



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



## Sprutbetongens vidhäftning mot bergunderlag

Lennart Karlsson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-1241
Plac	See

R  
ANT

R69:1980

SPRUTBETONGENS VIDHÄFTNING MOT BERGUNDERLAG

Lennart Karlsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760736-9  
från Statens råd för byggnadsforskning till Bergsäker  
Konsult AB, Hisings Backa.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R69:1980 5402

ISBN 91-3270-9

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 053421

INNEHÅLL		sid.
	FÖRORD	5
	FÖRTECKNING ÖVER FIGURER	7
1	BAKGRUND OCH MÅLSÄTTNING	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Målsättning	10
2	PROVNINGARNAS UTFÖRANDE	10
2.1	Utrustning och metodik	10
2.2	Bergunderlag	12
2.3	Sprutbetong	13
2.4	Olika typer av brott	14
2.5	Redovisning	16
3	FÄLTFÖRSÖK PÅ UTVALDA BERGYTOR	16
3.1	Allmänt	16
3.2	Råvattentunneln Bolmen-Äktaboden	16
3.21	Beskrivning av bergytor	16
3.22	Ytornas behandling	17
3.23	Resultat	19
3.3	Hetvattentunnel Shell-Godhemsgatan Göteborg	21
3.31	Beskrivning av bergytor	21
3.32	Ytornas behandling	21
3.33	Resultat	22
3.4	Sammanfattning	24
4	SLUMPMÄSSIG PROVNING I ANLÄGGNINGAR UNDER BYGGNAD	27
4.1	Allmänt	27
4.2	Förutsättningar	27
4.21	Bergunderlag	27
4.22	Föreskrifter	27
4.3	Resultat	28
4.4	Provytor	30
4.5	Sprutbetong utförd som driftförstärkning	32
4.6	Glimmerytor	33

5	PROV TAGNA I GAMMAL SPRUTBETONG	35
5.1	Allmänt	35
5.2	Muskö Örlogshamn	35
5.3	Stenungsunds värmekraftverk	37
5.4	Sammanfattning	37
5.5	Hagelgruvan	38
6	KOMMENTARER	39
6.1	Jämförelser mellan föreskrifter och uppnådda resultat	39
6.11	Allmänt	39
6.12	Uppnådda resultat och bortfall av prov	39
6.13	0-värden	41
6.2	Behovet av rengöring	42
6.3	Provningens användbarhet	42
	LITTERATUR	43
	BILAGOR	
1	OBJEKTBSKRIVNING	
2-11	TABELLER ÖVER PROVNINGSRESULTAT	
2	Tunnel Bolmen-Åktaboden, Fältförsök	
3	Tunnel Shell-Godhemsgatan, Fältförsök	
4	Brattåsverket	
5	ÖEF anl 3905	
6	Norrleden	
7	Västerleden	
8	Tunnel Shell-Godhemsgatan	
9	Muskö Örlogshamn	
10	Värmekraftverket, Stenungsund	
11	Hagelgruvan	

## FÖRORD

I december 1976 beviljade Statens råd för byggforskning 160.000 kronor till detta projekt. Beloppet har sedan ökats till 176.000 kronor som kompensation för de merkostnader som uppstått genom tillsättandet av en referensgrupp. Referensgruppens medlemmar har varit

Björn Hellström	Cement & Betonginstitutet
Bertil Sandell	Betongsprutningsaktiebolaget BESAB
Stig Sällström	Sv Fabriksbetongföreningen
Hans Ryttinger	Stockholms hamns anläggningsprovning

Vid referensgruppens möten har även Jonas Holmgren och Torbjörn Holm från Fortifikationsförvaltningen deltagit som representanter för ett parallellprojekt.

Projektet har i huvudsak utförts i anläggningar under byggnad men också i färdiga anläggningar under drift. Detta har krävt ganska mycket tid för samordning. Genom utomordentligt stort tillmötesgående från såväl beställare som entreprenörer har projektet kunnat genomföras. Hänsyn till pågående drift har dock i vissa fall begränsat möjligheterna att göra komplett-erande prov i den utsträckning som ibland skulle varit önskvärd. Det har också i någon mån minskat möjligheter till val av provtyper etc. Dessa begränsningar har dock inte stört projektet i stort även om det i vissa fall inte varit möjligt att nå upp till den ambitionsnivå som låg till grund för projektet.

Direkta bidrag till undersökningarna har givits av AB Sydsvatten, TUNKO och Energiverken i Göteborg, som betalat vissa delar av kostnader för den provning som utförts på utvalda bergtyper.

I undersökningen ingår totalt närmare 500 borrhärdar representerande en provningskostnad av ca 200.000 kronor. Därutöver har vidhäftningen i en äldre anläggning med ca 40.000 m<sup>2</sup> sprutbetong kontrollerats genom knackning med hammare.

Jag vill härmed tacka alla som upplåtit platser för provning, lämnat bidrag eller råd och på annat sätt stött detta projekt.

Medarbetare vid provtagning och sammanställning har varit Ingvar Bogdanoff, Nils Bergkvist, Lars Hagman, Gunnar Ekman och Bertil Karlsson. Jag tackar er och alla de kontrollanter och arbetsledare ute på arbetsplatserna som möjliggjort projektet.



## FÖRTECKNING ÖVER FIGURER

Fig nr	Figurtexter	Figur
2.1	Stålring för fixering av utrustning för planborrning, kärnborrning och provdragning.	Foto
2.2	Utrustning för plan -och kärnborrning.	Foto
2.3	Utrustning för provdragning.	Foto
2.4	Kärna som brustit i kontaktytan mellan berg och betong.	Foto
2.5	Fördelning i % mellan olika brottyper vid slumpmässig provning i anläggningar under byggnad.	Tabell
3.1	Bergytornas behandling före betongsprutning i tunnel Bolmen-Åktaboden.	Tabell
3.2	Provyta.	Foto
3.3	Jämförelse mellan torrblåst och fuktad yta.	Diagram
3.4	Inverkan av olika behandlingsmetoder.	Diagram
3.5	Bergytornas behandling före betongsprutning i tunnel Shell-Godhemsgatan.	Tabell
3.6	Inverkan av olika behandlingsmetoder.	Diagram
3.7	Inverkan av blästring.	Diagram
3.8	Uppnådda värden på olika bergytor.	Diagram
3.9	Jämförelse mellan sprickytor och brutna ytor.	Diagram
3.10	Inverkan av olika sprutavstånd på olika ytor.	Diagram
4.1	Medelvärden och spridning för prov tagna i anläggningar under byggnad.	Tabell
4.2	Medelvärden för brott i kontaktytan $\bar{x}$ och $\bar{y}$ .	Diagram
4.3	Vidhäftningsprov Norrleden.	Diagram
4.4	Vidhäftning mot granit och tuffit Västerleden.	Diagram
4.5	Prov tagna på betong utförd som driftförstärkning.	Diagram

4.6	Prov tagna på glimmetrytor.	Diagram
5.1	Prov tagna i äldre betong under och över vattenlinjen i en docka.	Diagram
6.1	Användning av prov enligt modell godkänd - icke godkänd.	Tabell
6.2	Användning av prov enligt modell $\bar{x}-\bar{y}$ .	Tabell
6.3	Orsak till 0-värden i % av antalet prov.	Tabell

## SPRUTBETONGENS VIDHÄFTNING MOT OLIKA BERGUNDERLAG

## 1. BAKGRUND OCH MÅLSÄTTNING

1.1 Bakgrund

Sprutbetong har sedan slutet av 50-talet alltmera undanträngt konventionellt gjuten betong som medel att förstärka svaga bergpartier. Jämte ingjutna bultar är sprutbetong idag den vanligaste metoden att förstärka berg i Sverige.

Förutom den primära användningen som medel att förstärka svaga zoner i berget används sprutbetong också till att förhindra avlossning av stenar från bergytan på gata eller uttorkning eller urlakning av sprickor i berget. I sådana fall anbringas sprutbetongen som ett 2 till 5 cm tjockt oarmerat eller 7-10 cm armerat skikt företrädesvis i tunnlar och bergrums tak och anfang. Användningen av armering betingas i vissa fall av fortifikatoriska skäl men ojämförligt oftare av osäkerheten om möjligheterna att uppnå fullgod vidhäftning mellan berget och sprutbetongen. Kostnadsrelationerna mellan armerad och oarmerad sprutbetong är 2,5-3:1.

Sprutbetong används i princip på två sätt:

- som en tunn ofta oarmerad betonghud som låser ytberget
- som bärande element utformat som skal eller båge

Det förstnämnda förstärkningssättet användes där vidhäftning påräknas, det andra förstärkningssättet användes där man inte kan påräkna fullgod vidhäftning eller där stabilitetsförhållandena kräver en större förstärkningsinsats. För att kunna välja rätt typ av förstärkning är det väsentligt att veta hur stor vidhäftningen förväntas bli under olika betingelser.

Vidhäftningens betydelse för sprutbetongens bärförmåga har blivit visats av Jonas Holmgren [1].

## 1.2 Målsättning

Målsättningen med detta projekt har i första hand varit att utvärdera vidhäftningen hos betong som sprutats mot olika underlag i kristallint berg. Möjligheter att öka vidhäftningen genom vissa åtgärder skulle också undersökas.

Genom ökade kunskaper om vad som är möjligt att utföra i fält under olika betingelser skulle bättre förutsättningar skapas för normering och dimensionering av sprutbetong.

## 2 PROVNINGARNAS UTFÖRANDE

### 2.1 Utrustning och metodik

Vidhäftningen har undersökts genom att kärnor friborrats och provdragits på platsen. För att korrekta värden skall erhållas måste dragkraften angripa i en linje som går genom kärnans symmetriaxel. Den utrustning som använts har konstruerats speciellt för denna typ av provning. Allt arbete har inordnats i ett system där såväl borrning som provdragning sker från en stålring som fästes på ytan (fig 2.1).

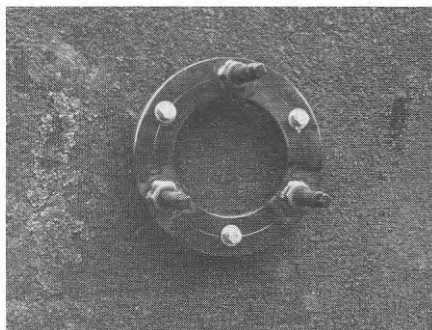


Fig 2:1 Stålring för fixering av utrustning för planborrning, kärnborrning, centreringsplatta och provdragning.

Arbetsgången är följande:

1. Fastsättning av stålring på betongytan.
2. Montering av bormaskinen på stålringen.
3. Planborrning av betongytan som därigenom blir vinkelrät mot borrets axel.
4. Borrning med kärnborr tills borrarstättets hela bottenyta består av berg (betongen är helt friborrad från berget).
5. Torkning av den friborrade kärnans äндыta och pålimning av dragplatta. Dragplattan centreras med hjälp av en triangelformad platta som fästes på stålringen.
6. När limmet härdat tas centreringssplattan bort och dragapparatens fästes på stålringen.
7. Provdraening.

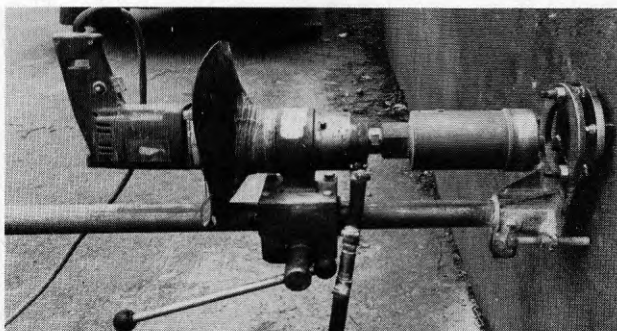


Fig 2:2 Utrustning för plan -och kärnborrning.

Med detta system blir alltid

- kärnans äндыta vinkelrät mot borkärnans axel
- dragplattan centrerad
- dragkraftens angreppslinje identisk med kärnans symmetri-axel.

Dragapparaten är av typ Hindersson och drivs med eldriven hydraulpump. Avläsning sker på manometer och totala dragkraften erhålles ur diagram som upprättats av provninganstalt. Brott-

spänningen beräknas genom division av totala dragkraften med provets tvärsnittyta, som är  $40,7 \text{ cm}^2$  (kärndiameter = 72 mm).

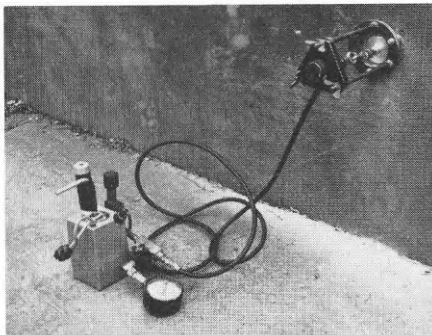


Fig 2:3 Utrustning för provdragning.

Sören Karlsson [2] har visat vilka fel som uppstår vid exentriskt och snett angripande dragkraft och när brottytan ej är vinkelrät mot dragkraftens angreppslinje. De två första felkällorna är eliminerade genom provningssystemets konstruktion. Vad beträffar den tredje felkällan är många brottytor så komplicerade att det vid praktisk tillämpning ställer sig alltför tidsödande att utföra korrigering. Vid kontroll utförd av en serie om 56 prov från samma arbetsplats kunde 27 prov mätas. Medelvärdet av bergytornas avvikelser var  $8,7^{\circ}$  vilket innebär ett fel av 2 %. I detta projekt har därför inte korrigering utförts för brottytor som lutar mot normalen till kärnans symmetriaxel.

