

International  
Progress Report

**IPR-02-21**

## Äspö Hard Rock Laboratory

### Egenskaper hos kontaktzon mellan betong och bentonit i pluggar

David Gunnarsson

Lennart Börgesson

Clay Technology AB

Augusti 1997

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel +46 8 459 84 00

Fax +46 8 661 57 19



Äspö Hard Rock  
Laboratory

Report no.

IPR-02-21

Author

Gunnarsson, Börgesson

Checked by

Approved

Christer Svemar

No.

F50K

Date

1997-08-01

Date

Date

2002-06-07

# Äspö Hard Rock Laboratory

## Egenskaper hos kontaktzon mellan betong och bentonit i pluggar

David Gunnarsson

Lennart Börgesson

Clay Technology AB

Augusti 1997

*Keywords:* Bentonite, betong, kontaktzon, hydraulisk konduktivitet, tunnelplugg

This report concerns a study which was conducted for SKB. The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the author(s) and do not necessarily coincide with those of the client.

# SKB DJUPFÖRVAR

## Egenskaper hos kontaktzon mellan betong och bentonit i pluggar

David Gunnarsson, Lennart Börgesson  
Clay Technology

Augusti 1997

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

## **SAMMANFATTNING**

De hydrauliska egenskaperna i den kontaktzon som uppstår mellan betong och bentonit då betong gjuts direkt mot bentonit har undersökts. Tre typer av kontaktytor testades:

1. Direkt kontakt mellan betong och bentonit
2. Ett lager med vattenglas och bentonit mellan betong och bentonit
3. En tunn plastfolie mellan betong och bentonit

Testerna indikerade ett flöde genom kontaktzon 1 och 2. Transmissiviteterna i kontaktzonerna var dock marginella och anses inte påverka bentonitens funktion i en plugg. Ytterligare tester krävs för att noggrant kvantifiera eventuella transmissiviteter i dessa kontaktzoner. Kontaktzon nummer 3 föreföll vara helt tät.

## **ABSTRACT**

The hydraulic properties of the contact zone which is created when concrete is cast directly on bentonite has been investigated in a number of laboratory tests. Three types of contact zones between bentonite and concrete have been tested:

1. Direct contact bentonite / concrete
2. A layer of sodium silicate hydrate between the concrete and the bentonite
3. A thin plastic foil between concrete and bentonite

The tests indicated leakage through contact zone number 1 and 2. However the measured transmissivities were marginal and are not considered to effect the function of bentonite in a plug. Further testing is necessary to accurately determine the transmissivity of these contact zones. No leakage could be detected through contact zone number 3.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida	
<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER</b>	
<b>2</b>	<b>BAKGRUND OCH SYFTE</b>	2
<b>3</b>	<b>FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING</b>	3
<b>4</b>	<b>RESULTAT</b>	5
<b>5</b>	<b>VISUELL UNDERSÖKNING AV KONTAKTEN BETONG / BENTONIT</b>	8
<b>6</b>	<b>SLUTSATS</b>	13
	<b>REFERENSER</b>	14

# 1 SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

De hydrauliska egenskaperna i den kontaktzon som uppstår mellan betong och bentonit då betong gjuts direkt mot bentonit har undersökts. Tre typer av kontaktytor testades: direkt kontakt mellan betong och bentonit, ett lager med vattenglas mellan betong och bentonit samt ett tunt lager med plast mellan betong och bentonit. De två först nämnda kontaktytorna testades med tre olika ingående vattenkvoter i bentoniten. Kontaktytan med plast testades endast med en ingående vattenkvot. Försöket gjordes genom att borra ett hål i en bentonitkuts, eventuellt preparera borrhålets yta med vattenglas eller plast, och gjuta betong i hålet. Detta prov placerades sedan i en svälltrycksödometer och tilläts ta upp vatten. När provet vattenmättats mättes den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten över bentonitens tvärsnittsytan. Denna jämfördes med den hydrauliska konduktiviteten för motsvarande solid bentonit. Den skillnad i hydraulisk konduktivitet som erhöles berodde på genomströmning av vatten i kontakt ytan betong / bentonit.

Den direkta kontaktytan mellan betong och bentonit och kontaktytan med vattenglas mellan betong och bentonit verkade uppvisa ett något förhöjt genomflöde. Emellertid bör det betonas att de uppmätta flödena är mycket små. Ytterligare tester är nödvändiga för att kvantifiera ett eventuellt förhöjt flöde genom kontaktzonerna. Kontaktytan med plast mellan betong och bentonit verkade vara tät.

