© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

PÅGÅENDE BERGTEKNISKE AKTIVITETER I NORGE

Arne Myrvang, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim

Innledning

Den bergtekniske aktiviteten i Norge har i lang tid vært svært stor, og selv om utsiktene for de nærmeste årene synes å være noe slakkere , vil det fortsatt være en betydelig aktivitet. Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk har i mange år publisert en årlig tunnelstatistikk. Denne viser totalt volum utsprengt under jord i forbindelse med tunneler og andre underjordsanlegg, eksklusive bergverk. Det totale volum har variert mellom 3 mill. fm^3 og 5 mill. fm^3 pr. år i de siste 30 år. 1998 var et meget godt år med et volum på litt over 5 mill. fm^3. Tabell 1 gir en detaljert oversikt over ulike typer underjordsanlegg i 1998. Det vil fremgå at det er samferdselssektoren som er den helt dominerende, i det vegtunneler utgjør ca. 70 % av volumet. Dette tilsvarer ca. 55 km vegtunnel.

Tabell 1: Tunneler og bergrom drevet i Norge i 1998 (Norsk Forening for Fjellsprengningteknikk 1998)

Type	(2-10) m²		(10-30) m²		(30-50) m²		(50-100) m²		>100 m²		Total	
	Length m	Volume solid m³	Length m	Volume solid m³	Length m	Volume solid m³	Length m	Volume solid m³	Length m	Volume solid m³	Length m	Volume solid m³
Total Railways	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Highways	0	0	11	485	11 744	577 900	23 075	1 414 234	20 095	1 450 583	54 925	3 843 282
Total Underground/Metro	0	0	5	100	0	0	10	700	20	2 000	35	2 800
Total Water Supply	0	0	2 572	54 400	4 420	123 420	100	9 600	0	0	7 092	187 420
Total Hydropower	148	740	18 078	440 980	0	0	1 032	61 000	70	27 760	19 328	530 480
Total Sewage	0	0	2 745	63 270	0	0	0	0	0	127 000	2 746	190 270
Total Storage Caverns	0	0	0	0	1 850	86 000	225	17 250	1 513	539 000	3 388	642 360
Total Others												0
TOTAL	148	740	23 411	959 215	17 814	987 320	24 442	1 502 784	21 698	2 146 443	87 513	5 096 502

I tillegg til dette er det også drevet et betydelig underjordsvolum i forbindelse med gruvedrift. Typisk for dagens norske bergverksdrift er at dette i alt vesentlig er industrimineraler med kalkstein som det viktigste mineralet. Årlig produksjon av industrimineraler fra et tjuetalls underjordsgruver er ca. 5 mill. tonn. eller ca, 2 mill. fm^3.
Det største volumet totalt sett kommer imidlertid fra dagsprengning i forbindelse med skjæringer, byggetomter, pukkproduksjon (macadam) og bergverksdrift. Bare pukk alene utgjør ca. 25 mill. tonn eller ca. 9 mill. fm^3. Dette innlegget vil imidlertid stort sett omhandle underjordsprosjekter.

Pågående prosjekter

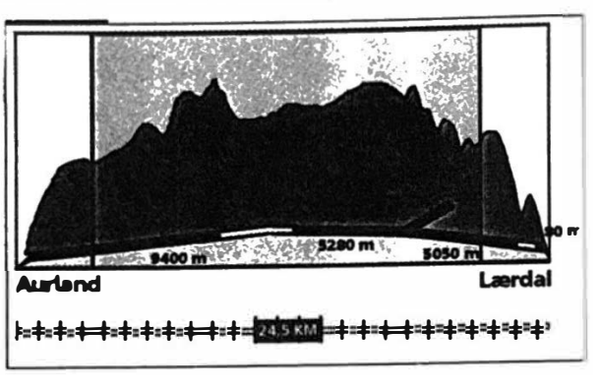
Som nevnt ovenfor var vegtunneler den dominerende aktiviteten i 1998, og dette fortsetter også i 1999, i det det ved årskiftet foregikk drift i et tjuetalls vegtunneler. Det vil føre for langt å beskrive alle tunneler, så bare de viktigste og mest spektakulære anleggene vil bli nevnt her.

