organizations which have published more than 100 publications between 1990 and 2014 are included in the graph. A web presentation of the data for the graph can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Sweden_Level4/all_org.html

From Fig. 5.9 it can be noted that the main Swedish actors in the mining and minerals field are Uppsala University, Luleå University of Technology, Stockholm University, KTH Royal Institute of Technology (KTH), and the Swedish Museum of Natural History and that all these organizations have increased their publishing in mining and minerals during the last 5-year period. For KTH and Swedish Museum of Natural History we can see a large increase in the publishing within the field over the analysis period.

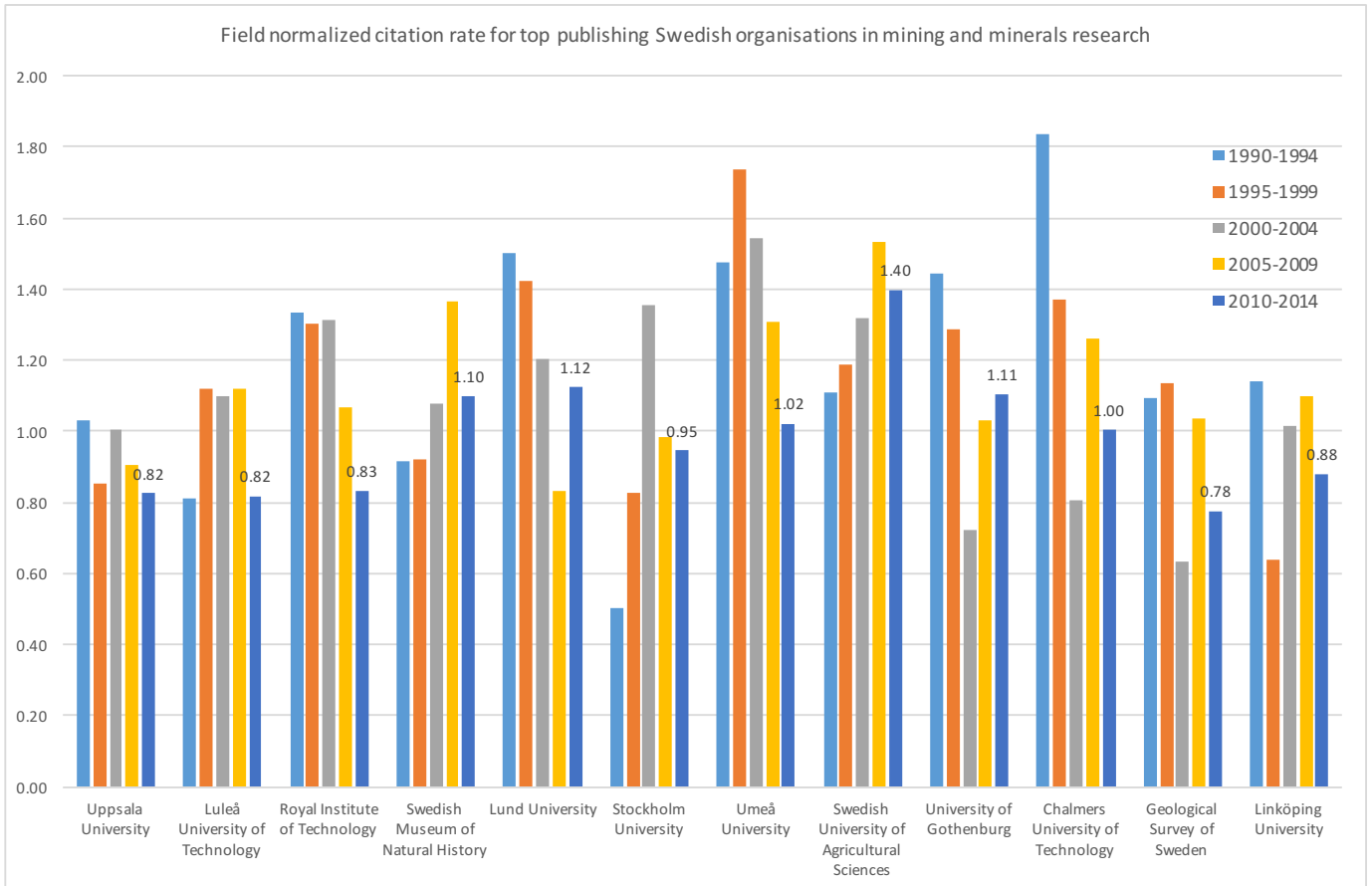


Fig. 5.10 Field normalized citation rate for top publishing Swedish organizations in mining and minerals research. The normalized citation rate based on address-fractional counts of publications for the last period is given in the diagram. Organizations which have published more than 100 publications between 1990 and 2014 are included in the graph. A web presentation of the data for the graph can be found at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Sweden_Level4/all_org.html

From Fig. 5.10 it can be noted that even though many Swedish organizations have a normalized citation rate above the world average, the Swedish University of Agricultural Sciences stands out as a producer of high-impact publications in the mining and minerals field. We can also note that the citation rate for mining and minerals publications has fallen for many Swedish organisations since 2000. It should also be noted that the number of publications per 5-year period for University of Gothenburg, Chalmers University of Technology, Geological Survey of Sweden, and Linköping University are below 20 for some of the periods, so these citation values should be interpreted with caution.

5.4. Distribution of publications within mining and minerals research over major publication classes

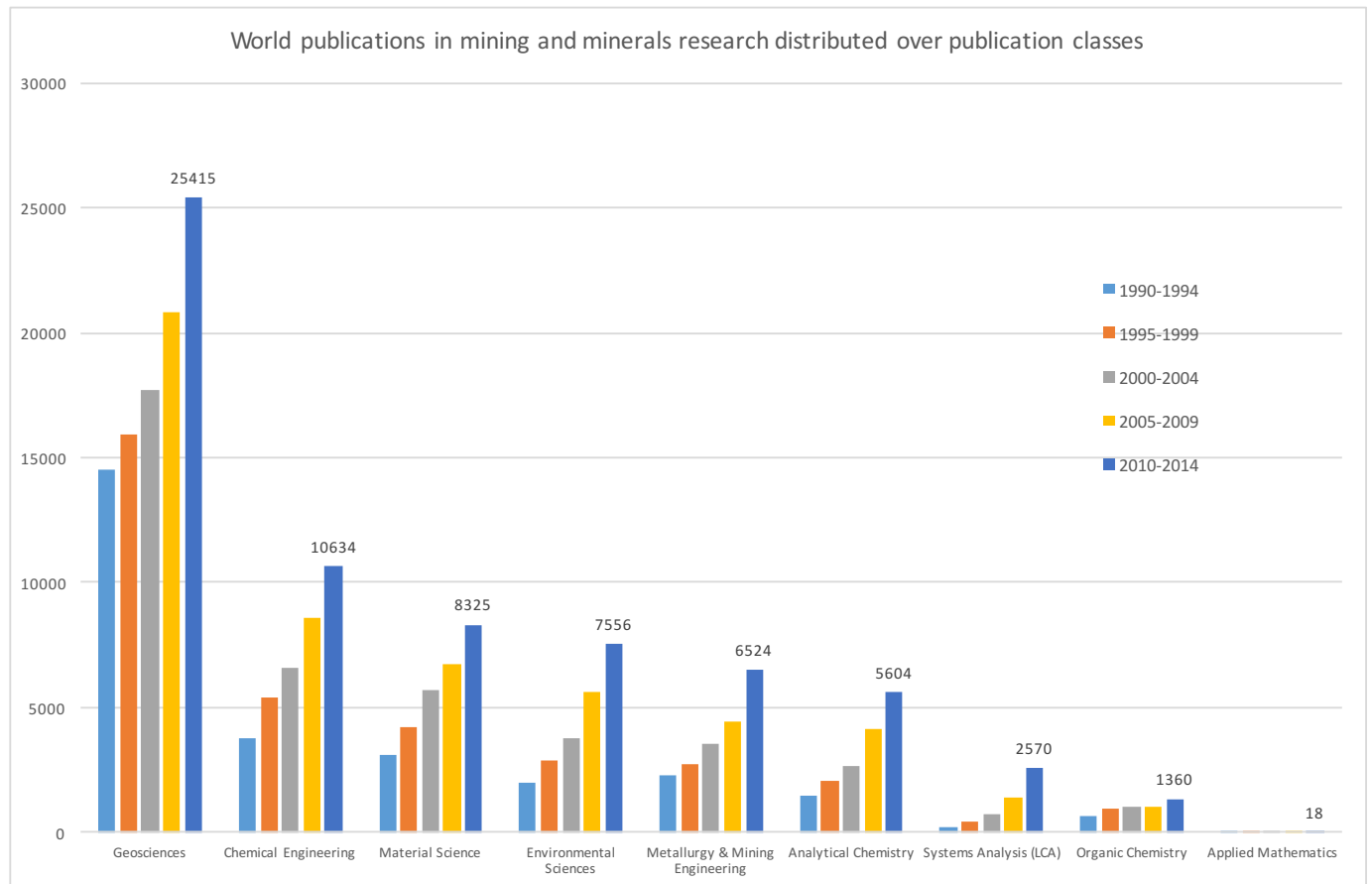


Fig. 5.11 The number of publications per 5-year period for the whole world for different publication classes at level 4 in the classification system used in this study. LCA stands for Life Cycle Analysis, within the field of Systems Analysis.

As expected, it can be seen in Fig. 5.11 that the field of Geosciences is dominating for publications within mining and minerals research, and that the number of publications is constantly growing within the field.

