



Statens vegvesen

LETTBETONG TIL TUNNELHVELV

Skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2471



Seksjon for materialteknikk
Dato: 2006-10-09



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2471

Tittel

LETTBETONG TIL TUNNELHVELV Skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Finn Fluge

Dato:

2006-10-09

Saksbehandler

Finn Fluge

Prosjektnr:

601350

Kontrollert av

Kjersti K. Dunham

Antall sider og vedlegg:

22/11

Sammendrag

I 2004 fattet Vegdirektørens ledermøte (VLM) et policyvedtak hvor det fremgår at etaten har til hensikt å avvikle bruken av brennbare isolasjonsmaterialer i forbindelse med vann- og frostsikring av norske vegtunneler.

Som en videreføring av det utviklingsarbeidet som ble gjennomført høsten 2004, i forbindelse med rehabilitering av Væretunnelen på E6 øst for Trondheim, er det utført forsøk med en lettbetong hvor granulert skumglass brukes som lett tilslag. Utviklingsarbeidet er et samarbeid mellom HAS Consult AS, Ølen Betong AS og Statens vegvesen, Teknologiavdelingen.

HASOPOR er et lett skumglassgranulat basert på gjenbruk av glassavfall. Produktet har densitet ca. 200 kg/m³ og lav varmekonduktivitet ca. 0,1 W/(mK). Normal kornstørrelse ligger i området 10 - 60 mm. Som tilslag til lettbetong knuses skumglasset ned og leveres i fraksjonene 0 - 4, 4 - 8 og 8 - 12 mm.

Rapporten behandler reseptutviklingen og konkluderer med at man med HASOPOR som lett tilslag, et sementinnhold på 420 kg/m³ og 5 % silikastøv kan fremstille en skumglassbetong som møter kravene til fasthetsklasse LB 12, densitetsklasse D 1,4 og varmekonduktivitet ca. 0,5 W/(mK).

Lettbetongegenskapene er dokumentert gjennom måling av ferskbetongegenskaper, brannprøving, måling av varmekonduktivitet, fastlegging av motstand mot inntrengning av klorider, måling av fuktegenskaper, densitet og fasthet.

Summary

In 2004 the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) made a policy decision that intended to use fire resistant materials for use as water and frost protection in new road tunnels.

In autumn 2004 the Være tunnel, located on E6 east of Trondheim, was rehabilitated by use of tunnel elements designed in lightweight concrete. On the basis of the experiences developing the lightweight concrete mix, a new project was established in 2005.

The project, a co-operation between HAS Consult AS, Ølen Betong AS and NPRA - Technology Department, has designed a supplementary lightweight concrete on basis of granulated foamed glass, named HASOPOR.

The report deals with the mix designed performed, and confirms that it is possible, by use of HASOPOR, to manufacture a lightweight concrete which meet the requirements to strength class LB 12 (LC15), density class D 1,4 and thermal conductivity 0,5 W/(mK).

The properties of the cellular glass concrete are documented by testing properties of fresh concrete, fire tests, thermal conductivity, test on frost resistance, chloride ingress, degree of saturation, density and strength.

Emneord:

Lettbetong, skumglassbetong, reseptutvikling, betongegenskaper, brannprøving, frostmotstand, kloridinntrengning, kapillær vannmetningsgrad, varmekonduktivitet

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	2
2	RESEPTUTVIKLING	3
2.1	LABORATORIEUNDERSØKELSER UTFØRT VED SINTEF.....	3
2.1.1	<i>Laboratorieundersøkelse av skumglassbetong – del 1</i>	5
2.1.2	<i>Laboratorieundersøkelse skumglassbetong – del 2</i>	7
2.2	RESEPTUTVIKLING AV SKUMGLASSBETONG UTFØRT VED ØLEN BETONG AS.....	8
2.2.1	<i>Referanse Leca-betong</i>	8
2.2.2	<i>Skumglassbetong fremstilt med FA sement</i>	9
2.2.3	<i>Skumglassbetong fremstilt med hvit sement</i>	11
3	BETONGEGENSKAPER	13
3.1	BRANNPRØVING	13
3.1.1	<i>Element av skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber</i>	13
3.1.2	<i>Element av skumglassbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber</i>	14
3.2	FROSTMOTSTAND	15
3.3	KLORIDINNTRENGNING	16
3.4	KAPILLÆR VANNMETNINGSGRAD OG PORØSITET, UTVIDET PF.....	17
3.4.1	<i>Vannmetningsgrad</i>	17
3.4.2	<i>Kapillærabsorpsjon</i>	19
3.5	VARMEMOTSTAND OG VARMEKONDUKTIVITET	19
4	KONKLUSJON	21
5	REFERANSER	22

1 Innledning

Bakgrunnen for dette utviklingsarbeidet er policyvedtaket i Vegdirektørens ledermøte (VLM) i 2004 hvor det fremgår at 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. I forbindelse med rehabiliteringen av Væretunnelen på E6 øst for Trondheim ble det montert lettbetongelementer i 450 meters lengde. Betongsammensetning og materialegenskaper fremgår av rapport nr. 2449 fra Teknologivdelingen [1]. Som en videreføring av den lettbetongen som ble utviklet til elementene i Væretunnelen, er det gjennomført forsøk med en alternativ lettbetongresept med bruk av skumglass som lett tilslag.

Det ble etablert et samarbeid mellom

- HAS Consult AS
 - Ølen Betong AS
 - Statens vegvesen – Teknologivdelingen
- nedfelt i en intensjonsavtale, inngått 25/2-2005.

Målsetningen har vært å dokumentere materialegenskapene til lettbetong fremstilt med skumglass, HASOPOR, som lett tilslag samt undersøke betongens egnethet for fremstilling av elementer til bruk i vegtunneler.

HASOPOR er et lett skumglassgranulat basert på gjenbruk av glassavfall. I en miljøvennlig produksjonsprosess fremstilles et, i miljømessig forstand, inert materiale bestående av 8 % glass og 92 % porer. Produktet har lav densitet og lavt varmeledningstall, se vedlagte produktdatablad, Vedlegg 1.1.

Statens vegvesen har i flere vegprosjekter anvendt HASOPOR, både til lette fyllinger og som isolasjon mot frost. Den mangekantige kornformen gjør at materialet kan legges ut med helning 1:1 hvilket gir fyllinger med god stabilitet og bæreevne.

HASOPOR er CE-merket i overensstemmelse med krav gitt av European Organisation for Technical Approval (EOTA), se vedlagte ETA 05/0187, Vedlegg 1.2.

Normal kornstørrelse ligger i området 10 - 60 mm.

Som tilslag til bruk i lettbetong knuses skumglasset ned og leveres i fraksjonene 0 - 4, 4 - 8 og 8 - 12 mm.

Arbeidet med dokumentasjon av den lette skumglassbetongen er gjennomført som delprosjekt DP8 under FoU-prosjektet 601350 "FoU Tunnelutvikling". En MASTEROPPGAVE [2], utført av Marit Sliper Drugli ved Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU, ble knyttet til prosjektet. MASTEROPPGAVEN, "Bruk av lettbetongelementer i tunneler med god brannsikkerhet – effekt av PP-fiber, fuktinnhold og tilslagstype", behandler brannegenskapene til lettbetong fremstilt med ulike typer lette tilslag, varierende mengder PP-fiber og ulike fuktforhold. Brannprøvingen av elementene, fremstilt av skumglassbetong, ble utført som integrert del av MASTEROPPGAVEN.

2 Reseptutvikling

På nyåret 2005 ble det gjort avtale om utprøving av lettbetong med skumglass av typen HASOPOR som lett tilslag. Utgangspunktet for avtalen var å utvikle en skumglassbetong med egenskaper tilsvarende dem som ble oppnådd og benyttet ved produksjon av lettbetongelementene til Væretunnelen.

Målet var å utvikle en skumglassbetong betong i fasthetsklasse LB 12 eller høyere, som samtidig møtte kravet til densitetsklasse D 1,4 (1200 -1400 kg/m³). I tillegg skulle betongen ha lavest mulig varmeledningstall, være frostbestandig og ha akseptabel brannmotstand.

Programmet skulle gjennomføres i to faser:

Fase I: Innledende laboratorieundersøkelser ved Sintef og produksjonstilpassing Ølen Betong AS

Fase II: Prøveproduksjon av skumglassbetong ved bruk av normalt produksjonsutstyr, standardprøving av betongegenskaper ved Ølen Betong AS og spesialprøving av andre egenskaper: fuktinnhold, brannmotstand, frostmotstand, kloridinntrengning og varmegjennomgang.

Delmaterialer benyttet av Ølen Betong AS ved prøveproduksjonen av lettbetongene er nærmere beskrevet og dokumentert i produktdatabladene samlet i Vedlegg 2.

Skumglasstilslaget er behandlet spesielt. Fastlegging av supplerende betongspesifikke materialegenskaper er en integrert del av laboratorieundersøkelsene. Til prøveblandingene, utført ved Sintef, ble det benyttet norsk referansesand Årdal 0 - 8 mm istedenfor Forsand 0 - 8 mm som er den natursanden Ølen Betong AS bruker i sin ordinære produksjon.

2.1 Laboratorieundersøkelser utført ved Sintef

Sintef ble engasjert for å utføre innledende laboratorieundersøkelser vedrørende skumglassbetong. Som grunnlag for oppdraget hadde Statens vegvesen utarbeidet forslag til prøveprogram, se Vedlegg 1.3.

Undersøkelsene ved Sintef omfattet

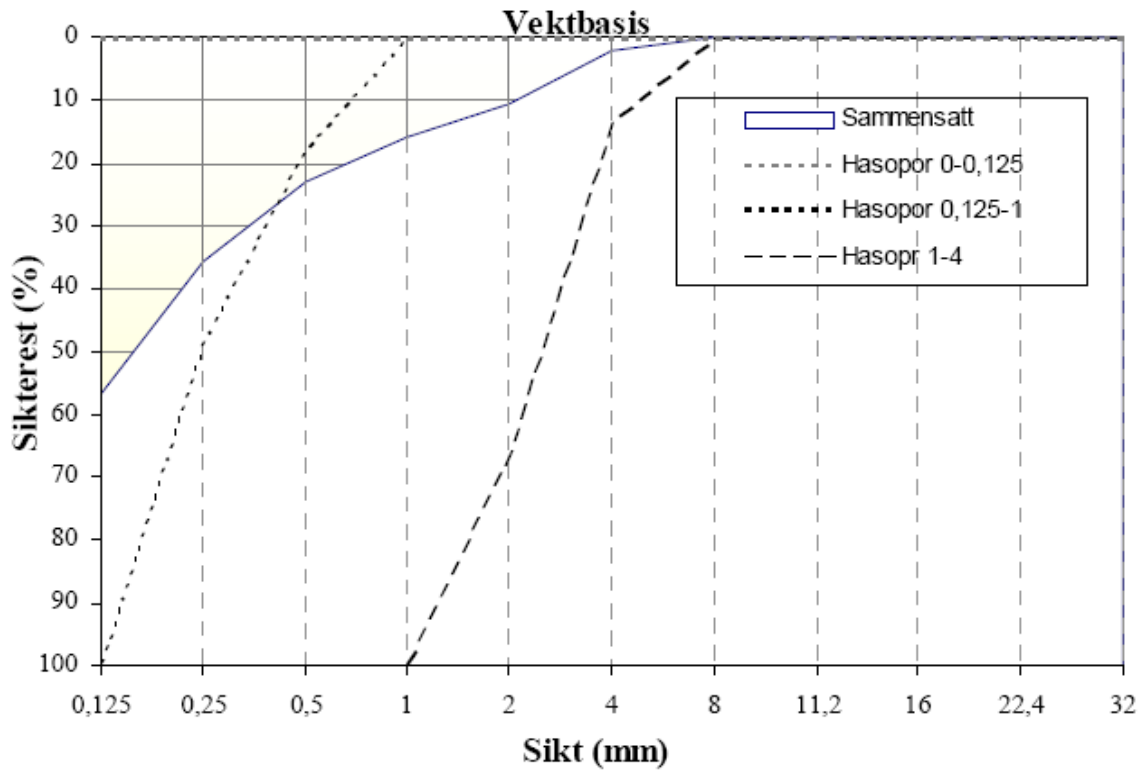
- Undersøkelse av tilslag samt
- Undersøkelser av betongsammensetning

Måling av korndensitet på det mottatte HASOPOR-tilslaget ga følgende resultater:

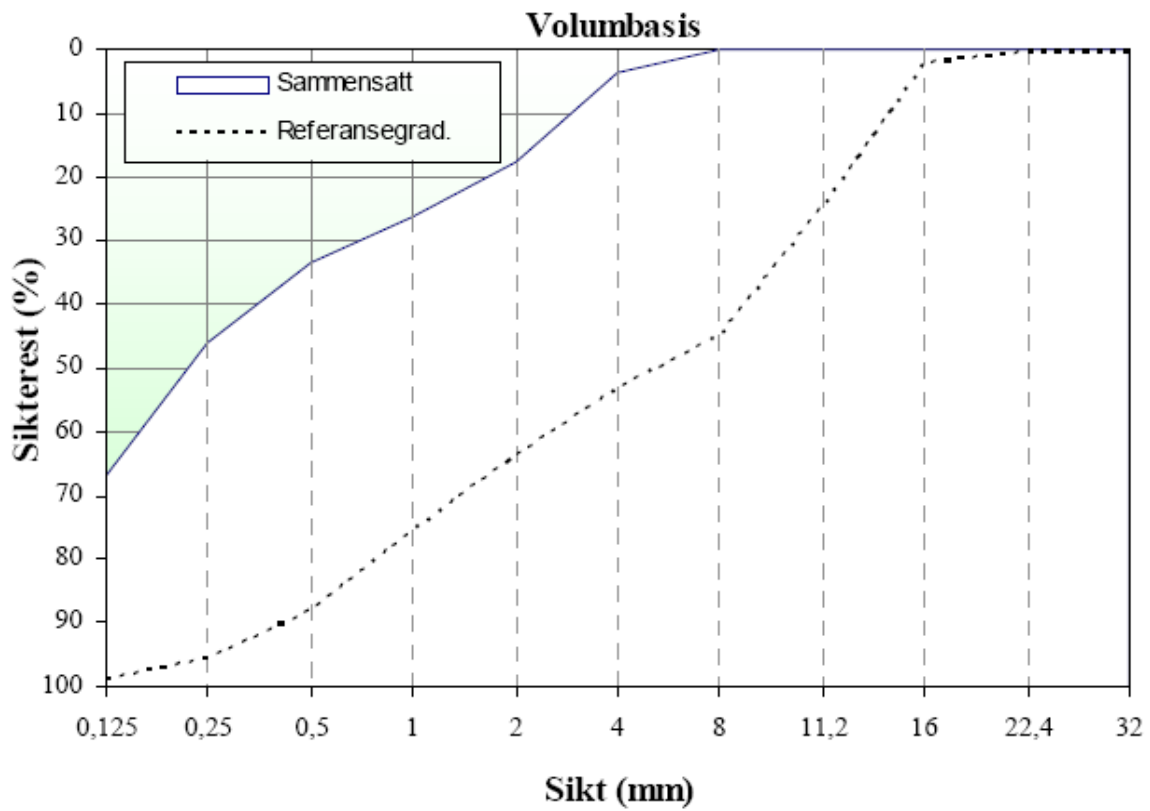
HASOPOR Standard:

Fraksjon	Korndensitet kg/m ³
0 - 4 mm	Ca. 1500
4 - 8 mm	Ca. 450
8 - 12 mm	Ca. 450

Dette stemmer relativt bra med de verdier som kunne beregnes på basis av forsøk utført ved KTH, Stockholm, se Vedlegg 1.3.



Figur 1: Siktetekurve for HASOPOR-sand 0-4 mm på vektbasis



Figur 2: Siktetekurve for HASOPOR-sand 0-4 mm på volumbasis

Det lette tilslagets vannabsorpsjon ble for fraksjonene 4 - 8 og 8 - 12 mm fastlagt til henholdsvis 24,6 og 46,0 i % av ovenstørr vekt.

Figur 1 og Figur 2 viser siktekurver for HASOPOR-sand 0 - 4 mm på henholdsvis vekt og volumbasis. Siktekurve på volumbasis vises for det sammensatt tilslaget og sammenlignes med en ”referansegradering”.

2.1.1 Laboratorieundersøkelse av skumglassbetong – del 1

Hensikten med laboratorieforsøkene var å fastlegge den optimale betongsammensetningen gjennom systematisk variasjon av mengden lett tilslag i de ulike blandingene.

I første del av laboratorieprogrammet ble det utført forsøk med 5 prøveblandinger. Utgangspunktet var resepten angitt i prøveprogrammet. Det lette tilslagets korndensitet varierer mye og man valgte derfor å basere proporsjoneringen på en volumbasert siktekurve. Mengdene lett tilslag benyttet i blandingene ble korrigert for målt densitet i tilslaget.

I samtlige blandinger ble mengden lett tilslag, fraksjonene 4 - 8 og 8 - 12 mm, variert innen relativt snevre grenser.

HASOPOR 4 - 8 mm	130 - 146 kg/m ³
HASOPOR 8 - 12 mm	84 - 92 kg/m ³

Mengden natursand Årdal 0 - 8 mm ble variert mellom 500 og 630 kg/m³, bortsett fra i blanding 5 hvor 50 % av sandfraksjonen på volumbasis ble byttet ut med HASOPOR sand. Følgelig ble, i blanding 5, 300 kg Årdalsand 0 - 8 mm byttet ut med 183 kg HASOPOR sand 0 - 4 mm.

Resultatene fra laboratorieundersøkelsene ble meddelt oppdragsgiver fortløpende og ble benyttet som beslutningsgrunnlag. En sammenstilling av registrerte data finnes i vedlagte Prøvningsrapport nr. 33147-2 datert 2005-05-26, Vedlegg 3.

Største variasjon mellom blandingene representerte mengden ”absorbert” vann som ble tilsatt under blandeprosessen samt tilsatt mengde superplastiserende og luftporedannende tilsetningsstoff.

Viktigste erfaring fra prøveblandingen var at det lette tilslaget absorberer mye vann og at dette tilleggs vannet må tilsettes under blandeprosessen hvis man skal oppnå ønsket støpelighet uten ekstrem bruk av superplastiserende tilsetningsstoff. Forsøkene viser at det for den mest ekstreme blandingen var nødvendig å øke mengden Mapefluid RN 15 fra 6,6 til 17,6 kg/m³. Videre forbedres betongens støpelighet i vesentlig grad ved bruk av luftporedannende tilsetningsstoff.

Blanding 5, hvor en del av natursanden ble byttet ut med HASOPOR-sand 0 - 4 mm, virket harsk, tørr og død. For at denne betongen skulle bli støpelig måtte mengden superplastiserende tilsetningsstoff Mapefluid RN15 økes samtidig som det ble tilsatt 0,5 kg/m³ luftporedannende tilsetningsstoff Mapeair 25.

Følgende betongsammensetning, blanding 4 fra laboratorieundersøkelsene ved Sintef, ble valgt som utgangspunkt for den videre reseptutviklingen og den senere tilpassing ved Ølen Betong AS.

Betongsammensetning

Delmaterialer kg/m ³	Blanding 4
Sement Norcem Industri	420
Silika SiO ₂	21
Fritt vann	169
Vann som absorberes i det lette tilslaget (tilsettes under blanding)	40
Natursand Årdal 0 - 8 mm	595
HASOPOR 0 - 4 mm	0
HASOPOR 4 - 8 mm	138
HASOPOR 8 - 12 mm	88
Tilsetningsstoff:	
Mapeplast LWA	3,0
Mapepump Oil	3,0
Mapeair 25	1,0
Mapefluid RN 15	6,3
PP-fiber Duomix 6	2,0

Betongegenskaper – standard prøving

Fersk betong

Målt densitet kg/m ³	1.318
Vekt ved avforming kg/m ³	1.409 (middel av 12 prøvestykker)
Synkmål mm	195
Utbredelsesmål mm	420

Herdnet betong

Trykkfasthet MPa (middel av 3 prøvestykker)

1 døgn	13,9
3 døgn	17,7
7 døgn	18,5
28 døgn	21,5

For nærmere dokumentasjon av de 5 prøveblandningene vises det til tabellene 3 og 4 i Sintef-rapport 33147-2, Vedlegg 3.

2.1.2 Laboratorieundersøkelse skumglassbetong – del 2

I del 2 av laboratorieprogrammet ble det utført tre prøveblandinger. Blandingene 6, 7 og 8 er basert på reseptene for blanding 2, 5 og 4 i første del av forsøksprogrammet. Sementinnholdet er øket fra 420 til 440 kg/m³. Videre er det i alle blandingene tilsatt 0,5 kg/m³ luftporedannende tilsetningsstoff Mapeair 25. Den gjennomførte proporsjoneringen på volumbasis er vist i Vedlegg 4 med skjema for proporsjonering, blandeskjema og sammensatt tilslag for alle tre blandingene. Av skjemaet for sammensatt tilslag fremgår målt korndensitet for de enkelte tilslagsfraksjonene.

Betongsammensetning – laboratorieundersøkelse del 2

Delmaterialer kg/m ³	Blanding 6	Blanding 7	Blanding 8
Sement Norcem Industri	440	439	440
Silika SiO ₂	22	22	22
Fritt vann	169	169	169
Vann som absorbers i det lette tilslaget (tilsettes under blanding)	38	52	40
Natursand Årdal 0 - 8 mm	554	265	476
HASOPOR 0 - 4 mm	0	162	0
HASOPOR 4 - 8 mm	128	129	135
HASOPOR 8 - 12 mm	78	78	87
Tilsetningsstoff:			
Mapeplast LWA	3,2	3,2	3,2
Mapepump Oil	3,2	3,2	3,2
Mapeair 25	0,5	0,5	0,5
Mapefluid RN 15	8,8	11,7	6,6
PP-fiber Duomix 6	2,0	2,0	2,0

Betongegenskaper – standard prøving

Fersk betong

Målt densitet kg/m ³	1.425	1.272	1.342
Vekt ved avforming kg/m ³ (middel av 12 prøvestykker)	1.453	1.308	1.382
Synkmål mm	220	190	200
Utbredelsesmål	413	385	421

Trykkfasthet MPa (middel av 3 prøvestykker)

1 døgn	19,7	17,9	17,7
3 døgn	20,4	19,7	18,8
7 døgn	23,2	21,2	21,2
28 døgn	23,9	22,7	22,0

Resultatene er ikke vesensforskjellige fra de resultatene man oppnådde for de første fem prøveblandinger. For blandinger med HASOPOR-sand 0 - 4 mm og redusert andel natursand (blandinger 7 og 5) synes økningen i sementinnhold å være gunstig for betongens bearbeidbarhet.

Trykkfastheten etter 28 døgn for terninger ligger i overkant av 20 MPa, hvilket indikerer at det, ved 5 % økning av sementmengden, kan produseres en betong med HASOPOR som lett tilslag, som tilfredstiller kravet til fasthetsklasse LB 20 og densitetsklasse D 1,4.

2.2 Reseptutvikling av skumglassbetong utført ved Ølen Betong AS

Utviklingen av skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag ble samordnet med MASTEROPPGAVEN [2]. Undersøkelsene i MASTEROPPGAVEN omfattet i utgangspunktet lettbetong med Leca som lett tilslag, dvs. betong av samme type som ble benyttet til tunnelelementene i Væretunnelen. Studien ble utvidet til også å omfatte undersøkelse av skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag og med egenskaper tilsvarende de man oppnådde for Leca-betongen.

Dette medførte at resepttilpassingen av skumglassbetongen til en viss grad ble styrt av de valg som ble foretatt i forbindelse med gjennomføringen av MASTEROPPGAVEN [2].

2.2.1 Referanse Leca-betong

Fremstilling av plater til brannprøvingen skulle baseres på den resepten og de måltall som var fastlagt for "Være-betongen". Prøvedataene fra produksjonskontrollen av betongelementene til Væretunnelen viser følgende middelverdier for densitet og fasthet, se Tabell 1 og Rapport 2449 LETTBETONG I TUNNELHVLV[1].

Tabell 1 Kvalitetsoppfølging Lecabetong

Alder døgn	Densitet kg/dm ³	Terningfasthet MPa
1	1,350	12,9
3	1,363	14,9
7	1,353	16,2
28	1,364	19,2

Av produksjonsmessige årsaker ved Ølen Betong AS, manglende silokapasitet, ble det besluttet at all lettbetong benyttet til støping av brannplater skulle fremstilles med Standard FA sement istedenfor Industrisement. Betongegenskapene til plater støpt 21. og 22. februar 2005 bestemt på standard prøvestykker som ble støpt samtidig, fremgår av etterfølgende tabeller, Tabell 2, 3 og 4. For nærmere dokumentasjon av prøveblandinger vises det til Vedlegg 5.

Tabell 2 Ferskbetong egenskaper - Lecabetong

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Ferskbetong egenskaper			
		Støpedato	Synk (mm)	Utbred. (mm)	Densitet kg/l
1	0	21.2-2005	220	440	1,39
2	0,5	22.2-2005	220	420	1,39
3	1,0	22.2-2005	230	430	1,41
4	2,0	21.2-2005	210	430	1,38

Tabell 3 Terningtrykkfasthet - Lecabetong

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Terningtrykkfasthet middelvei (MPa)			
		2 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
1	0	12,7	14,5	15,6	20,2
2	0,5	13,8	15,6	16,0	20,0
3	1,0	12,7	14,5	15,6	17,9
4	2,0	11,0	13,1	14,4	16,3

Tabell 4 Densitet - Lecabetong

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Densitet middelvei (kg/dm ³)			
		2 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
1	0	1,39	1,39	1,37	1,37
2	0,5	1,39	1,38	1,38	1,39
3	1,0	1,39	1,38	1,38	1,39
4	2,0	1,31	1,36	1,36	1,36

Tabell 3 viser at lettbetong med Leca som lett tilslag, fremstilt med Standard FA gir lavere tidligfasthet enn betong fremstilt med Industrisement. Terningfasthetene etter 28 døgn er imidlertid av samme størrelsesorden for betong fremstilt med begge sementtypene.

Det ble derved konkludert med at lettbetongelementene som skulle benyttes til brannforsøkene kunne fremstilles av lettbetong med Standard FA sement.

2.2.2 Skumglassbetong fremstilt med FA sement

For å etablere et sammenligningsgrunnlag mellom de ulike lettbetongene valgte man også å benytte Standard FA sement ved fremstilling av skumglassbetongene. På grunnlag av laboratorieundersøkelsene utført ved Sintef økte man sementmengden til 420 kg/m³ og gjennomførte 7/4-2005 en prøveblanding i full skala basert på følgende resept, Prøve A.

