



Statens vegvesen

LETTBETONG I TUNNELHVELV

Varmemotstand og varmekonduktivitet

Lettbetongelementer - Væretunnelen

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr: 2401





Statens vegvesen

TEKNOLOGI-RAPPORT nr. 2401

Tittel

LETTBETONG I TUNNELHVELV Varmemotstand og varmekonduktivitet Lettbetongelementer - Væretunnelen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 22 07 35 00

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Finn Fluge

Dato:

2005-07-21

Saksbehandler

Finn Fluge

Prosjektnr:

601355

Kontrollert av

Harald Buvik/Kjersti Kvalheim Dunham

Antall sider og vedlegg:

3/2

Sammendrag

Lettbetong benyttet til produksjon av tunnelelementer til Væretunnelen på E6 nord for Trondheim er undersøkt med hensyn til varmemotstand og varmekonduktivitet.

Prøveplatene er fremstilt samtidig og av samme betong som ble brukt i produksjonen av tunnelelementene.

Rapporten sammenstiller karakteristiske betongegenskaper som trykkfasthet og densitet med målinger utført på prøveplatene, for eksempel fuktinnhold og varmekonduktivitet.

Undersøkelsen ga følgende resultat

	fuktinnhold vekt-%	varmekonduktivitet
Prøve 1:	11,1	0,62 W/mK
Prøve 2:	7,3	0,56 W/mK

for lettbetong i fasthetsklasse LC15 med densitet 1.300 - 1.400 kg/m³

Summary

Light weight concrete used in the production of tunnel elements for the Være tunnel on E6 north of Trondheim have been tested as to heat resistance and heat conductivity.

The test panels were manufactured during the element production using the same concrete mix as designed for the tunnel elements.

The report comprise recorded characteristic concrete properties, compressive strength and density and recordings performed on the test panels e.g. humidity and heat conductivity.

Following results were obtained

	humidity % of weight	heat conductivity
Test no 1:	11,1	0,62 W/mK
Test no 2:	7,3	0,56 W/mK

for the lightweight concrete of grade LC15 and density 1300 - 1400 kg/m³

Emneord:

Tunnelhvelv, lettbetong, varmemotstand, varmekonduktivitet, betongegenskaper

Innhold

**1. Varmemotstand og varmekonduktivitet
Lettbetongelementer - Væretunnelen**

**2. Vedlegg 1.
Materialsammensetning og materialeegenskaper**

Lettbetongplater støpt 11/10-04

Rapport fra Ølen Betong AS

- Prøvedata fra produksjonskontroll
 - Trykkfasthet og densitet bestemt på borkjerner
- Rapport fra Statens vegvesen – Sentrallaboratoriet**
- Trykkfasthet og densitet bestemt på borkjerner

**3. Vedlegg 2.
Rapport O20405 fra Norges byggforskningsinstitutt NBI**

Måling av varmemotstand og varmekonduktivitet.

Lettbetongplater 600 x 600 x (55 og 58 mm)

Støpt: 11/10-04

Prøvet: 30/04-2005 til 04/05-2005

1. Måling av varmemotstand og varmekonduktivitet Lettbetongelementer - Væretunnelen

Som ledd i utviklingen av tunnelhvelv i lettbetong er det ved Norges byggforskningsinstitutt NBI målt varmemotstand og varmekonduktivitet på to lettbetongplater. Platene har dimensjon 600 x 600 mm og tykkelse 55 og 58 mm. De er fremstilt samtidig og av samme betong som ble benyttet ved produksjon av tunnelementene til Væretunnelen på E6 nord for Trondheim. Rapporten sammenstiller karakteristiske verdier for materialsammensetning og betongegenskaper samt prøvingen utført ved NBI.

Materialsammensetning og materialeegenskaper.

Lettbetongen benyttet til fremstilling av prøvestykkene er beskrevet i Vedlegg 1. Betongen er tilsatt 2 kg/m³ pp-fiber av typen DUOMIX. Platene ble støpt 11/10-2004. Samtidig ble det tatt ut prøvestykker, 100 mm terninger for produksjonskontroll samt betongkjerner, Ø95 x 200 mm, boret ut fra en 200 mm tykk plate støpt med samme betong.