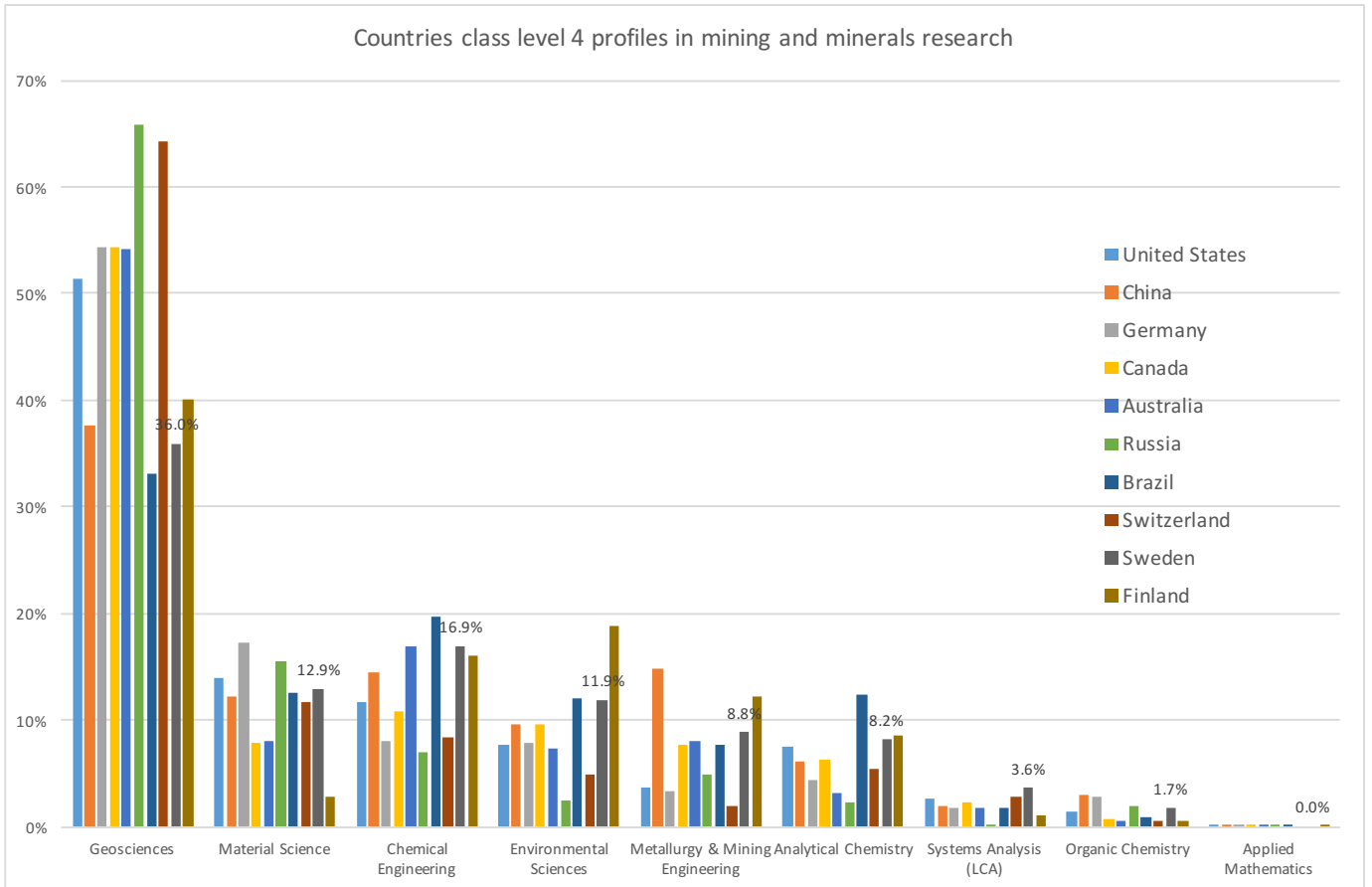


Fig. 5.12 The selected mining and minerals countries distribution of publications over classes at level 4. The bars represent each country's share in a class of its total number of publications in mining and minerals. The actual percentages are given for Sweden. The data behind the graph can be studied in detail at http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_countries.html

From Fig. 5.12 it can be seen that the Swedish subject profile in mining and minerals research follows the general country profile quite well. Sweden produces about 5 percent less publications in Geosciences and about 2 percent more publications in Environmental Sciences than the world average. Sweden also stands out as having the largest share of publications in the Systems Analysis class.

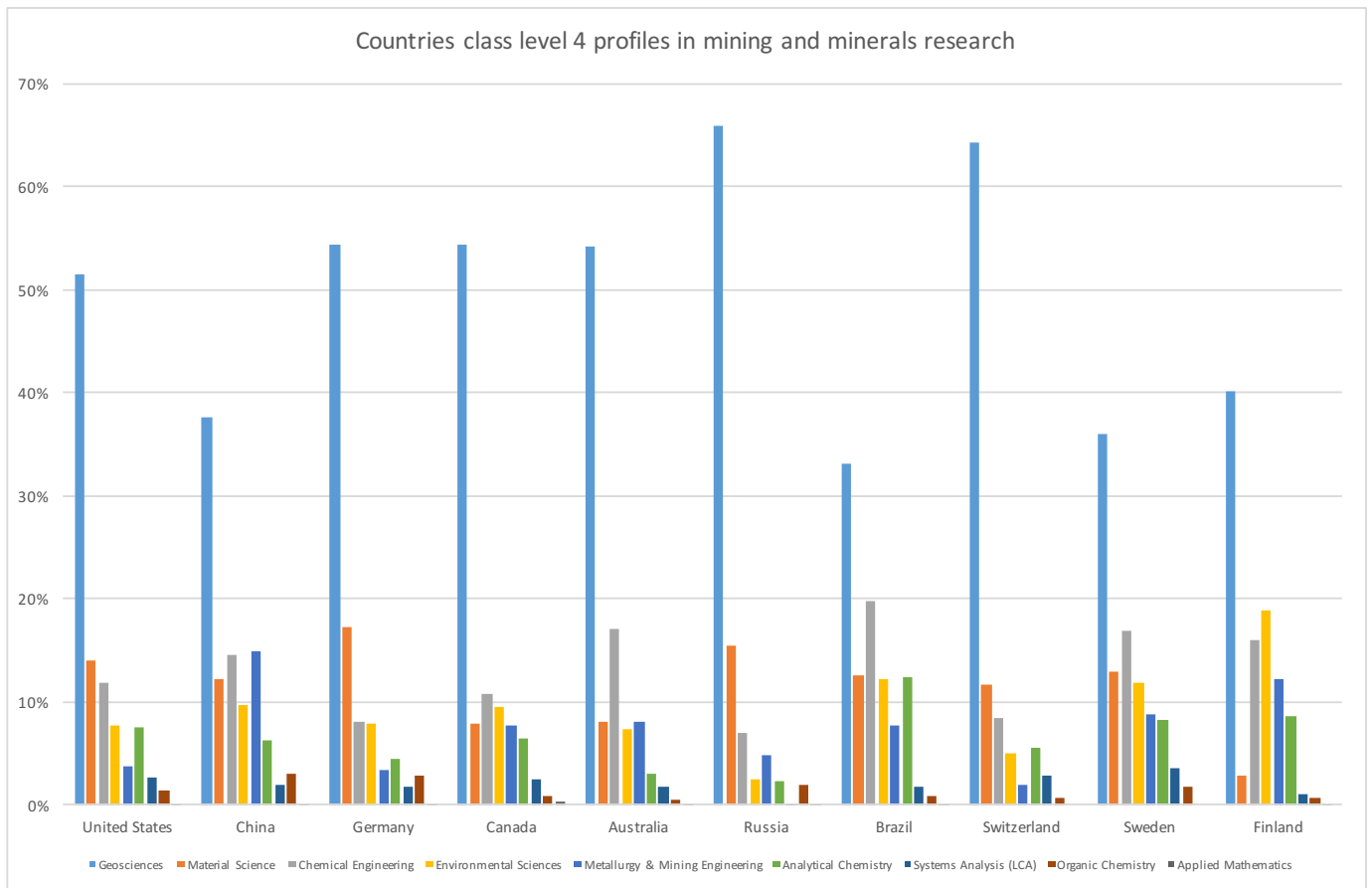


Fig. 5.13 Country class profiles for the selected mining and minerals countries, as seen per country. The bars represent each country's share in a class of its total number of publications in mining and minerals. The data behind the graph can be studied in detail at http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/Overall_Level4/all_countries.html

5.5. Areas within mining and minerals research where Sweden is strong with regard to publication volume and/or citation impact

If we go down the classification hierarchy and look at individual publication classes selected as relevant for mining and minerals research, we have to decide which aggregation level that is appropriate for a detailed analysis. Since there are 243 classes at the lowest level (1), an analysis of each of these would render a very voluminous report. We have to do some kind of selection in the class hierarchy. A suggestion is to limit the selection to the 90 classes at level 2.

But some aggregated classes of publications at level 2 only consists of one single sub-class at level 1. In this circumstance, it is more appropriate to do the analysis at the most specific level, i.e. level 1. Doing this discrimination of classes for analysis, we get 51 classes at level 1 and 39 aggregated classes at level 2 that are qualified for further analysis.

The next step is to define what is to be considered as "strong" in a bibliometric sense. Since the average publication share for Sweden among the mining and minerals classes as a whole is 1.82 percent, a class where the Swedish presence is above 3 percent units (more than 50 percent above average) can be considered a suitable choice to indicate a strong Swedish presence with regard to publication volume.

Regarding normalized citations, Sweden has a value of 1.15 over all WoS fields, so a value over 1.5 could be considered as high. But in this selection of publications, which is based on classes, the mean citation rate within an analysed class can be higher or lower than the world average for the WoS subject categories

the publications belong to. Hence the normalized citation average for the whole class can differ from 1. An example of this can be seen in Fig. 5.4 where the normalized citation value for publications from all countries in the mining and minerals classes is below 1 in the end of the series.

We have therefore introduced a class-normalized indicator for the normalized citation rate which we call the *class normalized citation rate* (c_{fcn}). This indicator is the ordinary field normalized c_f value for a country in a class in relation to the c_f value for the whole class. If a country has a class normalized citation rate above 1.2 (more than 20% above the class mean), we consider its citation performance to be strong. If the class normalized citation rate is below 0.8 (lower than 80% of the class mean), the citation-based bibliometric performance can be considered to be weak.

For the share of top 10 percent most cited publications, the same reasoning holds true. The whole class share of publications among the 10 percent most cited can be above or below 10 percent. So we introduce an indicator we call the *class normalized share of top 10 percent most cited publications* ($top10_{cn}$). This indicator is the number of publications (full counts) for a country in a class that is among the 10 percent most cited in the field, divided by the number of publications among the 10 percent most cited in the field for the whole class, and then normalized (divided) by the total share of publications for the country in the class.²² The result is a normalized number, where a value above 1 is a top10 share above the class average and a value below 1 is below class average. We then consider a $top10_{cn}$ value above 1.2 to indicate a strong top10 citation performance and a value below 0.8 to be a weak top10 citation performance. It is worth noting that for this indicator, the numbers both in the numerator and the denominator can sometimes be very small, so the result can be quite instable and dependent on a few highly-cited publications in the dataset.