Betongsammensetning - Skumglassbetong prøve A:

Delmaterialer kg/m³

Sement Norcem Standard FA	420
Silika SiO ₂	21
Fritt (effektivt) vann	169
Vann som absorberes i tilslaget (tilsettes under blanding)	40

Natursand Forsand 0 - 8 mm	490
HASOPOR 0 - 4 mm	0
HASOPOR 4 - 8 mm	150
HASOPOR 8 - 12 mm	100
Tilsetningsstoff:	
Mapeplast LWA	3,0
Mapepump Oil	3,0
Mapeair 25	0,5
Mapefluid RN 15	9,0
PP-fiber Duomix 6	2,0

Effektiv vannmengde i denne lettbetongen er ca. 170 l/m³. Det lette tilslaget suger totalt opp 40 - 50 l/m³ vann. Avhengig av fuktinnholdet i tilslaget i det dette går inn i blanderen, vil det være nødvendig å tilsette ulike mengder tilleggsvann i blandeprosessen. Videre må det tilsettes superplastiserende tilsetningsstoff Mapefluid RN 15 inntil man oppnår ønsket støpelighet, dvs. betong med synkmål ca. 200 mm og utbredelsesmål ca. 400 mm.

Resultatene fra prøveblanding A, se Tabell 5, 6 og 7 samt Vedlegg 6.1, samsvarer med de verdiene som var fastlagt for Leca-betongen. Det ble derfor, 25/4-2005, med utgangspunkt i forannevnte resept, produsert to betongblandinger, for fremstilling av plater til brannprøving og prøver til fastlegging av betongegenskaper. Betongblandingen uten tilsetning av PP-fiber er merket Prøve B mens betongblandingen tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber er merket Prøve C.

Tabell 5 Ferskbetong egenskaper - skumglassbetong

Prøve	PP-fiber kg/m ³	Ferskbetong egenskaper			
		Støpedato	Synk (mm)	Utbred. (mm)	Densitet kg/l
A	2,0	7/4-2005	220	430	1,41
B	0	25/4-2005	220	450	1,42
C	2,0	25/4-2005	180	400	1,37

Tabell 6 Terningtrykkfasthet - skumglassbetong

Prøve	PP-fiber kg/m ³	Terningtrykkfasthet middelerverdi (MPa) ¹⁾			
		2 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
A	2,0	13,2	13,9	14,9	18,4
B	0	12,5	13,4	14,6	17,7
C	2,0	12,0	12,5	14,1	17,7

¹⁾ middel av 3 prøvestykker

Tabell 7 Densitet - skumglassbetong

Prøve	PP-fiber kg/m ³	Densitet middelerverdi (kg/dm ³) ¹⁾			
		2 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
A	2,0	1,37	1,38	1,39	1,41
B	0	1,44	1,42	1,40	1,41
C	2,0	1,38	1,34	1,38	1,37

¹⁾ middel av 3 prøvestykker

På fabrikken ble det etter måling av ferskbetonegenskaper av de to produksjonsblandingene, støpt ut standard prøver, 100 mm terninger, for bestemmelse av trykkfasthet og densitet. Betonegenskaper målt på laboratoriet ved Ølen Betong AS fremgår av Tabell 5, 6 og 7. For nærmere dokumentasjon av de 3 betongblandingene vises det til Vedlegg 6.

Standardprøvene viser at det med HASOPOR som lett tilslag kan fremstilles lettbetong som tilfredsstillende kravet til fasthetsklasse LB 12 og densitetsklasse D 1,4.

I tillegg til standardprøvene ble det fra hver betongsats benyttet til fremstilling av betongelementer til brannprøving, støpt en uarmert plate hvor det senere ble boret ut Ø100 x 200 mm kjerner for bestemmelse av kloridinntrengning, frostmotstand og kapillær vannmetningsgrad, PF-metoden. Resultatet av disse undersøkelsene behandles i neste kapittel.

2.2.3 Skumglassbetong fremstilt med hvit sement

Som et supplement og en utvidelse av resepttilpassingen ble det utført prøveblandinger med hvit sement. Betongsammensetningen er i utgangspunktet den samme som for skumglassbetongene fremstilt med Standard FA sement.

Betongsammensetning – Skumglassbetong med hvit sement ”Aalborg White”

Delmaterialer kg/m ³	Støpedato i 2005			
	23/5	26/9	30/9	3/10
Sement “Aalborg White”	432	426	420	420
Silika SiO ₂	21	22	21	21
Fritt vann	174	162	172	170
Vann som absorberes i tilslaget (tilsettes under blanding)		40-50		
Natursand Forsand 0 - 8 mm	558	490	490	490
HASOPOR 4 - 8 mm	150	150	150	150
HASOPOR 8 - 12 mm	103	103	103	103
Tilsetningsstoff:				
Mapeplast LWA	3,0	3,0	3,0	3,0
Mapepump Oil	3,0	3,0	3,0	3,0
Mapeair 25	0,5	0,5	0,5	0,5
Mapefluid RN 15	8,0	8,0	8,0	8,0
PP-fiber Duomix 6	2,0	2,0	2,0	2,0

Ferskbetong egenskaper samt terningtrykkfasthet og densitet, fastlagt ved standardprøving på 100 mm terninger, ble utført på laboratoriet til Ølen Betong A/S, se etterfølgende tabeller, Tabell 8, 9 og 10. For nærmere dokumentasjon av de 4 prøveblandingene vises det til Vedlegg 7.

Tabell 8 Ferskbetong egenskaper – skumglassbetong og hvit sement

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Ferskbetong egenskaper			
		Støpedato	Synk (mm)	Utbred. (mm)	Densitet kg/l
1	2,0	23.5-2005	170	380	1,50
2	2,0	26.9-2005	200	380	1,49
3	2,0	30.9-2005	220	400	1,47
4	2,0	03.10-2005	210	400	1,35

Tabell 9 Terningtrykkfasthet – skumglassbetong og hvit sement

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Terningtrykkfasthet middelværdi (MPa) ¹⁾			
		1 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
1	2,0	12,0	21,4	21,6	24,5
2	2,0	14,9	20,7	22,0	25,2
3	2,0	15,3	20,0	20,0	23,0
4	2,0	13,9	18,2	17,9	18,6

¹⁾ middel av 3 prøvestykker

Tabell 10 Densitet – skumglassbetong og hvit sement

Prøve nr	PP-fiber kg/m ³	Densitet middelværdi (kg/dm ³) ¹⁾			
		1 døgn	3 døgn	7 døgn	28 døgn
1	2,0	1,50	1,52	1,50	1,51
2	2,0	1,47	1,48	1,46	1,44
3	2,0	1,46	1,45	1,47	1,46
4	2,0	1,33	1,38	1,36	1,36

¹⁾ middel av 3 prøvestykker

Det skal spesielt bemerkes at 1 døgns trykkfastheten, ved bruk av "Aalborg White", ligger på samme nivå som for Industrisement. Trykkfastheten etter 16 timer er imidlertid lavere. Prøvene nr. 1 og 2, støpt henholdsvis 23/5 og 26/9-2005, fikk et for høyt sementinnhold hvilket resulterte i at også lettbetongen fikk for høy densitet.

Prøve nr. 3, støpt 30/9-2005, og Prøve nr. 4, støpt 3/10-2005, har formelt sett samme betongsammensetning, men gir avvikende testverdier. Resultatene fra de to prøveblandingene, 3 og 4, avviker så mye fra hverandre at man foreløpig ikke kan konkludere med at det er mulig å fremstilles en skumglassbetong med hvit sement som samtidig både tilfredsstiller kravet til fasthetsklasse LB 12 og densitetsklasse D 1,4.

Noe av forklaringene på de registrerte avvikene kan ligge i de problemene som oppsto under blandedeprosessen. Betongstasjonens erfaringer med produksjon av "HASOPORbetong" ble beskrevet slik:

"Å finne riktig fukt i "Hasoporen" er litt av en utfordring. Mulig riktig måte er å gjennomfukte den før produksjon. Rett etter blanding er betongen ganske smidig og fin, men det kreves at en støper rimelig raskt etterpå. Virker som om en del av vannet trenger inn i "Hasoporen". Kanskje dette hadde blitt løst ved gjennomfukting av "Hasoporen" på forhånd. Ellers var betongen fin å se til, god støpelighet mm. Tror vi skulle klart å optimalisere en god resept!"

Dette understreker at praktisk bruk av HASOPOR som lett tilslag i skumglassbetong forutsetter at det kan fremstilles en betong med ferskbetongegenskaper som ikke endrer seg fra blanding til blanding. For å skaffe erfaring bør det utføres systematiske forsøk i full skala.

3 Betongegenskaper

Fra skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber og skumglassbetong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber ble det 25/4-05, fra hver av de to blandingene, støpt en plate med dimensjon 1300 x 1300 x 200 mm for brannprøving. Platene hadde samme armeringsmengde som tunnelelementene benyttet i Væretunnelen.

Samtidig ble det fra hver av betongblandingene støpt ut ett sett standardprøver, 100 mm terninger, samt en uarmert plate. Fra de uarmerte platene ble det boret ut kjerner med dimensjon Ø104 x 200 mm for bestemmelse av

- frostmotstand
- kloridinntrengning
- kapillær vannmetningsgrad

Betongegenskapene til de to blandingene er fastlagt ved standard prøving, og fremgår av Tabell 5, 6, og 7 samt av Vedlegg 6.2 og 6.3.

Skumglassbetongens varmemotstand og varmekonduktivitet ble bestemt på to plater, med dimensjon 600 x 600 x 50 mm, støpt 3/10-2005. Betongen var fremstilt med hvit sement. Betongsammensetning og betongegenskaper bestemt ved standard prøving fremgår av Tabell 8, 9 og 10, samt av Vedlegg 7.4.

3.1 Brannprøving

Brannprøvingen ble utført ved Sintef Norges branntekniske laboratorium as, som del av MASTEROPPGAVEN [1] og omfattet totalt 2 elementer. 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 Hydrokarbon brann. Under prøvingen viste det seg at ovnen ikke hadde tilstrekkelig kapasitet og det oppsto avvik fra kravene i ISO 834.

3.1.1 Element av skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber

Betongsammensetning og egenskaper for elementet fremgår av Tabell 5, 6 og 7, side 10 samt av Vedlegg 6.2, prøve B.

Brannprøvingen ble gjennomført 6/6-2005. Elementet ble brannekspontert i 120 minutter.

Under prøvingen dannet det seg riss på sideflatene, riss som gikk gjennom hele tverrsnittet. I tillegg utviklet det seg etter 51 minutter to markante riss på uekspontert flate. Det rant vann fra rissene på sideflaten og den ueksponterte flaten. Videre ble det registrert en del skarpe smell og knitring under første del av prøvingen.

Trykket i pilotovnen varierte under første del av prøvingen, men stabiliserte seg med et trykk på 30 Pa for resten av prøvetiden

Ved avsluttet prøving kunne det bare registreres mindre endringer på den uekspontert flaten. På den eksponerte flaten ble det registrert fargeforandringer som gikk mot brunt/gult samt avskalling. Avskallingen hadde en maksimal dybde på 130 mm, med et gjennomsnitt på 44 mm, se Foto nr. 1.

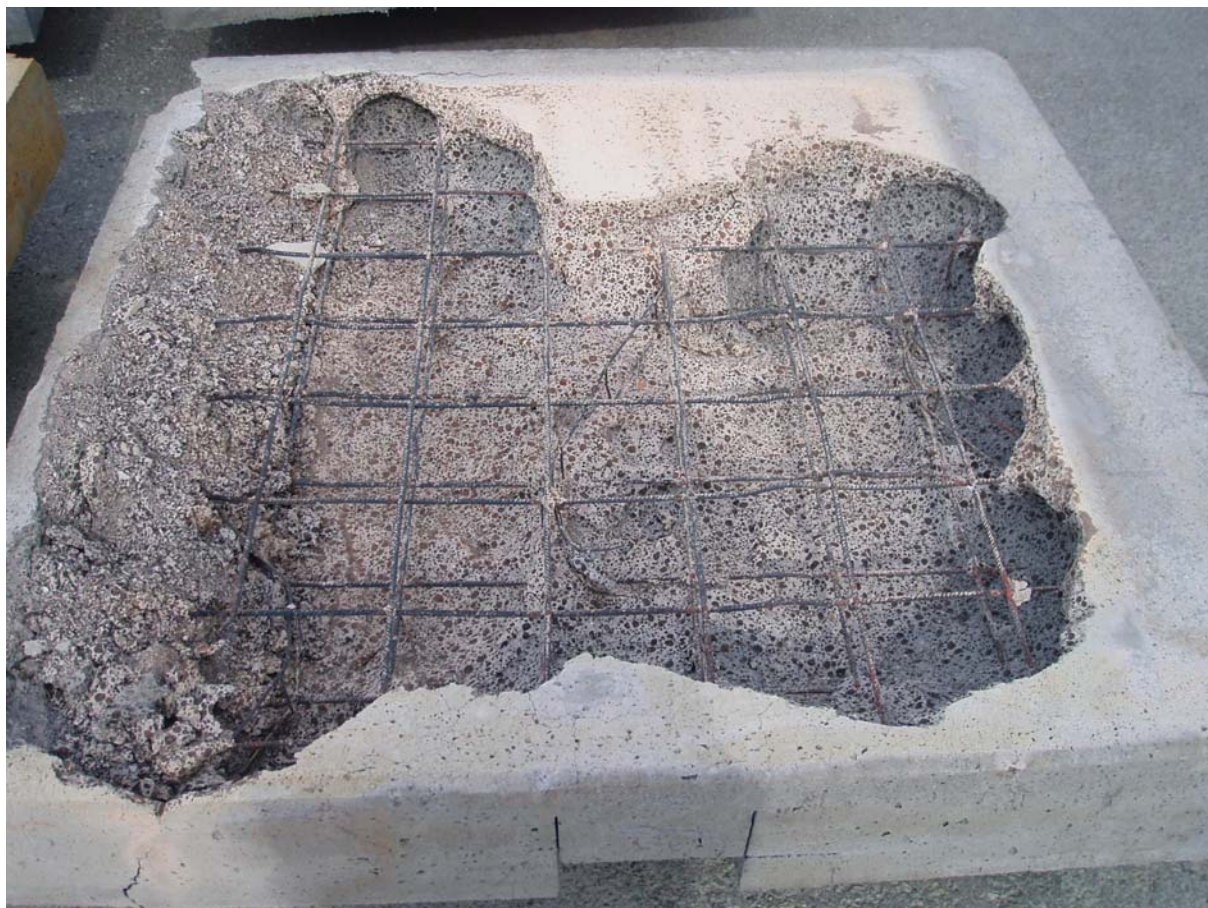


Foto 1: Avskalling på eksponert flate etter avsluttet prøving.

Sammenlignet med brannprøvingen av tilsvarende elementer fremstilt i Lecabetong og uten tilsetning av PP-fiber viser skumglassbetongen betydelig bedre brannegenskaper enn det som ble oppnådd for elementene i lettbetong med Leca som tilslag. Nevnte elementer fikk avskalling på 200 mm og prøvingen måtte avbrytes etter 54 og 59 minutter.

3.1.2 Element av skumglassbetong tilsatt 2 kg/m^3 PP-fiber

Betongsammensetning og egenskaper for elementet fremgår av Tabell 5, 6 og 7, side 10 samt av Vedlegg 6.3, prøve C.

Brannprøvingen ble gjennomført 3/6-2005 og elementet ble brannekspionert i 120 minutter.

Under prøvingen dannet det seg en del mindre riss på sideflatene, men det var ingen synlige tegn til skader på den ueksponerte flaten. Det kom ut en del fuktighet på sideflatene samt på nedre del av den ueksponerte flaten nær innfestingen. Mot slutten av prøvingen forsvant denne fuktigheten.

Trykket i pilotovnen varierte under den første del av prøvingen, men stabiliserte seg med et trykk på ca. 20 Pa etter 45 minutter

Ved avsluttet prøving kunne det ikke observeres endringer på ueksponert side. På eksponert side ble det registrert fargeforandringer som gikk mot brun/gul samt et belegg av smeltet glass. Det var ingen avskalling, og elementet ble betraktet som ubeskadiget, se Foto nr. 2.



Foto 2: Eksponert side etter avsluttet prøving

3.2 Frostmotstand

Frostmotstanden er bestemt ved vekselvis nedfrysing og tining med en 3 % NaCl-løsning som frostmedium. Undersøkelsene er utført ved Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen, i henhold til Svensk Standard SS 13 72 44 (Borås-metoden).

Prøvingen omfatter to prøveserier, hver bestående av 6 stk. sylindere med samlet areal 42 500 mm². Prøveseriene som i laboratorierapportene er benevnt 2 og 3 refererer seg til henholdsvis betong uten tilsetning av PP-fiber og betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber. Betongsammensetning og egenskaper, fastlagt ved standard prøving, fremgår av Tabell 5, 6 og 7 side 10 samt Vedlegg 6,2 og 6.3, Prøve B og C.

Tabell 11 viser målt frostmotstand for skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber og med tilsetning av 2 kg/m³ PP-fiber. For enkeltresultater og grafisk fremstilling av målt avskalling vises til Vedlegg 8.

Tabell 11: Frostmotstand

	Avskalling kg/m ²		
	m ₂₈	m ₅₆	m ₅₆ /m ₂₈
Skumglassbetong uten PP-fiber Prøveserie (nr. 2)	0,018	0,030	1,67
Skumglassbetong med tilsetning av 2 kg/m ³ PP-fiber Prøveserie (nr. 3)	0,014	0,020	1,43

Frostmotstanden, målt på saget flate, vurderes ut fra mengden materiale som skaller av fra testflaten, og blir bedømt som følger:

Meget god:

Avskalling etter 56 vekslinger m₅₆ mindre enn 0,10 kg/m²

God:

Avskalling etter 56 vekslinger m₅₆ mindre enn 0,20 kg/m², eller m₅₆ mindre enn 0,50 kg/m² og m₅₆/m₂₈ mindre enn 2.

Akseptabel:

Avskalling etter 56 vekslinger m₅₆ mindre enn 1,00 kg/m², samtidig som m₅₆/m₂₈ er mindre enn 2.

Ikke akseptabel:

Dersom ikke kravene til akseptabel forstmotstand oppfylles

Vurdert på grunnlag av kriteriene foran har skumglassbetongen meget god frostmotstand. I tillegg indikerer prøvingen at skumglassbetongens frostmotstand øker når betongen tilsettes fiber.

3.3 Kloridinntrengning

Undersøkelse av skumglassbetongens motstand mot kloridinntrengning er utført i henhold til Nordtestmetoden "Accelerated Chloride Penetration" beskrevet i NT build 443.

Undersøkelsene er utført ved Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen.

Prøvingen omfatter to prøveserier, hver bestående av 3 enkeltprøver. Prøveseriene som i laboratorierapportene er benevnt 2 og 3 refererer seg til henholdsvis betong uten tilsetning av PP-fiber og betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber. Betongsammensetning og egenskaper, fastlagt ved standard prøving, fremgår av Tabell 5, 6 og 7 side 10 samt Vedlegg 6,2 og 6.3, prøve B og C.

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

Grafisk fremstilling av kloridprofilene med beregnede verdier for kloridkonsentrasjon på betongoverflaten C_o, målt som Cl⁻ i % av betongvekt, samt den sammenhørende diffusjonskoeffisienten D (10⁻¹²m²/s) fremgår av Vedlegg 9. Oppsummering av de viktigste måleresultatene er vist i tabell 12 og 13.

Tabell 12: Kloridinntrengning i skumglassbetong uten PP-fiber

	Kloridkonsentrasjon	Diffusjonskoeffisient	Regresjonskoeff	Inntrengning
Kjerne	C_0	D	R^2	k (0,1 %)
nr	% av betongvekt	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$		cm
2B	3,151	2,04	0,9597	2,54
2C	3,797	1,84	0,9972	2,48
2D	4,756	1,76	0,9994	2,52
Middel	3,901	1,88	-	2,51

Enkelt resultater for kjerne nr. 2B, 2C og 2D er vist i Vedlegg 9.1, 9.2 og 9.3.

Tabell 13: Kloridinntrengning i skumglassbetong med tilsetning av PP-fiber

	Kloridkonsentrasjon	Diffusjonskoeffisient	Regresjonskoeff	Inntrengning
Kjerne	C_0	D	R^2	k (0,1 %)
nr.	% av betongvekt	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$		cm
3B	3,274	2,44	0,9654	2,79
3C	3,276	2,24	0,9857	2,67
3D	3,620	1,72	0,9947	2,38
Middel	3,390	2,13	-	2,66

Enkeltresultater for kjerne nr. 3B, 3C og 3D er vist i Vedlegg 9.4, 9.5 og 9.6.

Diffusjonskoeffisientene D, beregnet ved regresjonsanalyse, ligger lavt og tilsvarer det krav man tilstreber for en normalbetong som skal eksponeres i tidevannssonen. De lave diffusjonskoeffisientene motvirkes imidlertid av høye kloridkonsentrasjoner C_0 på betongoverflaten.

Beregningsmessig tilsier prøveresultatene at man etter ett års eksponering vil ha et kloridprofil hvor kloridnivået $Cl^- = 0,1$ % av betongvekt ligger 25 - 30 mm fra betongoverflaten. Dette er høyt og det hersker derfor en viss usikkerhet med hensyn til hvordan prøveresultatene skal tolkes.

Kloridinntrengningen er bestemt på sagflater. Dette er konservativt da det ikke er tas hensyn til den lavere kloridinntrengningen man får gjennom de tette og harde betongoverflatene på tunnelens veggside som eksponeres for saltpåkjenningsene.

3.4 Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF

3.4.1 Vannmetningsgrad

Fra hvert av betongelementene benyttet til brannprøving ble det, før branntestingen, skåret ut 2 prizmer for fastlegging av fuktforholdene i de selvuttørkede elementene. Prismene ble skåret ut 1/6-2005, dvs. 2 dager før det første elementet av skumglassbetong ble brannekspionert. Prizmer som i laboratorierapportene er benevnt 7 og 8 refererer seg til elementene beskrevet

under henholdsvis punkt 3.1.1 og 3.1.2, dvs. prøver av betong uten tilsetning av PP-fiber og av betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber.

Undersøkelsene er utført ved Sentrallaboratoriet, Statens vegvesen, som har målt vannmetningsgraden på prizmer fra de selvuttørkede elementene av skumglassbetong, Tabell 14, målt vannmetningsgraden på prøvestykker tildannet fra kjerner boret ut fra de uarmerte prøveplatene, Tabell 15, samt målt kapillærabsorpsjon og beregnet lettbetongens kapillaritetstall k og motstandstallet m , tabell 16.

Tabell 14: Vannmetningsgrad på prizmer skåret ut fra elementene – før brannprøving

Prøveserie	Vannmetningsgrad ¹⁾
Skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber Prisme 7a og 7b	90,7 %
Skumglassbetong tilsatt 2 kg/m ³ PP-fiber Prisme 8a og 8b	89,5 %

¹⁾ middelvei

Enkeltverdier framgår av Vedlegg 10.1.

Prøveseriene som i laboratorierapportene er benevnt 2 og 3, refererer seg til betong uten tilsetning av PP-fiber og betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber. Betongsammensetning og egenskaper, fastlagt ved standard prøving, fremgår av Tabell 5, 6 og 7 side 10, samt av Vedlegg 6.2 og 6.3, prøve B og C.

For skumglassbetong er prismenes vannmetningsgrad av samme størrelsesorden, uavhengig av om betongen er fremstilt uten eller med tilsetning av 2 kg/m³ PP-fiber. Videre er fuktnivået i selvuttørkede elementer av Leca-betong fastlagt til 88,3 %, altså av samme størrelse som for skumglassbetongen.

Tilsvarende målinger utført på prizmer skåret ut fra elementene montert i Væretunnelen viste et fuktnivå på 81,1 %, inne i tunnelen, og 77,0 % ved tunnelportalen i vest. Fuktnivået i Væretunnelen er følgelig noe lavere enn det de selvuttørkede lettbetongelementene hadde da de ble brannekspontert.

I tillegg er det fra kjernene benyttet til undersøkelse av betongegenskaper tildannet prøvestykker for måling av kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF.

Tabell 15: Fuktmålinger på prøvestykker tildannet av selvuttørkende skumglassbetong

Prøveserie	Vannmetningsgrad ¹⁾
Skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber Prøvestykke 2A1K og 2A2K	84,4 %
Skumglassbetong tilsatt 2 kg/m ³ PP-fiber Prøvestykke 3A1K og 3A2K	84,3 %

¹⁾ middelvei

Enkeltverdier framgår av Vedlegg 10.2.

Igjen, ingen forskjell i vannmetningsgrad for prøvestykker av skumglassbetong uten og med tilsetning av 2 kg/m³ PP-fiber. Verdiene samsvarer for øvrig godt med resultatene vist i Tabell 14 når det tas hensyn til dimensjonsforskjellen mellom elementer og utborede kjerner.

3.4.2 Kapillærabsorpsjon

Prøvingen omfatter 2 prøveserier, hver bestående av 4 enkeltprøver. Prøveseriene som i laboratorierapportene er benevnt 2 og 3, refererer seg til betong uten tilsetning av PP-fiber og betong tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber, Tabell 5, 6 og 7, side 10, samt Vedlegg 6.2 og 6.3, prøve B og C.

Tabell 16: Kapillaritet og motstandstall

Prøveserie	Kapillaritetstall ¹⁾	Motstandstall ¹⁾
	[kg/(m ² · √ s)] · 10 ⁻²	[s · m ²] · 10 ⁶
Skumglassbetong uten tilsetning av PP-fiber Prøvestykker 2A1S - 2A4S	1,40	115,7
Skumglassbetong tilsatt 2 kg/m ³ PP-fiber Prøvestykker 3A1S - 3A4S	1,19	94,5

¹⁾ middelverdier

Enkeltverdier framgår av Vedlegg 10.3 og 10.4

Kapillartallet **k** og motstandstallet **m** skal for et varierende vannbindemiddel forhold $v/b = 0,35 - 0,70$, ligge i området $(0,5 - 3,0) \cdot 10^{-2}$ for **k** og i området $(30 - 160) \cdot 10^6$ for **m**, se figur 11 og 12 i Sintef-rapport STF65 A88028 [3].