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

For flere av de store tunnelprosjektene har to tekniske nyvinninger hatt stor betydning:

1. Bruk av emulsjonssprengstoffer eller slurry under jord. Dette sprengstoffet utvikler vesentlig mindre miljøfarlige sprenggasser enn konvensjonelle sprengstoffer, noe som er av avgjørende betydning, særlig i lange tunneler.
2. Utvikling og bruk av alkaliefri akselleratorer for sprøytebetong.Dette gir vesentlig hurtigere herdning av sprøytebetongen, noe som gjør det mulig å sprøyte på tykkere lag. Dette gjør at kostbar og tidkrevende konvensjonell utstøpning med støpeskjold i mange tilfeller kan elimineres, slik at fremdriften kan opprettholdes også i ganske dårlig berg.

I 1995 startet drivingen av Lærdalstunnelen. Med en total lengde på 24505 m vil den bli verdens lengste vegtunnel, og er vel for tiden det mest spektakulære underjordsalegg under driving i Norge.Ved årsskiftet var det drevet tilsammen ca. 21000 m, og gjennomslag vil skje i løpet av høsten 1999. Tunnelen vil etter planen være ferdig for trafikk senhøstes 2000.



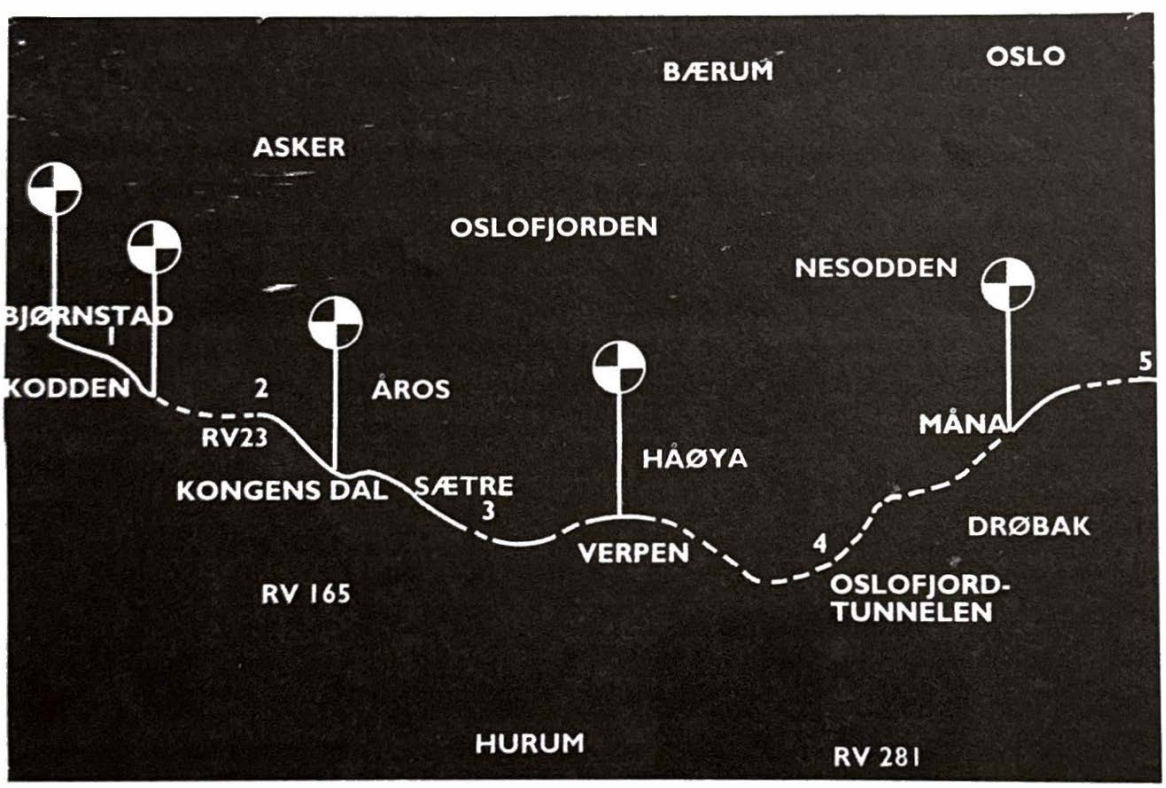
Figur 1: Forenklet lengdesnitt av Lærdalstunnelen (Fra Byggeindustrien nr 17, 1998)

