



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet arkiv nr BV 966	Intern Journal nr 1770/90	Ekstern rapport nr BML 90.301	Bergdistrikt Vestlandske	Gradering Åpen
Rapport lokalisering Trondheim	Kommer fra ..arkiv	Oversendt fra Ivar Eide	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:

Tittel

Vurdering av en knust kalksteinsand for betongproduksjon.

Forfatter

M. H. Zhang, H. Rønning, J. H. Mork, O. E. Gjærv

Dato

10.10 1990

Bedrift

Institutt for bygningsmateriale, UiT, NTH

Kommune Eide	1: 50 000 kartblad 13204	Forekomster Visnes kalk- og marmorbrudd		
Fylke Møre og Romsdal	1: 250 000 kartblad Ålesund			
Dokument type Rapport	Fagområde Oppredning Produktundersøkelse.	Råstofftype Industrimineral Byggeråstoff	Emneord kalk	

Sammendrag

Personlig overlevert. Rapporten ønskes gjort kjent.

Det er utført en eksprimentell undersøkelse av en knust kalksteinsand fra Visnes Kalk- og Marmorbrudd a.s. m.h.p. brukbarhet for produksjon av betong.

BML

INSTITUTT FOR BYGNINGSMATERIALLÆRE
UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

7034 TRONDHEIM - NTH

RAPPORTNUMMER
BML 90.301

TILGJENGELIGHET
Lukket

TELEX: 55 186 NTHB.N
TELEFON: 075 - 94 550
FAX: 07-594551

RAPPORT

RAPPORTENS TITTEL VURDERING AV EN KNUST KALKSTEINSAND FOR BETONGPRODUKSJON	DATO 10-10-1990
	ANTALL SIDER/BILAG 13
FORFATTER/SAKSBEARBEIDER M.H. Zhang, H. Rønning, J.H. Mork og O.E. Gjørsv	PROSJEKTANSVÅRLIG <i>Odd E. Gjørsv</i> Odd E. Gjørsv

OPPDRAAGSGIVER Visnes Kalk- og Marmorbrudd A/S	OPPDRAAGSGIVERS REFERANSE Ivar O. Eide
---	---

EKSTRAKT

Det er utført en eksperimentell undersøkelse av en knust kalksteinsand fra Visnes Kalk- og Marmorbrudd A/S mht brukbarhet for produksjon av betong. Som et grunnlag for sammenligning er det utført parallelle forsøk med en natursand av høy kvalitet. Undersøkelsen som er basert på prøving av trykk- og bøyestrekfasthet samt E-modul og permeabilitet, viser klart at kalksteinsanden er høyst brukbar for betongproduksjon og gir samme eller høyere 28 døgns fasthet og mye høyere 1 døgns fasthet enn den natursanden som er undersøkt.

BERGVESENET

Mottatt:

- 6 DES. 1990

J.nr.: 1770/90

Saksbeh.:

	Sett	Kopli
ON		
AIH		

3 STIKKORD

Knust sand

Kalkstein

Betongproduksjon

1. INNLEDNING

Det er utført en eksperimentell undersøkelse av en knust kalksteinsand fra Visnes Kalk og Marmorbrudd A/S (Visnes) mht brukbarhet for produksjon av betong. For sammenligning er det utført parallelle undersøkelser med en natursand fra Aker Singel og Grus A/S (Aker). I løpet av den senere tid har tilslaget fra Aker blitt valgt som et referansetilslag i flere norske betonglaboratorier.

Undersøkelsen er utført i to deler. Etter et større antall prøveblandinger ble to forskjellige betongblandinger valgt for videre undersøkelser. Disse to blandingene ble valgt ut fra krav til den nye norske betongstandard NS 3473 mht bruk for henholdsvis miljøklasse NA ("noe aggressivt") og MA ("meget aggressivt"). Disse to kvalitetsklassene har krav til henholdsvis maksimale v/c-forhold på 0,60 og 0,45 og minimale sementinnhold på 250 og 300 kg/m³. I den første del av undersøkelsen (Del 1) ble utprøvingen bare konsentrert om betongblandingenes trykkfasthet. I den andre del (Del 2) ble blandingenes sementinnhold først ytterligere noe redusert. Deretter ble den ferske betongens egenskaper undersøkt sammen med prøving av varmeutvikling, trykkfasthet, bøyestrekfasthet, E-modul og permeabilitet. I det etterfølgende er de eksperimentelle resultater både fra Del 1 og Del 2 rapportert.