Vedlegg 1 viser prøvedata fra produksjonskontrollen ved Ølen Betong AS samt måling av trykkfasthet og densitet på betongkjerner.

Betong støpt **11/10.04** ga ved 28 døgn

Ølen Betong AS

terning 100 mm	terningfasthet	20,8 MPa
middel av 2	densitet	1.410 kg/m ³

sylder Ø95 x 200 mm	sylderfasthet	18,2 MPa
middel av 2	densitet	1.350 kg/m ³

Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen

sylder Ø95 x 200 mm	sylderfasthet	13,4 MPa
middel av 4	densitet	1.310 kg/m ³

Målt varmemotstand og varmekonduktivitet

Det er målt på to lettbetongplater med forskjellig fuktinnhold. Prøve 1 lå nedsenket 28 døgn i vann før prøving, mens prøve 2 ble kondisjonert i 28 døgn ved 23°C og 50 % RF, se Vedlegg 2

Fuktinnhold ved prøving:

	Fuktinnhold	
	vekt	volum
Prøve 1:	11,1%	tilsv. 14,5%
Prøve 2:	7,3%	tilsv. 9,1%

Målt varmekonduktivitet

Prøve 1: 0,62 W/mK

Prøve 2: 0,56 W/mK

De målte verdiene samsvarer med hva man kan forvente for lettbetong med densitet i området 1.300 – 1.400 kg/m³ og de gitte fuktinnholdetene. For tørr lettbetong vil varmekonduktiviteten ligge i området 0,3 W/mK, kfr.side 253 – 255, Beton-Bogen, 2. utgave 1985, Cementfabrikkenes tekniske Oplysningskontor.

Vedlegg 1

Materialsammensetning og materialeegenskaper

Lettbetongplater støpt 11/10-04

Rapport fra Ølen Betong AS

- **Prøvedata fra produksjonskontroll**
- **Trykkfasthet og densitet bestemt på borkjerner**

Rapport fra Statens vegvesen – Sentrallaboratoriet

- **Trykkfasthet og densitet bestemt på borkjerner**

Prøvestykker for dokumentasjon av betongegenskaper

Prøvedato: 11.10.2004 kl. 13.30

Delmaterialer:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Industrisement	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	191
Leca 4 - 10, tørr	140	141
Finsand 0 - 8	490	502
Vann	175	179
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	7	7,1
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	180
Utbredelses mål:	370
Densitet - fersk:	1,41
Temperatur	19

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 8 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (2 stk.)	1,404 - 1,41	1,41	14,85 - 14,85	14,85
3 døgn (2 stk.)	1,39 - 1,40	1,395	15,56 - 16,28	15,92
7 døgn (2 stk.)	1,41 - 1,42	1,415	17,68 - 19,1	18,39
28 døgn (2 stk.)	1,41 - 1,41	1,41	21,14 - 20,46	20,8

Betongsyndere, Ø95 x 200, totalt 8 stk.

Formel = Mpa / 0,68

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (2 stk.)	1,35 - 1,35	1,35	9,74 - 11,04	10,39
3 døgn (2 stk.)	1,36 - 1,35	1,36	14,70 - 13,52	14,11
7 døgn (2 stk.)	1,34 - 1,35	1,35	15,58 - 17,68	16,63
28 døgn (2 stk.)	1,35 - 1,35	1,35	17,64 - 18,70	18,17

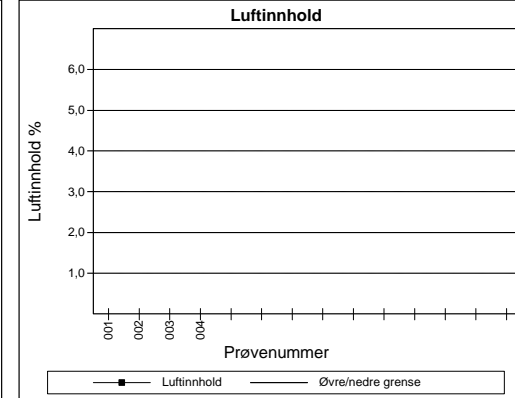
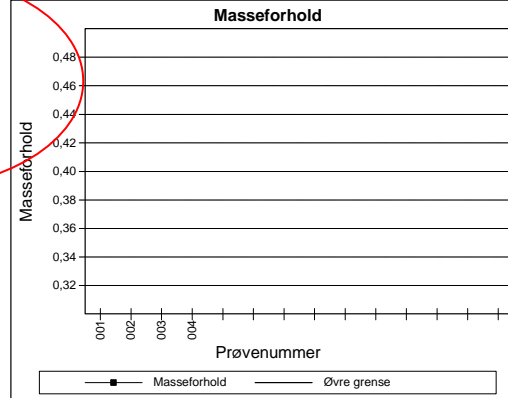


