© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SLUTSALVA I GRUVTEKNIK 2000

Per-Arne Lindqvist, Stiftelsen Mineralindustrins Teknikutveckling, MITU och Högskolan i Luleå, Luleå.

Inledning

Forsknings- och utvecklingsprogrammet Gruvteknik 2000 avslutades med en konferens, Slutsalvan, den 15 september 1992 i Luleå. Syftet med Slutsalvan var att ge en bred överblick av resultat från Gruvteknik 2000 insatta i sina sammanhang samt att starta en diskussion om vad som var bra och dåligt med Gruvteknik 2000. Till grund för denna diskussion låg bl.a. NUTEKs utvärdering som då presenterades för första gången.

I denna redovisning skall jag lämna de viktigaste intrycken från Slutsalvan.

I denna konferens deltog ca 90 personer från de företag och organisationer som deltagit i Gruvteknik 2000 samt en del särskilt inbjudna, främst representanter från svenska myndigheter och gäster från den nordiska gruvindustrin.

Inom ramen för detta föredrag är det inte möjligt att göra en heltäckande genomgång av alla resultat. För detta hänvisar jag bl.a. till redogörelser vid BK-92.

Bakgrund

Gruvteknik 2000 var ett gemensamt forsknings- och utvecklingsprogram för den svenska gruvbranschen. Programmet sträckte sig över fem år, 1987-1992. Inom ramen för programmet gjordes omfattande satsningar av de medverkande intressenterna, tillverkare, gruvföretag och staten. Totalt budgeteras insatserna till 350 MSEK, varav tillverkare 200, gruvorna 100 och staten 50 MSEK.

Planeringen av Gruvteknik 2000 startade redan 1984 i BeFo:s regi. Under budgetåret 1986/87 gjordes ett omfattande planeringsarbete samtidigt som visst utvecklingsarbete påbörjades.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Utöver Programledningen saknade Gruvteknik 2000 egna anställda. Forskningen och teknikutvecklingen utfördes i projektform av vad som kan liknas vid en legoarmé som rekryterades från de olika intressenterna.

Programledningen administrerades inledningsvis av BeFo från ett lokalkontor i Luleå. I samband med att MITU bildades överfördes programansvaret till denna organisation.

Situationen 1984-87

Syftet med detta avsnitt är att rekapitulera situationen 1984-87 samt att redovisa något om hur man diskuterade, för att ge rätt perspektiv på det som utförts.

Antalet gruvor

Antalet gruvor i drift 1987	24 st
Stängda 1987-92	12 st
Öppnade 1987-92	6 st
Antalet gruvor i drift 1992	18 st

Teknikнivåer i gruvorna vid tiden 1984-86 var följande:

Kommunikationer

Ganska många gruvor hade inte färdiga rampsystem, som var 70-talets kanske viktigaste tekniska innovation.

Mekanisering

Praktiskt taget alla operationer var mekaniserade. Hydraulisk borrning förekom i hög grad.

Brytningsmetoderna

I Malmberget pågick införande av storskaligt skivras. I Kiruna funderade man även på att testa skivpallbrytning i större skala.

Beträffande sulfidmalmsbrytningen var bilden mycket mer splittrad: Dominerande metod var visserligen horisontell igensättningsbrytning men andra varianter testades eller diskuterades t.ex. stigortsbrytning i Viscaria, pallbrytning och s.k. Rill mining i flera Bolidengruvor, s.k. modifierad skivpallbrytning i Zinkgruvan och magasinsbrytning i Långdal. En förstudie avseende fräsande brytning var också på väg att starta. Gemensamt för alla metoderna var att: gråbergsinblandningen ansågs vara hög.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Bergmekanik

Bergmekanikens teoretiska hjälpmedel var ej tillgängliga och knappast heller användbara även för specialisterna. Stundtals fördes heta diskussioner om bergmekanikens roll.

Informationsteknologi

Liten vana med datorer fanns. Datorisering av geologi- och gruvplaneringsarbetet hade just startat. Radiosystem höll på att föras in under jord.

Driftsäkerhet och underhåll

Underhållet var decentraliserat till driftavdelningarna. Arbetet var i hög grad inriktat på avhjälpande underhåll.