If we make a selection of publication classes where Sweden can be considered bibliometrically strong in accordance with the above suggested boundaries, the following criteria can be used²³:

- More than 50 publications in years 1990-2014 (i.e. on average more than 2 publications per year, to get sufficient stable citation values for the 5-year intervals)

AND

- A class share of publications $> 3 \%$
- OR a class normalized citation impact > 1.2
- OR a class normalized share of publications among 10 % most cited > 1.2

²² $Top10\% \text{ class normalized} = P_{top10}(\text{country}) / P_{top10}(\text{class}) / P_{share}(\text{country})$. P stands for Publications.

²³ $P > 50 \text{ AND } (P_{share} > 3\% \text{ OR } C_{fcn} > 1.2 \text{ OR } top10_{cn} > 1.2)$

Using this selection criteria, we find the following 14 "strong" classes as candidates to investigate (sorted under each heading in descending order according to the Swedish publication share in the class):

| Class ID | Statistically generated class label | P | P share | c_f | top10% | cf class norm. | top10 class norm. |
|---|---|-----|-------------|-------|--------|----------------|-------------------|
| Classes with both high Swedish publication volume and high citation impact | | | | | | | |
| L2:980 | High Pressure Research (Shock Wave Detonat Phys / High Pressure Research / Sci Extreme Condit) | 132 | 6.6% | 1.50 | 25.0% | 1.26 | 1.87 |
| L1:5235 | Lead Isotopes (Lead Isotopes / Stable Lead Isotopes / Unite Format Rech Phys) | 83 | 6.1% | 1.35 | 15.8% | 1.35 | 1.69 |
| L2:1308 | Mercury (Mercury / Methyl Mercury / Atmospheric Mercury) | 149 | 4.8% | 1.32 | 17.7% | 1.07 | 1.39 |
| Classes with high Swedish publication volume, but average or low citation impact | | | | | | | |
| L1:2594 | Surface Complexation (Surface Complexation / Theoret Problems Adsorpt / Surface Complexation Model) | 135 | 7.5% | 1.27 | 12.8% | 1.03 | 0.91 |
| L1:8055 | Tundish (Tundish / Continuous Casting / Electromagnetic Brake) | 54 | 4.9% | 0.73 | 2.2% | 0.76 | 0.21 |
| L2:2624 | Acid Mine Drainage (Acid Mine Drainage / Acid Sulfate Soil / Acid Sulfate Soils) | 133 | 4.9% | 0.74 | 1.8% | 0.89 | 0.26 |
| L1:3185 | Impact Cratering (Meteoritics & Planetary Science / Impact Cratering Grp / Shock Metamorphism) | 77 | 4.7% | 0.75 | 2.2% | 1.04 | 0.53 |
| L2:2315 | Blast Furnace (Blast Furnace / Ironmaking / Iron Ore Sinter) | 60 | 3.5% | 0.70 | 1.9% | 0.96 | 0.34 |
| L2:1146 | Resources Conservation and Recycling (International Journal of Life Cycle Assessment / Resources Conservation and Recycling / Remanufacturing) | 123 | 3.0% | 1.16 | 10.3% | 0.87 | 0.66 |
| Classes with Swedish high citation impact, but average or low publication volume | | | | | | | |
| L2:981 | Minerals Engineering (Minerals Engineering / International Journal of Mineral Processing / Froth Flotation) | 240 | 2.9% | 0.98 | 7.7% | 1.27 | 1.38 |
| L2:779 | Magnetotellurics (Magnetotellurics / Geophysics / Journal of Applied Geophysics) | 116 | 2.8% | 0.87 | 7.1% | 1.14 | 1.28 |
| L2:106 | Heavy Metals (Heavy Metals / Phytoremediation / Phytoextraction) | 159 | 2.0% | 1.64 | 20.9% | 1.41 | 1.83 |
| L2:783 | Solvent Extraction and Ion Exchange (Solvent Extraction and Ion Exchange / Solvent Extraction / Supported Liquid Membrane) | 55 | 1.5% | 1.55 | 16.3% | 1.72 | 2.99 |
| L2:577 | Hydrometallurgy (Hydrometallurgy / Bioleaching / Acidithiobacillus Ferrooxidans) | 141 | 1.3% | 1.32 | 15.4% | 1.44 | 1.70 |

Table 5.1 Publication classes where Sweden has more than 50 publications (full counts) during the years 1990-2014 and more than 3 percent share of publications, or a class normalized c_f value above 1.2, or a class normalized top10% value above 1.2, ordered in descending order after the Swedish share of publications in the class for each group. The most describing part of the automatic label has been extracted and used as leading label. The numbers that made the class to be included among Swedish strong classes is marked in bold.

The headings for Table 5.1 to Table 5.2 should be interpreted as follows:

- **Class ID:** A combination of level (L) and class number

- **Statistically generated class label:** A class label that has been constructed through statistical processing of WoS field names, journal titles, keywords and author address parts. The most describing part of the automatic label has been extracted and used as leading label.
- **P:** The number of Swedish publications in the class during the years 1990-2014.
- **P share:** The Swedish publications' share of the class.
- **c_f:** The field normalized citation rate for Swedish publications in the class. Address fractionalized.
- **top10%:** The share of Swedish publications among the 10 % most cited in the WoS field. Address fractionalized.
- **c_f class norm.:** The field normalized citation rate for Swedish publications in the class, normalized (divided by) against the field normalized citation rate for all publications in the class. Address fractionalized.
- **top10% class norm.:** The Swedish number of publications among the top 10% most cited in the WoS field, normalized against the number of publications among the top 10% most cited for the whole class. Full publication counts.

It is worth noting that some of the classes considered as strong in publication volume here are weak in citation impact, which means that they also will turn up as weak areas in the analysis further down, and conversely some classes at the bottom of the list where Swedish publication volume is small are still considered to be strong due to the high citation rate. The knowledgeable interpreter has to decide if volume or impact is the measure to look for when identifying a strong class in the table above.

If we strengthen the conditions for the Swedish publishing to be considered strong to fulfil *all* the above stated criteria at the same time, i.e. more than 50 publications AND a share above 3% AND a class normalized citation rate above 1.2 OR a class normalized top10% above 1.2, we get a short list of the two publication classes at the top of Table 5.1; *High Pressure Research* and *Lead Isotopes*, tightly followed by the class *Mercury*, where both publication volume is high and share of top 10% most cited is high, but the mean citation rate is only slightly above average.

5.6. Areas within mining and minerals research where Sweden is weak with regard to publication volume or citation impact

The assignment from the government also mentions that it would be desirable to identify areas where Swedish research in mining and minerals could be considered "weak".

One suggestion for a selection would be to look in more detail at classes where Sweden fulfils the following criteria²⁴:

- More than 50 publications in years 1990-2014 (i.e. on average more than 2 publications per year, to get a sufficient stable citation value)

AND

- A class share of publications < 1 %
- OR a class normalized citation impact < 0.8

²⁴ $P > 50$ AND (Pshare < 1% OR $C_{fcn} < 0.8$ OR $top10_{cn} < 0.8$)

- OR a class normalized share of publications among 10 % most cited < 0.8

Following the above criteria and doing a selection from publication classes, we get 7 classes where Sweden could be considered as having a weak bibliometric presence:

| Class ID | Statistically generated class label | P | P share | c_f | top10% | c_f class norm. | top10 class norm. |
|--|---|-----|-------------|-------|--------|-------------------|-------------------|
| Classes with high Swedish publication volume, but low citation impact | | | | | | | |
| L2:2624 | Acid Mine Drainage (Acid Mine Drainage / Acid Sulfate Soil / Acid Sulfate Soils) | 133 | 4.9% | 0.74 | 1.8% | 0.89 | 0.26 |
| L1:8055 | Tundish (Tundish / Continuous Casting / Electromagnetic Brake) | 54 | 4.9% | 0.73 | 2.2% | 0.76 | 0.21 |
| L1:3185 | Impact Cratering (Meteoritics & Planetary Science / Impact Cratering Grp / Shock Metamorphism) | 77 | 4.7% | 0.75 | 2.2% | 1.04 | 0.53 |
| L2:2315 | Blast Furnace (Blast Furnace / Ironmaking / Iron Ore Sinter) | 60 | 3.5% | 0.70 | 1.9% | 0.96 | 0.34 |
| L2:1146 | Resources Conservation and Recycling (International Journal of Life Cycle Assessment / Resources Conservation and Recycling / Remanufacturing) | 123 | 3.0% | 1.16 | 10.3% | 0.87 | 0.66 |
| L2:471 | Mineralogy (Mineralogy / American Mineralogist / Physics and Chemistry of Minerals) | 228 | 2.6% | 0.68 | 4.7% | 0.76 | 0.79 |
| Class with low Swedish publication volume and low citation impact | | | | | | | |
| L2:349 | Kimberlite (Kimberlite / Journal of Petrology / Carbonatite) | 84 | 0.7% | 0.73 | 3.5% | 0.62 | 0.39 |

Table 5.2 Publication classes where Sweden has more than 50 publications during the years 1990-2014 and less than 1 percent share of publications in the class, or a class normalized c_f value below 0.8, or a class normalized top10% value below 0.8, ordered in descending order after the Swedish share of publications in the class. The most describing part of the automatic label has been extracted and used as leading label.

From Table 5.2 we can see that all publication classes except the last two in the list are classes where Sweden can be considered strong with regard to publication volume (share of class publications), but get low return in citation impact, hence considered to be weak classes here. Once again, it is up to the interpreter to decide if volume or impact is the measure to look for when identifying a weak class in the table above.

If we strengthen the conditions for a weak class to fulfil *both* the criteria for small publication volume and low citation impact, we only get the publication class labelled *Kimberlite* left.

5.7. Visualizations of bibliometric networks

Interactive visualisations for relations between publication classes and Swedish authors can be reached from links at the project's start page at the web pages of KTH bibliometrics group.²⁵

All visualizations are delimited to the chosen publication classes at level 1 and the publication years 1990-2014. The open-source program Gephi has been used for the visualizations and Force Atlas 2 algorithm has been used for the layouts.

5.7.1. Visualization of relations between publication classes within mining and minerals research

This visualization shows a network of publication classes within mining and minerals research and their relations to each other.²⁶ Each *node* (dot) in the visualization represents a publication class. The size of each node is relative to the number of mining and minerals publications belonging to the node. Only publications within the classes at level 1 chosen for the analysis have been included and counted as mining and minerals publications.

At the top level, the links between the nodes express citation relations between the classes as whole. Links between classes on different levels are hierarchical so that a class at level x has one relation to the level above and the weight of its sub classes (if any) adds up to 1. For other levels than the top level, the visualization does not express relations between classes at the same level.

