

Koncept för skydd mot brand och brandgasspridning i gruvor

Haukur Ingason, Rickard Hansen, Mia Kumm, Hans Nyman



Foto: Rolf Hammarstöm

Projektrapport SiST 2010:12

1. Mål

Målsättningen med projektet var att ta fram information om brandutveckling och rökspridning i gruvor. Resultaten skulle användas för att ta fram rekommendationer för de deltagande gruvföretagen. Resultaten skulle också användas som underlag i framtida riskanalyser och i det systematiska brandskyddsarbetet. Metoder och verktyg för att bestämma brandutveckling i fordon och rökspridning skulle valideras och utvärderas. Kunskapen skulle kunna användas inom gruvindustrin, men även för andra områden så som bränder i tunnlar under byggnation. Projektet ska förstärka forskningsprofilen inom högskolan när det gäller brandsäkerhet i undermarksanläggningar och resultaten skall implementeras i grundutbildningen.

2. Uppnådda resultat

Projektarbetet har varit delvis fokuserat mot gruvföretag och delvis mot konsultföretag som arbetar inom området. Bra samarbete och diskussioner med de företag i projektet som ansvarar för gruv- eller besöksdrift har varit viktigt. Gruvföretagens behov av att få ordning på sin brandskyddsdokumentation, förståelse för säkerhetsutrustning och insatsplanering samt sitt systematiska brandskyddsarbete, har haft stor betydelse för detaljutformningen av projektet och på vilket sätt det har slutligen genomförts. Samarbetet med konsultföretagen har haft en annan inriktning, där fokus istället varit erfarenhetsöverföring när det gäller scenariospel, brandteknisk dimensionering och ventilationsteknik. Deras stöd och hjälp har haft stor betydelse för genomförandet av projektet. Nedan följer en sammanställning av de uppnådda resultaten.

2.1 Litteraturstudie

En omfattande litteraturstudie genomfördes, som har gett en mycket bra överblick över kunskapsläget. Den inledande litteratursökningen resulterade i att ca 300 relevanta publikationer hittades, där man, efter genomläsning, kunde konstatera att ca 75% av publikationerna berörde tunnlar eller kolgruvor. De publikationer som behandlar risker och bränder i gruvor handlar i huvudsak om risker med läckage av hydraulolja under tryck, bränder i transportband och dammexplosioner i gruvor med sulfidhaltig malm. En del information och utvärderingar finns också om mobil och fast utrustning för skydd mot eller upptäckt av brand, exempelvis flykthuvor, räddningskammare eller alarmsystem. För metodik och planering finns handböcker och statistikuppgifter.

I huvudsak är den forskning som tidigare gjorts utförd i och för kolgruvor. Nästan ingen forskning har utförts i och för malmgruvor. Litteraturstudien visade en god överensstämmelse på exempelvis brandorsaker och skador mellan olika incidenter och olyckor. Ett av de viktigare fynden i litteraturen är ett äldre brandförsök av en CAT960 (CAT är Catepillar) i syfte att ta reda på påverkan på en närliggande räddningskammare. Under detta fullskaleförsök tilläts maskinen brinna ut och självslockna. Tiden för brandförloppet uppmättes till 3-4 timmar. Ett känt exempel på långa tunnelbränder är branden in Mont Blanc tunneln 1999. Vid Mount Blanc-branden utrymde trafikanter till säkra flyktplatser, som inte klarade brandkraven när det gäller avskiljning under hela brandens tidsförlopp, vilket fick till följd att människor omkom i dessa räddningskammare.

Baserat på litteraturstudien och kunskapsläget i Sverige valdes följande inriktning för det fortsatta arbetet :

- Identifiera möjliga spraybränder i underjordsgruva.
- Inventera vilka typer av material där krav ställs på genomgången brandtest och vilka typer av material där det inte ställs krav och utifrån resultatet utvärdera kriterierna samt utifrån resultaten ge vidare rekommendationer till GRAMKO.
- Få fram effektkurvor för fordonsbränder (dimensionerande brand).

- Identifiera problemdelar som bör punktskyddas i transportband och ge rekommendationer till GRAMKO – Gruvindustrins arbetsmiljökommitté.
- Utföra modellering där en CFD modell kombineras med ett ventilation-network-simulation program.
- Genomföra försök och tillhörande modellering för att undersöka brandutveckling av fordon

Slutsatserna från litteraturstudien kunde sammanfattas med att utrustning innehållande hydraulolja borde undersökas vidare. Ett förslag baserat på litteraturstudien och den genomförda inventeringen arbetades fram, där de dimensionerande bränderna i olika fordonstyper delades upp enligt följande;

- Lastbilar
- Lastmaskiner (el eller diesel, ett utvalt typfordon)
- Tankbilar (olje- och vattenbilar)
- Borrigger
- Lättare lastbilar

Efter genomförandet av litteraturstudien fanns långtgående planer på att genomföra fullskaleförsök i LKABs gruva i Kiruna. LKAB inventerade en möjlig plats att utföra ett fullskaleförsök med en hjullastare. LKAB hade bekräftat att det inte var något problem att skaffa fram ett utrangerat fordon för försöken. Företagen framförde synpunkter på att sådana försök också bör kommuniceras och samverkas med övriga projekt. Av olika anledningar kunde dock inte försöken genomföras.

