



Nye muligheder for at bygge bæredygtigt med grøn cement

Jacob Thrysøe, M.Sc.
Teknisk konsulent, Aalborg Portland A/S

Agenda

- Ny cementtype med reduceret CO₂ aftryk - FutureCEM
- FutureCEM i betonstandarden
- FutureCEM anvendt i praksis





Ny cementtype med reduceret CO₂ aftryk - FutureCEM

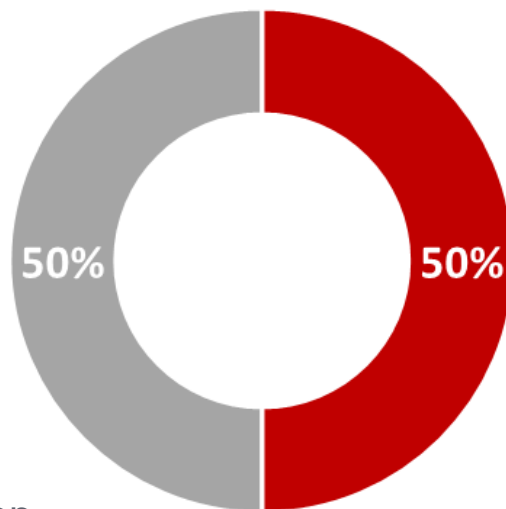
Ny cementtype med reduceret CO₂ aftryk - FutureCEM

Ved fremstilling af Portland-cement udledes CO₂ fra hhv.:



Procesudledning:

Når kridt (CaCO₃) varmes op til 400 – 1500 °C frigives indlejret CO₂.

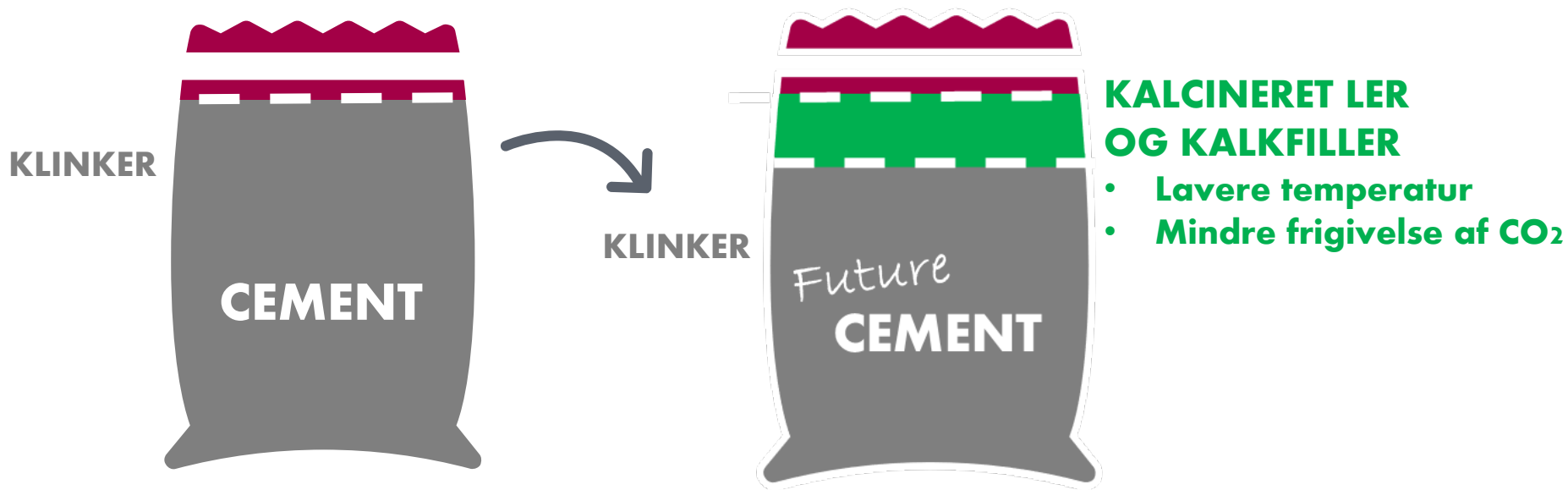


Brændsler:

Kan til dels erstattes af CO₂ neutrale brændsler.

Ny cementtype med reduceret CO₂ aftryk - FutureCEM

I FutureCEM reduceres andelen af cementklinker ved erstatning med et mix af kalcineret ler og kalkfiller:



FutureCEM reducerer CO₂-aftrykket med ca. **30%** ift. Rapid cement og ca. **20%** ift. Basis cement.

Ny cementtype med reduceret CO₂ aftryk - FutureCEM



FutureCEM
CEM II/B-M 52.5N

Rapid cement
CEM I 52.5N



FutureCEM i betonstandarden

FutureCEM i betonstandarden – DS/EN 206 DK NA:2020

- Nye cementtyper skal godkendes af standardiseringsudvalget **S-328**
- En godkendelse foretages på baggrund af dokumentation fra såvel **laboratorieundersøgelser** som ved **felteksponeringer**.



