

ÅPENT FAGLIG MØTE, OSLO

Dato: Mandag 13. mars 2017

Tid: Kl. 13.30 – 16.00

Sted: Konferansesalen, Ingeniørenes Hus

Den nye miljøvennlige betongen

For å kunne velge- og beskrive riktige betongtyper for å oppnå de beste miljøegenskapene for et byggverk, er det viktig å forstå de begrepene som nå benyttes i forbindelse med beskrivelse av denne betongen som går under betegnelsen Lavkarbonbetong. Dette møtet gir en kort innføring i begrepene og en gjennomgåelse av Norsk Betongforenings Publikasjon 37. Vi vil også få noen erfaringer fra prosjekter med disse betongtypene.

PROGRAM

13.30: Fremmøte

Vi starter med noe å spise

14.00: Velkommen

Tommy Cielicki, Fabeko og leder av lokal medlemsgruppe i Norsk Betongforening

14.10: Norsk Betongforenings publikasjon nr. 37 og nye betongtyper

– Tom Fredvik, Norcem vil gjennomgå publikasjonen og begrepene.

15.00: Kaffe- og teknisk pause

15.15 – 16.00: Prosjekterfaring fra bygg og anlegg

- Bernt Kristiansen fra AF-Gruppen forteller om erfaringer fra bygg og anlegg

16.00: Slutt

Møteleder: Tommy Cielicki

Møtet er åpent for alle interesserte, fri entré og enkel servering, velkommen!

Meld deg på her: registrering: kurs@tekna.no eller via web: www.betong.net



Prosjekterfaringer, bygg og anlegg

Bernt Kristiansen
AF Gruppen Norge AS

02/10/2007

Lav varmebetong - lavkarbon «var» flyveaskebetong i 2005

Hvorfor tilsetning av flyveaske?

- Redusere risiko for riss
 - Lavere herdevarme
- Økt bestandighet
 - Økt elektrisk motstand

OG

- et "grønt" betong-CO₂ regnskap

Grove konstruksjoner



BETONG ER TETT MELLOM RISSENE!

Grove konstruksjoner

Riss

- Vanntetthet
- Bestandighet

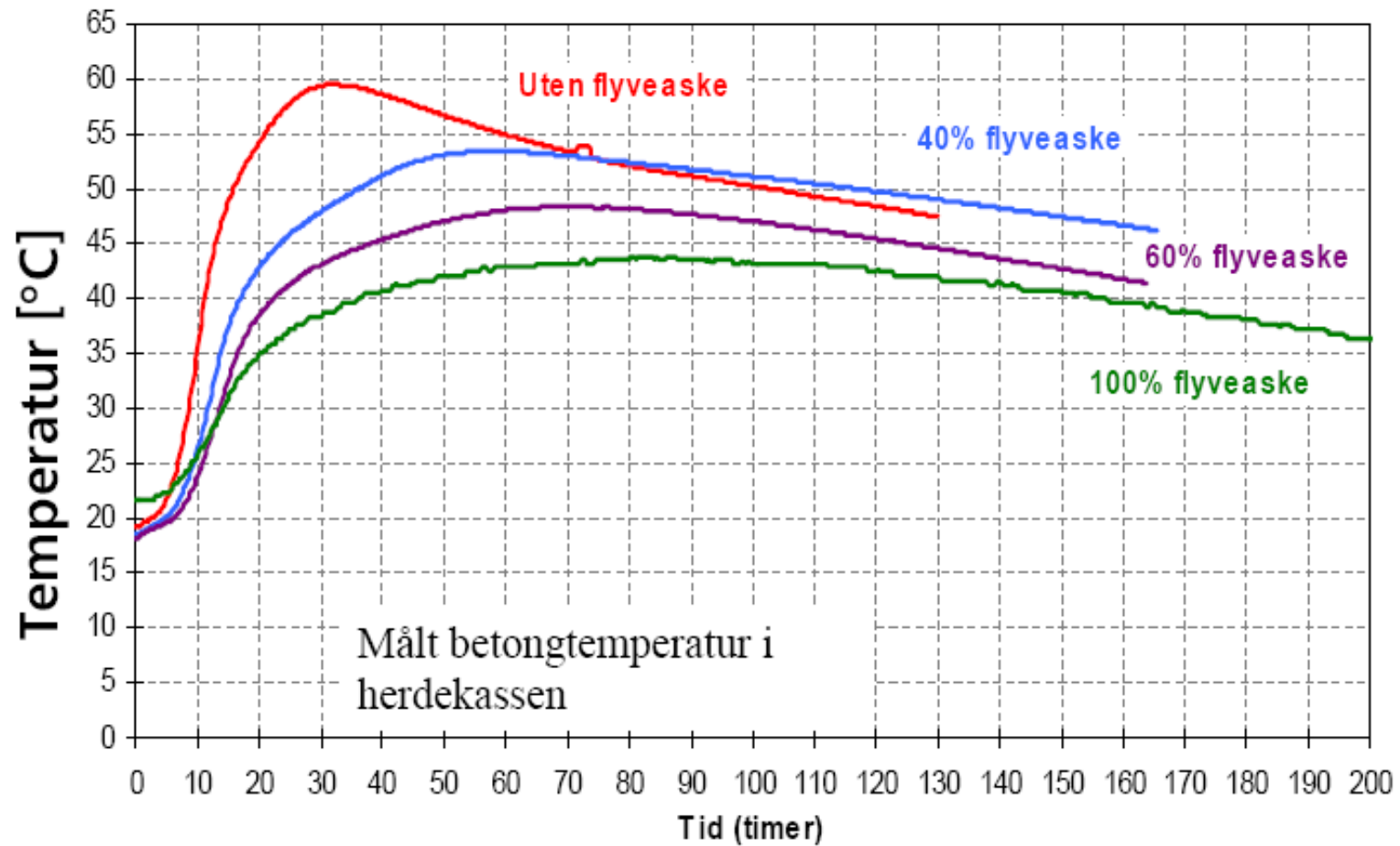
Årsak til riss:

- Fastholding
- Høy maksimaltemp. i herdefasen



19/08/2009

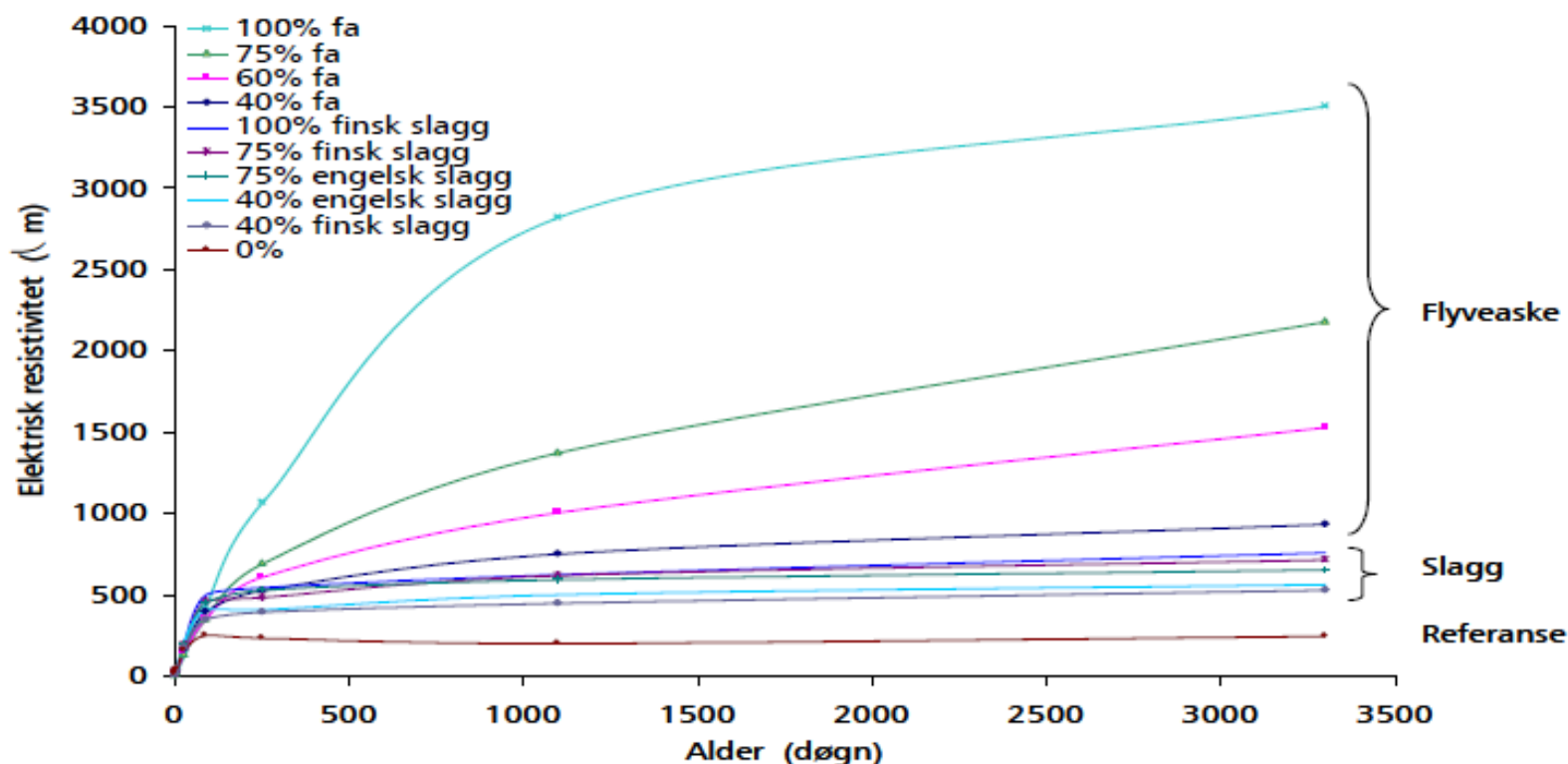
Temperaturer målt i herdekasse



Kilde: SVV

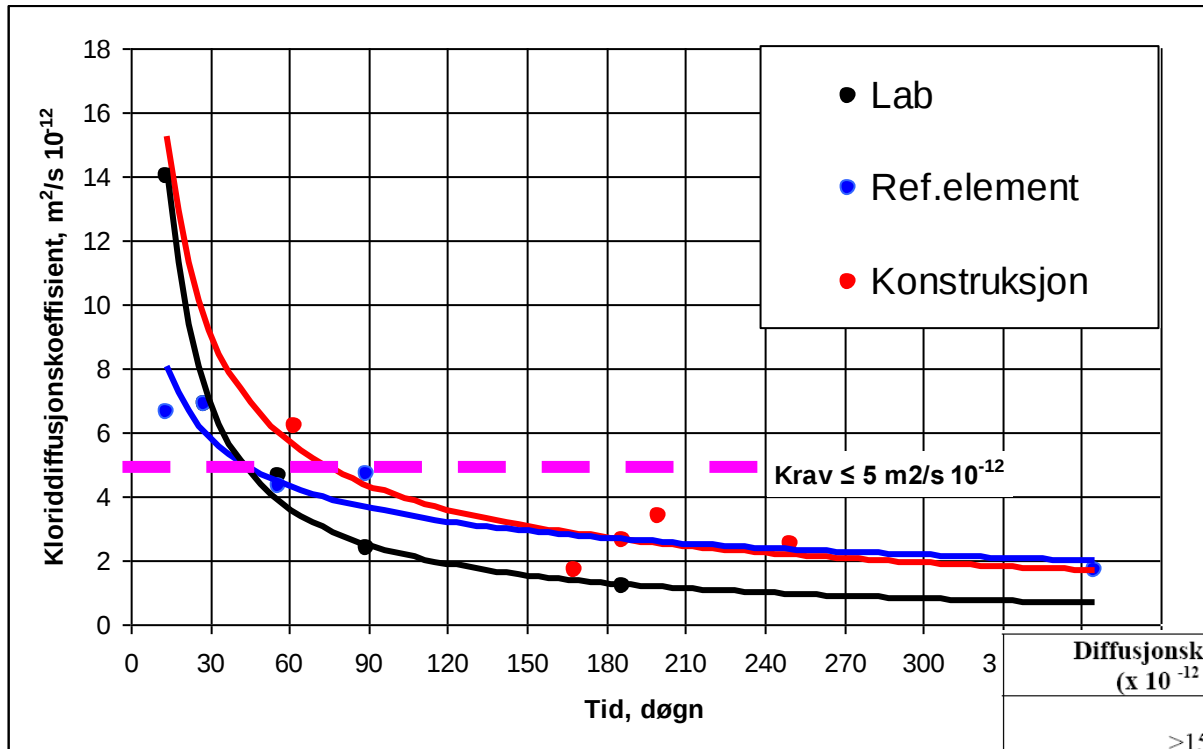
Langtidsresultater for «Bjørsvika-betongene»

Resultatene etter 9 års vannlagring



Kilde: SVV., Bård Pedersen

Kloriddiffusjon:



Diffusjonskoeffisient ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	Motstandsevne
>15	Lav
10-15	Moderat
5-10	Høy
2,5-5	Meget høy
< 2,5	Særdeles høy

Sørenga: 2005-2009

Kontraktsum:	942 mill nkr.
Betongvolum ca.	110.000 m ³
LVB ca.	55.000 m ³



Beskrivelse

Tekniske krav i kontrakten ved utførelse av lavvarmebetongen:

- Maksimal rissvidde på 0,15 mm
 - Riss større enn 0,15 mm skal injiseres
 - Riss mindre enn 0,15 mm som er vannførende skal injiseres
- Rissindeks mindre enn 0,75

Vanlig krav i prosesskoden er:

- Skadelige riss som skyldes utførelsen skal utbedres kostnadsfritt for byggherren.
- Følgende risstyper anses normalt skadelige:
- Gjennomgående vannførende riss uansett rissvidde
 - Riss inn til og på langs av armeringen
 - Riss inn til armeringen med åpning over 0,35 mm i betongoverflaten.

Betongsammensetning

- Kontraktens krav til sammensetning av lavvarmebetongen:
 - densitet $2,42 \pm 0,05 \text{ kg/dm}^3$ (vannlagret tilstand)
 - fasthetsklasse C 40
 - miljøklasse MA, masseforhold $m = v/b \leq 0,45$ hvor $b = (c + \sum k \times p)$
 - $k = 0,7$ for flyveaske
 - $k = 2$ for silika
 - luftinnhold: $5,0 \pm 1,5 \%$
 - sement CEM I 52,5, NS-EN 197-1
 - flyveaske (samme som Norcem benytter i sin FA-sement), 30-65 % av sementvekt
 - silikastøv etter NS 3045, 4-8 % av Portlandsementvekten
 - tilslag: totale tilslag skal ha $< 15 \%$ reaktive bergarter. Tilslag $> 8 \text{ mm}$ skal ha $< 10 \%$ reaktive bergarter
 - maks kornstørrelse: $38 \text{ mm} > D_{\text{maks}} > 27 \text{ mm}$. Kan benytte tilslag med mindre D_{maks} , ned til 16 mm i spesielle tilfeller.

