



Statens vegvesen

LETTBETONG I TUNNELHVELV

Betongsammensetning

Lettbetongelementer - Væretunnelen

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2449



Seksjon for materialteknikk
Dato: 2006-01-31



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2449

Tittel

LETTBETONG I TUNNELHVELV Betongsammensetning Lettbetongelementer - Væretunnelen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 22 07 35 00

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Finn Fluge

Dato:

2006-01-31

Saksbehandler

Finn Fluge

Prosjektnr:

601355

Kontrollert av

Harald Buvik / Kjersti Kvalheim Dunham

Antall sider og vedlegg:

15 / 6

Sammendrag

For å møte kravene i etatens policyvedtak som innebærer en målsetning om å utvikle bruken av brennbart isolasjonsmateriale i vann- og frostsikringskonstruksjoner i norske vegtunneler er det utviklet et konsept "Tunnelementer i lettbetong". Utgangspunktet er et forslag til tunnelementer i lettbetong fremlagt av Aas-Jacobsen og utprøvd ved rehabilitering av Væretunnelen på E6 Nord for Trondheim hvor det ble montert lettbetongelementer i 450 meters lengde.

Seksjon for materialeteknikk utviklet en lettbetongresept med lav densitet, relativt høy tidligfasthet og fasthetsegenskaper tilsvarende LC15. Reseptutviklingen skjedde i samarbeid med Ølen Betong AS som senere ble leverandør av lettbetongelementene og hovedentreprenør for monteringsarbeidene.

Rapporten behandler reseptutviklingen. Delmaterialenes egenskaper er dokumentert ved produktdatablader, samlet i et eget vedlegg.

Elementproduksjonen foregikk i en to måneders periode høsten 2004. Kvalitetsoppfølgingen viser en jevn betongproduksjon, liten spredning i resultatene, midlere densitet 1364 kg/m³, tilsvarende densitetsklasse D1,4, og midlere 28 døgns fasthet 19,2 MPa, tilsvarende fasthetsklasse LC15 (LB12).

Lettbetongegenskapene er dokumentert ved brannprøving, måling av betongens varmekonduktivitet samt prøving av frostmotstand, motstand mot kloridinntrengning og prøving av densitet og fasthet på utborede betongkjerner.

Det er i Væretunnelen montert temperaturfølere for måling av frostmengder, men måleverdiene blir først tilgjengelig våren 2006.

Summary

NPRA has made a policy decision that intend to use fire resistant materials for use as water and frost protection in new tunnels. A proposal for tunnel elements designed in lightweight concrete, worked out by Aas-Jacobsen, has been tested in connection with the rehabilitation of the Være tunnel, located on E6 north of Trondheim. The lightweight elements were installed in a length of 450 meters.

The Material Section has designed a concrete mix with low density, relatively high early strength and compressive strength corresponding to concrete grade LC15. The mix design was performed in cooperation with Ølen Betong AS who later supplied the tunnel elements and became the main contractor during the installation works.

The report deals with the mix design of lightweight concrete. Properties of the constituents used in the concrete are documented by data sheets and are presented in a separate appendix.

Fabrication of the tunnel elements took place in a period of 2 months, during autumn 2004. The performed Quality Control inspections show a uniform production process with low standard deviation, average density of 1364 kg/m³ and average 28 days concrete strength of 19.2 MPa, corresponding to concrete grade LC15 (LB12).

The properties of the lightweight concrete are documented by fire tests, heat conductivity and tests on frost resistance, chloride ingress and strength and density tests on cores drilled from the structure.

Temperature sensors are installed in the tunnel in order to record the magnitude of frost during the period October 2005 till April 2006. The recordings will be available late April 2006.

Emneord:

Tunnelhvelv, lettebetong, betongproduksjon, kvalitetsoppfølging, betongegenskaper, frostmotstand, kloridinntrengning

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	4
2. RESEPTUTVIKLING	4
2.1. LABORATORIEFORSØK	4
2.2. FULLSKALA FORSØK	5
3. BETONGPRODUKSJON.....	8
3.1. BETONGSAMMENSETNING	8
3.2. KVALITETSOPPFØLGING.....	9
3.3. BETONGEGENSKAPER	9
3.3.1. <i>Kvalitetskontroll</i>	9
3.3.2. <i>Brannprøving</i>	11
3.3.3. <i>Varmemotstand og varmekonduktivitet</i>	12
3.3.4. <i>Frostmotstand og kloridinntrengning</i>	12
3.4. ANDRE MÅLINGER	14
4. KONKLUSJON	15

1. Innledning

Bakgrunnen for dette utviklingsarbeidet er policyvedtaket i Vegdirektørens ledermøte (VLM) i 2004 hvor etaten har som formål å avvikle bruken av brennbare isolasjonsmaterialer i vann- og frostsikringskonsepter i norske vegtunneler.

For å møte denne målsetningen er det behov for å utvikle nye konsepter. Et aktuelt konsept er FoU prosjektet "Tunnelelementer i lettbetong" hvor det i et samarbeid mellom

- Utbyggingsavdelingen - Byggherreseksjonen
- A. Aas-Jakobsen Dr.ing AS
- Teknologivdelingen – Seksjon for materialteknikk

er utført fullskalaforsøk med tunnelelementer i lettbetong. Det ble i forbindelse med rehabilitering av en eksisterende tunnel, Væretunnelen på E6 nord for Trondheim, montert lettbetongelementer i 450 meters lengde.

Utgangspunktet er et forslag til tunnelelementer i lettbetong, utarbeidet av Aas-Jakobsen. Teknologivdelingen - Seksjon for materialteknikk ble kontaktet for å utvikle en lettbetong med lavest mulig densitet og fasthetsegenskaper tilsvarende fasthetsklasse LC15 (LB12 – alt. LB20). Delmaterialene skulle være produkter som er generelt tilgjengelige på markedet.

Reseptutviklingen skjedde i samarbeid med Ølen Betong AS som senere ble leverandør av lettbetongelementene og hovedentreprenør for monteringsarbeidene. Produksjon av tunnelelementer startet opp i slutten av september 2004 og ble avsluttet i begynnelsen av desember 2004. Tunnelen var klar for overtagelse 20. februar 2005.

I 2005 ble arbeidet med dokumentasjon av lettbetongegenskaper i tunnelhvelv lagt inn som delprosjekt DP7 under FoU-prosjektet 601350 "FoU Tunnelutvikling".

2. Reseptutvikling

2.1. Laboratorieforsøk

Sommeren 2004 ble det gjennomført systematiske laboratorieforsøk med ulike betongsammensetninger. For å oppnå en rasjonell produksjonsprosess var det av avgjørende betydning at lettbetongen hadde så høy tidligfasthet at elementene kunne avformes, heises opp og transporteres bort senest 16 timer etter utstøping. I løpet av 8 timer skulle former klargjøres, armering monteres og elementer støpes. Flytende membran måtte påføres i perioden fra avsluttet utstøping frem til avforming.

Kort oppsummert ble det gjennom laboratorieforsøkene utviklet ett sett mulige resepter, med egenskaper som varierte innen følgende områder:

Densitet:	1.250 – 1.350 kg/m ³
Fasthet:	
	1 døgn 12,9 – 13,7 MPa
	7 døgn 14,2 – 15,0 MPa

Til blandingene ble det benyttet Industrisement 368 kg/m³, 5 % silika av sementvekt og Norsk Leca (Filtralite) i to graderinger 2-4 mm og 4-10mm. Betongen var uten tilsetning av polypropylenfiber (PP-fiber). Standard FA sement ble forsøkt, men ga for lave tidligfastheter.

I produksjonen av tunnelelementer benyttes, for å øke brannmotstanden, tilsetning av PP-fiber. Kravet gjelder også elementer i lettbetong og det ble derfor besluttet bruk av PP-fiber i fullskalaforsøkene. Det ble videre besluttet at fullskalaforsøkene også skulle omfatte bruk av "Hvit" sement

2.2. Fullskala forsøk

På grunnlag av laboratorieforsøkene gikk man videre og gjennomførte forsøk med 0,5 m³ satser blandet i elementfabrikkens tvangsblender.

Til disse forsøkene benyttet man følgende betongsammensetning:

Delmaterialer per m³

	Industrisement	"Hvit" sement
Sement	368 kg	400 kg
Silika	18 kg	20 kg
Leca 2-4 tørr	190 kg	190 kg
Leca 4-10 tørr	142 kg	140 kg
Finsand Etne 0 – 2 tørr	491 kg	490 kg
Vann totalt	171 liter	160 liter
Tilsetningsstoff		
Mape air	0,5 l	0,5 l
Mape LWA	3 kg	3 kg
Mape plast P	1 l	0
Mape fluid	7 l	5 l
Mape pump oil	3 l	3 l
PP-fiber	2 kg	2 kg

Betongen ble blandet i henhold til fabrikkens normale blandedprosedyre og transportert til støpestedet. På støpestedet ble betongens ferskbetongegenskaper vurdert, både utflyting, separasjon og komprimeringsegenskaper.

Betongene, både med Industrisement og "Hvit" sement, var godt støpbare. Det ble støpt ut to 150 mm tykke tunnelelement med bredde henholdsvis 1,0 og 0,5 meter. Betongen lot seg vibrere ved bruk av fabrikkens ordinære formvibratorer og hele tverrsnittet mellom under- og overform ble fylt fullstendig. Resultat ble meget bra. Flaten mot underformen, tunnelsiden av elementet, fikk en hard overflate uten porer.

Følgende måleverdier ble registrert:

	Industrisement	”Hvit” sement
Støpelighet		
Synkmål	200 mm	210 mm
Utbredelses mål ¹	380 mm	380 mm
Densitet ²		
	kg/m ³	kg/m ³
Fersk betong	1.320	1.360
16 timer	1.340	1.330
1 døgn	1.350	1.335
2 døgn	1.375	1.325
5 døgn	1.370	1.340
7 døgn	1.380	1.340
28 døgn (2 terninger)	1.370 – 1.380	1.340 – 1.350
Fasthet²		
	MPa	MPa
16 timer	ca. 9	< 7,5
1 døgn	11,3	ca. 10
2 døgn	13,4	14,1
5 døgn	14,9	14,9
7 døgn	16,3	15,9
28 døgn	17,0 – 19,1	14,8 – 16,3

¹ iht. Norsk Standard

² Bestemt på en terning for hvert prøveresultat.

Til tross for at det bare ble tatt ut og prøvet et begrenset antall terninger ble forsøket samlet sett et viktig trinn i utprøvingen av reseptene.

Fasthet og densitet var lavere enn det man oppnådde ved laboratorieforsøkene. Lav densitet kan tyde på at det under blandedeprosessen ble innført luft i betongen, eller kanskje en følge av den tilsatte PP-fiber. Samtidig registrerte man at vannbehovet i betongen økte med tilsetning av 2 kg/m³ PP-fiber. Betong med ”Hvit” sement hadde mindre vannbehov enn betong fremstilt med Industrisement.

Avforming ble foretatt 16 timer etter utstøping, elementene ble heist opp og transportert bort uten at det oppsto noen form for skader. Subjektivt virket det som betongen i elementene var bedre komprimert enn tilfellet var for de samtidig utstøpte prøvelegemene.

Den viktigste erfaringen fra fullskalaprøvingen var:

- Lettbetongen lar seg støpe ut med bruk av normalt vibreringsutstyr (formvibratorer).
- Betongen har en tilstrekkelig tidligfasthet til at tunnelementene kan avformes og heises bort 16 timer etter at de er støpt ut.

Støpeformen består av en fast underform og en flyttbar overform som bare benyttes under utstøpningen. Prosedyren er at overformen fjernes umiddelbart etter at elementet er støpt. Deretter brettskures betongflaten og eventuelle sår fylles før påføring av av den flytende membranen.



Foto 1: Støpeform med underform og flyttbar overform - før utstøping.



Foto 2: Tunnelelement etter at overform er fjernet.

Som grunnlag for fastlegging av produksjonsresepten ble det gjennomført ytterligere en prøvestøp, se Tabell 1.1, Vedlegg 1. Blandeprosedyren ble holdt mest mulig lik den som ville bli benyttet under produksjon og som var prøvet ut under de første fullskalaforsøkene.

På grunn av den reduserte betongfastheten man registrerte under de siste prøvestøpene ble mengden Industrisement øket til 400 kg/m³. Betong fremstilt med "Hvit" sement ga lavere tidligfasthet enn hva som var nødvendig for å kunne avforme etter 16 timer. Dette alternativet ble derfor sløffet i det videre arbeidet. Videre sløffet man bruken av plastiserende tilsetningsstoff på lignosulfonatbasis, Mape plast P fordi dette ga utilsiktet retardering.

I forbindelse med denne prøvingen ble det tatt ut 100 mm terninger for bestemmelse av densitet og trykkfasthet etter 16 timer samt ved 1, 3, 7 og 28 døgn. I tillegg ble det boret ut Ø93 mm kjerner med høyde 200 mm for bestemmelse av densitet og sylindrefasthet ved 1, 3, 7 og 28 døgn.

Prøveresultatene, se Tabell 1.1 Vedlegg 1, var tilfredsstillende hva angår densitet og fasthet, men betongen ble for stiv, se målt slump og utbredelsesmål i tabellen.

3. Betongproduksjon

3.1. Betongsammensetning

Elementproduksjonen ble igangsatt 27/9-2004, 4 døgn etter forannevnte prøveblanding. Valgt resept med angivelse av betongegenskaper i fersk og herdnet tilstand fremgår av Tabell 1.2, Vedlegg 1.

Beslutning om betongsammensetning ble tatt på grunnlag av 1 og 3 døgns fasthet og de målte ferskbetongegenskapene. Erfaringene fra prøvestøpen gjorde det nødvendig å øke vannmengden til 175 - 180 liter totalt i produksjonsblandingene. Dette førte til redusert betongfasthet, men fasthetsnivået ble vurdert som tilfredsstillende.

Under den innledende betongproduksjonen oppsto det imidlertid et annet problem. Finsanden Etne 0-2 mm hang fast i siloen og førte til mye ekstra arbeid i produksjonsprosessen. Av produksjonsmessige årsaker valgte man derfor å bytte til sand 0-8 mm.

Tabell 1.3, Vedlegg 1 viser justert resept. Den ble benyttet gjennom hele produksjonsperioden fra 30/9-2004 til 7/12-2004

Vedlegg 6 gir en oversikt over produktdatablad gjeldende for de enkelte delmaterialene:

- Industrisement
- Silika
- Leca 2-4 mm
- Leca 4-10 mm
- Sand 0-8 mm
- Tilsetningsstoff
- Polypropylen - fiber

3.2. Kvalitetsoppfølging

Det ble gjennom hele produksjonsperioden daglig tatt ut prøver for produksjonskontroll. Prøving for bestemmelse av densitet og fasthet ble utført på standard 100 mm terninger ved 1 (3), 7 og 28 døgn, se Tabell 2.1, Vedlegg 2, ”Oversikt – lettbetong Væretunnelen”. Bemerk at det i tabellen benyttes kg/dm^3 som enhet for densitet

Analyse av prøvedataene fra produksjonskontrollen ved Ølen Betong AS ga følgende verdier for middelverdi og spredning:

Alder	Antall prøver n	Densitet		Fasthet	
		Middelverdi kg/m^3	Spredning kg/m^3	Middelverdi MPa	Spredning MPa
1 døgn	35	1.350	35	12,9	1,7
3 døgn	8	1.363	53	14,9	1,4
7 døgn	53 ¹⁾	1.353	37	16,2	1,5
28 døgn	53 ¹⁾	1.364	37	19,2	1,1

¹⁾ Antallet prøver er totalt 54, men en prøve nr. 689 er ikke tilsatt PP-fiber og er derfor utelatt ved beregning av middelverdi og spredning.