De slutsatser som drogs efter litteraturstudien hade stort värde för projektet och de företag som deltog i projektet. Resultaten presenteras i sin helhet i rapporten **MDH SiST 2009:02**, se Tabell 2.

2.2 Sammanställning över olika ventilationssystem i gruvor

Sammanställningen visar att generellt används tre olika typer av ventilationssystem i gruvor; blåsande, sugande och blåsande med sugande hjälpfläktar. Mycket lite finns beskrivet i litteraturen gällande ventilationens hantering vid brand. En av anledningarna till detta kan vara att den mesta litteraturen som finns beskriver kolgruvor och i dessa fall inte kan använda ventilationen som en taktisk resurs på grund av risken för metangasexplosioner i händelse av brand. Mycket fokus är på hur ventilationen påverkar branden och på kritisk lufthastighet. Mycket bygger på nodsystem för ventilationen, där flödesmotståndet har integrerats i systemet.

Generellt kan man utgå ifrån den enkla regeln att luften strömmar dit där den har minst motstånd. Det har dock visat sig att många anläggningar saknar generella direktiv eller metoder hur man löser ventilationen i händelse av brand. En övergripande strategi för ventilationshantering är därför mycket värdefullt för insatser i det enskilda objektet. Få studier behandlar detta medan andra studier fokuserar på detaljer, som utan en sammanhållen planering inte kan tillämpas i ett akut skede. Sammanfattningsvis kunde projektet konstatera att ventilationens betydelse och funktion i händelse av brand är relativt outforskad. Ytterligare insatser behövs för att utröna hur systemen fungerar i gruvor.

I sammanställningen togs fram ett flertal frågeställningar som måste besvaras i framtiden:

Ventilationens roll i ett generellt säkerhetskoncept

- Vilka metoder för att styra brandgaserna kan vara aktuella?
- Vilka är fördelarna och nackdelarna med de olika systemen?
- Olika koncept i befintliga och planerade anläggningar?

Branden som fysikaliskt fenomen

- Vilka luftrörelser uppstår på grund av branden?
- Hur stor påverkan har de initiala luftrörelserna innan branden startat?
- Hur stor är avkylningen mot berget och hur stor påverkan har detta på luftrörelserna?
- Är de simuleringsprogram som finns tillräckliga? När och var ska de användas och finns det behov för nyutveckling?

Gällande ventilationen står det ganska klart att i de större malmgruvorna är ventilationstekniken ofta så komplicerad att det är svårt att få en bra överblick över hela situationen. Detta innebär svårigheter både för intern personal och räddningstjänst att, i händelse av en brand, ta beslut om ventilationsåtgärder för att underlätta utrymning och räddningsinsats. Arbetet som beskriver de olika ventilationssystemen och dess begränsningar i händelse av en brand finns i rapporten **MDH SiST 2010:06**.

2.3 Inventering och enkäter till företagen

Direkt efter litteraturstudien genomfördes en inventering av brandbelastning och potentiella brandrisker. Denna inventering ligger till grund för de dimensionerande bränder som senare har tagits fram, se kapitel 2.4. För gruvorna har riskinventeringen utgjort en grund för framtagande eller utvecklandet av deras systematiska brandskyddsarbete. För gruvorna utgör den nya kunskapen grunden för att vidareutveckla säkerheten för personal och besökare och, i fallen med gruvdrift, minska risken för bränder som orsakar stopp i produktionen och därmed brandrelaterade kostnader för produktionsbortfall. I samband med riskinventeringen har en inventering av brandtekniska installationer, byggnadstekniskt brandskydd och ventilationssystem genomförts.

Inventeringen på LKAB:

I den inventering som utförts hos LKAB konstaterades att fordonen som körs ner i LKABs gruvor är alla brandbesiktigade. De fordon som arbetar med uttag av berg har alla sprinklade motorutrymmen. Äldre fordon kan ha pulveranläggningar, medan de flesta nyare fordon istället försetts med vattensprinkler med skuminblandning. Vissa fordon har därutöver koldioxidbaserad punktsprinkling av andra elinstallationer.

Det framkom under projektets gång att LKAB också tillåter besök nere i gruvan och på regelbunden basis har besöksverksamhet. I storlek, mätt i antal besökare per år, ligger LKABs besöksgruva mitt emellan Falu Koppargruva och Sala Silvergruva. Det skall dock noteras att komplexiteten är större, då gruv- och besöksdrift förekommer parallellt, dock är det samtidiga besöksantalet begränsat.

LKAB har implementerat SBA sedan 2002 och har en väl utarbetad plan för kontroll och uppföljning. Besöksgruvorna står mitt uppe i arbetet med att implementera SBA och de inventeringar och besiktningar som gjorts inom projektet är en bra grund att bygga vidare på. Inventeringen presenteras i rapporten **MDH SiST 2010:01**.