Figur 1 viser et forenklet lengdesnitt av tunnelen. Tunnelen går mellom Lærdal og Aurland i Sogn, ca. 60 km nord-øst for Bergen, og ligger i sin helhet i prekambrisk gneis. Tunnelen er en del av den stamvegforbindelsen mellom Oslo og Bergen. På Lærdalsiden er det også drevet et tverrslag fra Tynjadalen. Fra tverrslaget drives det på to stuffer, en mot Aurland og en mot Lærdal. Videre drives det på en stuff fra Lærdal. Fra Aurland drives det på en stuff, dvs. tilsammen fire stuffer. Ved årssfiftet var det drevet over 10000 m fra Aurlandstuffen, og dette er definitivt verdens lengste tunnelgren drevet fra *en* stuff med konvensjonell boring / sprengning.
Bergoverdekningen er over 1000 m over lange strekninger og kan lokalt være opp til 1400 m. Det var forventet bergspenningsproblemer på grunn av høge vertikalspenninger. Det viste seg imidlertid at de tildels store spenningsproblemene som oppsto skyldes høge horisontale, tektoniske spenninger. Målinger har vist horisotalspenninger på over 40 MPa . Dette har over lange strekninger gitt tildels meget kraftig spraking (smällberg) i tunneltaket, noe som i et par tilfeller har gitt personskade. Problemene er løst med tett bolting med forspente, polyesterforankrede bolter både i taket og nedover veggene, kombinert med fiberarmert sprøytebetong.

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I stedet for tradisjonelle snunisjer (vendenicher) er det i Lærdalstunnelen drevet tre rundkjøringer (rondeller) i form av bergrom med diameter ca. 30 m. Drivingen av bergrommene har gått over all forventning uten stabilitetsproblemer i taket av betydning. Dette skylde sannsynligvis at de høge horisontalspenningene gir en god innspenning av taket, selv med over 1000 m bergoverdekning.
Ventilasjon av de lange grenene skjer ved såkalt «sug-blås», dvs. ventilasjonsretnigen kan vendes. Etter sprengning settes viftene på sug, og suger sprenggassene direkte fra stuffen. Det betyr at stuffen er ren etter relativt kort tid, og mannskapene kan kjøre inn uten å passer gjennom gassproppen på veg inn. Etter at gassene er suget ut , snus viftene, og stuffen ventileres med blåsing.

En av Norges største vegprosjektet under bygging i dag, er den såkalte Oslofjordforbindelsen, som vil gi en fergefri forbidelse mellom østre og vestre del av Oslofjorden uten å måtte passere gjennom Oslo sentrum. Dette vil gi en vesentlig forbedring av infrastrukturen i regionen. Figur 2 viser en oversikt over prosjektet.

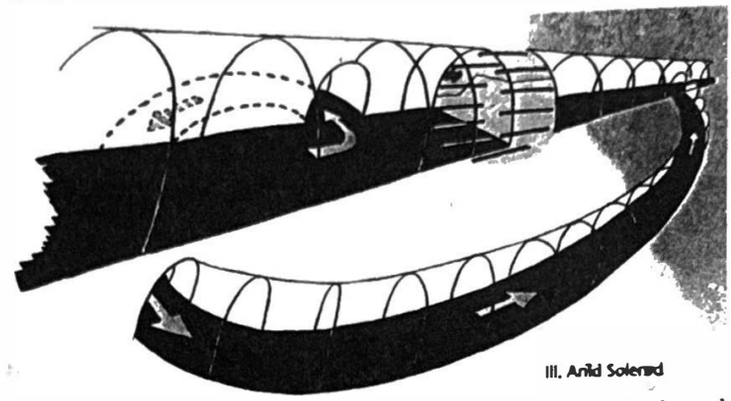


Figur 3: Oversikt over Oslofjordforbindelsen (Fra Statens Vegvesen: Oslofjordforbindelsen)

Forbindelsen er 26,5 km lang og innbefatter i alt 6 tunneler med lengder fra 365 m til 7230 m, og med samlet lengde 12800 m. Den mest interessante tunnelen er den undersjøiske Oslofjordtunnelen med lengde 7230 m , og som vil bli Norges nest lengste undersjøiske tunnel. Bergartene langs tunnelen er for det meste prekambriske gneiser og granitter. Tunnelen har en bredde på 11 m og vil gi plass til en trefelts veg. Tunnelen har et fall på 7 % mot bunnen under fjorden fra begge sider, med et flatt parti midten. Dypeste punkt ligger 130 m under havflaten.