Som en ser har prøveresultatene liten spredningen. Årsaken til dette skyldes den kompliserte produksjonsprosessen hvor krumme elementer støpes ved bruk av overform. Når utstøpningen er fullført fjernes overformen umiddelbart. Er betongen for stiv får man ikke en fullgod utstøpning. Er betongen for bløt vil den når overformen fjernes fremdeles være flytende og renne ut over nederste avsteng. Et optimalt resultat forutsetter at ferskbetongegenskapene holdes innen snevre grenser, hvilket i seg selv medvirker til liten spredning.

3.3. Betongegenskaper

Etter å være kommet over i ordinær produksjon med innkjørte blandeprosedyrer ble det 11/10-2004 av betong hentet fra produksjonen tatt ut prøver for dokumentasjon av lettbetongegenskapene, se Tabell 3.1, vedlegg 3. Av lettbetongen, tilsatt 2 kg/m^3 PP-fiber, ble det støpt prøvestykker til prøving av densitet og fasthet på standard prøvelegemer og utborete kjerner, brannprøving, bestemmelse av varmekonduktivitet, måling av frostmotstand og kloridinntrengning.

Prøvestykker til sammenlignende brannprøving, lettbetong uten tilsetning av PP-fiber, ble støpt 26/10-2004, Tabell 3.2, Vedlegg 3.

3.3.1. Kvalitetskontroll

Av begge forannevnte betonger ble det, etter måling av ferskbetongegenskaper, tatt ut standard prøver, 100 mm terninger, for bestemmelse av densitet og trykkfasthet og brukt som sammenligningsgrunnlag for betongen i tunnelelementene

Ferskbetongegenskapene er tilnærmet like for begge blandingene. Dette samsvarer med forutsetningen om at tilsiktede verdier for slump, utbredelsesmål og densitet skal være de samme for alle lettbetongblandingene. Det er imidlertid grunn til å merke seg at lettbetong tilsatt PP-fiber har større vannbehov enn lettbetong uten tilsetning av fiber. Resultatene

indikerer at betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber krever 10 % økning av vannmengden for å oppnå samme støpelighet som betong uten tilsetning av fiber.

Standardprøver

I det etterfølgende er densitet og trykkfasthet, bestemt for de to forannevnte lettbetongblandingene, sammenlignet med tilsvarende data hentet fra kvalitetsoppfølgingen av elementproduksjonen.

Densitet:

Alder	Kvalitetsoppfølging	Densitet kg/m ³	
		2 kg/m ³ PP-fiber	0 kg/m ³ PP-fiber
fersk betong	–	1.410	1.380
1 døgn	1.350	1.410	1.380
7 døgn	1.353	1.415	1.400
28 døgn	1.364	1.410	1.390

Trykkfasthet

Alder	Kvalitetsoppfølging	Trykkfasthet MPa	
		2 kg/m ³ PP-fiber	0 kg/m ³ PP-fiber
1 døgn	12,9	14,9	13,1
7 døgn	16,2	18,4	18,4
28 døgn	19,2	20,8	19,1

Oppstillingen viser at de to lettbetongblandingene som ble benyttet til utstøpning av prøvestykker for dokumentasjon av betonegenskapene er representativ for den lettbetongen som ble brukt ved fremstilling av tunnelelementer til Væretunnelen.

Utborete kjerner

I tillegg til standard prøver på 100 mm terninger er det for lettbetongen tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber fra en betongplate boret ut kjerner Ø100 x 200 mm for bestemmelse av densitet og sylindrefasthet ($h/d = 2$).

Laboratoriet ved Ølen Betong AS har prøvet to kjerner ved hver alder, totalt 8 betongkjerner med følgende resultat, se Tabell 3.1, Vedlegg 3:

Alder Døgn	Densitet kg/m ³	Sylindrefasthet MPa
1	1.350	10,4
3	1.360	14,1
7	1,350	16,6
28	1.350	18,2

Ved Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen er 4 betongkjerner prøvet etter 28 døgn, se Tabell 3.3, Vedlegg 3:

Alder Døgn	Densitet kg/m ³	Sylinderfasthet MPa
28	1.320	13,4

3.3.2. Brannprøving

Av lettbetong tilsatt PP-fiber, Tabell 3.1, Vedlegg 3, ble det støpt ut 3 plater, med dimensjon 1300 x 1300 x 200 mm, til brannprøving. Platene hadde samme armeringsmengde som tunnelementene. I tillegg ble det støpt ytterligere 2 plater. Denne gang med lettbetong uten tilsetning av PP-fiber, Tabell 3.2, Vedlegg 3.

Det er utført brannprøving av 5 elementer ved SINTEF Norges branntekniske laboratorium as, merket A, B, C, D og E. Brannprøvingen er beskrevet i Rapport Nr: 2399 fra Teknologidepartementet "LETTBETONG I TUNNELHVELV Brannprøving Lettbetongelementer – Væretunnelen"

Prøvingen ble utført i pilotovn med 1000 x 1000 mm eksponert flate, og var basert på kravene i ISO 834 med tid/temperaturkurve karakteristisk for Hydrokarbonbrann. Under prøvingen viste det seg at ovnen ikke hadde tilstrekkelig kapasitet og det oppsto avvik fra kravene i ISO 834.

Elementer av betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber

Element A ble brannekspontert i 60 minutter
Element B i 100 minutter og
Element C i 120 minutter

Ved avsluttet prøving kunne det ikke for noen av elementene A, B og C påvises endringer på uekspontert side. På eksponert side ble det på alle elementene observert en svak fargeforandring. Det var ingen avskalling, men antydning til noen små riss. Samlet sett ble elementene vurdert som ubeskadiget. Det er boret ut en kjerne Ø100 x 200 mm fra hvert av elementene, men det er ennå ikke tatt beslutning om hvilke analyser som skal gjennomføres.

Elementer uten tilsetning av PP-fiber

Element D ble brannekspontert i 120 minutter.
Det kunne ikke visuelt påvises endringer på uekspontert side. På eksponert side ble det registrert betydelig avskalling, målt til 120 – 155 mm. Armeringen var synlig over nesten hele den eksponerte flaten,
Prøvingen av element E ble avsluttet etter 30 minutter. Kraftig avskalling på den eksponerte siden førte til at det oppsto en lokal avskalling på elementkanten og det ble direkte åpning inn i ovnen. Ingen visuelt påvisbare endringer på den ueksponterte siden. Jevn avskalling, målt til 55 mm, på den eksponerte flaten.

Tross avvik under brannprøvingen viste den at tunnelementene i Væretunnelen ved tilsetning av 2 kg/m³ PP-fiber har fått økt brannmotstand.

3.3.3. Varmemotstand og varmekonduktivitet

For bestemmelse av lettbetongens varmekonduktivitet ble det støpt ut og prøvet 2 plater, med dimensjon 600 x 600 x 50 mm, av lettbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber. Prøvingen er utført av Norges byggforskningsinstitutt NBI som har målt varmemotstand og varmekonduktivitet på nevnte 2 plater.

Prøvingen er beskrevet i Rapport Nr: 2401 fra Teknologidivisjonen "LETTBETONG I TUNNELHVELV Varmemotstand og varmekonduktivitet Lettbetongelementer – Væretunnelen".

Målingene er utført på plater med forskjelling 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

Prøveresultater

	vekt	Fuktinnhold	volum	Varmekonduktivitet
				W/mK
Prøve 1:	11,1 %	tilsv.	14,5 %	0,62
Prøve 2:	7,3 %	tilsv.	9,1 %	0,56

De målte verdiene samsvarer med hva man kan forvente for lettbetong med densitet i området 1.300 – 1.400 kg/m³ og fuktforhold som er målt. Verdiene er ca. 1/3 av tilsvarende verdier for normalbetong.

3.3.4. Frostmotstand og kloridinntrengning

Fra en uarmert plate, 200 mm tykk, støpt med lettbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber, Tabell 3.1, Vedlegg 3, er det boret ut kjerner, med dimensjon Ø92 x 200 mm for bestemmelse av

- lettbetongens frostmotstand
- kloridinntrengning

a) *Frostmotstand*

Frostmotstanden til lettbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber er bestemt ved vekselvis nedfrysing og opptining med 3 % NaCl-løsning på testflatene. Undersøkelsene er utført i henhold til Svensk Standard SS 13 72 44 (Borås-metoden).

Hver prøveserie utgjøres av 6 stk. sylindere med samlet areal 34 000 mm², hvilket er noe lavere enn kravet i SS 13 72 44..

Undersøkelsene omfatter fryse-/tinebelastning på både støpte og sagete flater, og er utført som parallellprøving mellom Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen og Norges byggforskningsinstitutt NBI i Oslo. For enkeltresultater vises det til Vedlegg 4.

Frostmotstanden vurderes ut fra mengden materiale som skaller av fra testflaten og bedømmes som følger:

Meget god:

Avskalling etter 56 vekslinger m_{56} mindre enn $0,10 \text{ kg/m}^2$

God:

Avskalling etter 56 vekslinger m_{56} mindre enn $0,20 \text{ kg/m}^2$, eller m_{56} mindre enn $0,50 \text{ kg/m}^2$ og m_{56}/m_{28} mindre enn 2.

Akseptabel:

Avskalling etter 56 vekslinger m_{56} mindre enn $1,00 \text{ kg/m}^2$, samtidig som m_{56}/m_{28} er mindre enn 2.

Ikke akseptabel:

Dersom ikke kravene til akseptabel forstmotstand oppfylles

Resultatet av prøvingen er vist i etterfølgende oppstilling:

Målt frostmotstand

Laboratorium	Ekspontert flate	Avskalling kg/m^2		
		m_{28}	m_{56}	m_{56}/m_{28}
Sentrallaboratoriet	støpefl.	0,082	0,160	1,95
	saget	0,049	0,080	1,63
NBI	støpefl.	0,112	0,270	2,41
	saget	0,121	0,330	2,73

Vurdert på grunnlag av kriteriene foran har lettbetongen basert på resultatene fra Sentrallaboratoriet *God*, henholdsvis *Meget god* frostmotstand, mens resultatene fra NBI indikerer *Ikke akseptabel* frostmotstand. Enkeltresultatene fra NBI viser imidlertid stor spredning med variasjonsbredde for m_{56} på saget flate fra 0,186 til $0,449 \text{ kg/m}^2$.

Samlet vurdert bedømmes betongelementene i Væretunnelen å ha *Akseptabel* frostmotstand.

b) *Kloridinntrengning*

Undersøkelse av motstanden mot kloridinntrengning i lettbetong med 2 kg/m^3 PP-fiber er utført i henhold til Nordtestmetoden "Acceleratet Chloride Penetration" beskrevet i NT Build 443.

En prøve bestående av 3 delprøver ble eksponert i NaCl-løsning i 40 døgn. Ekspontert flate var sagflate. Prøvestykkene ble tatt ut av løsningen, emballert i aluminiumsfolie og lagret i kjøleskap frem til fresing en uke senere.

Prøveresultatene for kjerne nr. 1, 18 og 23 er vist i Vedlegg 5.

Kjerne nr	Kloridkonsentrasjon C_0 % av betongvekt	Diffusjonskoeffisient D $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	Regresjonskoeff R^2	Inntrengning k (0,1 %) cm
1	2,750	2,32	0,9979	2,70
18	3,453	3,27	0,9993	3,32
23	3,392	3,01	0,9975	3,19
Middel	3,198	2,87	–	3,07

Fastlagt diffusjonskoeffisient er lav og tilsvarer det krav man tilstreber for normalbetong som skal eksponere i tidevannsonen. Den lave diffusjonskoeffisienten motvirkes imidlertid av den høye kloridkonsentrasjonen C_0 på betongoverflaten, målt som Cl^- i % av betongvekt.

Beregningsmessig tilsier prøveresultatet at kloridnivået, $Cl^- = 0,1$ % av betongvekt, etter ett års eksponering ligger 30 mm fra betongoverflaten. Dette er høyt.

Det hersker derfor en viss usikkerhet med hensyn til hvordan prøveresultatene skal evalueres. Kloridinntrengningen er bestemt på sagflater. Det er da ikke tatt hensyn til kloridinntrengningen gjennom den tette harde betongoverflaten som blir eksponert mot tunnelen.

Ved senere tilstandskontroller i Væretunnelen bør undersøkelse av kloridinntrengning i tunnelelementene inngå som del av inspeksjonsprogrammet. Det foreslås at det gjennomføres tilstandskontroll etter 1, 2 og 5 år, første gang våren 2006.

3.4. Andre målinger

Oppfølging av tunnelelementene omfatter også vann- og frostsikring. Som grunnlag for å kunne evaluere eventuelle skader på grunn av frostpåkjenninger er det montert termofølere/loggere i 4 områder av tunnelen, plassering er vist under. Temperaturloggerne er av typen TinyTag Plus 12G -40/+125°C. Temperaturene logges kontinuerlig med registrering hver time. Loggerne ble montert og satt i drift 2. mars 2005. Registrerte verdier ble avlest 10. oktober 2005 etter 7 måneder i drift. Avlesning av loggere ivaretas av Region Midt – Ressursavdelingen.

Plassering av temperaturloggerne:

- Område A: Ca. 20 meter fra sørvestre tunnelåpning, luke i høyre felt – retning nord.
- Område B: Ca. 175 meter fra sørvestre tunnelåpning, luke i høyre felt – retning nord.
- Område C: Ca. 195 meter fra nordøstre tunnelåpning, luke i venstre felt – retning nord.
- Område D: Ca. 13 meter fra nordøstre tunnelåpning, luke i høyre felt – retning nord.

Registrerte temperaturer, se etterfølgende oppstilling, refererer seg til sommerhalvåret 2005. Registrerte frostmengder i perioden er derfor uten interesse, men målingene viser at loggersystemet virker. Det gjennomføres en ny måleperiode som går frem til april/mai 2006. Relevante frostmengder vil derfor først bli tilgjengelig våren 2006.

Temperaturfølere i Væretunnelen – registreringer i perioden 2. mars til 10. oktober 2005.

Område	Logger	Plassering	Registrert frostmengde	Temperatur °C
	Serie nr.		Timer med frost h °C	
A	272591	tunnelside	9	-1,1 / +26,0
	272593	Fjellside	0	+2,7 / +14,5
	278568	i element	0	+1,3 / +19,5
B	272596	tunnelside	40	-2,5 / +26,6
	276237	Fjellside	0	+2,9 / +14,9
	278569	i element	0	+0,7 / +20,2
C	276242	tunnelside	752	-9,2 / +25,0
	276241	Fjellside	10	-1,0 / +14,9
D	276238	tunnelside	927	-10,3 / +25,8
	276239	Fjellside	108	-1,8 / +13,1

4. Konklusjon

Det kan med tilgjengelig lett tilslag fremstilles lettbetong til tunnelhvelv i fasthetsklasse LC15 (LB12) og densitetsklasse D 1,4 (densitet 1350 kg/m³). Lettbetong fremstilt med 400 kg/m³ Industrisement oppnår etter 16 timer fastheter som er ca. 50 % av 28 døgns fastheten. Lettbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber krever for å oppnå samme støpelighet som betong uten fiber 10 % økning i tilsatt vann.

Brannprøving i pilotovn viste at lettbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber ikke fikk skader mens den samme betongen uten PP-fiber fikk betydelig avskalling.