Automation och robotisering

Frånsett automatiseringen av tågtransporter och uppfordring fanns ej några automatiska system i drift. Hos tillverkarna pågick utvecklingsprojekt.

Kvalitetsteknik som begrepp var ej känt.

Resumé av viktigaste resultat

Under slutsalvan redovisades två avsnitt av industrin; Storskaligt skivras av LKAB och Igensättningsbrytning av Boliden Mineral AB. LKAB:s avsnitt redovisades av Ingemar Marklund, Risto Virkkunen, Leif Nilsson, Tord Stenström och Kjell Larsson. Boliden Minerals redovisning gjordes av Norbert Krauland, Staffan Sandström och Thomas Hedberg. Vidare gjorde författaren till denna artikel en sammanfattning av övriga resultat från Gruvteknik 2000.

För skivrasbrytningen har den ökade skalan varit en av de viktigaste faktorerna för sänkta brytningskostnader. I Malmberget var ortavstånden i sida och höjd mellan 12,5 och 15 m 1984. I dag är ortavstånden i sida 20 m och i höjd 20 till 30 m. I Kirunagruvan var ortavstånden i sida 11 m och i höjd 12 m 1984. I dag är ortavstånden i sida 25 m och i höjd 28 m. Enligt Ingemar Marklund, LKAB har i Malmberget kostnaden per borrmeter minskat med 40% från 1987 till 1990 (4,87 till 2,87 kr/bm). Antalet ton malm per ortmeter har ökat med ca 60% från 1984 till 1990 (900 till 2,327 ton/ortm). Ortdimensionerna har också ökat för att tillåta större produktionsutrustningar.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Den ökade skalan har varit möjlig att genomföra tack vare utveckling av enhetsoperationerna så att de utförs med högre kvalitet, precision och funktionssäkerhet. Grövre och längre hål borras idag med utrustningar som har högre prestanda och kan ställas upp med högre precision. Parallellhålen i mitten av en krans är idag ca 45 m långa och borras med en noggrannhet på ca 1% avvikelse i hålbotten. Tillsammans med den ökade funktionssäkerheten i sprängningen har detta medgett att antalet hål i kransen kunnat reduceras.

I LKAB har maskinutveckling pågått samtidigt med skalökningen, främst utvecklingen av den vattendrivna borrmaskinen Vasaara, lastmaskinen Bison och en utrustning för emultionsladdning. Sammantaget har LKAB i sin hand ett system som ger samma eller ökad driftssäkerhet till kraftigt sänkta kostnader jämfört med situationen 1984.

I Kristinebergsgruvan har Boliden genomfört ett omfattande utvecklingsarbete. Vid tiden för starten av Gruvteknik 2000 fick Kristineberg stora problem med instabilitet i brytningsrummen och svårigheter att hålla planerad produktion. Man utförde då noggranna specifikationer för hur bergförstärkningen skulle utföras inklusive en omfattande utbildning av operatörerna. Man kom över de akuta problemen och grunden var nu lagd för ett stort utvecklingsarbete som innefattade erfarenhetsinsamling i gruvan och modelleringsarbete. Resultaten visar att det är möjligt att bryta gruvan mot 1000 m nivå med kontrollerad stabilitet.

Inom området *Malmkännedom och Gruvplanering*, som omfattar insamling, lagring, analys och presentation av geoinformationsdata för geologer, gruvplanerare, produktionsplanerare och brytningspersonal, har viktiga resultat erhållits.

Under perioden har datamognaden ökat avsevärt och datasystem är införda eller på god väg att införas, främst för de tidigare leden i planeringen.

Fortfarande saknas effektiva styrningssystem som tillhandahåller förmän och brytningspersonal med relevant geologisk information under pågående skift.

Ett planeringssystem som Laisvall utvecklat och tagit i bruk utanför Gruvteknik 2000 är värt att nämna. Det bygger på ett nätverk som varje skift bl.a. producerar statusen i alla fronter bl.a. genom att kartörerna arbetar mot systemet.