Besöksgruvor

Utöver LKABs inventering har intervjuer genomförts och samtal förts med räddningstjänsterna vid besöksgruvorna (Sala-Heby Räddningstjänst och Dala Mitt Räddningstjänst). Ett visst mellanrum mellan vad räddningstjänsten klarar av och vad gruvorna tror att räddningstjänsten klarar kunde konstateras. Insatsövningar och efterföljande utvärderingar har belyst respektive parts möjligheter och brister (**MDH SiST 2009:04**). Därigenom har insatsplaneringen kunnat utvecklas och förbättrats.

En enkät skickades ut till besöksgruvorna och har inneburit en hel del arbete för företagen. Enkäterna har utvecklats i samarbete med Arne Brodin från Swepro. Samtliga företag har besvarat enkäterna. En enkätstudie och kompletterande intervjuer genomfördes med räddningstjänsterna angående deras insatsplanering och övriga förberedelser för olyckshantering i de aktuella gruvorna.

Eftersom doktorand Rickard Hansen delvis arbetade inom LKAB skickades inga enkäter till LKAB. Den kunskapen bidrog Rickard med in i projektet och den inventering som han gjorde (**MDH SiST 2010:01**).

I Sala Silvergruva har följande dimensionerande brandbelastning under mark inventerats:

- Konsertsalen (Takduk, hjälmställ, musikutrustning, Bord och stolar, upphängda kläder mm)
- Gästabudssalen (Hjälmställ, bord och stolar, säng mm)
- Kabelstegar och elcentraler (fortsatt inventering pågår)
- Hissen och dess överbyggnad
- Bajamaja i plast
- Fotogen och fotogenlyktor
- Mindre mängder (ca 1 m³) trä vid tillmakningsförevisning

Motsvarande i Falu Koppargruva är:

- Trätrappor och träinklädnader (mycket hög fukthalt, fuktmätning pågår)
- Hiss
- Träinklädnad vid hiss, uppvärmd med infravärme
- Kabelstegar och elcentraler (fortsatt inventering pågår)
- Kabelstråk i industrigruvan
- Transformatorer och pumpstation i industrigruvan

Generellt kan sägas att brandbelastningen i besöksgruvorna är relativt låg (**MDH SiST 2009:03**). Övriga områden att arbeta vidare med är utrymningsproblematiken i Sala Silvergruva, där fokus bör läggas på säkra platser som alternativ till befintlig sekundär utrymning. Betydelsen av utbildning för ledsagarna på plats är ett viktigt område att studera och hantera. Ett examensarbete som belyser problematiken har genomförts inom detta område (**Exjobb MDH Kurskod XJOBBHST**).

I Koppargruvan har en längre tid de naturliga luftflödena registrerats via handmätningar. Högskolan har lånat ut en handmätare till Silvergruvan som också genomförde regelbundna vindmätningar efter Koppargruvans modell. Vid respektive mättillfälle beskrivs också yttre temperatur och vindförhållanden. Dessa mätningar har använts som indata vid validering av modeller och fullskaleförsök.

2.4 Dimensionerande bränder

Baserat på analysen kring dimensionerande bränder, som i sin tur bygger på det arbete som utfördes i del 2.1 och del 2.3, föreslogs följande 5 dimensionerande scenarier:

- Pölbrand i huvudrampen innehållande en diesel tank
- Fordonsbrand (lastbil) i parkeringsområdet som vanligtvis är sprinklad
- Fordonsbrand (hjulastare/borrmaskin) i produktionsområdet
- Kabelbrand i besöksgruvor där det inte finns något automatiskt brandlarm
- Bussbrand i besöksgruvor där det inte finns något automatiskt brandlarm

Den dimensionerande branden representerar olika aspekter när det gäller brandförlopp, aktiva släcksystem, ventilation, omgivning osv. Som en del i arbetet har man utvecklat en metod för att beräkna brandutveckling i fordon. Det är vår förhoppning att man kan arbeta vidare med den utvecklingen. De fem scenarierna som utvecklades användes senare i de arbeten som presenteras i kapitel 2.4 – 2.6. Arbetet kring dimensionerande bränder presenteras i rapporten **MDH SiST 2010:02**.

2.5 Rökspridningsberäkningar

Syftet var att jämföra olika typer av beräkningsmodeller. De som är mer avancerade och de som är enklare i bruk och med högre grad av förenklingar. Både en-, två och tre dimensionella modeller användes. De scenarier som nämns i kapitel 2.3 användes och jämfördes genom att placera de i olika positioner i en gruva. Syftet var att undersöka komplexiteten och hur bra resultaten överensstämmer med varandra. De viktigaste slutsatserna var att de endimensionella nätverksprogrammen gav högre temperaturer jämfört med de andra. När det gäller siktlängd i röken, så skilde det en hel del mellan programmen. Beroende på program och dimensionerande brand kunde man få väldigt olika resultat. Anledning anges vara olikheter i indata och beräkningssätt. Skillnaden ligger till stor del i sättet programmen beräknar siktlängden.