Målt varmekonduktivitet samsvarer med hva man kan forvente for en lettbetong i det aktuelle densitetsområdet og med de gitte fuktforholdene. De målte verdiene er ca. 1/3 av tilsvarende verdier bestemt for normalbetong.

Det er stor forskjell mellom registrert frostmotstand for prøvene utført ved Sentrallaboratoriet Statens vegvesen og Norges byggforskningsinstitutt NBI. Samlet vurdert har man konkludert med at den undersøkte lettbetongen, prøvet etter SS 13 72 44 (Borås-metoden), har akseptabel frostmotstand. Når resultatene fra vinterens måling av frostmengder foreligger bør det gjennomføres en tilstandskontroll hvor lettbetongens frostegenskaper evalueres.

Målt kloridinntrengning i lettbetongen, etter NT Build 443, kjennetegnes ved høy kloridkonsentrasjon på betongoverflaten og lav diffusjonskoeffisient. Det hersker en viss usikkerhet med hensyn til hvordan resultatene skal vurderes. Målingene tar ikke hensyn til den tette overflaten på tunnelsiden. Ved senere tilstandskontroller, for eksempel etter 1, 2 og 5 år, bør kloridinntrengningen i tunnelementene undersøkes og inngå som del av inspeksjonsprogrammet.

Vedlegg 1

Lettbetongresepter

Tabell 1.1 Prøvestøp 23/9-2004

Tabell 1.2 Produksjonsresept 27/9-2004

Tabell 1.3 Justert produksjonsresept 30/9-2004

Tabell 1.1 Lettbetongresept – prøvestøp 23.09.2004

Resept lettbetong, prøvestøp 23.09.04

Prøven støpt kl. 15.00

Delmaterialer:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Industrisement	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	190
Leca 4 - 10, tørr	140	140
Finsand 0 - 2	490	490
Vann	150 - 155	165
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	6 - 10	10
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	100
Utbredelses mål:	300
Densitet - fersk:	1,35
Temperatur	19,5

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 10 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
16 timer (2 stk.)	1,294 - 1,318	1,306	14,85 - 14,85	14,85
1 døgn (2 stk.)	1,346 - 1,349	1,348	17,68 - 16,97	17,32
3 døgn (2 stk.)	1,333 - 1,348	1,34	18,39 - 16,97	17,68
7 døgn (2 stk.)	1,300 - 1,340	1,32	14,85 - 19,10	16,97
28 døgn (2 stk.)	1,340 - 1,350	1,345	21,14 - 21,82	21,48

Betongsylindere, Ø95 x 200, totalt 12 stk.

Formel = Mpa / 0,68

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,26 - 1,25 - 1,26	1,26	13,23 - 13,23 - 13,97	13,47
3 døgn (3 stk.)	1,28 - 1,28 - 1,27	1,28	14,70 - 13,23 - 15,14	14,35
7 døgn (3 stk.)	1,29 - 1,27 - 1,26	1,27	15,58 - 14,70 - 15,58	15,28
28 døgn (3 stk.)	1,29 - 1,28 - 1,28	1,28	15,58 - 15,58 - 16,63	15,93

Alle sylindere er 93mm i diameter og 200mm lange.

Tabell 1.2 Lettbetongresept ved produksjonsstart 27.09.2005

Resept lettbetong, oppstart 27.09.04

Prøven støpt kl. 15.00

Delmaterialer:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Industrisement	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	190
Leca 4 - 10, tørr	140	140
Finsand 0 - 2	490	490
Vann	150 - 155	180
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	6 - 10	7
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	190
Utbredelses mål:	370
Densitet - fersk:	1,37
Temperatur	18

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 10 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
16 timer (2 stk.)				
1 døgn (2 stk.)		1,35		14,14
3 døgn (2 stk.)		1,34		14,14
7 døgn (2 stk.)	1,35 - 1,35	1,35	17,68 - 18,39	18,04
28 døgn (2 stk.)	1,36 - 1,35	1,355	19,10 - 18,39	18,75

Betongsylindere, Ø95 x 200, totalt 12 stk.

Formel = Mpa / 0,68

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,26 - 1,28	1,27	13,23 - 14,70	13,96
3 døgn (3 stk.)				
7 døgn (3 stk.)	1,29 - 1,30	1,30	15,58 - 16,63	16,11
28 døgn (3 stk.)	1,30 - 1,29	1,30	19,75 - 18,70	19,23

Alle sylindere er 93mm i diameter og 186mm lange.

Tabell 1.3 Lettbetongresept for produksjon - justert

Resept lettbetong, 30.09.04 med 0 - 8mm sand

Prøven støpt kl. 13.30

Delmaterialer:

	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	471
Vann	175	175
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	7	7
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	200
Utbredelses mål:	380
Densitet - fersk:	1,43
Temperatur	18

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 10 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
16 timer (1 stk.)		1,41		12,72
1 døgn (1 stk.)		1,41		12,72
3 døgn (1 stk.)		1,41		14,85
7 døgn (1 stk.)		1,37		15,56
28 døgn (2 stk.)		1,42		20,80

Vedlegg 2

Kvalitetsoppfølging – rapport fra Ølen Betong AS

Tabell 2.1 Oversikt – lettbetong Væretunnelen

Ølen Betong AS

Element

Oversikt - lettbetong Væretunnelen

Tabellen viser densitet og trykkfasthet. For mer info, se i perm på laboratorium

Dato	Prøvenr.	Densitet	16 timer	Densitet	1 døgn	Densitet	3 døgn	Densitet	7 døgn	Densitet	28 døgn
27.09.2004	653			1,35	14,14	1,34	14,14	1,35	18,04	1,36	18,75
29.09.2004	656			1,34	13,43	1,33	14,14	1,37	18,04	1,38	22,16
30.09.2004	658	1,42	12,72	1,41	12,72	1,44	14,85	1,37	15,56	1,42	20,80
01.10.2004	659					1,37	15,21	1,38	15,92	1,39	21,14
03.10.2004	660			1,34	12,72	1,34	16,97	1,36	16,27	1,37	19,40
04.10.2004	661			1,41	12,72	1,40	16,27	1,38	16,27	1,41	19,44
05.10.2004	662			1,38	14,85	1,41	15,56	1,40	16,97	1,42	21,14
06.10.2004	664							1,40	16,97	1,41	19,78
07.10.2004	666							1,41	17,68	1,44	20,46
08.10.2004	668							1,37	19,10	1,40	20,12
11.10.2004	669							1,37	17,68	1,37	19,07
12.10.2004	671			1,32	10,60			1,30	15,74	1,31	17,33
13.10.2004	673							1,43	17,68	1,41	20,46
14.10.2004	675			1,37	11,31			1,36	15,92	1,36	19,43
16.10.2004	677							1,37	19,10	1,42	20,80
19.10.2004	678			1,30	17,68			1,31	14,90	1,40	20,46
20.10.2004	680			1,41	13,08			1,40	17,33	1,37	18,75
21.10.2004	682			1,41	13,28			1,38	20,76	1,39	20,46
22.10.2004	684					1,27	12,37	1,28	15,36	1,31	18,32
23.10.2004	686							1,28	17,33	1,30	18,75
25.10.2004	687							1,32	18,39	1,33	19,44
26.10.2004	689			1,38	13,08			1,40	18,39	1,39	19,07
27.10.2004	691			1,32	17,67			1,34	15,91	1,34	17,33
28.10.2004	693			1,39	13,79			1,39	15,92	1,39	17,33
29.10.2004	695							1,39	16,98	1,39	18,75
01.11.2004	697			1,35	15,21			1,36	16,26	1,37	19,10
02.11.2004	699			1,34	12,37			1,35	15,21	1,39	19,44
03.11.2004	701			1,30	10,30			1,32	14,85	1,33	18,04
04.11.2004	703			1,34	12,02			1,35	15,92	1,35	18,39
05.11.2004	705							1,31	13,08	1,31	18,39

Vedlegg 3

Lettbetongegenskaper

Rapporter fra Ølen Betong AS

**Tabell 3.1 Prøvestykker for dokumentasjon av betongegenskaper
11/10-2004 – 2 kg/m³ PP-fiber**

Tabell 3.2 Resept lettbetong, prøvestøp uten pp-fiber 26/10-2004

Rapport fra Statens vegvesen, Sentrallaboratoriet

**Tabell 3.3 Dokumentasjon av sylindrefasthet bestemt på utborete kjerner
betong støpt 11/10-2004**

Tabell 3.1 Betongegenskaper – støpt 11/10-2004 med PP-fiber

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

Betongsylindere, 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

Tabell 3.2 Betongegenskaper – støpt 26/10-2004 uten PP-fiber

Resept lettbetong, prøvestøp uten pp - fiber 26.10.04

Prøven støpt kl. 11.30

Delmaterialer:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Industrisement	400	405
Silika	20	21
Leca 2 - 4, tørr	190	191
Leca 4 - 10, tørr	140	140
Finsand 0 - 2	490	495
Vann	150 - 155	160
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	6 - 10	5
PP - fiber	0	0

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	190
Utbredelses mål:	380
Densitet - fersk:	1,38
Temperatur	17

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 6 stk.

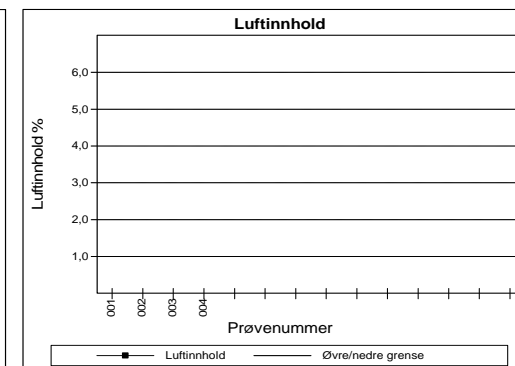
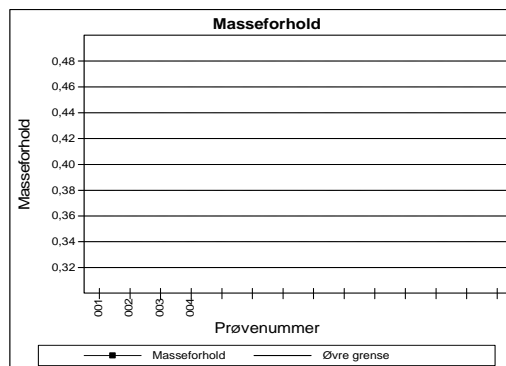
	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
16 timer				
1 døgn (2 stk.)	1,38 - 1,38	1,38	13,43 - 12,72	13,07
3 døgn				
7 døgn (2 stk.)	1,40	1,40	17,68 - 19,10	18,39
28 døgn (2 stk.)	1,38 - 1,40	1,39	17,68 - 20,46	19,07



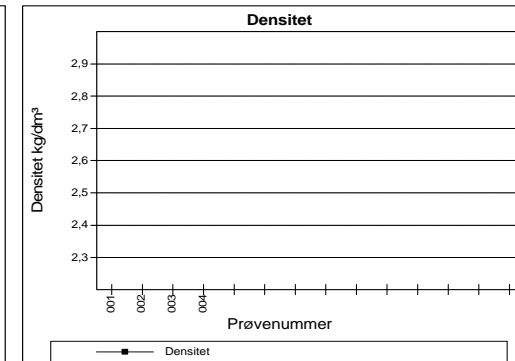
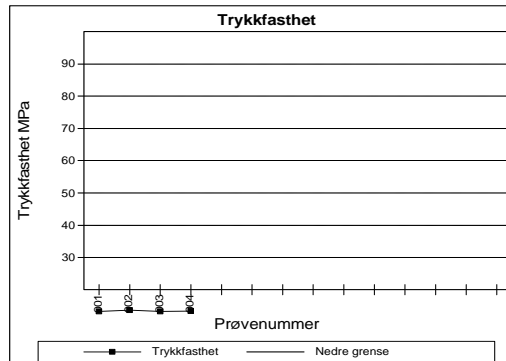
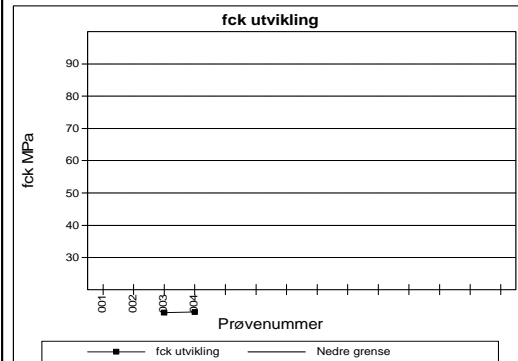
Samlerapport Betong

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 undermalere=0



Tabell 3.3 Dokumentasjon av sylindrefasthet bestemt på utborede kjerner – prøvestykker støpt 11/10-2004

Vedlegg 4

Frostmotstand

Prøving av frostmotstand er utført i henhold til Svensk Standard SS 13 72 44 (Borås-metoden).

Sentrallaboratoriet Statens vegvesen

Tabell 4.1 Avskalling målt på støpeflate

Tabell 4.2 Avskalling målt på sagflate

Norges byggforskningsinstitutt NBI, Oslo

Tabell 4.3 Avskalling målt på støpeflater

Tabell 4.4 Avskalling målt på sagflater

Sentrallaboratoriet Statens vegvesen

Tabell 4.1 Avskalling på støpeflate



Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet
Rapportskjemaer for laboratorieanalyser

KS-dokument KSV-10055-14-009

Oppdragsnr.	N040009-006-T	Utført dato	22.10.	til	20.1.05	Signatur:	IANWIL
-------------	---------------	-------------	--------	-----	---------	-----------	--------

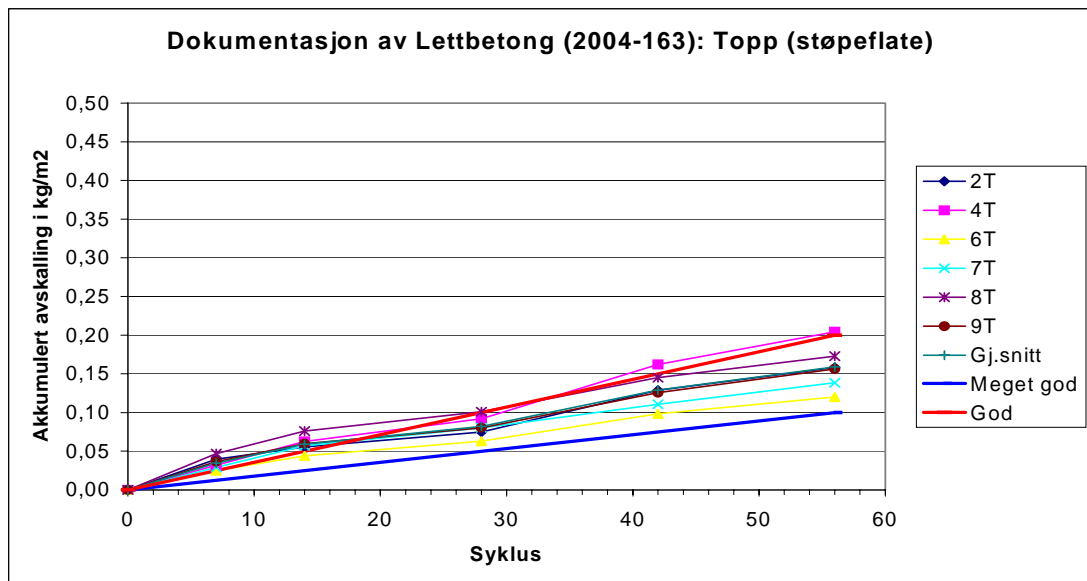
Dokumentasjon av Lettbetong (2004-163): Topp (støpeflate)