Table 1- The 27 products in the family of common cements

Main types	Notation of the 27 products (types of common cement)		Composition [proportion by mass ¹⁾]										Minor additional constituents	
			Norcem Standard Industri Anlegg SR Embra Standard Rapid						Fly ash		Burnt shale	Limestone*		
									is	calcareous		W		T
CEM I	Portland cement	CEM I								-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland-slag cement	CEM II/A-S								-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S								-	-	-	-	0-5
	Portland-silica fume cement	CEM II/A-D								-	-	-	-	0-5
	Portland-pozzolana cement	CEM II/A-P								-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P								-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V						21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	Portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
CEM II/B-LL		65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
Portland-composite cement ³⁾	CEM II/A-M	80-94	<----- 6-20 ----->										0-5	
	CEM II/B-M	65-79	<----- 21-35 ----->										0-5	
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Pozzolanic cement ³⁾	CEM IV/A	65-89	-	<----- 11-35 ----->				-	-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	<----- 36-55 ----->				-	-	-	-	0-5	
CEM V	Composite cement ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	-	<----- 18-30 ----->			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	-	<----- 31-50 ----->			-	-	-	-	0-5	

EN 197-1:2000

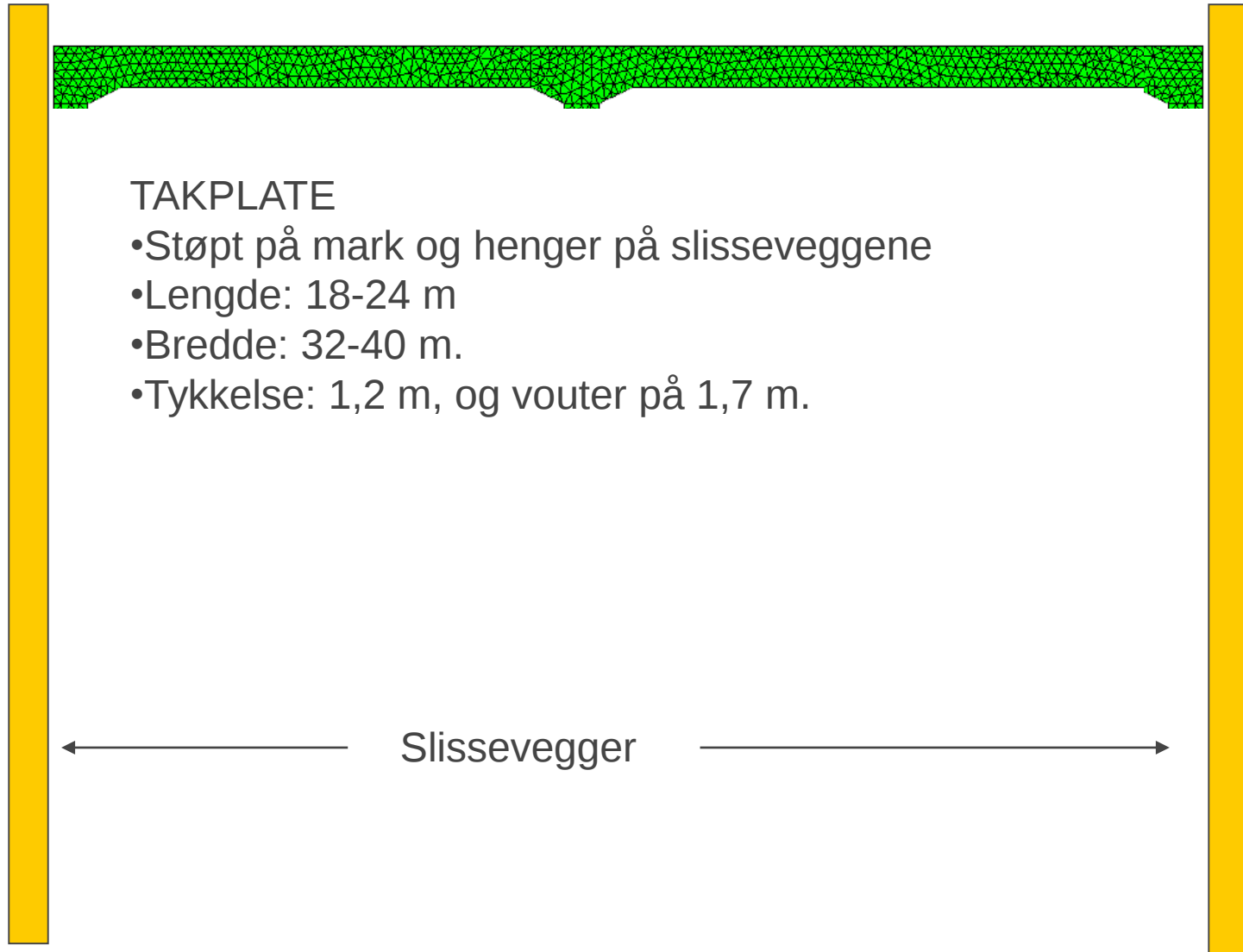
Table 1- The 27 products in the family of common cements

Main types	Notation of the 27 products (types of common cement)		Composition [proportion by mass ¹⁾]													
			Main constituents													
			Clinker	Blastfurnace slag	Silica fume	Pozzolana										
			K			natural	calcined	Norcem Anlegg Aalborg White Norcem Standard Norcem Industrisement				CEM I 52,5 N CEM I 52,5 R – SR5 CEM I 42,5 CEM I 42,5 R				
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	Cemex Rapid Cemex Hvit		Aalborg Rapid Aalborg White										
CEM II	Portland-slag cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-S	65-79	Cemex Miljøsement				CEM II/B-S 52,5 N				-	-	-	0-5	
	Portland-silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Portland-pozzolana cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5		
	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	Norcem Anlegg FA				CEM II/A-V 42,5 N			0-5		
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	Norcem Lavkarbonsement				CEM II/A-V 42,5 N			0-5		
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5		
	Portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5		
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5		
	Portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5		
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5		
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5		
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5		
	Portland-composite cement ³⁾	CEM II/A-M	80-94	<----->				Norcem Standard FA				CEM II/B-M 42,5 R.			0-5	
		CEM II/B-M	65-79	<----->				21-35							0-5	
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	Cemex Miljøsement II				CEM III/A 42,5 N				-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	Cemex LH LC*				CEM III/B 42,5 N				-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	3-100								-	-	-	0-5	
CEM IV	Pozzolanic cement ³⁾	CEM IV/A	65-89	-	<----- 11-35 ----->					-	-	-	0-5			
		CEM IV/B	45-64	-	<----- 36-55 ----->					-	-	-	0-5			
CEM V	Composite cement ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	-	<----- 18-30 ----->			-	-	-	-	0-5			
		CEM V/B	20-38	31-50	-	<----- 31-50 ----->			-	-	-	-	0-5			

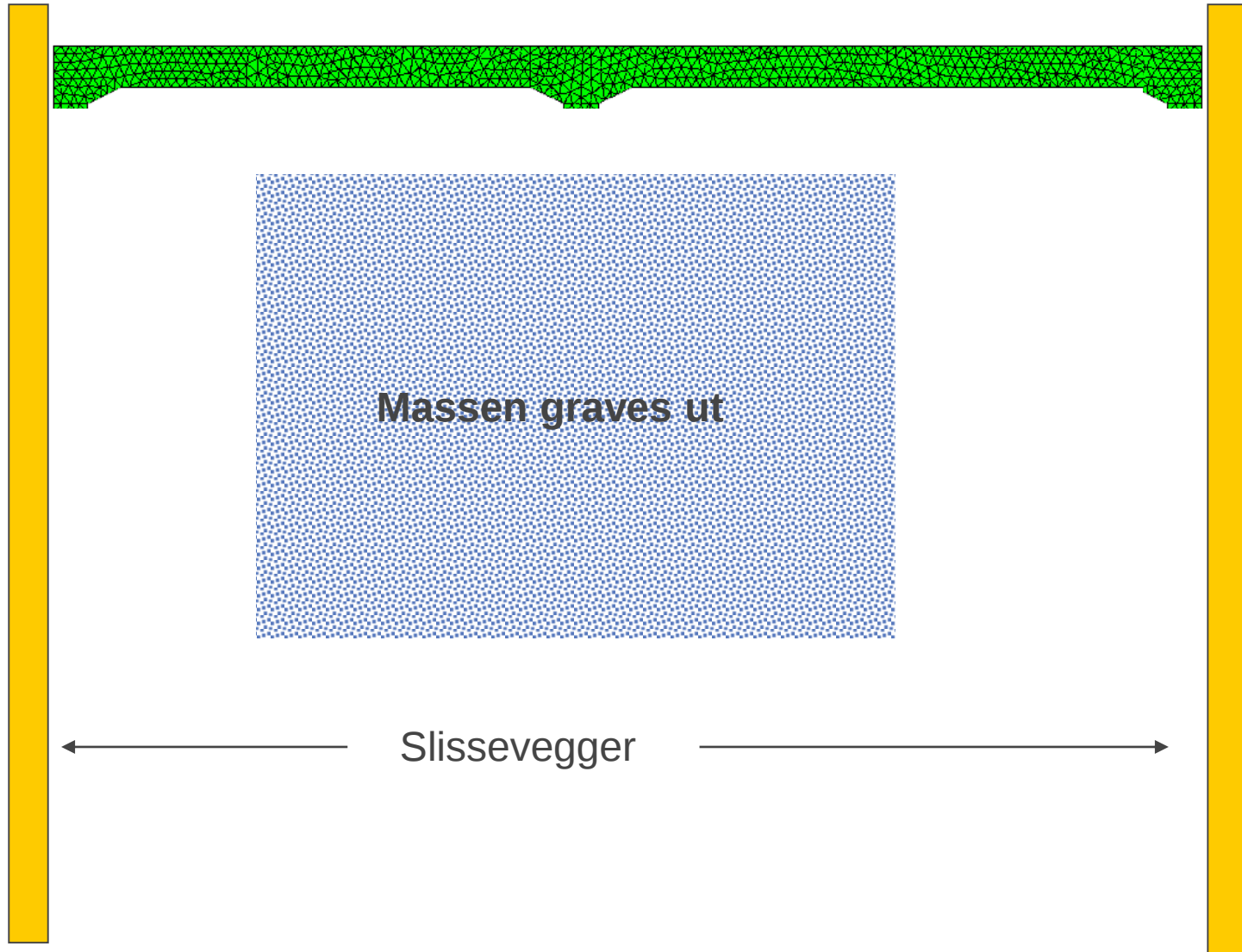
K 204



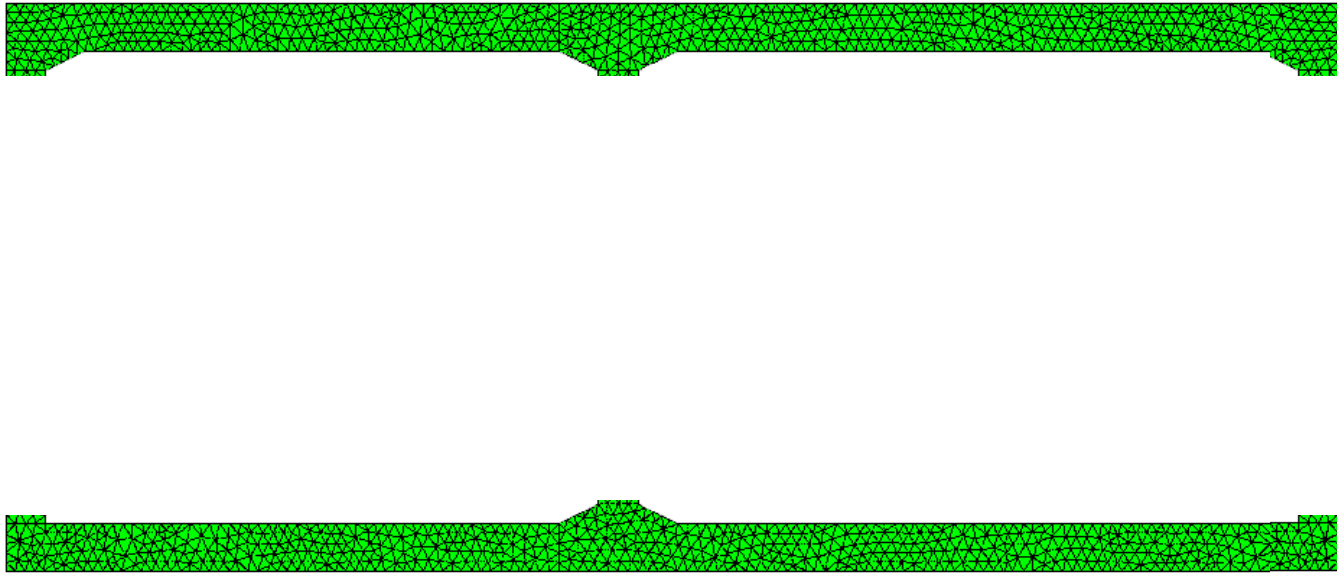
Byggemetode



Byggemetode



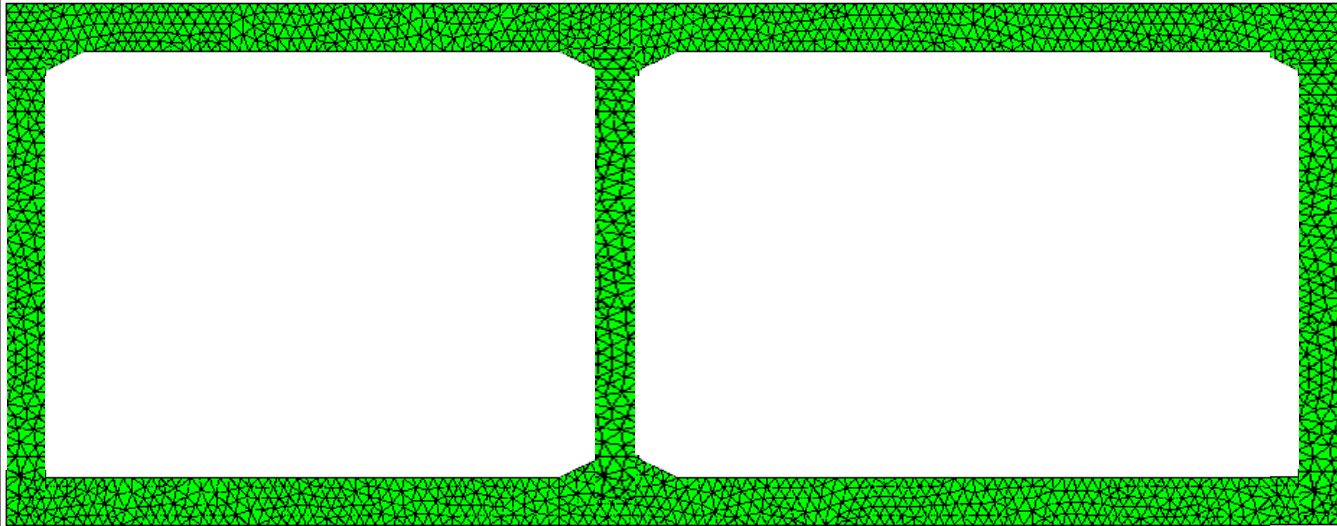
Byggemetode



BUNNPLATE

- På mark
- Lengde: 18-24 m
- Bredde: 32-40 m
- Tykkelse: 1,0 m

Byggemetode



VEGGER

- Fastholdt i bunnplate, takplate og slissevegger
- Lengde: 18-24 m
- Høyde: 8 m
- Tykkelse: 1,0 m, + ujevnheter mot slissevegg.

Reseptutvikling

Startet våren 2005, i tilbudsfasen.