2. EKSPERIMENTELT

Betongblandingenes sammensetning er vist i tabellene 1 og 2. Det ble benyttet en norsk standard portlandsement (P30) med data som vist i tabell 3. Det naturlige tilslaget fra Aker bestod av tre fraksjonsområder (0-8, 8-11 og 11-16 mm) med graderinger som vist i fig. 1 sammen med tilslaget fra Visnes. Alle betongblandinger hadde samme type grovt tilslag. Et naftalenbasert dispergeringsstoff av type Mighty 150 ble brukt i alle blandinger bortsett fra blanding V 30 og S 30 i Del 2, hvor det ble brukt et lignosulfonat av type Betokem P.

Betongen ble blandet ved først å blande alle materialer tørt i et halvt minutt før tilsetning av vann. Etter ytterligere ett minutts blanding ble dispergeringsstoffet tilsatt og betongen blandet i to minutter. Deretter ble synkmål, densitet og luftinnhold i den ferske massen registrert.

Alle betongprøver ble utstøpt i stålformer som ble vibrert på vibrasjonsbord. Prøvene ble tildekket med fuktig strie i ca. 24 timer før avforming. Etter avforming ble prøvene lagret i vann med temperaturer $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ inntil tidspunktet for prøving.

For måling av varmeutvikling ble det benyttet en herdekasse med en koeffisient for varmegjennomgang på 0,003. Et termoelement (kopper/konstantan) som var innstøpt i senter av herdekassen ble tilkoblet en datalogger for temperaturmåling. Temperaturen ble registrert hvert 30. minutt i en periode på 72 timer. For hver måling ble det benyttet 25 kg betong. Den adiabatisk temperaturutvikling ble så beregnet ved å korrigere for varmetap til omgivelsene.

Trykkfastheten ble bestemt på 10 cm terninger og bøyestrekfastheten bestemt ved trepunkts belastning av 10 x 10 x 50 cm prismer etter NS 427 A. Betongens E-modul ble bestemt etter NS 3676 på 10 x 28 cm sylindre ved en konstant belastningshastighet på 0,8 MPa/sek. Målehøyden var 120 mm. Det ble bestemt to forskjellige E-moduler (E_o og E_c). E_o ble bestemt etter CEB-FIP som er basert på en belastningssykel, mens E_c ble bestemt etter ISO 6784 som er basert på minst tre belastningssyklar. Alle resultater er oppgitt som gjennomsnitt av tre enkeltprøver.

Betongens permeabilitet ble bestemt på 10 x 20 cm betongsylindre som var vannlagret i 28 døgn. Etter herdning ble sylindrene forsiktig overflatetørket og så innstøpt i en 5 mm tykk epoxymørtel. Etter 24 timer ble 3 stk. 50 mm tykke sylinderskiver kuttet ut fra midten av hver sylinder. Disse prøvene ble så vannlagret inntil prøving ved 110 døgn. Prøvene ble da vakuummettet før igangsetting av permeabilitetsforsøkene. Bestemmelsen av permeabilitet ble basert på akselrert kloridgjennomgang. Metoden er en modifisert versjon av AASHTO (1) utført med en ekstern spenning på 12 V. Etter vakumbehandling ble prøvene satt inn i en permeabilitetscelle som vist i fig. 2. Den ene siden av cellen (+) var fylt med en 0,3 M NaOH-løsning, mens den andre siden (-) var fylt med en 0,5 M (3%) NaCl-løsning. Blyledninger var koblet til elektroder av rustfritt stål i en kobling som vist i fig. 2. Spenningen var $12 \pm 0,1$ V. Den elektriske strøm ble registrert hver 24. time med en datalogger. Samtidig ble den økende kloridkonsentrasjon i NaOH-løsningen også registrert. Betongens permeabilitet ble karakterisert ved to parametre t_o og dc/dt . t_o er tiden frem til første registrering av kloridgjennomgang og dc/dt er hastigheten av registrert kloridøkning (fig. 3). Til kloridmåling ble det benyttet et dobbeltstråle spektrofotometer av type Shimadzu UV-150-02 ved bruk av kvikksølvthiocynal-metoden (2).