Samlerapport Betong

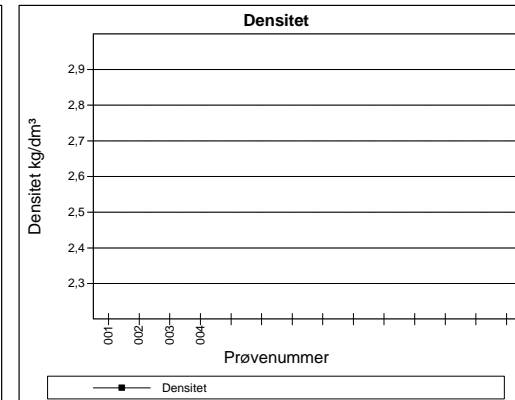
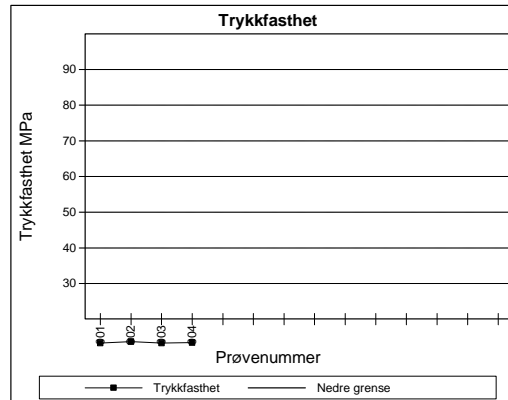
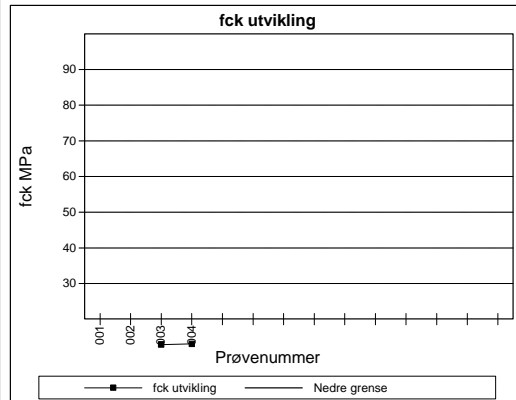
Prosjektidentifikator: #LABNAV# #LABADRESSE#

Oppdragnr	N040009	Navn	Dokumentasjon av Lett betong	Reseptnr		Entreprenør	
Vegprosjektnr	102406	Navn	FOU FRYSE/TINEFORSØK	Fashetsklasse		Leverandør	
Kundenr	N002	Navn	Vegdirektoratet	Kravsett		Dato	

Prøve nr	støpe dato	elemnt kode	Luft innh	Bet temp	Luft temp	m	28d MPa	Dens kg/dm ³
001	20041011						13,30	1,31
002	20041011						13,70	1,32
003	20041011						13,30	1,32
004	20041011						13,40	1,32
Gjennomsnitt			0,0	0	0	0,00	13,43	1,32
Standardavvik			0,0	0	0	0,00	0,19	0,01
Karakteristisk fasthet fck (MPa)							13,05	



Antall undermålere=0



Vedlegg 2.