## 2.2 Bergunderlag

Undersökningen har utförts dels som sluppmässig provning för kontroll av utförda entreprenadarbeten dels som fältförsök på utvalda bergytor. Vid den sluppmässiga provningen har i allmänhet detaljerad kännedom saknats om bergunderlaget. Genom

studium av brottytans utseende i berget och brottytan på den lossdragna kärnan har i viss utsträckning bergytans egenskaper kunnat fastställas. I två objekt, Västerleden och Norrleden, förekommer provytor där berget i förväg kunnat studeras. Vid fältförsöken har lämpliga bergytor valts ut i samarbete med geolog. Ytorna har därefter försetts med markeringspunkter och fotograferats före betongsprutning. Med hjälp av färgbilder och markeringspunkter har proven efter betongsprutningen kunnat placeras i önskat läge.

Bergytor kan indelas i brutna ytor och sprickytor. Brutna ytor uppstår då helt berg bryts sönder under inverkan av chockvåg och spränggaser vid sprängning. Med sprickytor avses ytor där berget fallit ut längs befintliga sprickor i berget. Brutna ytor är oftast så rena att de efter avsköljning med vatten kan betongsprutas. Sprickytor har ofta beläggningar som minskar betongens vidhäftning och därför kräver en mera omfattande rengöring.

Brutna ytor dominerar i friskt, sprickfattigt berg. I krosszoner faller berget oftast ut mot befintliga sprickytor. Behovet av rengöring kan därför sägas vara störst där förstärkningsbehovet är störst. Fältförsöken på utvalda ytor har därför koncentrerats till sprickytor.

### 2.3 Sprutbetong

Samtliga betongytor är sprutade enligt den sk torrmetoden där vattenhalten i betongmassan regleras vid munstycket. Blandningsförhållandet cement o ballast har varit 1:4-1:4,5.

Samtliga betongytor som provats slumpmässigt är utförda med standardcement. Fältförsöken har utförts med SH-cement beroende på att den tid som provningsplatserna stått till disposition varit begränsad. Betongens ålder vid den slumpmässiga provningen har varit lägst 28 dygn och vid fältförsöken lägst 10 dygn. Sprutbetong som sprutas mot en bergyta antar i kontakten mot bergytan snabbt dennas temperatur. Eftersom bergtemperaturen normalt varit 7 - 8°C kan man anta att betongen härdat vid denna

temperatur. Mognadsgraden för standardcement vid  $7,5^{\circ}\text{C}$  motsvarar efter 28 dygn ca 90 % av betongens normala sluthållfasthet. 10 dygns - hållfastheten för SH-cement vid  $7,5^{\circ}\text{C}$  överstiger 90 % av normal sluthållfasthet efter 7 dygn. Normalt har alltså betongens tryckhållfasthet varit nära eller lika med normal sluthållfasthet. Sambandet vidhäftningshållfasthet - tryckhållfasthet är ej klarlagt.

#### 2.4 Olika typer av brott

Berg och betong är material med låg draghållfasthet. Brottöjningen är mycket liten och brotten sker plötsligt. Brotten sker i olika delar av kärnan och i redovisningen förekommer följande brottyper

- A. Brott i kontaktytan mellan berg och betong.
- B. Brott i betongen.
- C. Brott i berget.
- D. Brott i kontaktyta och betong.
- E. Brott i kontaktyta och berg.
- F. Brott i berg och betong
- G. Brott i berg och betong och kontaktyta.
- H. Brott som skett i limfog eller där dragapparatens kapacitet överskridits.

Rena vidhäftningsbrott är få. I allmänhet lossnar flagor eller större fragment från bergytan. Brott som skett i kontaktytan mellan berg och betong och som inte innehåller fragment, som tillsammans utgör mer än 5% av kontaktytan, kallas " Brott i kontaktyta". Endast denna typ av brott ger ett rättvisande värde på vidhäftningens storlek. Vid övriga brottyper är vidhäftningshållfastheten större än det erhållna värdet.



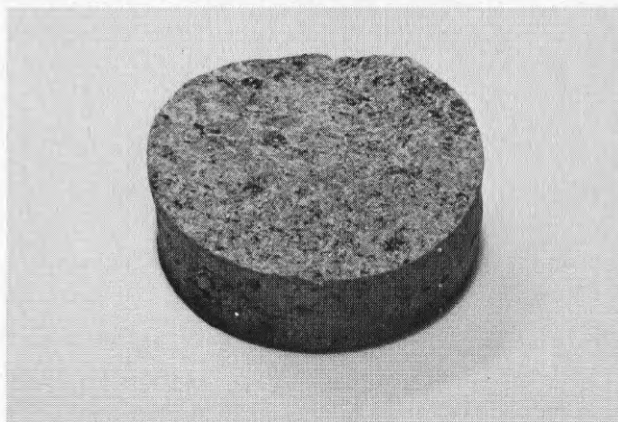


Fig 2:4 Kärna som brustit i kontaktytan mellan berg och betong.

Fig 2:5 visar fördelningen i procent mellan olika brottyper vid slumpmässig provning i anläggningar under byggnad.

OBJEKT	ANTAL	BROTTPYPER %							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Brattåsverket	12	50	42	8	-	-	-	-	-
ÖEF anl 3905	28	25	14	29	3	18	11	-	-
Norrleden	67	64	7	6	2	7	7	2	5
Västerleden	36	31	19	19	-	14	-	3	14
Shell-Godhemsg	95	10	21	21	3	35	6	-	4
Totalt	238	32	17	17	2	20	6	1	5

Fig 2:5 Fördelning i % mellan olika brottyper vid slumpmässig provning i anläggningar under byggnad.

## 2.5 Redovisning

Samtliga i rapporten ingående prov återfinnes i bilagda protokoll. Uppnådda medelvärden redovisas i rapporten som tabeller eller diagram.

Medelvärden har beräknats för brottlaster vid brott i kontaktytan och för brott i kontaktytan ökat med värden för andra typer av brott som är större än medelvärdet för brott i kontaktytan. De har betecknats  $\bar{x}$  och  $\bar{y}$ . Mot detta kan erinras att  $\bar{y}$  ger ett för högt värde på vidhäftningshållfastheten eftersom alla brott som sker vid lägre värden än  $\bar{x}$  sällats bort. Vidhäftningshållfastheten för prov där brott skett i t ex berget vid lägre värde än  $\bar{x}$  kan ju vara mindre än  $\bar{x}$ . Eftersom detta inte går att fastställa har vi valt att redovisa medelvärden på ovan angivet sätt.

## 3 FÄLTFÖRSÖK PÅ UTVALDA BERGYTOR

### 3.1 Allmänt

Fältförsök på utvalda bergytor har utförts i råvattentunnel Bolmen - Äktaboden och i hetvattentunnel Shell - Godhemsgatan, Göteborg. Försöken har utförts på sprickytor med närliggande brutna ytor som referensytor. Sprickytorerna har haft olika beläggningar såsom klorit, kalcit, lera och epidot. Olika rengöringssätt har provats - högtryckstvättning, tvättning och stålborstning samt tvättning och våtblästring.

Provytor där bergunderlaget studerats före betongsprutningen finns även i objekten Norrleden och Västerleden. Dessa provytor har ingått som delar i det ordinarie kontrollprogrammet för dessa arbetsplatser och redovisas under 4.4.

### 3.2 Råvattentunnel Bolmen - Äktaboden

#### 3.21 Beskrivning av bergytor

Försöken har utförs på fyra väggytor betecknade A,B,C och D.

- A Kloritklädd yta  
Sprickyta i finkornig amfibolit och gnejs vinkelrätt mot förskiffringen
- B Lerbelagd yta  
Sprickyta i fin till medelkornig gråröd gnejs vinkelrätt mot förskiffringen
- C Kalcitklädd yta  
Sprickyta med harnesk och kalcit på finkornig amfibolit vinkelrätt mot förskiffringen
- D Bruten yta (referensyta)  
Genom sprängning bruten yta i bandad medelkornig gnejs vinkelrätt mot förskiffringen

### 3.22 Ytornas behandling

Varje yta delades upp i delytor som behandlades på följande sätt

TVÄTTAD MED HÖGTRYCKS - AGG.		TVÄTTAD MED HÖGTRYCKS - AGG. SAMT STÅLBORSTAD	
TORRBLÅST	FUKTAD	TORRBLÅST	FUKTAD
A 11	A 12	A 21	A 22
B 11	B 12	B 21	B 22
C 11	C 12	C 21	C 22
D 11	D 12		

Fig 3:1 Bergytornas behandling före betongsprutning i tunnel Bolmen-Äktaboden.

En fuktig yta behandlades före sprutning med natronsilikat (A 31) och på en yta sprutades betongen med munstycket ca 0,5 m från ytan i stället för normalt ca 1 m (A 41)

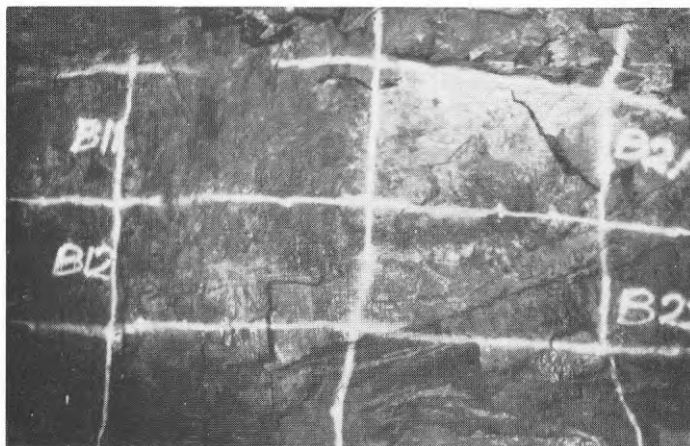


Fig 3:2 Provyta.

Betongen skulle enligt föreskrift sprutas till 40 mm tjocklek i två skikt. I verkligheten kom den att variera från ca 30 mm till mer än 80 mm. Detta medförde bl a att betongen på yta A21 släppte från underlaget och att denna yta måste utgå. Även på vissa delar av övriga ytor hade betongen sprutats så tjockt att den lossnat från berget. I övrigt torde i detta fall inte den ojämna betongtjockleken påverkat vidhäftningen.

## 3.23 Resultat

Resultaten framgår av nedanstående diagram och bilaga 2.

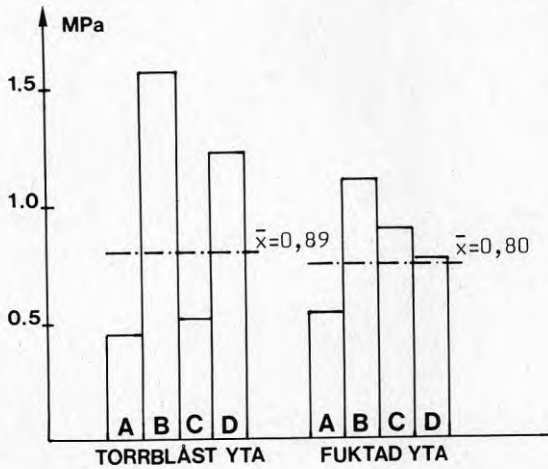


Fig 3:3 Jämförelse mellan torrblåst och fuktad yta

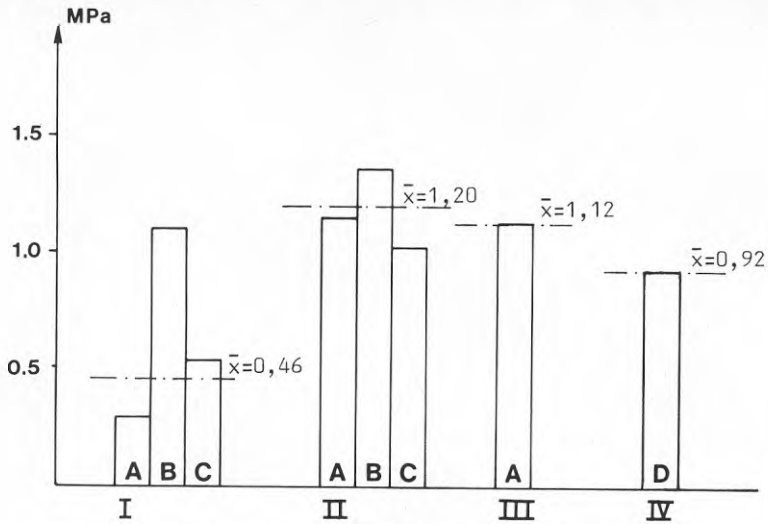


Fig 3:4 Inverkan av olika behandlingsmetoder.

- I: Spolad med vatten under högtryck  
 II: " " " " " samt stålborstad  
 III: Sprutad med munstycke 0,5 m från bergyta  
 IV: Referensyta

Av diagrammen framgår

- Att vidhäftningen på torra och fuktiga ytor är lika stor.
- Att mekanisk bearbetning av sprickytor ökar vidhäftningen.

Resultat enl a) får inte förväxlas med de fall då vatten pressas ut ur sprickor i bergytan varigenom ett vattentryck bildas bakom den färska sprutbetongen.

Sprutning med kortare avstånd mellan munstycke och bergyta kommenteras under 3:3.

Vid en jämförelse med staplarna för D (referensyta på bruten bergyta) kan konstateras att vidhäftningen inte är lägre för sprickytor än för brutna ytor. (se även 3:2).

$\bar{x}$  för brott i kontakten mot den fuktiga yta som blöttes med natronsilikat uppgår till 1.32 MPa. Vid försök som utfördes i samband med 3.2 visade det sig svårt att praktiskt genomföra motsvarande under mera driftmässiga former och resultatet torde därför sakna praktisk värde.