The nodes representing the publication classes at the different hierarchical levels have been coloured according to their respective level. The large classes at the top level 4 are blue, classes at level 3 are orange, classes at level 2 are green, and the smallest classes at the bottom level 1 are coloured purple.

An interactive web presentation of the relations between the publication classes can be found at address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_total_MM_publ/

²⁵ http://kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/

²⁶ http://kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_total_MM_publ/

5.7.2. Visualization of Swedish publications within mining and minerals research publication classes

[This visualization](#) at the project web site is based on the same data as above.²⁷ However, in this visualization the node sizes are set according to the number of Swedish mining and minerals publications in each class.

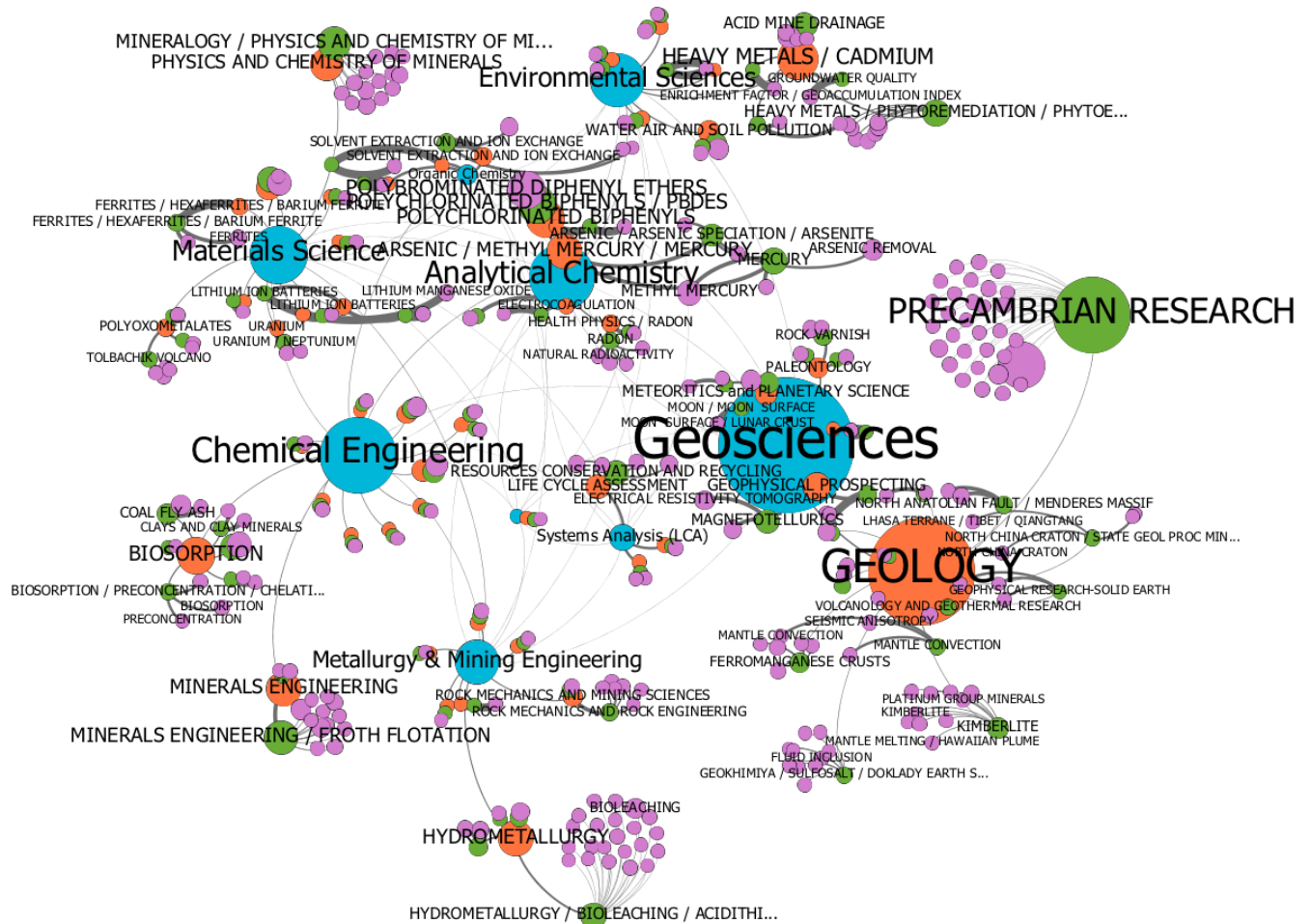


Fig. 5.14 Visualization of relations network between Swedish publications within mining and minerals research. Node sizes represent the number of Swedish publications in mining and minerals and node colours represent the class level in the publication clustering. An interactive web presentation of the network can be seen at address http://kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_MM_publ/

²⁷ http://kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_MM_publ/

In the interactive web visualization, the colours of the nodes are set according to the share of Swedish publications in each class (red signifies a high share and blue a low share).

5.7.3. Co-publishing between Swedish researchers within mining and minerals research

The network in this visualization represents co-publishing relations between Swedish researchers in mining and minerals research as defined by the selected publication classes in this study.²⁸ All researchers publishing within the selected mining and minerals publication classes with Sweden as their main country of affiliation has been included in the graph. Node sizes are set to fractionalized number of publications. Links between classes express co-publishing. Each co-publication has been weighted according to the number of authors in the publication so that the contribution to the link's total weight is 1/no. of authors for each co-publication. The weight of a link between two nodes is the sum of the co-publication weights.

Authors have been grouped together based on the level of co-publishing and the groups have been coloured using different colours to indicate possible Swedish "research environments". An interactive web presentation of the network can be seen at the address

http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_copub/

5.7.4. Relations between Swedish researchers and publication classes within mining and minerals research

[This network](#) expresses relations between Swedish researchers and level 2 publication classes in the mining and minerals research dataset.²⁹ There are two types of nodes in the network: 1. Publication classes and 2. Researchers. The network is delimited to Swedish researchers (same definition as in the co-publishing network).

Node sizes express either the number of publications in the class (for publication class nodes) or the number of publications authored by a researcher (for researcher nodes). The node size is relative to other nodes of the same type. Hence, node sizes of researcher nodes should not be compared to the node sizes of the publication class nodes. Links between nodes expresses number of publications by a researcher that belong to a publication class. In this network there are only relations (links) between authors and classes, not between author-author or between class-class.

²⁸ http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_copub/

²⁹ http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_rel_auth_class/

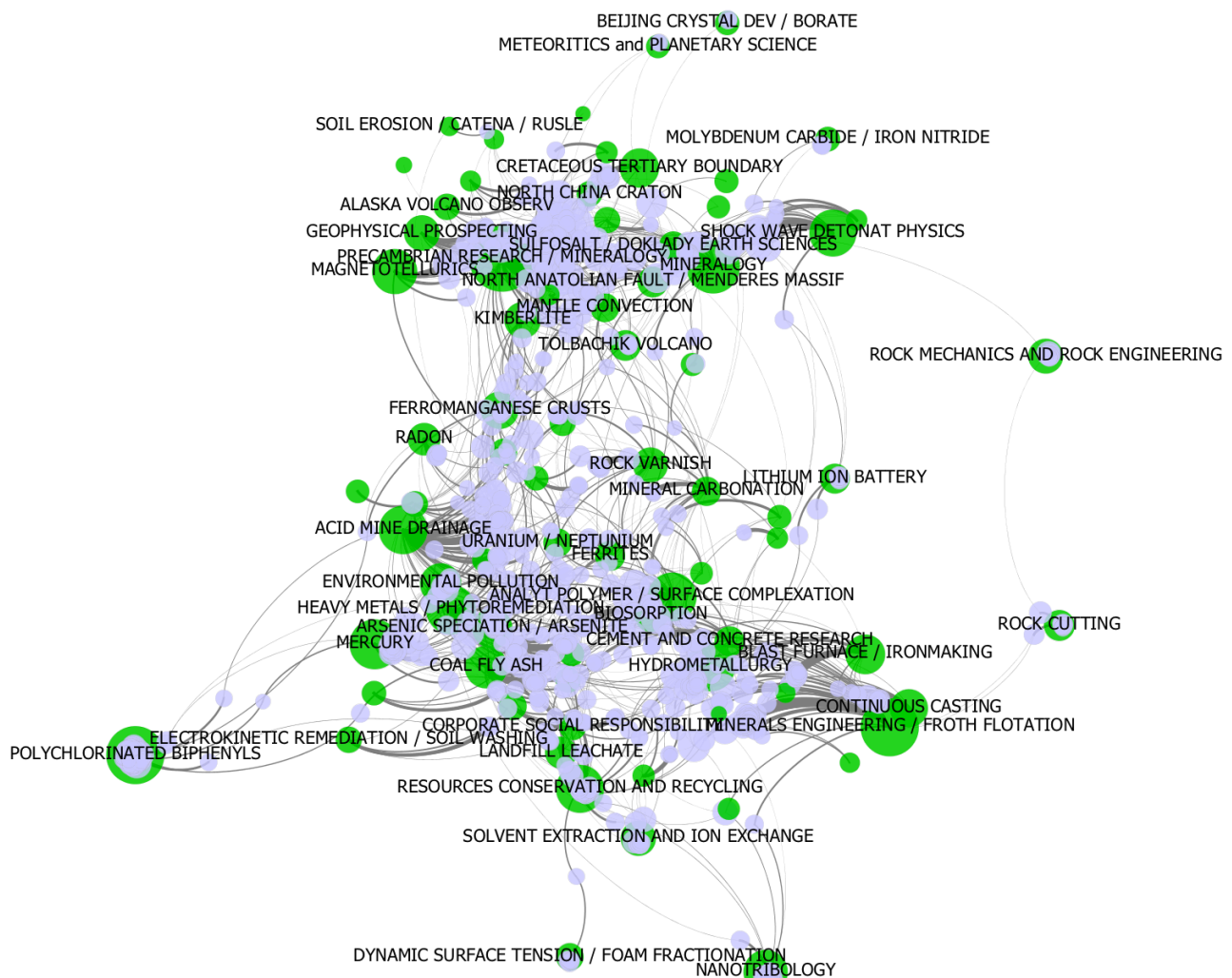


Fig. 5.15 Visualization of relations between Swedish researchers and publication classes within mining and minerals research. Nodes representing publication classes are green and nodes representing researchers are blue. Node sizes are set in proportion to the number of publications in each class. Only the largest publication classes have labels. An interactive web presentation of the network can be seen at the address http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_rel_auth_class/.