När det gäller utrymning i rampen med dieseltank så visar beräkningarna, både de enklare och de mer avancerade (3D) att röken sjunker snabbt neråt och efter endast fåtal minuter är hela rampen rökfylld. Utrymning måste ske väldigt snabbt om man ska hinna ut. När det gäller hjullastare i sprinklad parkeringsort och kabelbranden så avtar sikten ganska snabbt, kanske efter ett fåtal minuter, men den blir inte kritisk. Sikten är en viktig faktor när det gäller utrymning och det påvisas i de beräkningar som har gjorts här, även om branden inte var speciellt stor. Poolbranden, hjullastaren och bussen genererar så pass mycket rök att problem uppstår när det gäller utrymning. Arbetet beskrivs mer utförligt i rapporten **MDH SiST 2010:07**.

2.6 Försöksverksamhet

Två olika försöksserier genomfördes i projektet. Det första var ett hjullastardäck och den andra serien gällde modellförsök i en tunnel.

2.6.1 Modellförsök

Modellförsöken genomfördes för att ta fram underlag för validering av den beräkningsmodell som användes vid framtagande av dimensionerande brand för fordon. Avståndet mellan brinnande objekt i en tunnel varierades, likaväl det flöde som genererats i tunneln. Försöken har givit projektet ett bra underlag för validering av den beräkningsmodell som beskrivs i artikeln. *An engineering tool to calculate heat release rates of multiple objects in underground structures*. Denna information saknades när artikeln skrevs. De slutsatser som drogs från modellförsöken var följande:

- Inverkan av ventilation på brandspridningen mellan olika objekt är avsevärd
- Avståndet mellan den första och andra stapeln är avgörande för om brandspridningen fortsätter

- Om avståndet är kort (mindre än tex 50 cm), kommer den slutliga brandeffektkurvan att sluta i en högsta brandeffekt som är summan av de olika bidragen
- Om avståndet är långt mellan objekten (över 80 cm), kommer en puckel på den sammanlagda kurvan att uppträda, och därmed uppnår vi en lägre högsta brandeffekt
- Ventilationen har en betydelse för tiden till antändning av närliggande objekt
- En bra överenskommelse mellan försök och teori

Generellt kan vi säga att försöken är av betydelse för projektet eftersom en viktig del är framtagandet av de dimensionerande bränderna. I figur 1 visas en bild där man kan se hur branden förflyttas mellan de olika brinnande objekten (träpallar i vårt fall). Totalt genomfördes 12 försök i denna försöksserie. Resultaten från försöken ges i rapporten **MDH SiST 2010:08**.



Figur 1 Brandförsök för att validera beräkningsmodell för brandspridning mellan olika objekt.

2.6.2 Försök med hjullastardäck

Tidigare har försök med vanliga personbils- och lastbilsdäck genomförts, dock har information om bränder i större däck till arbetsfordon saknats. Brandeffekten vid tidigare försök har varierat från några hundra kW för personbilsdäck till ca 1 MW för lastbilsdäck. Då gruv- och tunnelarbetsfordon utsätts för stor belastning är de uppbyggda annorlunda än konventionella däck för fordon på väg.

Fullskaleförsöket utfördes hos SP Brandteknik i Borås och finansierades, utöver forskningsanslaget från KKS och det parallella MSB-finansierade projektet om olyckshantering under byggnation av tunnlar, av ett ekonomiskt tillskott från LKAB samt SKB – Svensk kärnbränslehantering. Däcket donerades av Volvo Construction Equipment.

Däcket inklusive fälg vägde 723 kg, bredden var 0,6 m och ytterdiametern 1,75 m. Däcket placerades i en balja fylld med grus som var mättad med dieselolja. Brandgaserna samlades upp i en industralorimeter för mätning av brandeffekten. För att bedöma risken för brandspridning uppmättes den infallande strålningen på ett avstånd av 1,5 m från däckets centrum. Före försöket med däcket, genomfördes två för-försök, där brandeffekt och avbrinningshastighet för dieselolja, med och utan grus, uppmättes. I försöket utan grus mättes högsta brandeffekten 1,6 MW men med grus 1,1 MW, vilket visar hur stor effekt närvaron av gruset har på brandeffekten. I figur 2 visas en bild från försöket med hjullastardäcket.



Figur 2 Brandförsök med hjullastardäck där brandeffekten uppmättes.

Dieseln i baljan antändes och efter ungefär tre minuter var brandeffekten uppe i 2,3 MW. Strax därefter avtog branden och brandeffekten reducerades till 0,4 MW efter 23 minuter, när dieseln i baljan hade förbrukats. Branden tilltog så småningom igen och efter 60 minuter var den 1 MW. Efter ytterligare 10 minuter var brandeffekten uppe i 2 MW och efter 90 minuter från tändning uppmättes den högsta effekten på 3 MW. Detta inträffade när däckets kollapsade och branden spred sig till insidan på däckets. Under denna period observerades mycket svart rök. Efter 90 minuter började branden avta och efter 150 minuter släcktes branden manuellt.