3. FORSØKSRESULTATER OG DISKUSJON AV RESULTATER

3.1. Del 1

Utvikling av betongens trykkfasthet er vist i tabell 4 og fig. 4. Som det framgår av fig. 4 viser Visnes-sanden (V30, V45) en høyere tidligfasthet enn Aker-sanden (S30, S45). Etter ett døgn ga Visnes-sanden ved begge fasthetsnivåer ca. 9 MPa høyere fasthet sammenlignet med Aker-sanden. For det laveste fasthetsnivået ga Visnes-sanden høyere fasthet selv etter 28 døgn. For det høyeste fasthetsnivået (V45, S45) lå fastheten likt for de to sandtypene etter 21 døgn.

3.2. Del 2

3.2.1. Fersk betongs egenskaper

For betongblandingene i Del 2 er data for synkmål, densitet og luftinnhold vist i tabell 5. Begge betongblandingene med Visnes-sand ga noe høyere synkmål, densitet og luftinnhold sammenlignet med Aker-sand.

3.2.2. Varmeutvikling

Den adiabatisk varmeutvikling i de forskjellige betongblandningene er vist i fig. 5. Som det fremgår har blandningene med Visnes-sand en hurtigere varmeutvikling enn blandningene med Aker-sand. Dette er i overensstemmelse med fasthetsresultatene.

Alle betongblandningene oppnådde et maksimalt temperaturnivå på ca 60°C, bortsett fra blanding S 45 hvor noen av temperaturregistreringene var falt ut.

3.2.3. Trykkfasthet

Utviklingen av betongblandningenes trykkfasthet er vist i tabell 6 og fig. 6. Som det fremgår ble det her observert en enda høyere tidligfasthet for blandningene med Visnes-sanden enn det som ble observert i Del 1. Etter ett døgn ga blandningene med Visnes-sand ved begge fasthetsnivåer ca. 16 MPa høyere fasthet sammenlignet med Aker-sanden. For det laveste fasthetsnivå var det ikke mulig å registrere noen fasthet for Aker-sanden (S30) pga retarderingen fra tilsetningsstoffet. Ved 3 og 7 døgn var det imidlertid ikke lenger noen vesentlig forskjell i fasthet. Ved det høyeste fasthetsnivået ga Visnes-sanden høyest fasthet helt frem til 28 døgn, men av en eller annen grunn lå fastheten ved 28 døgn ca 5 MPa lavere enn fastheten ved 21 døgn. Årsaken til denne fasthetsreduksjon er ikke klar.

3.2.4. Bøystrekkfasthet og E-modul

For betongblandningene med Visnes-sand er sylinder-trykkfastheten bestemt på sylinder samt bøystrekkfasthet og E-modul vist i tabell 7. Sylinderfastheten for blandningene V30 og V45 var henholdsvis 40,9 og 46,7 MPa, som utgjør ca 79 og 77% av trykkfastheten bestemt på terning. Bøystrekkfastheten for blandningene V30 og V45 var henholdsvis 4,9 og 6,1 MPa. For samme blandinger var E-modulen etter CEB-FIP (E_o) 29,1 og 31,6 GPa, mens E-modulen etter ISO 6784 (E_c) var 30,4 og 32,6 GPa.

