© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

RAISEBORING AV VENTILATIONS- OCH BERGSCHAKT I KIRUNA

Jenny Svanberg, Bergteknik LTU, Göran Strand, AB Sandvik Tamrock Tools, Peter Gjörup, NCC Anläggning

Inledning

Som en följd av LKABs nya huvudnivå på 1045 m i Kirunagruvan behövdes nytt ventilationssystem samt nya störtschakt för bergmassorna för att klara säker och effektiv produktion. Både det nya ventilationssystemet och de nya bergschakten är en del av LKABs Kuj 2000-system, som är de investeringar inom Framtida Produktionssystem, FPS, som rör gruvbrytningen.

Projektfakta/beskrivning

Totalt skall ca 30 000 m borras, ca 19 000 m ventilationsschakt och 11 000 m bergschakt. Schakten är 3 m i diameter och fullborras med Raiseboringmaskiner tillverkade av Indau. Arbetet utförs av NCC Anläggning region norr, och borrverktygen som används tillverkas av Sandvik Tamrock Tools. Skanska Raise Boring AB var med som underentreprenör till NCC under en del av projektet.

Det befintliga ventilationssystemet i Kirunagruvan är mycket komplicerat, och ett antal av ventilationsschakten ligger i ett område där liggväggen befaras vara instabil. Olika alternativ för det nya systemet har övervägts. Förbättringar och utbyggnad av det befintliga systemet utvärderades, men alternativet att använda det befintliga systemet visade sig vara olönsamt, och beslutet togs att anlägga ett helt hytt ventilationssystem.

Det nya huvudsystemet omfattar 20 schakt som går från dagytan för att ventilera etagen mellan 775 och 1045m. Det finns ett till- och ett frånluftschakt för varje brytningsblock (10 st). Den genomsnittsliga schaktlängden är 900 m, och schakten har delats upp och borras i flera mindre etapper.Som mest har 5 maskiner arbetat samtidigt.

Geologi

Bergarterna i Kirunagruvan är i allmänhet väldigt finkorniga, vilket i det här fallet gör att berget blir hårt och svårt att borra i. Ventilations- och bergschakten borras i liggväggen, där berget består av mestadels syenitporfyr. En undersökning av geologin i de berörda områdena har genomförts och visat att i ett relativt stort område, i mitten av gruvan (18-26 –grupperna), är berget väldigt rörigt, och består mestadels av hårda bergartstyper. Generellt gäller i området att nedanför 800-900 meters nivå är berget relativt helt och jämnt, och bergtrycket är högt. Norrut i gruvan, runt den så kallade sjömalmen, är berget mjukare än i övriga gruvan.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Syenitporfyren i liggväggen delas upp i ett antal varianter, beroende av mineralsammansättning. De aktuella varianterna benämns sp1, sp2,sp3, sp4, samt sp5. Sp2 och sp4 har visat sig vara hårdast och sp3 samt sp5 är tämligen mjuka. I området finns även en hel del gångporfyr. Inget hållfasthetsmått finns angivet för de olika varianterna av syenitporfyr, eller för gångporfyren. De olika varianterna av syenitporfyr är inte klassificerade för ändamålet att beskriva borrbarhet, utan för att kartlägga mineralinnehåll.

Borrning

Metod

Schakten fullborras med Raiseboring maskiner. Ett pilothål med liten diameter borras först nedåt, sedan monteras ett större borrhuvud, rymningskronan, på borrsträngen, och dras uppåt och vidgar hålet till den slutliga diametern på 3 m.

Maskiner/verktyg

Raiseboringmaskinerna som NCC använder kommer från Finland och är av märket Indau 500. Rymningskronan är 3 m i diameter och utrustad med 14 cuttrar. Spolningshålet för vattnet har varierats och varit 32 respektive 40 mm i diameter. Maskinerna drivs av 3 st hydraulikmotorer med steglös varvtalsinställning. Max varvtal vid pilothålsborrning är 50 RPM och 16 RPM vid upprymning. Max moment är 500 kNm, och max matningskraft är vid rymning 8150 kN och vid pilothålsborrning 2200 kN.