Behovet av denna information har varit stort då det visat sig att de största bidragen, till den totala brandeffekten vid bränder i arbetsfordon ofta kommer från däcken. Resultaten från försöket har varit värdefull information när dimensionerande bränder togs fram för fordon. De dimensionerande bränderna används senare för bedömningen av säkerhetsåtgärder i dessa anläggningar och för planering av räddningstjänstens insats. Arbetet med försöken beskrivs mer utförligt i rapporten **SP P801596**.

2.7 Insatsövningar

En insatsövning har genomförts i Sala Silvergruva (**MDH SiST 2009:04**). En tidigare övning, utförd i Falu Koppargruva har utvärderats och utgör grund för vidare planering av en insatsövning inom ramen för projektet. Räddningstjänsten, som deltar i projektet i form av referensgruppsmedlemmar, har bidragit stort vid planering och genomförande av dessa insatsövningar. Erfarenheten från dessa övningar ingår som en del i projektet och används också för jämförelse med det SRV- (numera MSB-) finansierade parallella projektet om olyckshantering under byggnation av tunnlar. Detta är en ovärderlig information för båda projekten.

Den insatsövning som genomförts i Sala Silvergruva genomfördes i samverkan mellan Mälardalens högskola, Sala Silvergruva och Räddningstjänsten i Sala-Heby. Förutsättningarna för insatsövningen var en kabelbrand mellan hisschaktet och Victoriasalen på 155-metersnivån. Hissen gjordes strömlös och reservkraft skulle inkopplas med hjälp av Sala-Heby Energi, enligt tidigare gjord insatsplanering. En besöksgrupp, bestående av elever från Räddningsgymnasiet var vid tillfället nere i gruvan och tvingades återvända till Victoriasalen då gången mellan hissen och Kristinasjön rökfylldes. Observatörer för besöksgrupp och räddningstjänst på samtliga ledningsnivåer fanns på plats och försöken videofilmades.

Observationerna från försöken kan sammanfattningsvis ses nedan:

- Det är värdefullt med information från gruvans personal, som känner till de aktuella förhållandena.
- Vid försökstillfället fungerade PPV (Positive Pressure Ventilation) mycket bra för evakuering av röken. Dock är flöden och tryckförhållanden i gruvan mycket beroende av yttre väder- och vindförhållanden.
- Gruvans kommunikationsutrustning fungerade mycket bra. Räddningstjänstens fungerade, som förväntat, inte alls.
- Räddningsledningen hade svårt att få överblick över situationen och brist på information gjorde att beslut flyttades ut från räddningsledning till personal på plats.
- Informationen från gruvans personal, samt gruvguidens agerande, är avgörande för besöksgruppens reaktion och handlande.
- Reservkraften till hissen tog för lång tid att koppla in och dessa rutiner måste ses över.
- Insatsplanerna var inaktuella och försenade insatsen något. Även denna information måste ses över.
- De planerade slangdragningsförsöken fick bordläggas till ett senare tillfälle eftersom den aktuella dränkbara pumpen inte klarade höjdskillnaden mellan vattenytan och 155-metersnivån.

Ytterligare försök har genomförts. Det har genomförts slangdragningsförsök i Falu gruva i samarbete med räddningstjänsten Dala-Mitt samt två rökfyllnadsförsök i besöksgruvorna. Dessa försök beskrivs i rapport **MDH SiST 2010:05**.

2.8 Rekommendationer

I rapporten **MDH SiST 2010:09**, redovisas rekommendationer för varje del i projektet. I slutet av rapporten ges ett rekommendationer för hur vi bör gå vidare, var det brister i kunskap och var vi bör förbättra säkerheten. Nedan ges en sammanställning av de tre rekommendationer som vi anser att GRAMKO kan överväga att diskutera inför framtida revidering av deras rekommendationer:

- Projektet visar att det är bränder i hydraulvätska som är farligast och de bränder som uppstår kan vara mycket snabba och generera mycket rök. Därför rekommenderar vi starkt att man använder hydraulvätskor i maskiner som arbetar i gruvor som inte är brännbara.
- Under arbetet har det visat sig att brandförloppet i förarhytter på lastmaskiner kan vara mycket snabbt och ha förödande konsekvenser. Sålunda rekommenderas att automatiska släcksystem även övervägs i förarhytter på bemannade lastmaskiner.
- Forskningen har visat på att tidsrymden för rökspridningen vid en större brand under jord överstiger nuvarande minimikrav på luftförråd i räddningskammare (4 timmar). Sålunda bör minimikravet revideras och justeras uppåt.

De rekommendationer som ges specifikt för besöksgruvor, och sammanställs i rapporten **MDH SiST 2010:10**, finns många goda råd till de som ansvarar för säkerheten i gruvorna. I rapporten ges bakgrund och problemställning specifikt för besöksgruvorna samt olika förslag till tillvägagångsätt och lösningar på deras problem. Diskussion har förts med Boverket om att berörda myndigheter kan relatera till de delar i rapporten som berör de. Dessa myndigheter är Arbetsmiljöverket (AV), Myndigheten för Samhälle och Beredskap (MSB) och Boverket.