3.2.5. Permeabilitet

For det laveste fasthetsnivået viser tabell 8 at kloridpermeabiliteten var noe høyere for Visnes-sanden (S30) sammenlignet med Aker-sanden (V30). Således tok det 3,9 døgn før kloridene hadde trengt gjennom betongen for Aker-sanden mot 7,1 døgn for Visnes-sanden. For det høyeste fasthetsnivået derimot lå Visnes-sanden med lavest permeabilitet. Ved dette kvalitetsnivået tok det 11,8 døgn før kloridene hadde trengt gjennom betongen med Visnes-sand mot bare 3,7 døgn for betongen med Aker-sand. Årsaken til den høye permeabiliteten for blanding S45 er ikke klar. Den generelle sammenheng mellom betongens trykkfasthet (28 døgn) og permeabilitet er vist på fig. 7. Som det fremgår avtar kloridpermeabiliteten sterkt for økende trykkfasthet.

4. KONKLUSJONER

Den utførte undersøkelse er basert på et begrenset antall prøver og en begrenset prøveperiode. Basert på de utførte forsøk ser det imidlertid ut til å kunne trekkes følgende konklusjoner:

1. Den knuste kalksteinsand fra Visnes ser ut til å være meget godt egnet for produksjon av betong.
2. Den knuste kalksteinsanden ser ut til å gi en betongfasthet som enten er lik eller høyere sammenlignet med den undersøkte natursand. Tidligfastheten ser ut til å være vesentlig høyere.

5. REFERANSER

- (1) "Interim Method of Test for Rapid Determination of the Chloride Permeability of Concrete", AASHTO Designation: T 277-83 I.
- (2) "Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis", Longman, London and New York, 1978 pp. 754-755.

Tabell 1. Sammensetning av betong (Del 1).

Bl. No.	Materialer (kg/m ³)						v/c	Type av Sand
	Sement	FT 0-8 mm	GT 8-11 mm	GT 11-16 mm	Vann	Tilsetn. ^a		
V30	280	1144	499	254	160	4.2	0.57	Visnes
S30	280	1144	499	254	160	4.2	0.57	Aker
V45	330	1130	493	250	145	9.9	0.45	Visnes
S45	330	1130	493	250	145	9.9	0.45	Aker

^aMighty 150

Tabell 2. Sammensetning av betong (Del 2).

Bl. No.	Materialer (kg/m ³)						v/c	Type av sand
	Sement	FT 0-8 mm	GT 8-11 mm	GT 11-16 mm	Vann	Tilsetn.		
V30	260	1162	506	258	150	6.5 ^a	0.59	Visnes
S30	260	1162	506	258	150	6.5 ^a	0.59	Aker
V45	310	1158	505	256	133	10.85 ^b	0.45	Visnes
S45	310	1158	505	256	133	10.85 ^b	0.45	Aker

^aBetokem P

^bMighty 150

Tabell 3. Karakterisering av sement.

7

Kjemisk sammensetn	%
SiO ₂	20.55
Al ₂ O ₃	4.78
Fe ₂ O ₃	2.88
CaO	64.31
MgO	1.67
SO ₃	2.98
K ₂ O	0.84
Na ₂ O	0.59
Fri kalk	1.54
Glødetap	0.97
Uløslig rest	0.55
Mineralsammensetn	%
C ₃ S	60.9
C ₂ S	13.0
C ₃ A	7.8
C ₄ AF	8.8
Spes. overflate (Blaine)	3950 cm ² /g

Tabell 4. Trykkfasthet (Del 1).

Bl. No.	Synk (mm)	Trykkfasthet (MPa)							
		1-døgn		7-døgn		21-døgn		28-døgn	
V30	145	27.1	27.0±0.2 ^a	47.2	47.6±0.4	50.2	50.7±0.5	52.2	52.4±0.6
		26.8		47.8		50.7		53.0	
		27.2		47.9		51.2		51.9	
S30	125	18.5	18.5±0.3	40.0	39.7±0.3	42.9	42.9±0.4	48.4	47.4±0.9
		18.3		39.4		43.3		46.6	
		18.8		39.7		42.5		47.1	
V45	145	41.8	42.6±0.7	60.0	59.0±0.9	63.3	63.4±0.4	61.3	62.7±1.0
		43.2		58.8		63.1		62.9	
		42.7		58.2		63.9		61.7	
S45	135	35.7	33.5±2.4	54.9	55.8±0.9	65.4	63.4±1.9	63.8	63.6±1.2
		31.0		56.7		63.2		62.4	
		33.8		55.9		61.6		64.7	