## **2 BAKGRUND OCH SYFTE**

En pluggs hydrauliska tätningsegenskaper förbättras avsevärt om en bentonitring appliceras i slitsen mellan betong och berg eftersom bentoniten vid bevätning sväller ut mot bergytan och tätar effektivt. Emellertid påverkas kontaktytan mellan bentonit och betong vid betonggjutningen eftersom bentoniten tar upp vatten från betongen innan betongen stelnat. Ett förslag för att åtgärda detta är att belägga bentonitytan med vattenglas eller plast innan gjutningen.

De hydrauliska egenskaperna hos kontaktytor bentonit/betong med och utan beläggning har undersökts med ett antal laboratorieförsök.



### 3 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING

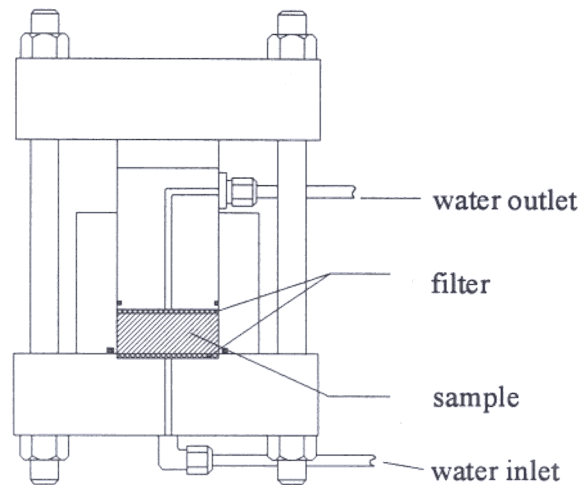
Tre typer av kontaktytor har undersökts:

1. Direkt kontakt mellan betong och bentonit (försök #1, #2 och #3),
2. Ett lager med vattenglas mellan betong och bentonit (försök #4, #5 och #6),
3. En tunn plastfolie (polyetenfolie) mellan betong och bentonit (försök #7).

De två förstnämnda kontaktytorna testades med tre olika ingående vattenkvoter i bentoniten. De ingående vattenkvoterna var 10, 15 och 20 %. Kontaktytan med plastfolie testades endast med vattenkvoten 10 %.

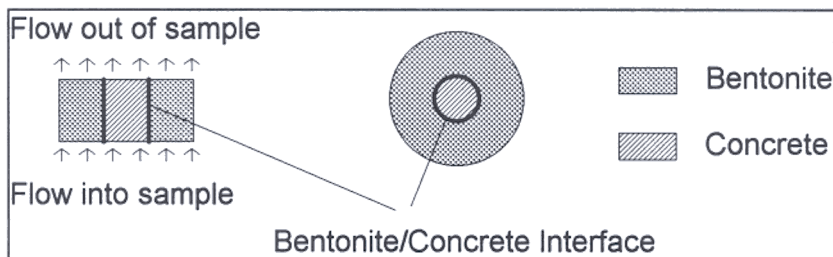
Försöken utfördes enligt följande:

1. Cylindriska provkroppar med diameter 5,0 cm och höjd 2,0 cm framställdes genom att bentonitmaterialet kompakterades till en densitet motsvarande 2000 kg/m<sup>3</sup> vid vattenmättnad.
2. Axiella hål med diametern 2,0 cm borrarades i alla provkropparna.
3. För försöken #4, #5 och #6 preparerades borrhålsväggarna med vattenglas som tilläts stelna under ett dygn. För försöket #7 kläddes borrhålsytan med plastfolie. För försöken #1, #2 och #3 lämnades borrhålsytan obehandlad.
4. Betong gjöts i borrhålen och proverna placerades i svälltrycksödometrar, se Fig. 3.1. Betongen tilläts stelna.
5. Efter vattenmättnad upprättades ett hydrauliskt differenstryck motsvarande en axiell gradient av 20 MPa/m.
6. Den effektiva konduktiviteten hos bentoniten, inklusive kontaktzon, bestämdes genom mätning av flödet. Detta mättes på både på inflödessidan och utflödessidan. Bestämningen gjordes under antagandet att flödet genom betongkärnan kan försummas.
7. Efter att försöket brutits bestämdes densitet och vattenkvot på bentonitproverna som också undersöktes visuellt.



**Figur 3.1.** Skiss av svälltrycksödometer för permeabilitetsmätning.

Fig. 3.2 visar systemet schematiskt.



