

SINTEF AS  
Postadresse:  
Postboks 4760 Torgarden  
7465 Trondheim

Besøksadresse:  
Richard Birkelands veg 3  
Trondheim

Sentralbord: 400 05 100

info@sintef.no  
<http://www.sintef.no/betong>  
Foretaksregister:  
NO 919303808 MVA



# Prøvingsrapport

**Dokumentasjon av frostbestandighet for Norcem Standardsement FA CEM II/B-M (V-L) 42.5 R tilsatt ekstra flygeaske for bestandighetsklasser MF40 og MF45 i NS-EN 206:2013+A2:2021+NA2022**

## Betonglaboratoriet

**Prosjektleder/forfatter(e):**

Ola Skjølvold

**Dato:**

2023-02-13

**Oppdragsgiver(e):**

Norcem AS  
3950 BREVIK

**Oppdragsgivers referanse:**

Sigrun Kjær Bremseth

**Prosjektnummer:**

102009027-37

**Antall sider og vedlegg:**

7 inkl. 2 vedlegg

### Sammendrag:

Det nasjonale tillegget (NA) til EN 206 gir mulighet til å dokumentere høyere k-faktor enn angitt for flygeaske tilsatt til betong i bestandighetsklasser MF40 og MF45. Hensikten med denne prøvingen var å dokumentere hvor mye flygeaske fra Medcem, Tyrkia, som kan tilsettes med k-faktor 1 ved beregning av masseforhold til betong produsert med Norcem Standardsement FA CEM II/B-M (V-L) 42.5 R.

Dokumentasjonen inkluderer følgende prøving

- Trykkfasthet etter 28 og 56 døgn
- Frostmotstand i våt tilstand med standard kondisjonering

Avskallingen er mindre enn kravet i NA (0,5 kg/m<sup>2</sup>) opptil 32 % flygeaske for MF40 og 28 % flygeaske for MF45.

Det ble utført en tilleggsblending (MF45) med tilsetning av ekstra flygeaske med k-faktor 1,0 til 40 % flygeaske av totalt bindemiddel for frostprøving med ferskvann på overflata. Denne blandingen ble også tilsatt 3 % silikastøv av totalt bindemiddel. Frostprøvingen ga svært lite avskalling.

<b>Utstyrs ID</b>	B-48, B-62, B-181, B-184, B353/354
-------------------	------------------------------------

**Prosjektleder/forfatter:**

Ola Skjølvold


Signatur



**Kontrollert av:**

Jan Lindgård

Signatur



**Rapportnr:**

9027-37D

**Gradering:**

Fortrolig

## 1 Innledning

Det nasjonale tillegget (NA) i NS-EN 206:2013 + A2:2022 + NA:2022 åpner for å dokumentere høyere k-faktor for flygeaske for bestandighetsklassene MF40 og MF45 enn angitt i Tabell NA.9 ved dokumentasjon av frostmotstand etter SN-CEN/TS 12390-9:2016 og motstand mot kloridinntrenging i henhold til NS-EN 12390-11.

Hensikten med prøvingen var å dokumentere frostmotstand ved tilsetning av ekstra flygeaske med k-faktor 1 til Norcem Standardsement FA CEM II/B-M (V-L) 42.5 R for bestandighetsklassene MF40 og MF45. Motstand mot kloridinntrenging er dokumentert tidligere (Prøvsingsrapport 9027-37C).

### 1.1 Sement

SINTEF mottok 2022-01-21 ca 300 kg Norcem Standardsement FA merket "2022-1/AZ-2022-1". Sementens densitet er oppgitt til 2970 kg/m<sup>3</sup>. Sementens innhold av flygeaske er oppgitt til 18 %.

### 1.2 Flygeaske

SINTEF mottok 2022-01-21 ca. 50 kg flygeaske klasse A i henhold til NS-EN 450-1 fra Medcem, Tyrkia, merket "2022-1/LN-2020-6". Flygeaskens densitet er oppgitt til 2300 kg/m<sup>3</sup>.

### 1.3 Silikastøv

Det ble benyttet silikastøv 940U fra Elkem fra SINTEFs beholdning. Densitet for silikastøvet er 2200 kg/m<sup>3</sup>.

### 1.4 Tilslag

#### 1.4.1 Sandtilslag

Det ble benyttet 0/8 mm Årdal sand fra SINTEFs egen beholdning. Densitet for sanda er 2670 kg/m<sup>3</sup> og mengde absorbert vann er 0,3 %.