^aGjennomsnitt ± standardavvik

Tabell 5. Fersk betongs egenskaper

Bl. No.	Synkmål (mm)	Densitet (kg/m ³)	Luftinnhold (%)
V30	125	2465	1.7
S30	20	2445	2.5
V45	115	2490	2.2
S45	20	2400	2.4

Tabell 6. Trykkfasthet (Del 2).

Bl. No.	Trykkfasthet (MPa)							
	1-døgn		3-døgn		7-døgn		28-døgn	
V30	16.5	16.2±0.4	37.9	39.2±1.4	46.7	48.3±1.4	52.1	51.9±0.2
	15.6		40.6		49.0		51.8	
	16.4		39.1		49.3		51.8	
S30	-	0	39.2	37.3±1.6	50.2	46.4±4.5	53.2	56.5±2.8
	-		36.7		41.4		58.1	
	-		36.1		47.6		58.1	
V45	43.3	43.7±1.0	52.1	52.2±0.1	66.7	65.9±1.0	59.9	60.8±1.0
	42.9		52.3		66.3		61.9	
	44.8		52.3		64.8		60.6	
S45	27.9	27.9±0.8	40.0	40.9±0.8	47.7	48.3±1.1	53.4	52.3±0.9
	27.2		41.6		49.6		51.7	
	28.7		41.2		47.7		51.9	

Tabell 7. Bøyestrekfasthet og E-modul

Bl. No.	Sylinderfasthet		Bøye- fasthet		E-modul			
					E ₀		E _c	
V30	40.3	40.9±0.9	5.3	4.9±0.3	29.2	29.1±0.3	30.6	30.4±0.3
	40.5		4.7		28.8		30.0	
	41.9		4.7		29.4		30.6	
V45	47.0	46.7±0.3	6.0	6.1±0.1	31.8	31.6±0.3	32.7	32.6±0.2
	46.4		6.2		31.3		32.4	
	46.6		6.2		31.7		32.7	

Tabell 8. Kloridpermeabilitet

B1. No.	t_0 døgn	dC/dt (mmol/cm ³ døgn)10 ⁶	
V30-1	3.9	3.9±0.1	16.4
V30-2	3.8		15.1
V30-3	3.9		9.4
S30-1	7.2	7.1±0.2	7.7
S30-2	6.9		7.4
S30-3	7.2		6.4
V45-1	12.1	11.8±0.3	3.1
V45-2	11.5		2.9
V45-3	11.9		3.4
S45-1	3.8	3.7±0.1	17.1
S45-2	3.6		16.1
S45-3	3.6		15.4