- Støpelighet
- Varmeutvikling
- Trykkfasthet
- Simulering, muligheter og begrensninger
 - ConTest Pro - Program for temperature and stress calculations in concrete
 - Norconsult

Reseptutvikling

Krav til densitet:

- Tilslag med densitet 3,05
 - Fraksjoner 8-18 mm og 18-32 mm



Reseptutvikling

- Omfattende prøving i lab. sommeren/høsten 2005
- Resept til dokumentasjon hos SINTEF høsten 2005:

Materialsammensetning (ved 5 % luftinnhold)

Resept		C40 65 % FA
Tørre materialer i kg per m ³ betong	Sement	201
	Flygeaske	131
	Silikastøv	16
	Sand 0-8 mm	960
	Pukk 8-18 mm	188
	Pukk 18-32 mm	744
Glenium 151, kg/m ³		5,45
Micro Air, kg/m ³		0,08
Vann (totalt), kg/m ³		150
effektiv $v/(c+2s+0,7fa)$		0,44

•Resepter

- Tradisjonell betong, synk 16-22 cm
 - Tradisjonell betong, synk 16-22 cm med 2 kg PP-fiber
 - SKB, utbredelse 62 – 68 cm
-
- Luft var en stor utfordring. Variasjon i målt luftinnhold har mange årsaker:
 - Flyveaske
 - Blandemaskin, skovler-trommel
 - Blandetid
 - Konsistens
 - Støpemetode
 - Pumping
 - Pumpeoppstilling endrer måleresultatene
 - Skal måle luft *umiddelbart før utstøping (etter eventuell pumping)*

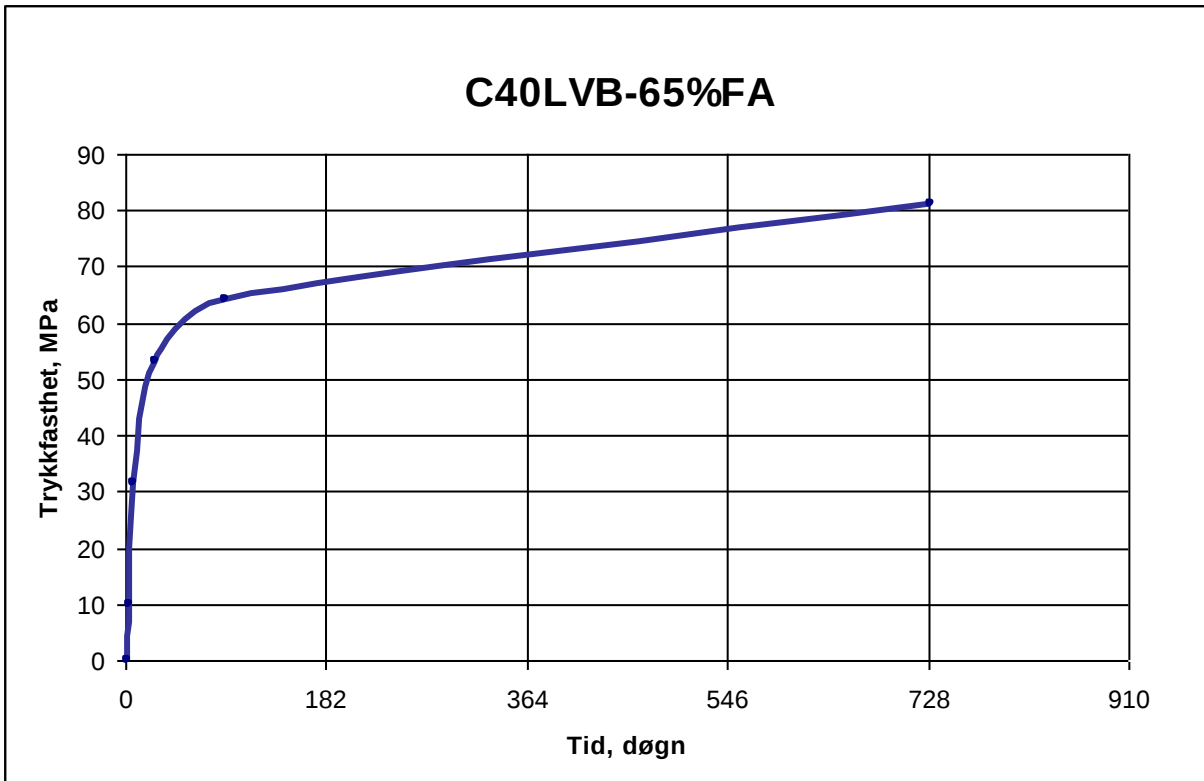
Synk 21 cm



SKB



Fasthetsutvikling



- Økning i trykkfasthet:

- fra 28 til 90 døgn: 53 – 64 MPa, 21 %
- fra 90 døgn til 2 år: 64 – 81 MPa, 26 %
- Fra 28 døgn til 2 år: > 50 %

INGEN RISS I TAKPLATENE

INGEN RISS I BUNNPLATENE

Vegg



Vegg



Utstøping vegg

- SKB, utbredelse 62cm, -3 + 5 cm
- Alle lass kontrolleres
- Rør gjennom takplate
 - Neddykket rør
 - Støping med overhøyde for å sikre god oppfylling mot takplata
- Støpeluker
 - Ikke neddykket i starten
 - "giljotin" og overtrykk ved slutten

Mottakskontroll

u 204 Røsept 9000 Volum 181
 ettervegg 11hs skB 29,11,02
 OVERSIKT BETONGPRØVER

Prøve nr	Luft	Bil nr	Kjøreseddel	M3	Kl	Slump	Temp	Kommentar
1	6,5	635						
1	6,5	635		6	21:52	64-65	11,5	Brø
2	6,7	635		12	22:20	64-64		
3		635		18	22:44	63-63		
4		644		24	22:52	65-66		
5		611		30	23:15	62-62		Brø
6		635		36	23:18	68-68		
7		644		42	23:32	66-66		
8	6,1	620		48	23:43	62-62		
9		611		54	23:49	63-65		
10		635		60	23:54	62-62		
11		622		66	00:01	62-62		
12		635		72	00:28	66-66		
13		622		78	01:38	62-62		
14		635	84	84	01:51	68-68		
15		644	90	90	01:56	67-67		
16	4,5	614	96	96	01:58	64-64	10	
17		635	102	102	02:05	64-64		
18		644	108	108	02:16	65-66		
19		614	114	114	02:49	66-66		
20		635	120	120	03:03	68-68		
21		614	126	126	03:26	62-62		
22		624	132	132	03:30	61-66		
23		635	138	138	04:08	62-62		
24	5,2	614	144		04:18	66-66		
25		635	150		04:46	62-62	10,2	
26		614	156		04:56	66-65		
27		702	162		05:00	65-65		
28		614	168		05:20	66-66		
29		702	174		05:45	63-63		
30		702	180		06:12	65-65		
31								
32								

Utstøping vegg



- Utstøping gjennom støperør i takplatene
- Neddykket rør

13/04/2007





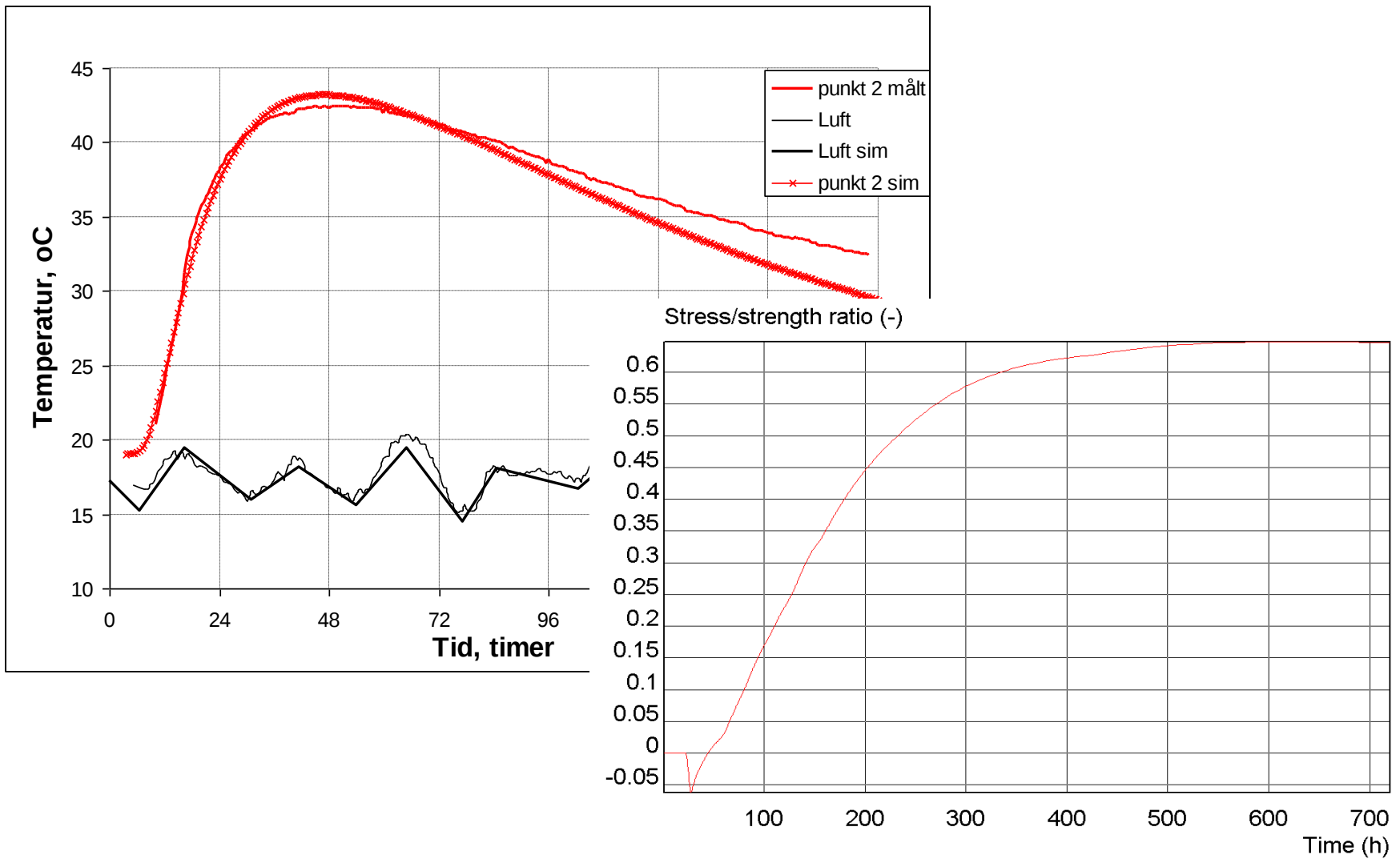
Utstøping vegg



Temperatur i vegg

Målt temperaturutvikling stemmer med simulert.

Rissindeks er innenfor krav. Pkt. 2 er midt i vegg ved h=3,0 m.



Riss i veggene



Kjøling av fersk betong

Krav til maksimal temperatur i fersk betong

Temp. i herdet betong	8	9	10	11	12	13	14	16
Krav til fersk betong temp.	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	21

Temperatur på fersk betong opp mot 27 oC

Kjøling av fersk betong med is

Erfaringer:

- Kårstø
- Smøla



10 kg is senker temperatur på fersk 1,0 - 1,5 °C.

Produksjon av is



Erfaring med flyveaskebetong fra 2005

- 
- Resept med «lite» bindemiddel
 - Strenge krav til betongproduksjon
 - Strenge krav til mottakskontroll
 - Lav maksimaltemperatur
 - Erfaring med is til kjøling
 - Simulering med bruk av rissindeks
 - Prosjektert med 25 % sikkerhet
 - «lite» riss i 1 m vegger
 - 1-2 riss på 24 m lengde 1-2 mnd etter støp

Erfering med flyveaskebetong fra 2005

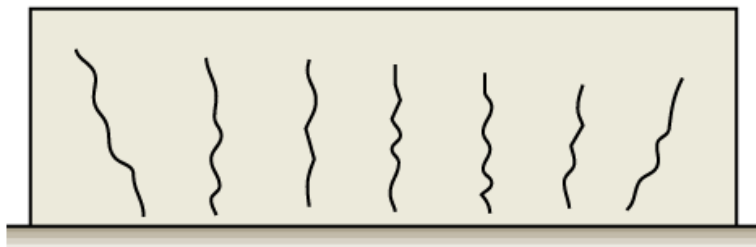


«Normale» riss ??

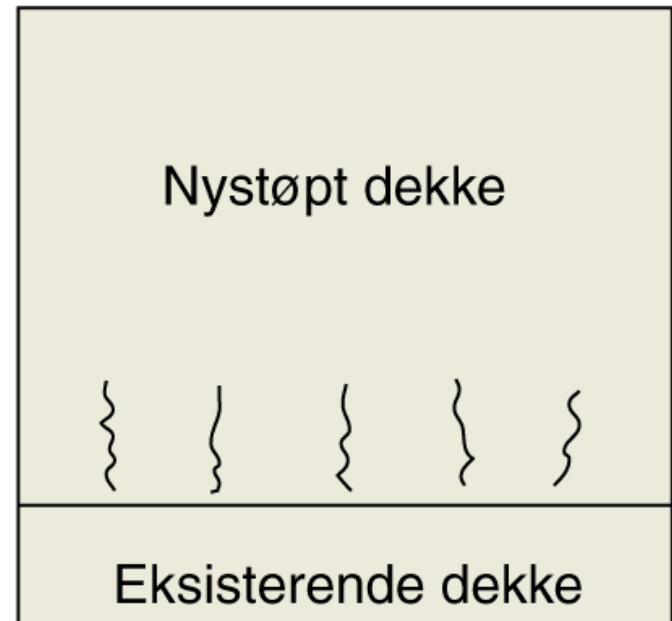


Temperatur og fastholding

- Stor temperaturdifferanse mellom gammel og fersk betong
- I tillegg
 - autogent svinn (selvuttørkingssvinn)
 - uttørkingssvinn