2.9 Kommunikation och kunskapsspridning

Projektet och dess resultat har diskuterats i branschtidningar och i dagstidningar samt publicerats i flertalet forskningsrapporter. Projektet har även presenterats vid konferenser och vid nationella seminarier. I tabell 1 finns en sammanställning av alla de rapporter som berör projektet. I tabell 2 sammanställs de populärvetenskapliga publiceringar som har gjorts inom projektet. Alla dokument och rapporter finns att tillgå på projektets hemsida. Adressen till sidan är:

<http://www.mdh.se/hst/forskning/PRO/SSL/Forskningsprojekt/Gruvan>

Tabell 1 Rapporter som har publicerats inom projektet

Rapportserie nr/publ/konf	Språk	Typ	Titel	Författare	Projekt
MDH SIST 2009:02	Eng	RR	Literature survey - fire and smoke spread in underground mines	Hansen R	Gruvan
MDH SIST 2009:03	Sv	WR	Brandbelastning i besöksgruvor	Kumm M	Gruvan
MDH SIST 2009:04	Sv	WR	Insatsövning i Sala Silvergruva	Kumm M	Gruvan
MDH SIST 2010:01	Eng	WR	Site Inventory of Operational Mines - fire and smoke spread in underground mines	Hansen R	Gruvan
MDH SIST 2010:02	Eng	RR	Design Fires in Underground Mines	Hansen R	Gruvan
MDH SIST 2010:03	Sv	WR	Rökfyllnadsförsök i besöksgruvor	Kumm M	Gruvan
MDH SIST 2010:05	Sv	WR	Räddningstjänstens förflyttningshastighet under mark - en studie av försök med slangdragning i olika undermarksmiljöer	Kumm M	Tunnelbyggaren/ Gruvan/METRO
MDH SIST 2010:06	Eng	WR	Ventilation and fires in mines	Nyman H	Gruvan
MDH SIST 2010:07	Eng	RR	Smoke spread calculations for fires in underground mines	Hansen R	Gruvan
MDH SIST 2010:08	Eng	RR	Model Scale Experiments	Hansen R Ingason H	Gruvan
MDH SIST 2010:09	Eng	RR	Final Recommendations – GRUVAN project	Hansen R	Gruvan
MDH SIST 2010:10	Sv	WR	Rekommendationer för besöksgruvor	Kumm M	Gruvan

ISTSS 2010	Eng	Paper	Overview of fire and smoke spread in underground mines	Hansen R	Gruvan
SP P801596	Eng	RR	Fire test with a front wheel loader	Ingason I	Gruvan
Fire Safety Journal	Eng	Paper	An engineering tool to calculate heat release rates of multiple objects in underground structures	Hansen R Ingason H	Gruvan
Fire Safety Journal	Eng	Paper	Fire spread between multiple objects- a studie of modelscale tests	Hansen R Ingason H	Gruvan
ISTSS 2008	Eng	Poster	Concept for Fire and smoke spread prevention in mines	Ingason H et al	Gruvan
Exjobb LTU Kurskod K0009B	Sv	Exjobb	Eurydikens utmaning: Att leda andra i underjorden	Stähle A	Gruvan/ Tunnelbyggaren
Exjobb MDH Kurskod XJOBHST	Sv	Exjobb	Brandtekniska åtgärder för utrymning i Sala Silvergruva	Sandberg H	Gruvan

RR=Research Report, WR=Working Report

Sammanlagt har nästan 20 rapporter publicerats i projektet. De är en blandning av vetenskapliga rapporter och artiklar samt arbetsrapporter innehållande teknisk information. Antalet vetenskapliga rapporter är väl över förväntan jämfört med vad som var planerat enligt den kommunikationsplan som las fram i början av projektet. Vi har uppfyllt åtagandet när det antalet vetenskapliga publikationer samt presentationer vid internationella konferenser. Vi förväntar oss två Licentiat examen i september som har anknytning till projektet.

Tabell 2 Populär vetenskapliga publikationer

Rapportserie nr/publ/konf	Språk	Typ	Titel	Författare	Projekt
Sala Allehanda 080418	Sv	DP	De måste rädda guidegrupp 155m under jord		Gruvan
Brandposten Nr 39 - 2008	Sv	PV	Ett enda däck utvecklade 3MW		Gruvan
Räddningsledaren Nr - 2008	Sv	PV	Brandrisker i gruvor under jord		Gruvan

DP=Dagstidning, PV=Populär Vetenskaplig

Vi planerade 3 populär vetenskapliga artiklar och 4 i dagstidningar. Det har vi inte uppnått enligt Tabell 2, men intresset för projektet har varit stort. Materialet som har tagits fram i projektet har däremot presenterats i olika sammanhang, se tabell 3, där olika intressenter har funnits på plats.