### 3.3 Hetvattentunnel Shell - Godhemsgatan, Göteborg.

#### 3.31 Beskrivning av bergytor

Försöken har utförts på fyra olika bergytor i fin - medelkornig gnejs. De har betecknats A,B,C och D.

- A Klädd med epidot och klorit.
- B Klädd med epidot.
- C och D Brutna ytor.

#### 3.32 Ytornas behandling

Ytorna delades upp i delytor och behandlades på följande sätt.

TVÄTTAD MED HÖGTRYCKS- AGG. SAMT BLÄSTRAD		TVÄTTAD MED HÖGTRYCKS- AGG.	
AVSTÅND MELLAN MUNSTYCKE OCH BERGYTA			
1.0m	0.5 m	1.0m	0.5 m
A 1		A 2	
B 1		B 2	
		C 2	C 1
		D 2	

Fig 3:5 Bergytornas behandling före betongsprutning i tunnel Shell - Godhemsgatan.

Rengöringen utfördes med ett högtryckstvättaggregat KEW SIS0 med ett dysmunstycke 5,0 mm med arbetstrycket ca 8 MPa ( $80 \text{ kp/cm}^2$ ). Blästringen utfördes med våtblästringsaggregat KEW VSB 175 med munstycke 1,5 mm. Torr säckad sand 0,4-0,8 mm användes.

### 3.33 Resultat

Resultaten framgår av nedanstående diagram och bilaga 3.

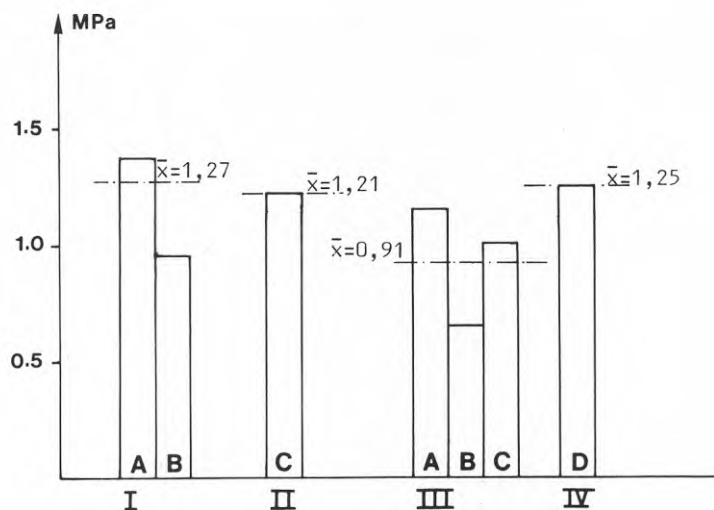


Fig 3:6 Inverkan av olika behandlingsmetoder

- I: Tvättad samt blästrad
- II: " " sprutad på 0,5 m avstånd
- III: Endast tvättad
- IV: Referensyta, enbart tvättad



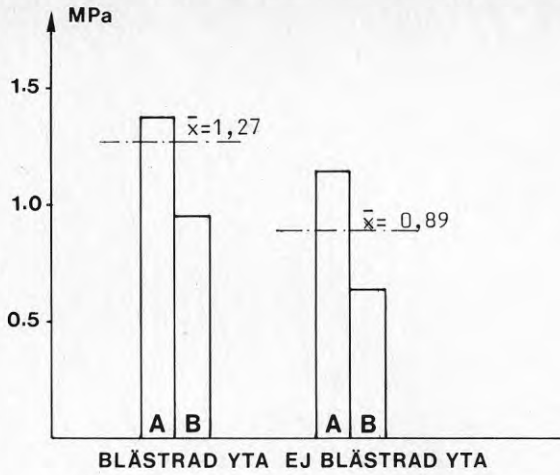


Fig 3:7 Inverkan av blästring.

Som framgår av diagrammet är vidhäftningshållfastheten högre för de mekaniskt bearbetade ytorna. I likhet med 3:23 är dessutom spridningen mellan värdena betydligt mindre för de mekaniskt bearbetade ytorna.

Vid provtagning i de brutna ytorna förekom många bergbrott eller kombinerade brott företrädesvis av typen kontaktyta - berg. Detta förhållande upprepades vid den provtagning, som utfördes för kontroll av utförda förstärkningar i anläggningen (4.3).

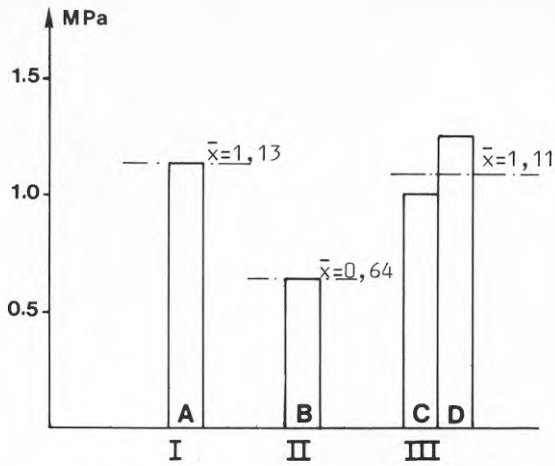


Fig 3:8 Uppnådda värden på olika bergtytor

I: Epidot och klorit

II: Epidot

III: Bruten yta

#### 3.4 Sammanfattning

Under 3.2 och 3.3 utförda försök visar att mekanisk bearbetning av sprickytor ökar medelvärdet på vidhäftningshållfastheten. Det är framförallt spridningen som minskar. Försöken visar också att vidhäftningen mot väl rengjorda sprickytor är minst lika god som mot brutna (fig 3.9).

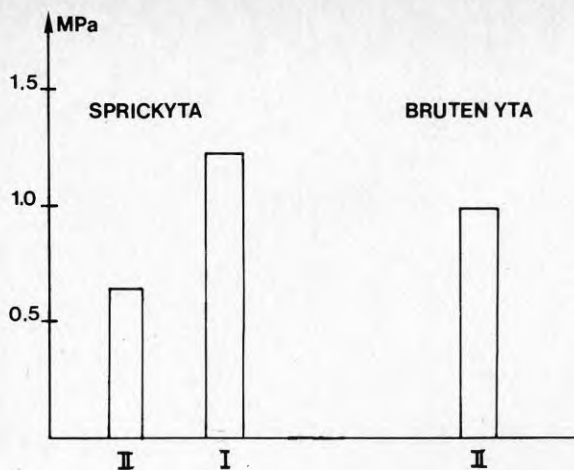


Fig 3:9 Jämförelse mellan sprickytor och brutna ytor

I: Tvättad samt blåstrad eller stålborstad

II: Tvättad

Fig 3.10 visar att vidhäftningshållfastheten ökar med minskat avstånd mellan munstycke och objekt. Skillnaden i ökning mellan sprickytor och brutna ytor kan förklaras genom en viss bläst-ringseffekt hos strålen. På kloritytan har en uppruggning skett i kloritskiktet. På den brutna ytan är det endast den ökade anslagsenergin som inverkat.

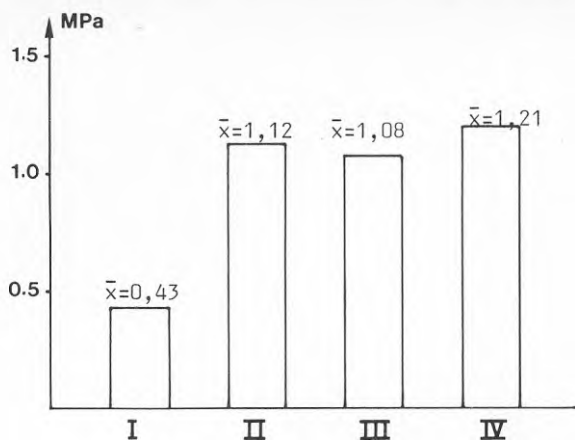


Fig 3:10 Inverkan av olika sprutavstånd  
på olika ytor

I:	Avstånd munstycke-berg	1,0 m	Klorityta,	Bolmen
II:	"	"	"	0,5 " " "
III:	"	"	"	1,0 " Bruten yta Shell-Godhemsg
IV:	"	"	"	0,5 " " " "

Enl Parker m fl [3] ändras inte partikelhastigheten nämnvärt med avståndet mellan objektet och munstycket. Skillnaden i anslagsenergi bestäms i första hand av strålens form. Strålen blir konisk ut från munstycket vilket minskar densiteten i betongmassan. Ökat avstånd ger minskad densitet och därmed lägre anslagserergi. Motsvarande effekt kan enl Parker uppnås genom ett något förlängt munstycke som håller strålen bättre samlad. Metoden att förbättra strålens form vid långa sprutavstånd har praktiskt tillämpats under många år i Sverige. Däremot har den inte använts i syftet att förbättra vidhäftningshållfastheten.

#### 4 SLUMPMÄSSIG PROVNING I ANLÄGGNINGAR UNDER BYGGNAD

##### 4.1 Allmänt

Slumpmässig provning för kontroll av utfört arbete redovisas för fem objekt.

1. Brattåsverket	Bergrum i granit
2. ÖEF anläggning 3905	Bergrum i gnejs
3. Norrleden	Tunnel i gnejs
4. Västerleden	Tunnel i granit och gnejs
5. Shell-Godhemsgatan	Tunnel i granit
6. Bolmen-Äktaboden	Tunnel i gnejs

Objekt 1-5 omfattar i huvudsak betong utförd som slutlig förstärkning medan objekt 6 omfattar sprutbetong utförd som driftförstärkning. Antalet redovisade prov i objekten 1-5 är 238 och i objekt 6 25 st.

Under denna rubrik har även medtagits prov som tagits på mycket glimmerrik gnejs i Stenungsundsverket, som är en äldre anläggning. Den sprutbetong som provningarna avser är sprutad ca en månad före provtagningen. Dessa prov redovisas under rubriken "Glimmerytor".

##### 4.2 Förutsättningar

###### 4.21 Bergunderlag

Största överensstämmelsen mellan bergunderlagen föreligger för objekten 2,4 och 5. Vid objekt 1 är ungefär halva antalet prov tagna på kvartsrik gnejs och resten på mycket glimmerrik gnejs. Berget i objekt 3 består av en glimmerrik gnejs. En fullständigare beskrivning lämnas i bilaga 1.

###### 4.22 Föreskrifter

Lika föreskrifter för bergytans rengöring och betongens utförande gäller för objekten 3 - 5. Krav finns för dessa objekt på

bl a

- att vidhäftningshållfastheten skall uppgå till lägst 0,5 MPa
- att brott i betongen får ske vid lägst 1 MPa
- att bergytorna före betongsprutningen skall rengöras genom högtryckstvättning

För objekten 1 och 2 finns endast en allmän hänvisning till B5.

En fullständigare beskrivning lämnas i bilaga 1.

#### 4.3 Resultat

Resultaten redovisas i bilagorna 4 - 8 och i nedanstående tabell och diagram.

BROTTPYP/ OBJEKT	ANTAL	%	$\bar{x}$	s	$\bar{y}$	s
<b>KONTAKTYTA</b>						
Brattåsverken	6	50	0,77	0,23	0,84	0,24
ÖEF anl 3905	7	25	0,77	0,60	0,98	0,62
Norrleden	43	64	0,59	0,46	0,63	0,45
Västerleden	11	31	0,97	0,58	1,27	0,55
Shell-Godhemsg	9	10	0,86	0,42	1,31	0,55
<b>BETONG</b>						
Brattåsverket	5	42	0,56	0,54		
ÖEF anl 3905	4	14	1,13	0,76		
Norrleden	5	7	0,47	0,39		
Västerleden	7	19	1,24	0,71		
Shell-Godhemsg	10	21	1,01	0,48		

Fig 4:1 Medelvärden och spridning för prov tagna i anläggningar under byggnad

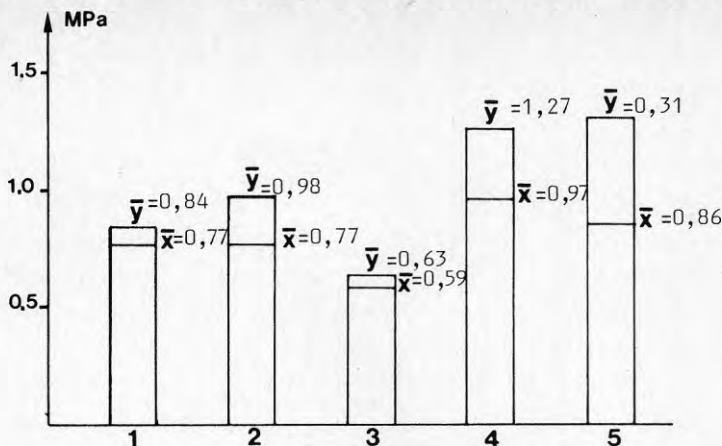


Fig 4:2 Medelvärden för brott i kontaktytan  $\bar{x}$  och  $\bar{y}$ .

Mest jämförbara är objekten 4 och 5 där såväl bergunderlag som föreskrifter för betongens utförande är mest lika. I dessa två objekt visar sig också  $\bar{y}$  - värdena vara lika (1,3 MPa) liksom spridningen för  $\bar{y}$ . Betongsprutningen har utförts av olika specialentreprenörer. Kontrollinsatsen torde ha varit ungefär likvärdiga för de två objekten.