Kapillaritets- og motstandstallet beregnet for skumglassbetongene, Tabell 16, ligger følgelig på riktig nivå. Resultatene er til en viss grad motstridende i det et lavere kapillaritetstall indikerer en effekt tilsvarende et lavere v/b-forhold, mens et lavere motstandstall samsvarer med et høyere v/b-forhold. De registrerte forskjellene er imidlertid så små at det ikke kan trekkes noen signifikant konklusjon.

Undersøkelsene viser at skumglassbetongens egenskaper knyttet til vannmetningsgrad og kapillærabsorpsjon ikke avviker mye fra hva man normalt observerer for betong med tilsvarende vannbindemiddel forhold.

3.5 Varmemotstand og varmekonduktivitet

Prøvingen ble utført ved Norges byggforskningsinstitutt, NBI som har målt varmemotstand og varmekonduktivitet på 2 plater med dimensjon 600 x 600 x 50 mm. Det vises til prøvingsrapport fra NBI, Vedlegg 11.

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.

Betongsammensetning og standard betonegenskaper for platene fremgår av Tabell 8, 9 og 10, side 12 samt Vedlegg 7.4.

Tabell 17: Prøveresultater - varmekonduktivitet

	Fuktinnhold		Varmekonduktivitet W/mK
	vekt	volum	
Prøve 1:	13,4 %	tilsv. 17,2 %	0,53
Prøve 2:	8,3 %	tilsv. 10,2 %	0.49

De målte verdiene samsvarer med hva man kan forvente for lettbetong med densitet i området 1300 -1400 kg/m³ og med de fuktforhold som ble målt. Den undersøkte skumglassbetongen, tilsatt 2 kg/m³ PP-fiber, viser verdier for varmekonduktivitet som er 25-30 % av hva man anser som representative for normalbetong (1,6 - 2,1 W/mK), kfr. Beton-Bogen side 254-255 [4]. Verdiene fastlagt for skumglassbetongens varmekonduktivitet ligger 10 - 15 % lavere enn de verdiene man fant ved prøving av lettbetongen med Leca som lett tilslag, benyttet til tunnelementene i Væretunnelen.

4 Konklusjon

Det kan med HASOPOR som lett tilslag, med 420 kg/m³ sement og 5 % silika fremstilles en skumglassbetong i fasthetsklasse LB 12 og densitetsklasse D 1,4. Ved å øke sementinnholdet med ca. 5 % til 440 kg/m³ kan det fremstilles skumglassbetong som møter kravene til fasthetsklasse LB 20 og densitetsklasse D 1,4. Økt bindemiddelmengde har en gunstig effekt på bearbeideligheten og forbedrer betongens støpelighetsegenskaper.

Skumglassbetong fremstilt med hvit sement "Aalborg White" oppnår 1 døgn fastheter på samme nivå som ved bruk av Industrisement. Ved fremstilling av for eksempel tunnelelementer hvor det er nødvendig å ha tilstrekkelig fasthet ved avformingstidspunktet etter 16 timer må det benyttes Industrisement.

Den viktigste erfaringen fra de innledende laboratorieundersøkelsene er at HASOPOR tilslaget absorberer mye vann og at dette tilleggs vannet må tilsettes under blandeprosessen dersom man skal oppnå ønsket støpelighet uten ekstrem bruk av superplastiserende tilsetningsstoff.

Noe av samme problem ble registrert under fremstillingen av skumglassbetong ved anlegget til Ølen Betong AS. Det viste seg å være vanskelig å fremstille en betong hvor ferskbetongegenskapene ikke endret seg fra blanding til blanding. Behovet for stabile ferskbetongegenskaper er absolutt og representerer et krav som må være løst dersom skumglassbetong skal få praktisk anvendelse. Det bør derfor som et eventuelt neste trinn i undersøkelsene gjennomføres arbeid med sikte på å optimalisere blande- og støpeprosessen.

Som ledd i reseptutviklingen er det gjennomført undersøkelser med sikte på å fastlegge herdnet skumglassbetongs egenskaper.

Brannprøvingen i pilotovn viste at skumglassbetongen hadde bedre brannegenskaper enn det som ble registrert for de andre lettbetongene som ble prøvet samtidig. Skumglassbetongen viste større motstand mot avskalling, og fikk på eksponert side en hinne av smeltet glass.

Frostmotstanden er, basert på reglene i Svensk Standard SS 13 72 44, meget god med avskalling etter 56 døgn mindre enn 0,10 kg/m². Tilsetning av PP-fiber øker frostmotstanden.

Undersøkelsene av kloridinntrengning i skumglassbetongene viser lave diffusjonskoeffisienter, noe som til en viss grad motvirkes av de høye kloridkonsentrasjonene på betongoverflaten. Det hersker derfor en viss usikkerhet med hensyn til hvordan resultatene skal tolkes. Målingene er utført på sagete flater og tar ikke hensyn til den tette flaten man får når betongen støpes mot en stålform.

Fuktnivået i selvuttørket skumglassbetong tilsvarer hva man normalt kan forvente for denne typen betonger. Beregnede verdier for kapillaritets- og motstandstall tilsvarer de verdier man normalt finner for betonger med vannbindemiddelforhold på ca. 0,40.

Målt varmekonduktivitet samsvarer med hva man finner for lettbetonger i det aktuelle densitetsområdet og med de gitte fuktforholdene. Det skal imidlertid påpekes at verdiene for skumglassbetong ligger 10 - 15 % lavere enn de verdiene man fant for den betongen som ble benyttet ved produksjon av elementene til Væretunnelen.

Kort oppsummert har herdnet skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag meget gode betongegenskaper. Mengden vann som tilsettes under blandedprosessen samt kontrollen med støpelighetsegenskapene representerer et problem som må løses før skumglassbetong kan bli industrielt anvendelig.

5 Referanser

- [1] Rapport nr. 2449 LETTBETONG I TUNNELHVELV, Betongsammensetning, Lettbetongelementer – Væretunnelen
Statens vegvesen – Teknologivdelingen 2006-01-31
- [2] Marit Sliper Drugli. MASTEROPPGAVE ”Bruk av lettbetongelementer i tunneler med god sikkerhet – effekt av PP-fiber, fuktinnhold og tilslagstype.”
Institutt for Bygg, anlegg og transport, NTNU juni 2005
- [3] Sverre Smeplass KAPILLÆRABSORPSJON SOM KVALITETSKRITERIUM
Rapport nr. STF65 A88028 ISBN 82-595-5218-3
Sintef 2998-04-03
- [4] CtO Beton-Bogen
Aalborg Portland, 2,utgave 1985

Vedleggsliste

Vedlegg 1 HASOPOR – Materialelegenskaper

Vedlegg 2 Delmaterialer – datablad

Vedlegg 3 Prøvingsrapport HASOPOR tilslag – Sintef

Vedlegg 4 Proporsjonering på volumbasis – Sintef

Vedlegg 5 Lettbetong med LECA og Standard FA sement

Vedlegg 6 Lettbetong med HASOPOR og Standard FA sement

Vedlegg 7 Lettbetong med HASOPOR og ”Aalborg White” sement

Vedlegg 8 Frostmotstand HASOPOR betong

Vedlegg 9 Kloridinntrengning HASOPOR betong

Vedlegg 10 Kapillær vannmetningsgrad HASOPOR betong

Vedlegg 11 Varmekonduktivitet HASOPOR betong

Vedlegg 1

HASOPOR – Materialelegenskaper

1.1 Produktdatablad - "Qualities of HASOPOR" - 2 sider

1.2 European Technical Approval No ETA – 05/0187 – 13 sider

**1.3 Skumglassbetong med HASOPOR som lett tilslag
Prøveprogram – forslag av 11/2-2005 – 2 sider**



Qualities of [®]HASOPOR

[®]HASOPOR light

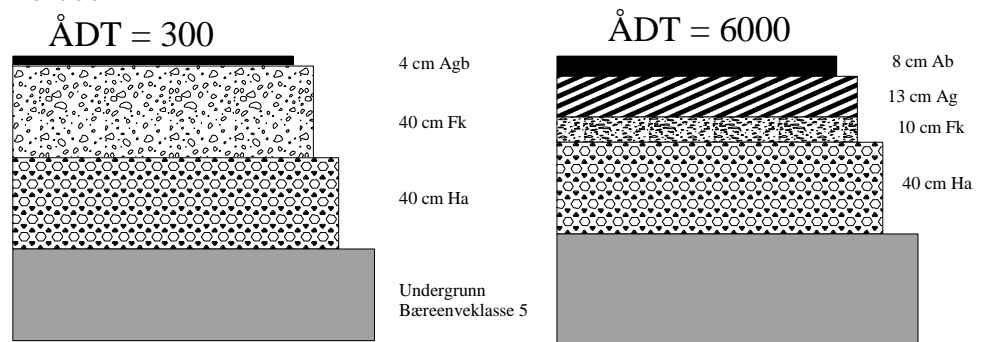
[®]HASOPOR standard

Grain size	10-50 mm [EN 933-1/EN 933-2]	10-50 mm [EN 933-1/EN 933-2]
Dry loose bulk density	180 kg/m ³ [EN 1097-3]	225 kg/m ³ [EN 1097-3]
Density for dimensions, γ^*	3,5 kN/m ³	4,0 kN/m ³
Density for dimensions, γ^{**}	3,0 kN/m ³	3,5 kN/m ³
Loose angel of friction (estimated.)	ca. 45°	ca. 45°
* Density for dimensions – Roads. Ref. to Road Manual 018 (NPRA)		
** Density for dimensions – Buildings.		

Thermal conductivity, [λ], Dry and compressed.	0,099 W/mK 15% compressed [EN 12667]	0,107 W/mK 25% compressed [EN 12667]
Thermal conductivity [λ], Wet and uncompressed. <i>After long term (68 weeks) water absorption by total immersion.</i>	0,19 W/mK at 58 weight% humidity [EN 12667]	0,215 W/mK at 56 weight% humidity [EN 12667]
Thermal conductivity [λ], Wet and uncompressed. <i>After 28 days water absorption by total immersion.</i>	-	0.143 W/mK 25 weight% humidity [EN 12667]
Capillary water suction after 50 weeks. Compressed 30%	3,9 kg/m ² [EN 1097-10]	12,3 kg/m ² [EN 1097-10]
Capillary height after 50 weeks with water suction.	125 mm [EN 1097-10]	175 mm [EN 1097-10]
Water absorption after 28 days by total immersion.	29,9 weight % [EN 12087]	30,5 weight % [EN 12087]
Long term (68 weeks) water absorption by total immersion.	45 weight % [EN 12087]	55 weight % [EN 12087]
Crushing resistance at 20% deformation.	0.77 N/mm ² [EN 13055-1]	0.92 N/mm ² [EN 13055-1]
Resistance to freezing and thawing. - Reduction in the oedometer modulus. - Visual observation of cracks or disintegration.		No No [EN 12091]
Behaviour under cyclic load.		E-module $\geq 90\%$ of a sub base layer. Max. dynamic vertical load on top of [®] HASOPOR ≤ 75 KPa [prEN 13286-7]

Road construction with [®]HASOPOR as insulation and bearing material.

[Cyclic load testing of [®]HASOPOR in a large tri-axial apparatus in accordance with [prEN 13286-7]. SINTEF Bygg og miljø, Veg og samferdsel. Prosjekt nr. 22G185]

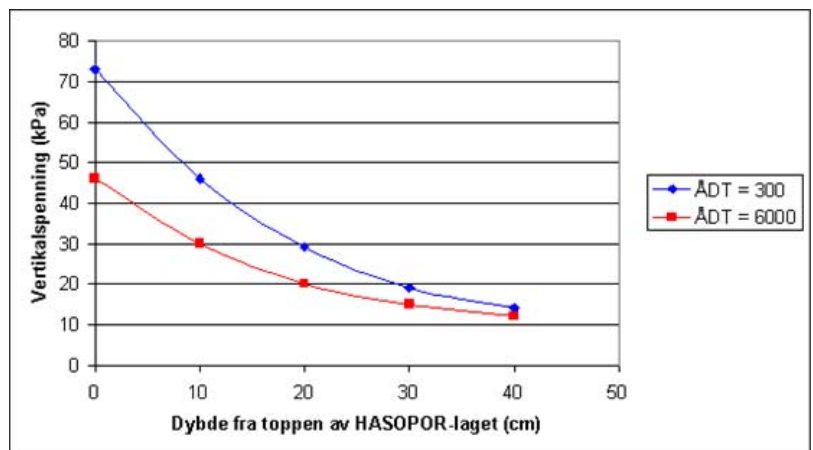


Two road construction examples dimensioned with [®]HASOPOR.

Stress in [®]HASOPOR-layer.

The stress is higher in the ÅDT 300 (= 300 vehicles per day) construction and it depends on the thickness of the bitumen layer. Calculations shows that these two constructions have a reasonable stress level for [®]HASOPOR.

It's necessary to evaluate every construction concerning traffic, bitumen-layer and other parameters involved.

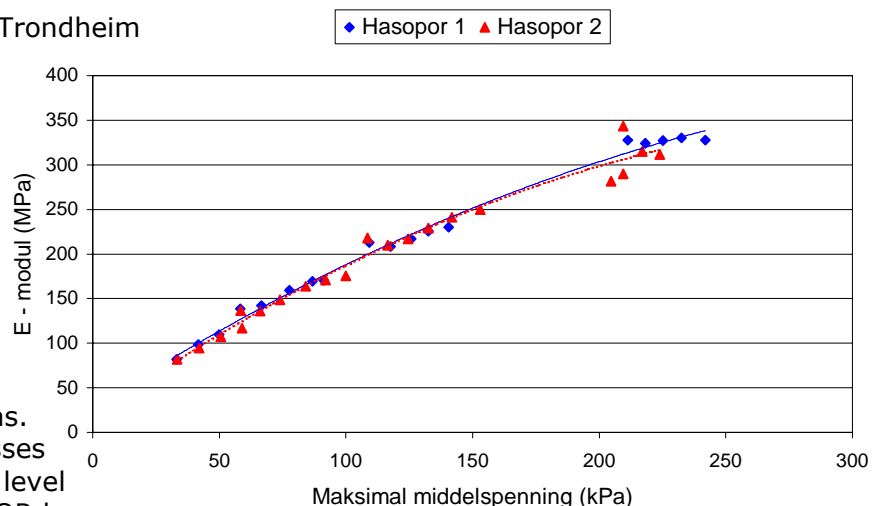


CONCLUSIONS

Investigation at the research institute in Trondheim shows that the [®]HASOPOR material have similar load capacity as a normal gravel-layer.

Elasticity module, as a function of maximum average stresses.

The mechanism for permeable deformations seems to be related to crushing of the grains at the contact areas. It seems out of the test results that stresses similar or lower than 75 kPa is a realistic level for vertical dynamic load on the [®]HASOPOR layer.



Forhandler i Norge:

HAS
CONSULT AS

Dronningens gt. 9
N-7011 Trondheim
Norway
Phone +47 73 99 19 80
Fax +47 73 52 31 90
e-mail: has.consult@hasgroup.com
www.hasgroup.com

Produsent:

MILJØTEK
HASOPOR AS

Norwegian Building Research Institute
P.O.Box 123 Blindern
N-0314 Oslo
Tel. 47 22 96 55 55
Fax 47 22 69 54 38



Authorised and notified according to Article 10 of the Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products

MEMBER OF EOTA

European Technical Approval No. ETA-05/0187

Trade name:	® HASOPOR
Holder of approval:	Has Consult AS Dronningens gt. 9 N-7011 Trondheim Norway Tel. + 47 73 99 19 80 Fax+ 47 73 52 31 90
Generic type and use of construction product:	Cellular glass loose fill for use as thermal and frost insulating layer, water capillary barrier, drainage, and light fill in building foundations and road construction applications
Valid from:	12.10.2005
to:	12.10.2010
Manufacturing plant:	Miljøtek Hasopor AS N-7531 Meråker Norway Tel. + 47 40 00 57 85 Fax+ 47 74 81 00 45
This European Technical Approval contains:	13 pages including 1 Annex which form an integral part of the document



European Organisation for Technical Approvals

I LEGAL BASIS AND GENERAL CONDITIONS

- 1 This European Technical Approval is issued by Norwegian Building Research Institute, in the following called NBI, in accordance with:
 - Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products¹, modified by the Council Directive 93/68/EEC² and Regulation (EC) N° 1882/2003 of the European Parliament and of the Council³
 - Common Procedural Rules for Requesting, Preparing and the Granting of European technical approvals set out in the Annex of Commission Decision 94/23/EC⁴
 - Common Understanding of Assessment Procedure (CUAP) for ETA request no.12.01/08
- 2 NBI is authorised to check whether the provisions of this European Technical Approval are met. Checking may take place in the manufacturing plant. Nevertheless, the responsibility for the conformity of the products to the European Technical Approval and for their fitness for the intended use remains with the holder of the European Technical Approval.
- 3 This European Technical Approval is not to be transferred to manufacturers or agents of manufacturers other than those indicated on page 1 of this European Technical Approval.
- 4 This European Technical Approval may be withdrawn by NBI in particular pursuant to information by the Commission according to Article 5(1) of Council Directive 89/106/EEC.
- 5 Reproduction of this European Technical Approval including transmission by electronic means shall be in full. However, partial reproduction can be made with the written consent of NBI. In this case partial reproduction has to be designated as such. Texts and drawings of advertising brochures shall not contradict or misuse the European Technical Approval.
- 6 The European Technical Approval is issued by the approval body in its official language. This version corresponds fully to the version circulated in EOTA. Translations into other languages have to be designated as such.

¹ Official Journal of the European Communities N° L40, 11.2.1989, p. 12

² Official Journal of the European Communities N° L 220, 30.08.1993, p. 1

³ Official Journal of the European Union N° L 284, 31.10.2003, p. 1

⁴ Official Journal of the European Communities N° L17, 20.1.1994, p. 34

II SPECIFIC CONDITIONS OF THE EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL

1 Definition of product and intended use

1.1 Definition of the product

Hasopor is cellular glass loose fill produced by recirculated waste glass. The typical loose bulk density is in the range of 180 - 250 kg/m³, and the normal grain size is in the range of 10-60 mm (nominal sizes d/D). Hasopor is manufactured in two standard classes; Hasopor Light with a loose bulk density of approximately 180 kg/m³, and Hasopor Standard with a density of approximately 225 kg/m³.

1.2 Intended use

The typical use of Hasopor is thermal and frost insulating layer, water capillary barrier, drainage layer and light fill for in-ground constructions. During installation of Hasopor in load-bearing structures, the loose fill material is compacted to obtain optimal load bearing capacity.

Areas for applications in building constructions

- Frost insulating layer under wall foundation and floor slabs
- Thermal insulation layer under floor slabs
- Water capillary barrier and drainage layer under wall foundation and floor slabs
- Lightweight fill

Areas for applications in road constructions

- Frost insulating layer
- Water capillary barrier and drainage layer
- Lightweight fill

The provisions made in this European Technical Approval are based upon an assumed intended working life of 50 years. The indications given on the working life cannot be interpreted as a guarantee given by the producer, but are to be regarded only as a means for choosing the right products in relation to the expected economically reasonable working life of the works.

2 Characteristics of product and methods of verification

2.1 Mechanical resistance and stability (ER 1)

2.1.1 Load bearing capacity

The oedometer modulus (compression stiffness) is measured in accordance with the Giant Oedometer test procedure described in Annex B of the CUAP for ETA request no.12.01/08. The oedometer modulus and the strain for the current stress levels, determined as the lower value of three test results, are presented in table 2.1.1.

Note:

If the cellular loose fill is to be used under concentrated loads an additional suitability test performed on site according to national application rules may be necessary.

Table 2.1.1
Oedometer modulus and strain at different stress levels

Product	Loose bulk dry density kg/m ³	Compacted dry density kg/m ³	Compaction degree	Stress level kPa	Oedometer modulus MPa	Strain %
Hasopor Light	180	225	1.25	0	7.0	0
				25	4.0	0.4
				50	3.0	1.2
				80	2.5	2.4
				100	2.5	3.1
				150	2.5	5.1
				250	2.5	9.0
Hasopor Standard	230	290	1.25	0	10	0
				25	10	0.3
				50	8.0	0.5
				80	7.0	0.9
				100	6.5	1.2
				150	5.5	2.1
				250	4.0	4.2

2.1.2 Settlement and creep strain

The strain at different stress levels are given in table 2.1.1.

The expected long term creep stain during the design life time is tested in the Giant Oedometer and determined in accordance with Annex C of the CUAP for ETA request no.12.01/08. The instant deformation and the creep strain after one and fifty years together with the total strains are given in table 2.1.2

Table 2.1.2
Instant deformation and creep strain at different stress levels

Stress level kPa	Instant deformation day 1 %	Creep strain day 1 to 1 year %	Creep strain day 1 to 50 year %	Total strain after 50 years %
80	2.4	0.12	0.17	2.6
150	5.1	0.25	0.31	5.5
250	9.0	0.47	0.60	9.6

2.1.3 Crushing resistance

The crushing resistance is measured in accordance with EN 13055-1, Annex A with modifications described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08.

The crushing resistance is presented in table 2.1.3.

Table 2.1.3
Crushing resistance at different degrees of compression.

Product	Loose bulk dry density kg/m ³	Compacted dry density kg/m ³	Compression %	Crushing resistance MPa
Hasopor Light	180	180	0 *	0 *
		216	20	0.77
		234	30	1.09
		252	40	1.50
Hasopor Standard	230	230	0 *	0 *
		276	20	0.92
		299	30	1.35
		322	40	1.96

* The test started on specimens in unpacked state

2.1.4 Behaviour under cyclic load

The behaviour under cyclic load is tested in accordance with a test method similar to EN 13286-7. The testing was performed on Hasopor Standard. The resilient E-modulus and permanent strain at different stress levels are presented in table 2.1.4.

Table 2.1.4
Resilient E-modulus and permanent strain at different stress levels of dynamic load

Product	Loose bulk density kg/m ³	Compaction degree	Compacted density kg/m ³	Mean stress level kPa	Resilient E- modulus MPa
Hasopor Standard	~230	~1.25	~290	40	75
				60	100
				80	125
				100	150

In order to avoid crushing and deformation of the cellular glass the requirements for the overlay must be calculated on the basis of the cellular glass characteristics given in table 2.1.4. The Hasopor should not be exposed for dynamic loads exceeding 75 kPa (vertical load induced stress). Used in structures exposed to high traffic volumes (> 3.5 million standard 100 kN axels) it is recommended not to expose Hasopor for dynamic loads exceeding 50 kPa.

The stress distribution in the Hasopor layer may be calculated by using a computer program for stress analyses, e.g. BISAR.

Note:

According to national application rules there may be additional requirements and/or restrictions in case of not predominantly static loading under foundations. (e. g. impact loads or frequently repeating loads, crane loads, loads from fork lift trucks, from vehicles, etc.)

2.2 Safety in case of fire (ER 2)

Reaction to fire of Hasopor is classified without testing as class A1 in accordance with EN 13501-1.

2.3 Hygiene, health and environment (ER 3)

Hasopor is manufactured from glass. Table 2.3 shows the content of selected metals determined in the approval testing. The total content of substances are regularly analysed by X-ray Fluorescence (XRF) spectrometry or Inductive Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) and declared by the manufacturer according to the quality assurance plan for the production. The element composition in table 2.3 is stated with a “less than” (<) which means that the amount will not be higher than the declared value.

Table 2.3 also shows the leaching of substances determined in the approval testing made according to EN 12457-3. The leaching is regularly analysed and declared by the manufacturer according to the quality assurance plan for the production. The regularly determined total content and leaching of substances is subject to supervisory control by an independent laboratory who performs the testing according to the quality assurance plan of the production.⁵

⁵ In addition to the specific clauses relating to dangerous substances contained in this European Technical Approval, there may be other requirements applicable to the product falling within its scope (e.g. transposed European legislation and national laws, regulations and administrative provisions). In order to meet the provisions of the EU Construction Products Directive, these requirements need also to be complied with, when and where they apply.

Table 2.3

Total content and leaching of regulated dangerous substances determined in the approval testing

Chemical substance	Element composition analysed by XRF or ICP-AES [mg/kg]	Leaching – EN 12457-3 [mg/kg]
As	< 30 (ICP-AES)	2
Cd	< 2 (ICP-AES)	< 0,005 *
Cr	< 400 (XRF)	0,05
Cu	< 150 (XRF)	0,1
Hg	< 0,15 (ICP-AES)	0,002
Pb	< 1000 (XRF)	0,05

* (<) means that the concentration in the leachate is lower than the limit of detection.

2.4 Safety in use (ER 4)

Not relevant

2.5 Protection against noise (ER 5)

Not relevant

2.6 Energy economy and heat retention (ER 6)

2.6.1 Water vapour transmission

The water vapour resistance factor (μ) may be assumed to be in the range from 1 to 3.

2.6.2 Capillary water suction height

The capillary water suction height is measured in accordance with EN 1097-10, with modifications described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. The capillary water suction height is presented in table 2.6.2.

Table 2.6.2

Water suction height and water absorption

Product	Density after compaction kg/m ³	Water suction height mm	Water absorption after 50 weeks kg/m ²
Hasopor Light	~240	< 120	3,9
Hasopor Standard	~330	< 170	12,3

2.6.3 Water absorption

The long term water absorption by total immersion is measured in accordance with EN 12087, with modifications described in the CUAP for ETA request no.12.01/08. The long term water absorption by total immersion is presented in table 2.6.3.

Table 2.6.3

Water absorption by total immersion in percent by weight

Product	Density kg/m ³	28 days of total immersion % (by weight)	68 weeks of total immersion % by weight	68 weeks of total immersion % by weight
Hasopor Light	180	31	70	40 *
Hasopor Standard	225	30	65	50 *)

* Water absorption adjusted for the initial water uptake in the specimens surface during the first 5 minutes

2.6.4 Thermal conductivity

The thermal conductivity is measured in accordance with EN 12667, with conditions described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. Declared value of the thermal conductivity is determined in accordance with EN 10456. Thermal conductivity for moist material is adjusted for phase changes in accordance with the CUAP for ETA request no. 12.01/08. Declared thermal conductivity and corrected thermal conductivity for moist material is presented in table 2.6.4.

Table 2.6.4
Declared thermal conductivity and corrected thermal conductivity

Product	Compaction degree	Density (dry) kg/m ³	Declared thermal conductivity dry material λ_D (W/mK)	Correction factor moisture content 25 % by weight F_m	Corrected thermal conductivity moisture content 25 % by weight $\lambda_{10,25\%}$ (W/mK)
Hasopor Light	1.15	~210	0,102	1.26	0.129
Hasopor Standard	1.25	~280	0,110	1.32	0.145

2.6.5 Density

The loose bulk density is measured in accordance with EN 1097-3. Densities in wet and dry state are given in table 2.6.5, with varying ratios of compaction as described in CUAP for ETA request no. 12.01/08.