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	2T	4T	6T	7T	8T	9T	Totalt
AREAL cm ²	68,3	68,5	68,2	68,6	68,3	68,4	341,8139
7d.avskalling	0,27	0,22	0,17	0,20	0,32	0,25	1,1800
14d.avskalling	0,11	0,21	0,13	0,19	0,20	0,16	0,8400
28d.avskalling	0,13	0,20	0,13	0,16	0,17	0,14	0,7900
42d.avskalling	0,37	0,48	0,24	0,21	0,30	0,31	1,6000
56d.avskalling	0,20	0,29	0,15	0,19	0,19	0,21	1,0200

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	2T	4T	6T	7T	8T	9T	Gj.snitt
m ₇		0,040	0,032	0,025	0,029	0,047	0,037	0,035
m ₁₄		0,056	0,063	0,044	0,057	0,076	0,060	0,059
m ₂₈		0,075	0,092	0,063	0,080	0,101	0,080	0,082
m ₄₂		0,129	0,162	0,098	0,111	0,145	0,126	0,129
m ₅₆		0,158	0,204	0,120	0,138	0,173	0,156	0,16



Sentrallaboratoriet Statens vegvesen

Tabell 4.2 Avskalling på sagflate



Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet
Rapportskjemaer for laboratorieanalyser

KS-dokument KSV-10055-14-009

Oppdragsnr.	N040009-006-S	Utført dato	22.10.	til	20.1.05	Signatur:	IANWIL
-------------	---------------	-------------	--------	-----	---------	-----------	--------

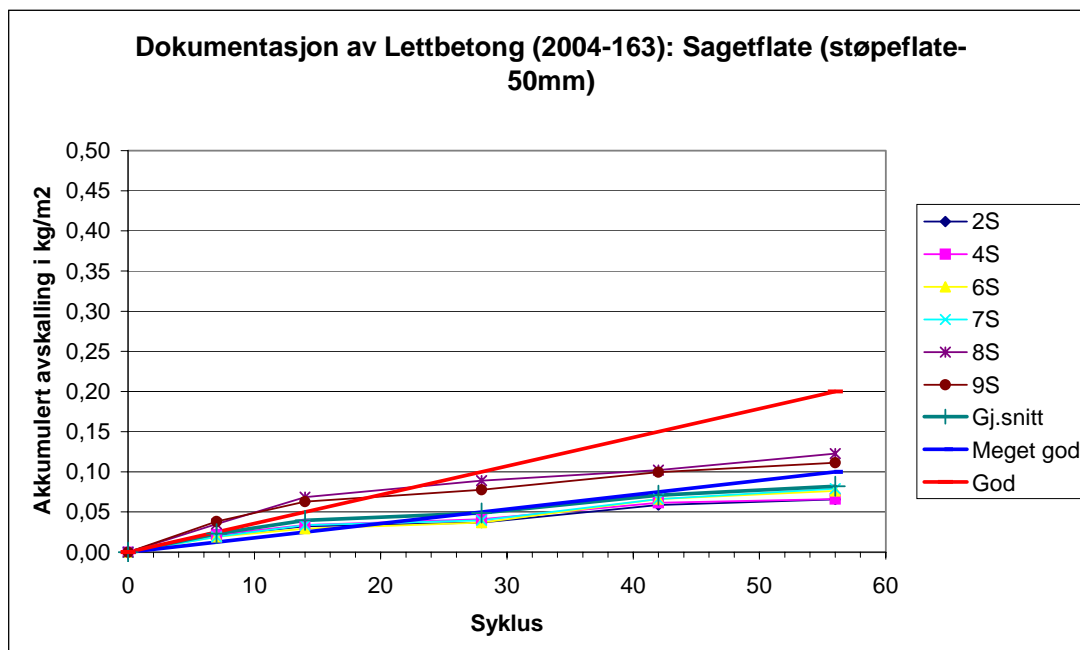
Dokumentasjon av Lettbetong (2004-163): Sagetflate (støpeflate-50mm)

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	2S	4S	6S	7S	8S	9S	Totalt
AREAL cm ²	68,3	68,2	68,3	68,3	68,6	68,3	341,5940
7d.avskalling	0,14	0,15	0,13	0,13	0,24	0,26	0,7900
14d.avskalling	0,08	0,08	0,07	0,10	0,23	0,17	0,5600
28d.avskalling	0,03	0,05	0,05	0,04	0,14	0,10	0,3100
42d.avskalling	0,15	0,14	0,20	0,18	0,09	0,15	0,7600
56d.avskalling	0,05	0,03	0,07	0,09	0,14	0,08	0,3800

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	2S	4S	6S	7S	8S	9S	Gj.snitt
m ₇		0,020	0,022	0,019	0,019	0,035	0,038	0,023
m ₁₄		0,032	0,034	0,029	0,034	0,069	0,063	0,040
m ₂₈		0,037	0,041	0,037	0,040	0,089	0,078	0,049
m ₄₂		0,059	0,062	0,066	0,066	0,102	0,100	0,071
m ₅₆		0,066	0,066	0,076	0,079	0,123	0,111	0,08





Oppdragsnr.	O11339	Utført dato	30.11.	til	25.1.05	Signatur:
-------------	--------	-------------	--------	-----	---------	-----------

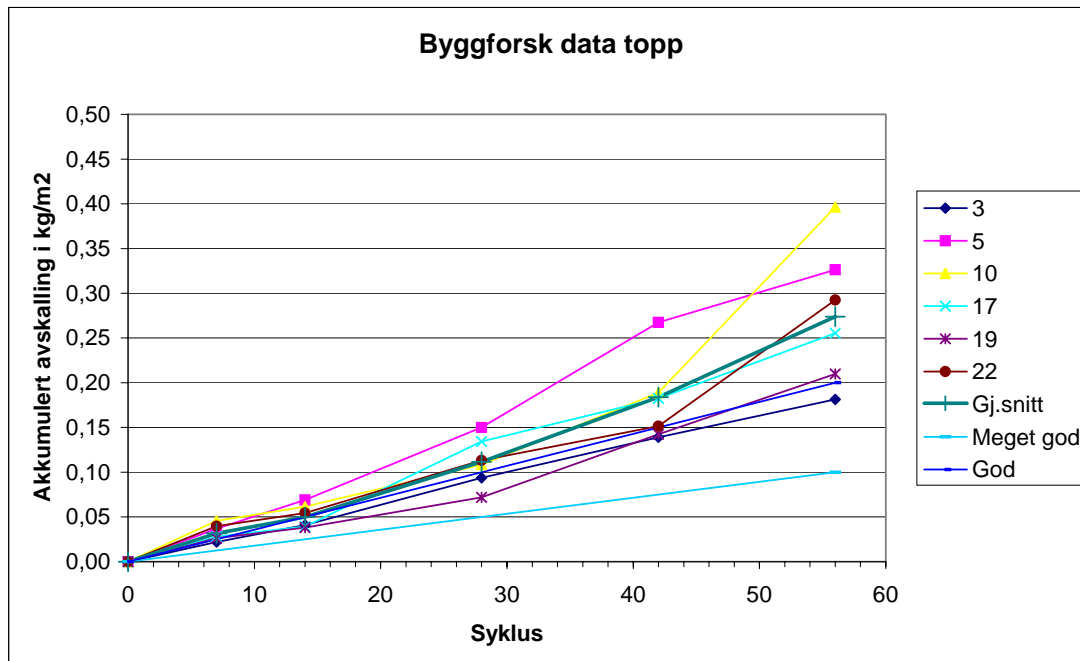
Byggforsk data topp

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3	5	10	17	19	22	Totalt
AREAL cm ²	68,3	68,0	68,3	68,5	68,2	68,0	341,3744
7d.avskalling	0,15	0,25	0,31	0,19	0,18	0,27	1,0800
14d.avskalling	0,13	0,22	0,11	0,08	0,08	0,10	0,6200
28d.avskalling	0,36	0,55	0,32	0,65	0,23	0,40	2,1100
42d.avskalling	0,31	0,80	0,55	0,33	0,48	0,26	2,4700
56d.avskalling	0,29	0,40	1,42	0,50	0,46	0,96	3,0700

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	3	5	10	17	19	22	Gj.snitt
m ₇		0,022	0,037	0,045	0,028	0,026	0,040	0,032
m ₁₄		0,041	0,069	0,061	0,039	0,038	0,054	0,050
m ₂₈		0,094	0,150	0,108	0,134	0,072	0,113	0,112
m ₄₂		0,139	0,267	0,189	0,183	0,142	0,151	0,184
m ₅₆		0,181	0,326	0,397	0,256	0,210	0,292	0,27



Norges byggforskningsinstitutt NBI

Tabell 4.4 Avskalling på sagflate



Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet
Rapportskjemaer for laboratorieanalyser

KS-dokument KSV-10055-14-009

Oppdragsnr.	O11339	Utført dato	1.12.04	til	25.1.05	Signatur:
-------------	--------	-------------	---------	-----	---------	-----------

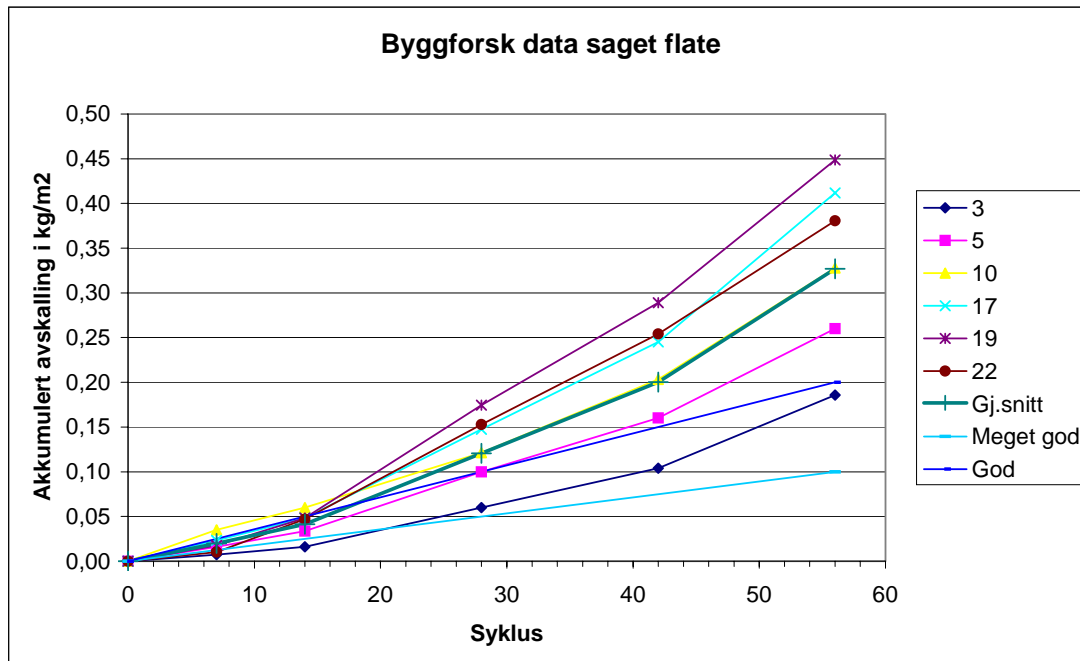
Byggforsk data saget flate

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	3	5	10	17	19	22	Totalt
AREAL cm ²	68,3	68,0	68,3	68,5	68,2	68,0	341,3744
7d.avskalling	0,05	0,11	0,24	0,16	0,12	0,07	0,6800
14d.avskalling	0,06	0,12	0,17	0,17	0,21	0,25	0,7300
28d.avskalling	0,30	0,45	0,42	0,68	0,86	0,72	2,7100
42d.avskalling	0,30	0,41	0,56	0,67	0,78	0,69	2,7200
56d.avskalling	0,56	0,68	0,85	1,14	1,09	0,86	4,3200

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	3	5	10	17	19	22	Gj.snitt
m ₇		0,007	0,016	0,035	0,023	0,018	0,010	0,020
m ₁₄		0,016	0,034	0,060	0,048	0,048	0,047	0,041
m ₂₈		0,060	0,100	0,121	0,147	0,175	0,153	0,121
m ₄₂		0,104	0,160	0,203	0,245	0,289	0,254	0,200
m ₅₆		0,186	0,260	0,328	0,412	0,449	0,381	0,33



Vedlegg 5

Kloridinntrengning

Prøvingen er utført i henhold til Nordtest-metoden

”Accelerated Chloride Penetration” NT-built 443

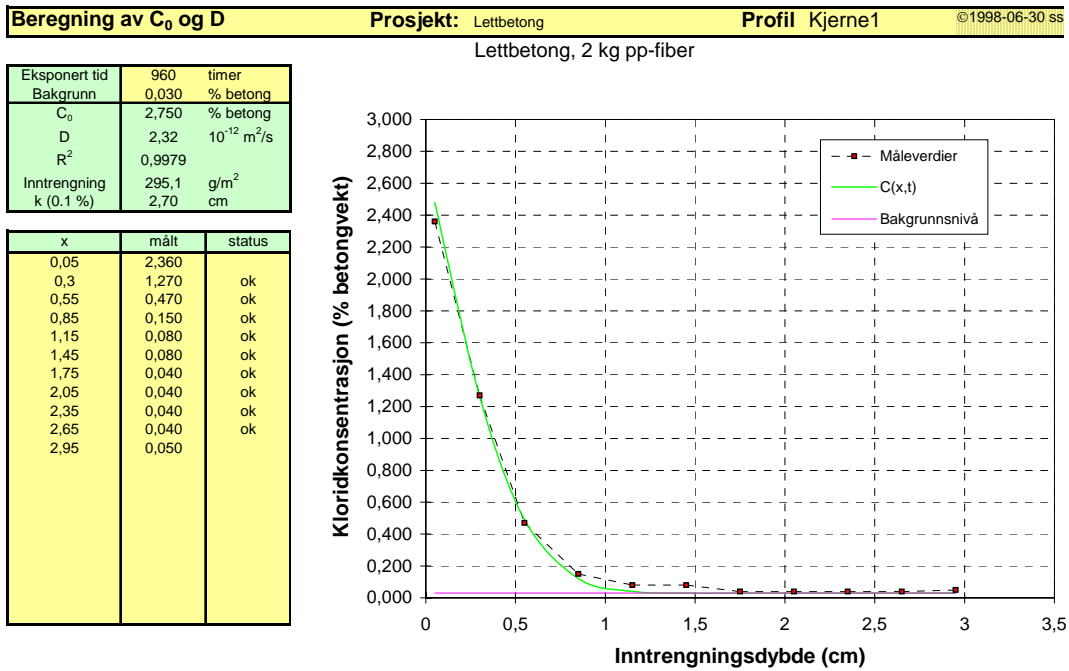
**Tabellene angir målte verdier for kloridinnhold samt beregning av
Kloridkonsentrasjon på betongoverflaten C_0 og diffusjonskoeffisient D .**