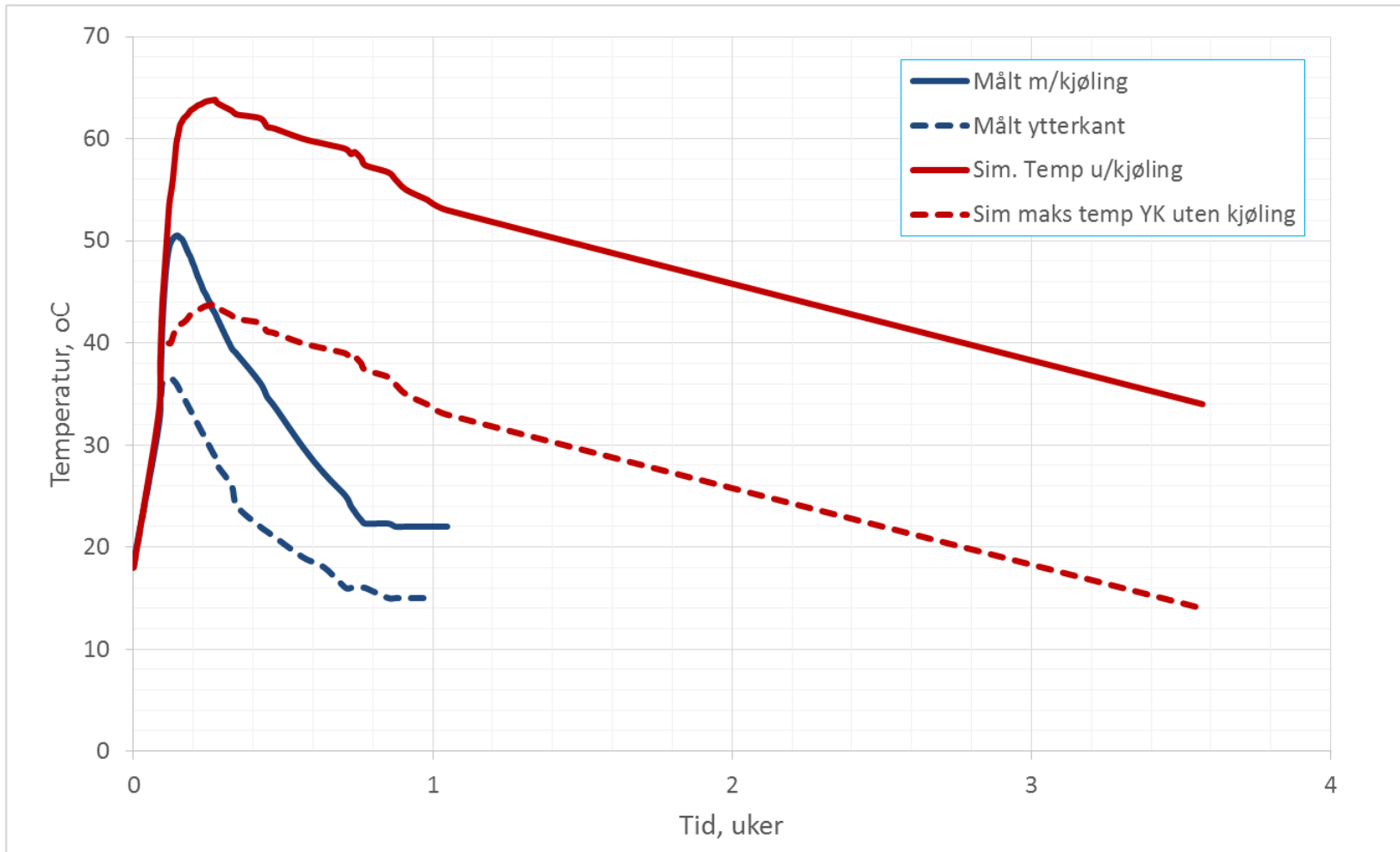
Kaldt fundament



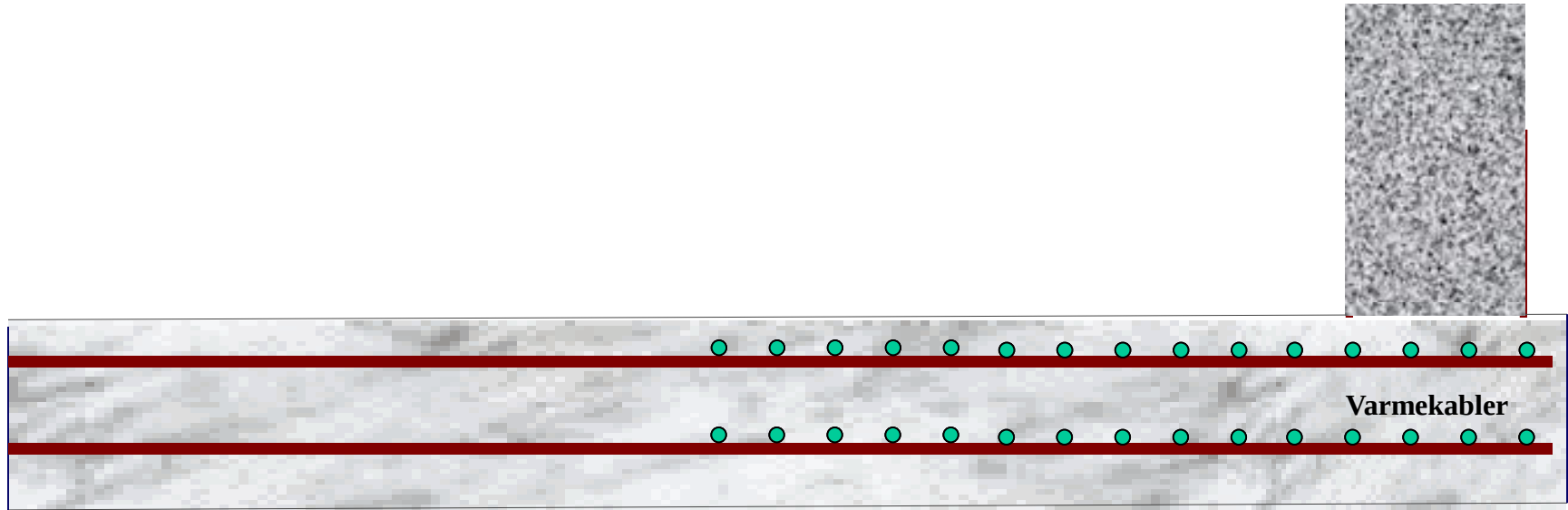
Kjølerør



Effekt av kjøling



Oppvarming av tilstøtende konstruksjoner



Kai Sjursøya 2006

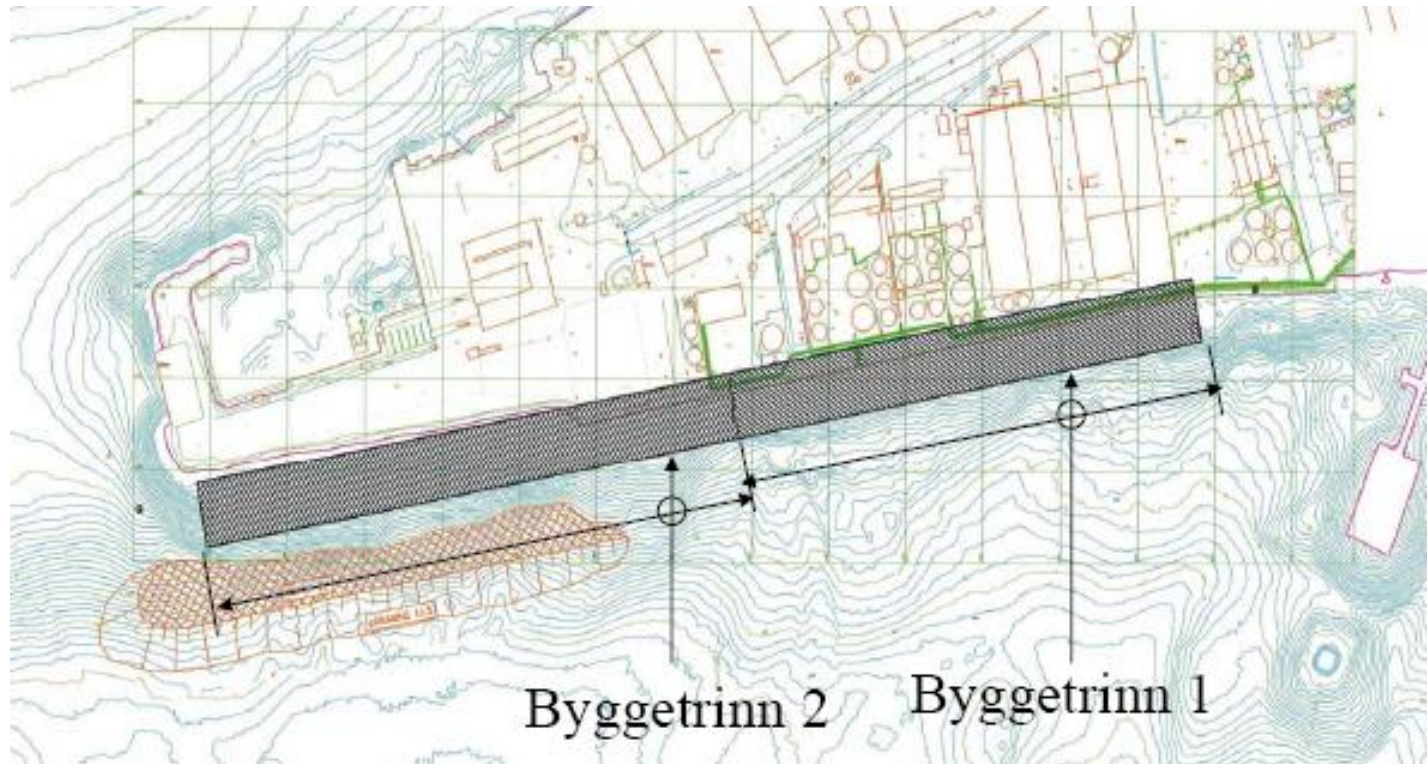
B45MF40 (XS3)



Kai Sjursøya, containerkai

Byggetrinn 1:

- 303 m,
- ca. 12.000 m³ FA-Betong



Reseptutvikling

Dokumenterte resepter Kai Sjursøya:

	20 % FA	40 % FA	60 % FA
NORCEM ANLEGG	318	290	270
SILIKA	12,72	11,6	10,8
FLYVEASKE	63,6	116	162
SP-stoff	5	5,5	6
L-stoff	1	1	1
0-8mm	890	870	850
8-16mm	200	200	200
16-24mm	690	680	665
Vann	151	154	158
Luft i fersk betong	>4%	>4%	>4%
$V/(c+s*2+F*,4)$	0,39	0,39	0,39 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ : v/c-tall 0,43 etter NS-EN 206-1, pkt. 5.5.5.2.2

”Byggbetong i 2008”

Betongkvalitet: B35/45MF40

Betongsammensetning:

- **Sement:** Norcem Std FA/
Aalborg Rapid
- **Flyveaske:** 50 % av portlandklinker



4 hovedsammensetninger FA-betong:

1. **Bjørvika utbyggingen** for SVV. AF brukte ca. 55.000 m³ og i tillegg har NCC benyttet den i stort omfang i Bjørvika-prosjektet, fra 2006.
 - 65 % FA av klinker med v/c-tall 0,45 og k-faktor 0,7
2. **Kai Sjursøya** i 2006, ca. 12.000 m³. Resepten er godt dokumentert og har meget gode bestandighetsegenskaper.
 - 60 % FA av klinker med v/c-tall 0,4 og k-faktor 0,4
3. **“Bygg-betong” med Std.FA**. Lav-varme/karbon betong som AF har benyttet siden 2008. Den er godt dokumentert og har meget gode bestandighetsegenskaper.
 - 50 % FA av klinker med v/c-tall 0,4 og k-faktor 0,7
4. **“Bygg-betong” med Aalborg rapid**.
 - 50 % FA av klinker med v/c-tall 0,4 og k-faktor 0,7

2008: Bygg-betong

All betong under bakken
- M/MF40 (XD3)



K-faktor:

- Regler i henhold til NS-EN 206-1 fra 2003:
 - Flygeaske/sement: $\leq 0,33$ av massen
 - Bruk over dette er filler
 - CEM I 32,5 $k = 0,2$
 - CEM I 42,5 og høyere $K = 0,4$
- Sørenga - kontrakten: $k = 0,7$ 2005
- "Byggbetong" $k = 0,7$
-

Tabell NA.9 – k-verdi ved innblanding av flygeaske, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse

Sementtype	Bestandighetsklasse ^{a, b, c}					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
CEM I	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
CEM II/A-V, CEM II/A-S ^d , CEM II/A-L ^d , CEM II/A-LL ^d CEM II/A-D ^d , CEM II/A-M ^{e, d}						
CEM II/B-V, CEM II/B-S ^d , CEM II/B-M ^{e, d}				-	-	-
Øvrige sementer	-	-	-	-	-	-

^a Innblanding av flygeaske kan medregnes ved beregning av masseforhold og minste effektive bindemiddelmengde i henhold til kravene i tabell NA.12.

^b "-" i tabellen betyr at Norsk Standard ikke gir regler for dette i denne kombinasjonen av sementtype og bestandighetsklasse. Det henvises også til NA.5.3.2(902).

^c Verdiene gjelder for sement med en styrkeklasse på minst 42,5. For lavere styrkeklasser reduseres verdiene med 0,1.

^d k-verdien kan brukes for en mengde tilsatt flygeaske inntil andel Portlandsementklinker (K) er redusert til 65 % av total bindemiddelmengde.

^e Regelen omfatter sementtypene CEM II/A-M og CEM II/B-M som kun er basert på hovedkomponentene klinker (K), flygeaske (V), slag (S) og kalkfyller (L og LL).

NA.5.2.5.2.2(2) og (3) Den største mengden tilsatt flygeaske som det kan tas hensyn til ved beregning av masseforhold og minste effektive bindemiddelmengde, er gitt av kravet:

$$(\text{tilsatt flygeaske} + \text{flygeaske i sementen}) / \text{bindemiddel} = 0,35 \text{ regnet ut fra masse.}$$

Hvis forholdstallet er høyere enn 0,20, skal bindemiddelkombinasjonen anvendt i MF45 og MF40 dokumenteres for frostbestandighet iht. NA.5.3.2(902).

Egenskaper, testet hos SINTEF

Bestandighetsklasse		MF40
Trykkfasthet, MPa	28 døgn	72,6
	56 døgn	80
	90 døgn	91,2
	1 år	105,3
	3 år	106,2
Karbonatisering	Eksp. klasse: XC1 .. XC4	Tilfredsstillende
Elektrisk motstand, Ωm	28 døgn	124
	56 døgn	222
	90 døgn	357
	1 år	998
	2 år	1347
	3 år	1523
Svinn, ‰	28 døgn	0,26
	56 døgn	0,34
	90 døgn	0,38
	1 år	0,46
	3 år	0,52
RF i svinnprismer, %	14 døgn	91,6
	28 døgn	86,6
	56 døgn	82,6
	90 døgn	81,3
	1 år	< 75
	3 år	< 75
Relativ fuktighet, %	14 døgn	91,5
Selvuttørking	30 døgn	90,4
	56 døgn	89,9
	90 døgn	90,1
	1 år	85,8
	3 år	72-75
Kloriddiff.koeff, $\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-1}$	90 døgn	1,84
	365 døgn	1,38
Frostbestandighet		God
Avskalling, $\text{kg}/\text{m}^2(\text{m}_n)$	56 døgn	0,18
Forhold: $\text{m}_{56}/\text{m}_{28}$		1,8

Veggstøp med tobb



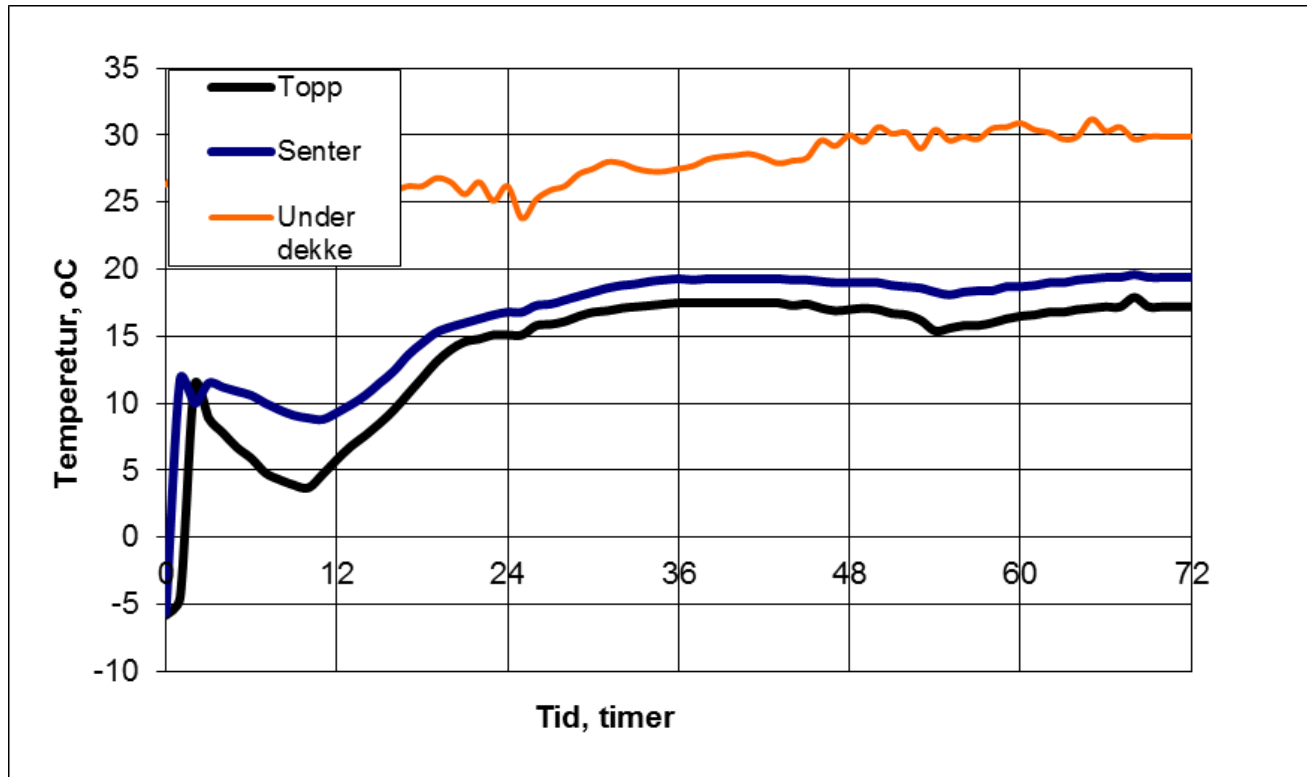
Veggstøp med pumpe





Bunnplate 14.02.11

- 30 cm tykkelse
- Trykkfasthet utborede kjerner etter 72 timer 30 Mpa
- Avbindingstid ca. 15 timer



Støping bunnplate

Film



Pussing

Film



Avbinding og pussing



08:43



15/09/2010

Avbindingstiden bestemmes av

- Pastasammensetning
 - Sementtype
 - TSS
- Betongtemperatur
- Vær og vind
- Vanninnhold

10:55

15/09/2010



Planlegging:

- helst ikke slangeutlegg
- maks 30 m 3"

- 
- 42 m pumpe
 - Ingen slange
 - Pumpetrykk 120 -140 bar
 - Tømmetid 3-4 min

- 42 m pumpe
- 30 m 3" slange
- Pumpetrykk 190 -200 bar
- Tømmetid 6-7 min

17/04/2012

LVB: Bunnplater og vegger praktisk talt uten riss



Lervig brygge Stavanger



Lervig brygge Stavanger

**Alt under bakken, bunnplate og vegger
med CEMEX CEM III/B**



Cemex CEM III/B-S 42,5 N

75 % slagg

x: Mittelwert s: Standardabweichung	Februar 13		März 13	
	x	s	x	s
Mahlfeinheit				
Blaine cm ² /g	4560	90	4460	40
Wasseranspruch %	31,0		31,5	
Erstarren				
Anfang min	270	13	265	11
Druckfestigkeit				
2 Tage N/mm ²	12		12	
7 Tage N/mm ²	35	1,0	33	1,6
28 Tage N/mm ²	57	1,1		
Na ₂ O-Äquivalent M.-%	0,63	0,01	0,65	0,02
Chromatarm gemäß GefStoffV Bei sachgerechten Transport-, Förder- und Lagerungsbedingungen Mindestwirksamkeit des Reduktionsmittels 2 Monate ab Verladung Zementwerk.				