För objekt 2 är förutsättningarna beträffande bergunderlaget likvärdigt med objekt 4 och 5. Däremot är föreskrifterna enklare och kontrollen sämre. Det lägre värdet för objekt 2 får i första hand tillskrivas dålig rengöring. Vid kontroll av samtliga ytor genom knackning upptäcktes vissa bomma ytor varav de största mejslades ner. Bompartierna visade sig vara belägna på sprickytor. Efter noggrann tvättning sprutades ytorna åter varvid vidhäftning erhöles.

Objekt 3 Norrleden uppvisar betydligt lägre värden än de beträffande föreskrifterna jämförbara objekten 4 - 5. Anledning

till detta är den rika glimmer- (biotit-) förekomsten i gnejsen. Biotitskikten utgör svaghetsplan i berget och när berget vid sprängningen bryts sker detta till stor del längs dessa skikt. Vid brytning lossnar biotitfjäll delvis från bergytan. Vid provdragning har brotten ofta skett mot biotiten varvid tidigare delvis lossnade fjäll följt med betongkärnan. Där betongen sprutats mot bergytor som brutits tvärs förskiffringen har vidhäftningen varit betydligt högre. Prov på sprickytor i detta objekt uppvisar genomgående högre värden än prov på brutna ytor. Se även avsnittet "Provytor".

Prov som ingår i objekt 1 fördelar sig ungefär lika på kvartsrik gnejs (13) och glimmerrik gnejs (12). Därutöver förekommer prov som är belägna på underlag av mera normal gnejs och pegmatit.

Bergbrotten utgör 2/3 av brotten i området med kvartsrik gnejs där kvartsen delvis förekommer som klumpar och 7/13 av brotten i området med glimmerrik gnejs. Det stora antalet bergbrott i den kvartsrika gnejsen beror på dålig kontakt mellan kvarts och omgivande mineral. I den glimmerrika gnejsen har brotten skett mellan olika glimmerskikt.

I det kvartsrika området är medelvärdet för samtliga prov 0,59 MPa och för brott i kontaktytan 0,97 MPa.

I det glimmerrika området är medelvärdet för samtliga prov 0,21 MPa. Endast två brott har skett i kontaktytan. Medelvärdet  $\bar{y}$  är 0,27.

#### 4.4

##### Provytor

Vid objekten Norrleden och Västerleden utvaldes vissa ytor som referensytor. Underlagets karaktär dokumenterades med bl a fotografering.

I objekt Norrleden placerades den första provytan på sådant sätt att den omfattade såväl brutna ytor som sprickytor. Tre vidhäftningsprov utfördes på vardera typen av yta. Värdena för



sprickytorna var 1,4, 1,5 och 1,3 MPa. Det första värdet gäller ett bergbrott medan de två övriga brotten skedde i kontakten. Värdena för de brutna ytorna var 1,15, 0,25 och 0,6 MPa. Samtliga brott har skett i kontaktytan. Bergytan under det prov som gav värdet 1,15 var bruten vinkelrätt mot gnejsens förskiffring. I de två övriga proven var bergytan bruten längs förskiffringen (längs glimmerskikten) och underlaget utgjordes således av glimmerytor. Sedan provning utfördes på den första provytan utfördes betongsprutning av vissa angränsande ytor. Vid provning av dessa erhöles betydligt lägre värden än för provytan. Ytterligare en provyta (2) utfördes därför i motsatta ändan. Även här erhöles bättre värden än vid den ordinarie betongsprutningen. Jämförelsen i fig 4.3 mellan provytor och övriga ytor ger sken av ögontjeneri men skillnaden kan bero på tillfälligheter eftersom spridningen mellan olika värden är stor.

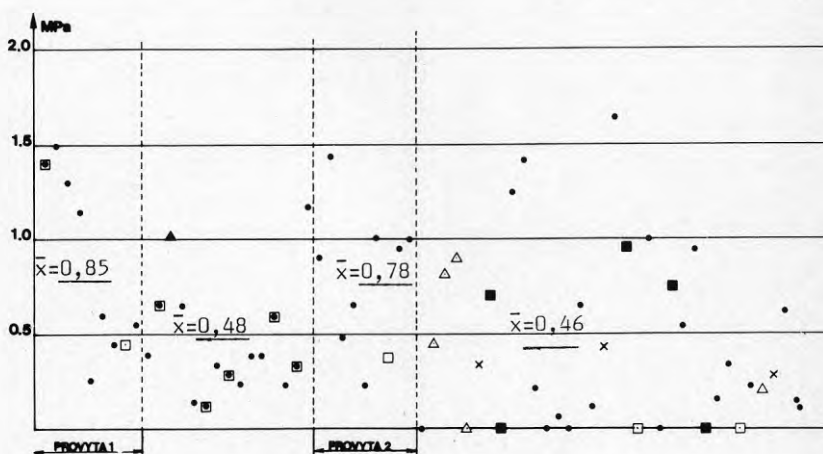


Fig 4:3 Vidhäftningsprov Norrleden

- Brott i kontaktyta
- △ Betongbrott
- Bergbrott
- ▲ Kontaktyta - betong
- ⊠ Kontaktyta - berg
- Betong - berg
- x Kasserat prov

$\bar{x}$  = medelvärde för samtliga prov inom respektive avsnitt.

Vid Västerleden utfördes två provtytor - en på granit och den andra på tuffit. Eftersom provytan i tuffit utfördes under något sämre betingelser omfattar nedanstående jämförande diagram samtliga prov i tuffit resp granit.

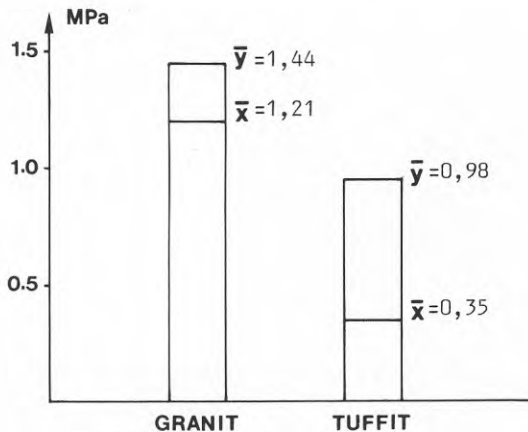


Fig 4:4 Vidhäftning mot granit och tuffit, Västerleden

#### 4.5 Sprutbetong utförd som driftförstärkning

Vid Bolmenprojektet har driftförstärkning utförts i ganska stor omfattning. I denna redovisning har endast medtagits 25 prov som tagits i nedfartstunnlarna 16,17 och 20. De är sprutade av samma specialentreprenör. Enligt uppgift är all sprutbetong utförd med tillsats av snabbbindaren Sigunit. Hur stor tillsatsen är finns ingen uppgift om. Proven är tagna slumpmässigt. Underlaget är gnejs.

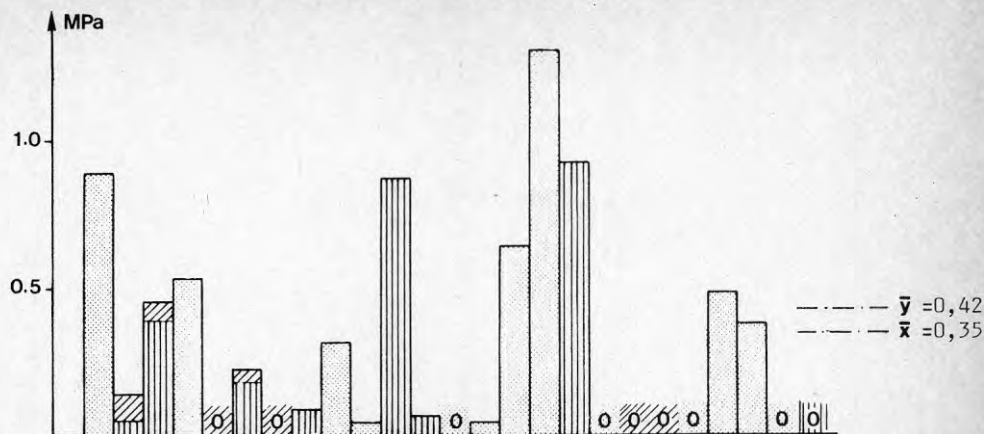
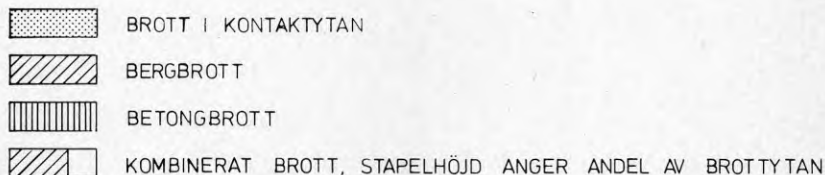


Fig 4:5 Prov tagna på betong utförd som driftförstärkning

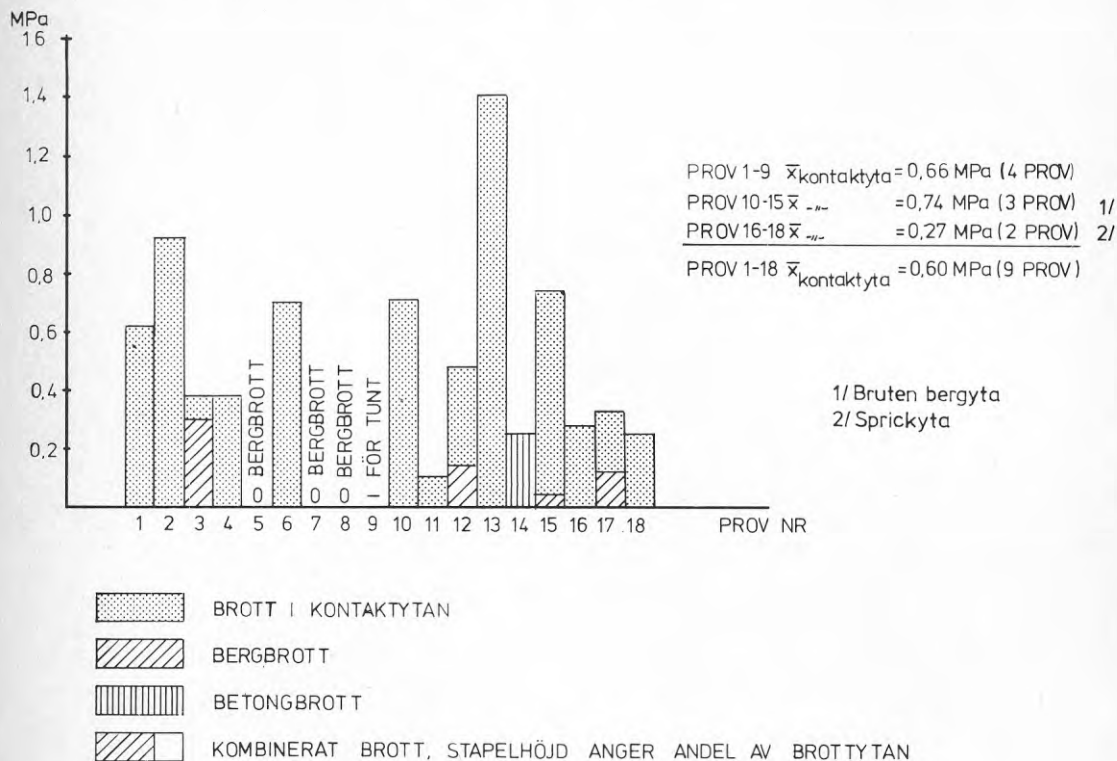


#### 4.6 Glimmerytor

Glimmer förekommer ibland som skölar i berggrunden. Om utfallet sker mot en sköl kan stora glimmerytor friläggas. I nedfartstunnel CTU 3 i Värme kraftverket, Stenungsund förekommer sådana glimmerytor. För att utröna vidhäftningens storlek på denna typ av underlag utfördes en provyta. Före betongsprutningen våtblästrades ytan varvid glimmer "snöade" ner. Resultaten framgår av nedanstående diagram som också visar resultaten från slumpmässig provning i samma tunnel.

STATENS VATTENFALLSVERK  
VÄRMEKRAFTVERKET, STENUNGSUND

SPRUTBETONGFÖRSTÄRKNING I NEDFARTSTUNNEL CTU 3



PROV 1-9 TAGNA PÅ VÅTBLÄSTRAD SPRICKYTA I GLIMMERRIK GNEJS.

SPRUTBETONG: BLANDNINGSFÖRHÅLLANDE 1:4  
CEMENTSORT SH  
ÅLDER 9 DYGN

PROV 10-18 TAGNA PÅ OBEHANDLADE YTOR I GNEJS.

SPRUTBETONG: BLANDNINGSFÖRHÅLLANDE 1:4,8  
CEMENTSORT STD  
ÅLDER >28 DYGN

Fig 4:6 Prov tagna på glimmerytor

Om man utgår från att proven är representativa för hela provytan saknar  $3/8 = 38\%$  fäste i underliggande berg (berget släpper strax innanför kontaktytan). Vidhäftning förekommer i samtliga prov.

## 5 PROV TAGNA I GAMMAL SPRUTBETONG

### 5.1 Allmänt

Prov har tagits i två äldre anläggningar - Muskö Örlogshamn och värmekraftverket i Stenungsund. Vidare redovisas under denna rubrik prov tagna på betong som sprutats i undervisningssyfte. Den hade vid provtagningen en ålder av 2 år.

Dokumentation från utförandet av sprutbetongen i de två äldre anläggningarna saknas. Det är därför svårt att utvärdera erhållna värden. Undersökningarna har ändå ett allmängiltigt värde eftersom de speglar kvalitén på den betong som utfördes för 20-30 år sedan.