Tabell 5.1 Kjerne 1

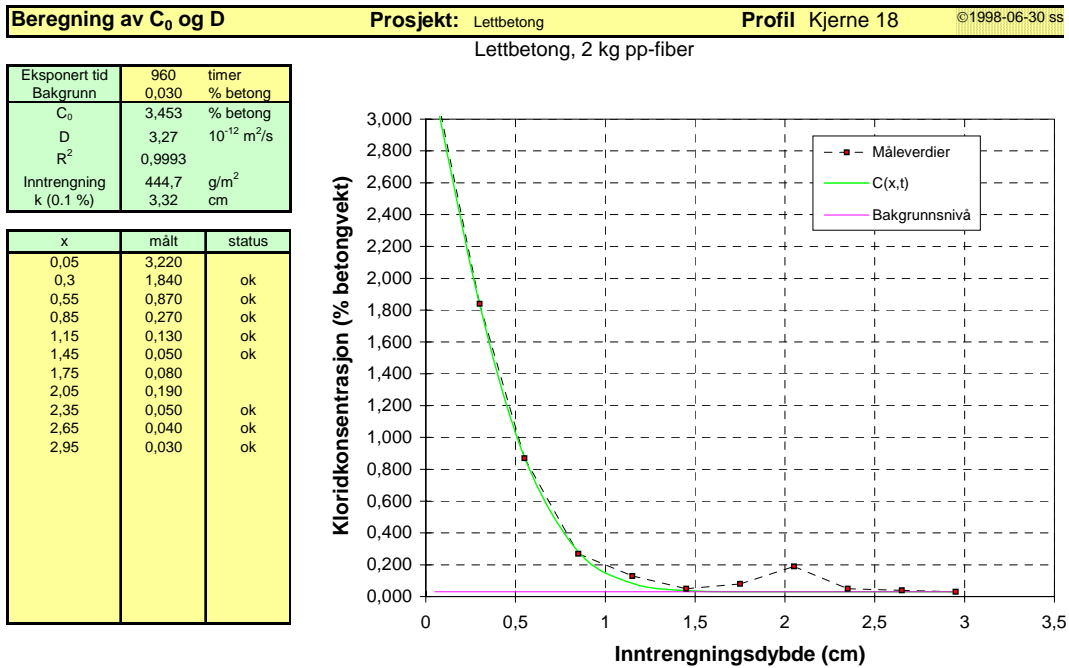
Tabell 5.2 Kjerne 18

Tabell 5.3 Kjerne 23

Tabell 5.1 Kjerne 1



Tabell 5.2 Kjerne 18



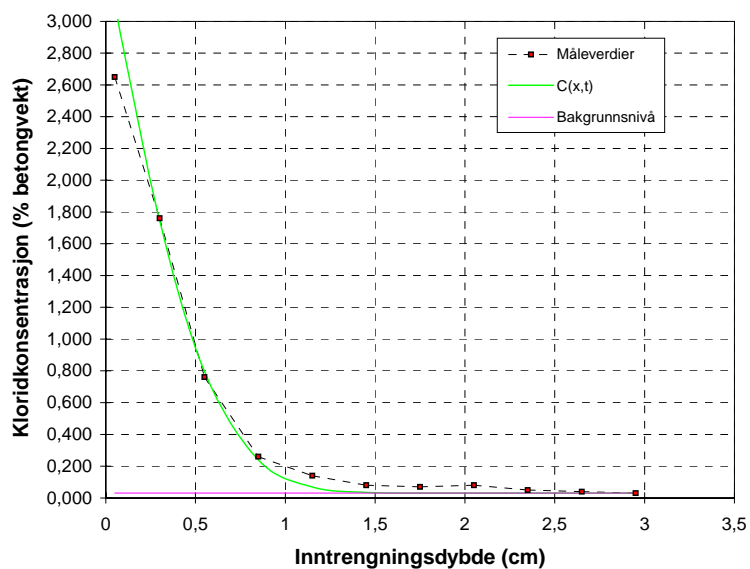
Tabell 5.3 Kjerne 23

Beregning av C_0 og D **Prosjekt:** Lettbetong **Profil** Kjerne 23 ©1998-06-30 ss

Lettbetong, 2 kg pp-fiber

Ekspontert tid	960	timer
Bakgrunn	0,030	% betong
C_0	3,392	% betong
D	3,01	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9975	
Inntrengning k (0.1 %)	384,5	g/m ²
	3,19	cm

x	målt	status
0,05	2,650	
0,3	1,760	ok
0,55	0,760	ok
0,85	0,260	ok
1,15	0,140	ok
1,45	0,080	ok
1,75	0,070	ok
2,05	0,080	ok
2,35	0,050	ok
2,65	0,040	ok
2,95	0,030	ok



Vedlegg 6

Datablad delmaterialer

Sement

- **Industrisement**
- **Standardsement FA**
- **Aalborg White**

Silika

- **Elkem Microsilica – Grade 920**

Lett tilslag - Leca

- **Filtralite NR 2 – 4 mm**
- **Filtralite NC 4 – 10**

Sand

- **Forsand Sandkompani – Deklarasjon 0/8 mm**
- **Forsand Sandkompani – Samsvarserklæring 0/8 mm**

Tilsetningsstoff

- **Mapeair 25**
- **Mapeplast LWA**
- **Mapepump Oil**
- **Mapefluid RN – 15**

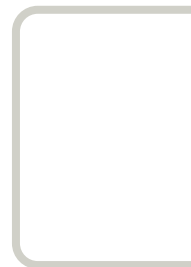
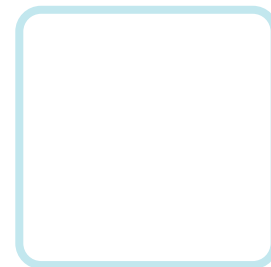
Polypropylene fiber

- **Duomix Fire (M6)**

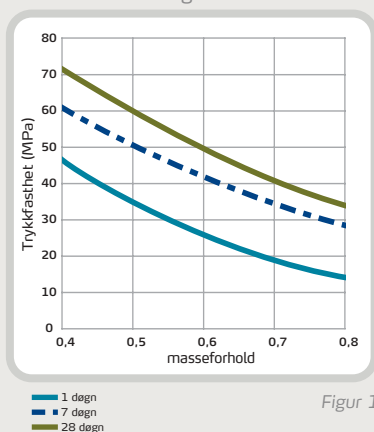
PRODUKTINFORMASJON

Industrisement





Fasthetsutvikling

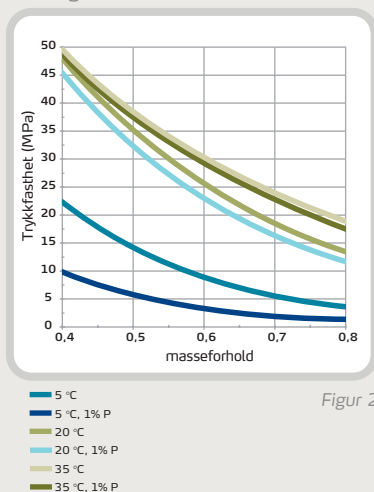


Figur 1

Fasthetsutvikling

Fasthetsutvikling er en sentral egenskap for planlegging, styring og utførelse av alle betongarbeider. Fasthetsutviklingen er avhengig av sementtype, masseforhold, herdeforhold (temperatur, tid og fuktighet) og eventuell bruk av tilsetningsmaterialer eller -stoffer. I figur 1 er vist trykkfasthetsutviklingen som funksjon av masseforhold og alder ved 20°C vannlagring for betong med Industrisement.

Tidligfasthet



Figur 2

Tidligfasthet

Tidligfastheten i betong er meget avhengig av temperatur og eventuell dosering av tilsetningsstoff med retarderende effekt. I figur 2 er vist trykkfasthet i betong etter 1 døgn med forskjellig masseforhold med og uten 1% plastiserende tilsetningsstoff (P-stoff) med Norcem Industrisement. Prøvene er lagret ved 95% luftfuktighet ved varierende temperatur.

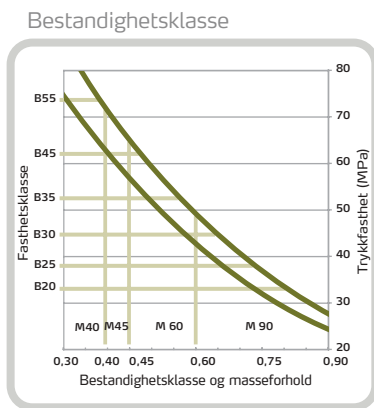
Fasthetsklasse – masseforhold

Med normal, god styring av betongproduksjonen er det behov for en overhøyde på ca. 7 MPa ved de ulike fasthetsklassene for å produsere med tilstrekkelig sikkerhet mot undermålere. Industrisement gir følgende retningsgivende verdier for største masseforhold i ulike fasthetsklasser for betong uten luftinnføring, se tabell 1.

Fasthetsklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55
Største masseforhold	0,82	0,75	0,66	0,57	0,48	0,38

Tabell 1

Norcem Industrisement er en spesialsement tilpasset norsk byggepraksis ved vinterarbeid. Sementen gjør det mulig å gjennomføre støpearbeid vinterstid i Norge på en rasjonell og økonomisk måte. Med sin raske fasthetsutvikling er den i tillegg velegnet for bruk ved produksjon av betongelementer og betongvarer.



Figur 3

Bestandighetsklasse

NS-EN 206-1 klassifiserer betongens miljøpåvirkninger bl.a. i eksponeringsklasser. I nasjonalt tillegg til denne standarden er de ulike eksponeringsklassene gruppert i seks bestandighetsklasser med krav til betongens maksimale masseforhold (se tabell 3). Tabell 2 viser anbefalte kombinasjoner av bestandighets- og fasthetsklasser. Retningsgivende verdier for største masseforhold i de ulike fasthetsklassene er gitt i tabell 1. I figur 3 er vist sammenhengen mellom bestandighetsklasse og fasthetsklasse, i et variasjonsbelte forårsaket av ulike produksjonsforutsetninger. Figuren gjelder for betong med Industrisement uten luftinnføring.

Anbefalte kombinasjoner

Bestandighetsklasse M90	Fasthetsklasse B20 eller høyere
Bestandighetsklasse M60	Fasthetsklasse B30 eller høyere
Bestandighetsklasse M45	Fasthetsklasse B35 eller høyere
Bestandighetsklasse M40	Fasthetsklasse B45 eller høyere

Tabell 2

Valg av bestandighetsklasse (nasjonale krav)

Eksponeringsklasse	M90	M60	M45	MF45*	M40	MF40*
X0	▪	▪	▪	▪	▪	▪
XCI, XC2, XC3, XC4, XF1		▪	▪	▪	▪	▪
XD1, XS1, XA1, XA2, XA4			▪	▪	▪	▪
XF2, XF3, XF4				▪		▪
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3					▪	▪
XSA	Betongsammensetning og beskyttelsestiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstille kravene til M40.					
Største masseforhold $v/(c+\Sigma kp)$	0,90	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40

*Minst 4% luft

Tabell 3

Tekniske data

Norcem Industrisement tilfredsstillter kravene til Portlandsement
EN 197-1-CEM I 42,5 R og NS 3086-CEM I-42,5 RR

Kjemiske data

Egenskap	Typiske data	Krav ifølge NS-EN 197-1 og NS 3086
Finhet (Blaine)	550 m ² /kg	
Trikalsiumaluminat C ₃ A	7,8%	
Alkali (ekv Na ₂ O)	1,20%	
Mineralske tilsetninger	4%	= 5%
Glødetap	2,5%	= 5%
Uløselig rest	1%	= 5%
Sulfat (SO ₃)	3,7%	= 4%
Klorid	<0,08%	= 0,1%
Vannløselig Cr ⁶⁺	< 2ppm	= 2 ppm
Spesifikk vekt	3,12 kg/dm ³	

Fysikalske data

Egenskap	Typiske data	Krav ifølge NS-EN 197-1 og NS 3086*
Trykkfasthet 1 døgn	35 MPa	= 20 MPa
Trykkfasthet 2 døgn	42 MPa	= 30 MPa
Trykkfasthet 7 døgn	49 MPa	
Trykkfasthet 28 døgn	57 MPa	= 42,5MPa = 62,5MPa
Begynnende bindetid	100 min	= 60 min
Ekspansjon	1 mm	= 10 mm

*Karakteristiske verdier



Standardsement FA

Tekniske data

Norcem Standardsement FA tilfredsstiller kravene til Portlandflygeaskesement EN 197-1 -CEM III/A-V 42,5 R

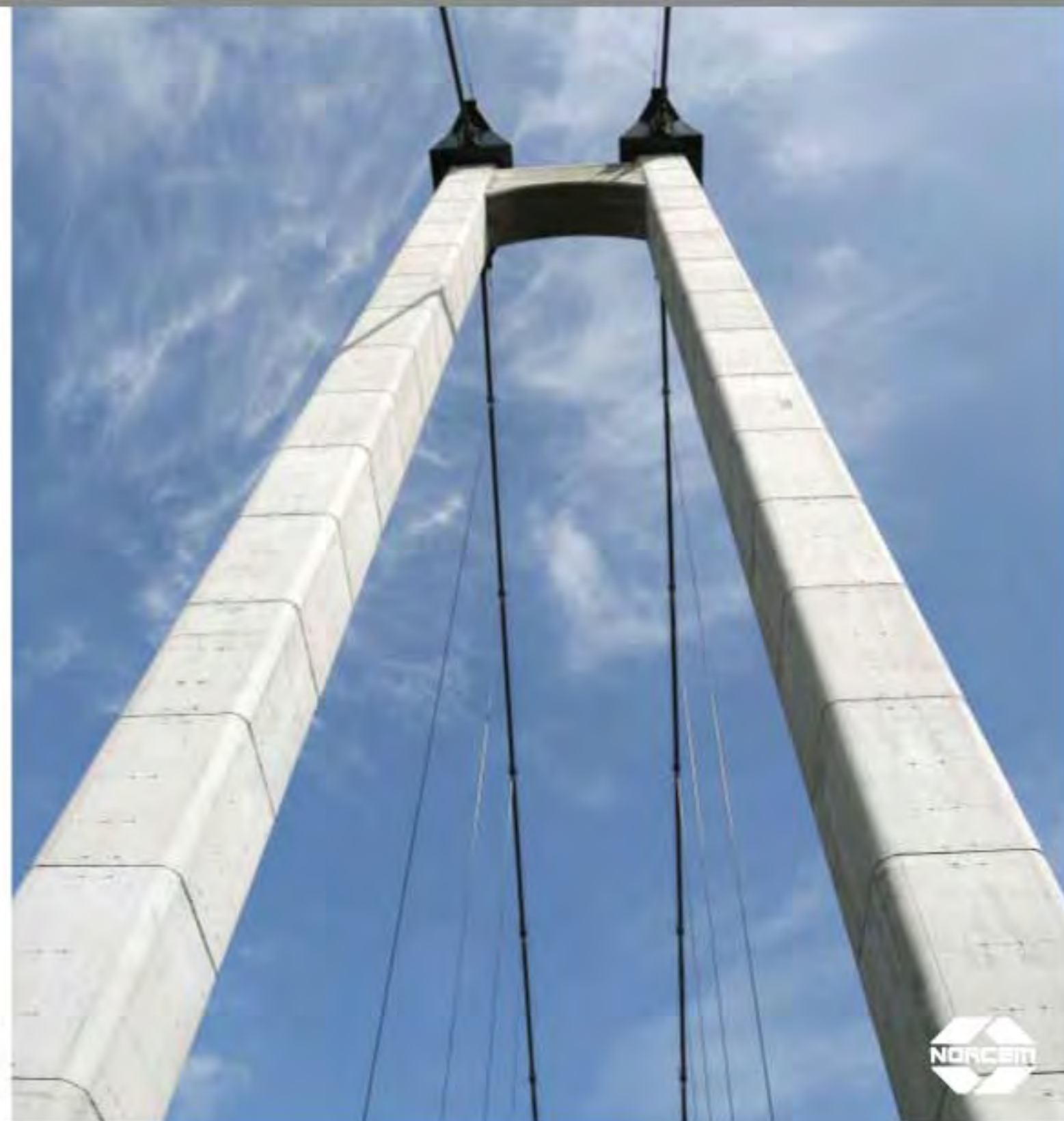
Kjemiske data

Egenskap	Typiske data	Krav ifølge NS-EN 197-1
Finhet (Blaine)	450 m ² /kg	
Alkali (relv Na ₂ O)	1,3 %	
Flygeaskeinnhold	20,0%	6-20%
Glødetap	1,5%	-
Sulfat (SO ₃)	3,0%	≤ 4,0%
Klorid	< 0,07%	≤ 0,1%
Vannløselig Cr ⁶⁺	< 2 ppm	≤ 2 ppm
Spesifikk vekt	2,95 kg/dm ³	

Fysikalske data

Egenskap	Typiske data	Krav ifølge NS-EN 197-1*
Trykklasthet 1 døgn	22 MPa	
Trykklasthet 2 døgn	31 MPa	≥ 20 MPa
Trykklasthet 7 døgn	41 MPa	
Trykklasthet 28 døgn	52 MPa	≥ 42,5 MPa ≤ 62,5 MPa
Begynnende bindetid	130 min	≥ 60 min
Ekspansjon	1 mm	≤ 10 mm

*Karakteristiske verdier



Typiske egenskabsværdier for *AALBORG WHITE*®

1. halvår 2005

AALBORG WHITE® cement er certificeret hos Dancert med EC certifikat nr. 1073-CPD-06209 og Dancert certifikat nr. B06209 der til sammen giver cementbetegnelsen CEM I 52,5 R (HS/EA/≤2). CE-mærket er angivet på den tilhørende deklaration.