Synk 24
Utbredelse 58 cm



09.06.2013

CEM III/B

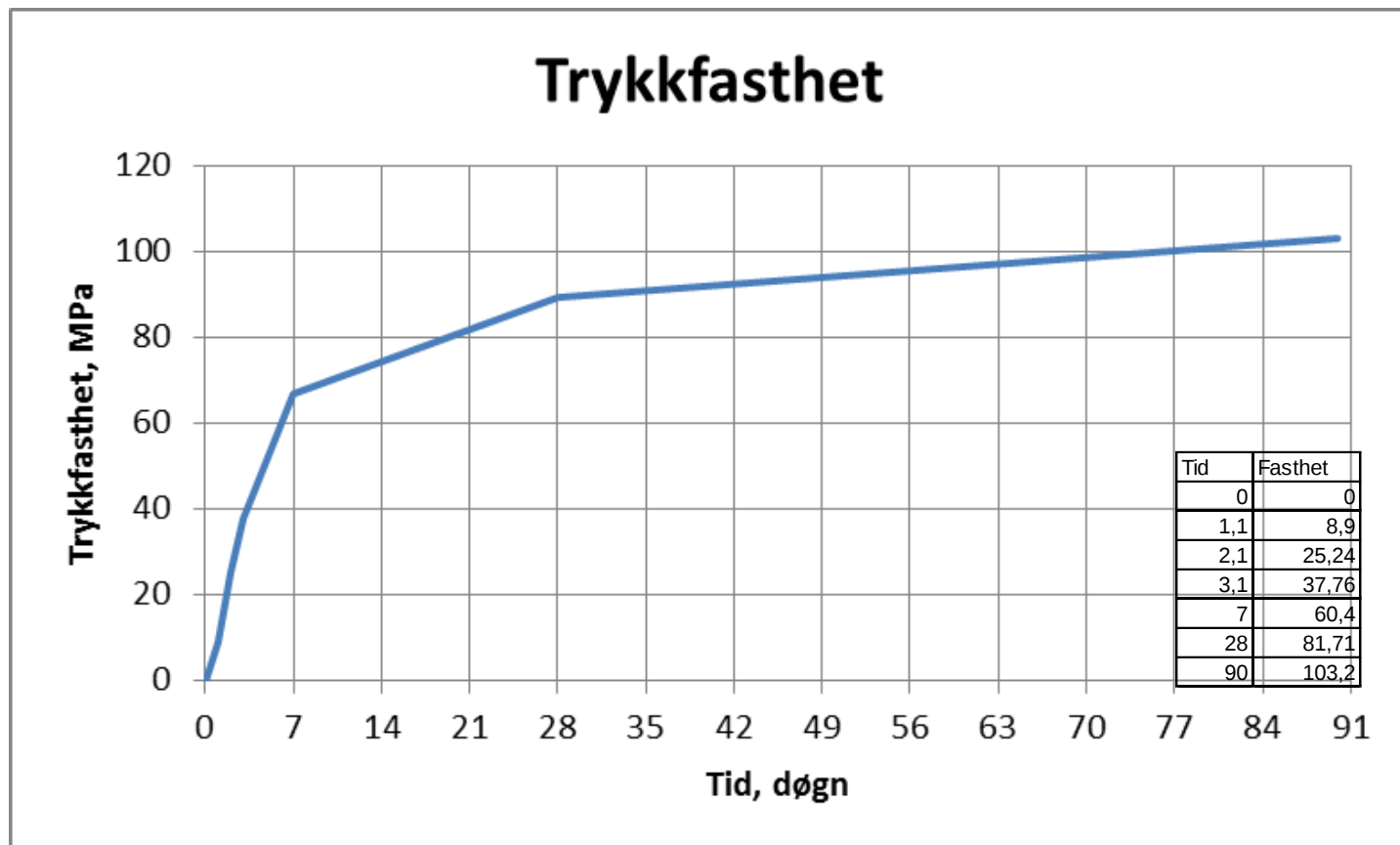




Bunnplate Lervig brygge: CEM III/B



Trykkfasthet CEM III/B, Lervig brygge:



Cemex CEM III/B-S 42,5 N

Herdetiltak
etter
NS-EN 13670

Tabell F.2 – Minste periode med herdetiltak for herdeklasse 3 (tilsvarende en fasthet i betongens overflatesjikt på 50 % av den spesifiserte karakteristiske fastheten)

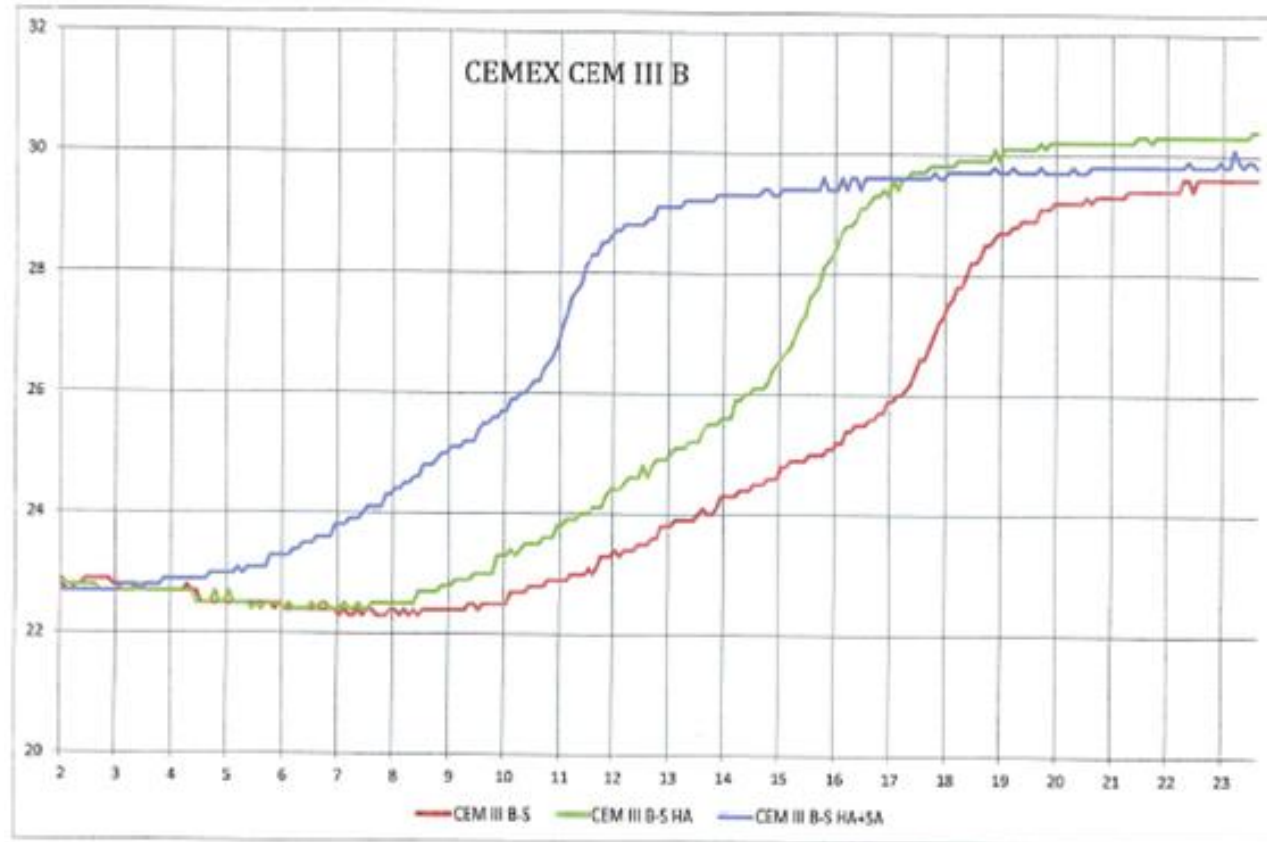
Betongens overflate-temperatur (t), °C	Minste periode med herdetiltak i døgn ^a		
	Utvikling av betongfasthet ^{c, d}		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	hurtig $r \geq 0,50$	middels $0,50 > r \geq 0,30$	langsom $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4	7
$15 > t \geq 10$	2,5	7	12
$10 > t \geq 5^b$	3,5	9	18

^a Pluss andel av avbindingsperioden som overskrider 5 t.
^b Har betongtemperaturen vært lavere enn 5 °C i deler av perioden, bør varigheten av herdetiltakene forlenges tilsvarende.
^c Utviklingen av betongfastheten er forholdet mellom midlere trykkfasthet etter 2 døgn og midlere trykkfasthet etter 28 døgn, bestemt fra innledende prøving eller basert på erfaring med betong med sammenlignbar sammensetning (se NS-EN 206-1).
^d For betong med meget langsom fasthetsutvikling bør det angis spesielle krav i produksjonsunderlaget.

2 Tage	N/mm ²	12		12	
7 Tage	N/mm ²	35	1,0	33	1,6
28 Tage	N/mm ²	57	1,1		
Na ₂ O	$r = 12/57 = 0,21$		0,01	0,65	0,02

Chromatarm gemäß GefStoffV
 Bei sachgerechten Transport-, Förder- und Lagerungsbedingungen Mindestwirksamkeit des Reduktionsmittels 2 Monate ab Verladung Zementwerk.

Aks til slagg- og FA-sementer



Begrensninger: Tidligfasthet

- Fasthet etter «kort» tid
 - Riving av dekkereis
 - Etterspente konstruksjoner, ofte 25 Mpa





Herdemembran

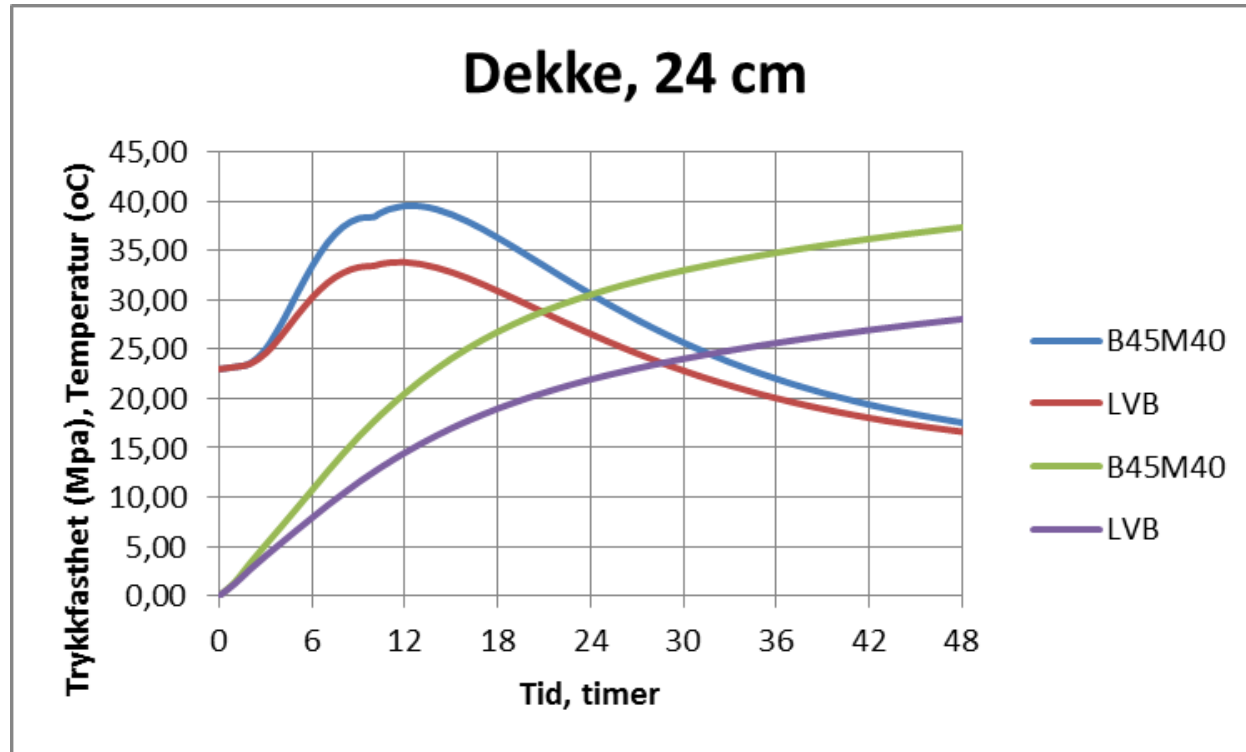
Tildecking



Temperaturkontroll

05/12/2012

Fasthetsutvikling



Vintertiltak er enda viktigere enn før!!!



NB 37 Lavkarbonbetong, 2015

	B20	B25	B30	B35	B35	B45	B55
	M90	M90	M60	M45/MF45	M40/MF40	M40/MF40	M40/MF40
	Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]						
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

Klimagassutslippet oppgis for 1 m³ betong og dekker livsløpet fra råvareuttak til betongprodusentens fabrikkport. Utslippet oppgis som kg CO₂-ekv./m³ betong. Ved omregning fra kg/m³ til kg/tonn brukes densiteten 2400 kg/m³.