### 5.2 Muskö Örlogshamn

Anläggningen som är 20-30 år gammal är byggd i gnejsberggrund. Prov har tagits i en docka över och under vattenlinjen. Under vattenlinjen har betongen varit utsatt för omväxlande yttre och inre vattentryck. Medelhöjden på utborrade kärnor är endast 20 mm. Brottspänningarna framgår av nedanstående diagram.

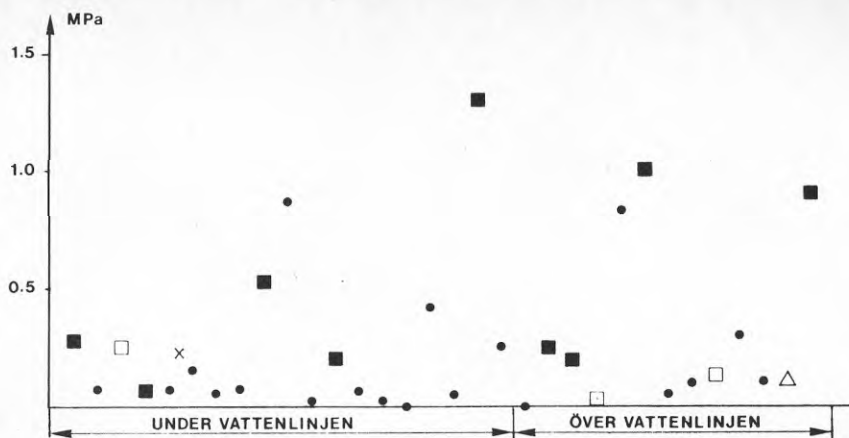


Fig 5:1 Prov tagna i äldre betong under och över vattenlinjen i en docka

- Brott i kontaktyta
- △ Betongbrott
- Bergbrott
- ▲ Kontaktyta - betong
- ⊙ Kontaktyta - berg
- Betong - berg
- x Kasserat prov

Brottspänningarnas medelvärde räknat på samtliga prov är

- Under vattenlinjen 0,25 MPa (20 prov)
- Över vattenlinjen 0,30 MPa (13 prov)
- $\bar{x}$  kontaktyta och  $\bar{y}$  är
- Under vattenlinjen 0,16 MPa resp 0,25 MPa
- Över vattenlinjen 0,23 MPa resp 0,33 MPa

Samtidigt med provdragningen knackades sprutbetongen på en yta av 2.3x140 m. Antalet bopartier var

mindre än 0,5 m<sup>2</sup> större än 0,5 m<sup>2</sup>

Under vattenlinjen	43 st	4 st
Över vattenlinjen	34 "	6 "

Proven visar på små skillnader mellan betongen ovan vattenlinjen som hela tiden varit torr och haft ungefär samma temperatur och betongen under vattenlinjen, som varit utsatt för tryck- och temperaturväxlingar, som uppstår då dockan fylls och töms. Den låga vidhäftningen saknar motsvarighet i de nyare anlägg-

ningar som undersökts. Det är dock icke troligt att den låga hållfastheten beror på åldrande. Mera troligt är att den tunna betongen aldrig eftervattnats utan torkat ut efter sprutningen. Bristande rengöring kan också vara en bidragande orsak. På större sprickytor har betongen lossnat och ramlat ner.

### 5.3 Stenungsunds värmekraftverk

Anläggningen färdigställdes i början på 60-talet. Sprutbetongen härrör från åren före och efter 1960. De betongsprutade ytorna uppgår till ca 40.000 m<sup>2</sup>.

Berget i anläggningen är en grå sedimentgnejs.

Provtagningen är kopplad till en undersökning som utfördes av samtliga sprutade ytor genom bl a knackning med hammare.

Knackningen visade att bompartier förekom i viss omfattning. Med ett undantag var bompartiernas storlek mindre än 1 m<sup>2</sup>. De var dessutom oftast spridda och lokaliserade till berggaddar och plana ytor där betongen av praktiska skäl ofta blir ganska tunn och därigenom lätt torkar ut under härdningen. I några få fall var bomfrekvensen betydligt större. I dessa partier har vidhäftningsprov utförts i anslutning till vissa bomställen och kärnor tagits i bomma partier. Som referens har prov tagits i betong med "normal" bomfrekvens.

Någon klarhet i vad som orsakat den högre bomfrekvensen inom vissa partier kunde inte fastställas genom dessa undersökningar. Nivån på vidhäftningshållfastheten var följande

Medelvärde samtliga prov (10 st)	0,53 MPa
Medelvärde brott i kontaktytan	0,48 MPa
Prov med 0-värde	1 st brott i kontaktytan
Största uppmätta brottspänning var	1.3 MPa

### 5.4 Sammanfattning

Att analysera resultaten från vidhäftningsproven av sprutbetong utan noggranna uppgifter om underlaget och hur sprutbetongen

utförts är inte möjligt. Allmänt kan sägas om den undersökta sprutbetongen att den väl fyllt sin uppgift under många år. Inget underhåll har utförts vilket skall jämföras med obehandlade bergytor där en kontinuerlig tillsyn krävs. Förekomsten av smärre bompartier har inte påverkat sprutbetongens funktion som förstärkning. En relativt stor bomyta påträffades i Stenungssundsverket. Den har limmats genom injektering med epoxi.

#### 5.5 Hagelgruvan

I den s k Hagelgruvan i Gytterp utfördes tre provytor i undervisningssyfte för att illustrera normalt, för lågt och för högt vct. Endast spolning med tryckluft och vatten utfördes på bergytorna. Den normala sprutbetongen utfördes på ena sidan i en nisch och torr resp våt betong på motsatta sidan. Betongen vidhäftningsprovades efter ca 2 år. Den normala sprutbetongen hade ingen vidhäftning. Vid närmare studium visade sig detta bero på att den kalcitbeläggning, som betongen sprutats mot hade lösts upp av vatten, som läckt in genom bergytan och spridit sig i kalcitbeläggningen bakom sprutbetongen.

I övrigt är värdena av mindre intresse.



## 6 KOMMENTARER

## 6.1 Jämförelse mellan föreskrifter och uppnådda resultat.

## 6.11 Allmänt

Jämförelsen omfattar endast objekten "Västerleden" och "Shell-Godhemsgatan". För dessa krävs att vidhäftningen mot friskt berg skall vara lägst 0,5 MPa och att brott i betongen får ske vid lägst 1,0 MPa.

## 6.12 Uppnådda resultat och bortfall av prov.

Vid beräkning av antalet prov som har godkänd vidhäftning kan medräknas brott som skett vid spänningar  $\geq$  0,5 MPa oavsett brotttyp. Godkänd betong föreligger i samtliga fall där brott skett vid spänningar  $\geq$  1,0 MPa.

Underkänd vidhäftning föreligger när brott i kontaktytan skett vid lägre värde än 0,5 MPa. Övriga prov med brott vid lägre värde än 0,5 MPa måste kasseras. Betongen underkännes om brott i betongen sker vid lägre värde än 1,0 MPa.

I Västerleden har brottspänningen varit  $\geq$  0,5 MPa i 26 fall och underkänd i 2 fall. Övriga prov räknas bort. Det innebär att vidhäftningen är godkänd i 93% av fallen.

Motsvarande beräkning visar beträffande tunneln Shell-Godhemsgatan att 54 prov har godkänd och 2 underkänd vidhäftning. Vidhäftningen är godkänd i 96% av fallen.

Antalet prov med större brottspänning än 1,0 MPa är i Västerleden 18 och Shell - Godhemsgatan 28. Antalet prov med betongbrott vid lägre värden än 1,0 MPa är 2 resp 11. Detta ger i % av antalet fall.

	Västerleden	Shell-Godhemsgatan
Godkänd betonghållfasthet	90	72
Underkänd betonghållfasthet	<u>10</u>	<u>28</u>
	100	100

Vid detta sätt att räkna bortfaller ett stort antal prov, se fig 6.1. I Västerleden är antalet  $7/36 = 19\%$  och i tunneln Shell-Godhems-gatan  $33/95 = 35\%$ . Skillnaden mellan de två objekten beror bl a på antalet bergbrott vid lägre värde än  $0,5 \text{ MPa}$ . Dessa värden kan ej användas vid sprutbetongens bedömning.

	Västerleden (36 prov)	Shell-Godhems- gatan (95 prov)
Vidhäftning, godkänd	26	54
ej godkänd	2	2
Betonghållf. godkänd	18	28
ej godkänd	2	11
Använda prov	29	62
Del använda prov	81%	65%
Del ej använda prov	19%	35%

Fig. 6:1 Användning av prov enligt modell godkänd - icke godkänd.

Om bedömning av sprutbetongen sker genom beräkning av medelvärden  $\bar{x}$  och  $\bar{y}$  för vidhäftnings - och betongbrott blir antalet ej användbara prov större, se fig 6.2. I Västerleden fås då  $11/36 = 31\%$  och i tunneln Shell-Godhems-gatan  $50/95 = 53\%$ .

När medelvärdet på vidhäftningen sammanfaller med uppställt krav blir antalet oanvändbara prov lika för bägge metoderna.

		Västerleden (36 prov)	Shell-Godhems- gatan (95 prov)
Vidhäftning	$\bar{x}$	11	9
	$\bar{y}$	23	36
Betonghållf.	$\bar{x}$	7	20
	$\bar{y}$	16	36
Använda prov		25	45
Del använda prov		69 %	47 %
Del ej använda prov		31 %	53 %

Fig. 6:2 Användning av prov enligt modell  $\bar{x} - \bar{y}$ .

### 6.13 O-värden

O-värden har ett visst intresse. Med den metod som använts i detta projekt utföres borrning så att sprutbetongen är fri-borrerad med så liten marginal som möjligt. Om kärnor lossnar sker detta således i kontakten eller i ytberget omedelbart innanför kontaktytan. Räknas O-värden i betong bort visar O-värdena hur stor del av betongytan som bidrar till förstärkningen av berget. Detta förutsätter dock att proven är tillräckligt många och slumpmässigt placerade så att de är representativa för hela objektet.

Nedanstående tabell visar den procentuella fördelningen av O-värden i anläggningar under byggnad.

ORSAK TILL 0-VÄRDE	OBJEKT					$\bar{x}$ (1-5)	OBJ. 6
	1	2	3	4	5		
a) Sprutbetongen har ej fäst	0	0	6	3	2	2,2	16
b) Berget är sprucket	14	8	4	11	9	9,2	16
c) Sprickor i betongen	0	17	3	3	0	4,6	4

Fig 6:3 Orsak till 0-värden i % av antalet prov

Även i objekt med god standard på betongens vidhäftning har ett antal kärnor lossnat i kontaktytan vid borrning. Omräknat per 100 m<sup>2</sup> i objekt 5 saknar 2 m<sup>2</sup> fäste i underlaget. Förutsatt att dessa 2 m<sup>2</sup> är fördelade på flera små ytor torde inverkan på förstärkningseffekten vara ringa. Brotten i bergets ytskikt representerar en betydligt större yta.

## 6.2 Behovet av rengöring

På brutna ytor räcker en noggrann avsköljning. Däremot kräver ibland sprickytor en intensivare rengöring genom tvättning med högt vattentryck, ibland kombinerat med blästring.

Blästring är motiverad

- a) I zoner där bergytorna huvudsakligen består av sprickytor och förstärkningsbehovet är stort.
- b) På stora sprickytor där dålig vidhäftning kan leda till att sprutbetongen faller ner.

## 6.3 Provningsmetodens användbarhet

Den utrustning som använts har fungerat bra. Med ett tillräckligt antal stålringar, dragplattor och centrerings-trianglar kan arbetet ske kontinuerligt utan andra avbrott än flyttning mellan provställen.

Jämförande prov med den använda utrustningen har utförts på provplattor ingående i ett annat projekt lett av Hahn [4].

I Hahns projekt användes en annan typ av utrustning för dragprovning i fält. Plattorna hade emellertid legat en tid och i stor utsträckning krympt loss från underlaget. Mera intressant torde därför vara att jämföra de värden som uppnåtts i olika projekt mot underlag av granit. Hahn har redovisat en vidhäftningshållfasthet av 1.12, 1.40 och 1.71 MPa mot rå yta och 1.04 och 1.48 MPa mot slät yta på olika typer av granitplattor. Sandell [5] har vid provningsanstalt provat kärnor som borrats ur sprutbetong sprutad mot plattor av slipad och rå granit och därvid uppnått medelvärdet 1.14 MPa. Dessa värden kan jämföras mot 0.97 MPa i Västerleden och 0.86 MPa i Shell-Godhemsgatan. Med hänsyn till att Hahn och Sandell utfört sina undersökningar laboratoriemässigt är det naturligt att värdena i detta projekt ligger lägre. Medelvärdet ökar dessutom till 1.27 resp 1.31 MPa om värden från andra brottyper större än medelvärdet för brott i kontakten medtages ( $\bar{y}$ ). Detta kan jämföras med  $\bar{y} = 1,29$  MPa i Sandells försök.

#### LITTERATUR

1. Holmgren J                      Plane shotcrete layers subjected to puch loads.
2. Karlsson S                      Testmetoder för bestämning av vidhäftning mellan sprutbetong och berg. Teknisk rapport 1976:5 Tekn Högskolan i Luleå.
3. Parker H W                      Field - oriented investigation of conventional and experimental shotcrete for tunnels.
4. Hahn T                              Sprutbetongens vidhäftning mot olika betongtyper. Bergmekaniskt diskussionsmöte 1978.
5. Sandell B                          Våtsprutad stålfiberarmerad betong.