Sammanfattning

När det gäller det tekniska innehållet så kan man sammanfatta problemen med bränder i gruvor med följande punkter:

- Brandgasspridning och brandgasventilation
- Återstrålningen från omgivande ytor
- Lutningen
- Giftiga gaser på grund av syrebrist i ”återvändsgränder” och stängda utrymmen
- Tryckökning i stängda utrymmen
- Komplicerad geometri
- Svårbestämda luft- och temperaturförhållanden som påverkar brandgasspridningen och brandutveckling

Vi har kunnat ge svar på flesta av de frågeställningar som uppgavs i projektansökan. Arbetet har genererat mycket ny kunskap och kommer att väcka stort intresse utomlands eftersom vi har valt att publicera en stor andel av materialet på engelska. De viktigaste resultaten är den litteratursammanställning som har gjorts, inventeringarna både i process gruvorna och i besöksgruvorna, dimensionerande bränder samt den insats som har gjorts för besöksgruvorna. De försök som har gjorts, kommer att ha stor betydelse för det fortsatta forskningsarbetet. Tre av de rekommendationer som anges kan användas direkt av gruvbolagens GRAMKO.

Genom detta projekt kan man säga att Sverige och Mälardalens Högskola har flyttat sin position till att vara ett av världens ledande forskarteam inom området.

3. Samproduktion med företagen

Vid första referensgruppsmötet uttryckte företagen sina förhoppningar inför projektet. Räddningstjänsten uttryckte en önskan att projektet skulle leda till att man bättre kunde förutse vilka brandscenarier som kan förväntas i gruvor och därigenom bättre kunna genomföra insatsplanering och vara till stöd för gruvföretagen. Konsultföretagens förhoppningar hänger i stort samman med den liknande problematiken mellan tunnlar under byggnation och gruvor i drift. Erfarenheter från detta projekt kommer således även att komma till nytta inom de stora infrastrukturprojekt som pågår eller planeras. Gruvföretagens förväntningar är främst att åstadkomma en säkrare arbetsmiljö för personal och besökare, men också att bättre och säkrare kunna utnyttja besöksgruvorna.

LKAB: LKAB bidrar till projektet, dels genom direkt finansiering av doktorand Rickard Hansen, dels i form av eget arbete och tillgång till försöksinfrastruktur. Utöver detta har LKAB ytterligare bidragit med ekonomiska medel som gjort det möjligt att, i samarbete med det tidigare nämnda forskningsprojektet om olyckshantering under byggnation av tunnlar, genomföra brandförsök i full skala gällande brand i däck till gruvarbetsfordon. LKAB har medverkat vid projektmöten och löpande varit doktorand Rickard Hansen till stöd i forskningsarbetet. Resultaten från projektets första del har inneburit att brandrisker i LKABs undermarksanläggningar uppmärksamats och därmed kunnat hanteras. Såväl litteraturstudien, som däckförsöken i full skala har genererat värdefull information som löpande har implementerats i LKABs säkerhetsarbete.

Sala Silvergruva: Silvergruvan har medverkat i enkäterna och i inventeringsarbetet gällande brandbelastning, risker och brandtekniska installationer. Under våren 2008 har företaget arbetat vidare med att implementera SBA och i planeringsarbetet med den insatsövning som hållits i samverkan mellan högskolan, gruvan och räddningstjänsten. Inför sommaren 2008 skedde en

utökad utbildningsinsats för gruvguider och egenkontrollerna har intensifierats under året. Silvergruvan har medverkat vid projektmöten och även varit värd för ett av dessa. Under året har personal från Silvergruvan också handlett examensarbetare inom ramen för projektet.

Falu Koppargruva: Koppargruvan har löpande arbetat med bland annat vindmätningar och förbättringar av sitt brandskydd. Koppargruvan arbetar till viss del med metoder som överensstämmer med intentionerna inom SBA även om benämningen SBA inte tidigare använts. Implementering av SBA har därför inte inneburit några stora förändringar utöver själva dokumentationsdelen. Inventering av brandbelastning, risker och brandtekniska installationer har skett i samverkan med högskolan och har även innefattat den nedlagda industrigruvan, som har fysisk förbindelse med besöksgruvan. Detta har inneburit att inventeringsarbetet i Koppargruvan, trots att besöksdelen är mindre än i Sala, har inneburit ett större arbete än för Silvergruvan. Koppargruvan har medverkat vid projektmöten och liksom Silvergruvan varit värd för ett projektmöte, med efterföljande besök i gruvan.

Brandskyddslaget: Brandskyddslaget har varit ett aktivt stöd vid utformandet av inventeringsunderlagen och i diskussioner som berör kopplingen mellan brandskydd i gruvor och förhållanden som gäller under byggnation av tunnlar. Utöver detta har personal medverkat vid projektmöten och deltagit vid fullskaleförsök. Doktorand Hans Nyman, som normalt har sin placering på Brandskyddslaget, har också fått utökad tid till arbete med doktorandprojektet.

Swepro: Arne Brodin från Swepro har varit stöd för doktorand Mia Kumm i samband med utformandet enkäterna gällande systematiskt brandskyddsarbete, brandrisker och brandtekniska installationer. Han har dessutom medverkat i utformningen av insatsövningen i Sala samt medverkat i diskussioner gällande utvärderingen av insatsplanering och övningar. I samverkan med det parallella undermarksprojektet har också Swepro gett högskolan möjlighet att medverka vid storskaliga samverkansövningar och utbildningstillfällen. Personal från Swepro har deltagit vid hållna projektmöten och också varit värd för ett av dessa.