Tabell 1 Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp

	B20	B25	B30	B35	B35	B45	B55
	M90	M90	M60	M45/MF45	M40/MF40	M40/MF40	M40/MF40
	Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ ekv. pr m ³ betong]						
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

65 % FA	201	0,758	152,4	kg CO ₂ /m ³
60 % FA	270	0,758	204,7	kg CO ₂ /m ³
Bygg-Std.FA	312	0,607	189,4	kg CO ₂ /m ³
Bygg-Aalborg-FA	260	0,911	236,9	kg CO ₂ /m ³

Tabell 1 Lavkarbonbetongklasser med grenseverdier for klimagassutslipp

	B20	B25	B30	B35	B35	B45	B55
	M90	M90	M60	M45/MF45	M40/MF40	M40/MF40	M40/MF40
	Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]						
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

65 % FA	201	0,758	152,4	kg CO ₂ /m ³
60 % FA	270	0,758	204,7	kg CO ₂ /m ³
Bygg-Std.FA	336	0,631	212,0	kg CO ₂ /m ³
Bygg-Aalborg-FA	260	0,911	236,9	kg CO ₂ /m ³
CEM III/B	400	0,4	160,0	kg CO ₂ /m ³

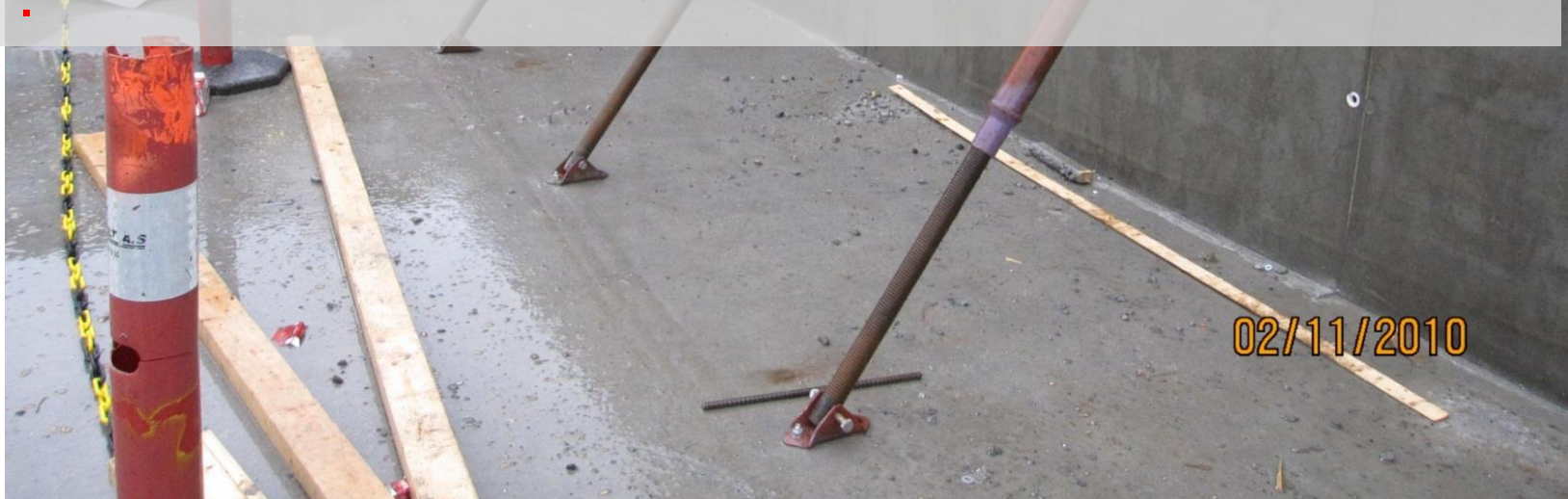
CO₂-regnskap i 2011

AF kjøpte 59.000 m³ betong av UNICON i Oslo i 2011,
herav 33.000 m³ B35MF40-LVB

Besparelse sement pr m³ er $410 - 260 = 150$ kg

Redusert CO₂-forbruk i 2011:

$150 \text{ kg} \times 0,845 \text{ CO}_2/\text{kg sement} \times 33.000 \text{ m}^3 \text{ betong} =$
 $4.183 \text{ tonn CO}_2 (> \text{fire tusen tonn})$



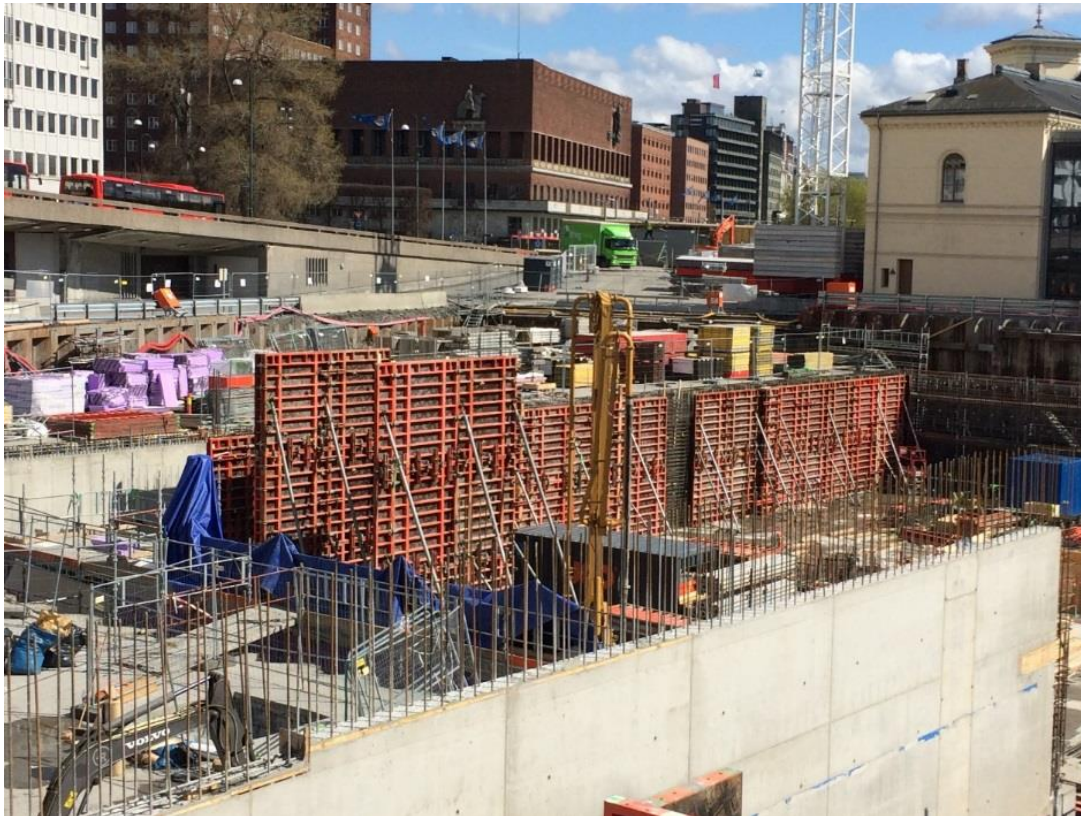
Nasjonalmuseet

- Verdi: MNOK 770
- Ferdigstillelse: 2018



Mengder

- Betong: 44.000 m³
 - Bunnplate: 13.700 m²
 - Dekker: 54.000 m²
- Armering: ca. 4.500 tonn



Betong

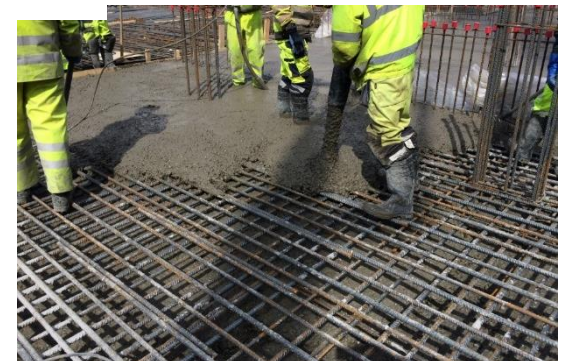
Sementtype og tilsetningsmaterialer skal oppfylle kravene i Norsk Betongforenings publikasjon nr. 35 kapittel 4.4, mht. levetidsbetraktning.

I kombinasjon med konstruktiv armering tilsettes stålfiber/komposittfiber/basaltfiber for rissbegrensning. Mengde fiber skal ligge mellom 0,25% - 0,5% av betongvolumet, dvs. 20-40 kg/m³.

Det benyttes sement med tilsetning av 4% silikastøv og minimum 30% flygeaske evt. slagg. Se forøvrig krav om maksimalt CO₂-utslipp i 05

Teknisk beskrivelse pkt. 2 Miljø- og materialkrav, som kan medføre høyere mengde flygeakse/slagg.

Maksimaltemperatur ca. 55°C.



Krav til EPD

B30 M60	B35 M60	B35 M45	B45 M60	B45 M45	B45 MF40
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv pr m ³ betong]					
200	210	210	240	240	240

Kl bet	B20 M90	B25 M90	B30 M60	B35 M45/MF45	B35 M40/MF40	B45 M40/MF40	B55 M40/MF40
	Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]						
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjereferanse	280	300	320	370	410	420	430

Klimagassutslippet oppgis for 1 m³ betong og dekker livsløpet fra råvareuttak til betongprodusentens fabrikkport. Utslippet oppgis som kg CO₂-ekv./m³ betong. Ved omregning fra kg/m³ til kg/tonn brukes densiteten 2400 kg/m³.

Betong

- Leverandør: UNICON
- Kvaliteter:
 - B30 M60 LVB
 - B35 M45 LVB
 - B45 M45 LVB
 - B45 M40 LVB m/fiber
 - B45 M40 LVB u/fiber
 - B45 MF40 LVB



Utførelse



T.O. Bull: pumpe og fordelingsutstyr

- Stasjonær pumpe utenfor byggegropa, 120 m inn
- 4 stk pumpetårn «i» gropa
- 1 portabelt tårn

Oppstart:

- smørelass, godkjent for bruk i konstruksjonene
- ordinær betong

Utførelse



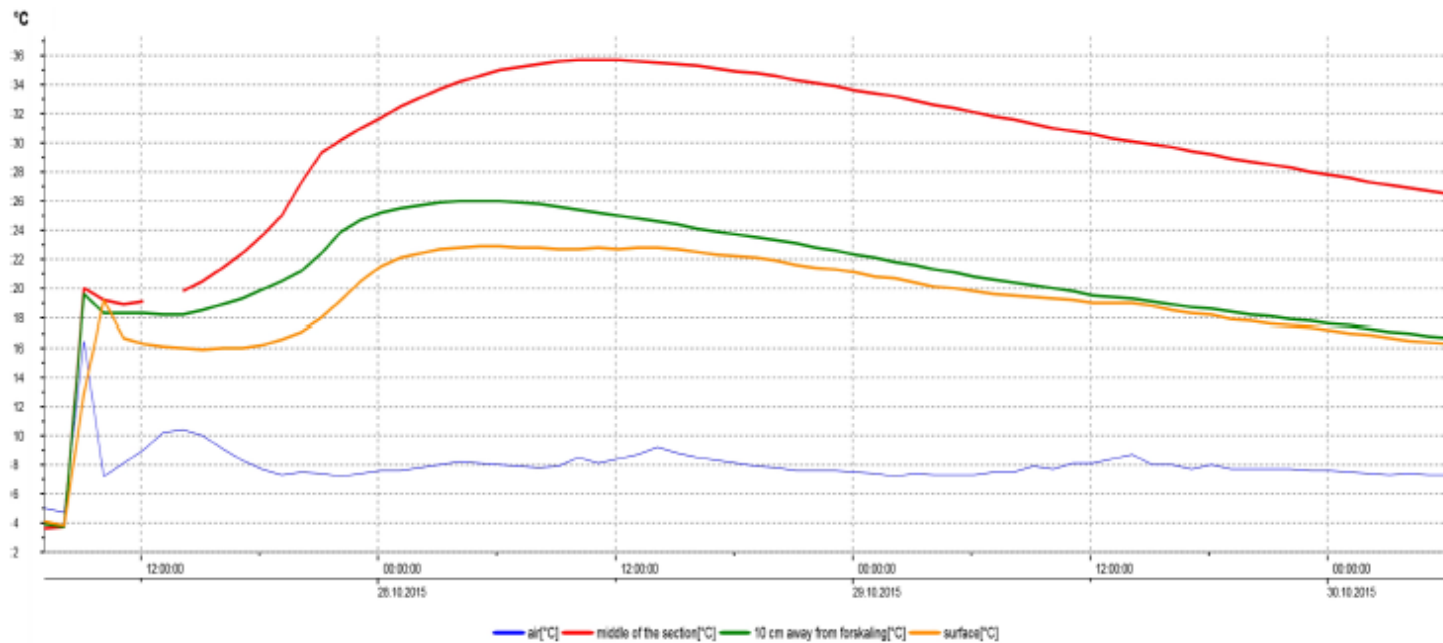
Bunnplate, B45M40



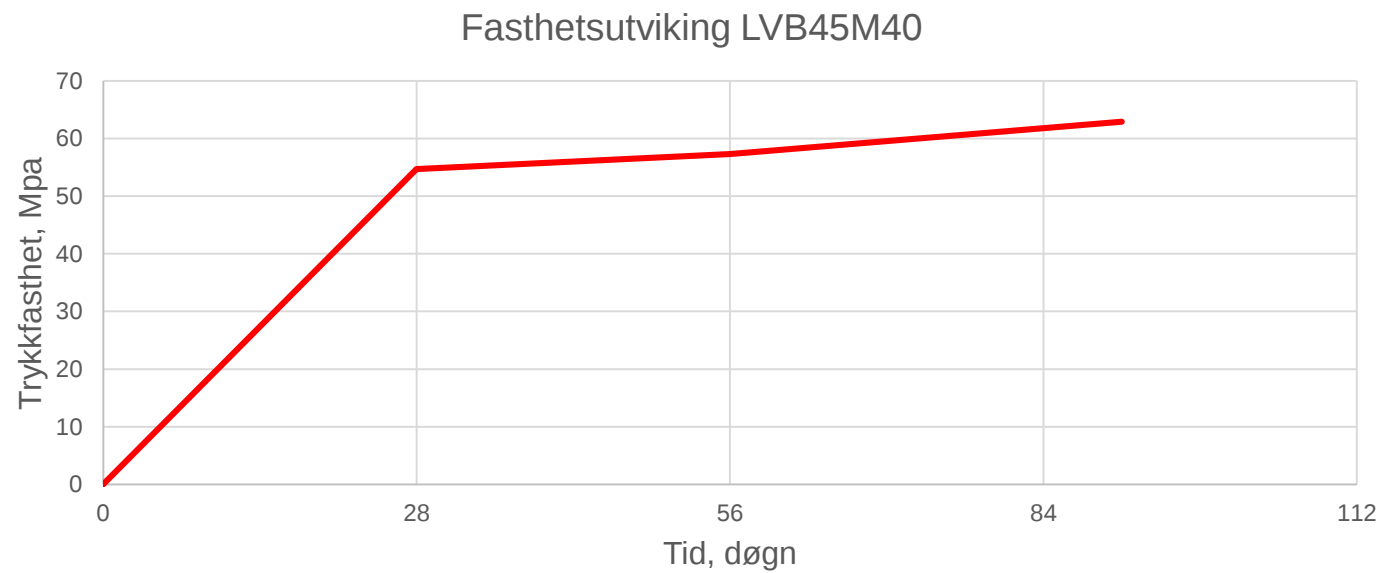
Bunnplate, film



Temperaturutvikling bunnplate



Fasthetsutvikling



Dekkestøp



Gulv på grunn, 15 cm B30M60 Lavkarbon A



Synk før pumpa



Synk etter pumpa



Utstøping



Anbefalinger



Anbefalinger

ALT UNDER BAKKEN MED LAVVARME/LAVKARBON A

- Lite sement
- Lav varmeutvikling
- Begrenser risiko for riss
- Låste resepter

10/05/2011

Anbefalinger

BUNNPLATER

- Kaldest mulig betong, 10 oC
 - Ta vare på varmen
 - Lavest mulig maksimaltemperatur
 - Minst mulig sammentrekning
- Store støpeetapper
 - Støpeskjøtene er vanskelig
 - Forutsatt ingen konstruksjonsfuger

10/05/2011

Anbefalinger

VEGGER

- Kaldest mulig betong
 - Varmest mulig bunnplate når vegger støpes
- Ta vare på varmen
 - Isoler former
 - Tildekking og fyring



Anbefalinger

**RESEPTER MED MINST MULIG
BINDEMIDDEL
MED TILSTREKKELIG GOD STØPELIGHET**

- Synk og utbredelse
- Krever prøving



Anbefalinger

MINSKE RISIKO FOR RISS, kontrollert

- Bruke simuleringsverktøy
 - CrackTestCoin
 - Sette krav til temperaturer i fersk betong
- Kjøle temperatur på fersk betong
 - 10 kg is senker temp. 1,2 – 1,5 oC
 - Senker maksimaltemperatur
- Kjølerør
 - Senker maksimaltemperatur
 - Kortere tid til «brukstemperatur»
- Oppvarming av tilstøtende konstruksjoner
 - Varmekabler i bunnplater/stripefundament

10/05/2011

Takk for oppmerksomheten!