## OBJEKTBSKRIVNING

BERGLAGER FÖR ÖEF ANL 3905

Berglager för lagring av petroleumprodukter. Anläggningen består av flera skepp med tillhörande tillfartstunnlar. Betongsprutningen är utförd på svaghetszoner. Proven är tagna på vägg i en nedfartstunnel och i ett skepp.

Sprutbetong

Föreskrifter: Hänvisning till B5.

Handhållen sprutning från arbetsplattform,

Berggrund och bergytor

Berggrunden utgöres av gnejs med mycket varierande halt av glimmer och kvarts. Vissa prov är tagna på glimmerrika partier andra på kvartsrika partier.

Sammanlagt 30 prov har tagits.

BRATTÅSVERKET, UDDEVALLA

Brattåsverket är en bergrumsanläggning för ett hetvattenvärmeverk. Berganläggningen består av ett bergrum med tillfartstunnel, rökastunnel och rökasschakt. Samtliga prov är tagna i bergrummets tak.

Sprutbetong

Föreskrifter: Sprutbetong K 350 II och hänvisning till B5.

Betongtjocklek 75 mm (medeltjocklek)

Armering med Ns 50

Handhållen sprutning från arbetsplattform. Uppgifter om tryckhållfasthet saknas.

Berggrund och bergytor

Berggrunden utgöres av granit med smärre inlagringar av pegmatit. Dominerande spricksystem är brantstående och skär

tvärs rummet. Huvuddelen av den undersökta sprutbetongen är således sprutad på genom sprängning brutna ytor.

#### NORRLEDEN, GÖTEBORG

Vägtunnel med en area av  $150 \text{ m}^2$  och en spännvidd av 19 m. Längd ca 300 m. Proven tagna i taket på tunneln.

#### Sprutbetong

- Föreskrifter: - Sprutbetong klass 1 std K350 och hänvisning till B5
- Krav på viss kornfördelning hos ballasten
  - Omfattningen av hållfasthets-, täthets- och vidhäftningsprovning angiven
  - Krav på lägst 0,5 MPa i vidhäftningsbrottspänning och lägst 1,0 MPa vid brott i betongen
  - Krav på högtryckstvättning av bergytorna

Betongtjocklek  $\geq 50$  mm beroende av förstärkningsbehovet. Uppnådda tryckhållfastheter 35-49 MPa. Medelvärde 40,3 MPa. Torrbruket har köpts färdigblandat till arbetsplatsen och levererats med betongbil. Handhållen betongsprutning från arbetsplatsform. Tvättning av bergytorna med  $\emptyset 8$  mm munstycke och 1,2 MPa vattentryck.

#### Berggrund och bergytor

Tunneln går i huvudsak genom en basisk hornbländeförande gnejs. Huvudmineralen utgöres av kvarts, plagioklas, kalifältspat, biotit och hornblände. Gryet är medelkornigt till grovt och färgen är grå. Kvarts, kalifältspat och hornblände bildar sliror och ibland ådror, som med varierande frekvens genomsätter berggrunden. Vid sprängningen uppkomna brottytor kan vara parallella med eller vinkelräta mot strukturen.

## VÄSTERLEDEN, GÖTEBORG

Vägtunnel med en area av  $150 \text{ m}^2$  och en spännvidd av 19 m.  
Längd ca 700 m. Proven är tagna i taket.

### Sprutbetong

- Föreskrifter: - Sprutbetong klass I std K 350 och hänvisning till B5
- Krav på viss kornfördelning hos ballasten
  - Omfattningen av hållfasthets-, täthets- och vidhäftningsprovning angiven.
  - Krav på lägst 0,5 MPa i vidhäftningsbrotts-spänning och lägst 1,0 MPa vid brott i betongen
  - Krav på högtryckstvättning av betongytorna

Betongtjocklek  $\gg$  50 mm beroende av förstärkningsbehovet.  
Tryckhållfastheten varierar mellan 41-76 MPa.  
Medeltryckhållfastheten är 61,5 MPa.

Betongen har blandats och transporterats till platsen med s k Trixer. Betongsprutningen har skett med hjälp av Robot. Tvättning av bergytan har utförts med  $\emptyset$  8 mm münstycke och 1,2 MPa vattentryck.

### Berggrund och bergytor

Tunneln går huvudsakligen genom en intermediär, grovporfyrisk granitisk gnejs (Askimsgranit). Förskiffringsplanen är i allmänhet svagt utbildade. Askimsgraniten kännetecknas främst av sina grova skära mikrolinögon (mikrolin=kalifältspat). Ögonen ligger utströdda i en finkornig grundmassa som i huvudsak är sammansatt av kvarts, mikrolin, oligoklas (kalk-natronfältspat) och biotit.

Tunnelns södra del går genom konglomeratisk, basisk tuffit. Bollarna är hämtade från en äldre sandsten vars grundmassa huvudsakligen består av mineralerna kvarts och fältspat. Mellanmassan i tuffiten är finkornig och består huvudsakligen av basisk natronfältspat samt hornblände. Ställvis uppvisar tuffiten ett förskiffrat och något vittrat utseende. Rikligt



med inneslutningar av kvarts förekommer.

Graniten är bankad och berget har ofta fallit ut mot bankningsplan. Sprickytorna har i båda bergarterna oftast en rostfärgad beläggning.

#### SHELL - GODHEMSGATAN

Objektet är en tunnel genom vilken spillvärme från Shell Raffinaderi på Hisingen skall ledas som hetvatten genom rör till andra sidan av Göta älv. Hetvattnet skall användas för bostadsuppvärmning. Tunnelns längd är 3500 m. Proven är tagna företrädesvis i tak och anfang.

#### Sprutbetong

- Föreskrifter: - Sprutbetong klass 1 std K 350 och hänvisning till B5
- Krav på viss kornfördelning på ballasten
  - Omfattningen av hållfasthets - täthets- och vidhäftningsprovning angiven
  - Krav på lägst 0,5 MPa i vidhäftningsbrottspänning och lägst 1,0 MPa vid brott i betongen
  - Krav på högtryckstvättning av betongytorna

Betongtjocklek  $\gg$  40 mm beroende på förstärkningsbehovet.

Tryckhållfastheten varierar mellan 37 och 60 MPa.

Medeltryckhållfastheten är 47,8 MPa.

Betongen har blandats i särskilt upprättad station ovan jord och transporterats med bil till arbetsstället.

#### Berggrund och bergytor

Tunneln går i huvudsak genom medelkornig granit med bankar av finkornig granit eller finkornig gnejs. Ett antal gånger av diabas, pegmatit och amfibolit förekommer. Amfibolit och pegmatit finns ställvis inlagrat i huvudbergarten som klumpar eller skivor. I tunnelns djupare del övertväras den av en zon med mylonit. Samtliga prov är tagna på granit eller gnejsytor.

Enligt anteckningar gjorda i samband med provtagningen fördelar sig proven ungefär lika på sprickytor och brutna ytor. Det är emellertid många gånger svårt att avgöra om provet ligger på sprickyta eller bruten yta.

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Bolmen-Åktaboden, Fältförsök

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTITYTA %		BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERG	SPRICKYTA BRUT. YTA		
Kloritbelagda ytor Provyta A11	1	0,59	100		Amf	X		45	Amf=Amfibolit
	2	0,17	100		"	X		45	
	3	0,43	100		"	X		53	
	4	0,53	100		"	X		60	
Provyta A21	1	0	100		Gnejs	X		55	Ej genomborrad
	2	(-)			"			-	
	3	0,43	100		"	X		46	
	4	0	100		"	X		55	
	5	0,42	100		"	X		65	
	6	0,06	100		"	X		50	
	7	0,16	100		"	X		55	
Provyta A21 utgår	1	1,89	100		Amf	X		38	
	2	0,59	100		"	X		45	
	3	0,53	100	100	"	X		-	
	4	0,95	100		"	X		60	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel BoImen-Äktaboden, Fältförsök

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJÖCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT.YTA I //		
Provyta A31	1	0,12		100		Gnejs	X	74	
	2	0,27		100		"	X	-	
	3	1,26	100			"	X	84	
	4	1,21	70	30		"	X	72	
	5	1,5	100			"	X	70	
	6	1,0		90	10	"	X	70	
Provyta A41	1	1,37		100		Amf	X	-	
	2	1,37	100			"	X	62	
	3	1,99	100			"	X	53	
	4	0	100			"	X	65	
<u>Lerbelagda ytor</u> Provyta B11	1	0,29	20		80	"	X	52	
	2	0,43			100	"	X	50	
	3	0,24	50		50	"	X	57	
	4	0			100	"	X	60	
Provyta B12	1	1,15	100			"	X	80	
	2	1,06	100			"	X	51	
	3	0,24			100	"	X	82	
	4	0,13			100	"	X	83	
Provyta B21	1	1,67	100			"	X	62	Ej genomborrad
	2	(1,62)				"	X	-	
	3	2,07	100			"	X	55	
	4	1,05	100			"	X	78	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Bolmen-Åktaboden, Fältförsök

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
Provyta D11	1	1,63		100		Gnejs			70	Ej genomborrade
	2	1,20	100			"			22	
	3	1,21	100			"			55	
	4	(1,78)		100	100	"			60	
	5	0,33				"			60	
Provyta D12	1	0,72	100			"			22	4 st prov ej genomborrade Dessa medräknas ej vid följande beräkningar.
	2	0,73	100			"			25	
	3	1,22		100		"			40	
	4	0,74	100			"			10-20	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan      fältförsök

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT. YTA I //		
Provyta A1	1	0,90	100			Gnejs		40	
"	2	1,25	100			"	X	40	
"	3	1,48	100			"	X	40	
"	4	1,52	100			"	X	45	
"	5	1,62	100			"	X	45	
"	6	1,48	100			"	X	45	
Provyta A2	1	1,20	75		25	"	X	30	
"	3	1,36	100			"	X	50	
"	4	1,10	100			"	X	45	
"	7	1,62	100			"	X	40	
"	8	0,44	100			"	X	50	
"	9	1,18	100			"	X	55	

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan, fältförsök

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT. YTA		
Provyta B1	1	0,80	100					40	
"	2	1,10	100					50	
"	3	1,62	90	10				35	
"	4	0,84	90	10				50	
"	5	0,84	40	60				50	
Provyta B2	1	0,31	100					40	
"	2	0,19	100					35	
"	3	0,71	100					30	
"	4	1,10	100					65	
"	5	0,90	100					60	

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan, fältförsök

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT. YTA l /l		
Provyta C1	1	0,65	40		60			40	
	2	1,52	40		60			40	
	3	0,25			100			55	
	4	0,48			100			25	
	5	1,20	100					45	
	6	0,84	70		30			35	
	7	1,36	45		65			65	
	8	1,36	95		5			45	
	9	0,53	95		5			35	
Provyta C2	1	0,58	75		25			40	
	2	0,63	100					45	
	3	1,21	75	25				75	
	4	0,63		35	65			60	
	5	0,53	45		55			25	
	6	1,37	100					35	
	7	0,58	30	45	70			95	
	8	0,89	55	100				55	
	9	0,53						35	
	10	0,05			100			55	



RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan, fältförsök

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJÖCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT.YTA L //		
Provyta D2	1	0,47	25		75			80	
"	2	0,89	90		10		x	30	
"	3	1,25	100				x	50	
"	4	1,11	85		15		x	55	
"	5	0,01	60		40		x	20	
"	6	0,37	50		50		x	35	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV

OBJEKT: Bergrum Brattåsverket

PROVTAGNINGSPLOTS: Bergrum L 1m x/	PROV NR	BRÖTTSP MPa	BROTITYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT.YTA		
	1	1,15		100					45	x/Avstånd från bergrummets västra gavel.
"	2	0,43	100						75	
"	3	0,68	100						78	
"	4	0,79	100						85	
"	5	0		100					-	
"	6	0		100					-	
"	7	0,68		100					-	
"	8	1,06			100				85	Brott delvis i limfog
"	9	0							100	
"	10	0,69	100						80	
"	11	0,98	100						115	
"	12	0,96		100					-	

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Bergrum ÖEF an1 3905

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTTTYTA %		BERG	BERGART		UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERG	SPRICKKYTA	BRUT.YTA	L		
Rum B sekt 0/150	1	0,85	100							15-40	Brott intill dragplattan
"	2	1,6	100								"
"	3	1,8	100								"
"	4	0,45	100								Kv=kvartsrik gnejs
"	5	0,53	50	50	Kv					20	
"	6	0,20	80	20	"					70	
"	7	0,23	50	50	"					70	
"	8	0,53	80	20	"					70	
"	9	0		100	"					50	Blöt bergyta
"	10	0,1	100		"						
Transportort NCD	11	1,58	100		"					35	
"	12	0,48	90	10	G1					60-95	Gl=glimmerrik gnejs
"	13	0		100	Kv					110	
"	14	0	30	70	G1					100-130	
"	15	0,45		100	"					125	
"	16	0,20		100	"					30	
"	17	0,45		100	"					30	
"	18	0		100	"					10-20	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Bergrum öEF an1 3905

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA % KONTAKT    BTG	BERG	BERGART	UNDERLAG SPRICKYTA    BRUT. YTA	I    //	PROVETS TJOCKLEK    mm	ANM
Rum B sekt 0/150	19	0,65	70	30	Pg			40-55	Pg = pegmatit
"	20	0,04	100		G1			15	
"	21	0,06	20	80	"	X		35	
"	22	0,33		100	"	X		50	
"	23	0,18		100	"	X		60-100	
"	24	1,0		100	Kv	X		25	
"	25	0,13	20	80	G1	X		40	Ej genomborrad
"	26	(0,58)			Kv	X		35	
"	27	0,20	100		G1	X		55	Ej genomborrad
"	28	(1,58)			Kv	X		25	
"	29	0,80	100		"	X		45	
"	30	1,5	100		"	X			Prov 26 och 28 ej medräknade