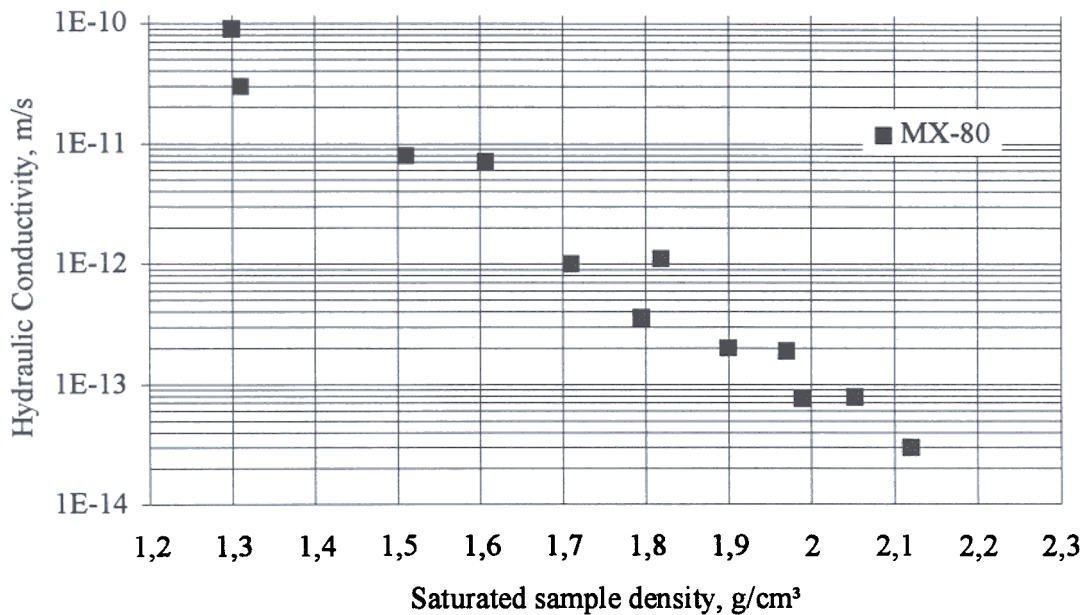
**Figur 3.2.** System för bestämning av den effektiva konduktiviteten hos ett bentonitprov med betongkärna och med genomgående fog mellan bentonit och betong.

## 4 RESULTAT

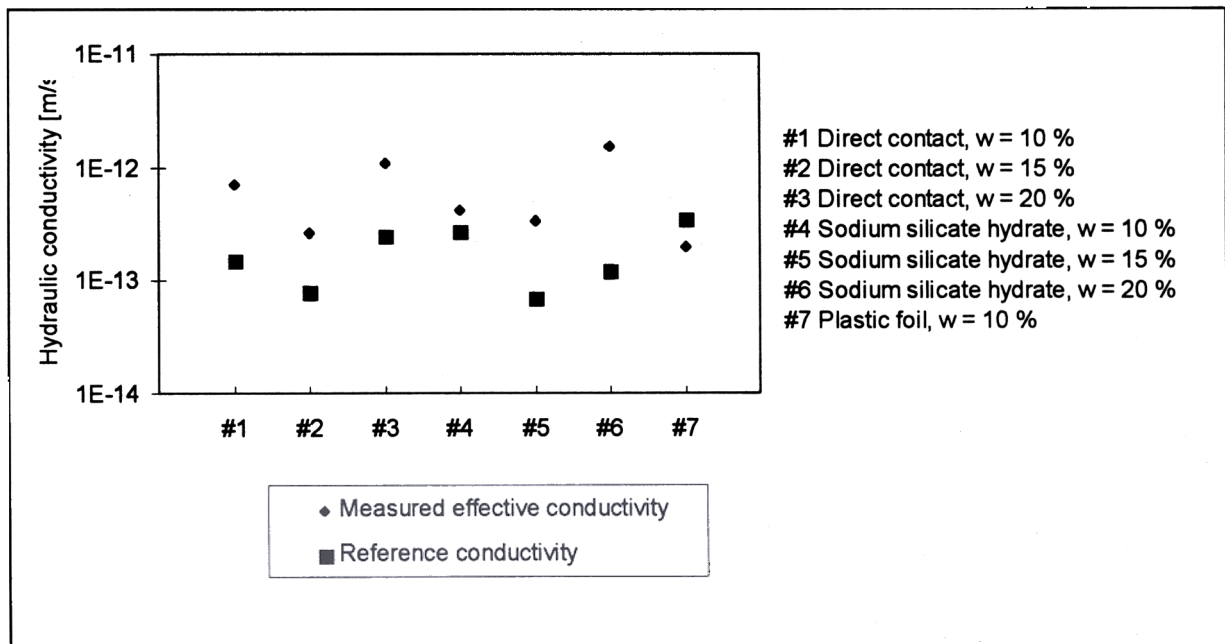
Fig. 4.1 visar en sammanställning av uppmätta permeabiliteter hos bentonit och är tagen ur /4.1/. Figuren visar permeabilitet som en funktion av densitet efter vattenmättnad och ger en uppfattning av spridningen av uppmätta konduktiviteter.