Vid sista referensgruppsmötet fick varje företag uttrycka vad de tyckte om projektet. Kommentarererna sammanfattas nedan:

- Bra med fördjupad kontakt mellan gruvföretaget och räddningstjänsten. Projektet har gett mycket större förståelse för varandras arbete.
- Värdefullt med kontakt mellan besöksgruvorna. Det bädda för ett gott framtida samarbete!
- Bra blandning av forskare, doktorander, nyttjare, konsulter och räddningstjänst. Alla har haft något att tillföra.
- Bra samarbetsform.
- Det har varit en rolig och lärorik, om än ibland jobbig, resa.
- Bra kreativa möten.
- Praktisk nytta av vetenskapliga resultat. Lagom nivå. Bra förklarar även för dem som inte har forskarbakgrund.

Bättre omdöme kan projektet knappast ha fått!

4. Genomförda aktiviteter

Under perioden har ett antal olika aktiviteter genomförts. Det har varit referensgruppsmöten, projektmöten, både där projektledaren och doktoranderna har träffats, informationsmöte, samt projektmöten där enskilda doktorander har haft möten med deltagare från inblandade företag.

Tabell 3 Aktiviteter under rapporteringsperioden.

Aktivitet	datum	plats	Antal deltagare	Dokumentation
Startmöte Referensgruppsmöte	070912	Sala Silvergruva i Sala	11	Protokoll
Telefonmöte	071206	-	4	Protokoll
Projektmöte - delprojekt	071219	Sala	3	Protokoll
Projektmöte - delprojekt	080114	Sala	4	Protokoll
Projektmöte - grupp	080124	SP Borås	4	Protokoll
Referensgruppsmöte	080219	Swepro-Stockholm	14	Protokoll, presentationer
Telefonmöte	080306	-	4	Protokoll
Insatsövning	080416	Sala Silvergruva	11	Beskrivning av insatsövning
Referensgruppsmöte	081007	Falu Koppargruva i Falun	17	Protokoll, presentationer
Informationsmöte	081113	GRAMKO, Stockholm	5	Presentation, presentation, ppt
Referensgruppsmöte	090223-34	LKAB, Kiruna	12	Protokoll, presentationer
Referensgruppsmöte	091020	SP Borås	7	Protokoll, presentationer
Referensgruppsmöte	100223	MDH Västerås	13	Protokoll, presentationer
Referensgruppsmöte slutmöte	100601	Sala Silvergruva	11	Protokoll, presentationer

Vi har en mycket kompetent och intresserad referensgrupp. De har varit ett stort stöd för oss i arbetet och de har tillfört mycket. Allt eftersom tiden gick, och vi hade fått igång arbetet minskade behovet av telefonmöten. Som synes i tabell 3 så genomförde vi inga telefonmöten eller projektmöten efter 2009.

5. Projektets samverkan med grundutbildningen

Inom Mälardalens Högskolan har vi kunnat utnyttja resultaten genom att engagera studenter som har hjälp till vid insatsövningar, rökförsök och genom enkätundersökningar. Detta har varit mycket lärorikt för studenterna inom grundutbildningen. Vi har även kunnat engagera ett antal studenter som har genomfört sina exjobb med hjälp av informationen som fanns i projektet. De har också bidragit till projektet med ny kunskap genom sina examensarbeten.

6. Samverkan med andra forskargrupper

Samverkan med andra forskargrupper har funnits först främst genom andra projekt som har haft liknande beröringspunkt. Det är först och främst genom MSB projektet Olyckshantering i tunnlar under byggnation. Där har vi kunnat utnyttja resultaten i båda projekten. Detta gäller tex det genomförda försöket med hjullastardäck. Det har även tagits kontakter med andra institut, speciellt när det gäller beräkningssidan. På utrymningsidan har ett bra samarbete funnits med Lunds Tekniska Högskola. Inom METRO projektet som fokuserar på brandsäkerhet i tunnelbanan har kontakter och beröringspunkter funnits. Vid internationella konferenser har kontakter knutits som har varit värdefulla för projektet. Detta gäller speciellt litteraturstudien och beräkningssidan. Genom det samarbete med SP Tunnel and Underground Safety Center i Borås har man kunnat förmedla kunskapen och startat nya samarbetsprojekt.

Vi har ansökt om finansiering för fortsättning på projektet. Vi fick beviljat 2.3 Mkr från KK-Stiftelsen för projektet BARBARA. Det projektet startar nu till hösten, och där har vi fått in nya företag och forskare. Det ska bli väldigt intressant att kunna fullfölja och gå vidare med det goda samarbetet som har uppstått under de tre år som projektet har pågått. Vi vill härmed tacka för ett bra samarbete med KK-Stiftelsen och förhoppningsvis kommer resultaten att leda till större förståelse bland företagen och myndigheter och att de inför de förbättringar som föreslås i projektet.

Kontakt

Vid frågor gällande denna slutrapport vänligen kontakta:
haukur.ingason@mdh.se alternativt haukur.ingason@sp.se