© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FULLBORRNING AV KYMMENTUNNELN

Forskning Nils-Olof Sundin, LuH/Bergteknik, Luleå

3 PROGNOS OCH UPPFÖLJNING AV DRIVNINGSDATA FÖR TBM

3.1 Inledning

Bergmassevariationer påverkar i större utsträckning fullborrning än borrning-sprängning. Drivningshastigheten kan tex variera med en tiopotens beroende på bergart och uppsprickningsgrad. Drivningstiden för TBM-projekt blir på grund av detta svårare att prognostisera och kräver bättre kunskap om projektområdets geologi. Ett annat område som också har stor betydelse vid bedömning av drivningstiden, är arbetsorganisationen uppläggning.

För att åstadkomma en någorlunda tillförlitlig prognos för TBM projekt, krävs en systematisk metodik där tunnelsträckan delas upp i zoner. Zonindelningen baseras på hur olika bergmassepara metrar och arbetsorganisatoriska data påverkar en TBM's drivningsprestanda.

Den ursprungliga drivningsprognosen för Kymmen, som utarbetades vid avd för Bergteknik LuH, baserades på från ABV och av LuH framtaget material. Då Skansk AB övertog vattenkraftsprojektet förändrades prognosens förutsättningar. Skanska AB valde att ändra den borrade tunnelns längd, att använda en TBM med andra prestanda, samt att utnyttja en arbetsorganisation som tillämpas i Norge vid TBM-projekt. Dessa förändringar medförde att den ursprungliga prognosen för drivningstid måste ändras. I detta föredrag kommer den omarbetade prognosen att jämföras med uppföljningsdata från själva drivningen.

I föredraget kommer även kortfattat att redovisas några jämförelser mellan geofysiska markmätningar och drivningsdata.

3.2 Drivningsprognos

Drivningsprognosen för TBM-drivningen i Kymmen, baserades på följande bakgrundsmaterial:

- Inträngnings- och slitagetester på bergartsprover
- Topografiska kartor
- Översiktlig berggrundskarta med geologisk beskrivning

Efter analys av dessa data, delades tunnelsträckan in i zoner. Zonindelningen baserades på hur fullborrningstekniken påverkas av bergmasseförändringar, TBM-prestanda och uppläggningen av arbetsorganisationen.

Vid omarbetningen av den ursprungliga prognosen ändrades antalet zoner (från 9 till 6), arbetstimmar per vecka (från 98 till 102.5) och TBM-ens varvtal (från 10 r/min till 8.1). Övriga faktorer som tex

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

zonlängd med bergklassindelning, matningskraft och utnyttjandegrad bibehölls.

Några av de parametrar som ingår i drivningsprognosen kan ses i nedanstående ekvation:

$$shz = L/(npr \times hsh \times U) \qquad \text{(skift/zon)}$$

där :

shz = antalet skift per zon (no/zon)
L = zonlängd (m)
npr = nettoindriftshastigheten (m/h)
hsh = antal arbetstimmar per skift = 9.32 (h)
(10 sh x 9.5 h + 1 sh x 7.5 h)/11
U = utnyttjandegrad (%)

I fig 1. redovisas prognosdata och drivningsdata för dessa parametrar.

Zon no	Antal skift per zon		Zonlängd (m)	Drivnings-hast. netto (m/h)		Utnyttjande-grad (%)	
	pred	enc		pred	enc	pred	enc
1.	130.8	121.6	600	2.46	2.88	20	18.4
2.	184.6	241.7	1600	1.86	1.94	50	36.7
3.	126.6	102.2	1100	4.66	2.25	20	51.4
4.	88.8	88.4	600	1.45	1.44	50	50.6
5.	62.7	63.2	500	1.71	1.92	50	44.2
6.	17.0	16.9	126	1.59	1.41	50	53.6
Tot Mv	610.5	634.0	4526	2.13	1.98	37.3	38.7

Fig 1 Sammanställning av predikterade (pred) och framräknade (enc) drivningsdata.

För Zon 1. är predikterade nettoindriften 15 % för låg, vilket medför att antalet arbetade skift blir 8 % för högt.

För Zon 2. är predikterade utnyttjandegraden 35 % för hög, vilket medför att antalet arbetade skift blir 25 % för lågt. Den låga utnyttjandegraden berodde främst på kvarstående problem från krosszonen vid Finnsjön.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För Zon 3. är predikterade nettoindriften 105 % för hög vilket i viss mån kompenseras med att utnyttjandegraden predikterades 60 % för lågt. Missen beror en för hög predikterad faktor för uppsprickningsgraden, samt att befarade problemen under sjön Trehörningen ej uppstod.

För Zon 4. stämmer prognosen med verkliga drivningsdata.

För Zon 5. kompenseras en 10 % för låg prediktering av nettoindriften med en 15 % för hög utnyttjandegrad.

För Zon 6. kompenseras en 15 % för hög prediktering av nettoindriften med en 5 % för låg utnyttjandegrad.

Totalt för hela fullborrade tunnelsträckan (4.526 m) är prognosen för antalet skift 4 % för låg, nettoindriften 8 % för hög och utnyttjandegraden 4 % för låg.