#### 1.4.2 Steintilslag

Det ble benyttet 8/16 mm Årdal singel fra SINTEFs egen beholdning. Densiteten for singelen er 2690 kg/m<sup>3</sup> og mengde absorbert vann er 0,4 %.

Siktekurven for det sammensatte tilslaget i betongblandingene er gitt i Vedlegg 1.

### 1.5 Tilsetningsstoff

#### 1.5.1 Superplastiserende

Det ble benyttet Dynamon SX-23 fra Mapei Norge AS, som ble tilsatt betongblandingene konsentrert for å oppnå tilsiktet synk ved tilsiktet v/c-forhold. Stoffet har en densitet på 1040 kg/m<sup>3</sup> og inneholder 23 vekt% tørrstoff.

#### 1.5.2 Luftinnførende

Det ble benyttet Mapeair 10 luftinnførende tilsetningsstoff fra Mapei Norge AS med densitet 1000 kg/m<sup>3</sup> og et tørrstoffinnhold på 10 %. Stoffet ble tilsatt etter at blandevannet og noe av det superplastiserende stoffet var tilsatt.

## 2 Betongblandinger

Det ble utført 5 betongblandinger. Bindemiddelet i betongen består av Norcem Standardsement CEM II/B-M (V-L) tilsatt ekstra flygeaske med k-faktor 1,0 til totalt flygeaskeinnhold 28-32 % av totalt bindemiddel.

Det ble utført en tilleggsblanding med totalt 40 % flygeaske og 3 % silikastøv av totalt bindemiddel for frostprøving med ferskvann istedenfor saltløsning.

Sammensetning for betongblandingene er gitt i Tabell 1. Blandingene ble utført 2022-11-01--10.

## 3 Prøving

### 3.1 Prøving av fersk betong

For fersk betong ble synkmål, densitet og luftinnhold målt. Prøvingen ble utført i henhold til NS-EN 12350-2, NS-EN 12350-6 og NS-EN 12350-7. Resultatene er gjengitt i Tabell 1.

### 3.2 Prøving av herdnet betong

#### 3.2.1 Trykkfasthet

Det ble støpt 6 stk 100 mm terninger for bestemmelse av trykkfasthet etter 28 og 56 døgn. Prøvingen ble utført i henhold til NS-EN 12390.

#### 3.2.2 Frostbestandighet

For frostprøving i henhold til SN-CEN/TS 12390-9 ble det støpt fire 150 mm terninger. Etter avforming ble disse oppbevart i vannbad fram til 7 døgns alder. Ved 7 døgns alder ble prøvene plassert i klimarom ved 20°C og 65±5 % relativ fuktighet. Ved 21 døgns alder ble det ved saging på tvers av støperetningen tildannet to prøvestykker med tykkelse 50 mm fra hver av de fire terningene. Ett prøvestykke fra hver terning ble benyttet til frostprøving etter en uke kondisjonering i 20°C og 65±5 % relativ fuktighet.

Sagflater som representerer sjiktet midt i terningen ble benyttet som prøveflater. Prøveflata ble dekket med et 3 mm tykt lag med de-ionisert vann etter endt kondisjonering (alder 28 døgn). Etter 3 døgn ble vannet erstattet med et 3 mm lag med 3 % NaCl-løsning, og frostprøving bestående av 56 fryse/tinevekslinger ble igangsatt. Resultatene er gjengitt i Tabell 1. Detaljer vedrørende målt avskalling er gjengitt i Vedlegg 2. For Blanding 27 ble prøvingen utført med ferskvann istedenfor saltløsning på overflata.

## 4 Resultater

Tabell 1 viser sammensetning av betongblandingene og prøvingsresultater både for fersk og herdnet betong.