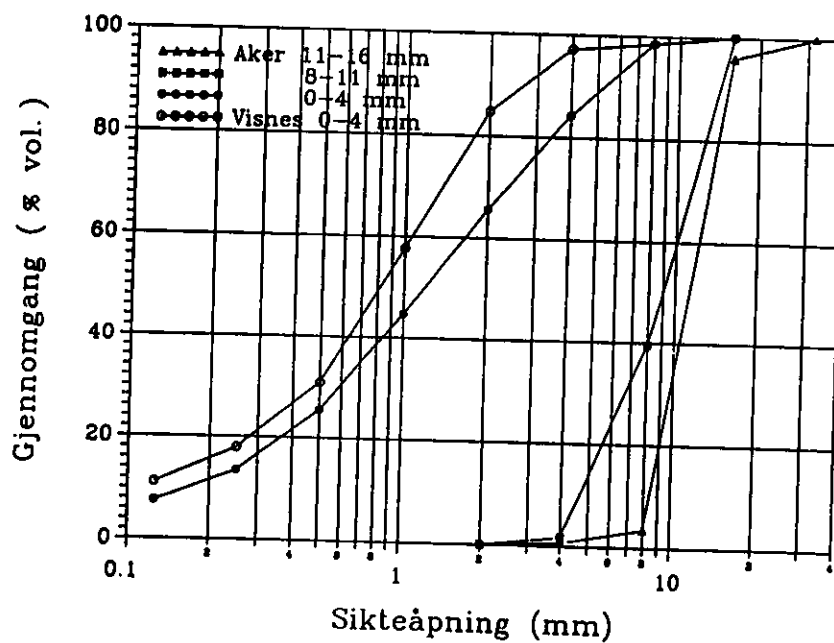
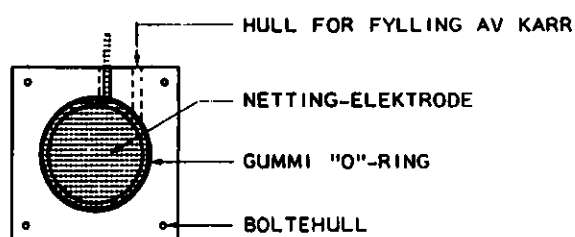
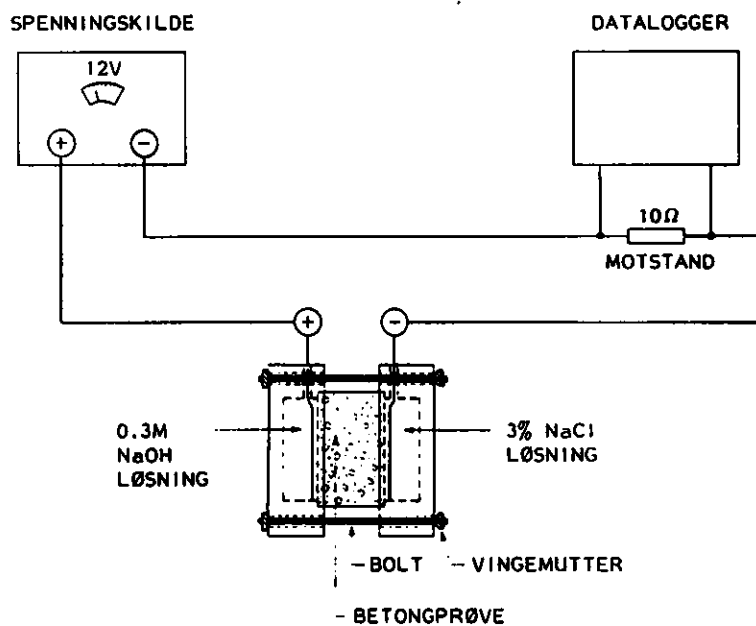


Fig. 1. Tilslagets gradering



A. AKRYLKARR



B. PRØVECELLE

Fig. 2. Eksperimentel oppstilling for prøving av akselerert kloridpermeabilitet.

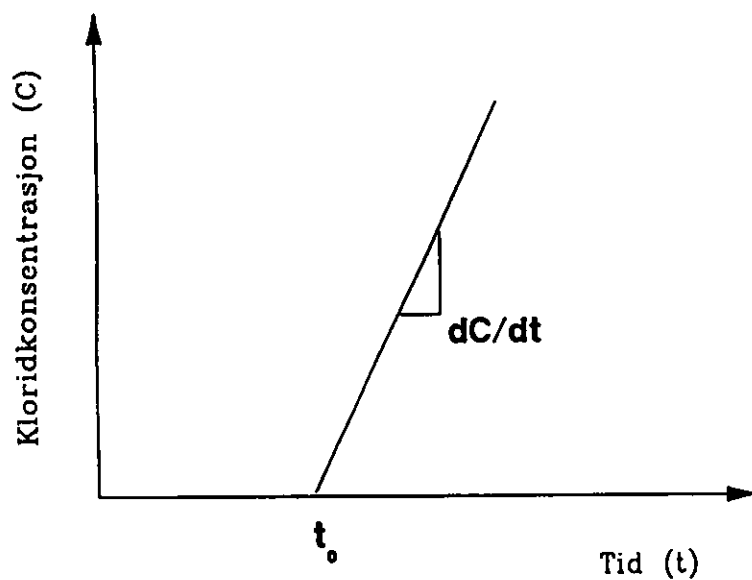


Fig. 3. Skjematisk presentasjon av de to parametre som karakteriserer betongens kloridpermeabilitet.