FutureCEM i betonstandarden – DS/EN 206 DK NA:2020

Anneks N

Sammenligningsgrundlag:

- Kandidatbetoner (med ny cementtype) sammenlignes med referencebetoner i relevante miljøpåvirkninger
- Samme forhold mellem pasta:luft:tilslag
- Vand/cement-forhold skal vælges i yderpunkter
- Samme 28 døgns trykstyrke ($\pm 5\%$)

Egenskaber der skal dokumenteres:

- *Friskbetonegenskaber, styrkeudvikling, varmeudvikling, svind, krybning, E-modul, karbonatisering, luftporestruktur, frostbestandighed, kloridmigration, sulfatbestandighed og alkaliselreaktioner.*

Dokumentation ved feltforsøg:

- Strukturanalyse, kloridmigration, karbonatisering, etc.

Laboratorieundersøgelser ved Teknologisk Institut

Referencebetoner:

- Miljøpåvirkning M – 75% Rapid cement + 25% flyveaske, $v/c=0,53$
- Miljøpåvirkning A – 75% Rapid cement + 25% flyveaske, $v/c=0,43$
- Miljøpåvirkning A – 100% Rapid cement, $v/c=0,43$
- Miljøpåvirkning E – 75% Lavalkali cement + 25% flyveaske, $v/c=0,38$

Tre kandidatbetoner baseret på FutureCEM er fastlagt i miljøpåvirkning M, A og E på baggrund af en stor forundersøgelse samt krav i annekts N.

Laboratorieundersøgelser ved Teknologisk Institut

Testomfang for reference- og kandidatbetoner:

Egenskab	Metode	Terminer	Betontype		
			M	A	E
Konsistens	EN 12350-2	5, 30, 60, 90 min	X	X	X
Densitet	EN 12350-6	5, 30, 60, 90 min	X	X	X
Luftindhold	EN 12350-7	5, 30, 60, 90 min	X	X	X
Varmeudvikling	DS 423.37	-		X	X
Svind	EN 12390-16	7-90 døgn, 7 terminer	X	X	X
Krybning	ASTM C512	14-180 døgn		X	X
Trykstyrke	EN 12390-3	1, 2, 7, 28, 56, 180 døgn	X	X	X
E-modul	DS 423.25	28 døgn	X	X	X
E-modul	DS 423.25	7, 56, 180 døgn		X	
Karbonatisering	EN 13295	-	X	X	
Karbonatisering	EN 12390-10	3, 6, 12 måneder	X	X	
Luftporestruktur	EN 480-11	-		X	X
Frostbestandighed	CEN/TS 12390-9	-		X	X
Kloridmigration	NT Build 492	28, 56, 90, 180 døgn		X	X

Felteksponerering af beton med FutureCEM

- Hirtshals havn (kloridindtrængning, karbonatisering og sulfatangreb)
- Aalborg Portlands gipslager (karbonatisering og sulfatangreb)
- Hveens Boulevard (kloridindtrængning, karbonatisering og sulfatangreb)



Hirtshals havn



Aalborg Portland - gipslager



Hveens Boulevard

FutureCEM i betonstandarden – DS/EN 206 DK NA:2020

- FutureCEM kan anvendes til beton i Danmark uden særskilt dokumentation efter DS/EN 206 DK NA:

Tabel DK NA-2 – Cementtyper, der tillades anvendt uden særskilt dokumentation

Cementtype	Betegnelse	
CEM I	Portlandcement	I
CEM II	Portlandflyveaskecement	II/A-V II/B-V
	Portlandkalkstenscement	II/A-L II/A-LL
	Portlandkompositcement	II/A-M(Q, L) II/A-M (Q, LL) II/B-M(Q, L) II/B-M (Q, LL)

FutureCEM

FutureCEM i betonstandarden – DS/EN 206 DK NA:2020

Begrænsninger:

- Anvendelse sammen med mikrosilica er ikke tilladt
- Anvendelse i eksponeringsklasse XS2, XS3 og XA3 er ikke tilladt
- Anvendelse med flyveaske i eksponeringsklasse XF2 og XF4 (frost med tø-salte) er begrænset til et flyveaske/cement forhold på 0,10
- Frost-tø prøvning af beton med FutureCEM i XF2 og XF4 er påkrævet.