**Tabell 1 Sammensetning for betongen, egenskaper for fersk og herdnet betong**

Blanding nr.		22	23	25	26	27*	
		MF40	MF40	MF45	MF45	MF45	
Flygeaske, % av totalt bindemiddel		28	32	28	30	40	
Sement (c)	Norcem Standardement FA CEM II/B-M (V-L)	kg/m <sup>3</sup>	332	315	303	293	231
Silikastøv (s)	Elkem 940U		-	-	-	-	10
Flygeaske (fa)	Medcem, Tyrkia		46	65	42	50	91
Tilslag	0/8 Årdal		1024	1022	1041	1037	1051
	8/16 Årdal		741	739	753	750	760
SP-stoff Mapei Dynamon SX-23			2,6	2,9	2,3	2,3	2,2
L-stoff Mapeair 10			1,2	1,6	1,8	1,4	1,1
Fritt vann (v)			151	152	154	153	152
Absorbert fukt			6	6	6	6	6
Masseforhold, v/(c+fa+2s)			-	0,40	0,40	0,45	0,45
Synkmål		mm	225	225	220	210	210
Luftinnhold		%	6,0	5,4	5,6	5,4	5,0
Densitet, fersk betong		kg/m <sup>3</sup>	2290	2300	2300	2290	2300
Trykkfasthet, terning	28 døgn	MPa	52,0	49,2	44,5	45,6	43,8
	56 døgn		60,3	57,4	51,9	53,8	51,9
Avskallet materiale etter 56 frostvekslinger, m <sub>s,56</sub>		kg/m <sup>2</sup>	0,22	0,31	0,34	0,73	0,02*

\* Prøvd med ferskvann istedenfor saltløsning

## 5 Kommentarer

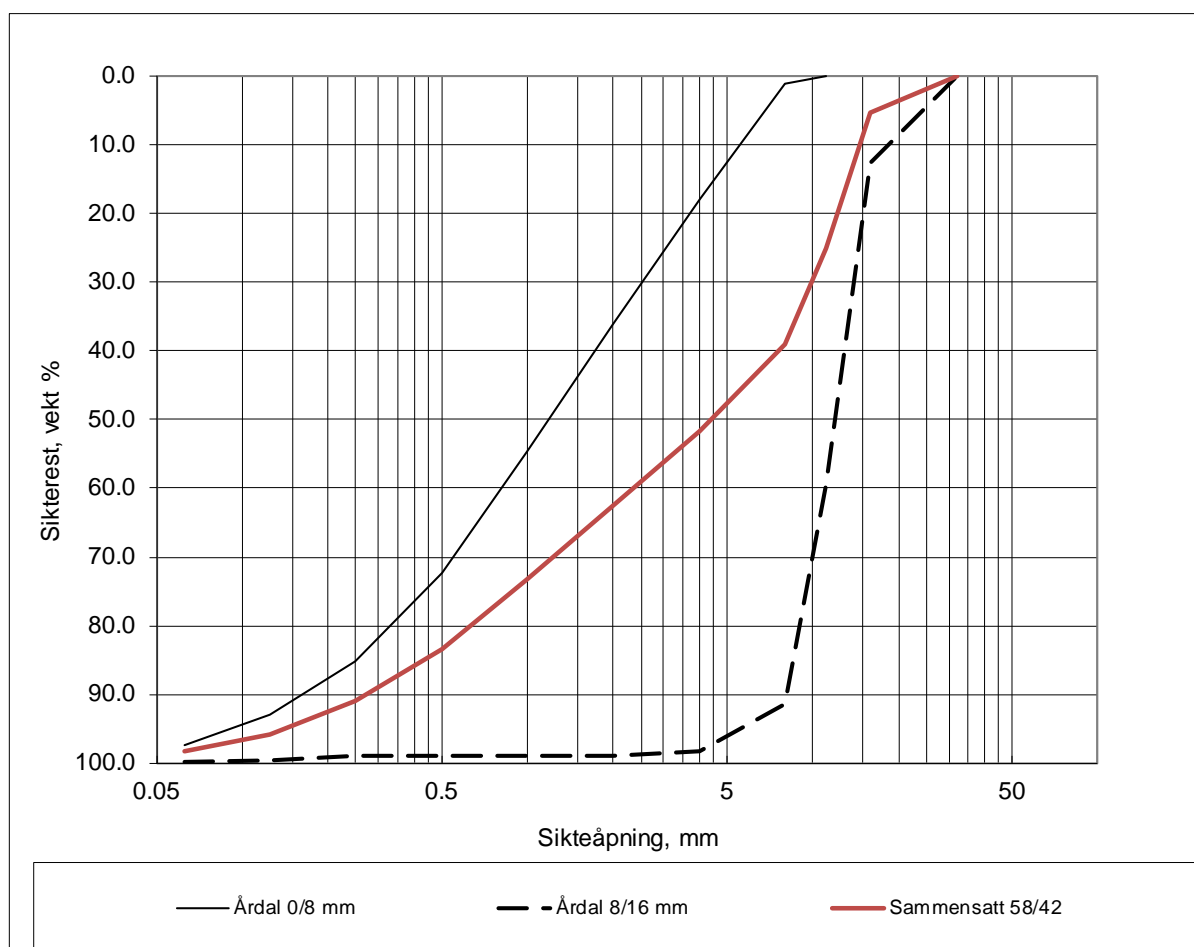
Det er utført prøveblandinger for bestemmelse av frostbestandighet i bestandighetsklasse MF40/MF45 der Norcem Standardement FA CEM II/B-M (V-L) 42.5 R er tilsatt ekstra flygeaske fra Medcem i Tyrkia opp til totalt 32 % flygeaskeinnhold av totalt bindemiddel. Det er benyttet k-faktor 1,0 for tilsatt flygeaske.