Resultat

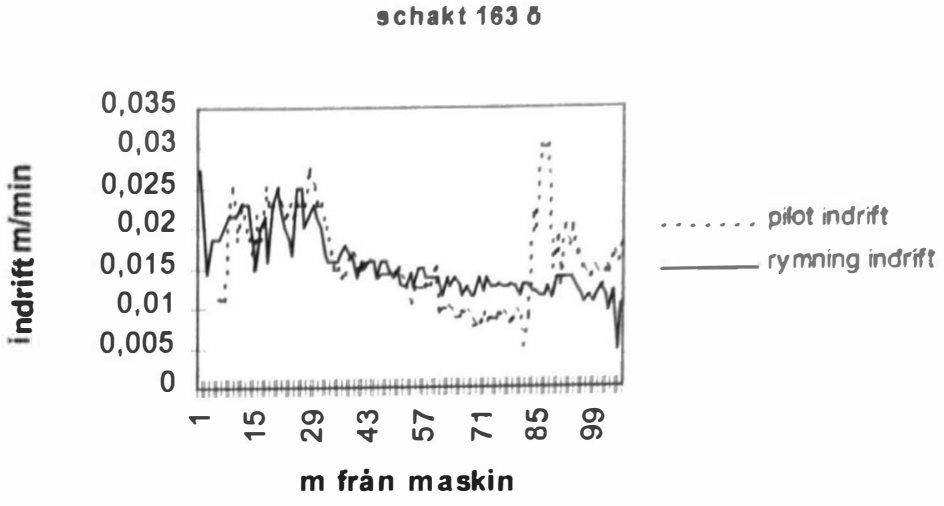
Resultaten från borrningen har genomgående varit tillfredsställande. Man har hela tiden lyckats hålla gällande tidplaner och både maskiner och borrverktyg har fungerat bra. Under den första delen av projektet användes borrverktyg från Robbins, men efter tester och utvärdering bytte man leverantör och numera används Sandvik Tamrocks verktyg. Medelindrifterna för pilothålsborrningen har varit något lägre i Kiruna än vad som antogs, runt 1 m per timme, och orsakerna till detta kan vara många. Vad som diskuterats som en av de möjliga orsakerna är bortspolningen av borrkaxet. Om detta inte fungerar tillfredsställande kan indriften kraftigt påverkas. Försök har gjorts med att utvidga spolvattenhålet från 32 till 40 mm.

Medelindrifterna från rymningen är däremot helt enligt förväntan, och ligger för närvarande runt 0,75 m per timme.

Indrifterna har dock varierat kraftigt i olika delar av berget, och för att förklara detta har omfattande analyser utförts. En tydlig tendens är att indrifterna minskar med ökat djup. Medelindriften vid rymning på djup under ca 740 är ca 0,5 m per timme, vilket kan jämföras med medelindriften för rymning på de schakt som går från dagen ner till ca 300 m, som ligger runt 0,8 m per timme.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Då indriften längs med schakten analyserades visade det sig att det är väldigt vanligt att indriften även i varje enskilt schakt minskar tydligt med ökat djup (Fig 1)



Figur 1 *Indrift m/min, schakt 163 ö*

Detta kan bero på problem med bortspolningen av kaxet, men då tendensen syns både vid pilothålsborrningen och rymningen är det troligt att det även beror på andra faktorer, som t ex ökat tryck i berget.

Rseultaten från borrningarna visar också att där berget är väldigt oregelbundet och rörigt har man haft lägre indrifter, även om de aktuella bergarterna tidigare visat sig vara lätta att borra i. Bergets struktur, det vill säga förekomsten av kross- och sprickzoner, verkar inte påverka indrifterna nämnvärt.

Några schakt borrades exakt där diamanthål för undersökning av berget tidigare borrats. Detta utnyttjades och låg till grund för en utredning om hur lätt det är att borra i de olika varianterna av Syenitporfyr. Ett värde för borrbarhetsindex vid rymning beräknades för var och en av de 5 varianterna, (tabell 1).

Tabell 1 *Borrbarhetsindex*

	Sp1	Sp2	Sp3	Sp4	Sp5
Borrbarhetsindex	0,80	0,87	1,07	0,74	0,79

För att kontrollera detta har förväntad tid för rymning av ett schakt beräknats, för att senare med facit i hand kontrolleras. Resultatet var tillfredställande, med ca 15 % differens, men prognosmetoden behöver kontrolleras ett flertal gånger för att kunna antas vara tillförlitlig.

Driftsäkerhetsanalys

För att undersöka hur maskinerna presterar och hur deras användning ska optimeras har en driftsäkerhetsanalys genomförts, med tonvikt på felanalyser och nyttjandegrader.

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Då bergsschakten borrades av underentreprenör med andra maskiner, gjordes driftsäkerhetsanalysen endast på de tre Indaumaskinerna som ägs av NCC och som använts sedan början av projektet. Detta underlättade såväl datainsamlingen som analysen.