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

På vestsiden av fjorden er tunnelen drevet på to stuffer fra et tverrslag. Generelt har de geologiske forholdene vært gode. Under fjorden har berget generelt vært tettere enn forventet, og bare begrenset injeksjon er foretatt. Forundersøkelsen viste en betydelig svakhetssone i den vestlige delen av fjorden. Da sonen ble påtruffet, viste det seg at den i den øverste delen av tunneltverrsnittet besto av vannførende løsmasser. Dette var såpass alvorlig at det ble besluttet å stoppe driften langs tracéen.. For ikke å stoppe driften helt, ble det drevet en 350 m by-pass -tunnel under hovedtracéen som vist på figur 3. Her var berget mye bedre, og by-pass - tunnelen ble drevet uten store problemer. Det ble beslutte å passere sonen



Den 350 meter lange omløpstunnelen har gjort det mulig å fortsette arbeidet med hovedtunnelen videre mot Drøbak. Den passerer 20 meter under svakhetssonen, som skal fryses ned før den sprenges forsiktig ut.

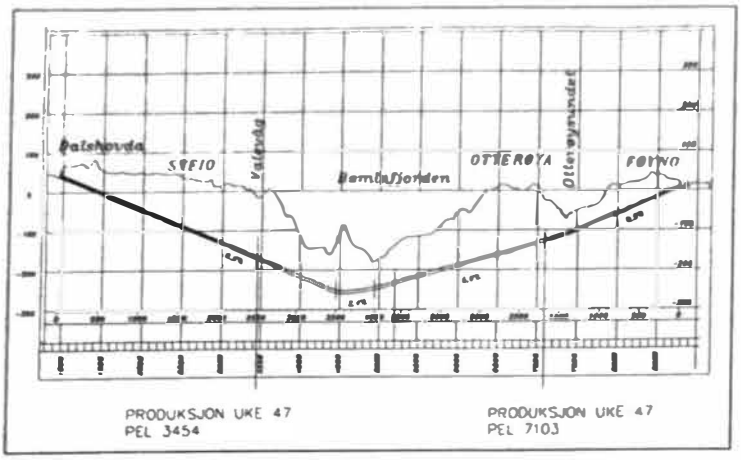
Figur 3: Svakhetssone med fryseopplegg og by-pass-tunnel (Fra Statens Vegvesen: Oslofjordforbindelsen)

med hovedtunnelen ved hjelp av frysetekmikk. Dette skjer ved å bore 60 horisontale hull, samt tilhørende kontrollhull rundt tunnelprofilet. I frysehullene settes rør for tilføring av saltlake inn i hullene. Saltlaken kjøles ned ved hjelp av flytende ammoniakk til bergmassene i et 1 m tykt lag rundt tunnelen holder minst -30°C. Deretter sprenger man seg forsiktig gjennom de frosne massene, og tunnelen utstøpes med 1 m tykk armert betong. Når betongarbeidet er avsluttet, koples fryseaggregatet fra. Arbeidene er omfattende og tidkrevende, men arbeidene vil ikke forsinke prosjektet totalt på grunn av at driften går som normalt via by-pass tunnelen. Gjennomslag i hovedtunnelen vil sannsynligvis finne sted i løpet av forsommeren.
Oslofjordforbindelsen er planlagt ferdigstilt i juli 2000.