Table 2.6.5
Densities in dry and wet state with varying ratios of compaction

Product	Density in kg/m ³	
	Hasopor Light	Hasopor Standard
Dry. Loose bulk,	180 ±15	225 ±15
Dry. Compaction 1.15	~210	~260
Dry. Compaction 1.25	~225	~280
Wet, moisture content 30 % by weight. Compaction 1.15 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087	~270	~335
Wet, moisture content 30 % by weight. Compaction 1.25 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087	~295	~365
Wet moisture content 80 % by weight. Compaction 1.15 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 -300 freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091	~375	~465
Wet moisture content 80 % by weight. Compaction 1.25 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 -300 freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091	~425	~530
Under uplift in dry state. Compaction 1.0	~ -350	~ -320

2.6.6 Particle size distribution

The particle size distribution is measured in accordance with EN 933-1, applying sieve sizes according to EN 933-2. The particle size distribution for Hasopor Light and Hasopor Standard for actual compaction degrees are shown in figure 2.6.6a and 2.6.6b.

Nominal aggregate size in mm is $d/D = 10/60$. The cleanliness of the aggregate is $G_{85/15}$ which means that the content of oversize material shall not exceed 15 % by mass and the undersize material shall not exceed 15 % by mass.

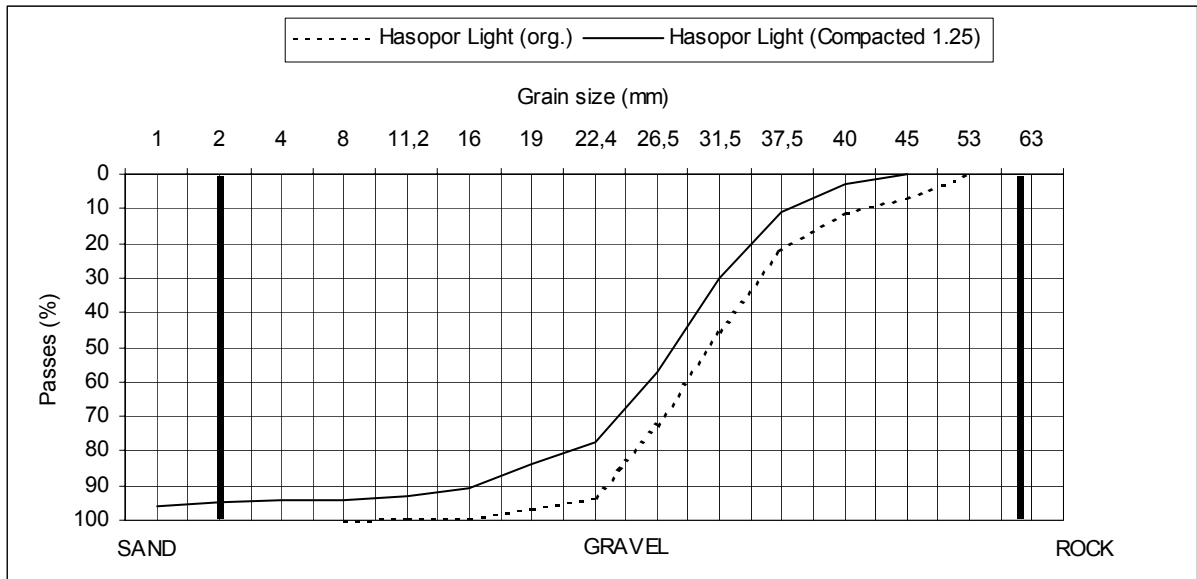


Figure 2.6.6a
Particle Size distribution for Hasopor Light

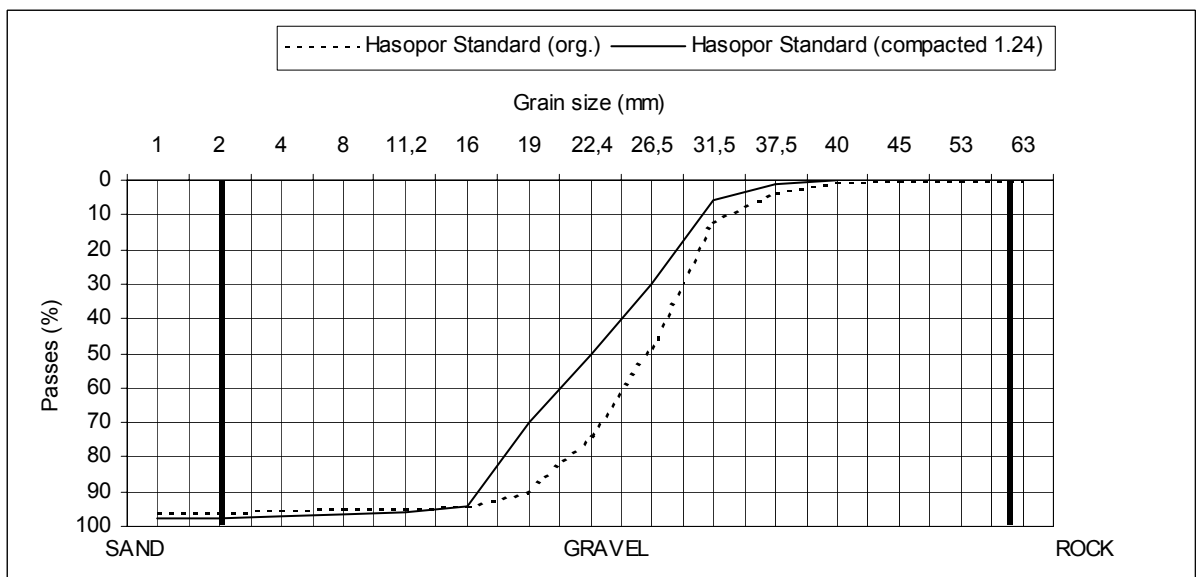


Figure 2.6.6b
Particle Size distribution for Hasopor Standard

2.7 Aspects of durability and serviceability

2.7.1 Resistance to freezing and thawing

2.7.1.1 Building applications

The resistance to freezing and thawing is tested in accordance with EN 12091. The test is performed on Hasopor Standard after long term water absorption by total immersion in accordance with EN 12087. After exposure of 300 freeze-thaw cycles the oedometer modulus are measured on both wet and dry material in accordance with Annex B in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. The water absorption during immersion in accordance with EN 12087 and freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091 are given in table 2.7.1.

Table 2.7.1
Water absorption

Product	Density (dry) kg/m ³	Water absorption by total immersion EN 12087 W _{it} (%)	Water absorption during 300 freeze-thaw cycles EN 12091 W _m (%)
Hasopor Standard	~280	30	40

The oedometer stiffness measured on dry and wet material after exposure of 300 freeze-thaw cycles is at least as high as for the original product.

Freezing and thawing does not reduce the compression stiffness.

No frost cracks or disintegration were observed after exposure of 300 freeze-thaw cycles.

There is no significant difference in the compression stiffness measured on wet and dry samples.

2.7.1.2 Road construction applications

The resistance to freezing and thawing is tested in accordance with EN 13055-2. The percentage loss of mass after 20 freeze-thaw cycles is 0.1 percent. No frost cracks or disintegration were observed.

Note:

In cases where the cellular loose fill may be exposed to freeze/thaw cycles it may be necessary to test the water permeability on material with the actual degree of compaction according to national application rules. Some tests are to be done on compacted material according to the CUAP for ETA request no. 12.01/08. For the use of the product in frost protection layers of road pavements according to national application rules it may be necessary to compact the material with a compaction relation of 1.6 : 1. National application rules may also require additional tests in relation to the relevant traffic loads in order to verify the long term load bearing capacity of the material.

2.8 Attestation of Conformity System

According to letter to EOTA from the European Commission 2004-02-13, regarding CE-marking, the system 3 of attestation of conformity applies. This system of attestation of conformity is defined as follows:

- (a) Tasks of the manufacturer:
 - Factory production control;
 - Further testing of samples taken at the factory by the manufacturer in accordance with a prescribed test plan.
- (b) Tasks of the notified body:
 - Initial type testing of the product.

2.9 Tasks of the manufacturer

2.9.1 Factory production control

The manufacturer shall exercise permanent internal control of the production. All the elements, requirements and provisions adopted by the manufacturer shall be documented in a systematic manner in the form of written policies, procedures and a control plan, including records of results performed. This production control system shall insure that the product is in conformity with this European technical approval.

2.9.2 Testing of samples taken at the factory

Testing of samples taken at the factory according to a prescribed test plan is part of the manufacturer's control plan. The test plan is deposited at Norwegian Building Research Institute.

The finished product shall be tested for the characteristics and with the frequencies given in table 2.9.2.

Table 2.9.2
Tasks of the manufacturer, testing performed on the finished product

Clause in CUAP	Characteristic/Title	Minimum frequency of testing
4.1.2	Crushing resistance	1 per day *
4.6.2	Capillary water suction height	1 per month
4.6.3	Water absorption by total immersion	1 per month
4.6.4	Thermal conductivity, dry material	1 per 3 month
4.6.5	Density, loose bulk	1 per day
4.6.6	Particle size distribution	1 per month

* If the test results show little variation the frequency can be reduced to once per month. This is to be decided by the approval body.

2.10 Tasks of the notified body

2.10.1 Initial type-testing of the product

Approval testing as shown in table 2.10.1 has been conducted by SINTEF Technology and Society, Rock and Soil Mechanics and NBI in accordance with the CUAP for ETA request no. 12.01/08 under the responsibility of NBI as approval body. NBI has assessed the results of these tests, and the product characteristics determined by the test programme have been found acceptable to serve as initial type-testing.

Table 2.10.1
Tests serving as Initial Type Testing


Clause in CUAP	Characteristic/Title
4.1.1	Load bearing capacity, oedometer modulus
4.1.2	Crushing resistance
4.1.3	Behaviour under cyclic load
4.1.4.1	Creep strain
4.6.2	Capillary water suction height. Testing over a period of four weeks
4.6.3	Water absorption by total immersion. Testing over a period of four weeks
4.6.4	Thermal conductivity, both dry and wet material
4.6.5	Densities described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08, clause 5.4.4.
4.6.6	Particle size distribution
4.7.1	Resistance to freezing and thawing

2.11 CE marking

The product manufactured and controlled in accordance with this European Technical Approval authorizes the manufacturer to affix the CE marking on their packaging and also on the accompanying commercial documents. The initials CE shall be accompanied by the following information:

- Name, address and identification mark of the manufacturer and production plant
- The last two digits of year in which the CE marking was affixed
- Number of the ETA
- Identification of the product (trade name)
- Declared loose bulk density of delivery in kg/m³
- Declared grading [d/D] and cleanliness [G_{85/15}]

Example of CE marking and accompanying information for Hasopor:

	
Has Consult AS Dronningens gt. 9 NO-7011 Trondheim	Name and address of the responsible supplier
Miljøtek Hasopor AS NO-7531 Meråker	Name and address of the manufacturer
05	Two last digits of year of affixing the CE marking
ETA-05/0187	Number of European technical approval
® HASOPOR Standard	Product name
225 kg/m ³	Loose bulk density
Grading 10/60 G _{85/15}	Grading and cleanliness

3 Assumptions under which the fitness of the product for the intended use was favourably assessed

3.1 Manufacturing

The European technical approval is issued for Hasopor on the basis of agreed data/information deposited with the Norwegian Building Research Institute, which identifies the product that has been assessed and judged. Changes to the product or production process, which could result in this deposited data/information being incorrect, should be notified to the Norwegian Building Research Institute before the changes are introduced. The Norwegian Building Research Institute will decide whether or not such changes affect the ETA and consequently the validity of the CE marking on the basis of the ETA, and if so whether further assessment or alterations to the ETA is necessary.

3.2 Installation

Hasopor should not be directly exposed for static loads exceeding 75 kPa during installation. During compaction under installation Hasopor should not be exposed for dynamic loads exceeding 50 kPa.

Recommendations for compaction of Hasopor during installation are given in Annex A. The degree of compaction is based on experience, the crushing resistance test, the Giant Oedometer test and the triaxial test. Recommended compaction degrees for the use in different applications are presented in table 3.2.

Table 3.2
Recommended compaction degree

Product	Applications	Compaction degree
Hasopor Light	<ul style="list-style-type: none"> - Lightweight fill - Frost insulating layer under wall foundation and floor slabs - Water capillary barrier and drainage layer under wall foundation and floor slabs 	1.15
Hasopor Standard	Frost insulation layer in road construction	1.25

Note:

Concerning installation (e. g. maximum bulk density before compaction and necessary degree of compaction) there may be national requirements and regulations.

3.3 Content of dangerous substances

Acceptable leaching of substances that may be dangerous to health and environment depends on the intended use, and must be determined case by case according to national regulations.

4 Indications to the manufacturer and supplier

4.1 Packaging, transport and storage

Hasopor must be transported and stored in such a way that the material is protected against crushing and dust collection.


4.2 Use, maintenance, repair

It is the responsibility of the manufacturer to ensure that proper information for the use of Hasopor is available at each delivery, including general guidance on the basis of this ETA.

On behalf of
Norwegian Building Research Institute
Oslo, 12.10.2005



Terje Jacobsen
Director



Trond Ø. Ramstad
Head of product assessments

Annex A

Recommendations for normal and light compaction of [®]HASOPOR during installation

The recommendations are based on experience and provisions given in Norwegian Standard NS 3458.

When stone aggregates (sub base, road base, gravel, etc.) are used on top of a Hasopor layer the following general rules must be observed:

1. Level and compact the Hasopor layer with a levelling equipment using belts (not wheels). The equipment must result in a ground pressure less than 50 kPa.
2. Level the stone aggregate.
3. Compaction of the stone aggregate with compacting equipment following national standard procedures.

When Hasopor is used as a foundation directly under a building structure (concrete floor, foundation, etc.):

1. If possible; level out and compact the Hasopor layer with levelling equipment using belts with a ground pressure less than 50 kPa.
2. If there are problems using a levelling equipment using belts; use manual equipment for levelling out the Hasopor layer.
3. Compact the Hasopor layer with a vibrating plate.

Avoid unnecessary trafficking directly on the Hasopor layer.

Table A1 shows recommendations according to equipment, maximum layer thickness and total overruns.

Table A1
Recommended normal and light compaction during installation

	Lightweight fill	Frost protection layer	Trenches
Track going equipment	≤ 50 KPa	≤ 50 KPa	
Vibrating plate	50 – 200 kg	50 – 200 kg	50 – 100 kg
Maximum layer before compaction - Levelling equipment using belts - Vibrating plate	1.0 m 0.6 m	0.6 m 0.6 m	0.3 m
Total overruns during compaction - Light compaction - Normal compaction	2 2	2 2	2 4

Note:

Concerning installation (e. g. maximum bulk density before compaction and necessary degree of compaction) there may be national requirements and regulations.

Prøveprogram – Skumglassbetong med Hasopor som lett tilslag

1. Innledende laboratorieforsøk

Har tilgjengelig Hasopor Standard i fraksjonene

0-4mm	med partikkeldensitet ca. 1300 kg/m ³
4-8mm	med partikkeldensitet ca. 520 kg/m ³
8-12mm	med partikkeldensitet ca. 520 kg/m ³

Disse verdiene fremkommer ved gjennomgang av forsøk utført ved KTH i Stockholm
Partikkeldensiteten for fraksjon 0-2mm ble bestemt til 1600 kg/m³.

Da det hefter seg en viss usikkerhet til foran nevnte verdier vil
partikkeldensitet
korngradering og
vannabsorpsjon
på det mottatte materialet bli sjekket av Sintef.

Det tas utgangspunkt i følgende betongsammensetning.

Utgangsresept per m³:

Industrisement	420 kg	
Silika	21 kg	
Sand 0-8 (tørr vekt)	500 kg	
Hasopor 4-8 (tørr vekt)	160 kg	
Hasopor 8-12 (tørr vekt)	100 kg	i produksjon Hasopor 4-12 i en fraksjon
Vann	<u>169 kg</u>	
	1.367 kg	

Det siktes mot følgende fersk betongegenskaper:

Slump	ca. 200mm
Utbredelsesmål	360 – 400 mm
Densitet	ca. 1400 kg/m ³

Som utgangspunkt for dosseringen av tilsetningsstoff benyttes verdiene fra Leca-betongen:

Mape air	0,5 kg
Mape LWA	3,0 kg
Mape pumppoil	3,0 kg
RN 15	7,0 kg (varierer for å få ønsket slump)
PP-fiber	2,0 kg

Mengdene tilsetningsstoff er sikkert ikke optimale Det vil på dette punktet være behov for en dialog med Sintef. Dessuten kan det være nødvendig å endre utgangsresepten dersom man i de innledende undersøkelsene finner andre partikkeldensiteter

Det forventes trykkfastheter etter 28 døgn i området 20 MPa.

Ønsker at følgende egenskaper bestemmes:

Fersk betong: Slump, utbredelsesmål og densitet

Herdnet betong: Trykkfasthet og densitet ved 1, 3, 7 og 28 døgn

Parametervariasjonen i undersøkelsens del 1 (5 prøveblandinger) skal være variasjon av tilslagssammensetningen, for eksempel utskifting av sand 0-8 med Hasopor 0-4mm – justering av tilslagsmengdene, etc. Dette drøftes fortløpende med oppdragsgiver.

I undersøkelsens del 2 varieres sementmengde og masseforhold.

Oslo 11. februar 2005.

Finn Fluge

Vedlegg 2

Delmaterialer – datablad fra leverandører

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**

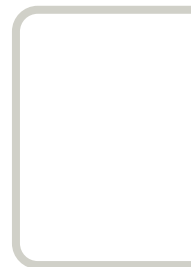
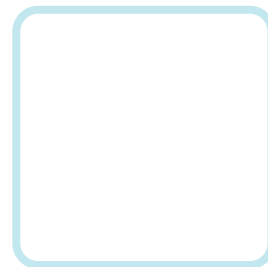
Polypropylene fiber

- **Duomix Fire (M6)**

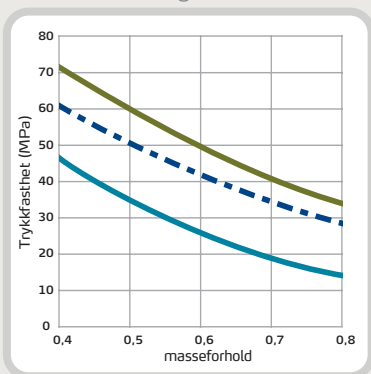
PRODUKTINFORMASJON

Industrisement





Fasthetsutvikling

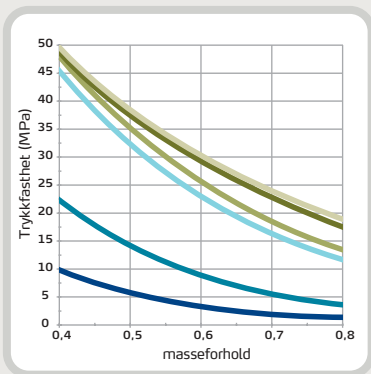


Figur 1

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.

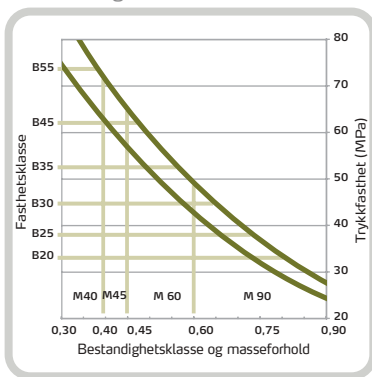
Fasthetsklasse	B20	B25	B30	B35	B45	B55
Største masseforhold	0,82	0,75	0,66	0,57	0,48	0,38

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.



Bestandighetsklasse



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 Portlandflygeselement
EN 197-1 -CEM III/A-V 42,5 R

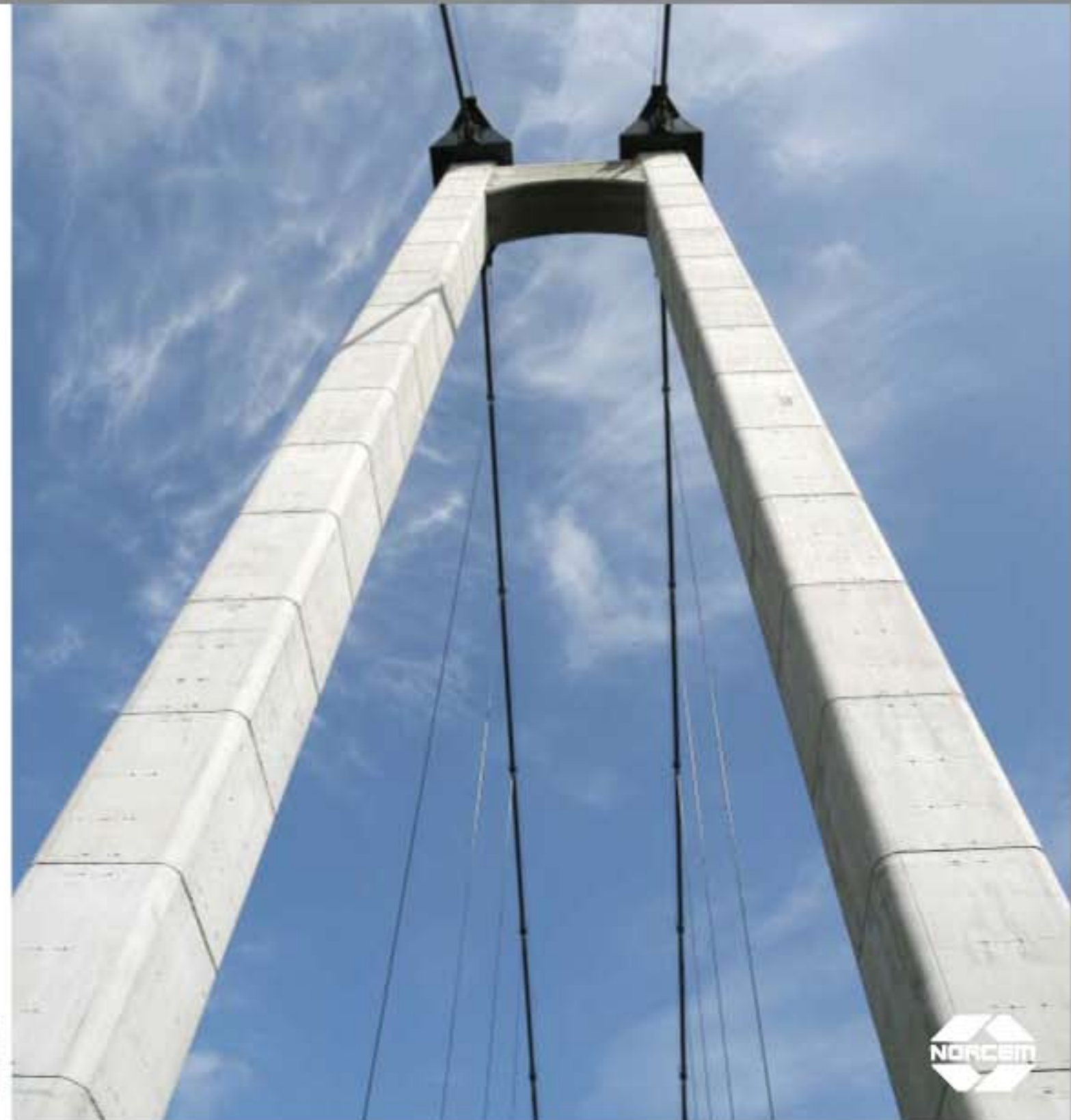
Kjemiske data

Egenskap	Typiske data	Krav ifølge NS-EN 197-1
Finhet (Blaine)	450 m ² /kg	
Alkali (relv Na ₂ O)	1,3 %	
Flygeselementinnhold	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*
Trykkløsthet 1 dagn	22 MPa	
Trykkløsthet 2 dagn	31 MPa	≥ 20 MPa
Trykkløsthet 7 dagn	41 MPa	
Trykkløsthet 28 dagn	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: $(1-PDD/2700 \text{ kg/m}^3) * 100$
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 herdnet 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 herdet 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.

VERNILTAK

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:

- Vannnett 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 kg/m³).

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



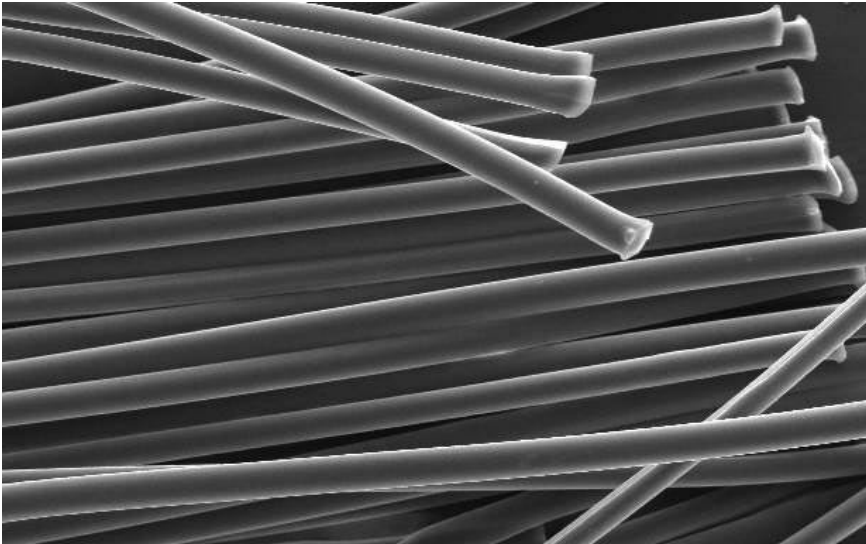
Duomix[®] Fire



**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

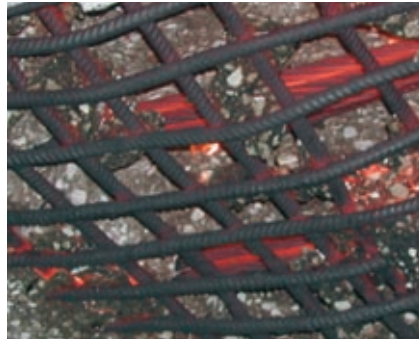
Concrete with Duomix® is used as fibre-reinforced sprayed concrete (FRSpC) or as fibre-reinforced concrete (FRC) poured into a mold.

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

Fire-resistant. Sure.