Avskallingen ved frostprøvingen er mindre enn kravet i NA (0,5 kg/m<sup>2</sup>) opptil 32 % flygeaske for MF40 og 28 % flygeaske for MF45.

Det ble utført en tilleggsblanding med tilsetning av ekstra flygeaske med k-faktor 1,0 til 40 % flygeaske av totalt bindemiddel. Denne blandingen ble også tilsatt 3 % silikastøv av totalt bindemiddel. For denne blandingen ble frostprøving utført med **ferskvann på overflata** istedenfor saltløsning. Denne prøvingen ga svært liten avskalling.

**Siktekurver**

Tilslag	Sikterest %										
	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	11.2	16	32
Årdal 0/8 mm	97.3	93.0	85.3	72.3	54.5	36.2	18.0	1.1	0		
Årdal 8/16 mm	99.9	99.6	99.0	99.0	99.0	99.0	98.4	91.4	59.5	12.6	0
Sammensatt 58/42	98.4	95.8	91.1	83.5	73.2	62.6	51.8	39.0	25.0	5.3	0



**Avskalling frostprøving MF40**

Blanding 22 MF40 28 % fa

	Avskalling, kg/m <sup>2</sup> , etter				
Pr.stk	7 døgn	14 døgn	28 døgn	42 døgn	56 døgn
11A	0.10	0.17	0.20	0.21	0.21
12A	0.12	0.19	0.22	0.23	0.23
13A	0.11	0.17	0.19	0.20	0.20
14A	0.12	0.19	0.22	0.23	0.23
Middel	0.11	0.18	0.21	0.22	0.22
Std.av.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Blanding 23 MF40 32 % fa

	Avskalling, kg/m <sup>2</sup> , etter				
Pr.stk	7 døgn	14 døgn	28 døgn	42 døgn	56 døgn
31A	0.17	0.31	0.35	0.35	0.36
32A	0.13	0.26	0.29	0.31	0.31
33A	0.13	0.25	0.28	0.29	0.29
34A	0.12	0.23	0.25	0.25	0.26
Middel	0.14	0.26	0.29	0.30	0.31
Std.dev	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04

**Avskalling frostprøving MF45**

Blanding 25 MF45 28 % fa

	Avskalling, kg/m <sup>2</sup> , etter				
Pr.stk	7 døgn	14 døgn	28 døgn	42 døgn	56 døgn
41A	0.16	0.28	0.33	0.33	0.33
42A	0.17	0.28	0.30	0.30	0.31
43A	0.22	0.32	0.38	0.38	0.39
44A	0.17	0.30	0.33	0.33	0.34
<b>Middel</b>	0.18	0.30	0.33	0.34	0.34
<b>Std.dev</b>	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03

Blanding 26 MF45 30 % fa

	Avskalling, kg/m <sup>2</sup> , etter				
Pr.stk	7 døgn	14 døgn	28 døgn	42 døgn	56 døgn
51A	0.48	0.62	0.65	0.66	0.66
52A	0.54	0.69	0.71	0.72	0.72
53A	0.55	0.73	0.77	0.77	0.78
54A	0.52	0.69	0.74	0.75	0.76
<b>Middel</b>	0.52	0.68	0.72	0.73	0.73
<b>Std.dev</b>	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05

 Blanding 27 MF45 40 % fa + 3 % silika  
 (prøvd med ferskvann istedenfor saltløsning)

	Avskalling, kg/m <sup>2</sup> , etter				
Pr.stk	7 døgn	14 døgn	28 døgn	42 døgn	56 døgn
61B	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
62B	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
63B	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
64B	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
<b>Middel</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<b>Std.dev</b>	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00