Et annet stort vegprosjekt er det såkalte trekantsambandet, som gir øykommunene Bømlo, Stord og Fitjar sør for Bergen ferjefri vegforbindelse til fastlandet. En del av dette er Bømlafjordtunnelen som blir Norges lengste undersjøiske tunnel med en lengde på 7820 m. Laveste punkt er 260 m under havflaten. Figur 4 viser et lengdesnitt av tunnelen. Bergartene langs tracéen er delvis prekambrisk gneis og,delvis Kamrosiluriske grønsteiner og fylitter. Driveforholdene har så langt har vært bedre enn ventet. Gjennomslag er planlagt å skje før 1 desember 1999. Midt i

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

fjorden forventes det imidlertid en større forkastningssone, som sannsynligvis vil påtreffes tidlig i 1999. Hittil har gjennomsnittlig inndrift på to stuffer vært 100 m pr. uke. Rekord på en stuff har vært 77 m pr. uke eller 16 salver.



Figur 4: Lengdesnitt av Bømlafjordtunnelen med inndrift pr. 1 desember 1998 (fra Byggeindustrien nr 17, 1998)

Frøyatunnelen er en annen betydelig undersjøisk tunnel under driving. Den går mellom øyene Hitra og Frøya ca. 100 km vest for Trondheim. Hitra ble forbundet med fastlandet via en drøyt 5 km lang undersjøisk tunnel i 1994. Frøya ligger helt ute i Atlanterhavet og vil bli landfast via den nye Frøyatunnelen og Hitratunnelen. Frøyatunnelen vil bli 5270 m lang. Ved årsskiftet var det drevet ca. 1400 m fra Frøyasiden og ca.1500 m fra Hitrasiden. Bergartene i området er stort sett prekambriske gneiser, men under forundersøkelsene ble det oppdaget flere soner med meget svake, oppknuste bergarter. Det ble nødvendig med omfattende tilleggsundersøkelser, noe som forsinket anleggsstart med et par år. Den antatt verste sonen er nå passert ved hjelp av full utstøpning, uten at dette har medført store problemer. Totalt er det lagt inn 700 m full utstøpning i prosjektplanen.Dette er en tidkrevende og meget dyr bergforsterkning. Det har imidlertid vært diskutert å erstatte dette med sprøytebetong. Det vil i så fall bli gjort med alkaliefri akselerator i betongen, noe som minsker herdetiden radikalt, og som gjør det mulig å påføre 20 cm betong i en operasjon. Dette har vært brukt med stort hell i den såkalte Fatimatunnelen, en annen lang undersjøisk tunnel som snart er ferdig. Tunnelen er en del av fastlandsforbindelsen fra Nordkapp, og undervegs har det vært store stabilitetsproblemer, med en kraftig forsinkelse av prosjektet som resultat.

Et annet stort og sammensatt prosjekt er utbyggingen av E 18 i Nordre Vestfold på vestsiden av Oslofjorden (like sør for Drammen). Med en sammenhengende utbygging av 35 km firefelts motorveg med en total ramme på 3 milliarder kroner er dette det største vegprosjektet i Norge til nå. Totalt vil det bli sprengt 4,5 mill. fm^3 berg i dagen og tunneler. Det vil bli drevet 7 doble bergtunneler med lengder mellom 170 m og 1765 m og med en samlet lengde på ca. 6500 m. Anlegget ble startet i 1994 som en tofeltsveg. Senere er det vedtatt at vegen skal utvides til

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

firefelt, og dagens anleggsvirksomhet er basert på dette. For tiden er to av de parallelle tunnelene under driving. Bergartene i området er en blanding av kambrosiluriske sedimenter og permiske intrusivbergarter.
Anlegget er planlagt ferdigstilt i hele lengden i november 2000.

Som et siste eksempel på vegprosjekt skal nevnes den 11650 m lange Folgefonntunnelen ca. 100 km øst for Bergen. Den går under den store isbreen (glacieren) Folgefonna, og ble startet opp i 1997. Planlagt ferdigstillelse er høsten 2001. Driften har så langt gått etter planen uten store bergmekaniske problemer til tross for bergoverdekning på over 1000 m.