5.8. Swedish research environments and networks

An identification of research environments is dependent on a visual and qualitative analysis of the co-publishing between Swedish researchers in mining and minerals and the relation of their publications to the labels of the publication classes that can be seen in Fig. 5.15.

This analysis should preferably be done by subject experts using the interactive visualizations "[Co-publishing between Swedish researchers within mining and minerals research](#)"³⁰ and "[Relations between](#)

³⁰ http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_copub/

[Swedish researchers and publication classes within mining and minerals research](#)³¹ on the project website.

5.9. Comparing the class-based study with the Swedish Research Council keyword-based study

The newly developed method using clustered publication classes has some main advantages:

- The possibility to catch publications which are not retrieved using keywords, due to synonyms and problems with stemming (plurals, etc.) of words.
- The possibility to focus the analysis to narrower areas of research through the hierarchical grouping of publications in classes.
- The possibility to zoom out through the grouping of publication classes into groups at higher levels in the hierarchical classification.

The class-based method also comes with some drawbacks:

- It is not always certain that the method using clustering by following citation gives the desired grouping of publications. Citations may be done by other reasons than mere subject-based linking.
- The subject-content and focus of publications within in a given class may change over time, due to re-clustering, and may not always correspond to a subject term trying describe the content of the class.
- Comparing normalized citation levels in a class-based publication set can be complicated, since the standard method for normalization of citations is based on WoS subject classes, and not clustered publication classes.
- Since the publication classes are dynamic, due to changing citations, comparisons over time of class-based analyses can be difficult to perform.
- The labelling of the classes exhibits some challenges and needs to be developed further. When classes at lower levels (1 or 2) are aggregated to higher levels (2 or 3), sometimes the labels at the higher level can be misleading regarding the content of the lower classes. This effect is especially significant when a single class at level 1 is "aggregated" into a class at a higher level.

When comparing the present class-based study to the previous SRC keyword-based study, the conclusion is that the present study has favoured recall over precision, whereas the keyword-based study favoured precision over recall. In practice, this means that the present study did capture about four times the publications in the SRC study; 225 366 publications, compared to 53 037 publications in the SRC study. Looking at the numbers for Swedish publications, this study did capture 41 18 publications compared to the SRC study's 1100 publications.

The larger number of publications in this study means that there is a risk that the publications in some classes are dealing with subjects that might be considered off-topic regarding mining and minerals, since the clustered publication classes can have diffuse boundaries that can go out of scope.

The selected 90 classes in this study covers 976 of the 1100 Swedish publications in the SRC study, which means that about 10% of the keyword-selected publications is missing, since these were being clustered into publication classes that not were selected in the semi-manual class selection process.

³¹ http://www.kth.se/bibliometrics/projects/mine_and_minerals/network_swe_rel_auth_class/

Table 5.3 shows how many more publications that were covered by the class-based study in relation to the keyword-based study for the publication classes where the keyword-publications were more than 10% of the class publications.

| Level: Class ID | Label | Class- selected publications | Keyword- selected publications | Difference class- keyword- selected | Keyword publications share of class |
|--------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| L2:2423 | Mathematical Geology (Mathematical Geology / Multiple Point Statistics / Training Image) | 397 | 240 | 157 | 60% |
| L2:503 | Organic Geochemistry (Organic Geochemistry / Petr Explorat Dev / Aapg Bulletin) | 975 | 536 | 439 | 55% |
| L2:1652 | Dynamic Surface Tension (Dynamic Surface Tension / Foam Fractionation / Dissolved Air Flotation) | 876 | 413 | 463 | 47% |
| L2:981 | Minerals Engineering (Minerals Engineering / International Journal of Mineral Processing / Froth Flotation) | 8146 | 3407 | 4739 | 42% |
| L2:2624 | Acid Mine Drainage (Acid Mine Drainage / Acid Sulfate Soil / Acid Sulfate Soils) | 2732 | 1084 | 1648 | 40% |
| L2:1012 | Geokhimiya (Geokhimiya / Sulfosalt / Doklady Earth Sciences) | 6785 | 2522 | 4263 | 37% |
| L2:945 | Meteoritics & Planetary Science (Meteoritics & Planetary Science / Meteoritics / Geochimica Et Cosmochimica Acta) | 1462 | 496 | 966 | 34% |
| L1:33277 | Inco Limited (Inco Limited / Remote Mining Technology / Solutions of Acrylic Acid) | 75 | 24 | 51 | 32% |
| L2:1146 | International Journal of Life Cycle Assessment (International Journal of Life Cycle Assessment / Resources Conservation and Recycling / Remanufacturing) | 4068 | 1271 | 2797 | 31% |
| L2:428 | Acta Petrologica Sinica (Acta Petrologica Sinica / North China Craton / State Geol Proc Mineral Ources) | 6820 | 2092 | 4728 | 31% |
| L2:1438 | Inorgan Mat Program (Inorgan Mat Program / New Mineral / Tolbachik Volcano) | 2199 | 596 | 1603 | 27% |
| L1:7415 | Mine Soils (Mine Soils / Reclamation / Reclaimed Mine Soil) | 902 | 230 | 672 | 25% |
| L2:349 | Kimberlite (Kimberlite / Journal of Petrology / Carbonatite) | 12275 | 2823 | 9452 | 23% |
| L2:298 | Journal of Volcanology and Geothermal Research (Journal of Volcanology and Geothermal Research / Bulletin of Volcanology / Alaska Volcano Observ) | 2118 | 476 | 1642 | 22% |
| L1:11025 | Artisanal and Small Scale Mining Asm (Artisanal and Small Scale Mining Asm / Artisanal Mining / Small Scale Mining) | 856 | 186 | 670 | 22% |
| L1:22359 | Solid State Recycling (Solid State Recycling / Solid Recycling Process / Machined Chips) | 275 | 59 | 216 | 21% |
| L2:444 | International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences / Rock Mechanics and Rock Engineering / Engineering, Geological) | 2548 | 505 | 2043 | 20% |
| L2:471 | Mineralogy (Mineralogy / American Mineralogist / Physics and Chemistry of Minerals) | 8667 | 1704 | 6963 | 20% |
| L2:2361 | Nasicon (Nasicon / Ets 10 / Ets 4) | 1450 | 261 | 1189 | 18% |
| L2:577 | Hydrometallurgy (Hydrometallurgy / Bioleaching / Acidithiobacillus Ferrooxidans) | 10590 | 1875 | 8715 | 18% |
| L2:280 | Journal of Structural Geology (Journal of Structural Geology / Tectonophysics / Bulletin De La Societe Geologique De France) | 1993 | 325 | 1668 | 16% |
| L2:8 | Precambrian Research (Precambrian Research / Journal of Metamorphic Geology / Mineralogy) | 26356 | 4221 | 22135 | 16% |
| L1:19707 | Steel Slag (Steel Slag / Ladle Furnace Slag / Expansive Compounds) | 373 | 57 | 316 | 15% |

| | | | | | |
|----------|--|------|-----|------|-----|
| L2:2862 | Journal of Geochemical Exploration (Journal of Geochemical Exploration / Geochemistry-Exploration Environment Analysis / Compositional Data) | 1493 | 226 | 1267 | 15% |
| L1:29023 | Strontium Carbonate (Strontium Carbonate / Interface Coupled Dissolution Re-precipitation / Violarite) | 143 | 21 | 122 | 15% |
| L2:117 | New Zealand Journal of Geology and Geophysics (New Zealand Journal of Geology and Geophysics / Journal of Geophysical Research-Solid Earth / Bulletin of The Seismological Society of America) | 3528 | 501 | 3027 | 14% |
| L1:21606 | Ludwigite (Ludwigite / Borate Oxide / Ludwigites) | 278 | 39 | 239 | 14% |
| L1:18608 | Controlled Source Seismol Grp (Controlled Source Seismol Grp / Crooked Line / Sez Geol Plicata Geofis Plicata) | 394 | 54 | 340 | 14% |
| L1:6561 | Sulfate Reduction (Sulfate Reduction / Sulfate Reducing Bacteria / Sulphate Reducing Bacteria) | 1230 | 165 | 1065 | 13% |
| L2:1223 | Rock Varnish (Rock Varnish / Geoderma / Earth Environm Sci Geol Geophys) | 2095 | 278 | 1817 | 13% |
| L1:18589 | Bioleaching (Bioleaching / Thiobacilli / Bio Acidification) | 364 | 47 | 317 | 13% |
| L2:1624 | Geol Engr (Geol Engr / North Anatolian Fault / Menderes Massif) | 2996 | 378 | 2618 | 13% |
| L1:19220 | Computat Geosci (Computat Geosci / Carbonate Acidizing / Explorat Min) | 382 | 47 | 335 | 12% |
| L1:23318 | Crichtonite Group (Crichtonite Group / Senaite / Crichtonite) | 158 | 19 | 139 | 12% |
| L1:23332 | Gamma Si3n4 (Gamma Si3n4 / Tin Nitride / Cubic Silicon Nitride) | 263 | 31 | 232 | 12% |
| L1:19772 | San Benito County (San Benito County / Clear Creek Mine / Mercury Minerals) | 287 | 32 | 255 | 11% |
| L1:9020 | Electrochemical Reactors (Electrochemical Reactors / Reactive Electrolysis / Solid Phase Conductivity) | 727 | 79 | 648 | 11% |
| L1:2450 | Central Andes (Central Andes / Sierras Pampeanas / Journal of South American Earth Sciences) | 1842 | 196 | 1646 | 11% |

Table 5.3 Selected mining and minerals publication classes where the SRC keyword selected publications have a larger share than 10 %, listed in descending order on the share of keyword-selected publications in relation to the class-selected publications.

6 Discussion and conclusion

The aim of this bibliometric study has been to put a new publication classification method to test and to see if it is possible to use the method to produce meaningful results. The method shows some promising characteristics, as the possibility to retrieve and group publications on a non-textual basis, and the possibilities to classify and limit the analysis to focused research areas.

During the project, a number of challenges regarding the method has been revealed. The largest challenges involve the description of the research topics of each article class and also boundary effects in the clustering and classification procedure that may lead to some articles in a class as being considered off-topic for the study. For instance, in some classes where topics regarding the handling of substances in urban mining was found to drift too much into environmental research and the classes had to be removed to reduce noise in the study.