**Prøvingsrapport O20405 fra Norges byggforskningsinstitutt NBI
datert 2005-05-10**

Måling av varmemotstand og varmekonduktivitet

Lettbetongplater 600 x 600 x (55 og 58 mm)

Støpt: 11/10-04

Prøvet: 30/04-2005 til 04/05-2005

Hovedkontor
Forskningsveien 3b
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Telefon 22 96 55 55
Telefaks 22 69 94 38

Avdelingskontor
Høgskoleringen 7b
7491 TRONDHEIM
Telefon 73 59 33 90
Telefaks 73 59 33 80

E-mail firmapost@byggforsk.no
Internett www.byggforsk.no
Foretaksnr. NO 943 813 361 MVA

Oppdragsgiver Statens vegvesen
Oppdragsgivers adresse Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Oppdragsgivers referanse Finn Fluge

Prosjektnr./arkivnr. O20405	Dato 10.05.2005	Rev.dato 15.07.2005	Antall sider 2	Antall vedlegg	Gradering Lukket	Forfatter(e) Hans Boye Skogstad
Prosjektleder Hans Boye Skogstad	Sign. <i>HBS</i>	Ansvarlig linjeleder Berit Time	Sign. <i>BTS</i>	Kvalitetsstyrer Sivert Uvsløkk	Sign. <i>SU</i>	

Oppdragsrapport

Varmemotstand og varmekonduktivitet betongplater

Kort sammendrag

Norges byggforskningsinstitutt (NBI) har på oppdrag av Statens Vegvesen målt varmemotstand og varmekonduktivitet på to betongplater. Detaljert prøverapport er gjengitt på side 2.

Tabell 1 Prøveresultater

Prøve nr	Kondisjonering	Fuktinnhold kg/kg	Tykkelse mm	Varmemotstand m ² K/W	Varmekonduktivitet W/mK
1	28 døgn nedsenket i vann	0,11	58	0,093	0,62
2	28 døgn 23°C og 50 % RF	0,07	55	0,097	0,56

Byggverkets adresse		Byggeår	
Metode Laboratorieundersøkelse	Emneord Betong, Varmegjennomgang		Filnavn Rapport O20405.doc

Uttragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten NBIs spesielle godkjenning.
Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder NBI seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

Prøverapport

Varmemotstand og Varmekonduktivitet

Produsent:

Ølen Betong

Produktnavn:
Produkttype:

Betongplater

Dimensjoner på produkt, mm:

600x600x58, 600x600x55

Produsjonssted og dato:

Ukjent

Prøveuttak sted og dato:

Prøver sendt av oppdragsgiver

Prøvemottak:

18.10.2004, 190/04

Prøvedato:

30.04.2005 - 04.05.2005

Prøvemetode:

Prøvingen er gjennomført i henhold til gjeldende utgave av ISO 8301 og NS-EN 12664.

Prøveapparat:

Varmestrøms plateapparat, HFM, for et prøvestykke med kjøleplater 600 x 600 mm og symmetrisk plasserte varmestrømsmålere med måleareal 300 x 300 mm. Vertikalt nedadrettet varmestrøm.

Kalibrering:

 Kalibrert 04.04.2005 med kalibreringsplate LA 68 fra National Physical Laboratory, NPL. Sertifikatnummer PP21/CN98/001a datert 28.04.1998. $R=1,44 \text{ m}^2/\text{W}$ ved middeltemperatur 10 °C. NPL har kalibreringsnr. 0478 fra NAMAS.

Kondisjonering:

 Prøve 1, 28 døgn nedsenket i vann
 Prøve 2, 28 døgn ved 23 °C og 50 % RF

Tabell 1. Prøvestykke

Prøve nr.		1	2	3	4
Tykkelse	mm	58,0	55,0	-	-
Densitet, tørr	kg/m ³	1308	1252	-	-
Fukttinnhold, vekt	%	11,1	7,3	-	-

Tabell 2. Prøvebetingelser.

Prøve nr.		1	2	3	4
Temperatur rom	°C	10,0	10,0	-	-
Temp. differanse	°C	3,3	2,8	-	-
Middeltemp. prøve	°C	10,0	10,0	-	-

 Tabell 3. Prøveresultater ¹⁾

Prøvestykke nr.		1	2	3	4
Varmestrømstetthet:	W/m ²	36,0	28,7	-	-
Varmemotstand:	m ² K/W	0,093	0,097	-	-
Varmekonduktivitet, λ :	W/mK	0,62	0,56	-	-

¹⁾ Prøveresultatene gjelder kun for de prøvestykkene det er målt på
 Måleusikkerhet anslått til $\pm 5\%$



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (47) 22 07 35 00
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005