I fig 2. redovisas en jämförelse mellan enteprenörens, LuH/Bergtekniks prognos och verkliga drivningsdata. Av figuren framgår att enteprenörens prognos för hela fullborrade tunnelsträckan avviker med 15 veckor och LuH's prognos med 2 veckor.

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

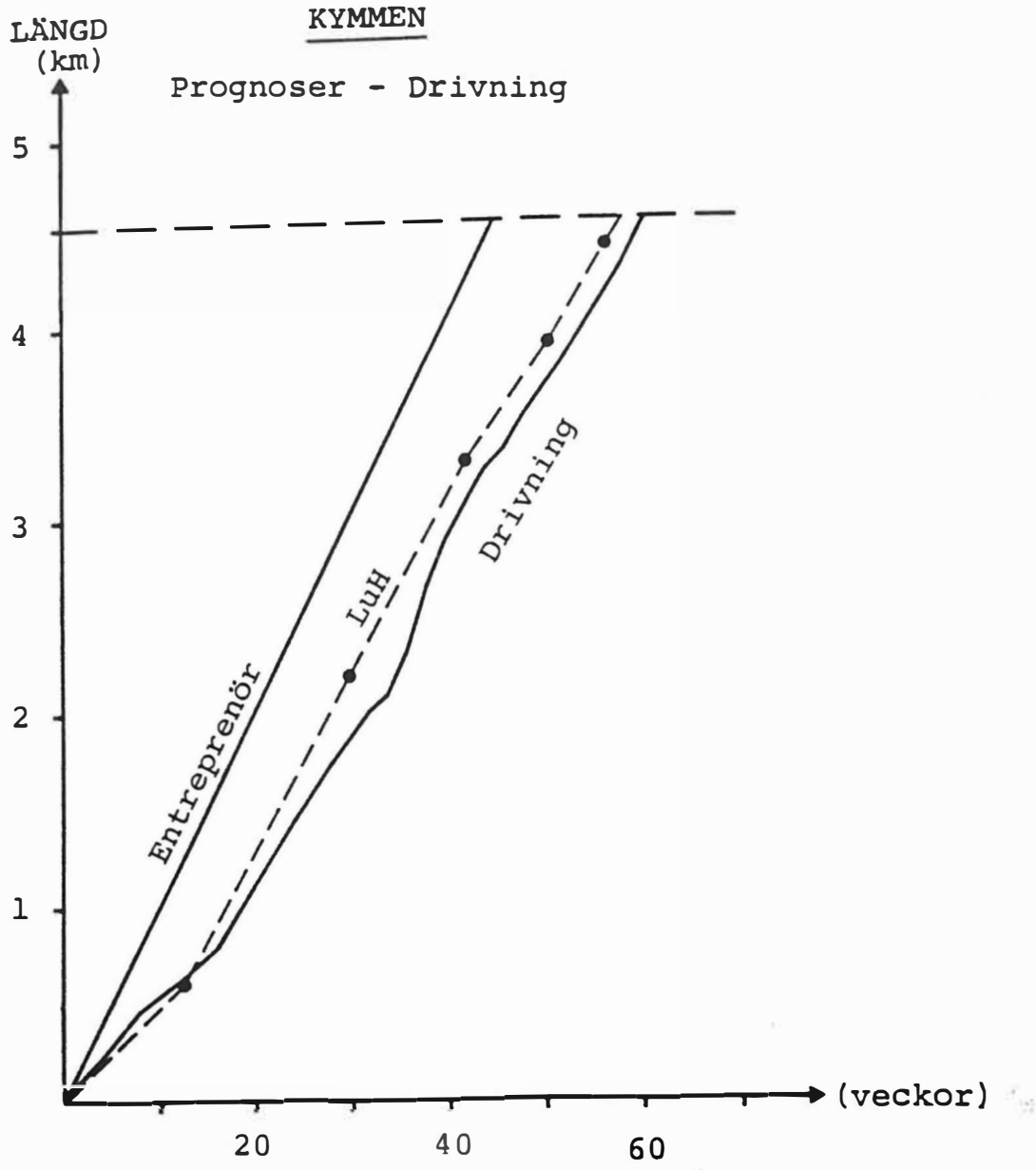

Fig 2 Jämförelse mellan drivningsresultat TBM-borrning och entreprenörens och LuH/Bergteknik prognoser för drivningstid.

3.3 Geofysiska mätningar

Geofysiska markmätningar, med olika metoder, har utförts längs hela tunnelsträckan. Resultat och analyser från dessa mätningar kommer att redovisas, inom en snar framtid, som ett examensarbete LuH/Prospekteringsteknik (L Nilsson, E Andersson). Jag kommer därför mycket översiktligt redovisa några resultat.

Följande metoder tillämpades, magnetiska, elektriska och elektromagnetiska mätningar (slingram och VLF). I fig 3. redovisas en sammanställning av a) zonindelning för drivningsprognos LuH, b) bergklassindelning i tunneln enligt Hans Helfrish, c) zonindelning av nettoindriftsdata från borrningen och d) geofysiska anomalier (indikationer).