I Fig. 4.2 rapporteras resultaten från de aktuella testerna. Både in och utflödet i svälltrycksödometern mättes. På grund av läckage skiljer sig dessa mätningar åt. Läckage kan ha uppstått antingen före eller efter provet. Det troliga är att läckaget skett efter kutsen då kopplingstypen som använts vid inflödet är mycket pålitlig. I tre fall kunde inget utflöde ur svälltrycksödometern registreras. Läckage efter kutsen kunde också konstateras i dessa fall. Följaktligen är de permeabiliteter som baserats på inflöde i svälltrycksödometern mest trovärdiga och det är dessa som redovisas i Fig. 4.2. Dessa ger även högsta möjliga hydrauliska konduktivitet för det aktuella provet och kan alltså anses konservativa. Hydrauliska konduktiviteter baserade på inflöde kommer att användas i resten av rapporten. De förväntade hydrauliska konduktiviteterna för varje prov, om kontaktytan mellan betong / bentonit förutsätts vara helt tät, kan också ses i Fig 4.2.

I Tabell 4.1 visas relationen mellan referensvärdet på hydraulisk konduktivitet och uppmätt hydraulisk konduktivitet baserad på inflödet. I proverna med direkt kontakt betong / bentonit och proverna med ett lager vattenglas i kontakten betong / bentonit kan en generell ökning av provernas hydrauliska konduktivitet med mellan 150 och 400 % konstateras. Undantaget är provet med NaSi i applicerad på bentoniten och ingående vattenkvot 20 % där ökningen är 1250 %. I detta fall misstänks en läcka i kopplingarna innan kutsen.



**Figur 4.1.** Sammanställning av resultat från bestämningar av hydraulisk konduktivitet hos bentonit.



**Figur 4.2.** Erhållna hydrauliska konduktiviteter.

Det verkar som om kontaktytan betong / bentonit har en transmissivitet för vatten i samma storleksordning som kontaktytan med vattenglas. Den enda kontaktyta av dessa som uppmätts vara nästan helt tät är den med vattenglas i kontaktytan och en ingående vattenkvot i bentoniten på 10 %. Kontaktytan med plast mellan betong och bentonit verkar vara helt tät.

Den ingående vattenkvoten i bentoniten verkar inte ha någon direkt inverkan på transmissiviteten för vatten vad gäller direktkontakten betong / bentonit. I de fall där vattenglas använts i kontakten kan en klar trend med ökande transmissiviteten med ökande ingående vattenkvot i bentoniten observeras. Emellertid är antalet mätningar för få för att med säkerhet avgöra om skillnaden mellan kontaktytorna är signifikant.

**Tabell 4.1. Provernas hydrauliska konduktiviteter.**

	Mättad densitet	Förväntad hydraulisk	Uppmätt Hydraulisk	Faktor
	g/cm <sup>3</sup>	konduktivitet m/s	konduktivitet m/s	referens / Mätt
				Hydraulisk konduktivitet
N 10%	1,94	1,5E-13	7,0E-13	4,7
N 15 %	2,01	8,0E-14	2,6E-13	3,3
N 20 %	1,92	2,5E-13	1,09E-12	4,3
NaSi 10%	1,94	2,8E-13	4,14E-13	1,5
NaSi 15%	2,02	7,0E-14	3,39E-13	4,8
NaSi 20%	1,97	1,2E-13	1,5E-12	12,5
Plast 10 %	1,91	3,5E-13	2,00E-13	0,6

## 5

# VISUELL UNDERSÖKNING AV KONTAKTEN BETONG / BENTONIT.

### Betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 % (Fig 5.1)

På ytan kan en vit kant ses i kontakten mellan bentonit och bentonit. En färgförändring kan ses på bentoniten ca 2-3 mm från betongen. Mycket god vidhäftning betong / bentonit. Kontaktytan var relativt ren. Lite bentonit satt kvar på betongen. Färgen på kontaktytan var grön med ett litet inslag av brunt. Den ringformade färgförändring som syntes på ytan kunde inte urskiljas mitt i kutsen

### Betong/bentonit med ingående vattenkvot 15 % (Fig 5.2)

Ytan ser ut på samma sätt som betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 %. Den annorlunda färgade zonen är dock tunnare 1-2 mm. Vidhäftningen mellan betong/bentonit var betydligt lägre på denna kombination. Kontaktytan ser ut som föregående kombination förutom på ett ställe där betongytan var helt ren.