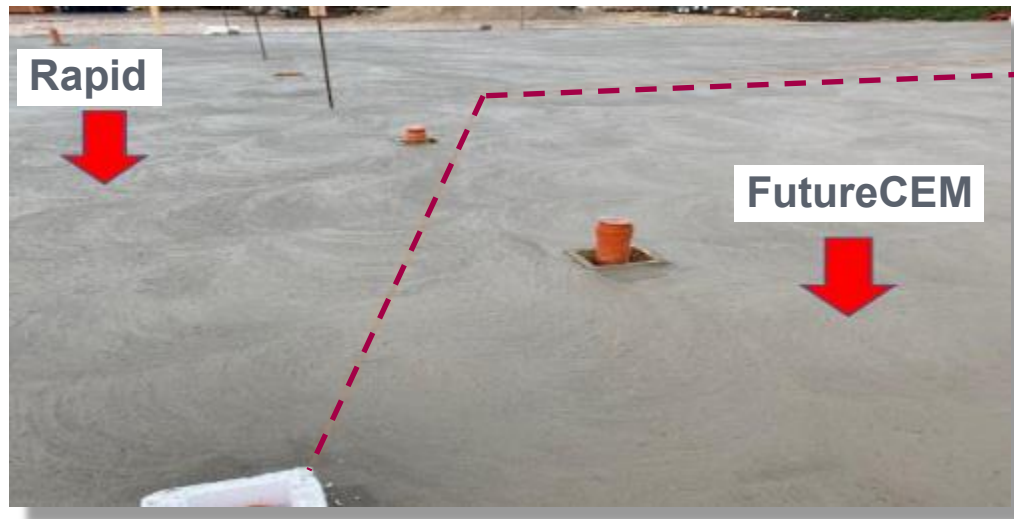


FutureCEM anvendt i praksis

FutureCEM anvendt i praksis

Færdigbeton

- Anvendt ved en række forsøg ved **Unicon A/S** for at få erfaringer fra praksis med produktion, udstøbning og efterbehandling:
 - Udlægning og bearbejdning: Som for referencebetoner
 - Efterbehandling og glitning: Som for referencebetoner
 - Nuanceforskel ift. beton med Rapid
 - Betonen kan pumpes som normalt
 - CO₂-aftrykket kan reduceret med ca. 25% per m³ beton.

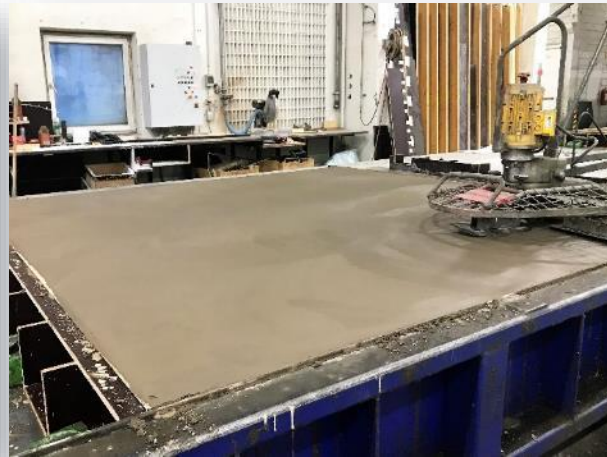
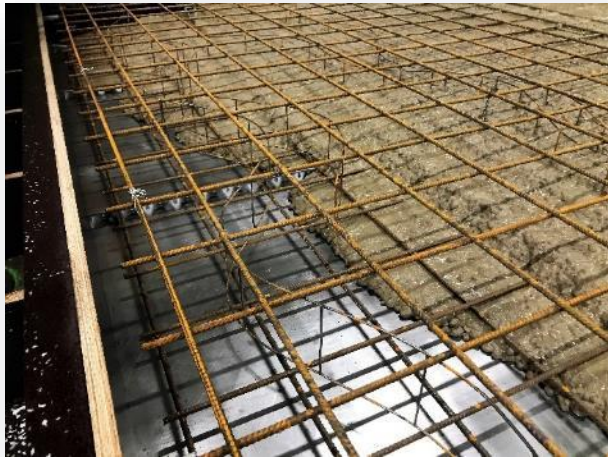


 **unicon**
CEMENTIR HOLDING
Assens, 2021

FutureCEM anvendt i praksis

Elementbeton - afprøvet ved danske elementproducenter

- Udstøbning af SCC betoner som normalt
- Glittetid som for referencebetoner baseret på hhv. Rapid og Basis cement
- Afformningstyrken er typisk lavere end for referencebeton; kan delvist kompenseres med accelerator eller varme.



CONSOLIS
SPÆNCOM

FutureCEM anvendt i praksis

FutureCEM kan anvendes efter DS/EN 206 DK NA til alle typer beton:

- Beton med lav eller høj styrke
- Jordfugtig beton
- Sætmålsbeton
- Selvkompakterende beton - SCC
- Beton med eller uden flyveaske
- Beton med eller uden luftindblanding.





Nye muligheder for at bygge bæredygtigt med grøn cement

Jacob Thrysoe, Aalborg Portland A/S