Vidare har vi färdigutvecklat metoder för insamling av geodata i borrhål genom:

- geofysiska metoder
- MWS-teknik

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- våt och torr kaxprovtagning
- avlänkad diamantborrning inklusive ekonomisk modell

Erfarenheterna samlas i en rapport som även innehåller erfarenheter från Finland och Norge.

Inom området *Fragmentering* d.v.s. borrning-sprängning har mycket arbete stött införandet av storskalig skivrasbrytning i LKAB bl.a. borrningsprecision och forskning för att uppnå stabil detonation.

För utvecklingen av Skonsam sprängning har följande utförts:
- Litteratur- och förstudier
- Tre fältförsök med användning av elektroniska sprängkapslar
- Slitsning av hål
- Försök med s.k. Slev-ANFO eller bakblåsning d.v.s. utformning av en tunn sträng med ANFO i hålet

Resultaten visar att en kontrollerad intervalltid och slitsade hål ger bättre sprängningsresultat.

Fortfarande finns dock ett stort utvecklingsbehov:
- Den ekonomiska betydelsen av skonsam sprängning i olika geologiska miljöer är fortfarande oklar. Hur påverkas skrotning och bergförstärkning?

- Ett sprängämne behövs som kan användas i hela salvan d.v.s. sprängämnesstyrkan skall kunna varieras

- Bottenladdningens inverkan måste bort

Inom delområdet Planering och kontroll har följande utvecklats:
- Datorprogram för sprängningsdesign

- Seismisk krökningsmätning har utvärderats dock med negativt resultat

- Vibrationsmätare TERMOS bl.a. med mjukvara för att få bättre upplösning mellan hål vilka detonerar med kort tidsintervall

- Indikering genom spårgas, s.k. Tracer, ett 10 tal olika spårgaser kan utnyttjas

Sammanfattningsvis har insatser inom borrning-sprängning varit nödvändiga för att införa billig storskalig sprängningsteknik. En kraftig kompetenshöjning har skett avseende orsaker till detonationsavbrott och för funktionskontroll av borrning och sprängning. Nya sprängmedel har också introducerats under perioden.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För området *Bergmekanik* är vi glada att kunna konstatera att bergmekanik för gruvbrytning under jord under denna period utvecklats till ett praktiskt användbart ingenjörsområde.

Kraftigt ökad förståelse för brottyper och brottförlopp med avseende på lokal geologisk miljö har uppnåtts: För olika "konstruktionselement" har man lärt sig se vad som händer, före, under och efter brott. Detta är utomordentligt viktigt vid val av design och bergförstärkningsåtgärd och naturligtvis också vid val av beräkningsmodeller.

Inom området *Underhåll* har viktiga resultat erhållits, främst hos LKAB i Kiruna t.ex. avseende hantering och renlighet för oljor, konstruktion av hydraulsystem och genom en kraftig satsning på utbildning av operatörer.

Inom FoU-området *Energi-Ventilation* gjordes bl.a. följande:

- Ett omfattande prov med lågemissionsdiesel provades och det renaste bränslet infördes
- Prov med energitäta batterier för mopeder under jord
- Behovsstyrd ventilation i Kankberg

Det senare projektet ledde till en sänkning av energikostnaden för ventilation under jord med nära 50%.

NUTEKs utvärdering

NUTEKs utvärdering har utförts av Håkan Selg, Konsultfirman Fernández & Selg AB. Arbetet har delats upp i två steg. I en förstudie gavs en bakgrundsteckning till programmet. Vidare formulerades de frågeställningar som huvudstudien skulle belysa. I huvudstudien har ca 40 intervjuer genomförts och dokumenterats. Andra viktiga källor har varit Gruvteknik 2000:s egen rapportering; Huvudrapporter, projektlistor, budget, kostnadssammanställningar, resultatsammanställningar och projektutvärderingar. Högskolan och företagen har tillhandahållit rapporter, interna utvärderingar och skrivelser.