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Norrleden

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
6/672,6	1	1,4	10		90	Gnejs			35	Vittringshud
"	2	1,5	100			"	x		35	"
"	3	1,3	100			"	x		20	"
6/674,1	4	1,15	100			"	x	x	40	
"	5	0,25	100			"	x		25	
"	6	0,6	100			"	x		40	
6/677,7	7	0,45	100			"	x		45	
"	8	0,45	100		100	"	x		50	
"	9	0,55	100			"	x		50	
6/880,5	10	0,38	100			"	x		35	Biotitrik
"	11	0,65	90		10	"	x		40	"
"	12	1,02	15	85		"	x		25	"
6/863,8	13	0,65	100			"	x	x	40	"
"	14	0,14	100			"	x		35	"
"	15	0,12	50		50	"	x	x	50	"
6/877,1	16	0,33	100			"	x		20	"
"	17	0,28	50		50	"	x		15	"
"	18	0,23	100			"	x		10	"
6/861,6	19	0,38	100			"	x		10	"
"	20	0,38	100			"	x		45	"
"	21	0,59	70	10	20	"	x	x	55	"

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Norrleden

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		BRUT.YTA	L	//	PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	SPRICKYTA					
6/873,3	22	0,23	100		50	Gnejs			x			25	Kvarts 80%, biotit 20% Biotitrik
"	23	0,33	50			"			x			40	
"	24	1,17	100			"	x					60	
6/850	25	0,90	100			"			x	x		80	Biotitrik
"	26	1,44	100			"			x	x		95	
"	27	0,48	100			kvarts i pg			x			50	
6/847	28	0,65	100			Gnejs			x			40	Biotitrik " "
"	29	0,22	100			"			x			30	
"	30	1,02	100			"			x			40	
6/845 V3.0	31	0,37	100		100	"			x			50	Biotitrik " "
"	32	0,95	100			"			x	x		75	
"	33	1,0	100			"			x	x		40	
6/780	34	0	100			"			x			85-90	Brast 2-15 mm från platta Brast 10 mm från platta
"	35	0,44	100	100		"			x			65-70	
"	36	0,81	100	100		"			x			65-75	
6/790	37	0,90	100	100		"			x			85-105	Bred spricka i betongen Platta lossnade, inläck vatten
"	38	0	100	100		"						100	
"	39	(0,33)				"						65-70	
"	40	0,70		80	20	"			x			60	
6/815	41	0		5	95	"			x			30-55	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV

OBJEKT: Tunnel Norrleden

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BRÖTTSP MPa	BRÖTTTYTA %		BERG	BERGART		UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERG	BRUT. YTA	SPRICKYTA	BRUT. YTA		
6/815	42	0,74	100							40-50	Plattan släppte
"	43	1,42	100				X	X		90-95	
6/735 N	44	0,21	100				X	X		30-45	Biotitrik
"	45	0	100		pg gnejs		X	X		40-60	
"	46	0,06	100		"		X	X		45-50	
"	47	0	100		"		X	X		45-55	
6/715 N	48	0,65	100		"		X	X		55-60	Plattan lossnat
"	49	0,12	100		"		X	X		60-70	
"	50	(0,43)	100		"		X	X		65-90	
6/720 N	51	1,64	100	70	30		X	X		40-50	Spricka i berget
"	52	0,96			100		X	X		30-35	
"	53	0	100				X	X		30	
"	54	1,00	100				X	X		40	
6/695 S	55	0	100				X	X		75	Spricka i berget
"	56	0,75		95	5		X	X		25-30	
"	57	0,54	100				X	X		35-70	
"	58	0,94	100				X	X		75-100	
6/690 N	59	0	100	90	10		X	X		55-60	Spricka i berget
"	60	0,16	100				X	X		25-35	
"	61	0,33	100				X	X		55-75	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Norrleden

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTITYTA %		BERGART	UNDERLAG			PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERG	SPRICKYTA	BRUT. YTA		
6/845	62	0			Gnejs				45-50	Biotitrik
"	63	0,23	100		"				35-45	"
"	64	0,20		100	"				35-40	Biotitrik, brott 10 mm från plattan
6/833	65	(0,33)			"				45-50	Plattan släppte, inläck vatten
"	66	0,62	100		"				15-25	
"	67	0,15	100		"				25-40	Biotitrik
										Prov 39, 50 och 65 ej medräknade.



## OBJEKT: Tunnel Västerleden

## RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		BRUT.YTA L	//	PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	SPRICKYTA				
1/736,5 -	1	0,29	100		10	Tu			X		30	Tu=Tuffit
1/741,5 ö	2	1,23	90			"			X		50	
"	3	1,18		100		"			X		50	
"	4	0,12	100			"			X		15	
"	5	0,48	95		5	Kv					115	Kvarts
"	6	0,63	100			Tu	X				55	Rost
"	7	1,57	(100)			"	X				40	" max drag
"	8	0,24			100	"	X				55	"
"	9	0,63	90		10	"	X				35	Delvis rost
1/685 ö	10	1,57	(100)			"		X			100	Max drag
"	11	0,70			100	"		X			110	
"	12	0			100	"		X			105	
1/548 ö	13	1,35	100		100	Gr	X				75	Gr=Granit
"	14	0				"	X				55	Spricka
"	15	1,6	(100)			"	X				95	Max drag
1/767 ö	16	1,4		100		Tu		X			115	
"	17	1,5		100		"		X			130	
"	18	0,94		100		"		X			130	
1/585 -	19	0,63	100			Gr		X			25	
1/590 V	20	1,3	100			"		X			30	
"	21	0,55	100			"		X			30	
"	22	0,77	90		10	"		X			60	
"	23	2,1	100			"		X			35	
"	24	1,2	100			"		X			40	Vid bult

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Västerleden

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG			PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT.YTA	L		
1/582 Ö	25	1,2	100			Gr				70	
"	26	1,1	90		10	"		X		50	
"	27	0,78			100	"		X		70	
1/450 V	28	0			100	"		X		60-85	
"	29	1,36	100			"		X		75	Plattan släppte
"	30	1,74	(100)			"		X		60	Färg
1/440 V	31	(0)	100			"		X		85	Färg
"	32	0			100	"		X		65-80	Färg
"	33	(0)	100			"		X		110-140	Färg
1/490 Ö	34	2,06	(100)			"		X		150	Plattan släppte
"	35	0		100		"		X		150	Spricka
"	36	0	70	10	20	"		X		150	"
1/500 V	37	1,27		100		"		X		150	
"	38	2,37		100		"		X		150	

Prov 31 och 33 ej medräknade då betongen sprutats på markeringsfärg.

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG			ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA	L	
Röda Sten	E1	0,16	100			Gn				
11/8 57,5 vägg	E2	0,22	100			"				
11/858 "	E3	1,10	100			"				
11/859 "	E4	0,38	35	65		"				
12/050 "	E5	1,00	20	80		"				
12/050 anfang	E6	1,16	70	30		"				
12/160 vägg	E7	0,53	100			"				
12/160 anfang	E8	0,80	100			"				
12/160 tak	E9	1,42	100			"				
12/280 vägg	E10	0,58	60	40		"				
12/280 anfang	E11	0,22	40	60		"				
12/280 tak	E12	0,53	100	100		"				
11/765 vägg	E13	1,52	70	100		"				Brott i ytbetongen
11/765 anfang	E14	1,21	80	30		"				Hållfasthet > max manometer
11/765 tak	E15	>2,45	80	-		"				Kloritbeläggning på sprickytan Kalcitbeläggning Hållfasthet > max manometer
11/606 vägg	E16	0	80	100		"				Fuktig brottyta
11/606 anfang	E17	0	80	20		"				Hållfasthet > max manometer
11/606 tak	E18	>2,45	80	20		"				Brott i ytbetongen
11/640 vägg	E19	0,48	100			"				
11/640 vägg	E20	>2,45	100			"				
11/640 anfang	E21	1,84	100			"				

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPÅSATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
Röda Sten 11/240 vägg vägg anfang	E22	0,18		100	100	Gn			10-30	Brott i ytbetongen
	E23	1,32	100	10		"	X	X	45-50	
	E24	0,80	90			"	X	X	40-50	
Färjenäs 10/035 vägg anfang tak	E25	0,10	100			"	X		30-45	Troligen färg på brottytan Hållfasthet > max manometerv
	E26	>2,45	-			"	X	X	60-70	
	E27	0,48	100			"	X	X	50-90	
10/590 vägg vägg anfang	E28	0,72		100		"	X	X	40-50	
	E29	0,27	40	60		"	X	X	40-50	
	E30	0		100		"	X	X	50-65	
10/300 vägg anfang tak	E31	0,69	90	10		"	X	X	35-55	
	E32	0,48	70	30		"	X	X	45	
	E33	0		100		"	X	X	25	
10/200 vägg anfang tak	E34	0		100		"	X	X	45-65	
	E35	2,05	90	10		"	X	X	30-50	
	E36	0,48	80	20		"	X	X	20-30	
Ekedalsgatan 13/138 vägg vägg anfang	E37	0,32		100		"	X	X	30-45	
	E38	0		100		"	X	X	40-45	
	E39	1,42	100			"	X	X	15-40	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTITYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
11.125	E50	1,10	60	40	75	Gn			20-35	Lossnar vid urborrning Brott i ytbetong
	E51	0		25		"		x	55-100	
	E52	1,21		100		"			25-45	
11.140	E53	0,94	100	100	10	"			40-55	Brott i ytbetongen
	E54	0,89				"			10-34	
	E55	1,26	90			"			25-42	
11.200	E56	0,94	40	100	50	"			10-35	Fuktig brottyta
	E57	1,03		50		"		x	25-45	
	E58	1,00		60		"			55-80	
11.340	E59	0,74	70		100	"	x		15-30	Fuktig brottyta
	E60	1,10	40		30	"		x	20-25	
	E61	0,74			60	"			30-45	
11.260	E62	0,32			100	"		x	20-45	Fuktig brottyta
	E63	0,19			100	"			25-35	
	E64	1,63		100		"			25-35	
12.654	E65	0,14		100		"			60-75	Lossnar vid urborrning
12.655	E66	0,61		100		"			25-40	
12.656	E67	0,47		100		"			40-55	
12.565	E68	0			100	"			25-30	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BRÖTTSP MPa	BRÖTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
12.565	E69 E70	0,97 0,81	100	25	75	Gn			38-62 40-80	
11.508	E71	0,55	75		25	"		x	20-32	Lossnar vid urborrning
11.509	E72	0			100	Amf	x		15-25	Porös betong
11.510	E73	0,47		20	80	Gn		x	5-35	
12.405	E74	1,58	90		10	"		x	45-65	
	E75	0,71	70		30	"			25-45	Glimmerrik grejs
	E76	1,00	60		40	"		x	45-70	Lossnar vid urborrning
12.396	E77	0	80		20	"		x	55-75	
12.395	E78	0,28	30		70	"		x	15-50	
12.394	E79	0,39	90		10	"		x	65-105	
12.275	E80	0,81		50	50	"		x	25-65	
12.276	E81	0,51	50		50	"			30-45	Svagt oppkrossat
12.277	E82	0,39		10	90	"		x	35-45	
12.208	E83	1,31		100		"			10-25	Brott i ytbetong
12.209	E84	0			100	"			40-65	Lossnar vid urborrning
12.210	E85	0,55	25		75	"			20-50	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV

OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTITYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT. YTA		
13.189	E86	0,92	100		80	Gn			20-35	
13.190	E87	0,13	20			"	x		35-70	Fuktig brottyta
13.191	E88	1,42	100			"			40-50	Brott i ytбетong
Färjenäs 10.650	E89	0,76	100		20	"			35-75	Brott i ytбетong
	E90	0,62				"			30-45	Glimmerrik gnejs
	E91	0,83	100			"			40-50	Brott i ytбетong
10.750	E92	0,31			100	"			15-30	
	E93	0,26			100	"			40-60	
	E94	0,69	80		20	"		x	35-50	
10.800	E95	0,28	20		80	"	x		108-80	Fuktig brottyta
	E96	0,21	30		70	"		x	25-48	"
	E97	0,17			100	"	x		35-50	Blöt brottyta
10.850	E98	1,60	100			"			45-63	Brott i ytбетong
	E99	1,04	40		60	"		x	25-35	
	E100	0,40	30		70	"		x	38-45	

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT: Tunnel Shell-Godhemsgatan

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTITYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKVITA	BRUT. YTA		
0/15 lyra vägg " " "	E101	0,85		100		Gn	x		50-65	Brott i ytbetong
	E102	0,55	50	50	70	"	x		85-110	
	E103	0,63	30			"		x	50-88	
0/10 sticktunnel vägg anfang	E104	0,13			100	"	x		35-75	Fuktig brottyta Fuktig kalcit belagd brottyta
	E105	0,02			100	"	x		28-40	
	E106	1,25	100				x		25-33	
tak										



RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT:      Muskö örlogshamn

PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSMP MPa	BROTITYTA %		BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERG	SPRICKYTA		
Docka 3 ovan vattenlinjen	21	0	100	45	Gn/pg			10	
"	22	0,24		55	"			25	
"	23	0,18		15	Gnejs			15	
"	24	0,02		100	"			20	
"	25	0,82	100		"			10	
"	26	1,0		60	"			45	
"	27	0,05	100		Pg			10	
"	28	0,1	100		Gnejs			7	
"	29	0,12		100	"			15	
"	30	0,31	100		"			15	
"	31	0,1	100		"			10	
"	32	0,1		100					
"	33	0,9	80	20	Gn/pg			15	Prov 6 ej medräknat

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Muskö örlogshamn

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BRÖTTYTA %		BERG	BERGART		UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		SPRICKYTA	BRUT.YTA	BERGART	SPRICKYTA		
Docka 3 under vattenlinjen	1	0,27			40	Gnejs				15	Blöt yta
"	2	0,07	100	60	40	"	x			20	
"	3	0,25			100	"	x			10	
"	4	0,06		90	10	"	x			10	
"	5	0,07	100			"	x			5	
"	6	(0,22)	100			"	x			45	Kalkbel ej genomborrad
"	7	0,15	100			"	x			25	
"	8	0,05	100			"	x			20	
"	9	0,07	100			"	x			20	
"	10	0,52		20	80	"	x			40	
"	11	0,87	100			"	x			65	
"	12	0,02	100			"	x			10	Blöt yta
"	13	0,19		85	15	"	x			22	
"	14	0,06	100			"	x			7	
"	15	0,02	100			"	x			10	
"	16	0	100			"	x			10	
"	17	0,42	100			"	x			15	Kalkbel blöt yta
"	18	0,04	100			Gn/pg	x			15	Kalkbeläggnig
"	19	1,3	100	90	10	Pg	x			15	Pg=pegmatit
"	20	0,24	100			"	x			15	

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT:    Bergrum Stenungsundsverket

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTTYTA %		BERG	BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG			SPRICKYTA	BRUT.YTA		
OTU 1 sekt 55	1	1,4		50	gnejs			47	Blöt yta, kalkbeläggning	
	2	0,3	100	50				40		
	3	1,3	100	50						
OTU 1 sekt 104	4	0	100	50		x		40	"	
	5	0,69		50				38	"	
	6	0,12		50				15	glimmer	
	7	0,24		70	30			24		
OTU 2 vänster 20 m från OTU 1	8	0	100	100		x		12	Blöt yta	
	9	0,54		100				10	Glimmerskikt	
	10	0,54		100				20		
CTU 1 67 m	11	0	85	100				63	Kalkbeläggning	
	12	0,43		15				135		
CTU 1	13	0,62	100		gnejs			50		
	14	1,31	100				x	40		
	15	0,39		100		x	63			
	16	0,2		100			56			
	17	0,97		80	20		136			
CTU 4 längst in	1	0,21	100		"			80		
	2	0,18	100					40		
	3	0	100					30		
	4	0,53	100					25		
	5	0,82	100	80		20		35		

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT: Bergrum Stenungsundsverket

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTTTYTA %		BERGART	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM	
			KONTAKT	BERG		SPRICKYTA	BRUT. YTA			
CTU 4 område med kalkutfällning	6	0	100					55	Kalkbeläggning	
	7	0,12	100					35	"	
	8	0,27	100					40	"	
	S-403	1	0	100					35	Kalkbeläggning
		2	0,05	100					40	"
		3	0	100					25	"
		4	(0,98)	100					50	Ej genomborrad
		5	0,42	100					95	"
6		0,6	100					93	"	
M3 tak	1	0,14	100					50	"	
	2	0,25	60	40				55	"	
	3	0,48	100					30	"	
	4	0,18	100					40	"	
	5	0	100					35	"	
	6	0	100					60	"	
	7	0,51	100					45	"	

RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV - OBJEKT: Bergrum Stenungsundsverket

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKAYTA BRUT.YTA		
CTU 4	1	0,38		100				30	Brott i armeringskikt
"	2	0,44		100			X	30	"
"	3	0,24			100		X	30	
"	4	0,05			100		X	30	Provning utförd på en sprutbetongyta där epoxilim injekterats i skiktet mellan berg och betong.

RESULTAT AV VIDHÅFTNINGSPROV      OBJEKT:    Bergrum Stenungsundsverket

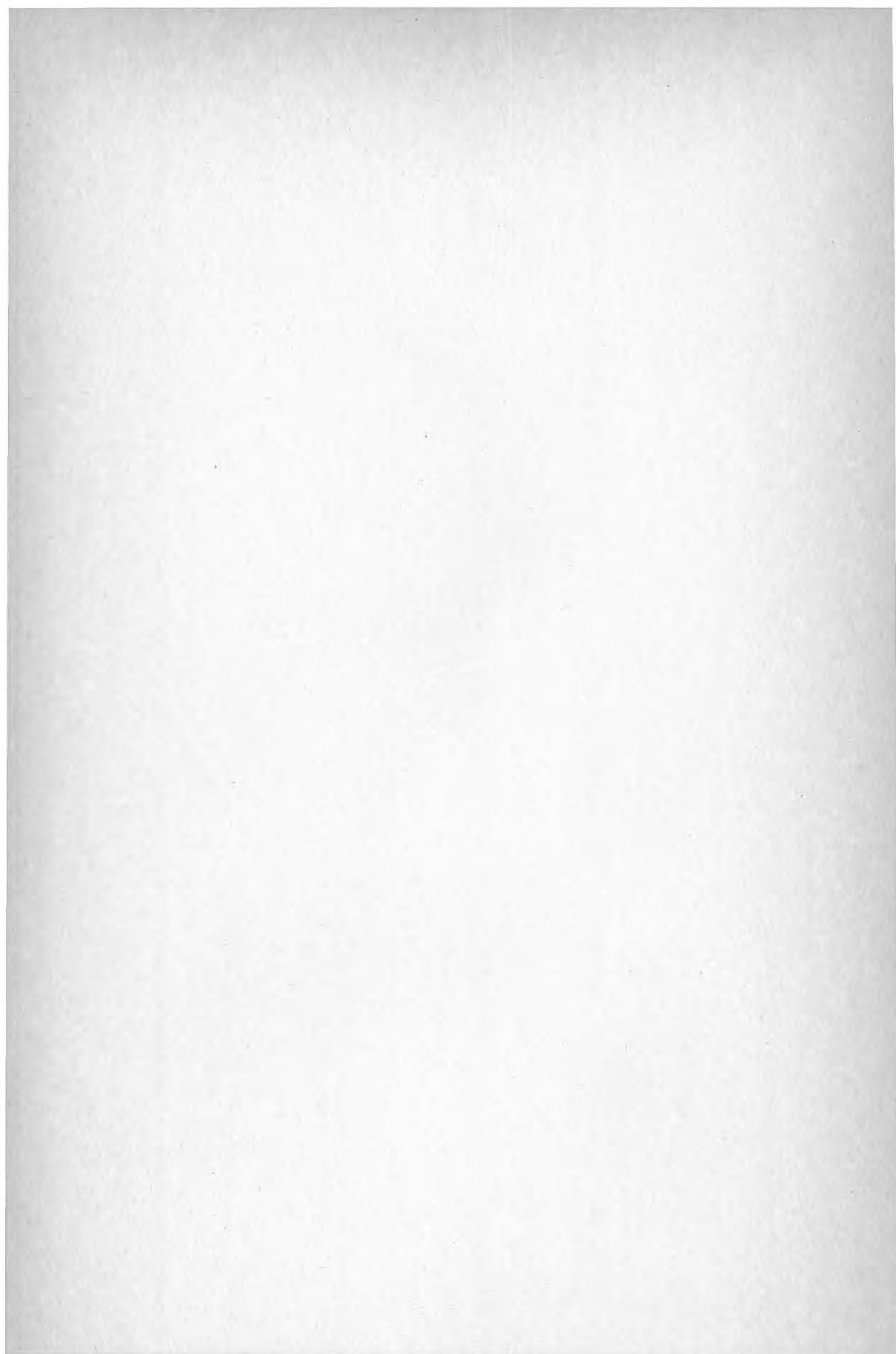
PROVTAGNINGSPLOTS:	PROV NR	BROTTSP MPa	BROTTYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT. YTA		
östra avlastningshallen	1	0		100				120	
"	2	0		100				120	
"	3	0,58	100		100			25	
"	4	0						35	
"	5	0,25	100					30	
									Prov S-403 nr 4 ej medräknat.

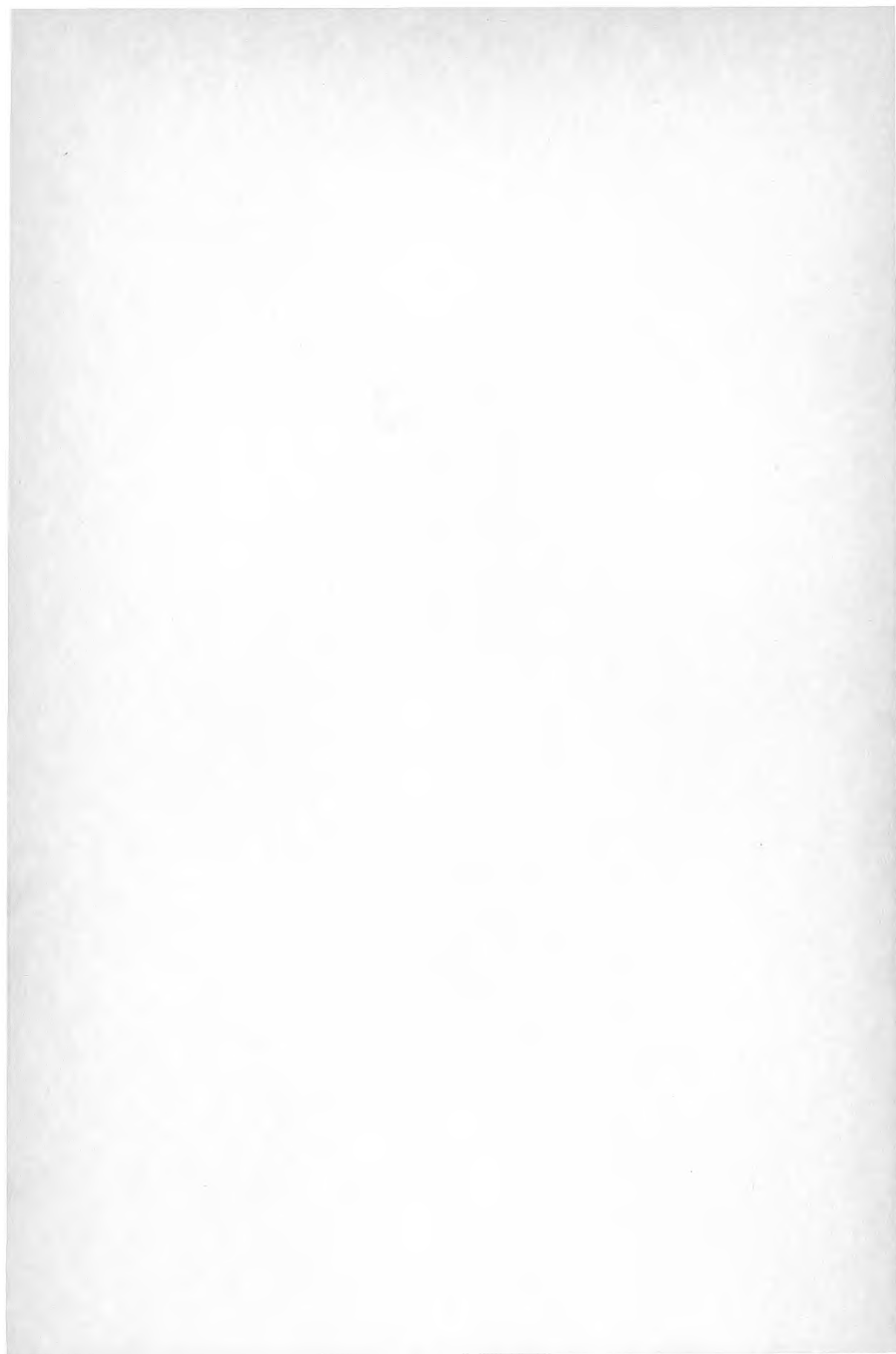
RESULTAT AV VIDHÄFTNINGSPROV      OBJEKT:    Hagelgruvan, Gyttorp

PROVTAGNINGSPLATS:	PROV NR	BROTTSMPa	BROTITYTA %		BERG	UNDERLAG		PROVETS TJOCKLEK mm	ANM
			KONTAKT	BTG		BERGART	SPRICKYTA BRUT. YTA		
Normal sprutbetong	1	0,22	50		50				
"	2	0	100			x		20	Kalcitbelagd yta
"	3	0	100			x		50	Blöt, kalcitbelagd yta
"	4	0	100			x		15	Kalcitbelagd yta
"	5	0	100			x		23	Blöt kalcitbelagd yta
"	6	0	100			x		10	"
"	6	0	100			x		10	"
Torr sprutbetong	7	0,38	60		40			5-30	
"	8	0,95	30	70			x	20	
"	9	0,69		100			x	50	
"	10	0,38	70	30			x	1-25	
"	11	0,26		100			x		
Vät sprutbetong	12	0,71	70	30				20	
"	13	0,43	40	60			x	30	
"	14	0,53	100				x	15-35	
"	15	0,95		100			x	-	
"	16	0,85	60		40		x	35	Blöt bergyta, kalcitbel.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760736-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till Bergsäker  
Konsult AB, Hisings Backa.**

**R69: 1980**

**ISBN 91-540-3270-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700169**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirka pris: 30 kr exkl moms**