One might argue that the method of following references and citations to cluster publications into classes in some sense reveals the inherent complexity of science and scientific publishing, and that the urge to divide research into distinct subject areas is a somewhat over-simplified construction. Sometimes citations pass subject boundaries in a way that is unexpected when just looking from above using a subject-focused view. During the project, we sometimes had to study the classes at article level, and the citation links between the publications usually made good sense at the micro level.

In cases where publication classes show a risk of having publications that are off-topic, a more text-based selection or exclusion could be combined with the clustering technique, so that classes that risk drifting out of scope can be limited to the part of the class that is relevant to the subject at study. Another possibility to exclude non-relevant publications could be to combine the class-based selection of publications with the WoS subject categories, so that publications in journals that not are considered to belong to the right subject areas are excluded from the class-based publication set.

A suggestion for improvement of the present method can be to start with a set of keywords and then retrieve new suitable keywords through statistical analysis of the publication classes matched by the initial set of keywords. The keyword-based publication retrieval could then be re-done with the new set of keywords. This would then mean that the classification method is used as an intermediate step in an otherwise keywords-based study. The iterative interaction between keyword searches and class-based class selection can also be used as a starting point to get better statistical data for selecting classes for the final analysis.

In conclusion, the class-based classification methodology brings forward some new promising possibilities, but also makes labelling, evaluation and use of the results more complex and uncertain. The methods for selection and description of publication classes need to be further developed and the results verified by subject experts, and the method could also be improved further by using text-based selection of publications in some classes.

7 References

- Ahlgren, Per, & Sjögarde, Peter. (2015). *Formal definitions of field normalized citation indicators and their implementation at KTH Royal Institute of Technology*. Retrieved from [http://www.kth.se/polopoly_fs/1.544479!/Formal definitions of field normalized citation indicators at KTH.pdf](http://www.kth.se/polopoly_fs/1.544479!/Formal_definitions_of_field_normalized_citation_indicators_at_KTH.pdf)
- Caron, E., & van Eck, N.J. (2014). *Large scale author name disambiguation using rule-based scoring and clustering*. Paper presented at the Proceedings of the 19th International Conference on Science and Technology Indicators.
- Newman, M. E. J., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69(2). doi:10.1103/PhysRevE.69.026113
- Vetenskapsrådet. (2015). *Svar på uppdraget att genomföra en bibliometrisk utvärdering av gruv- och mineralforskningsområdet i Sverige (U2015/1361/F)*. Retrieved from <http://www.vr.se/omvetenskapsradet/regeringsuppdrag.4.12fff4451215cbd83e4800020953.html>
- Visser, M.S., & Nederhof, A.J. (2011). *Appendix II to "Bibliometric Analysis of Uppsala University 2007–2010"*. Retrieved from <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:461235/ATTACHMENT02.pdf>
- Waltman, L., & van Eck, N. J. (2012). A new methodology for constructing a publication-level classification system of science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(12), 2378-2392. doi:10.1002/asi.22748
- Waltman, L., & van Eck, N. J. (2013). A smart local moving algorithm for large-scale modularity-based community detection. *European Physical Journal B*, 86(11). doi:10.1140/epjb/e2013-40829-0

Hej!

Vinnova fick i mars 2015 ett regeringsuppdrag att genomföra en ämnesöversikt och kartläggning inom gruv- och mineralforskningsområdet (en del i svenska mineralstrategin).

Som en del i detta arbete gör vi nu en enkät om hur du som forskare uppfattar styrkor, utmaningar och samverkan inom området.

Vi hoppas att du vill ta chansen att bidra till uppdraget genom att svara på enkäten senast den 12 februari. Vi uppskattar att det tar ca 15-20 minuter av din tid.

Dina svar kommer att hanteras konfidentiellt och alla resultat kommer att beskrivas på en aggregerad nivå.

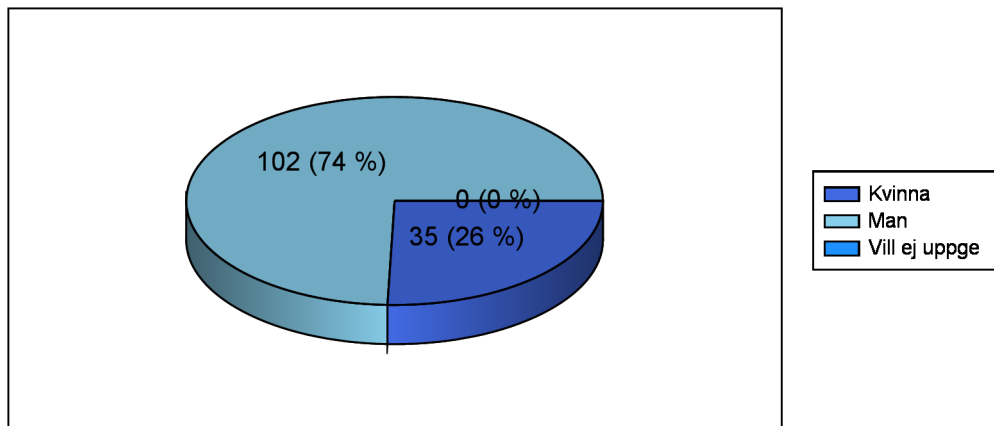
FRÅGA 1



Ange kön

Besvarad av: 137 (71 %). Ej besvarad av: 55 (29 %)

| | |
|---------------|------------|
| Kvinna | 35 (26 %) |
| Man | 102 (74 %) |
| Vill ej uppge | 0 (0 %) |



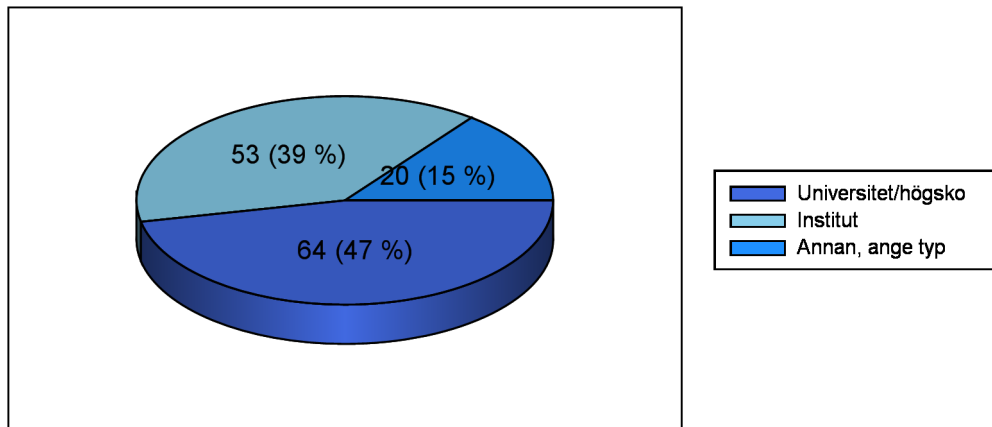
FRÅGA 2



Vid vilken typ av organisation har du din huvudsakliga anställning?

Besvarad av: 137 (71 %). Ej besvarad av: 55 (29 %)

| | |
|----------------------|-----------|
| Universitet/högskola | 64 (47 %) |
| Institut | 53 (39 %) |
| Annan, ange typ | 20 (15 %) |



FRÅGA 3



Ange din befattning, max 30 tecken

Besvarad av: 136 (71 %). Ej besvarad av: 56 (29 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

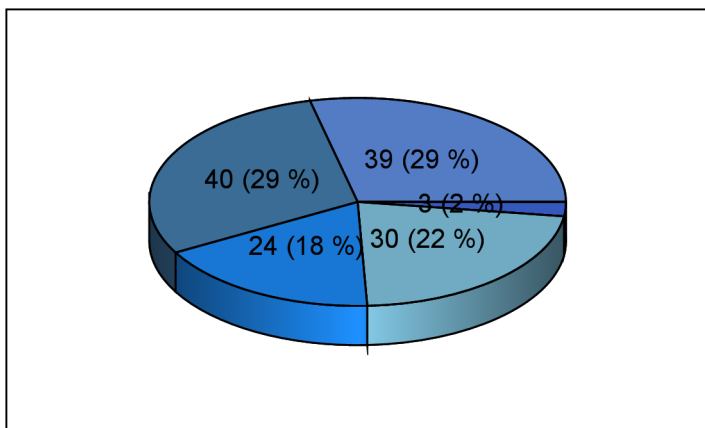
FRÅGA 4



Hur länge har du varit på den arbetsplats där du är nu?

Besvarad av: 136 (71 %). Ej besvarad av: 56 (29 %)

| | |
|-----------------|-----------|
| Mindre än 1 år | 3 (2 %) |
| Mellan 1-5 år | 30 (22 %) |
| Mellan 6-10 år | 24 (18 %) |
| Mellan 11-20 år | 40 (29 %) |
| Mer än 20 år | 39 (29 %) |



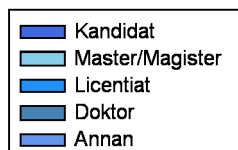
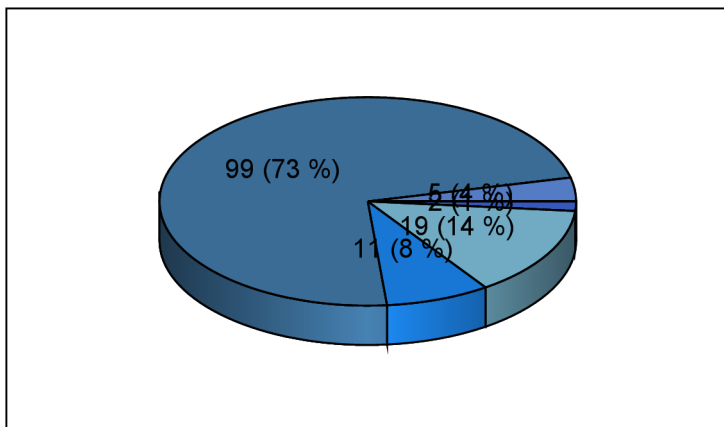
FRÅGA 5



Vilken är din högsta akademiska examen?