Här redovisas konsultens viktigaste slutsatser:

Som modell för branschgemensam FoU har Gruvteknik 2000 varit framgångsrikt. Gruvföretagen föredrar Gruvteknik 2000 framför de tidigare samarbetsformerna; det kollektiva forskningsprogramme och *Forskningsgruvan*. Ett av programmets främsta förtjänster är att ha bidragit till en öppenhet och ett erfarenhetsutbyte mellan gruvnäringens intressenter.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Gruvteknik 2000 har bestått av drygt 230 projekt, indelade i 12 projektområden. Samtliga projektområden berör relevanta frågor för svensk gruvnäring. Samma frågor, t.ex. större brytningsrum och större djup, underhållskostnadernas andel och skonsam sprängning, arbetar man med runt om i världen.

Programmet har bestått av alltför många projekt. Fördelar i form av omvärldens intresse och ett inflöde av know-how har inte kunnat kompensera nackdelarna. Resultatbrist och flaskhalseffekter har hämmat kvaliteten och effektiviteten. Driftspersonalen har inte kunnat involveras i den omfattning som var önskvärd. Resultaten har i många fall vare sig motsvarat uppoffringarna eller förväntningarna.

Statens främsta syfte med Gruvteknik 2000 var att främja gruvnäringen och Högskolan i Luleå. Dessa intressenter var därför självskrivna. Professorerna deltog i styrgruppen men endast som adjungerade. Företagen skulle alltså bestämma.

Många leverantörer, även utländska, har medverkat i Gruvteknik 2000. Bland dessa har Atlas Copco och Nitro Nobel intagit en särställning genom att sitta med i styrgruppen och ett antal referensgrupper. Detta följde av utfästelsen att bidra med Gruvteknik 2000-anpassad produktutveckling till ett värde av 200 milj.kr.

Utfästelsen har infriats vad gäller beloppet. För vissa projektområden skiljer sig fördelningen av insatserna avsevärt från vad som planerades. Enligt Atlas Copco och Nitro Nobel har Gruvteknik 2000 inte haft någon betydelse för vare sig inriktning eller omfattning av deras utvecklingsverksamhet. Produktutvecklingen har helt styrts av marknadsbedömningar.

För gruvorna blev resultatet ömsom vin och ömsom vatten. Få gemensamma fullträffar kan noteras. Endast inom *Malmkännedom* har företagen engagerat sig i likartad omfattning. Samtliga uttrycker här tillfredsställelse med resultatet.

Däremot har olika företag varit framgångsrika inom olika projektområden. Som tumregel tycks gälla att den som engagerat sig starkast också är mest tillfredsställd med resultatet. Detta oavsett resultatet blev det man tänkt sig eller inte.

Vid Institutionen för Gruv- och Berganläggningsteknik vid Högskolan i Luleå har antalet avhandlingar fördubblats jämfört med tidigare. De flesta har tillkommit inom *Malmkännedom, Bergmekanik och Underhåll*, d.v.s. de projektområden som svarar mot institutionens tre avdelningar. Hittills är ca hälften av licentiaterna och samtliga doktorer utländska forskare. De allra flesta har lämnat Sverige efter examen.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Intagningen av teknologer har inte påverkats.

Samarbetet mellan gruvindustrin och Högskolan har förbättrats genom Gruvteknik 2000. Den metodiska nivån på industrins FoU-projekt har höjts tack vare forskarnärvaron. Forskarnas avhandlingar har ökad inriktning på frågor av intresse för industrin.

Ett stort och iögonfallande program väcker omvärldens intresse, två kvalificerade utländska forskare har arbetet inom Gruvteknik 2000. Ur detta kan följa ett värdefullt kunskaps- och erfarenhetsutbyte.

Även om det finns positiva resultat av samarbetet mellan industrin och Högskolan är bilden mera sammansatt än så. Att driva gemensamma utvecklingsprojekt med en högskola är inte samma sak som att arbeta med branschforskningsinstitut eller konsulter. För högskoleforskningen råder andra spelregler än inom industrin. Även om företagens och forskarnas intressen kan sammanfalla på vissa punkter går de stick i stäv på andra . Utredarnas intryck är att synenergieffekterna i Gruvteknik 2000 ofta uteblivit trots god vilja från bägge parter.