NB publ. nr 37 og nye betongtyper

ÅPENT FAGLIG MØTE, OSLO
13. mars 2017
Ingeniørenes Hus



Tom I. Fredvik
Teknisk sjef, dr.ing.

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Innhold

- **Betong iht. NS-EN 206+NA:2014**
- **Lavvarmebetong iht. Prosesskode 2:2015**
- **Lavkarbonbetong iht. NB publikasjon nr. 37:2015**



Nye Deichmanske hovedbibliotek



Fornebu S



Nytt nasjonalmuseum

Betong iht. NS-EN 206+NA:2014



Krav til betongsammesetning (i NA)

- Grenseverdier for betong
- Krav til tilsetningsmaterialer
- Krav til bindemiddel i sulfatholdig miljø
- Dokumentasjon av utvidede bruksbetingelser iht. Tabell NA.14
- Status hos sementleverandørene på dokumentasjon iht. Tabell NA.14



Bjørnsletta Skole



Tallhall



Inspiria Science Center

Grenseverdier for betong

Grenseverdier for luftinnhold, effektiv bindemiddelmengde og største masseforhold						
Egenskap	Bestandighetsklasse					
	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
Minste luftinnhold i fersk betong				4 %		4 %
Minste effektive bindemiddelmengde	225	250	300	300	330	330
Sementtype	Største masseforhold					
CEM I	0,90	0,60	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/B-S, 21-35% slagg (Miljøsement)	0,90	0,55	0,45	0,45	0,40	0,45
CEM II/A-V, 6-20 % flygeaske (ANL-FA)	0,90	0,55	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/A-M, 12-20 % diverse (Komposit)	0,90	0,54	0,44	0,44	0,39	0,39
CEM II/B-M, 21-35 % diverse (STD-FA)	0,90	0,54	0,45	0,45	0,40	0,40
CEM II/B-V, 21-35 % flygeaske	0,90	0,50	0,45	-	0,40	-
CEM III/A, 36-65 % slagg	0,90	0,50	0,45	-	0,40	-
CEM III/B, 66-80 % slagg	0,90	0,45	0,45	-	0,40	-

Krav til tilsetningsmaterialer ved beregning av masseforhold

■ Største k-verdi

	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
Flygeaske	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
Silikastøv	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Slagg	0,7	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8

Krav til tilsetningsmaterialer ved beregning av masseforhold

■ Største mengde i % av bindemiddel

	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
Flygeaske	35	35	35	20	35	20
Silikastøv	11	11	11	11	11	11
Slagg	80/60	80/60	80/60	20	80/60	20

- 80% slagg ved kun slagg og klinker i sement/betong
- 60% slagg ved flygeaske, slagg og klinker i sement/betong

Krav til bindemiddel i sulfatholdig miljø

Krav til bindemiddel i sulfatholding miljø			
Sulfatmot-standsklasse	Eksponerings-klasse	Sement	Tilleggskrav
SuR1	XA2 og XA3 (dvs. M45 og M40)	CEM I	Minst 10 % silikastøv. Alternativt minst 3 % silikastøv og i tillegg summen av S + V minst 14 %
		CEM I-SR 3, CEM I-SR 0, CEM III/B-SR, CEM II/A-V, CEM II/A-M, CEM II/A-S, CEM II/B-M, CEM II/B-V, CEM II/B-S, CEM III	Minst 3 % silikastøv For CEM II skal i tillegg summen av S + V minst 14 %
SuR2	XA2 og XA3 der det kan forekomme alunskifer (dvs.M45 og M40)	CEM I	Minst 8 % silikastøv, og i tillegg summen av S + V minst 20 %
		CEM I-SR 3, CEM I-SR 0, CEM III/B-SR, CEM II/A-M, CEM II/A-V, CEM II/A-S, CEM II/B-M, CEM II/B-V, CEM II/B-S, CEM III	Minst 8 % silikastøv For CEM II skal i tillegg summen av S + V minst 14 %

Uavhengig av bindemiddelsammensetning skal største innhold av C₃A være 9 % i forhold til klinkermengden. Største innhold av kalkfiller i sement skal ikke være høyere enn grensen for sekundær bestanddel (5 %).

Dokumentasjon av utvidede bruksbetingelser for sement og bindemiddel iht. Tabell NA.14

Bestandighetsklasse	Dokumentasjon
M60	Karbonatisering
M45 og M40	Kloridmotstand
MF45 og MF40	Kloridmotstand og frostmotstand

- Økt masseforhold opp til maksimumsnivået for bestandighetsklassen
- Økt k-verdier for slagg og flygeaske opp til maksimum 1,0
- Sementtyper (og bindemidler) som er listet i Tabell NA.12, og som det ikke er gitt regler for i en eller flere bestandighetsklasser (MF45 og MF40 > 20% flygeaske og slagg)
- Dokumentasjonen av utvidede bruksbetingelser skal være vurdert av sertifiseringsorganet ved levering av betong iht. NS-EN 206+NA

Status hos sementleverandørene på dokumentasjon av utvidede bruksbetingelser iht. Tabell NA.14

■ Norcem

- Grenseverdier for Lavkarbonsement er dokumentert. Er til vurdering hos Kontrollrådet
- Grenseverdier for STD-FA⁺ i MF45 og MF40 er dokumentert, og vurdert av Kontrollrådet (akseptbrev tilgjengelig på www.norcem.no)
- Flygeaskedokumentasjon for økt k-verdi i M45/MF45 og M40/MF40, og økt mengde i MF45 og MF40. Deler av dokumentasjon gjennomført og vurdert (akseptbrev tilgjengelig på www.norccem.no)

■ Cemex

- Grenseverdier for Miljøsement i MF45 og MF40 er dokumentert og vurdert. Akseptbrev tilgjengelig.
- Grenseverdier for Komposit i MF45 og MF40 er dokumentert og vurdert. Akseptbrev tilgjengelig.

■ Aalborg

- Flygeaskedokumentasjon av intill 33% FA med økt k-verdi er dokumentert og vurdert. Akseptbrev tilgjengelig. Det pågår arbeid med dokumentasjon av 35% FA med økt k-verdi.



Prosesskode 2

Standard beskrivelse for bruer og kaier

Hovedprosess 8

Innhold

- «Bestandighetsklasser»
- Grenseverdier for betong
- Krav til temperaturøkning for SV-Lavvarme
- Eksempel på dokumentasjon av temperaturøkning for SV-Lavvarme



Foto: Steinar Helland

«Bestandighetsklasser» i Prosesskode 2: 2007 og 2015

2007	2015	Bruk
SV40 SV30	SV-Standard (MF 40)	Standardbetong. Vil bli den suverent mest anvendte, langs hele kysten og i innlandet.
	SV-Kjemisk (MF 40)	Spesialbetong. For eksponeringsklasse XA2 + XA3 + pH>4, typisk alunskifer og sulfidførende bergarter.
	SV-Lavvarme (MF 45)	Spesialbetong. For konstruksjonsdeler hvor risikoen for gjennomgående fastholdingsriss på grunn av herdevarme og temperaturforskjeller er betydelig, og hvor slik opprissing er kritisk for funksjonsevnen.

Grenseverdier for SV-betong

Grenseverdier for luftinnhold, effektiv bindemiddelmengde, masseforhold, flygeaskemengde, silikastøvmengde og temperaturøkning

Egenskap	«Bestandighetsklasse»		
	SV-Standard	SV-Kjemisk	SV-Lavvarme
Luftinnhold i fersk betong for fasthet tom. B45	3-6%	3-6%	3-6%
Luftinnhold i fersk betong for fasthet over B45	2-5%	2-5%	
Minste effektive bindemiddelmengde	350	350	310
Største masseforhold	0,40	0,40	0,45
Flygeaske	14-30%	14-25%	maks. 40%
Silikastøv	3-5%	8-11%	3-5%
Temperaturøkning pga. hydratasjonsvarme			dokumenteres

Krav til SV-Lavvarme

- **Spesifisert karakteristisk trykkfasthet skal være oppnådd senest ved 56 døgn alder**
 - Dersom samsvar med spesifisert karakteristisk fasthet påvises ved høyere alder enn 28 døgn, skal forholdet mellom 28 og 56 døgn trykkfasthet være dokumentert
- **Betongfastheten skal kontrolleres og produksjonen styres på grunnlag av 28 døgn trykkfasthet**
 - Denne styringsfastheten skal kartlegges før produksjon settes i gang
- **Bindemiddelsammensetning forelegges byggherre for uttalelse**
 - Det forutsettes at betongens temperaturøkning (ΔT) på grunn av hydrasjonsvarme frem til minimum 7 døgn er dokumentert
- **Temperaturøkning (ΔT) ved gjennomsnittlig lufttemperatur 20 °C (T_{snitt}) skal være ≤ 35 °C (justering av kravet til ΔT for andre T_{snitt} enn 20 °C iht. Tabell 84.4-1)**
 - med fersk betongtemperatur 20 °C og T_{snitt} 20 °C, skal maks temperatur ikke overstige 55 °C

Prosedyre for dokumentasjon av temperaturøkning

- Temperaturøkningen skal måles i en 1 x 1 x 1 m³ herdekaske
- 100 mm isolasjon på alle sider
- Kryssfiner forskaling min. 15 mm tykk
- Hvis måling utendørs trekkes presenning over det hele (OK uten presenning hvis innendørs)
- Temperatur måles i:
 - senter av herdekaske
 - omgivelsestemperaturNB! utenfor evt. presenning

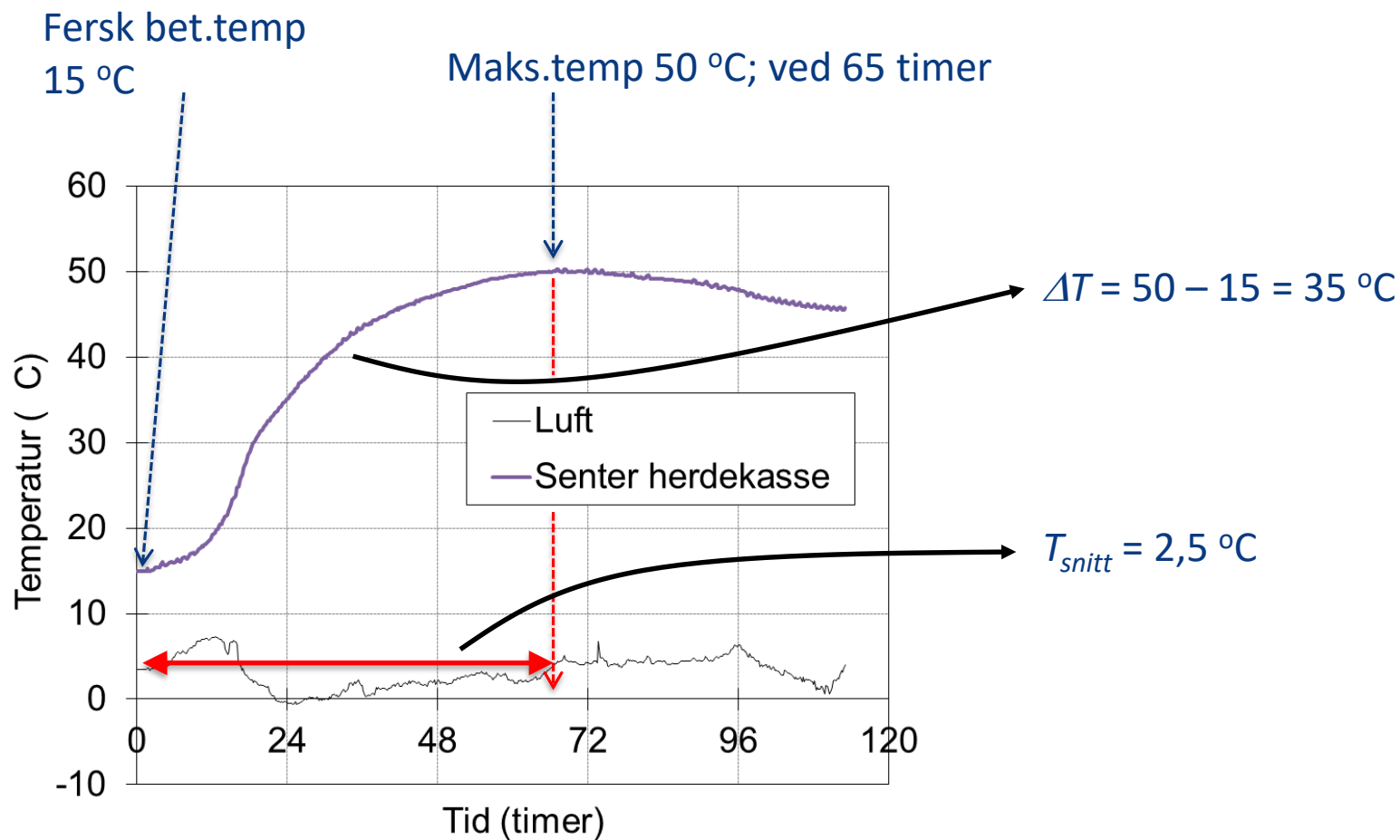


Forutsetninger ved dokumentasjon av temperaturøkning

- Fersk betongtemperatur skal være mellom 15 og 23 °C
- Omgivelsestemperaturen skal ikke være lavere enn -5 °C
- Tiden fra blanding av betongen på blandeverk fram til logging er startet skal gjøres så kort som mulig
- Etter avsluttet logging (min. 7 døgn) beregnes gjennomsnittlig omgivelsestemperatur, T_{snitt}
 - T_{snitt} er definert som gjennomsnittlig omgivelsestemperatur i tiden fra utstøping og frem til maksimal temperatur i herdekassen ble oppnådd