Det datamaterial analysen baseras på är bland annat sammanställningar över maskinernas prestationer under varje skift. Produktionsuppföljningsrapporter skrivs av operatörerna. Som alltid när data samlas in med hjälp av handskrivna rapporter föreligger risker för att rapporteringen blir bristfällig, en viss del av informationen blir felaktig, samt att en del information går förlorad. Dessa osäkerheter har inte kunnat beaktas och bör finnas i åtanke.

Resultaten som redovisas här är inte slutliga, utan kommer från maskinernas drift från 1995 fram till hösten 1999. Siffror och värden kommer att ändras något innan projektet är avslutat.

Resultat

Driftsäkerhetsanalysen inleddes med att undersöka feltyper, det vill säga undersöka vilka typer av fel som orsakar flest fel och längst ståtider. Störningarna, felen, delas in i fyra huvudgrupper, Maskinfel, Borrvatten, Elleverans, och Övrigt. Undersökningen av feltyper visar att för alla tre maskinerna orsakar maskinfelen de överlägset längsta ståtiderna. Maskinfelen orsakar även det största antalet fel för alla tre maskinerna. Eftersom maskinfelen var de dominerande både vad gäller genererad ståtid och antal fel undersöktes dessa närmare och det visade sig då att de flesta maskinfelen verkar uppstå i maskinernas växellådor. Dessa fel genererade även de längsta ståtiderna.

För att kontrollera maskinernas tillgänglighet beräknadess först deras MTBF, Mean Time Between Failures. MTBF är ett av de två viktigaste tillförlitlighetsmåtten när det gäller reparerbara system. Vad som är intressant att veta om ett system är just dess tillförlitlighet över en viss tidsperiod, och om systemet försämras eller förbättras med tiden. Båda dessa mått bestäms genom att tiden mellan fel undersöks. För de tre maskinerna varierade MTBF mellan 40 och 75 timmar.

Tillgängligheten beräknas genom att verklig utnyttjad drifttid divideras med total tillgänglig tid, dvs MTBF divideras med (MTBF+MDT) och multipliceras med 100 (för att få värdet i procent). Värdena på MDT (Mean Down Time) beräknades genom att den totala ståtiden (reparationstiden) divideras med totala antalet fel. Tillgängligheten för de tre maskinerna varierar mellan 92 och 97 %, vilket är högt. För att få upp alla maskinerna till den högre nivån, 97%, bör alltså resurser användas främst för att minska maskinfelen.

För att undersöka hur effektivt maskinerna används beräknas även nyttjandegraden för var och en av maskinerna. Med nyttjandegraden menas hur stor andel av den totala tiden som är tillgänglig maskinerna verkligen används. Nyttjandegraden beräknas som totala drifttiden (borrtid) genom total tillgänglig tid.

Alla tre maskinerna har en nyttjandegrad på ungefär 60-70%. Det innebär att under 60-70% av arbetstiden är maskinerna i drift. Denna siffra är hög, men borde kunna höjas,

© 2000 Svenska Bergteknikföreningen och författare

genom att nyttjandet av maskinerna optimeras. Nyttjandegraden skall inte förväxlas med tillgängligheten, som beskriver möjligheten att använda maskinerna utan driftstopp.

Sammanfattning/Slutsatser

Borrningen av schakten har hela tiden gått enligt förväntan, och under vissa perioder betydligt över förväntan. De gällande tidplanerna har hållits utan problem och maskiner och verktyg har fungerat tillfredställande. Man ökade tempot vid byte av cutterleverantör, och håller nu en jämn hög nivå på indrifterna.

Analyserna av indrifter och matningskrafter visar att indriften vid pilothålsborrningen bör kunna förbättras något, medan indriften vid rymningen är tillfredsställande. Det verkar som om bergarterna enligt gällande bergartsindelning påverkar indriften mindre än vad djupet vid borrningen gör. Viktigt är också hur homogent berget är, vid rörigt berg har lägre indrifter erhållits.

För att effektivisera användningen av maskinerna bör krafter läggas ner på att minska antalet maskinfel. Då tillgängligheten är relativt hög är det ändå viktigare att försöka förbättra nyttjandegraden. Att höja nyttjandegraden några procent för varje maskin är fullt möjligt, och i ett projekt av den här storleken har det stor betydelse. Detta kan åstadkommas genom effektiv planering, som minimerar väntetider och minimerar stillestånd relaterade till t ex cutterbyten.

Det är för tidigt att summera projektet, då en del fortfarande återstår, men hittills har det varit framgångsrikt och såväl kund som entreprenör är nöjda.