Fysiske egenskaber

Trykstyrke (EN 196-1)

1 døgn	MPa	20
2 døgn	MPa	39
7 døgn	MPa	62
28 døgn	MPa	76

Begyndende afbinding	min	100
----------------------	-----	-----

Ekspansion	mm	1
------------	----	---

Finhed (Blaine)	m ² /kg	395
-----------------	--------------------	-----

Refleksion, (DIN 5033)	%	87
------------------------	---	----

Absolut densitet	kg/m ³	3150
------------------	-------------------	------

Bulkdensitet	kg/m ³	1100
--------------	-------------------	------

Bogue-sammensætning for klinker

C ₃ S	%	65
C ₂ S	%	21
C ₃ A	%	5
C ₄ AF	%	1

Sekundære komponenter

SO ₃	%	2,1
MgO	%	0,6
Ækv. Na ₂ O	%	0,2
Cl ⁻	%	0,01
Glødetab	%	0,5
Uopløselig rest	%	0,1
Vandopløseligt Cr ⁺⁶	mg/kg	≤ 2

Elkem Microsilica®

CONCRETE

Grade 920 for construction

C2-01
Product

General

Elkem Microsilica® Grade 920 is dry silica fume available in two main forms:

- **Undensified - 920 U**, with a typical bulk density of 200 - 350 kg/m³
- **Densified - 920 D**, with a typical bulk density of 500 - 700 kg/m³

Packaging

The products are supplied in a range of packaging:

- 25 kg paper bags
- Big bags in a variety of designs and sizes depending on product and production plant.
- Bulk in road tanker

Special packaging can be supplied on request.

Quality Control

Elkem Materials is certified according to ISO 9001.

The chemical composition and physical properties are regularly tested in accordance with international standards.

Conformance to Standards

Elkem Microsilica® Grade 920 conforms to the mandatory requirements of the relevant standards from :

- **American Society for Testing and Materials**
- **European Committee for Standardisation**

Mandatory chemical and physical requirements	ASTM C1240 - 03		EN 13263 : 2005	
	Spec.	Frequency	Spec.	Frequency
SiO ₂ (%)	> 85,0	400 MT	> 85	weekly
SO ₃ (%)			< 2,0	weekly
Cl (%)			< 0,3	weekly
Free CaO (%)			< 1,0	weekly
Free Si (%)			< 0,4	monthly
Alkalies (as equivalent Na ₂ O, %)	Report	400 MT		
Moisture (%)	< 3,0	400 MT		
Loss on Ignition, LOI (%)	< 6,0	400 MT	< 4,0	weekly
Specific surface (BET - m ² /gram)	> 15	3200 MT/3 months	> 15 & <35	monthly
Bulk density (kg/m ³)	Report	400 MT		
Pozz. Activity Index (%) - 7 days accelerated curing	> 105	3200 MT/3 months		
Pozz. Activity Index (%) - 28 days normal curing			> 100	monthly
Retained on 45 micron sieve (%)	< 10	400 MT		
Variation from avg. retained on 45 micron (%-points)	< 5	avg. of last 10 tests		
Density (kg/m ³)	Report	400 MT		

The information given on this datasheet is accurate to the best knowledge of Elkem Materials. The information is offered without guarantee, and Elkem Materials accepts no liability for any direct or indirect damage from its use. The information is subject to change without notice. For latest update or further information or assistance, please contact your local representative, the Internet address or the e-mail address given on this datasheet.

CONCRETE

PRODUCT

NOVEMBER 2005

C2-01

Elkem Microsilica® is a registered trademark and belongs to Elkem ASA Materials

Contact/representative:



Internet: www.concrete.elkem.com
e-mail: microsilica.materials@elkem.no

PRODUCT SPECIFICATION OF FILTRALITE[®]

Filter media

FILTRALITE[®] NR 2-4 mm

Commercial name	FILTRALITE [®] NR 2-4 mm
Density	Bulk density: 360 kg/m ³ particle density: 650 kg/m ³
Type of material	Expanded clay
Appearance	Round particles, smooth surface with micropores
Manufactured by	Optiroc Rælingen /Optiroc Borge, Norway

Size and weight	Value	Deviation	Comments
Effective size	2,2 mm	± 0,4 mm	d ₁₀
Particle size range	2-4 mm	< 1,8 mm max. 10 % > 4,0 mm max. 10 %	
Coefficient of uniformity	< 1,7		d ₆₀ / d ₁₀
Bulk density, dry	360 kg/m ³	± 50 kg/m ³	EN 1097-3
Particle density, dry (PDD)	650 kg/m ³	± 100 kg/m ³	Exclay Norm

Other properties	Value	Comments
Floating particles, 2 days	90 %	Approximately volume floating particles after 2 days in water.
Floating particles, 28 days	85 %	Approx. volume floating particles after 28 days in water
Floating particles, 2 years	15 – 20 %	Approx. volume floating particles after 2 years in water
Particle porosity	76 %	Porosity internal particle: (1-PDD/2700 kg/m ³)*100%
Voids	45 %	EN 1097-3
Water adsorption 1 day	15 %	Approximately value. Exclay Norm
Water adsorption 1 month	40 %	Approximately value. Exclay Norm
Water adsorption 1 year	85 %	Approximately value. Exclay Norm
Water adsorption 2 years	95 %	Approximately value. Exclay Norm

Chemical composition, average values:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	C _{tot}
62%	18%	7%	4%	3%	3%	2%	0,02%

Optiroc Group AB
P.O. Box 216 Alnabru
0614 Oslo, Norway

Further information:
www.filtralite.com
E-mail: info@filtralite.com

Telephone:
+47 22 88 77 00
Telefax:
+47 22 64 54 54




PRODUCT SPECIFICATION OF FILTRALITE®

Filter media

FILTRALITE® NC 4-10

Commercial name	FILTRALITE® NC 4-10 mm
Density	Bulk density: 260 kg/m ³ particle density: 550 kg/m ³
Type of material	Expanded clay
Appearance	Crushed particles, porous surface structure
Manufactured by	Optiroc Borge, Norway

Size and weight	Value	Deviation	Comments
Particle size range	4-10 mm	< 4,0 mm max. 15 % > 10,0 mm max. 15 %	
Coefficient of uniformity	< 2,5		d ₆₀ / d ₁₀
Bulk density, dry	260 kg/m ³	± 40 kg/m ³	EN 1097-3
Particle density, dry (PDD)	550 kg/m ³	± 100 kg/m ³	Exclay Norm

Other properties	Value	Comments
Floating particles	>90	Approximately volume floating particles after 2 days in water.
Particle porosity	80 %	Porosity internal particle: (1-PDD/2700 kg/m ³)*100
Voids	53 %	EN 1097-3
Water adsorption 24 hours	25 %	Approximately value. Exclay Norm
Water adsorption 28 days	40 %	Approximately value. Exclay Norm
Water adsorption 1 year	60 %	Approximately value. Exclay Norm

Chemical composition, average values:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	C _{tot}
64 %	17 %	7 %	4 %	3 %	2 %	2 %	0,02%

Optiroc Group AB
P.O. Box 216 Alnabru
0614 Oslo, Norway

Further information:
www.filtralite.com
E-mail: info@filtralite.com

Telephone:
+47 22 88 77 00
Telefax:
+47 22 64 54 54




DEKLARASJONSBLAD FOR GROVT TILSLAG

Produkt: **0/8 mm**
PRODUKTEGENSKAPER

Gradering: **GNG90**
DEKLARERT VERDI

Klasse: **P**
TILLATT VARIASJON/KRAV

Kornfordeling:		
- prosentandel > 0,063 mm	97,0 %	96,0 – 100 %
- prosentandel > 0,125 mm	93,0 %	91,0 – 97,0 %
- prosentandel > 0,250 mm	86,0 %	80,0 – 89,0 %
- prosentandel > 1,0 mm	50,0 %	41,0 – 53,0 %
- prosentandel > 2,0 mm	30,0 %	16,0 – 33,0 %
- prosentandel > 8,0 mm	2,0 %	1,0 – 8,0 %
- prosentandel > 11,2 mm	0,0 %	0,0 – 2,0 %
Korndensitet	2,661 Mg/m ³	2,641- 2,6861Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,4 %	0,2 – 0,6 %
Renhet		
- Finstoffinnhold	3,0 %	≤ 10
- Finstoffkvalitet	Ikke skadelig D d)	-
Motstand mot frysing/ tining	Frostbestandig ihht. F.2.2,F.2.3	-
Kjemisk sammensetning		
- Klorider	<0,000 % CI	< 0,005 % CI
- Syreløslige sulfater	< 0,005 %	≤ 0,2
- Totalt innhold av svovel	<0,02 % S	≤ 1% S
- Kismineraler	0,05 %	≤ 0,1 %
- Bestandeler som endrer størknings- og herdingstiden av betong	Lysere enn standardfarge	-
Alkaliaktivitet	1 %	Tilslaget skal dokumenteres
Farlige stoffer	Ingen kjente	-

Godkjent/Sertifisert i klasse P av



 - Dato

 Signatur

SAMSVARSERKLÆRING



4110 FORSAND

TLF 51 70 06 70 FAKS 51 70 06 71

Erklærer at følgende produkt:

tilslag til betong NS-EN 12620, er produsert i samsvar med Anneks ZA og nasjonalt tillegg NA-Tabell NA.1 til nevnte standard.

PRODUKTINFORMASJON

Tilslagsstørrelse	0/8
Gradering	GNG 90
Formen på grovt tilslag <ul style="list-style-type: none">• Flisighetsindeks	FIK
Korndensitet	2,66 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,4 %
Renhet <ul style="list-style-type: none">• Finstoffinnhold• Finstoffkvalitet• Skjellinnhold	F ₁₀ Ikke skadelig D d) SCIK
Motstand mot frysing / tining	Frostbestandig ihht F.2.2, F.2.3
Kjemisk sammensetning <ul style="list-style-type: none">• Klorider• Syreløselige sulfater• Totalt innhold av svovel<ul style="list-style-type: none">- Magnetkis• Bestanddeler som endrer størknings- og herdningstiden av betong	0,000 % AS _{0,2} < 0,02 % S 0,05 % Lysere enn standardfarge
Alkalireaktivitet	1 %
Farlige stoffer	Ingen kjente

PRODUKSJONSKONTROLLSERTIFIKAT NUMMER: 1111-CPD-0017

FORSAND, 2004.08.20

KS ansvarlig

BRUKSOMRÅDER

Mapeair 25 er et luftporedannende tilsetningsstoff som benyttes til å øke frostbestandigheten til betong og mørtel. **Mapeair 25** virker også støpelighetsforbedrende og reduserer separasjonsfaren for betong. Produktet benyttes som regel i kombinasjon med Rescon Mapeis plastiserende eller superplastiserende tilsetningsstoffer. **Mapeair 25** er formulert på basis av syntetiske tensider og talloljederivater.

EGENSKAPER

Betong inneholder alltid noe luft (1-3%). For å oppnå det kravet som vanligvis stilles, 4 - 6% luft i den ferske betongen, tilsettes **Mapeair 25**, som gir mindre, bedre og fint fordelte porer, noe som øker betongens bestandighet mot frysetinepåkjenninger.

Mapeair 25 har den egenskap at den under blandingen omdanner den innpiskede luften til små, jevnt fordelte luftporer. Målt luftporevolum og avstandsfaktor i herdet betong for **Mapeair 25** er vist under tekniske spesifikasjoner. Disse porene gir også betongen en bedret støpelighet og noe redusert vannbehov. Øket luftinnhold medfører generelt en reduksjon i trykkfastheten. En tommelfingerregel er at 1% luft reduserer trykkfastheten med 5%. Dette kompenseres delvis med betongens reduserte vannbehov og ved tilsetning av plastiserende og/eller superplastiserende tilsetningsstoff. **Mapeair 25** vil i tillegg forbedre transportstabiliteten ved å redusere separasjonsfaren for betong med lite finstoff og aktivt motvirke "bleeding" (vanntransport opp til overflaten av den ferske betongen).

UTFØRELSE

Mapeair 25 leveres ferdig til bruk og skal tilsettes direkte i blanderen. For å oppnå jevn luftinnføring fra blanding til blanding er det viktig at **Mapeair 25** tilsettes på samme tid hver gang.

Doseringen for å oppnå ønsket luftinnhold varierer med tilslag, sementtype og mengde. Andre tilsetningsstoffer kan også ha innvirkning. Det er viktig at tilsetning av **Mapeair 25** bestemmes ut fra prøveblandinger og at luftinnholdet i den ferske betongen kontrolleres jevnlig.

DOSERING

0,05 - 0,5 liter **Mapeair 25** pr. m³ betong. Siden doseringsmengden for **Mapeair 25** normalt er liten, vil en uttynning med vann være en fordel. Bruk 1 del **Mapeair 25** til 9 eller 19 deler vann. Slik kan en oppnå sikrere dosering. Produktet lar seg lett blande med vann. Sørg likevel for omrøring før bruk for å sikre et homogent produkt.

EMBALLASJE

Mapeair 25 leveres i 25 liters kanner og i 200 liters fat. Kan også leveres i 1000 liters containere. Produktet må oppbevares frostfritt, og er holdbart i ett år i lukket emballasje.

VÆR OPPMERKSOM PÅ

Variasjoner i de øvrige delmaterialene i betongen kan sterkt påvirke dannelsen av luftporer i betong. I noen tilfeller kan også transportlengde og transportutstyr gi variasjoner i luftmengde. Dersom blandetiden har vært for kort, vil en kunne oppleve at den totale målte luftmengde øker fra produksjon til levering, mens det i de fleste tilfeller registreres en reduksjon i luftmengde. Som regel betyr denne reduksjonen ikke annet enn at større, uønskede luftbobler slipper ut. Betongprodusenten må derfor opparbeide egne erfaringstall med sine aktuelle delmaterialer.

VERNETILTAK

For helse-, miljø- og sikkerhetsinformasjon, se eget HMS-datablad. HMS-databladene finnes på www.resconmapei.com

**N.B! BØR UTFØRES
AV FAGFOLK**



Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All ovenstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering.

Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse.

Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Alle leveranser fra Rescon Mapei AS skjer i henhold til de til enhver tid gjeldende salgs- og leveringsbetingelser, som anses akseptert ved bestilling

TEKNISKE SPESIFIKASJONER

Mapeair 25 er godkjent som luft innførende tilsetningsstoff etter NS-EN 934-2 ved Vattenfall Utveckling.
Certification number: 02504

Produktspesifikasjoner:

Form:	Væske
Farge:	Lys gulbrun
Viskositet:	Lettflytende; < 10mPa · S
Tørrestoffinnhold, %:	4,0 ± 0,4
Spesifikk vekt, g/cm ³ :	1,00 ± 0,02
pH-verdi:	9 ± 1
Kloridinnhold, %:	≤ 0,01
Alkali-innhold (Na ₂ O-ekvivalent), %:	≤ 0,5

Bruksegenskaper i betong:

Luftporevolum i betongmasse (0,07% av sementvekt):	5,8% (referanse:1,5%)
Avstandsfaktor, målt i herdnet betong, mm:	0,10 (krav < 0,200 mm)
Spesifikk overflate (mm ² /mm ³):	35 (bør overstige 25)
Frostbestandighet, avskalling, kg/m ² :	0,10 (krav < 0,5 kg/m ²)

Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



Mapeplast LWA

Stabiliserende tilsetningsstoff for lette tilslag

BRUKSOMRÅDE

Mapeplast LWA er et stabiliserende og støpelighetsforbedrende tilsetningsstoff for betong med lette tilslag (lettbetong). Produktet er basert på cellulosederivater.

EGENSKAPER

Mapeplast LWA stabiliserer lettbetongen og hindrer vannoppsug i det lette tilslaget. Betongen beholder støpeligheten over lengre tid, og kan pumpes selv med svært lav egenvekt (ned i området 1000 – 1200 kg/m³).

UTFØRELSE

Mapeplast LWA leveres i poser som tilsettes blanderen sammen med tilslaget før blandedvannet går inn.

DOSERING

Mapeplast LWA doseres fra 1 – 3 poser á 1,7 kg pr. m³ lettbetong. Doseringsbehovet øker med synkende tilslagsdensitet.

EMBALLASJE

Mapeplast LWA leveres i 1,7 kg poser. Produktet er holdbart i minst ett år om det lagres tørt, i lukket emballasje.

VERNETILTAK

For helse-, miljø- og sikkerhetsinformasjon - se eget HMS-datablad. HMS-databladene finnes på www.resconmapei.com.

MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produktbeskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring på produktene.

All ovenstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering.

Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt, eller ved feilaktig utførelse.

Alle leveranser fra Rescon Mapei AS skjer i henhold til de til enhver tid gjeldende salgs- og leveringsbetingelser som anses akseptert ved bestilling.

TEKNISKE SPESIFIKASJONER

Produktspesifikasjoner:

Form:	Pulver
Farge:	Lysegrått



Mapepump Oil

Viskositetsøkende og stabiliserende tilsetningsstoff

BRUKSOMRÅDE

Mapepump Oil er et smørende og stabiliserende tilsetningsstoff.

Mapepump Oil kan anvendes for å gjøre betong lettere å pumpe, stabilisere lett-betong og betong med lite fillertilslag.

EGENSKAPER

Tilsetning av **Mapepump Oil** vil gi betong og sprøytebetong forbedrede egenskaper:

- bedre pumpbarhet
- mindre prelltap ved sprøyting
- mindre slitasje på pumper
- bedre stabilitet
- bedret komprimeringsevne
- redusert bleeding
- øket bearbeidelighet
- redusert svinn.

Tilsetning av **Mapepump Oil** virker smørende på betongen, øker betongens viskositet og nedsetter friksjonen mellom pumperør og betong.

Resultatet er at det kan arbeides med redusert pumpetrykk. Dette gir mindre slitasje på pumpeutstyret og sikrere og raskere utstøping .

Ved bruk av **Mapepump Oil** blir betong med lavt fillerinnhold pumpbar.

Mapepump Oil gjør det mulig å pumpe betong med stiv konsistens.

Mapepump Oil påvirker ikke betongens trykkfasthet eller avbindingstid ved normal dosering.

Mapepump Oil endrer ikke betongens luftinnhold, men kan gi mer stabile luftporer ved produksjon av frostbestandig betong.

DOSERING

Normal dosering av **Mapepump Oil** er fra 0,5 til 3,0 liter pr. m³ betong.

Mapepump Oil tilsettes etter vann og andre tilsetningsstoffer.

Mapepump Oil kan også tilsettes direkte i automixer på byggeplass. Betongen må da blandes minst 1 minutt pr. m³, minimum 5 minutter.

VÆR OPPMERKSOM PÅ

Mapepump Oil kan benyttes i kombinasjon med andre Rescon Mapei tilsetningsstoffer, unntatt **Mapefluid 400N**.

EMBALLASJE

Mapepump Oil leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liters plastcontainere og i bulk. Produktet må oppbevares frostfritt, og er holdbart i minst ett år i lukket emballasje.

VERNETILTAK

For helse-, miljø- og sikkerhetsinformasjon - se eget HMS-datablad. HMS-databladene finnes på www.resconmapei.com.



Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produkt beskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene.

All ovenstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering.

Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt, eller ved feilaktig utførelse.

Alle leveranser fra Rescon Mapei AS skjer i henhold til de til enhver tid gjeldende salgs- og leveringsbetingelser som anses akseptert ved bestilling.

TEKNISKE SPESIFIKASJONER**Produktspesifikasjoner:**

Form:	Væske
Farge:	Gulaktig klar
Viskositet:	Lettflytende
Tørrestoffinnhold, %:	0,9 ± 0,1
Spesifikk vekt, g/cm ³ :	1,00 ± 0,02
pH-verdi:	8,5 ± 1
Kloridinnhold, %:	≤ 0,01
Alkaliinnhold (Na ₂ O-ekvivalent),%:	≤ 0,1

Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



Superplastiserende tilsetningsstoff

BRUKSOMRÅDE

Mapefluid® RN-15 er et svært effektivt superplastiserende tilsetningsstoff som er basert på akrylpolymerer. Produktet er helt fritt for formaldehyd.

Mapefluid® RN-15 er anvendelig i all betong for å øke støpeligheten og/eller redusere tilsatt vannmengde. Noen spesielle bruksområder er:

- Vann tett betong med krav til høy eller svært høy fasthet og med strenge krav til bestandighet i aggressive miljøer.
- Forspente betongelementer med akselerert herdning.
- Selvkomprimerende betong med krav til lengre åpentid, spesielt ved lengre transporter eller varmt vær.
- **Mapefluid® RN-15** kan brukes til gulvbetong for å gi bedret støpelighet. Store doseringer kan retardere betongen noe.
- **Mapefluid® RN-15** egner seg utmerket til produksjon av frostbestandig betong.

Mapefluid® RN-15 skiller seg fra tradisjonelle melamin- og naftalenbaserte tilsetningsstoffer blant annet gjennom at man trenger vesentlig lavere dosering for å oppnå samme effekt. Tilsetningstidspunktet er mindre viktig. I og med at betong tilsatt **Mapefluid® RN-15** har lengre åpentid og mindre slumtpant enn tradisjonelle superplastiserende tilsetningsstoffer, vil betongen kunne gjøres ferdig på betongstasjonen og "oppfrisking" med SP-stoffer på byggeplass er mindre aktuelt. Det er likevel ikke noe problem å etterdosere stoffet direkte i automikser. Generelt trengs noe lengre blandetid for de nye polymerene enn for tradisjonelle stoffer.

EGENSKAPER

Mapefluid® RN-15 er en formaldehydfri

vannløsning av aktive polymerer som effektivt løser opp sementklaser. Denne dispergeringseffekten kan utnyttes prinsipielt på tre måter:

1. for å redusere mengden blande vann, men samtidig beholde betongens støpelighet derigjennom økes betongens styrke, tetthet og bestandighet (lavere masseforhold).
2. for å forbedre støpeligheten sammenlignet med vanlig betong som ellers har gode egenskaper (styrke, vann tetthet, bestandighet), men som er vanskelig å støpe ut (samme masse forhold).
3. for å redusere både vann og sementmengde slik at masseforholdet (forholdet vann og samlet bindemiddelmengde) blir det samme.

Dermed kan fremdeles betongens iboende gode egenskaper (styrke, tetthet, bestandighet) oppnås. Gevinsten er mangesidig: reduserte kostnader (mindre sement), redusert svinnpotensial (mindre vann), mindre fare for temperaturspenninger gjennom lavere varmeutvikling under hydratiseringen (mindre sement).

Spesielt er denne siste metoden å anbefale ved betonger med store sementmengder ($> 350 \text{ kg/m}^3$).

VÆR OPPMERKSOM PÅ

Mapefluid® RN-15 lar seg kombinere med andre tilsetningsstoffer, f.eks. størknings- eller herdningsakselererende tilsetningsstoffer. Virkningen av andre vannreducerende tilsetningsstoffer reduseres når **Mapefluid® RN-15** anvendes. Det er derfor ikke vanlig eller nødvendig å bruke andre plastiserende eller høyplastiserende stoffer når man anvender **Mapefluid® RN-15**.

EMBALLASJE

Mapefluid® RN-15 leveres i 25 liters kanner, 200 liters fat, 1000 liters containere og i bulk. Produktet må oppbevares frostfritt, og er holdbart i minst ett år i lukket emballasje.

VERNETILTAK

For helse-, miljø- og sikkerhetsinformasjon - se eget HMS-datablad. HMS-databladene finnes på www.resconmapei.com.



Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



DOSERING

Mapefluid® RN-15s egenskaper kan tilpasses for å oppnå nødvendig resultat (økt styrke, forbedret bearbeidelighet, redusert sementmengde) gjennom å variere doseringen mellom 0,3 og 2,0% av sementvekten. Ved økt dosering økes også den åpne tiden (tiden betongen lar seg bearbeide), og avbindingstiden. Større doseringsmengder og lave betongtemperaturer gir en retardert betong. Vi anbefaler alltid prøvestøper med aktuelle parametere. Til forskjell fra konvensjonelle melamin- eller naftalenbaserte tilsetningsstoffer der virkningen av stoffene er bedre jo senere de tilsettes, utvikler **Mapefluid® RN-15** maksimal effekt uansett tidspunkt stoffet tilsettes (sammen eller etter at blandevannet er tilsatt). **Mapefluid® RN-15** kan også tilsettes direkte i automikser på bygg- eller anleggsplass. Betongen bør da blandes i min. 5 minutter, pluss 1 minutt pr. m³.

MERK

De tekniske anbefalinger og detaljer som fremkommer i denne produkt beskrivelse representerer vår nåværende kunnskap og erfaring om produktene. All ovenstående informasjon må likevel betraktes som retningsgivende og gjenstand for vurdering. Enhver som benytter produktet må på forhånd forsikre seg om at produktet er egnet for tilsiktet anvendelse. Brukeren står selv ansvarlig dersom produktet blir benyttet til andre formål enn anbefalt eller ved feilaktig utførelse.

Alle leveranser fra Rescon Mapei AS skjer i henhold til de til enhver tid gjeldende salgs- og leveringsbetingelser som anses akseptert ved bestilling.

TEKNISKE SPESIFIKASJONER		
Produktspesifikasjoner:		
<i>Form:</i>	Væske	
<i>Farge:</i>	Gulaktig	
<i>Viskositet:</i>	Lettflytende; < 20 mPa · S	
<i>Tørrestoffinnhold, %:</i>	18,0 ± 1,0	
<i>Tyngdetetthet, g/cm³:</i>	1,05 ± 0,02	
<i>pH-verdi:</i>	7 ± 1	
<i>Kloridinnhold, %:</i>	≤ 0,01	
<i>Alkaliinnhold (Na₂O-ekvivalent), %:</i>	≤ 1,5	
BRUKSEGENSKAPER I BETONG		
Som plastiserende/vannreducerende stoff (lik konsistens):		
<i>Sementmengde, kg/m³ (Norcem Standard)</i>	350	350
<i>Tilsetningsmengde (i % av sementvekt):</i>	0	1,0
<i>Masseforhold (v/c-tall)</i>	0,51	0,41
<i>Luftporevolum (i %)</i>	2,5	2,2
<i>Vannreduksjon</i>	-	20
<i>Trykkfasthet (N/mm²)</i>		
<i>etter 1 døgn</i>	19	30
<i>etter 7 døgn</i>	34	47
<i>etter 28 døgn</i>	40	57
Som SP-stoff (slumpforbedrer):		
<i>Sementmengde, kg/m³ (Norcem Standard)</i>	350	350
<i>Tilsetningsmengde (i % av sementvekt):</i>	0	1,0
<i>Masseforhold (v/c-tall)</i>	0,48	0,48
<i>Luftinnhold (i %)</i>	2,1	1,4
Konsistens, mm:		
<i>Synkmål, 5 min</i>	25	210
<i>Synkmål, 30 min</i>	15	180
<i>Synkutbredelse, 5 min</i>	-	450
<i>Synkutbredelse, 30 min</i>	-	360

Produsent:

Rescon Mapei AS
Vallsetvegen 6, 2120 Sagstua, Norway
Tlf: +47 62 97 20 00 Fax: +47 62 97 20 99
post@resconmapei.no
www.resconmapei.com

Rescon Mapei AS
et selskap i



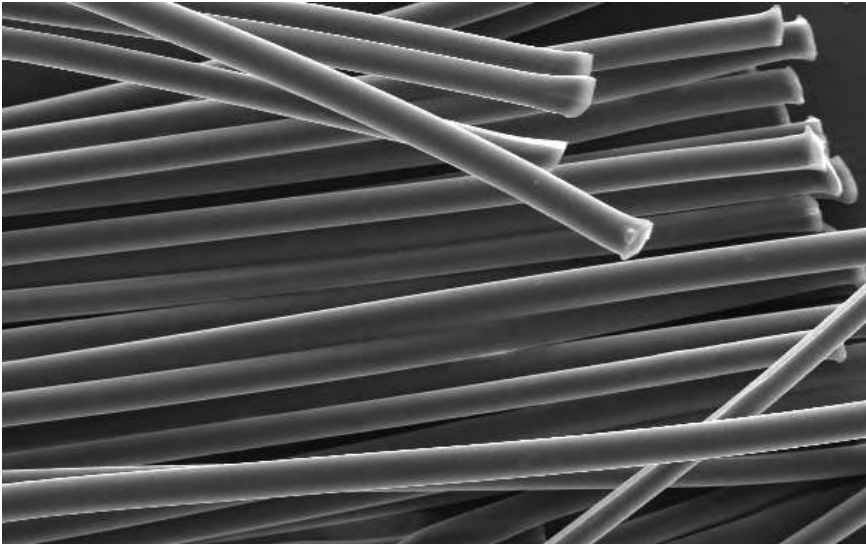
Duomix[®] Fire



**Duomix[®] Fire (M6) polypropylene fibres
to increase fire resistance of concrete**

Duomix® Fire

POLYPROPYLENE FIBRES TO INCREASE FIRE RESISTANCE OF CONCRETE



Duomix® Fire (M6), the mono filament fibre with diameters of less than 20 µm and a length of 6 mm.

Duomix® is a strained, mono filament Polypropylene fibre with round cross section, manufactured in the extruding procedure.

Duomix® polypropylene fibres were developed as additives to cement-bound materials. The aim was to preserve the mixing ratio of concrete but to improve the concrete's characteristics, particularly regarding early shrinkage cracks and the absorption of tensions during the hardening (plastic shrinkage phase) should be improved. The result, Duomix® Fire (M6) leads to a decrease in the formation of shrinkage cracks during the production of the construction units themselves.