Av figur 1 og tabell 1 vil det fremgå at veganlegg representerer den dominerende aktiviteten innen bergteknikk. Men det foregår likevel en betydelig aktivitet innenfor andre områder.
Kraftutbygging var inntil langt opp i åttiårene dominerende. Det meste av det som blir tillatt utbygget er nå utbygget, med noen få unntak. Det foregår imidlertid en betydelig modernisering / utvidelse av eksisterende kraftverk, og dette vil nok også representere et betydelig potensiale i fremtiden.
For tiden foregår utbygging ved Grøa Kraftverk ved Sunndalsøra ca 150 km sørvest for Trondheim, Fløyrli Kraftverk ved Lysefjorden ca 50 km øst for Stavanger, Lakshola Kraftverk ca. 100 km øst for Bodø og Mo Kraftverk ved Førde ca 200 km nord for Bergen. Samlet utgjør dette bortimot 20 km tunnel og en totalt utsprengt masse på over 500000 m^3.

Petroleumsvirksomheten har i årenes løp også medført store bergtekniske prosjekter på land i forbindelse med ilandføring av rørledninger, prosesseringsanlegg, lagring og byggevirksomhet generelt. For tiden foregår det betydelig anleggsvirksomhet i forbindelse med fremføring av gassrørledninger over land til Kårstø i Rogaland (nord for Stavanger) hvor det bygges ut et stort gassbehandlingsanlegg for gass fra Åsgardfeltet. Dette inkluderer bl.a. lagringsanlegg for LPG i bergrom.
På Sture like nord for Bergen foregår for tiden driving av et lagringsanlegg for nedkjølt gass (- 30° C) i berg.

Bergrom som deponi for problemavfall har lenge vært brukt i Odda, ca. 100 km øst for Bergen. Her deponeres såkalt jarositslam fra et smelteverk (Norzink AS) i store bergrom drevet inn i fjellsiden. De første rommene ble drevet for ca. 15 år siden og siden er det drevet 8 parallelle rom etter hvert som behovet har oppstått. For tiden foregår drift av 3 nye rom med et samlet volum på 420000 m^3.

Avslutningvis må det sies noen ord om bergindustrien. Den tradisjonelle malmgruveindustrien er praktisk talt borte i Norge. Bergindustri i dag er basert på industrimineraler , tilslagsmaterialer (macadam) og natursten. Norge har et stort potensiale innen disse feltene.Landet har allerede en betydelig og økende eksport av tilslagsmaterialer og pukk. Industrimineralprodukjonen har i en årrekke vist en gledelig vekst, og en god del av produkjonen skjer ved underjordsdrift. For en

© 1999 Svenska Bergteknikföreningen och författare

gammel bergmann er det særdeles gledelig å registrere at det for tiden utvikles to nye underjordsgruver for kalksten (her som viktig råstoff for papirindustrien), og en underjordsgruve for olivin (viktig råstoff for stålindustrien). Når disse er i produkjon, finnes det faktisk 20 underjordsgruver for industrimineraler i Norge med en produkjonsmengde i tonn som langt overskrider produkjonen fra tidligere tiders underjords metallgruver!

Hva med fremtiden?

Signaler fra høyeste politiske hold indikerer en reduksjon i vegutbyggings-prosjekter i de nærmeste årene. En rekke igangværende prosjekter vil imidlertid sikre en relativt stor aktivitet likevel. Fjorårets rekordnivå vil neppe vedvare. Vedvarende lave oljepriser vil påvirke aktivitetsnivået generelt i samfunnet, og spesielt innen direkte oljerelaterte prosjekter. Større planlagte prosjekter kan nok bli lagt på is. Dette betyr en generelt lavere aktivitet innen «civil»-sektoren. Innen bergindustri forventes ingen markant nedgang.
Når dette er sagt, så vil det likevel alltid være en relativt betydelig bergteknisk aktivitet i Norge. Fjellet står jo alltid i vegen for mange slags aktiviteter!

Litteratur

For utarbeidelse av denne oversikten er følgende kilder brukt:

Norsk Forening for Fjellsprengningteknikk : Tunnelstatistikken 1998
Tidsskriftet Byggeindustrien nr. 15 og 17, 1998
Tidsskriftet Byggaktuelt nr 12, 1998
Tidsskriftet Anlegg & Transport nr 11, 1998
Tidsskriftet Våre Veger nr 9 og 10, 1998
Statens Vegvesen Informasjonsbrosjyer: Ny E18 i Vestfold, Oslofjordforbindelsen, Teknisk informasjon om Trekantsambandet.