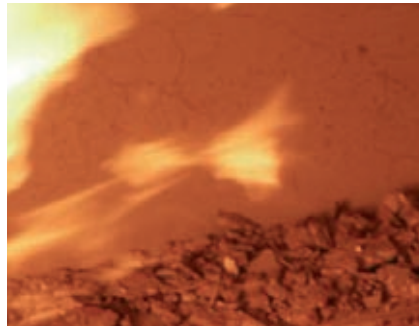
Characteristics and effects of Duomix® Fire (M6)

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.

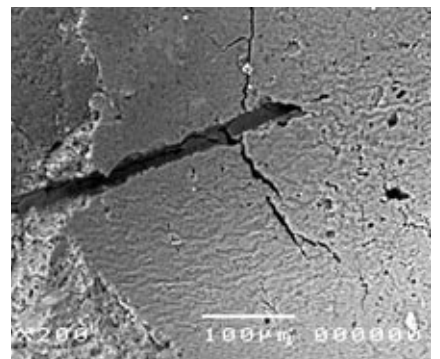
How Duomix® Fire (M6) does this

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.

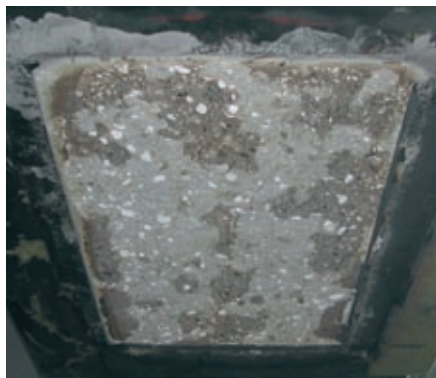
Tested quality

“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/m³ Duomix® Fire (M6) the use of fibreblend (30 kg/m³ Dramix® RC 80/60 BN and 1,5 kg/m³ 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

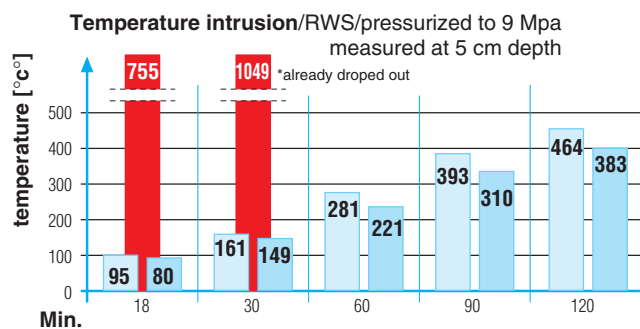
The comprehensive fibre range of **BEKAERT** is the result of intensive research and development, based on the requirements and issues of practical use by industry as well as on innovative deployment. Steel and plastic fibres as well as conventional reinforcing steel are constantly improved, our testing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



Vedlegg 3

PRØVINGSRAPPORT – SINTEF

**Bestemmelse av densitet for ”Hasopor-tilslag”,
proporsjonering av 8 betonger basert på tilslaget, samt
bestemmelse av slump, utbredelse og trykkfasthet for
betongene.**

Rapport nr: 33147 – 2 7 sider – 1 vedlegg

Prosjekt nr: 220713.01

Dato: 2005-05-26

OPPDRAGSGIVER

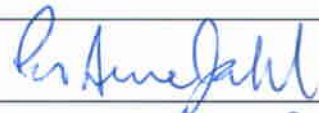

Statens vegvesen, Vegdirektoratet,
Teknologiavdelingen.
Postboks 8142 Dep,
0033 Oslo

BESTILLING / OPPDRAGSGIVERS REF

Brev av 14 februar 2005 / Finn Fluge

OPPDRAGETS ART

**Bestemmelse av densitet for "Hasopor-tilslag",
proporsjonering av 8 betonger basert på tilslaget, samt
bestemmelse av slump, utbredelse, densitet og trykkfasthet for
betongene.**

ARKIVKODE	GRADERING		
	Fortrolig		
ELEKTRONISK ARKIVKODE	FAGLIG ANSVARLIG	RAPPORTNUMMER	
I:\pro\227013 Betongprøving\33147SVV-Hasopor	Per Arne Dahl 	33147-2	
PROSJEKTNR	DATO	SAKSBEARBEIDER	ANT SIDER/VEDLEGG
227013.01	2005-05-26	Tor Arne Hammer 	7/1

1 Bakgrunn

SINTEF Betong har fått tilsendt lettilslag, "Hasopor", tilsetningsstoffer fra "ResconMapei" og fiber fra "Bekaert Norge", for proporsjonering og prøving av lettbetong. Følgende materialer ble mottatt:

- Fra "Miljøtek Hasopor", 2005-02-07: Ca 70 kg "Hasopor STD 4-8 mm", samt "Hasopor STD 0-4 mm", pakket i plasttønner.
- Fra "Ølen Betong", 2005-02-09: Ca 120 kg uten merking, i palle-kasse forseglet med plast. Oppdragsgiver har opplyst at forsendelsen inneholder "Hasopor 8-12 mm".
- Fra "ResconMapei" (bestilt av SINTEF), 2005-02-18: 5 liter flytende "Mapepump oil" og "Mapeair 25", begge i 5 liters plastkanner, samt 5 kg pulver "Mapeplast LWA" i papirsekk.
- Fra "Bekaert Norge" (bestilt av SINTEF), 2005-02-22: 2 kg plastfiber, "Duomix 6" i papirsekker

I tillegg ble det benyttet "Mapefluid RN15" fra eget lager.

Arbeidet er utført på basis av på bestilling datert 2005-02-14, samt diverse telefonsamtaler og e-post mellom oppdragsgivers ref. og saksarbeider.

Arbeidet omfatter i alt 8 blandinger og ble gjennomført i to faser: Fase 1 omfatter 5 blandinger og ble rapportert i prøvingsrapport 33147-1, datert 2005-03-16. Fase 2 omfatter 3 nye blandinger med resepter som er modifiserte utgaver av reseptene for 3 av blandingene i fase 1. Denne rapporten omfatter både fase 1 og fase 2.

2 Undersøkeleser av tilslag

- Bestemt partikkeldensitet og vannabsorpsjon for 4-8 og 8-12 fraksjonene iht Kontrollrådet, klasse P Metoder for betongtilslag, se tabell 1
- Siktekurve på "Hasopor 0-4", VEDLEGG 1
- Partikkel-densitet på hver fraksjon av sanden, på følgende måte:
Hver fraksjon (tørr) ble fylt i et beger med kjent volum, **V**. Vekt ble målt, **m**. Deretter ble vann fylt i begret for å fylle hulrommene mellom partiklene. Vekten av tilsatt vann tilsvarer da volumet av hulrommet, **V_h**, under antagelse av at partiklene ikke suger vann i de få minuttene som måle-prosessen tar, men at det er bare overflateporer som fylles. Da er partikkeldensiteten: **m/(V- V_h)**.

Kommentarer:

Det fremgår ved øyensyn at de groveste partiklene (4-8 mm, 8-12 mm samt de groveste partiklene i sanden) har til dels grove porer i overflaten, som må fylles med sementpasta i tillegg til hulrommene mellom partiklene. Hasopor-tilslaget forventes derfor å ha betydelig større pastabehov enn "vanlig" tilslag med samme korngradering. Hvor mye dette utgjør er usikkert.

En annen konsekvens av de grove overflateporene er at resultatene fra standard densitet- og vannabsorpsjons-prøving av 4-8 og 8-12 fraksjoner blir usikre: Bestemmelse av SSD-tilstanden innebærer tørking av overflatevann med en klut før veiing. Det er grunn til å anta denne tørkingen tar vannet i de groveste overflateporene, men ikke i de fineste. Det betyr i så fall at den bestemte SSD-densiteten og vannabsorpsjonen er for høy, og dermed at beregnet tørr densitet blir for lav, fordi noe overflatevann ligger igjen. Resultatene bekrefter misstanken ved at det i 8-12 fraksjonen ble målt hele 46 % vannabsorpsjon, se tabell 1.

Tabell 1. Partikkeldensiteter (kg/m³) og vannabsorpsjon (% av tørrvekt):

	Densitet (SSD)	Densitet (ovnstørr)	Vannabsorpsjon
4-8 mm	563	455	24.6
8-12 mm	664	452	46.0

Ikke overraskende varierer densiteten av sanden mye, se tabell 2, fra ca 700 kg/m³ for 2-4 mm til ca 2000 kg/m³ for 0-0,125 mm, noe som gir vektet gjennomsnitt på 1512 kg/m³. Som en forenkling er fraksjonene gruppert i tre fraksjoner, med vektet densitet for hver av dem, se tabell 2.

Densiteten for hele sandfraksjonen samlet ble også bestemt på samme måte. Resultatet er 1532 kg/m³, altså tilfredsstillende nært vektet gjennomsnitt på 1512 kg/m³.

Tabell 2. Partikkeldensiteter for sand (kg/m³).

Fraksjon (mm)	Enkeltfraksjoner	Vektet gj.snitt	Vektet gj.snitt av alle fraksjonene
<0.063	2151	1950	1512
0.063-0.125	1991		
0.125-0.25	1761	1520	
0.25-0.5	1542		
0.5-1	1483		
1-2	1108	900	
2-4	708		
0-4 målt som én fraksjon	1532	-	-

3 Undersøkelser av betong

3.1 Proporsjonering og blanding, fase 1

3.1.1 Uten ”Hasopor-sand”

Utgangsresepten er basert på den som oppdragsgiver har gjengitt i bestillingsbrevet, men tilsatt mengde lettilslag er korrigert med hensyn til målt densitet for lettilslaget, se kap. 2. Som nevnt er imidlertid bestemmelse av partikkeldensiteten av dette lettilslaget usikker. To av de fem blandingene (blandingene 1 og 3) ble derfor gjennomført spesielt for å kontrollere ”riktigheten” av de målte partikkeldensitetene ved å sammenligne målt betongdensitet med beregnet betongdensitet ut fra partikkeldensitetene for delmaterialene (det antas at det er kun densitetene for lettilslaget som er usikre). Betongens luftinnhold inngår i beregningen. Siden måling av luftinnhold i betong med lettilslag ved bruk den tradisjonelle trykkmetoden er usikker fordi luft som komprimeres i lettilslaget også måles, ble de to blandingene utført uten tilsetning av L-stoff.

Blanding 1 ble proporsjonert basert på en partikkel-densitet på 500 kg/m^3 og 0 % vannabsorpsjon, for begge fraksjonene. **Blanding 2** har samme utgangsresept, men tilsatt L-stoff (antatt å gi 6 % luft). Den målte densiteten var betydelig høyere enn den beregnede for begge blandingene, se tabell 3, hvilket indikerer at den antatte partikkeldensiteten er for lav og/eller at lettilslaget absorberer vann (dvs en del av blandevannet). Det ga en harsk og seig betong med tilnærmet 0 mm synk, se tabell 4. Den dårlige støpeligheten kan skyldes både at de grove overflateporene i tilslaget ”stjeler” sementpasta, som nevnt tidligere, og at tilslaget faktisk suger noe blandevann.

Blanding 3 ble derfor proporsjonert basert på en partikkel-densitet på 550 kg/m^3 for begge fraksjonene, og 50 % av målt vannabsorpsjon, dvs hhv 12 og 23 %. **Blanding 4** har samme utgangsresept, men tilsatt L-stoff (antatt å gi 6 % luft). Som det fremgår av tabell 3 stemte beregnet og målt densitet bedre overens for blanding 3 (se avsnitt ”3.1.3 Blanding” når det gjelder blanding 4), og ovennevnte densitet og vannabsorpsjon ble derfor benyttet i blanding 5, også (se under).

3.1.2 Med Hasoporsand

I og med at densiteten varierer så mye blir det feil å proporsjonere etter vektbasert siktekurve, se venstre figur i VEDLEGG 1. Den volumbaserte er vist i høyre figur. Det fremgår at sanden har veldig mye finstoff, noe som bidrar til stort vannbehov (pastabehov). Det ble derfor valgt å ikke bytte ut hele sandfraksjonen med Hasoporsand i **blanding 5**, men bare 50 % (på volumbasis). For sanden ble det benyttet densitet på 1500 kg/m^3 og 10 % vannabsorpsjon.

Tabell 3. Nominelle resepter ($\sim\text{kg/m}^3$), samt beregnet og målt fersk densitet (kg/m^3) fra fase 1

Materialer	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5
Norcem Industri	420	419	420	420	420
Elkem Microsilica	21	21	21	21	21
Fritt vann	169	169	169	169	169
Absorbent vann *	4	4	42	40	59
Årdal 0-8 mm	532	500	623	595	300
Hasopor 4-8	138	130	144	138	146
Hasopor 8-12	92	86	87	84	88
Hasopor 0-4	-	-	-	-	183
Mapeplast LWA	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mapepump oil	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Mapeair 25	-	1.0	-	1.0	0.5
Mapefluid RN15	17.6	12.6	8.4	6.3	8.4
Duomix 6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Beregnet betongdens.	1 383	1336	1513	1472	1392
Målt betongdensitet**	1 530	1436	1483	1318	1373/1270

* Absorbent vann er vann som er tilsatt som en del av blandevannet men som antas å suges inn i letttilslaget før avbinding starter (dvs at masseforholdet i herdet betong ikke er påvirket)

** For blanding 5: Densitet ble målt før/etter tilsetning av Mapeair 25

3.1.3 Blanding

Alle betongene ble blandet i en "Eirich" 50 liters tvangsblender. Hver blanding var 25 liter. Blandeprosedyren var i hovedsak som følger:

- Mapepump oil, og 50 % av proporsjonert mengde Mapefluid RN 15, ble tilsatt i blandevannet før blanding
- Alle tørre materialer, inkludert fiber, ble blandet i 1 minutt før vanntilsetning.
- Resten av Mapefluid RN 15 ble tilsatt ca 1 min etter vanntilsetning, i den hensikt å oppnå akseptabel konsistens (før eventuell tilsetning av Mapeair 25)
- Mapeair 25 ble tilsatt ca 1 minutt etter siste del av Mapefluid RN15
- Blandetiden med Mapeair 25 var ca 2 minutter

Blanding 5 ble først gjort uten tilsetning av Mapepump oil, Mapeplast LWA og Mapeair 25, for å observere om det høye finstoffinnholdet i Hasporsanden i seg selv ga tilstrekkelig stabilitet og smidighet. Resultatet var negativt, dvs blandingen virket harsk, tørr og død. Først ble så Mapeplast LWA tilsatt, noe som bidro til litt liv og at den virket mindre harsk (ca 1 minutt blandetid). Deretter ble Mapepump oil tilsatt, noe som ga en ytterligere litt forbedring, men blandingen virket fremdeles harsk, "tung" og seig (ca 1 minutt blandetid). Til slutt ble Mapeair 25 tilsatt med det resultatet at støpeligheten ble betydelig forbedret, dvs at blandingen virket "lett" og hadde god flyteevne samt god stabilitet. Det betydelige bidraget fra små luftblærer til støpligheten bekreftes ved å sammenligne slump og utbredelse for blandingene 1 og 2 som ikke har Mapeair 25, med de tilsvarende blandingene 3 og 4 som har Mapeair 25, se tabell 3.

Densitet for blanding 5 ble målt både før og etter tilsetning av Mapefluid 25, se tabell 3.

Luftinnholdet kan således beregnes som forskjellen mellom de to densitetene (under forutsetning av at delmaterialenes partikkeldensiteter samt vannabsorpsjon er riktige – hvilket ser ut til å stemme bra siden beregnet og målt densitet før tilsetning av Mapeair 25 er ganske like). Resultatet

blir ca 9 % luft, hvilket i praksis betyr at volumandelen sementpasta har økt tilsvarende, noe som forklarer det meste av den forbedrede støpeligheten.

Det store avviket mellom beregnet og målt densitet for blanding 4 skyldes sannsynligvis i stor grad et luftinnholdet ble betydelig høyere enn antatt pga at det ble benyttet for mye Mapefluid 25. Som det fremgår ble det benyttet samme dosering som i blanding 2, en dosering som viste seg å være nødvendig for å gi tilstrekkelig støpelighet for den blandingen. Siden blanding 2 uten Mapefluid 25 (dvs blanding 1) var svært harsk og tørr er nok ikke doseringen representativ for betonger med bedre utgangspunkt (som for eksempel blanding 4). Resultatene fra blanding 5 antyder altså at 0.5 % Mapefluid 25 ga ca 9 % luft. Det indikerer at 1.0 % gir ca 15 % luft, hvilket stemmer bra med beregnet luftinnhold ut fra forskjellen i beregnet og målt densitet for blanding 4.

3.2 Resultater, fase 1

Slump, utbredelse og densitet av fersk betong ble målt i henhold til NS 3662, NS 3664 og NS3660. Trykkfasthet ble bestemt som middelerverdi av trykkfasthetene målt på tre stk. 100 mm terninger. Variasjonen mellom de tre måleresultatene (største verdi minus minste verdi) var generelt liten, normalt innfor 1.5 MPa og maksimalt 2.4 MPa (gjelder for begge fasene samlet). Trykkprøvingen ble utført i henhold til NS-EN 12390-3. Resultatene er vist i tabell 4.

Blandingene 2, 4 og 5 hadde generelt god støpelighet, men virket noe ”tunge” og seige sett i forhold til densiteten, og var på grensen til å virke harske.

Det fremgår at trykkfastheten for blandingen 1 og 2 er relativt høy i forhold til densiteten sammenlignet med tilsvarende forhold for de andre blandingene. Det samsvarer med at tilslaget har sugd en del blandevann og dermed at det virkelige masseforholdet er en del lavere enn i de andre blandingene (hvor det er tilsatt ekstra vann for å kompensere for vannoppsuget). Forholdet mellom trykkfasthet og densitet er relativt lavt for blandingene 4 og 5. For blanding 4 er det sannsynligvis et resultat av det høye luftinnholdet i den blandingen. For blanding 5 kan det være et resultat av at Hasoporsanden er svak i forhold til densiteten.

Tabell 4. Resultater fra fase 1

Mål	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5
Slump (mm)	~0	170	~0	195	195
Utbredelse (mm)	325	380	325	420	419
Vekt ved avforming (gram)*	1588	1518	1516	1409	1299
Trykkfasthet (MPa) **					
1 døgn	22.2	21.3	17.8	13.9	13.9
3 døgn	25.2	22.8	21.5	17.7	15.8
7 døgn	27.2	25.3	22.6	18.5	18.9
28 døgn	30.1	27.0	25.6	21.5	20.2
Trykkf.(28 d)/vekt ***	0.0189	0.0179	0.0171	0.0149	0.0154

* Middelerverdi av alle tolv terninger som ble støpt ut. Densiteten (kg/m^3) er tilnærmet samme tilsvarende verdi

** Middelerverdi av tre prøvestykker

*** Middelerverdi av de tre terningene som ble trykkprøvd ved 28 døgnns alder

3.3 Proporsjonering og blanding, fase 2

De tre blandingene 6, 7 og 8 i fase 2 er basert på reseptene for hhv blandingene 2, 5 og 4 i fase 1. Forskjellen er at det nominelle sementinnholdet er økt fra 420 kg/m³ til 440 kg/m³ og uten endring av vanninnholdet, dvs at nominelt v/b er redusert fra 0.383 til 0.366. I tillegg ble innholdet av Mapeair 25 redusert fra 1.0 kg/m³ til 0.5 kg/m³.

Blanding ble utført som i fase 1.

Tabell 5. Nominelle resepter (~kg/m³), samt beregnet og målt fersk densitet (kg/m³) for fase 2

Materialer	Blanding 6	Blanding 7	Blanding 8
Norcem Industri	440	439	440
Elkem Microsilica	22	22	22
Fritt vann	169	169	169
Absorbert vann *	38	52	40
Årdal 0-8 mm	554	265	476
Hasopor 4-8	128	129	135
Hasopor 8-12	78	78	87
Hasopor 0-4	-	162	-
Mapeplast LWA	3.2	3.2	3.2
Mapepump oil	3.2	3.2	3.2
Mapeair 25	0.5	0.5	0.5
Mapefliud RN15	8.8	11.4	6.6
Duomix 6	2.0	2.0	2.0
Beregnet betongdens.	1435	1323	1376
Målt betongdensitet	1425	1272	1342

* Absorbert vann er vann som er tilsatt som en del av blandevannet men som antas å suges inn i lettilslaget før avbinding starter (dvs at masseforholdet i herdet betong ikke er påvirket)

3.4 Resultater, fase 2

Slump, utbredelses og densitet av fersk betong ble målt som i fase 1. Resultatene er vist i tabell 6.

Som det fremgår var ikke slump og utbredelse vesentlig forskjellig fra slump og utbredelse i fase 1, men alle blandingene i fase 2 virket mindre ”harske” enn blandingene i fase 1.

Det ser ut til at økt sementinnhold hadde en spesielt gunstig effekt på blandingen med Hasoporsand i og med at trykkfastheten økte uten at densiteten økte vesentlig (blandingene 7 og 5). Men også for blandingen med redusert andel natursand ser økt sementinnhold ut til å ha hatt en gunstig virkning (blandingene 8 og 4).

Tabell 6. Resultater fra fase 2

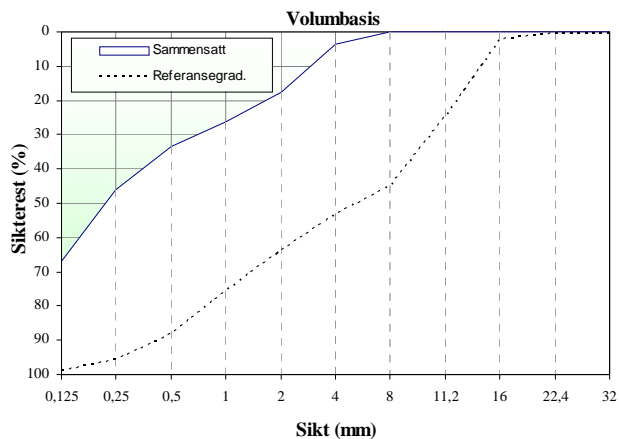
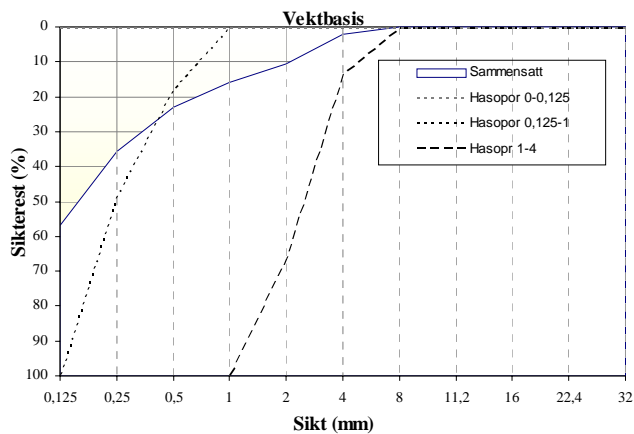
Mål	Blanding 6	Blanding 7	Blanding 8
Slump (mm)	220	190	200
Utbredelse (mm)	413	385	421
Vekt ved avforming (gram)*	1453	1318	1382
Trykkfasthet (MPa) **			
1 døgn	19.7	17.9	17.7
3 døgn	20.4	19.7	18.8
7 døgn	23.2	21.2	21.2
28 døgn	23.9	22.7	22.0
Trykkf.(28 d)/vekt ***	0.0165	0.0173	0.0159

* *Middelverdi av alle tolv terninger som ble støpt ut. Densiteten (kg/m^3) er tilsvarende verdi minus noe få prosent (pga noe overhøyde på terningene)*

** *Middelverdi av tre prøvestykker*

*** *Middelverdi av de tre terningene som ble trykkprøvd ved 28 døgns alder*

VEDLEGG 1 Siktekurver for "Hasoporsand"



Vedlegg 4

Laboratorieundersøkelse ved Sintef

Proporsjonering på volumbasis

4.1 Blanding 6 3 sider

4.2 Blanding 7 3 sider

4.3 Blanding 8 3 sider

Proporsjonering på volumbasis

Prosj./id.: 227013.01-33147 Hasopor/SVV
Bl. 6

SELMER
SKANSKA

©2003-11-21 ss

Initialparametre	Verdi	k
Mengde sementlim [l/m ³]	324	-
v/(c+Σkp)	0,37	-
s/c (silikastøv) [%]	5,0	1,00
f/c (filler, flyveaske) [%]	0,0	0,00
Luftinnhold [%]	9,0	-
Tilsetningsstoff	% av C	% av S
Mapeplast LWA	0,72	0,00
Mapepump oil	0,72	0,00
Mapeair 25	0,12	0,00
Mapefluid RN15	2,00	0,00
Fiber	Vol %	
Stålfiber	0,0	
PP-fiber	0,2	
Matriks	Verdi	
Ønsket matriksmengde [l/m ³]	317	
Oppnådd matriksmengde** [l/m ³]	329	
v/p	0,36	



Utført av	Firma	Dato
Tor Arne Hammer	SINTEF Betong	05.04.2005

Materiale	Densitet * [kg/m ³]	Tørrestoff [%]	Alkalier [%]	Klorider [%]
Norcem Industri	3120	-	0,85	0,07
Elkem Microsilica	2200	100	1,00	0,01
	2650	100	0,00	0,00
Mapeplast LWA	1000	100	0,00	0,10
Mapepump oil	1000	0,9	0,00	0,10
Mapeair 25	1000	4,1	0,00	0,00
Mapefluid RN15	1040	14	0,00	0,00
Stålfiber	7800	-	-	-
PP-fiber	1000	-	-	-

*For sement, pozzolaner og fillere oppgis densitet av tørrestoff. For TSS oppgis våt densitet.