© 1987 Svenska Bergteknikföreningen och författare

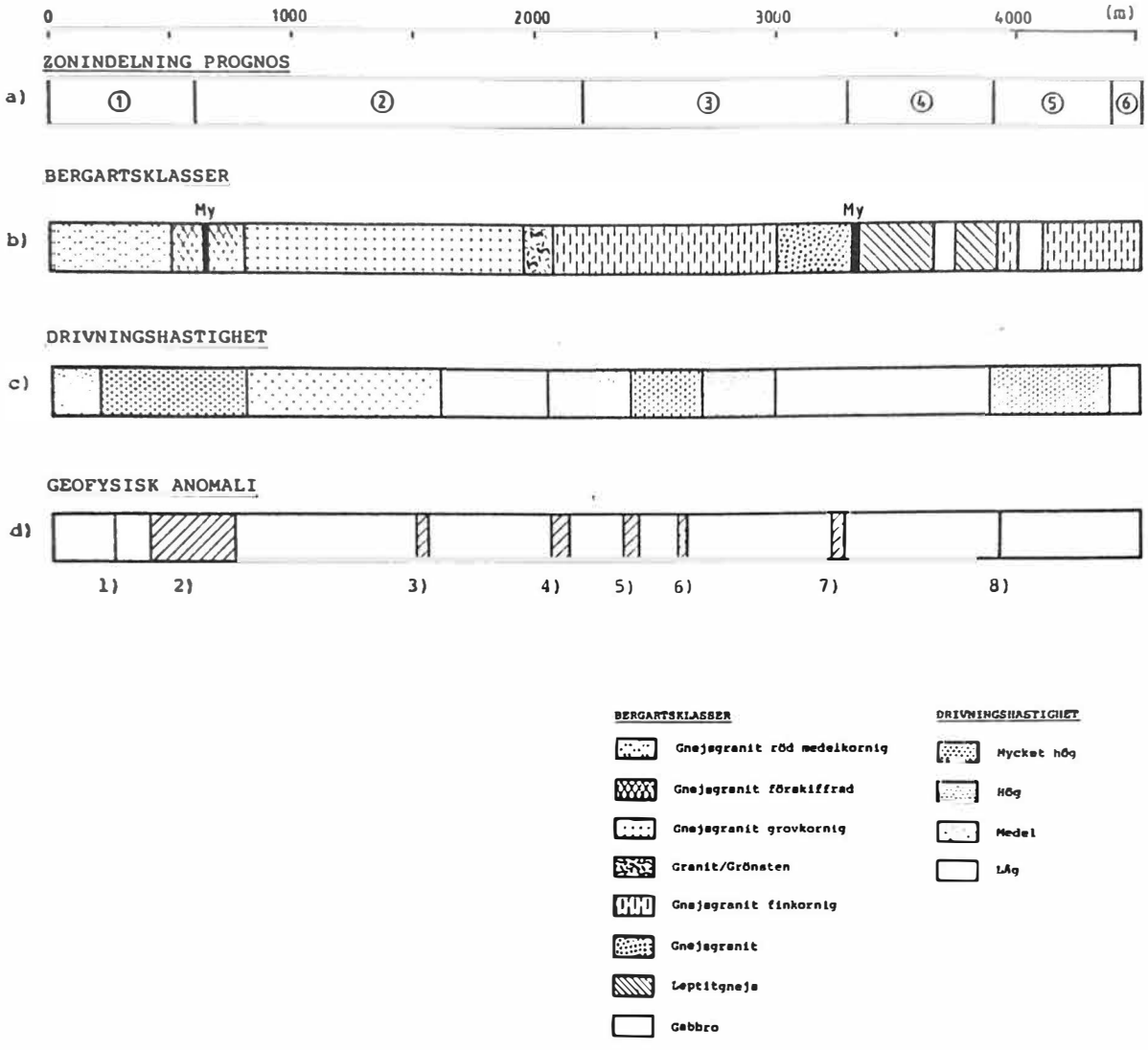

Fig 3 Sammanställning av a) zonindelning för drivningsprognos LuH, b) klassindelning av bergarter enl H Helfrich, c) zonindelning av drivningshastighet verklig borrning, d) geofysiska anomalier (indikationer) från markmätningar.

En första tolkning av de geofysiska mätningarna ger följande resultat:

- Den klaraste och bredaste anomalin nr 2), förorsakas av krosszonen under Finnsjön.

- Alla anomalier utom 7) indikerar förändringar av indriftshastigheten. Orsaken till detta är svår att fastställa. Man vet av erfarenhet att en bergmassas uppsprickningsgrad, har en mycket stor betydelse för drivningshastigheten vid fullborrning. Man vet även att skillnaser i bergmassans vatteninnehåll, indirekt beroende av uppsprickningsgrad, kan indikeras med elektriska och elektromagnetiska mätningar.

- Anomali 7) orsakas troligen av en några meter bred mylonitzon.

Om de markgeofysiska mätningarna varit utförda innan prognosen utarbetats, skulle zonindelningen kunnat anpassas bättre. Frågan är dock om detta skulle ha lett till att prognosen för totala drivningstiden blivit säkrare.