Den bästa metoden för kunskapsöverföring är när forskarna anställs av företagen. 26 forskare har författat eller håller på att författa licentiat- och/eller doktorsavhandlingar. Två av dessa har anställts av gruvföretagen.

Umgänget har uppenbarligen inte givit mersmak. Beror detta på att så många forskare är utlänningar som hellre åker hem? Eller är det inte möjligt att ta jobb på en gruvort och få familjen med sig? Har gruvföretagen egentligen något behov av att anställa forskarutbildade? Fler frågor snarare än svar är utvärderingens resultat på den här punkten.

Praktiskt taget samtliga tillfrågade har betonat kontaktnätet inom Gruvteknik 2000 som utomordentligt värdefullt. Aven programmets kritiker har framhållit kontakterna som det som motiverat ett deltagande.

Under sin tid var Gruvteknik 2000 ett av de större branschforskningsprogrammen i landet. All verksamhet har baserats på samverkan mellan deltagarna som varit geografiskt och organisatoriskt utspridda. Storleken och partssammansättningen har medfört särskilda krav för att hålla samman programmet. En för låg ambition vad gäller styrning och kontroll av drygt 200 projekt kunde snabbt ha skapat en mardröm för styrgruppen.

Det har i en del intervjuer förekommit kritik mot alltför omfattande projektanvisningar och betungande rapporteringsrutiner. Oklarhet om rollerna tycks ha varit det mest framträdande problemet, särskilt under de första åren. Under en period kände sig åtskilliga kallade att ikläda sig rollen som handledare till högskoleforskarna. Forskarna blev frustrerade.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FoU-samordnarna har haft en mellanroll som inte alltid varit så lyckad; en slags ordningsman i klassen men utan några befogenheter. Det har också varit stor omsättning på FoU-samordnare.

Utredarens uppfattning är att Gruvteknik 2000 haft en ändamålsenlig organisation. Av de problem som förekommit tycks de flesta ha sin upprinnelse i att programmet varit feldimensionerat. Antalet projekt har varit för stort i förhållande till de personella resurserna.

Gruvteknik 2000 är det hittills största FoU-programmet för gruvindustrin i världen. Man försummande heller inte att slå på trumman när det tillkom. I efterhand är det klart att programmet väckte större förväntningar än vad som kunde infrias. - *Det blev inte vad vi tänkte oss men det blev något annat,* är en vanlig kommentar. Inget av företagen ångrar sitt deltagande.

Utredarens intryck är att programmet främst definierades utifrån behovsaspekter och att resursfaktorn inte tillmättes tillräcklig betydelse. Få projekt tycks ha varit omotiverade, samtliga projektområden har haft relevanta mål, men det har saknats folk.

När man betraktar dess enskildheter har den breda satsningen skapat resursproblem. Med revisorsglasögonen på tycks de utredaren därför som det borde ha gått att klara måluppfyllelserna lika väl med en mindre insats. Hur mycket har utredaren inte försökt att räkna på.

Finns trots detta något argument för att pengarna ändå har varit väl använda? Kan det ha funnits positiva effekter på helheten - utöver omvärldens uppmärksamhet - av att driva ett så stort, närmast överdimensionerat, program?

Svaret - som utredaren ser det - är att det kan finnas sådana positiva "systemeffekter", men att mera tid måste förflyta innan dessa går att identifiera. Overblicken över händelserna ock deras effekter finns sällan under tiden de pågår. Först i efterhand är det möjligt - även om det kanske inte alltid lyckas - att urskilja bestående förändringar. Det kan t.ex. röra sig om attitydförändringar eller nya sätt att arbeta. "Systemeffekten" kan också ta sig uttryck i form av ett bestående nätverk - såväl nationellt som internationellt - för utbyte av kunskap och erfarenheter. Men detta återstår att se.

Avslutning

Avslutningsvis vill jag framföra ett tack till NUTEK både för det ekonomiska stödet och för gott samarbete under genomförandet av Gruvteknik 2000.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Vidare vill jag tacka BeFo och särskilt Tomas Franzén för professionellt stöd. Slutligen vill jag passa på att tacka alla som deltagit i projektet både närvarande och frånvarande, för engagemang och goda utvecklings-resultat.