**Tilpass matriksmengde; Ctrl M

***Nullstill korreksjon; Ctrl K

Proporsjonert betong

Materialer	kg/m ³
Norcem Industri	439,7
Elkem Microsilica	22,0
	0,0
Fritt vann	169,0
Absorbert vann	37,7
Årdal 0-8 mm	554,3
Hasopor 0-0,125	0,0
Hasopor 0,25-1	0,0
Hasopr 1-4	0,0
Hasopor 4-8	128,3
Hasopor 8-12	77,9
Hasopor 0-4	0,0
	0,0
	0,0
	0,0
Mapeplast LWA	3,17
Mapepump oil	3,17
Mapeair 25	0,53
Mapefluid RN15	8,79
Stålfiber	0,0
PP-fiber	2,0
Prop. betongdens. (kg/m ³)	1435

volum ok

Ønsket Oppnådd

kg	kg
11,0	10,5
0,5	0,5
0,0	0,0
4,2	4,2
0,9	0,8
13,9	12,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
3,2	2,8
1,9	1,7
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,08	0,08
0,08	0,08
0,01	0,01
0,22	0,21
0,0	0,0
0,1	0,1

Fersk betong

Egenskap	
Ønsket volum	25,0
Innveid volum (l)	22,7
Luftinnhold (%)	17,0
Målt betongdensitet (kg/m ³)	1318
Effektivt v/(c+Σkp)	0,383
Aggressiver	
Kloridinnhold [% av cem.]	0,07
Alkalier [kg/m ³]	3,96
Andel reakt. bergarter [%]	0,0

Volumkorreksjon***

korr.luft	korr.dens	Korrigert
-40,2	0,7	423,0
-2,0	0,0	21,2
0,0	0,0	0,0
-16,2	0,3	170,1
-3,1	0,1	33,0
-46,1	0,8	484,9
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
-10,7	0,2	112,2
-6,5	0,1	68,1
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
-0,3	0,0	3,05
-0,3	0,0	3,05
0,0	0,0	0,51
-0,8	0,0	8,46
0,0	0,0	0,0
-0,2	0,0	2,0
-126,2	2,1	1319

Prosj./id.:	227013.01-33147 Hasopor/SVV
	Bl. 6

Blandevolum:	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg	
Norcem Industri	439,7	10,992			10,992	
Elkem Microsilica	22,0	0,550	0	0,000	0,550	
	0,0	0,000	0	0,000	0,000	
Fritt vann	169,0	4,224		-0,488	3,736	4,680
Absorbent vann	37,7	0,943			0,943	
Årdal 0-8 mm	554,3	13,858	1,5	0,208	14,066	
Hasopor 0-0,125	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopor 0,25-1	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopr 1-4	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopor 4-8	128,3	3,207	0,0	0,000	3,207	
Hasopor 8-12	77,9	1,947	0,0	0,000	1,947	
Hasopor 0-4	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Mapeplast LWA	3,2	0,079	0	0,000	0,079	
Mapepump oil	3,2	0,079	99,1	0,078	0,079	
Mapeair 25	0,5	0,013	95,9	0,013	0,013	
Mapefluid RN15	8,8	0,220	86	0,189	0,220	
Stålfiber	0,0	0,000			0,000	
PP-fiber	2,0	0,050			0,050	

*Se fotnote på delark "Proporsjonering" ** NB! Våte mengder, også for pozzolaner og fillere

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål	220				
Utbredelsesmål	413				
Luft					
Densitet					

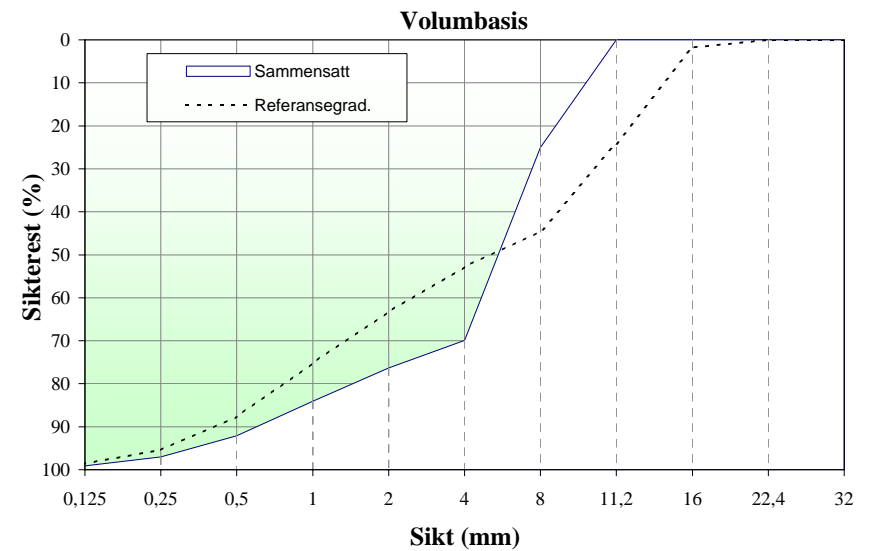
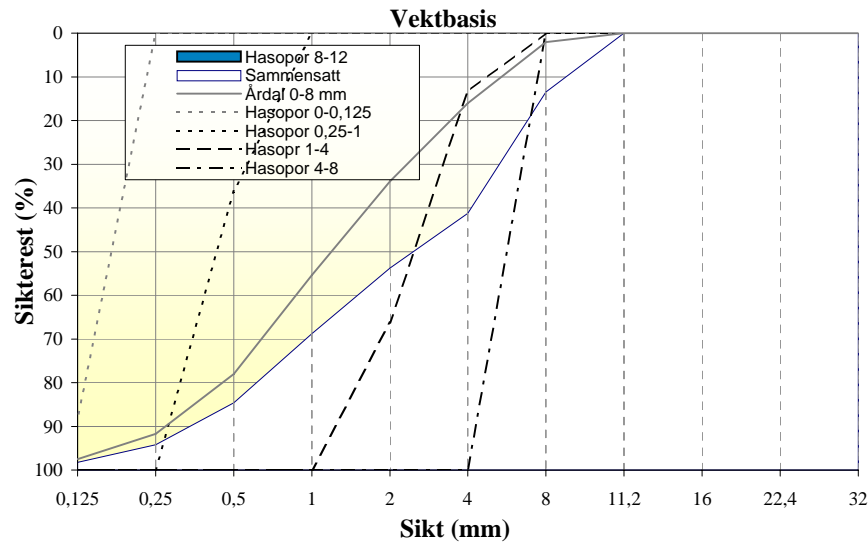
Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger	12				
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

Sammensatt tilslag

Fraksjon	Navn	Densitet [kg/m ³]	Abs. fukt [%]	Alk. reakt. [%]	Klorider [%]	Andel		Bruk
						volum	vekt	
I	Ardal 0-8 mm	2650	0,8	0,0	0,00	0,358	0,700	ok
II	Hasopor 0-0,125	1950	0,8	0,0	0,00	0,000	0,000	
III	Hasopor 0,25-1	1520	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
IV	Hasopr 1-4	900	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
V	Hasopor 4-8	550	12,0	0,0	0,00	0,399	0,180	ok
VI	Hasopor 8-12	550	23,0	0,0	0,00	0,242	0,120	ok
VII	Hasopor 0-4	1300	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
VIII		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
IX		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
X		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
Sammensatt		1235		0,0	0,00	1,000	1,000	

Finhetsmoduler	
FM _{vekt} =	4,05
FM _{vol} =	4,94
FM _{ref} =	4,70
FM _g =	4,70

Åpning	Sikterest		Ref. grad. [vol. %]	Vekt ved tilpasning
	vol.[%]	vekt [%]		
32	0,0	0,0	0,0	1
22,4	0,0	0,0	0,0	1
16	0,0	0,0	1,8	1
11,2	0,0	0,0	24,2	1
8	25,0	13,5	44,6	1
4	69,9	41,2	52,8	1
2	76,3	53,7	63,2	1
1	84,0	68,8	75,2	2
0,5	92,1	84,6	87,7	2
0,25	97,0	94,2	95,4	2
0,125	99,1	98,2	98,6	2



Proporsjonering på volumbasis

Prosj./id.: **Prosjektnavn 227013.01-33147 Hasopor/SVV**
Blanding 7

SELMER
SKANSKA

©2003-11-21 ss

Initialparametre	Verdi	k
Mengde sementlim [l/m ³]	324	-
v/(c+Σkp)	0,37	-
s/c (silikastøv) [%]	5,0	1,00
f/c (filler, flyveaske) [%]	0,0	0,00
Luftinnhold [%]	9,0	-
Tilsetningsstoff	% av C	% av S
Mape LWA	0,72	0,00
Mape Pumpoil	0,72	0,00
Mape air	0,12	0,00
Mape RN15	2,60	0,00
Fiber	Vol %	
Stålfiber	0,0	
PP-fiber	0,2	
Matriks	Verdi	
Ønsket matriksmengde [l/m ³]	321	
Oppnådd matriksmengde** [l/m ³]	362	
v/p	0,32	



Utført av	Firma	Dato
Tor Arne Hammer	SINTEF Betong	05.04.2005

Materiale	Densitet * [kg/m ³]	Tørrestoff [%]	Alkalier [%]	Klorider [%]
Norcem Industri	3120	-	0,85	0,07
Elkem Microsilica	2200	100	1,00	0,01
	2650	100	0,00	0,00
Mape LWA	1000	100	0,00	0,10
Mape Pumpoil	1000	0,9	0,00	0,10
Mape air	1000	4,1	0,00	0,00
Mape RN15	1040	14	0,00	0,00
Stålfiber	7800	-	-	-
PP-fiber	1000	-	-	-

*For sement, pozzolaner og fillere oppgis densitet av tørrestoff. For TSS oppgis våt densitet.

**Tilpass matriksmengde; Ctrl M

***Nullstill korreksjon; Ctrl K

Proporsjonert betong

Materialer	kg/m ³
Norcem Industri	439,3
Elkem Microsilica	22,0
	0,0
Fritt vann	168,8
Absorbert vann	51,7
Årdal 0-8 mm	265,4
Hasopor 0-0,125	0,0
Hasopor 0,25-1	0,0
Hasopor 1-4	0,0
Hasopor 4-8	128,6
Hasopor 8-12	78,1
Hasopor 0-4	162,1
	0,0
	0,0
	0,0
Mape LWA	3,16
Mape Pumpoil	3,16
Mape air	0,53
Mape RN15	11,42
Stålfiber	0,0
PP-fiber	2,0
Prop. betongdens. (kg/m ³)	1323

volum ok

Ønsket Oppnådd

kg	kg
11,0	10,6
0,5	0,5
0,0	0,0
4,2	4,3
1,3	1,3
6,6	6,6
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
3,2	3,2
2,0	1,9
4,1	4,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,08	0,00
0,08	0,00
0,01	0,00
0,29	0,21
0,0	0,0
0,1	0,1

Fersk betong

Egenskap	
Ønsket volum	25,0
Innveid volum (l)	24,6
Luftinnhold (%)	10,0
Målt betongdensitet (kg/m ³)	1270
Effektivt v/(c+Σkp)	0,370
Aggressiver	
Kloridinnhold [% av cem.]	0,07
Alkalier [kg/m ³]	3,95
Andel reakt. bergarter [%]	0,0

Volumkorreksjon***

korr.luft	korr.dens	Korrigert
-4,4	-11,5	415,7
-0,2	-0,6	20,8
0,0	0,0	0,0
-1,8	-4,6	161,6
-0,5	-1,4	50,4
-2,7	-7,1	258,8
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
-1,3	-3,5	125,4
-0,8	-2,1	76,1
-1,7	-4,4	158,1
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,00
0,0	0,0	0,00
0,0	0,0	0,00
-0,1	-0,2	8,31
0,0	0,0	0,0
0,0	-0,1	2,0
-13,4	-35,4	1270

Prosj./id.:	Hasopor/SVV Blanding 7
--------------------	-----------------------------------

Blandevolum:	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg
Norcem Industri	439,3	10,983			10,983
Elkem Microsilica	22,0	0,549	0	0,000	0,549
	0,0	0,000	0	0,000	0,000
Fritt vann	168,8	4,221		-0,436	3,785
Absorbert vann	51,7	1,293			1,293
Årdal 0-8 mm	265,4	6,634	1,5	0,100	6,734
Hasopor 0-0,125	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Hasopor 0,25-1	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Hasopor 1-4	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Hasopor 4-8	128,6	3,215	0,0	0,000	3,215
Hasopor 8-12	78,1	1,952	0,0	0,000	1,952
Hasopor 0-4	162,1	4,053	0,0	0,000	4,053
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000
Mape LWA	3,2	0,079	0	0,000	0,079
Mape Pumpoil	3,2	0,079	99,1	0,078	0,079
Mape air	0,5	0,013	95,9	0,013	0,013
Mape RN15	11,4	0,286	86	0,246	0,286
Stålfiber	0,0	0,000			0,000
PP-fiber	2,0	0,050			0,050

5,078

*Se fotnote på delark "Proporsjonering"

** NB! Våte mengder, også for pozzolaner og fillere

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål	190				
Utbredelsesmål	385				
Luft					
Densitet					

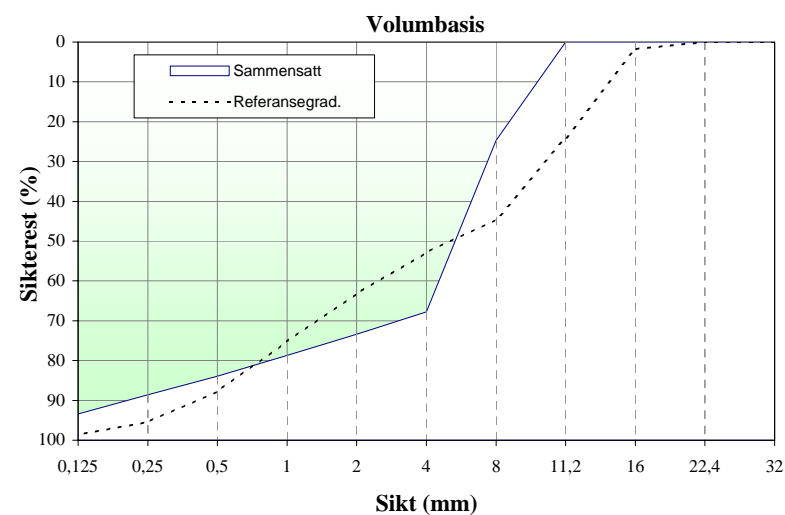
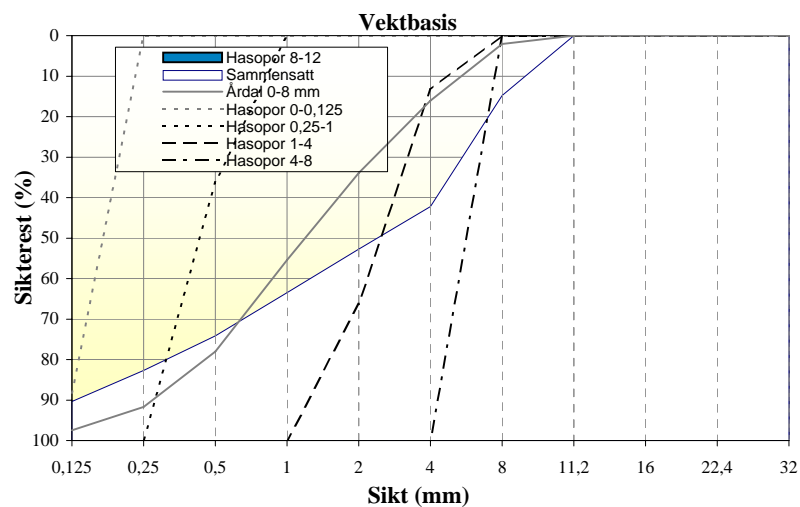
Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger	12				
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

Sammensatt tilslag

Fraksjon	Navn	Densitet [kg/m ³]	Abs. fukt [%]	Alk. reakt. [%]	Klorider [%]	Andel		Bruk
						volum	vekt	
I	Årdal 0-8 mm	2650	0,8	0,0	0,00	0,171	0,390	ok
II	Hasopor 0-0,125	1950	0,8	0,0	0,00	0,000	0,000	
III	Hasopor 0,25-1	1520	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
IV	Hasopor 1-4	900	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
V	Hasopor 4-8	550	12,0	0,0	0,00	0,400	0,210	ok
VI	Hasopor 8-12	550	23,0	0,0	0,00	0,243	0,140	ok
VII	Hasopor 0-4	1500	10,0	0,0	0,00	0,185	0,260	ok
VIII		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
IX		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
X		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
Sammensatt		1045		0,0	0,00	1,000	1,000	

Finhetsmoduler	
FM _{vekt} =	3,75
FM _{vol} =	4,64
FM _{ref} =	4,70
FM _g =	4,70

Åpning	Sikterest		Ref. grad. [vol. %]	Vekt ved tilpasning
	vol.[%]	vekt [%]		
32	0,0	0,0	0,0	1
22,4	0,0	0,0	0,0	1
16	0,0	0,0	1,8	1
11,2	0,0	0,0	24,2	1
8	24,7	14,8	44,6	1
4	67,7	42,2	52,8	1
2	73,4	52,8	63,2	1
1	78,7	63,5	75,2	2
0,5	83,9	74,1	87,7	2
0,25	88,6	82,7	95,4	2
0,125	93,4	90,4	98,6	2



Proporsjonering på volumbasis

Prosj./id.: 227013.01-33147 Hasopor/SVV
Bl. 8

SELMER
SKANSKA

©2003-11-21 ss

Initialparametre	Verdi	k
Mengde sementlim [l/m ³]	324	-
v/(c+Σkp)	0,37	-
s/c (silikastøv) [%]	5,0	1,00
f/c (filler, flyveaske) [%]	0,0	0,00
Luftinnhold [%]	9,0	-
Tilsetningsstoff	% av C	% av S
Mapeplast LWA	0,72	0,00
Mapepump oil	0,72	0,00
Mapeair 25	0,12	0,00
Mapefluid RN15	1,50	0,00
Fiber	Vol %	
Stålfiber	0,0	
PP-fiber	0,2	
Matriks	Verdi	
Ønsket matriksmengde [l/m ³]	317	
Oppnådd matriksmengde** [l/m ³]	329	
v/p	0,36	



Utført av	Firma	Dato
Tor Arne Hammer	SINTEF Betong	05.04.2005

Materiale	Densitet * [kg/m ³]	Tørstoff [%]	Alkalier [%]	Klorider [%]
Norcem Industri	3120	-	0,85	0,07
Elkem Microsilica	2200	100	1,00	0,01
	2650	100	0,00	0,00
Mapeplast LWA	1000	100	0,00	0,10
Mapepump oil	1000	0,9	0,00	0,10
Mapeair 25	1000	4,1	0,00	0,00
Mapefluid RN15	1040	14	0,00	0,00
Stålfiber	7800	-	-	-
PP-fiber	1000	-	-	-

*For sement, pozzolaner og fillere oppgis densitet av tørstoff. For TSS oppgis våt densitet.

**Tilpass matriksmengde; Ctrl M

***Nullstill korreksjon; Ctrl K

Proporsjonert betong

Materialer	kg/m ³
Norcem Industri	440,0
Elkem Microsilica	22,0
	0,0
Fritt vann	169,1
Absorbert vann	40,1
Årdal 0-8 mm	476,4
Hasopor 0-0,125	0,0
Hasopor 0,25-1	0,0
Hasopr 1-4	0,0
Hasopor 4-8	135,2
Hasopor 8-12	87,1
Hasopor 0-4	0,0
	0,0
	0,0
	0,0
Mapeplast LWA	3,17
Mapepump oil	3,17
Mapeair 25	0,53
Mapefluid RN15	6,60
Stålfiber	0,0
PP-fiber	2,0
Prop. betongdens. (kg/m ³)	1376

volum ok

Ønsket Oppnådd

kg	kg
11,0	10,5
0,5	0,5
0,0	0,0
4,2	4,2
1,0	0,8
11,9	12,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
3,4	2,8
2,2	1,7
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,0	0,0
0,08	0,08
0,08	0,08
0,01	0,01
0,16	0,21
0,0	0,0
0,1	0,1

Fersk betong

Egenskap	
Ønsket volum	25,0
Innveid volum (l)	22,7
Luftinnhold (%)	17,0
Målt betongdensitet (kg/m ³)	1318
Effektivt v/(c+Σkp)	0,387

Aggressiver

Kloridinnhold [% av cem.]	0,07
Alkalier [kg/m ³]	3,96
Andel reakt. bergarter [%]	0,0

Volumkorreksjon***

korr.luft	korr.dens	Korrigert
-40,1	0,9	422,4
-2,0	0,0	21,1
0,0	0,0	0,0
-16,1	0,4	171,7
-3,1	0,1	33,0
-46,0	1,1	484,2
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
-10,6	0,2	112,1
-6,5	0,2	68,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0
-0,3	0,0	3,04
-0,3	0,0	3,04
0,0	0,0	0,51
-0,8	0,0	8,45
0,0	0,0	0,0
-0,2	0,0	2,0
-126,0	2,9	1319

Prosj./id.:	227013.01-33147 Hasopor/SVV Bl. 8
--------------------	--

Blandevolum:	25 liter
Dato:	
Tidspunkt for vanntilsetning	
Ansvarlig:	
Utført av:	

Materialer	Resept kg/m ³	Sats kg	Fukt* %	Korr. kg	Oppveid** kg	
Norcem Industri	440,0	11,000			11,000	
Elkem Microsilica	22,0	0,550	0	0,000	0,550	
	0,0	0,000	0	0,000	0,000	
Fritt vann	169,1	4,227		-0,412	3,816	4,817
Absorbent vann	40,1	1,002			1,002	
Årdal 0-8 mm	476,4	11,910	1,5	0,179	12,089	
Hasopor 0-0,125	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopor 0,25-1	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopr 1-4	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Hasopor 4-8	135,2	3,381	0,0	0,000	3,381	
Hasopor 8-12	87,1	2,177	0,0	0,000	2,177	
Hasopor 0-4	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	
Mapeplast LWA	3,2	0,079	0	0,000	0,079	
Mapepump oil	3,2	0,079	99,1	0,078	0,079	
Mapeair 25	0,5	0,013	95,9	0,013	0,013	
Mapefluid RN15	6,6	0,165	86	0,142	0,165	
Stålfiber	0,0	0,000			0,000	
PP-fiber	2,0	0,050			0,050	

*Se fotnote på delark "Proporsjonering"

** NB! Våte mengder, også for pozzolaner og fillere

Fersk betong					
Tid etter vanntilsetning					
Synkmål	200				
Utbredelsesmål	421				
Luft					
Densitet					

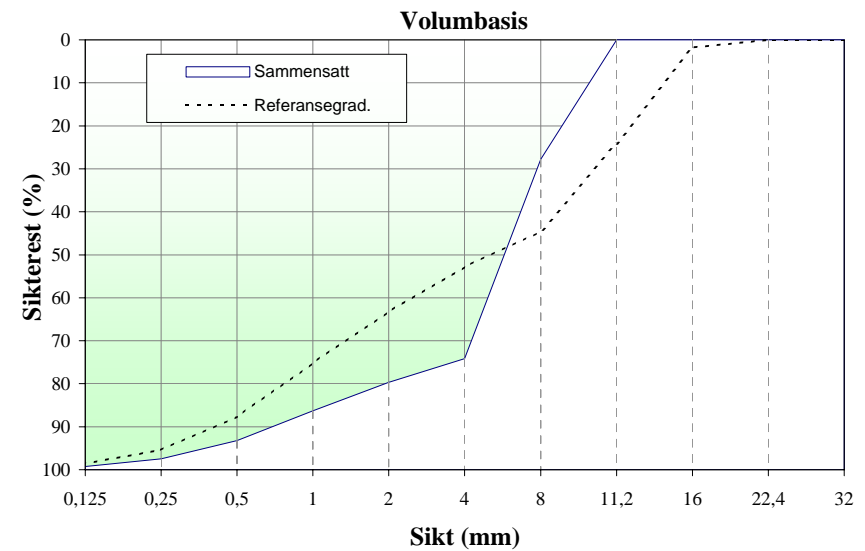
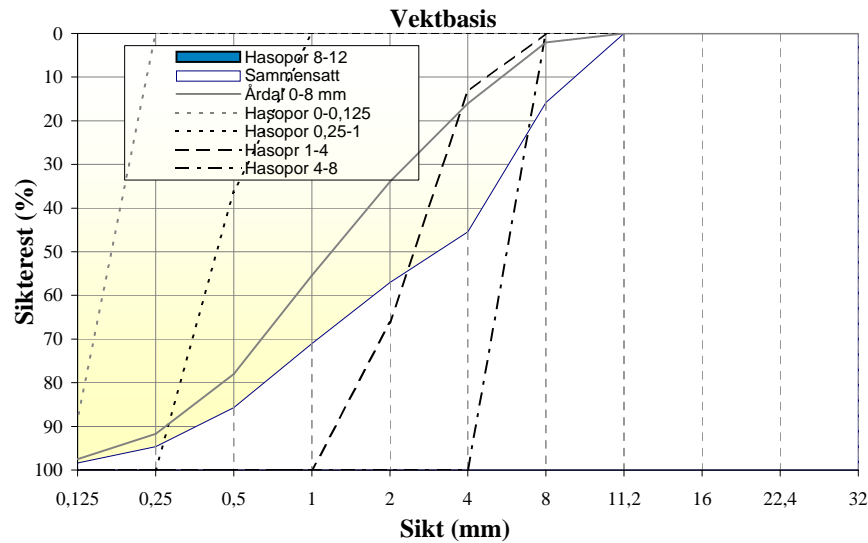
Prøvestykker (antall)					
Utstøpningstidspunkt					
Terninger	12				
150x300 sylindre					
100x200 sylindre					

Sammensatt tilslag

Fraksjon	Navn	Densitet [kg/m ³]	Abs. fukt [%]	Alk. reakt. [%]	Klorider [%]	Andel		Bruk
						volum	vekt	
I	Ardal 0-8 mm	2650	0,8	0,0	0,00	0,308	0,650	ok
II	Hasopor 0-0,125	1950	0,8	0,0	0,00	0,000	0,000	
III	Hasopor 0,25-1	1520	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
IV	Hasopr 1-4	900	0,5	0,0	0,00	0,000	0,000	
V	Hasopor 4-8	550	12,0	0,0	0,00	0,421	0,205	ok
VI	Hasopor 8-12	550	23,0	0,0	0,00	0,271	0,145	ok
VII	Hasopor 0-4	1300	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
VIII		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
IX		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
X		2700	0,0	0,0	0,00	0,000	0,000	
Sammensatt		1134		0,0	0,00	1,000	1,000	

Finhetsmoduler	
FM _{vekt} =	4,19
FM _{vol} =	5,08
FM _{ref} =	4,70
FM _g =	4,70

Åpning	Sikterest		Ref. grad. [vol. %]	Vekt ved tilpasning
	vol.[%]	vekt [%]		
32	0,0	0,0	0,0	1
22,4	0,0	0,0	0,0	1
16	0,0	0,0	1,8	1
11,2	0,0	0,0	24,2	1
8	27,8	15,9	44,6	1
4	74,2	45,4	52,8	1
2	79,7	57,0	63,2	1
1	86,3	71,0	75,2	2
0,5	93,2	85,7	87,7	2
0,25	97,5	94,6	95,4	2
0,125	99,2	98,4	98,6	2



Vedlegg 5

Dokumentasjon av lettbetongegenskaper

Rapporter fra Ølen Betong AS

Lettbetong med LECA og Standard FA

5.1	Prøvestøp: 21/02-2005	0 kg/m³ pp-fiber	1 side
5.2	Prøvestøp: 22/02-2005	0,5 kg/m³ pp-fiber	1 side
5.3	Prøvestøp: 22/02-2005	1,0 kg/m³ pp-fiber	1 side
5.4	Prøvestøp: 21/02-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side



Resept lettbetong, 21.02.2005 med 0 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.00

Det ble støpt 2 stk. plater på 1300mm x 1300mm, samt en plate på 600mm x 600mm
Alle med tykkelse 200mm. Disse blir sendt til Trondheim for videre prøving.