Recent research proves that the admixture of Duomix® Fire (M6) polypropylene fibres provides an optimally protecting void structure within the concrete. Their refinement, the extremely high number of items and their high surface area impressively increase the concrete's durability in case of fire.



BEKAERT seeks continual co-operation with leading technologists to ensure workability, in particular to optimize consistency and pumpability of the FRC. Our aim is to further improve the required slump, which can be reached by a balanced concrete prescription and, in addition, by special fibre coatings. This coating reduces the required slump and improves the concrete's workability. The use of dosing equipment, cut to the very conditions of the building site, can be clarified individually.

BEKAERT has the finest fibre

Duomix® Fire

2,3 dtex (2,3 g per 10 km fibre)

App. 725 mio. fibres/kg with an overall surface of 600 m²

Length 6 mm

Diameter nominally 18 µm

Elongation at rupture 15 %

Material: Polypropylene

Density: 0.91 kg/dm³

E-module: 3500-3900 N/mm²

Tensile strength: 300 N/mm²

Melting point: 160 - 165° C

Moisture absorption: 0%

Colour: transparent white

Characteristics

Duomix® polypropylene fibres were developed as an enhancement to the **BEKAERT** range of world renowned steel fibres named Dramix®. Duomix® outperforms the requirements of the current guidelines for fibre-reinforced concrete. Duomix® Fire (M6) has proved suitable with all fire curves.

Duomix® polypropylene fibres do not represent a health risk: The nominal dimension lies far over 3 µm, the size regarded as health-endangering.

Applications

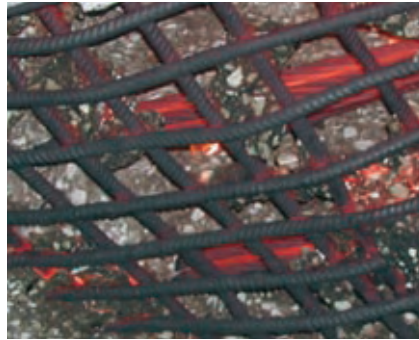
Concrete with Duomix® is used as fibre-reinforced sprayed concrete (FRSpC) or as fibre-reinforced concrete (FRC) poured into a mold.

Packing units: 0.6/0.9 kg water-soluble paper bags in cardboards bundled on pallets, other bundles on request.

Fire-resistant. Sure.

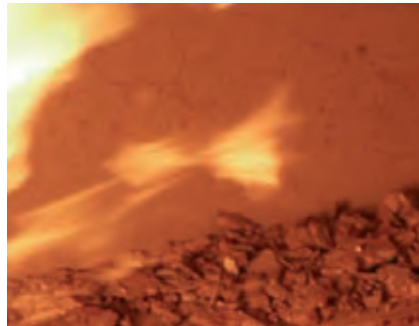
Characteristics and effects of Duomix® Fire (M6)

The impact of fire can inevitably lead to a breakdown of the construction unit caused by huge pieces of concrete spalling. Load-carrying capacity and safety of the structure are lost. The cause: Bound water evaporates, but cannot escape fast enough due to the close concrete structure. The steam pressure inside the concrete increases, and under the rising temperature the outer zones suffer high compression stresses and eventually failure.



WITHOUT Duomix®: Spalling of 25 cm and more - the load-carrying capacity of the unit is not given any longer. **WITH Duomix® Fire (M6):** Spalling of 1 - 2 cm - the reinforcement remains protected.

(Photographs: Road Researchorder No. 3.269 and HL-AG)



DUOMIX® Fire (M6) creates a void structure, as the fibres melt off, so that the vapour can escape before the construction unit fails.

Duomix® Fire (M6) decreases depth and area of spalling in case of fire - practically to zero when compared to fibre-free concrete (infected by fibre dosage, concrete quality and tensile state).

By forming micropores Duomix® lowers the danger of microcracks, which may grow to uncontrollable macrocracks: The reinforcement remains protected even in edges and edge zones.

FRC with Duomix® Fire (M6) minimizes concrete attrition in case of fire, which is limited to a superficial layer of less than 2 cm. Thus Duomix® Fire (M6) ensures that load-carrying capacity and safety of the structure may be retained. Furthermore it can drastically lower the cost of maintenance and re-establishment.

DUOMIX® Fire prevents

- an exposure of the critical reinforcement section.
- reduction of the concrete cross section.
- in many cases even partial spalling.

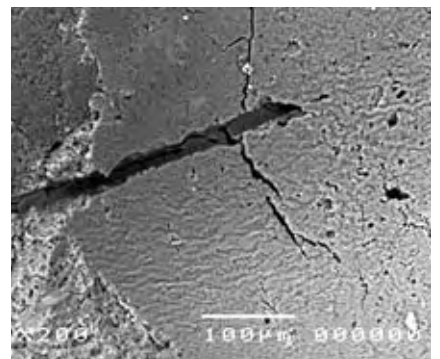
How Duomix® Fire (M6) does this

The control of steam pressure in case of fire unfolds on 3 levels:

- by cross-linking of border zones - enhancement of material transfer and moisture diffusion.
- by micropores formed at the admixed fibres.
- by macropores formed after the fibres melt off.

Particular advantages of the Duomix® Fire (M6) fibres

- They form smaller canals for water diffusion without significantly decreasing the rate of diffusion.
- Due to a higher number of capillary tubes, steam pressure is rapidly compensated, since steam escapes regulated.
- In cross section the large surface of their pores forms optimal diffusion paths.
- They prevent unwanted substance transport in the pores.



Photograph: Road Researchorder No. 3.269 and HL-AG

Already in the preliminary investigations Duomix® Fire (M6) showed impressive results. Therefore in Austria all current research projects will focus further on this fibertype.

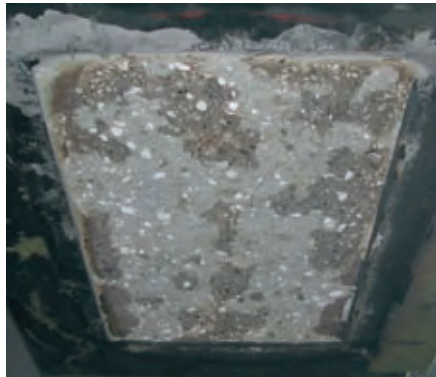
Tested quality

“Fire resistance of fibre-, steel- and prestressed concrete”

Road Researchorder No. 3.269 of the Austrian ministry of logistics, innovation and technology and High Speed Railway organisation (HL-AG):



Fire test with large-scale plates under different stress conditions: WITHOUT Duomix®: The reinforcement lies exposed. WITH Duomix® Fire (M6): Dampness escapes - the sample test specimen stays intact to a large extent.



Photographs: Road Researchorder No. 3.269 and HL-AG

DUOMIX® Fire (M6) is ...

- pumpable, causing no damage to hoses
- easy to work
- distributed throughout the entire concrete matrix
- not visible at the surface
- no risk to health
- 100% alkali-resistant
- chemically inert, compatible and durable
- neither attacked by acids nor by solvents

Concrete prescriptions remain uninfluenced to a very large extent, however, special attention must be paid to the slump. Depending on dosage a loss of slump may be seen, which should be compensated by adding plasticisers.

Despite the loss of slump workability and pumpability of the concrete can be retained. Please contact us!

Fibre performance class BB*

Increase of fire resistance

Spalling in %		
BB-class	Comparable concrete without fibres	Fibre concrete
BB 1G	100 %	< 30 %
BB 2G	100 %	< 2 %

Duomix® Fire (M6) fulfills BB1 and BB2 small samples and BB2G (highest requirement) at large-scale plates (140 x 180 x 30/50 cm) under different compression stresses (0/1.16/6.50/9.00 MPa crosswise, 0.50 MPa lengthwise).

DUOMIX® Fire (M6) ...

- under fire attack forms micro-pores and harmless micro-cracks - the vapour can escape controlled.
- decreases the extent of explosion-like concrete spalling.
- minimizes concrete abrasion down to a maximum depth of app. 2 cm.
- in case of fire the steel reinforcement is protected even in edge zones.
- preserves the ultimate limit state and the serviceability of the construction unit.
- lowers the costs of maintenance and re-establishment to a minimum.

Fibre performance class FS*

Decrease of the formation of early shrinking cracks

Total length of cracks [%]		
FS-class	Comparable concrete without fibres	Fibre concrete
FS 1	100 %	60 %
FS 2	100 %	20 %

Duomix® Fire (M6) fulfills FS2

In normal or high-performance concrete Duomix® causes an evident reduction of early shrinkage cracks. In the early binder phase Duomix® can take up locally arising tensions in the concrete.

* according to Richtlinie Faserbeton (guideline fibre-reinforced concrete) ÖVBB



Duomix® Polypropylene plus Dramix® Steelwire Fibres



FIBREBLEND FOR OPTIMAL FIRE PROTECTION

Fibreblend combines the advantages of Duomix® Fire (M6) polypropylene fibres and Dramix® high tensile steel fibres.

- Duomix® improves the shrinkage behavior in the manufacturing process and ensures serviceability under fire attack.
- Dramix®, in accordance with OEVBB "guideline for fibre-reinforced concrete", works as a statically calculable reinforcement to ensure ultimate limit state performance and serviceability limit state performance.
- Additionally the steel fibres in combination with polypropylene fibres obstruct temperature penetration under fire.
- The use of fibreblend saves working time as well as costs.

Reinforcement and fire protection directly into the mold

Compared to the admixture of 1,5 kg/m. Duomix® Fire (M6) the use of fibreblend (30 kg/m. Dramix® RC 80/60 BN and 1,5 kg/m. Duomix® Fire) significantly reduces temperature penetration.

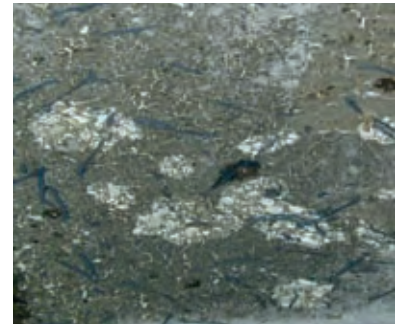
In addition, fibreblend causes a further reduction in the loss of stability under fire: FRC with Dramix® RC 80/60 BN helps to prevent explosive spalling of concrete in a fire situation.

Thus Dramix® protects intact concrete segments against direct firing. Micropores around the steel fibres allow the reduction of steam pressure in case of fire: Improved filtration by cross-linking of border zones, improves diffusion of water and vapor.

Bekaert Know-how: Leadership and competence in one hand

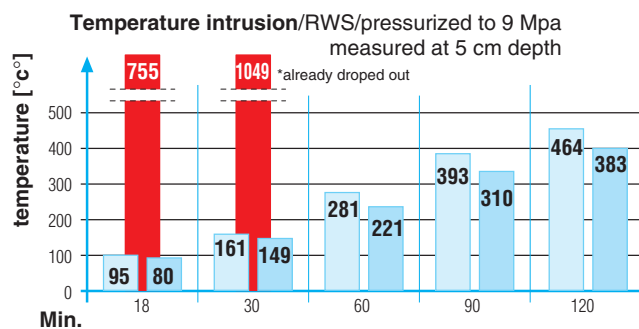
The comprehensive fibre range of **BEKAERT** is the result of intensive research and development, based on the requirements and issues of practical use by industry as well as on innovative deployment. Steel and plastic fibres as well as conventional reinforcing steel are constantly improved, our testing programs seek the optimization of combined applications.

The continuing exchange of experience from our world-wide partnership with universities and research institutes constantly extends **BEKAERT** competence and **BEKAERT** know-how. Our investment in research, development and product innovation make **BEKAERT** a knowledgeable addition to your team.



Economic advantages

The use of composite concrete with Duomix® Fire (M6) and Dramix® results project-related in lower total expenses of installation, a high life span, higher working reliability and reduced costs of restoration after a fire.



Fibre-free concrete
depth of spalling 27 cm
collapse of the component after 18 min.

Fibre concrete
1,5 kg Duomix®
depth of spalling 2 cm

Fibreblend
1,5 kg Duomix®
30 kg Dramix®
depth of spalling 1-2 cm

Technical advantages

Optimized fire resistance: The combination of Duomix® Fire (M6) and Dramix® significantly reduces spalling: According to test reports up to 98% and more compared with non-fibrous concrete. Required concrete characteristics, such as compressive strength, water resistance, freeze-thaw resistance remain untouched, post-crack resistance and shear strength are even improved by Dramix®.

APPLICATIONS

Concrete with Duomix® is used as fibre-reinforced sprayed concrete (FRSpC) or as a fibre-reinforced concrete (FRC) poured into a mold. Fibre-reinforced concrete can also offer many benefits to high-performance concrete.

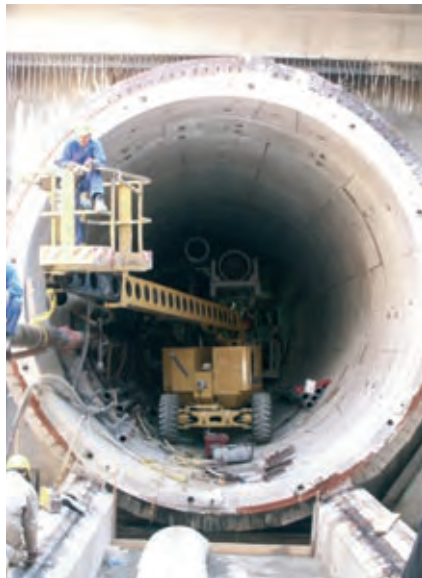
Underground engineering:

In particularly critical situations, such as long tunnel tubes, and in inner city tunnels, where several tubes are crossing, or in underpasses of water-courses etc., as

- inner linings
- cover of traffic routes, built in open method
- segmental linings

Building construction:

- additive to increase fire resistance of bearing items
- spun concrete supports and covers



CONSULTING

BEKAERT - Your partner for all questions on fibre-reinforced concrete.

Whether steel- or PP-fibre, we offer you:

- exchange of experience
- aid in decision making in the tendering process (e.g. dimensioning recommendations for steel fibre concrete)
- supply of documents (references, product specifications, test reports)
- selection of the suitable kind of fibre, length and dosage
- concrete prescriptions
- optimal admixture and dosage in the concrete center (safe & economical)
- processing recommendations
- project support from planning to the site installation



*Modifications reserved.
All details describe our products in general form only. For ordering and design only use official specifications and documents.
© N.V. Bekaert S.A. 2004*

Sweden

Bekaert Svenska AB
Första Långgatan 28B
SE-413 27 Göteborg
Phone +46/31/704 16 40
Fax +46/31/24 24 92..

Slovenia - Croatia

Bekaert
Representative Slovenia
Dobravica 44
SLO-1292 Ig
Phone/Fax: +386 61663 496

Norway

Bekaert Norge A/S
Byggeprodukter
Gauteidveien 94, N-2016 Frogner
Phone: +47 63824808
Fax: +47 63826270

Czech Republic

Bekaert-ZDB
Building Products s.r.o.
Petrovice 595
CZ-735 72 Petrovice u Karvine
Phone: +420/59/63 92 106
Fax: +420/59/63 92 127

Denmark

Bekaert (Denmark) A/S
Algade 26
DK-4000 Roskilde
Phone: +45 46362626
Fax: +45 46365073

Slovakia

Bekaert Petrovice s.r.o.
Prazka 4
SK-040 11 Kosice
Phone/Fax: +421/55/643 53 80

<http://www.bekaert.com>

The Bekaert Group is a world leader in advanced metal transformation and coating technologies.

All Bekaert company names are trademarks owned by Bekaert.

 **BEKAERT**





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