### Betong/bentonit med ingående vattenkvot 20 % (Fig 5.3)

Den vita kontaktzonen som observerats på ytan av de två föregående kombinationerna är inte lika markerad. På ena sidan (ovansidan) har bentoniten svällt in över betongen med ett par mm. Vidhäftningen mellan bentonit och betong var låg och ett nästan heltäckande lager bentonit satt kvar. Färgen på kontaktytan är brungrön.

### NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 % (Fig 5.4)

Kontaktzonen på kutsens översida är markerat vit. En grönvit zon sträckte sig sedan 1-2 mm ut från betongen. Kontaktzonen nere i kutsen är inte särskilt bred. Det var inte mycket bentonit som satt kvar på betongen. Den bentonit som satt kvar hade inte ändrat färg i någon större utsträckning. Ett par vitaktiga områden kunde dock observeras.

### NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 15 % (Fig 5.5)

Kontaktzonen på ytan är inte vit utan nästan brunaktig och ca 2 mm bred. Kontaktzonen inne i kutsen är lite bredare än i föregående kombination. Materialet i kontaktzonen är vitgrön och påminner lite om talk i konsistensen.

### NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 20 % (Fig 5.6)

På ytan kunde någon avvikande kontaktzon observeras, men bentoniten på ytan är brungrön till ca 4 mm från betongen. Kontaktzonen inne i kutsen är markerad och vitare än i de två föregående kombinationerna. På ett par ställen har bentoniten lossnat och vattenglasets blanka yta kunde observeras.

#### Plast mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 % (Fig 5.7)

Kontaktzonen på ytan var inte markerad, däremot kunde en ring med färgförändring observeras mellan 2 och 3 mm från betongen. I bentonitens kontaktyta mot plasten kunde som väntat inga förändringar upptäckas. Ett lager plast lossnade av sig självt när bentoniten bröts loss men ett lager med plast satt hårt fast på betongens yta. Plasten verkar ha trängt in i betongens porer. På ett par ställen hade bentoniten svällt över plasten och kommit i kontakt med betongen. P.g.a. detta hade bruna områden bildats.

#### Sammanfattning

I de prover där NaSi använts mellan bentonit och betong kunde en vitaktig kontaktzon observeras mellan det fasta vattenglasets och den opåverkade bentoniten. Denna zon varierade i tjocklek och i färg med ingående vattenkvot hos bentoniten. En ökad ingående vattenkvot gav en bredare och mera vitaktig zon. I de prover där betongen låg an direkt mot bentoniten var kontaktzonen närmast brunaktig. Liksom i fallet med vattenglasets blir denna färgförändring mer markerad med ökande ingående vattenkvot hos bentoniten. I det prov där plast använts mellan bentonit och betong verkar plasten ha skiktat sig. Ett lager plast släppte genast ifrån plasten medan en del av plasten verkar ha förenat sig med betongen.



**Figur 5.1.** Betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 %



*Figur 5.2. Betong/bentonit med ingående vattenkvot 15 %*



*Figur 5.3. Betong/bentonit med ingående vattenkvot 20 %*





*Figur 5.4. NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 %*



*Figur 5.5. NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 15 %*



*Figur 5.6. NaSi mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 20 %*



*Figur 5.7. Plast mellan betong/bentonit med ingående vattenkvot 10 %*

## 6 SLUTSATS

För alla proverna, förutom det med plast mellan betong och bentonit, kan generellt sägas att en högre hydraulisk konduktivitet än vad som väntats för en bentonit med motsvarande mättad densitet har uppmätts. Detta indikerar att både kontaktzonerna bentonit/vattenglas/bentonit och bentonit/betong har en förhöjd hydraulisk konduktivitet.

Den ökning i effektiv hydraulisk konduktivitet som uppmätts är dock marginell och anses inte påverka bentonitens funktion i en plugg. Underlaget är för litet för att en noggrann kvantifiering av kontaktytornas eventuella transmissiviteter ska kunna göras. Den ökning av genomflödet som uppmättes ska också sättas i relation till variationen i hydraulisk konduktivitet i referensmaterialet.

Kontaktytan med plastfolie mellan betong och bentonit föreföll vara tät.

## **REFERENSER**

- 4-1**            **Karnland O.1997**  
Cement/Bentonite interaction  
Results from 16 month laboratory tests.  
SKB TR 97-32