Besvarad av: 136 (71 %). Ej besvarad av: 56 (29 %)

| | |
|-----------------|-----------|
| Kandidat | 2 (1 %) |
| Master/Magister | 19 (14 %) |
| Licentiat | 11 (8 %) |
| Doktor | 99 (73 %) |
| Annan | 5 (4 %) |



FRÅGA 6

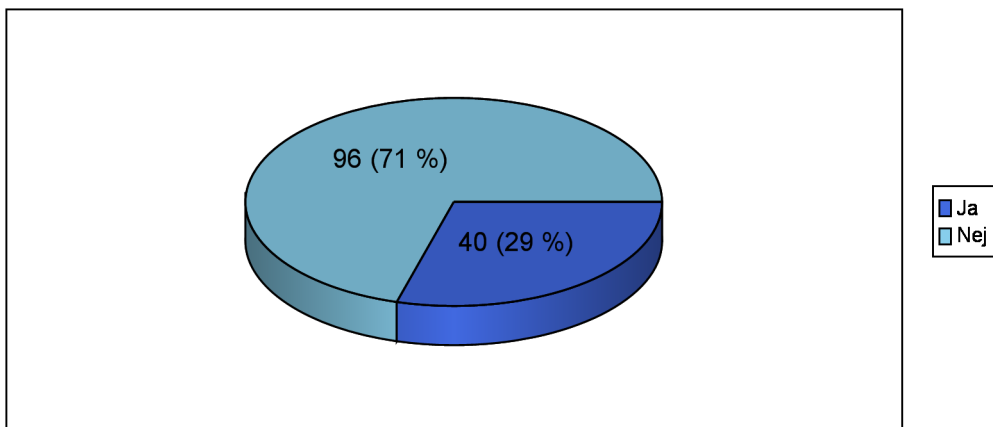


Har du varit anställd inom näringslivet för att arbeta med frågor som rör gruv- och mineralområdet?

Besvarad av: 136 (71 %). Ej besvarad av: 56 (29 %)

Ja 40 (29 %)

Nej 96 (71 %)



FRÅGA 7



Under hur många år var du anställd inom näringslivet?

Besvarad av: 38 (20 %). Ej besvarad av: 154 (80 %)

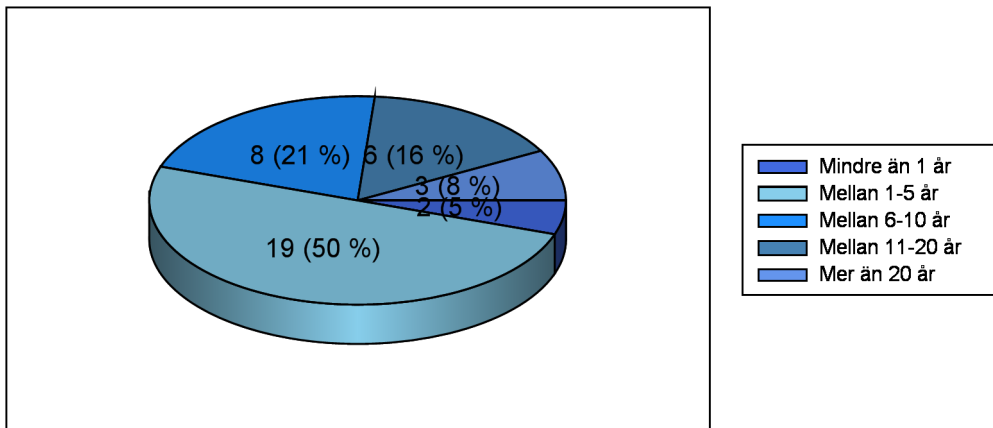
Mindre än 1 år 2 (5 %)

Mellan 1-5 år 19 (50 %)

Mellan 6-10 år 8 (21 %)

Mellan 11-20 år 6 (16 %)

Mer än 20 år 3 (8 %)



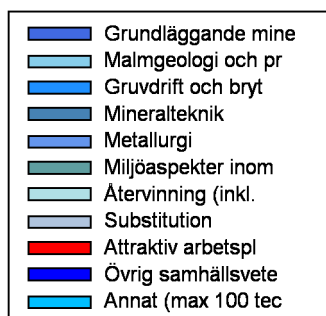
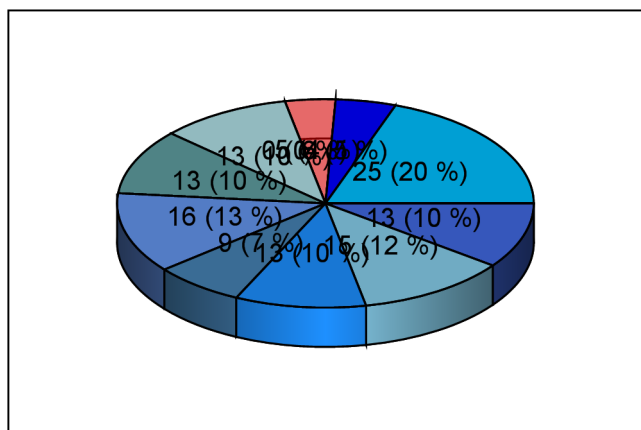
FRÅGA 8



På vilket av följande områden bedriver du forskning? Ange det område du anser vara ditt huvudområde

Besvarad av: 128 (67 %). Ej besvarad av: 64 (33 %)

| | |
|--|-----------|
| Grundläggande mineralvetenskap (inkl. mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper) | 13 (10 %) |
| Malmgeologi och prospektering av mineraliska naturresurser | 15 (12 %) |
| Gruvdrift och brytningsteknik | 13 (10 %) |
| Mineralteknik | 9 (7 %) |
| Metallurgi | 16 (13 %) |
| Miljöaspekter inom gruv- och mineralområdet | 13 (10 %) |
| Återvinning (inkl. urban- och landfill mining) | 13 (10 %) |
| Substitution | 0 (0 %) |
| Attraktiv arbetsplatser och samhälle (inkl. genus) | 5 (4 %) |
| Övrig samhällsvetenskaplig forskning med berg-, gruv-, och mineralanknytning | 6 (5 %) |
| Annat (max 100 tecken) | 25 (20 %) |



FRÅGA 9



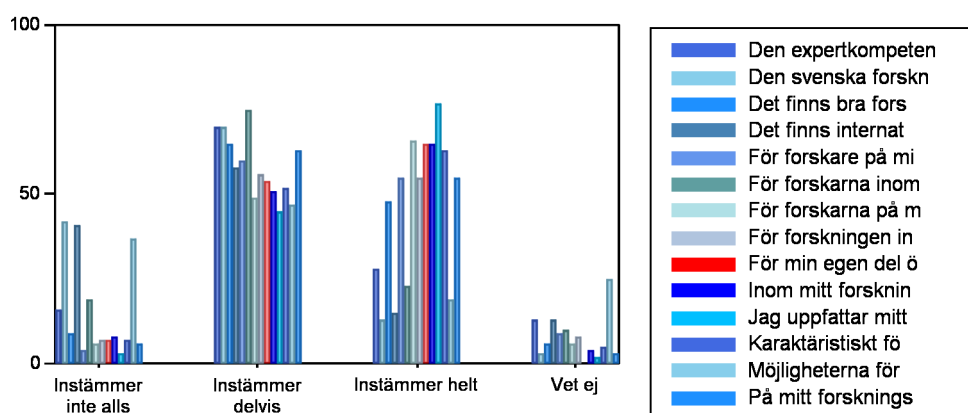
Här kommer ett antal påståenden för dig att ta ställning till. Påståendena rör det forskningsområde du angett som ditt huvudområde.

Besvarad av: 129 (67 %). Ej besvarad av: 63 (33 %)

| | Instämmer inte alls | Instämmer delvis | Instämmer helt | Vet ej | Summa |
|--|---------------------|------------------|----------------|--------|-------|
| Den expertkompetens och forskningskunskap som är karakteristisk för området kan räknas som excellent | 16 | 70 | 28 | 13 | 127 |

| | Instämmer inte alls | Instämmer delvis | Instämmer helt | Vet ej | Summa |
|--|------------------------|---------------------|-------------------|--------|-------|
| Den svenska forskningen på mitt område är av stort internationellt intresse | 42 | 70 | 13 | 3 | 128 |
| Det finns bra forskarskolor inom mitt forskningsområde | 9 | 65 | 48 | 6 | 128 |
| Det finns internationella nätverk som innebär viktigt stöd till forskarna på mitt område | 41 | 58 | 15 | 13 | 127 |
| För forskare på mitt område finns "mötesplatser" där innovativa idéer och ny kunskap kan utbytas mellan företrädare från olika typer av intressenter inom gruv- och mineralforskning | 4 | 60 | 55 | 9 | 128 |
| För forskarna inom mitt område finns goda förutsättningar att nyttiggöra och/eller kommersialisera forskningsresultat | 19 | 75 | 23 | 10 | 127 |
| För forskarna på mitt område finns goda möjligheter att sprida kunskap om området till en bredare publik | 6 | 49 | 66 | 6 | 127 |
| För forskningen inom mitt område finns lättillgänglig infrastruktur som stödjer forskning (dvs testbäddar demonstratorer eller motsv) | 7 | 56 | 55 | 8 | 126 |
| För min egen del önskar jag mer samverkan med näringslivet | 7 | 54 | 65 | 0 | 126 |
| Inom mitt forskningsområde finns god tillgång till finansiering | 8 | 51 | 65 | 4 | 128 |
| Jag uppfattar mitt forskningsområde som dynamisk och i stark utveckling | 3 | 45 | 77 | 2 | 127 |
| Karaktäristiskt för mitt forskningsområde är nytänkande och innovation | 7 | 52 | 63 | 5 | 127 |

| | Instämmer inte alls | Instämmer delvis | Instämmer helt | Vet ej | Summa |
|--|---------------------|------------------|----------------|------------|-------------|
| Möjligheterna för mig att samarbeta med forskare på andra områden och inom andra discipliner är goda | 37 | 47 | 19 | 25 | 128 |
| På mitt forskningsområde finns en väl fungerande samverkan mellan akademi och näringsliv | 6 | 63 | 55 | 3 | 127 |
| Summa | 212 | 815 | 647 | 107 | 1781 |



FRÅGA 10



Beskriv kortfattat vad du anser vara potentiella styrkor, dvs. sådant som skulle kunna utvecklas till styrkor om förutsättningarna vore de rätta. Max 800 tecken

Besvarad av: 90 (47 %). Ej besvarad av: 102 (53 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

FRÅGA 11



Beskriv kortfattat vilka framtida risker du ser för ditt forskningsområde. Max 800 tecken

Besvarad av: 94 (49 %). Ej besvarad av: 98 (51 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