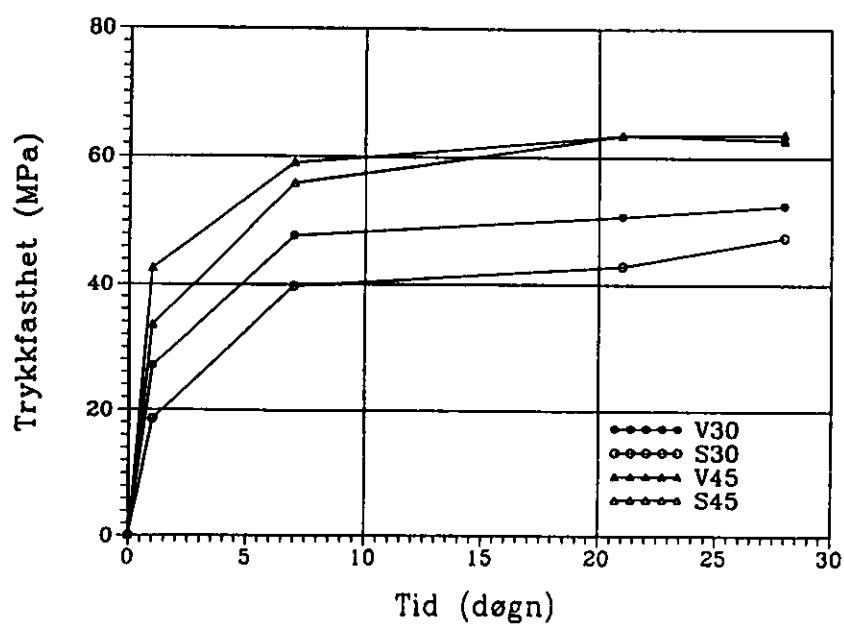


Fig. 4. Utvikling av trykkfasthet (Del 1).