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	189
Leca 4 - 10, tørr	140	147
Sand 0 - 8	490	484
Vann	175	174
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	4	4,1
PP - fiber	0	0

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	220
Utbredelses mål:	440
Densitet - fersk:	1,39
Temperatur	25

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (2 stk.)	1,38 -1,39	1,39	13,43 -12,02	12,73
3 døgn (2 stk.)	1,39 -1,39	1,39	14,85 -14,15	14,50
7 døgn (3 stk.)	1,37-1,37-1,38	1,37	16,27-14,85-15,56	15,56
28 døgn (3 stk.)	1,37-1,37-1,36	1,37	20,46-20,46-19,78	20,23
Reserve (2 stk.)				



Resept lettbetong, 22.02.2005 med 0,5 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 13.45

Det ble støpt 2 stk. plater på 1300mm x 1300mm, samt en plate på 600mm x 600mm
Alle med tykkelse 200mm. Disse blir sendt til Trondheim for videre prøving.

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	189
Leca 4 - 10, tørr	140	145
Sand 0 - 8	490	490
Vann	174	174
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	5	5
PP - fiber	0,5	0,5

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	220
Utbredelses mål:	420
Densitet - fersk:	1,39
Temperatur	24

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (2 stk.)	1,39 -1,39	1,39	13,43 -14,14	13,79
3 døgn (2 stk.)	1,36 -1,40	1,38	14,85 -16,27	15,56
7 døgn (3 stk.)	1,40-1,37-1,38	1,38	16,27-15,56-16,27	16,03
28 døgn (3 stk.)	1,40-1,37-1,40	1,39	20,46-19,10-20,46	20,00
Reserve (2 stk.)				



Resept lettbetong, 22.02.2005 med 1 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.15

Det ble støpt 2 stk. plater på 1300mm x 1300mm, samt en plate på 600mm x 600mm
Alle med tykkelse 200mm. Disse blir sendt til Trondheim for videre prøving.

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	400	401
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	189
Leca 4 - 10, tørr	140	144
Sand 0 - 8	490	496
Vann	174	175
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	6	5,9
PP - fiber	1	1

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	230
Utbredelses mål:	430
Densitet - fersk:	1,41
Temperatur	25

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (2 stk.)	1,39 -1,39	1,39	12,02 -13,43	12,73
3 døgn (2 stk.)	1,38 -1,37	1,38	14,14 -14,85	14,50
7 døgn (3 stk.)	1,37-1,38-1,38	1,38	14,85-15,56-16,27	15,56
28 døgn (3 stk.)	1,38-1,40-1,39	1,39	18,39-17,68-17,68	17,91
Reserve (2 stk.)				



Resept lettbetong, 21.02.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 13.30

Det ble støpt 2 stk. plater på 1300mm x 1300mm, samt en plate på 600mm x 600mm
Alle med tykkelse 200mm. Disse blir sendt til Trondheim for videre prøving.

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	400	400
Silika	20	20
Leca 2 - 4, tørr	190	189
Leca 4 - 10, tørr	140	143
Sand 0 - 8	490	483
Vann	175	174
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	9	8,9
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	210
Utbredelses mål:	430
Densitet - fersk:	1,38
Temperatur	25

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (2 stk.)	1,31-1,31	1,31	10,60 -11,31	10,96
3 døgn (2 stk.)	1,34 -1,37	1,36	12,72 -13,43	13,08
7 døgn (3 stk.)	1,36-1,36-1,37	1,36	14,14-14,14-14,85	14,39
28 døgn (3 stk.)	1,33-1,40-1,35	1,36	15,56-16,27-16,97	16,26
Reserve (2 stk.)				

Vedlegg 6

Dokumentasjon av lettbetongegenskaper

Rapporter fra Ølen betong AS

Lettbetong med HASOPOR og Standard FA

6.1	Prøvestøp: 07/04-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side
6.2	Prøvestøp: 25/04-2005	0 kg/m³ pp-fiber	1 side
6.3	Prøvestøp: 25/04-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side

Resept hasopor, 07.04.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.00

Hasopor 4 - 8: Totalt 32 % fukt - 20 % absorbert **= 12 % fukt**

Hasopor 8 - 12: Totalt 53 % fukt - 20 % absorbert **= 33 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	420	420
Silika	21	22
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	100	100
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	485
Vann	169	189
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	9	9
PP - fiber	2	2

inkl. 20 liter tilsatt
manuelt i blander

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	220
Utbredelses mål:	430
Densitet - fersk:	1,41
Temperatur	15°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (3 stk.)	1,375-1,368-1,370	1,37	13,43-13,43-12,72	13,19
3 døgn (3 stk.)	1,368-1,390-1,387	1,38	14,14-13,43-14,14	13,90
7 døgn (3 stk.)	1,398-1,396-1,360	1,39	14,85-15,56-14,14	14,85
28 døgn (3 stk.)	1,410-1,416-1,395	1,41	18,39-18,39-18,39	18,39

Resept hasopor, 25.04.2005 med 0 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.20

Hasopor 4 - 8: Totalt 40 % fukt - 20 % absorbert **= 20 % fukt**
 Hasopor 8 - 12: Totalt 4 % fukt - 20 % absorbert **= -16 % fukt**
 Sand 0 - 8: Totalt 4,8 % fukt - 0,3 % absorbert **= 4,5 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	
	Bør	Er
Standard FA	420	420
Silika	21	21
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	100	100
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	490
Vann	169	169
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	5	5
PP - fiber	0	0

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	220
Utbredelses mål:	450
Densitet - fersk:	1,42
Temperatur	16°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (3 stk.)	1,458-1,417-1,434	1,44	12,02-12,72-12,72	12,48
3 døgn (3 stk.)	1,410-1,454-1,396	1,42	12,72-14,14-13,43	13,43
7 døgn (3 stk.)	1,390-1,385-1,410	1,40	14,14-14,14-15,56	14,61
28 døgn (3 stk.)	1,419-1,380-1,417	1,41	16,97-16,97-19,10	17,68

Resept hasopor, 25.04.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.45

Hasopor 4 - 8: Totalt 40 % fukt - 20 % absorbert **= 20 % fukt**
 Hasopor 8 - 12: Totalt 4 % fukt - 20 % absorbert **= -16 % fukt**
 Sand 0 - 8: Totalt 4,8 % fukt - 0,3 % absorbert **= 4,5 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Standard FA	420	420
Silika	21	21
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	100	100
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	490
Vann	169	172
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	9	9
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	180
Utbredelses mål:	400
Densitet - fersk:	1,37
Temperatur	16°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
2 døgn (3 stk.)	1,389-1,392-1,371	1,38	12,02-12,02-12,02	12,02
3 døgn (3 stk.)	1,326-1,357-1,349	1,34	12,72-12,02-12,72	12,49
7 døgn (3 stk.)	1,395-1,380-1,375	1,38	14,14-14,85-13,43	14,14
28 døgn (3 stk.)	1,366-1,379-1,350	1,37	16,27-19,10-17,68	17,68

Vedlegg 7

Dokumentasjon av lettbetongegenskaper

Rapporter fra Ølen Betong AS

Lettbetong med HASOPOR og ”Aalborg White”

7.1	Prøvestøp: 23/05-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side
7.2	Prøvestøp: 26/09-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side
7.3	Prøvestøp: 30/09-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side
7.4	Prøvestøp: 03/10-2005	2,0 kg/m³ pp-fiber	1 side

Resept hasopor hvit, 23.05.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 14.15

Hasopor 4 - 8: Totalt 34 % fukt - 20 % absorbert = **14 % fukt**

Hasopor 8 - 12: Totalt 36 % fukt - 20 % absorbert = **16 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Hvit sement	420	432
Silika	21	21
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	103	103
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	558
Vann	150	174
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	4	8
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	170
Utbredelses mål:	380
Densitet - fersk:	1,5
Temperatur	16°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,50-1,509-1,505	1,50	10,60-12,02-13,43	12,02
3 døgn (3 stk.)	1,531-1,528-1,509	1,52	21,82-21,82-20,46	21,37
7 døgn (3 stk.)	1,497-1,504-1,495	1,50	20,46-23,18-21,14	21,59
28 døgn (3 stk.)	1,510-1,504-1,525	1,51	23,86-25,22-24,54	24,54

Resept hasopor hvit, 26.09.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 11.30

Hasopor 4 - 8: Totalt 43 % fukt - 20 % absorbert = **23 % fukt**
 Hasopor 8 - 12: Totalt 44 % fukt - 20 % absorbert = **24 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Hvit sement	420	426
Silika	21	22
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	103	103
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	490
Vann	150	162
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	4	8
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	200
Utbredelses mål:	380
Densitet - fersk:	1,49
Temperatur	20°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,46-1,47-1,48	1,47	14,14-15,56-14,85	14,85
3 døgn (3 stk.)	1,50-1,47-1,48	1,48	19,78-21,82-20,46	20,68
7 døgn (3 stk.)	1,465-1,471-1,453	1,46	23,18-21,14-21,82	22,04
28 døgn (3 stk.)				

I tillegg ble det støpt 3stk. plater 60cm x 60cm x 5cm og 1 stk. plate 60cm x 60cm x 20cm - kassere:

Resept hasopor hvit, 30.09.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 11.00

Hasopor 4 - 8: Totalt 52 % fukt - 20 % absorbert **= 32 % fukt**
 Hasopor 8 - 12: Totalt 35 % fukt - 20 % absorbert **= 15 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Hvit sement	420	420
Silika	21	21
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	103	103
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	490
Vann	150	172
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	4	8
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	220
Utbredelses mål:	400
Densitet - fersk:	1,47
Temperatur	21°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,460-1,462-1,459	1,46	14,85-15,56-15,56	15,32
3 døgn (3 stk.)	1,445-1,454-1,453	1,45	21,82-20,46-17,68	19,98
7 døgn (3 stk.)	1,482-1,447-1,497	1,47	20,46-20,46-19,10	20,00
28 døgn (3 stk.)				

I tillegg ble det støpt 3 stk. plater 60cm x 60cm x 5cm og 1 stk. plate 60cm x 60cm x20cm

Resept hasopor hvit, 03.10.2005 med 2 kg pp-fiber

Prøven støpt kl. 11.00

Hasopor 4 - 8: Totalt 43 % fukt - 20 % absorbert = **23 % fukt**

Hasopor 8 - 12: Totalt 44 % fukt - 20 % absorbert = **24 % fukt**

Delmaterialer i betong:

	pr. m ³	pr. m ³
	Bør	Er
Hvit sement	420	420
Silika	21	21
Hasopor 4 - 8, tørr	150	150
Hasopor 8 - 12, tørr	103	103
Forsand sand 0 - 8, tørr	490	490
Vann	150	170
Mape air	0,5	0,5
Mape LWA	3	3
Mape pump oil	3	3
RN - 15	4	8
PP - fiber	2	2

Fersk betong, prøveresultater:

Slump:	210
Utbredelses mål:	400
Densitet - fersk:	1,35
Temperatur	21°C

Herdet betong, prøveresultater:

Betongterninger, 100 x 100 x 100, totalt 12 stk.

	Densitet	Gjennomsnitt	Fasthet	Gjennomsnitt
1 døgn (3 stk.)	1,34-1,33-1,33	1,33	14,85-14,85-12,02	13,90
3 døgn (3 stk.)	1,38-1,39-1,37	1,38	17,68-19,10-17,68	18,15
7 døgn (3 stk.)	1,34-1,37-1,38	1,36	16,27-18,39-19,10	17,92
28 døgn (3 stk.)				

I tillegg ble det støpt 3stk. plater 60cm x 60cm x 5cm og 1 stk. plate 60cm x 60cm x20cm

Vedlegg 8

Frostmotstand

**Fryse/tine prøving utført ved
Sentrallaboratoriet Statens vegvesen
i henhold til Svensk Standard SS 13 72 44 (Borås metoden)**

- | | | |
|------------|--|---------------|
| 8.1 | Skumglassbetong nr 2,
uten tilsetning av pp-fiber
Avskalling målt på sagflate | 1 side |
| 8.2 | Skumglassbetong nr 3,
med tilsetning av 2,0 kg/m³ pp-fiber
Avskalling målt på sagflate | 1 side |



Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet
Rapportskjemaer for laboratorieanalyser

KS-dokument KSV-10055-14-009

Oppdragsnr. N050007 Utført dato 29.6. til 5.9.05 Signatur: ianwil

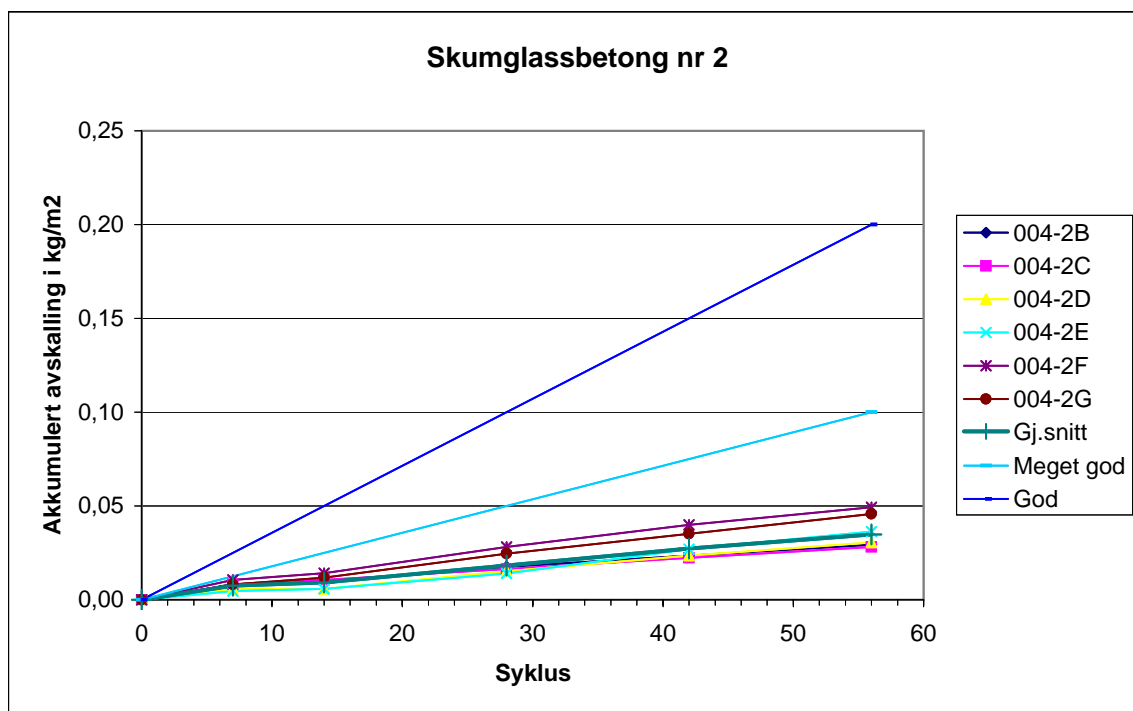
Skumglassbetong nr 2

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	004-2B	004-2C	004-2D	004-2E	004-2F	004-2G	Totalt
AREAL cm ²	85,2	85,2	85,2	85,3	85,2	85,3	425,9989
7d.avskalling	0,07	0,07	0,05	0,04	0,09	0,07	0,3200
14d.avskalling	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,03	0,0700
28d.avskalling	0,07	0,05	0,08	0,07	0,12	0,11	0,3900
42d.avskalling	0,05	0,05	0,07	0,11	0,10	0,09	0,3800
56d.avskalling	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,3200

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	004-2B	004-2C	004-2D	004-2E	004-2F	004-2G	Gj.snitt
m ₇		0,008	0,008	0,006	0,005	0,011	0,008	0,008
m ₁₄		0,009	0,011	0,006	0,006	0,014	0,012	0,009
m ₂₈		0,018	0,016	0,015	0,014	0,028	0,025	0,018
m ₄₂		0,023	0,022	0,023	0,027	0,040	0,035	0,027
m ₅₆		0,029	0,028	0,031	0,036	0,049	0,046	0,03





Statens vegvesen

Sentrallaboratoriet
Rapportskjemaer for laboratorieanalyser

KS-dokument KSV-10055-14-009

Oppdragsnr. N050007 Utført dato 29.6. til 5.9.05 Signatur:

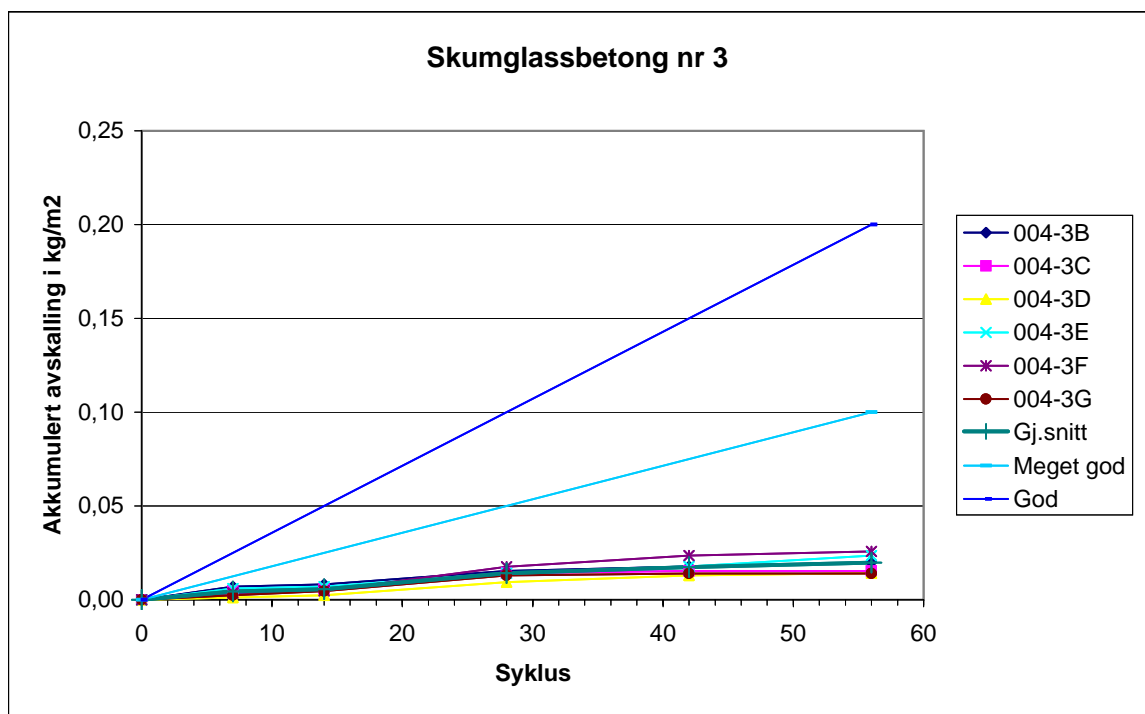
Skumglassbetong nr 3

Måleresultater i gram og cm²

LAB.PR.NR.	004-3B	004-3C	004-3D	004-3E	004-3F	004-3G	Totalt
AREAL cm ²	84,9	85,0	85,1	84,8	85,2	85,3	425,0183
7d.avskalling	0,06	0,04	0,01	0,05	0,03	0,02	0,1900
14d.avskalling	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,0500
28d.avskalling	0,06	0,07	0,06	0,06	0,11	0,07	0,3600
42d.avskalling	0,02	0,01	0,03	0,03	0,05	0,01	0,1400
56d.avskalling	0,02	0,00	0,01	0,05	0,02	0,00	0,1000

Akkumulert avskalling i kg/m²

Syklus	Lab.pr.nr.	004-3B	004-3C	004-3D	004-3E	004-3F	004-3G	Gj.snitt
m ₇		0,007	0,005	0,001	0,006	0,004	0,002	0,004
m ₁₄		0,008	0,006	0,002	0,007	0,005	0,005	0,006
m ₂₈		0,015	0,014	0,009	0,014	0,018	0,013	0,014
m ₄₂		0,018	0,015	0,013	0,018	0,023	0,014	0,017
m ₅₆		0,020	0,015	0,014	0,024	0,026	0,014	0,02



Vedlegg 9

Prøving av kloridmotstand utført ved Sentrallaboratoriet Statens vegvesen i henhold til Nordtest-metoden NT-build 443 ”Accelerated Chloride Penetration”

Skumglassbetong uten tilsetning av pp-fiber 3 sider

9.1 Profil 2-B

9.2 Profil 2-C

9.3 Profil 2-D

Skumglassbetong med tilsetning av 2 kg/m³ pp-fiber 3 sider

9.4 Profil 3-B

9.5 Profil 3-C

9.6 Profil 3-D

**Skjemaene angir verdier for kloridinnhold samt beregning av
kloridkonsentrasjon på betongoverflaten C_0 og diffusjonskoeffisient D**

Beregning av C_0 og D

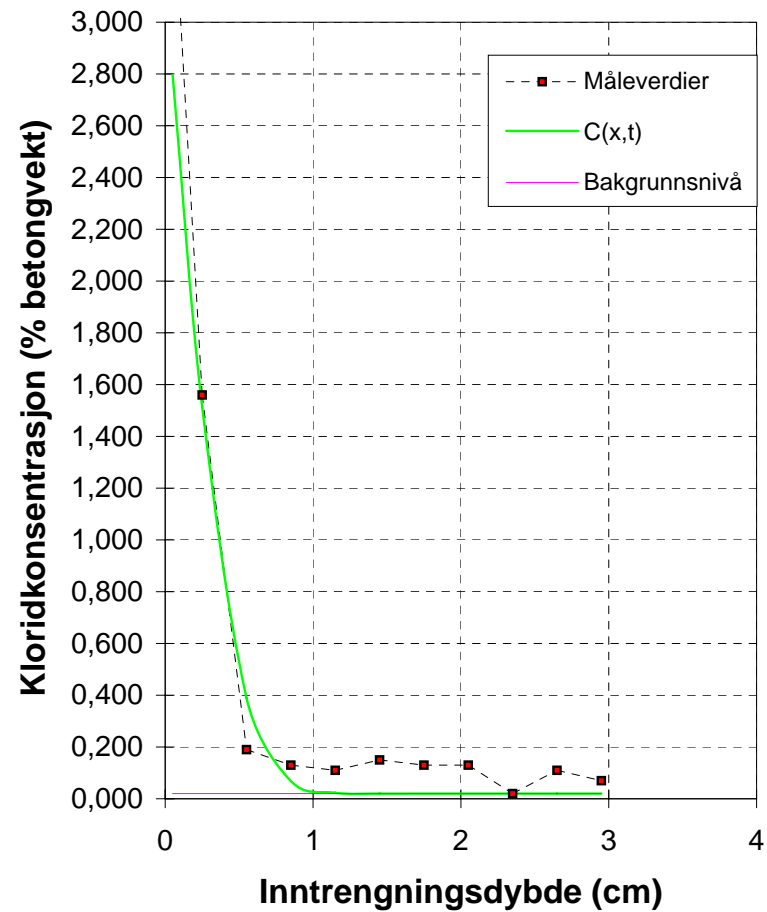
Prosjekt: 601356

Profil 2B

Hasoporbetong 0 kg PP

Ekspontert tid	840	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	3,151	% betong
D	2,04	10^{-12} m ² /s
R^2	0,9597	
Inntrengning	392,2	g/m ²
k (0.1 %)	2,54	cm

x	målt	status
0,05	3,550	
0,25	1,560	ok
0,55	0,190	ok
0,85	0,130	ok
1,15	0,110	ok
1,45	0,150	ok
1,75	0,130	ok
2,05	0,130	ok
2,35	0,020	ok
2,65	0,110	ok
2,95	0,070	ok



Beregning av C_0 og D

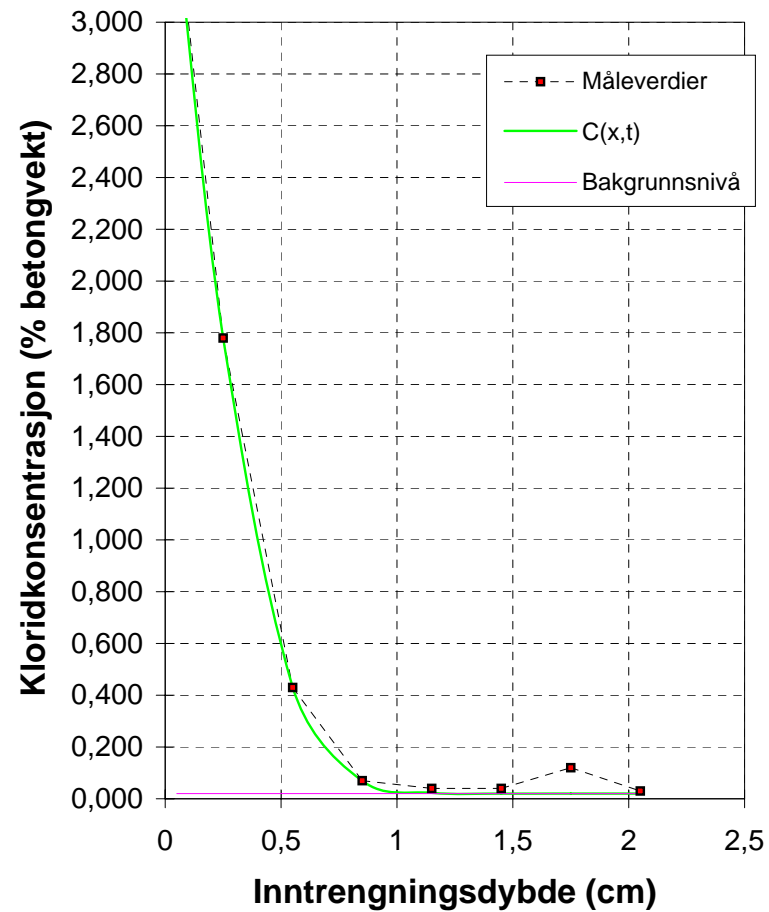
Prosjekt: 601356

Profil 2C

Hasporbetong 0 kg PP

Ekspontert tid	888	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	3,797	% betong
D	1,84	10^{-12} m ² /s
R^2	0,9972	
Inntrengning	381,5	g/m ²
k (0.1 %)	2,48	cm

x	målt	status
0,05	3,410	
0,25	1,780	ok
0,55	0,430	ok
0,85	0,070	ok
1,15	0,040	ok
1,45	0,040	ok
1,75	0,120	ok
2,05	0,030	ok