Eksempel på dokumentasjon av temperaturøkning

kilde: Øyvind Bjøntegaard, SVV



Eksempel på dokumentasjon av temperaturøkning

kilde: Øyvind Bjøntegaard

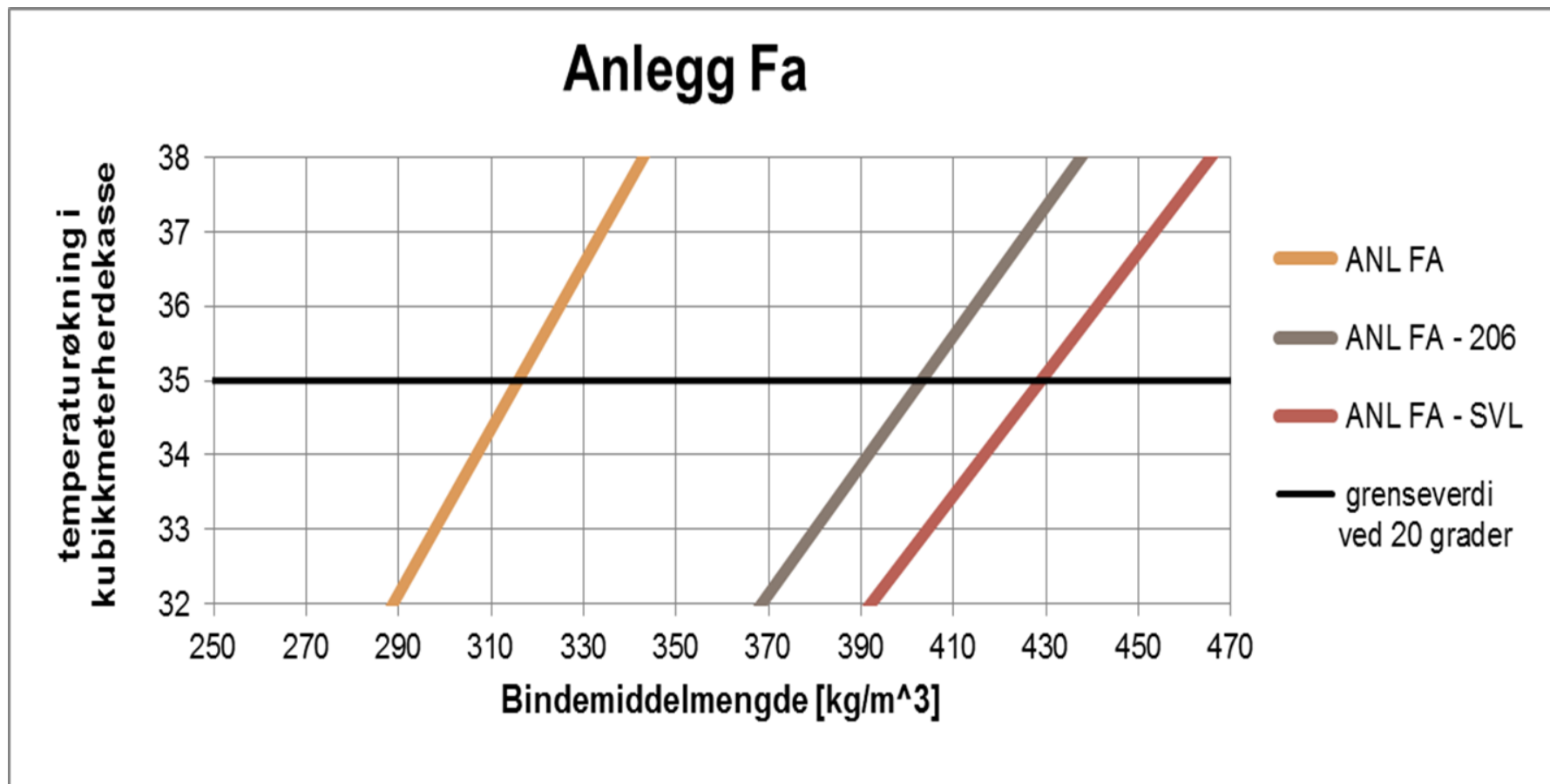
- Resultat: $\Delta T = 35\text{ °C}$ ved $T_{snitt} = 2,5\text{ °C}$, er dette OK?

Gjennomsnittlig omgivelsestemperatur, T_{snitt}	Krav til maksimum temperaturøkning i herdekassa, ΔT
25 °C	36 °C
20 °C	35 °C
15 °C	34 °C
10 °C	33 °C
5 °C	32 °C
0 °C	31 °C
-5 °C	30 °C

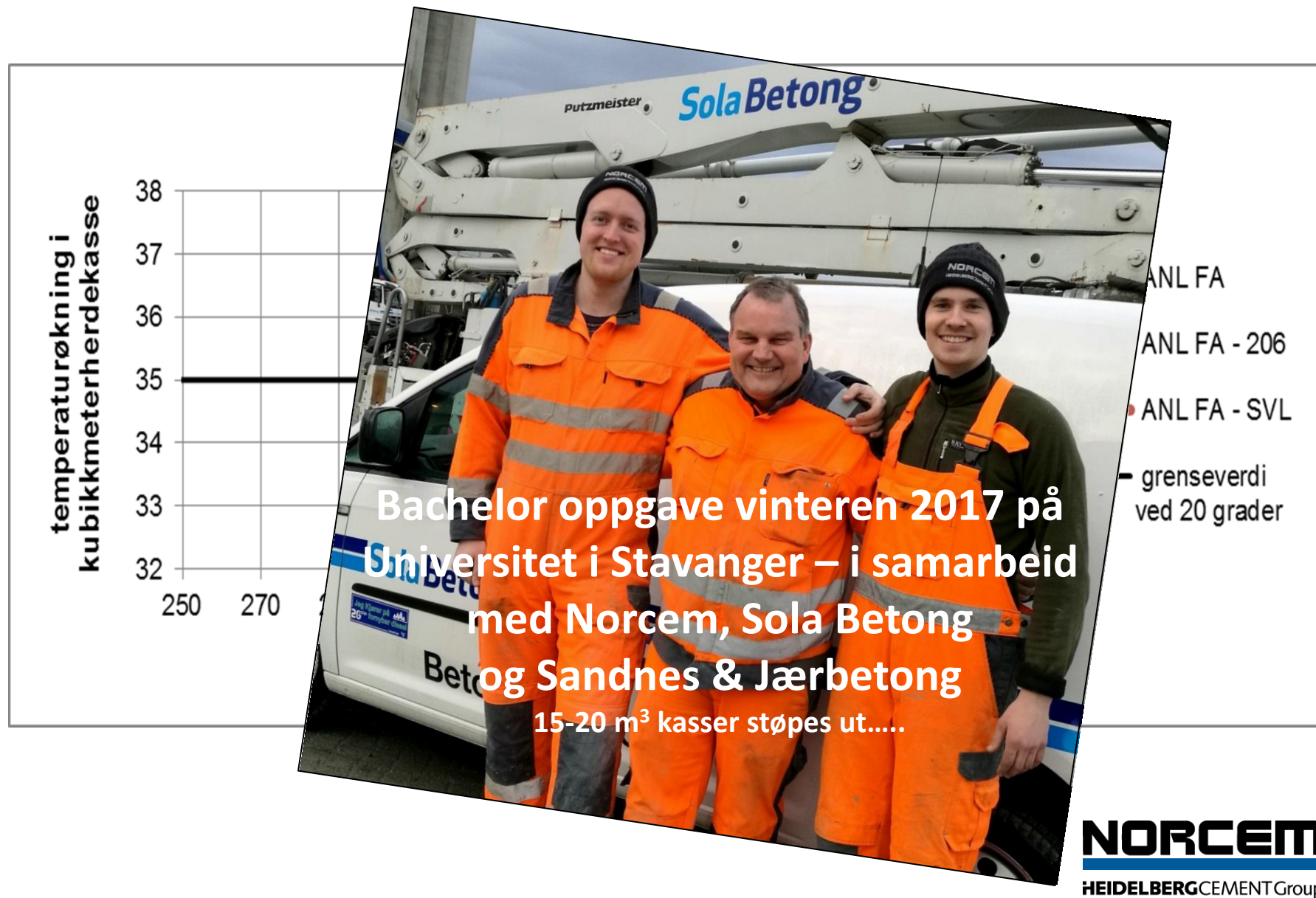
- Ved $T_{snitt} = 2,5\text{ °C}$ er kravet til $\Delta T = 31,5\text{ °C}$

→ Eksempelbetongen tilfredsstiller dermed ikke kravet for SV-Lavvarme

Eksempel på dokumentasjon av temperaturøkning med bindemiddel fra Norcem



Mer dokumentasjon kommer....



Lavkarbonbetong iht. Norsk Betongforening publikasjon nr. 37:2015



Innhold

- Definisjon av lavkarbonbetong
- Spesifikasjon av lavkarbonbetong
- Forutsetninger
- Regional tilgjengelighet av lavkarbonbetong
- Illustrasjon på typiske lavkarbonklasser for SV-betong
- Illustrasjon på klimagassutslipp ved utvidede bruksbetingelser for flygeaske



Bjørnsletta Skole



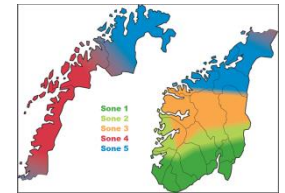
Tallhall



Inspiria Science Center

Definisjon av lavkarbonbetong iht. NB 37

- **Lavkarbonbetong defineres som betong der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet**
 - Lavkarbon A
 - den strengeste klassen, krever bruk av spesielle tiltak
 - Lavkarbon B
 - kan være vanskelig å oppnå med ordinære resepttekniske tiltak
 - Lavkarbon C
 - kan oppnås med relativt enkle resepttekniske tiltak



Bjørnsletta Skole



Tallhall



Inspiria Science Center

Spesifikasjon av lavkarbonbetong iht. NB 37

- NB 37 definerer en bransjenorm for lavkarbonbetong gjennom et klassifiseringssystem med konkrete grenseverdier for klimagassutslipp.

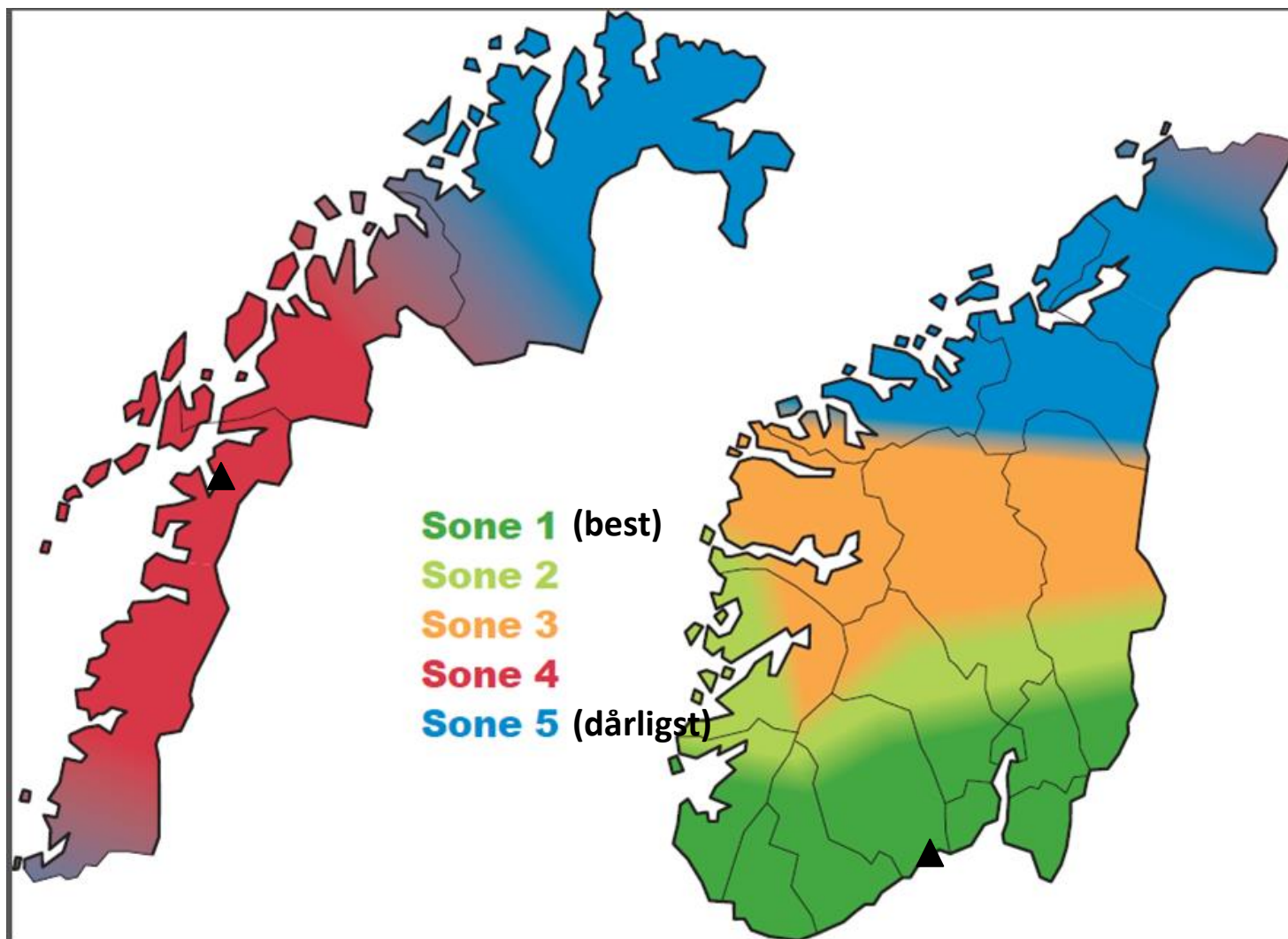
	B20 M90	B25 M90	B30 M60	B35 M45/MF45	B35 M40/MF40	B45 M40/MF40	B55 M40/MF40
Maksimalt tillatt klimagassutslipp [kg CO ₂ -ekv pr m ³ betong]							
Lavkarbon A	170	180	200	210	230	240	250
Lavkarbon B	200	220	240	270	300	310	320
Lavkarbon C	240	260	280	320	350	360	370
Bransjeref.	280	300	320	370	410	420	430

- Kravene differensierer ikke mht. frostbestandighet
- Klimagassutslippet oppgis for 1 m³ betong og dekker livsløpet fra råvareuttak til betongprodusentens fabrikkport (A1-A3)
- Ved omregning fra kg/m³ til kg/tonn brukes densiteten 2400 kg/m³

Forutsetninger

- **NB 37 og klassegrensene skal oppdateres «jevnlig» slik at de er avstemt med tilgjengelige sementer og bindemidler**
- **De strengeste grenseverdiene er ikke tilgjengelig fra alle leverandører eller i alle regioner i Norge**
 - Tilgjengelighet av aktuelle bindemiddeltyper
 - Kvalitet på lokalt tilslag
 - Transportavstand av råvarer til betongfabrikk
- **Klimagassutslippet skal dokumenteres gjennom en EPD (miljødeklarasjon)**
- **Betongsammensetningen forutsettes å tilfredsstille kravene i NS-EN 206+NA**
- **Grenseverdiene for Lavkarbon A er satt slik at:**
 - de skal være praktisk mulig å oppnå med allment tilgjengelige bindemidler
 - det er nødvendig å holde bindemiddelmengden nede → bruk av mye grovt tilslag.

Regional tilgjengelighet av lavkarbonbetong

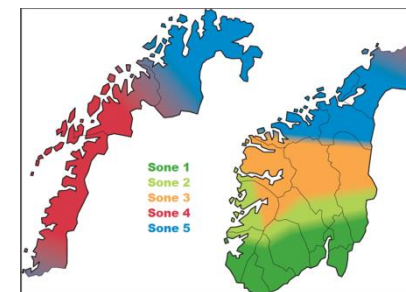


Illustrasjon på typiske lavkarbonklasser for SV-betong

■ Forutsetninger:

- Full steinmengde, dvs. ikke «reduuerte» betongsammensetninger
- Utnyttelse av største mengder med tilsetningsmaterialer

	B35/B45 SV-Standard (MF40)	B35/B45 SV-Kjemisk (MF40)	B35 SV-Lavvarme (MF45)
Krav i NB37	230/240	230/240	210
Sone 1	A	A	A
Sone 2	A (B)	A	A
Sone 3	B	B (A)	B (A)
Sone 4	B	B	B
Sone 5	B	B	B
Eksempel, B35 i Oslo	215	210 *	190



* Reduksjon i silikastøv fra 11% til 8% → ca. 15 kg høyere CO₂/m³ → Lavkaron A oppnås ikke i Sone 2.

Eksempel på klimagassutslipp (CO₂-ekv.) med utvidede bruksbetingelsene for flygeaske

- Uten, og med utvidede bruksbetingelser: k-verdi på flygeaske lik 1,0% og flygeaske+kalkmel = 35%, for både M40 og MF40

kilde: Britt B. Marstrander, NorBetong

	B35 M40		B35 MF40	
	uten	med	uten	med
STD-FA+FA	228	210	245	210
Lavkarbon A	230		230	

- Kan grenseverdiene for lavkarbonklassene i NB37 skjerpes med de utvidede bruksbetingelsene?