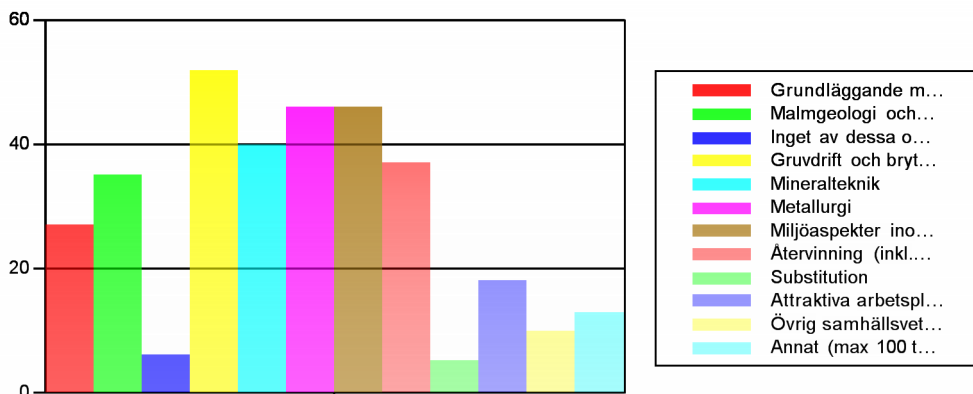
FRÅGA 12



Välj ut de forskningsområden som du tycker att det bedrivs excellent forskning inom i Sverige

Besvarad av: 105 (55 %). Ej besvarad av: 87 (45 %)

| | |
|--|-----------|
| Grundläggande mineralvetenskap (inkl. bl.a. mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper) | 27 (26 %) |
| Malmgeologi och prospektering av mineraliska naturresurser | 35 (33 %) |
| Inget av dessa områden | 6 (6 %) |
| Gruvdrift och brytningsteknik | 52 (50 %) |
| Mineralteknik | 40 (38 %) |
| Metallurgi | 46 (44 %) |
| Miljöaspekter inom gruv- och mineralområdet | 46 (44 %) |
| Återvinning (inkl. urban- och landfill mining) | 37 (35 %) |
| Substitution | 5 (5 %) |
| Attraktiva arbetsplatser och samhälle (inkl. genus) | 18 (17 %) |
| Övrig samhällsvetenskaplig forskning med berg-, gruv- och mineralanknytning | 10 (10 %) |
| Annat (max 100 tecken) | 13 (12 %) |



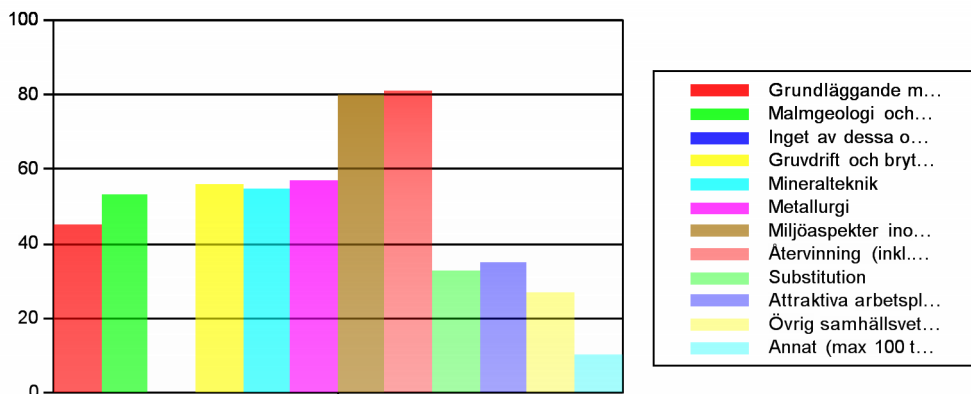
FRÅGA 13



Vilka områden anser du vara särskilt viktiga för Sverige att bedriva forskning inom i framtiden?

Besvarad av: 115 (60 %). Ej besvarad av: 77 (40 %)

| | |
|--|-----------|
| Grundläggande mineralvetenskap (inkl. bl.a. mineralens kemiska, strukturella och fysikaliska egenskaper) | 45 (39 %) |
| Malmgeologi och prospektering av mineraliska naturresurser | 53 (46 %) |
| Inget av dessa områden | 0 (0 %) |
| Gruvdrift och brytningsteknik | 56 (49 %) |
| Mineralteknik | 55 (48 %) |
| Metallurgi | 57 (50 %) |
| Miljöaspekter inom gruv- och mineralområdet | 80 (70 %) |
| Återvinning (inkl. urban- och landfill mining) | 81 (70 %) |
| Substitution | 33 (29 %) |
| Attraktiva arbetsplatser och samhälle (inkl. genus) | 35 (30 %) |
| Övrig samhällsvetenskaplig forskning med berg-, gruv, och mineralanknytning | 27 (23 %) |
| Annat (max 100 tecken) | 10 (9 %) |



FRÅGA 14



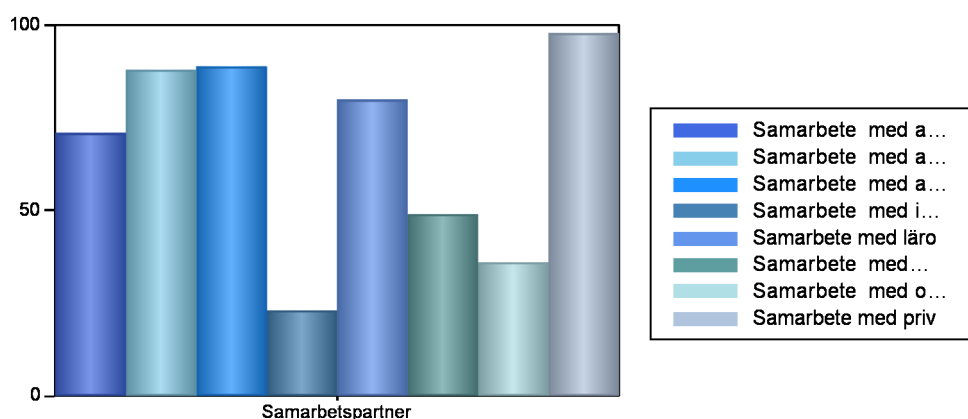
Ange vilka av följande aktörer du brukar samarbeta med i den forskning du bedriver. Ange också syfte och omfattning.

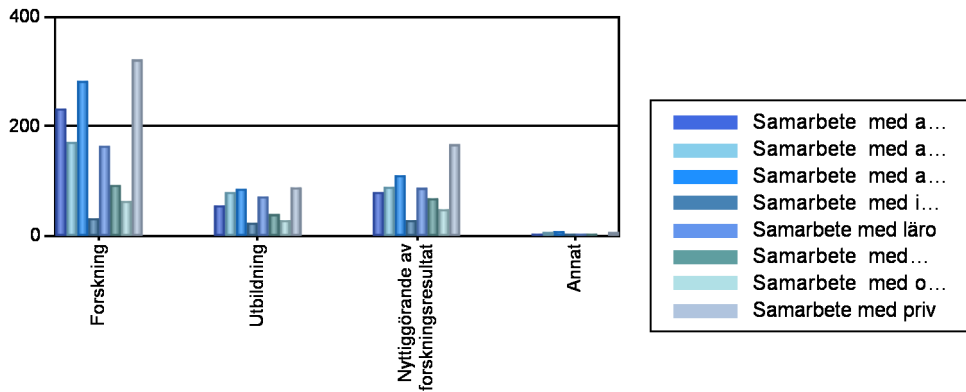
Gör så här: Välj de aktörer du brukar samarbeta med genom att markera med kryss på kolumnen "Samarbetspartner". Markera därefter omfattning av samarbetet för varje syfte, dvs Forskning, Utbildning, Nyttiggörande etc.. Sätt 1 för liten omfattning, 2 för medelstor omfattning och 3 för stor omfattning.

Besvarad av: 111 (58 %). Ej besvarad av: 81 (42 %)

| Samarbetspartner | Summa | Forskning | Utbildning | Nyttiggörande av forskningsresultat | Annat | Summa |
|------------------|-------|-----------|------------|-------------------------------------|-------|-------|
|------------------|-------|-----------|------------|-------------------------------------|-------|-------|

| | Samarbetspartner | Summa | Forskning | Utbildning | Nyttiggörande av forskningsresultat | Annat | Summa |
|--|------------------|------------|-------------|------------|-------------------------------------|-----------|-------------|
| Samarbete med andra forskningsområden | 71 | 71 | 233 | 56 | 80 | 4 | 373 |
| Samarbete med andra lärosäten/institut i Sverige | 88 | 88 | 172 | 80 | 90 | 7 | 349 |
| Samarbete med annan forskargrupp än inom det egna lärosätet eller institutet | 89 | 89 | 284 | 86 | 111 | 9 | 490 |
| Samarbete med ideella organisationer | 23 | 23 | 32 | 24 | 29 | 2 | 87 |
| Samarbete med lärosäten/institut i utlandet | 80 | 80 | 165 | 72 | 88 | 1 | 326 |
| Samarbete med myndigheter | 49 | 49 | 93 | 40 | 69 | 4 | 206 |
| Samarbete med organisationer inom offentlig sektor (inte lärosäten, myndigheter eller högskolor) | 36 | 36 | 64 | 29 | 49 | 0 | 142 |
| Samarbete med privat näringsliv | 98 | 98 | 323 | 89 | 168 | 7 | 587 |
| Summa | 534 | 534 | 1366 | 476 | 684 | 34 | 2560 |





FRÅGA 15



Vilka utmaningar upplever du i samverkan med företag? Max 800 tecken

Besvarad av: 84 (44 %). Ej besvarad av: 108 (56 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

FRÅGA 16



Vilka är de viktigaste fördelarna med att samverka med företag? Max 800 tecken

Besvarad av: 87 (45 %). Ej besvarad av: 105 (55 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

FRÅGA 17



Vad behövs för att du ska kunna utveckla eller öka samarbetet utanför din närmaste forskargrupp? Max 800 tecken

Besvarad av: 81 (42 %). Ej besvarad av: 111 (58 %)

Beräkning kan inte göras på texter. Se detaljrapport.

**Ekonomisk sammanställning för regeringsuppdrag
2015-01322: Uppdraget att genomföra en
ämnesöversikt och kartläggning av svenska styrkor
och utmaningar inom gruv- och
mineralforskningsområdet.**

Rekvirerat: 1 500 000 SEK

| Sammanställning | Sek |
|------------------------|---------------------|
| Lönekostnader | 785 944,72 |
| Konsulter | 506 590,96 |
| Resor | 8 400,14 |
| W/shop | 11 064,18 |
| Bidrag | 188 000,00 |
| Total | 1 500 000,00 |