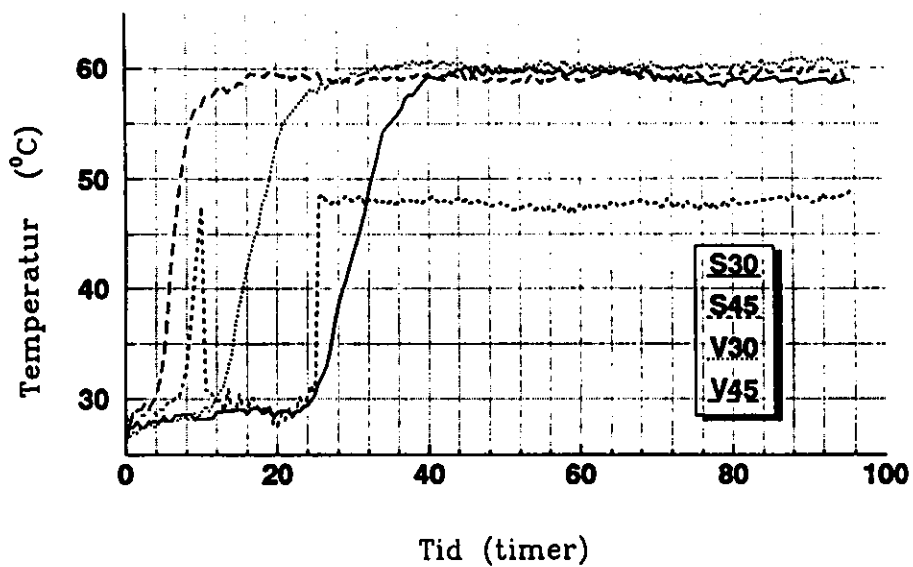


Fig. 5. Adiabatisk temperaturutvikling

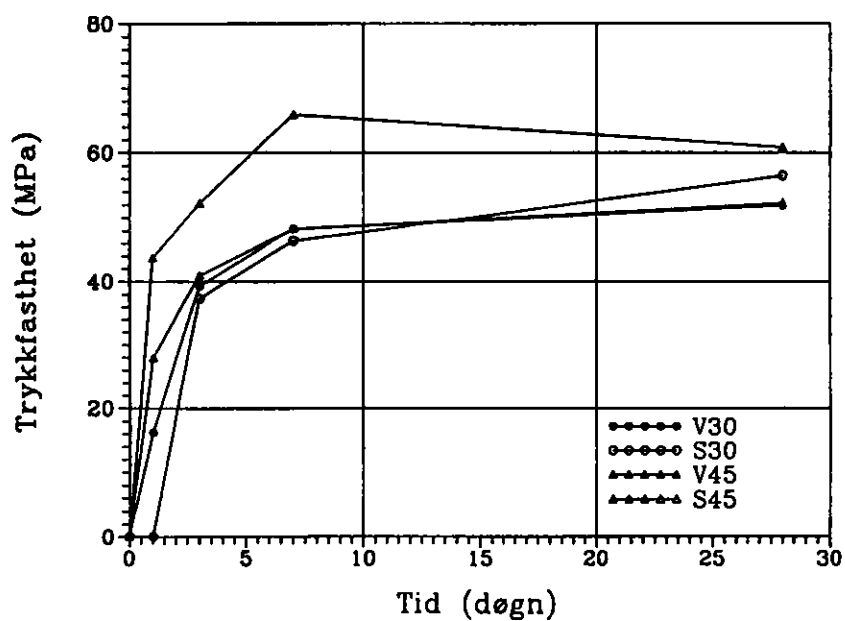


Fig 6. Utvikling av trykkfasthet (Del 2).

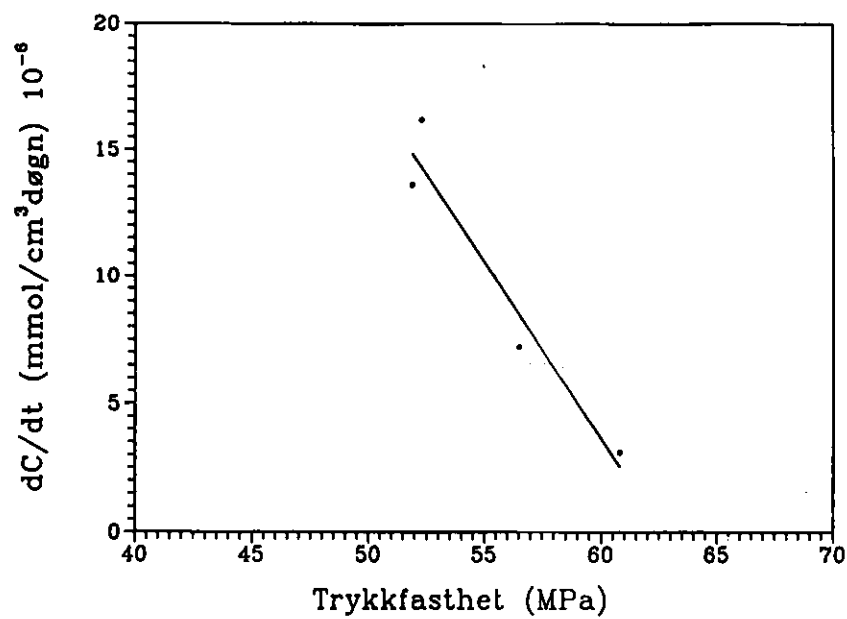


Fig. 7. Sammenheng mellom observert trykkfasthet (28 døgn) og kloridpermeabilitet.