Beregning av C_0 og D

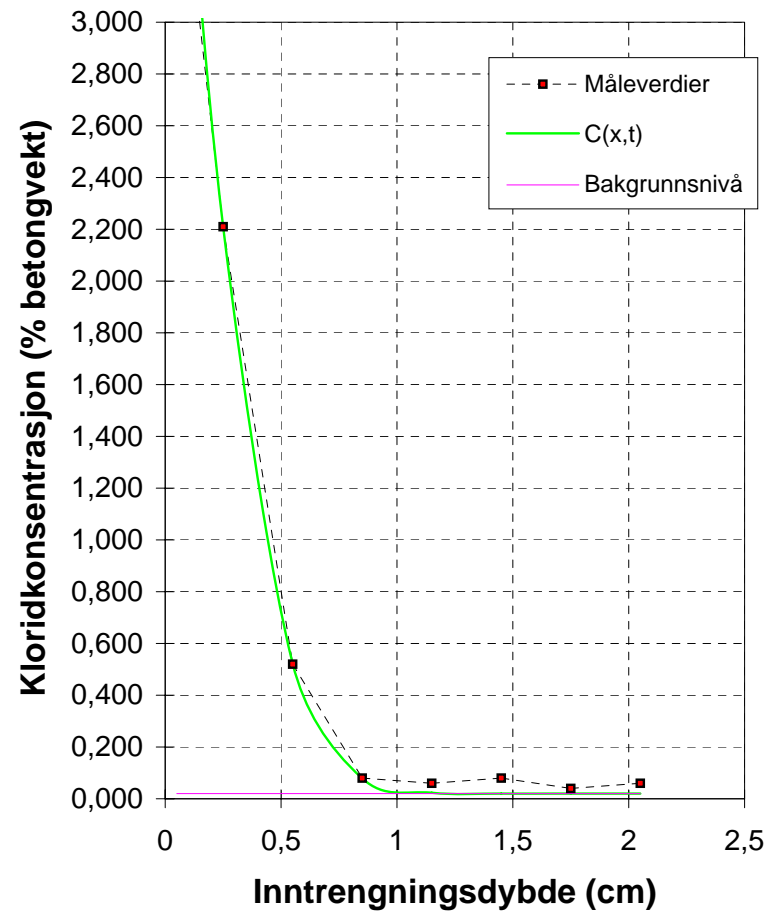
Prosjekt: 601356

Profil 2D

Hasoporbetong 0 kg PP

Ekspontert tid	912	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	4,756	% betong
D	1,76	10^{-12} m ² /s
R ²	0,9994	
Inntrengning	441,4	g/m ²
k (0.1 %)	2,52	cm

x	målt	status
0,05	3,770	
0,25	2,210	ok
0,55	0,520	ok
0,85	0,080	ok
1,15	0,060	ok
1,45	0,080	ok
1,75	0,040	ok
2,05	0,060	ok



Beregning av C_0 og D**Prosjekt:**

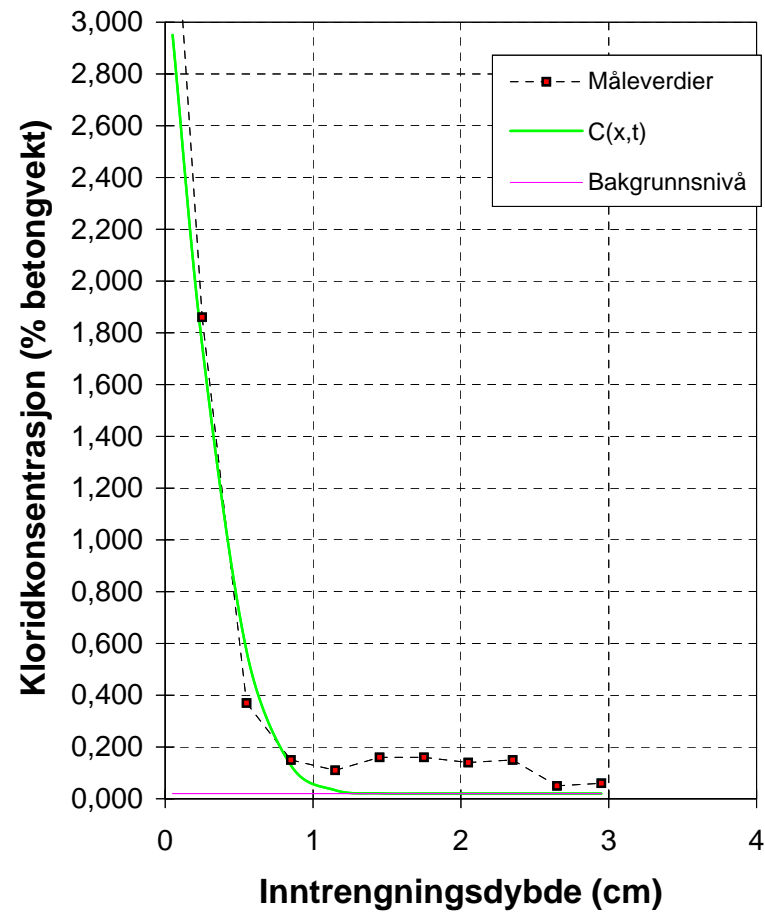
601356

Profil 3B

Hasoporbetong 2 kg PP

Ekspontert tid	912	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	3,274	% betong
D	2,44	10^{-12} m ² /s
R^2	0,9654	
Inntrengning	439,3	g/m ²
k (0.1 %)	2,79	cm

x	målt	status
0,05	3,600	
0,25	1,860	ok
0,55	0,370	ok
0,85	0,150	ok
1,15	0,110	ok
1,45	0,160	ok
1,75	0,160	ok
2,05	0,140	ok
2,35	0,150	ok
2,65	0,050	ok
2,95	0,060	ok



Beregning av C_0 og D

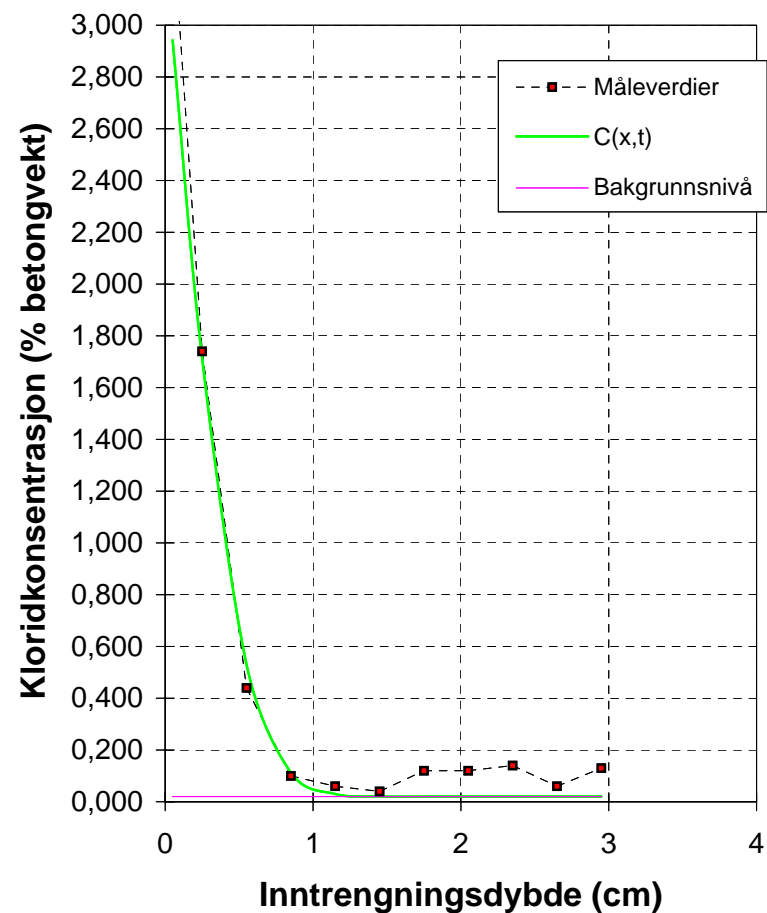
Prosjekt: 601356

Profil 3C

Hasoporbetong 2 kg PP

Ekspontert tid	936	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	3,276	% betong
D	2,24	10^{-12} m ² /s
R^2	0,9857	
Inntrengning	403,4	g/m ²
k (0.1 %)	2,67	cm

x	målt	status
0,05	3,390	
0,25	1,740	ok
0,55	0,440	ok
0,85	0,100	ok
1,15	0,060	ok
1,45	0,040	ok
1,75	0,120	ok
2,05	0,120	ok
2,35	0,140	ok
2,65	0,060	ok
2,95	0,130	ok



Beregning av C_0 og D

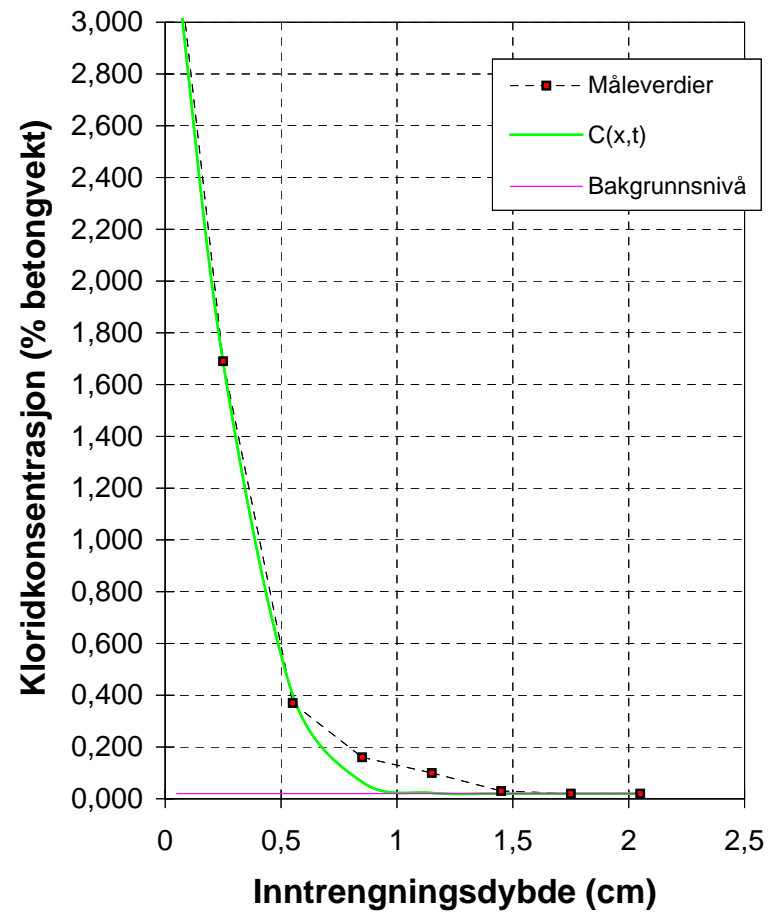
Prosjekt: 601356

Profil 3D

Hasporbetong 2 kg PP

Ekspontert tid	936	timer
Bakgrunn	0,020	% betong
C_0	3,620	% betong
D	1,72	10^{-12} m ² /s
R^2	0,9947	
Inntrengning	367,8	g/m ²
k (0.1 %)	2,38	cm

x	målt	status
0,05	3,290	
0,25	1,690	ok
0,55	0,370	ok
0,85	0,160	ok
1,15	0,100	ok
1,45	0,030	ok
1,75	0,020	ok
2,05	0,020	ok



Vedlegg 10

Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF Kapillærabsorpsjon

Prøvingen er utført ved Sentrallaboratoriet Statens vegvesen

- 10.1 Kapillær vannmetningsgrad målt på prizmer skåret ut fra
elementer av skumglassbetong 2 sider**

**Elementer uten pp-fiber tilsetning er merket 7a og 7b
Elementer tilsatt 2 kg/m³ pp-fiber er merket 8a og 8b**

- 10.2 Kapillær vannmetningsgrad bestemt på betongprøver tatt ut i
forbindelse med prøvestøp 25/4-2005 2 sider**

**Betongprøver uten pp-fiber tilsetning er merket 2A1K og 2A2K
Betongprøver tilsatt 2 kg/m³ pp-fiber er merket 3A1K og 3A2K**

Kapillærabsorpsjon av skumglassbetong støpt 25/4-2005

- 10.3 Betongprøver uten pp-fiber tilsetning
er merket 2A1S, 2A2S, 2A3S og 2A4S 1 side**

- 10.4 Betongprøver tilsatt 2 kg/m³ pp-fiber
er merket 3A1S, 3A2S, 3A3S og 3A4S 1 side**



Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF

Side 1 av 2

Utført dato

10.6.-4.7.05

Signatur

ianwil

Prosjekt: Skumglassbetong

Prøve er merket: _____

Prøvens alder: _____

Labsysnummer: N050007-001 (Flyttet fra N050005-012 17.6.05 IW)

Dato	Kl	Vekt (0,01 g) etter:	Prøvestykket merket					
			0 kg fiber			2 kg fiber		
			7a	7b		8a	8b	
10.06	10:00	Initiell vekt - g₀	578,77	629,04		608,69	690,41	
13.06	14:00	3 døgn vannsug - g	583,47	634,80		614,47	695,54	
17.06	08:45	1 uker vannsug - g	584,62	636,16		615,89	696,91	
21.06	10:00	Ekstramåling (luft) - g	586,00	637,47		617,56	698,36	
21.06	10:00	Ekstramåling (vann) - g	125,51	142,42		145,56	166,62	
24.06		Vannmetning (luft) - g₁	586,25	637,66		617,86	699,01	
24.06		Vannmetning (vann) - g₂	126,16	143,01		146,61	167,67	
28.06		Trykkmetting (luft) - g₆	632,48	680,96		664,34	747,48	
28.06		Trykkmetting (vann) - g₇	171,34	185,06		192,02	215,02	
06.07	14:00	Tørrking - g₃	502,26	547,61		537,6	608,4	
Mål	sidekant a / diameter d (mm)		57,95	49,88		60,25	54,16	
	sidekant b (mm)		51,75	67,05		51,88	61,66	
	høyde (mm)		16,19	15,91		16,32	16,95	
For utregninger, se formler på side 2								
Prøvestykkets volum - V ₃ (cm ³)								
Densitet faststoff - ρ _{fs} (kg/m ³)								
Sug porøsitet - p _s (%)								
Makro porøsitet - p _m (%)								
Total porøsitet - p _t (%)								
Kapillær vannmetningsgrad - DS (%)			91,1	90,4		88,6	90,5	

$$V_1 = \frac{g_1 - g_2}{1} \quad V_2 = \frac{g_4 - g_5}{1} \quad V_3 = \frac{g_6 - g_7}{1}$$

$$\rho_{fs} = 1000 \cdot \frac{g_3}{V_3 - \left(\frac{g_6 - g_3}{1} \right)}$$

Alle vekt-verdier (g-ene) settes inn som gram

Da blir enhetene som angitt nederst på side 1

$$\left. \begin{aligned} p_s &= \frac{g_4 - g_3}{V_3 \cdot 1} \\ p_m &= \frac{g_6 - g_4}{V_3 \cdot 1} \end{aligned} \right\} P_t = P_s + P_m$$

$$DS = 100 \cdot \frac{g_0 - g_3}{g_1 - g_3}$$

**Kapillær vannmetningsgrad og porøsitet, utvidet PF**

Side 1 av 2

Utført dato: 29.06.05	Signatur: OYSLAH
	CAMSAN

Prosjekt: Tun. elementer av skumglassbetong

Prøve er merket: _____

Prøvens alder: _____

Labsysnummer: NO50007-002/003

Dato	Kl	Vekt (0,01 g) etter:	Prøvestykket merket						
			2A1K	2A2K	3A1K	3A2K			
29.06.05	12:15	Initiell vekt - g_0	497,02	605,66	581,04	509,35			
06.07.05	15:00	1 uke vannsug - g	504,71	612,2	588,54	516,77			
13.07.05	11:30	2 uker vannsug - g	506,16	614,44	590,26	518,68			
20.07.05	10:00	3 uker vannsug - g	507,42	615,16	591,32	519,65			
27.07.05	14:15	4 uker vannsug - g	508,57	616,32	592,45	520,63			
03.08.05	12:00	5 uker vannsug - g	509,52	617,15	593,3	521,48			
04.08.05	13:00	vannsug - g	509,73	617,47	593,64	521,73			
10.08.05	13:30	vannsug - g	510,2	617,89	594,16	522,27			
11.08.05	11:30	Vannmetning (luft) - g_1	510,53	617,93	594,36	522,42			
11.08.05	12:15	Vannmetning (vann) - g_2	139,83	192,3	154,55	156,38			
15.08.05	09:30	Trykkmetting (luft) - g_6	544,56	646,81	624,42	551,78			
15.08.05	09:30	Trykkmetting (vann) - g_7	173,59	220,79	202,36	185,47			
22.08.05	09:50	Tørking - g_3	438,01	520,23	511,35	437,95			
Mål	sidekant a / diameter d (mm)		104,2	104,3	103,9	104,3			
	sidekant b (mm)								
	høyde (mm)		47,0	53,1	54,3	44,8			
For utregninger, se formler på side 2									
Prøvestykkets volum - V_3 (cm ³)									
Densitet faststoff - ρ_{fs} (kg/m ³)									
Sug porøsitet - p_s (%)									
Makro porøsitet - p_m (%)									
Total porøsitet - p_t (%)									
Kapillær vannmetningsgrad - DS (%)			81,4	87,4	84,0	84,5			

$$V_1 = \frac{g_1 - g_2}{1}$$

$$V_2 = \frac{g_4 - g_5}{1}$$

$$V_3 = \frac{g_6 - g_7}{1}$$

$$\rho_{fs} = 1000 \cdot \frac{g_3}{V_3 - \left(\frac{g_6 - g_3}{1}\right)}$$

$$p_s = \frac{g_4 - g_3}{V_3 \cdot 1}$$

$$p_m = \frac{g_6 - g_4}{V_3 \cdot 1}$$

$$p_t = p_s + p_m$$

Alle vekt-verdier (g-ene) settes inn som gram

Da blir enhetene som angitt nederst på side 1

$$DS = 100 \cdot \frac{g_0 - g_3}{g_1 - g_3}$$

KAPILLÆRABSORPSJON

Skriv inn prøvenes navn, areal (A), tykkelse (t) og tørre vekt i gram, samt alle registrerte vekter under forsøkets gang (i gram). HUSK riktig tidspunkt for veiing!

		PRØVE				
		2A1S	2A2S	2A3S	2A4S	
Tidspunkt for veiing	A (mm ²)	8533,07	8511,8	8529,8	8526,52	
Dato	Klokkeslett	t (mm)	19,79	18,92	21,44	19,47
11. juli	10:18	Tørr vekt	228,51	193,4	217,93	197,93
Tidspunkt for veiing	Tid	Legg inn alle vekter i gram.				
11. juli	10:33	10 min	234,79	198,71	223,85	203,23
11. juli	11:03	30 min	237,87	201,61	226,82	205,89
11. juli	11:23	1 h	239,14	202,86	228,12	207,12
11. juli	12:23	2 h	241,71	205,32	230,65	209,42
11. juli	13:23	3 h	243,44	206,99	232,43	211,08
11. juli	14:23	4 h	244,84	208,39	233,87	212,46
11. juli	16:23	6 h	247	210,55	236,16	214,55
12. juli	10:23	1 d	255,87	218,98	245,39	222,59
13. juli	10:23	2 d	258,96	221,01	248,67	224,98
14. juli	10:23	3 d	260,19	222,23	250,32	226,47
15. juli	10:23	4 d	260,36	222,12	250,52	226,81

Programmet regner ut Q for hvert trinn i forsøket, og plottes hver skive for seg i egne diagrammer.

Rot(tid)	Q (kg/m ²)			
	2A1S	2A2S	2A3S	2A4S
30,0	0,74	0,62	0,69	0,62
52,0	1,10	0,96	1,04	0,93
62,4	1,25	1,11	1,19	1,08
86,6	1,55	1,40	1,49	1,35
105,4	1,75	1,60	1,70	1,54
121,2	1,91	1,76	1,87	1,70
148,0	2,17	2,01	2,14	1,95
294,4	3,21	3,01	3,22	2,89
416,1	3,57	3,24	3,60	3,17
509,4	3,71	3,39	3,80	3,35
588,1	3,73	3,37	3,82	3,39

Prøve	2A1S	2A2S	2A3S	2A4S
k	0,01465	0,01371	0,01438	0,01319
m	115,59	128,18	101,92	117,22
Q_{kap}	3,117527906	2,93729807	3,11296482	2,78006124
Rot t_{kap}	212,7644818	214,2089183	216,4438897	210,7983686
t_{kap}	45268,7247	45885,4607	46847,9574	44435,9522

KAPILLÆRABSORPSJON

Skriv inn prøvenes navn, areal (A), tykkelse (t) og tørre vekt i gram, samt alle registrerte vekter under forsøkets gang (i gram). HUSK riktig tidspunkt for veiing!

		PRØVE				
		3A1S	3A2S	3A3S	3A4S	
Tidspunkt for veiing	A (mm ²)	8523,25	8523,25	8526,52	8524,88	
Dato	Klokkeslett	t (mm)	20,58	19,49	20,85	19,82
11. juli	10:18	Tørr vekt	221,9	196,97	206,38	231,32
Tidspunkt for veiing	Tid	Legg inn alle vekter i gram.				
11. juli	10:33	10 min	227,43	202,57	211,66	236,02
11. juli	11:03	30 min	230,08	205,16	213,99	238,12
11. juli	11:23	1 h	231,25	206,19	214,99	239,2
11. juli	12:23	2 h	233,3	208,29	216,91	241,19
11. juli	13:23	3 h	234,63	209,64	218,25	242,44
11. juli	14:23	4 h	235,83	210,69	219,3	243,58
11. juli	16:23	6 h	237,57	212,32	220,99	245,29
12. juli	10:23	1 d	244,87	218,79	227,29	252,17
13. juli	10:23	2 d	248,34	221,42	230,25	255,48
14. juli	10:23	3 d	250,25	223,16	232,01	257,57
15. juli	10:23	4 d	251,07	223,77	232,79	258,57

Programmet regner ut Q for hvert trinn i forsøket, og plottes hver skive for seg i egne diagrammer.

Rot(tid)	Q (kg/m ²)			
	3A1S	3A2S	3A3S	3A4S
30,0	0,65	0,66	0,62	0,55
52,0	0,96	0,96	0,89	0,80
62,4	1,10	1,08	1,01	0,92
86,6	1,34	1,33	1,23	1,16
105,4	1,49	1,49	1,39	1,30
121,2	1,63	1,61	1,52	1,44
148,0	1,84	1,80	1,71	1,64
294,4	2,69	2,56	2,45	2,45
416,1	3,10	2,87	2,80	2,83
509,4	3,33	3,07	3,01	3,08
588,1	3,42	3,14	3,10	3,20

Prøve	3A1S	3A2S	3A3S	3A4S
k	0,01250	0,01238	0,01158	0,01110
m	94,58	97,44	88,02	103,44
Q_{kap}	2,502801248	2,3814739	2,26603021	2,23808923
Rot t_{kap}	200,1455499	192,3911229	195,6091198	201,5773219
t_{kap}	40058,24114	37014,3442	38262,9277	40633,4167

Vedlegg 11

OPPDRAGSRAPPORT – BYGGFORSK

Varmemotstand og varmekonduktivitet betongplater

Prosjekt nr. O20840 2 sider

Dato: 13/12-2005

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. O20840	Dato 13.12.2005	Rev.dato	Antall sider 2	Antall vedlegg	Gradering Lukket	Forfatter(e) Hans Boye Skogstad
Prosjektleder Hans Boye Skogstad	Sign. <i>[Signature]</i>	Ansvarlig linjeleder Berit Time	Sign. <i>[Signature]</i>	Kvalitetssikrer Per Chr. Moe	Sign. <i>[Signature]</i>	

Oppdragsrapport

Varmemotstand og varmekonduktivitet betongplater

Kort sammendrag

Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk) har på oppdrag av Statens Vegvesen målt varmemotstand og varmekonduktivitet på to prøver av lettbetong. Detaljert prøvebetingelser er gjengitt på side 2.

Tabell 1 Prøveresultater

Prøve nr	Kondisjonering	Fukttinnhold kg/kg	Tykkelse mm	Varmemotstand m ² K/W	Varmekonduktivitet W/mK
1	28 døgn nedsenket i vann	0,13	50	0,094	0,53
2	28 døgn 23 °C og 50 % RF	0,08	50	0,107	0,49

Byggverkets adresse

Byggeår

Metode
 Laboratorieundersøkelse

Emneord
 Betong, Varmegjennomgang

Filnavn
 O20840 Rapport Statens vegvesen - GD

Prøverapport

Varmemotstand og Varmekonduktivitet

Produsent:

Ølen Betong

Produktnavn:
Produkttype:

Lettbetong plater

Dimensjoner på produkt, mm:

Prøve 1: 600x600x50 mm, Prøve 2: 600x600x50 mm

Produsjonssted og dato:

Ølen 03.10.2005

Prøveuttak sted og dato:

Prøver sendt av oppdragsgiver

Prøvemottak:

20.10.2005, 197/2005

Prøvedato:

22.11.2005 - 28.11.2005

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 22.11.2005 med kalibreringsplate LA 72 fra National Physical Laboratory, NPL. Sertifikatnummer PP21/N98/001e datert 09.10.98. Varmemotst. = 2,094 m²K/W ved middeltemp. 10 °C. NPL har kalibreringsnr. 0478 fra NAMAS. Referanseplatene ble rekalkibrert ved NPL 21.07.2004.

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	50,0	50,0	-	-
Densitet, tørr	kg/m ³	1284	1226	-	-
Fukttinnhold, vekt	%	13,4	8,3	-	-

Tabell 2. Prøvebetingelser.

Prøve nr.		1	2	3	4
Temperatur rom	°C	9,8	10,3	-	-
Temp. differanse	°C	5,6	5,1	-	-
Middeltemp. prøve	°C	10,1	10,1	-	-

 Tabell 3. Prøveresultater ¹⁾

Prøvestykke nr.		1	2	3	4
Varmestrømstetthet:	W/m ²	59,5	49,7	-	-
Varmemotstand:	m ² K/W	0,094	0,102	-	-
Varmekonduktivitet, λ:	W/mK	0,53	0,49	-	-

¹⁾ Prøveresultatene gjelder kun for de prøvestykkene det er målt på
 Måleusikkerhet anslått til ± 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