

DANSK BETON MAJ 2021

STORE BETONRØR TIL KLIMALØSNINGER OG SKYBRUD

MORTEN ELTON JENSEN, HOFOR











Hvad er HOFOR

- **Hovedstadsområdets Forsynings**selskab
- Rent vand og spildevandsafledning til mange
- Fjernvarme og Bygas til Københavnerne
- Energi produktion
- Fjernkøling
- Vind
- Solceller, geotermi og varmepumper
- Bæredygtige byer
- Grønt, sikkert og billigt
- Anlægsinvesteringer pt ca. 2,5 mia. årligt



- Albertslund
- Brøndby
- Dragør
- Herlev
- Hvidovre
- København
- Rødovre
- Vallensbæk

- Vi er kommunalt ejet
- Vand + spildevand: alle otte ejerkommuner
- Varme, bygas, fjernkøling + energiproduktion
- Vores forsyninger er reguleret gennem lovgivning
- Vores indtægter og udgifter skal balancere over tid
- Vi har fokus på bæredygtig forsyning og vedvarende energi
- Vi understøtter samfundsudviklingen



Hvem er jeg

- Morten Elton Jensen
- Titel: Projektchef i HOFOR
- Ansvarsområde: Borede tunneller og dybe anlægskonstruktioner (+ 5 meter)
- Ansat i HOFOR siden 2007.



Kan store betonrør medvirke til løsning af Danmarks klimaudfordringer?

JA



Hvad er store rør ?

- Ikke en fast definition
- I min optik $\varnothing 1,6/ 2 \text{ m}^2$ eller større
- Beton er det foretrukne materiale, men vi bruger også andet.
- Presrør $\varnothing 1,6\text{-}\varnothing 3,4 \text{ pt.}$



Klimaudfordringer

- Det regner mere intensivt
 - Kloakkerne bliver pressede
 - Oversvømmelser
 - Kloakoverløb forurener recipienter (vandløb, søer og hav)
- Stigende havniveau og stormflod
 - Oversvømmelser->højvandssikring
 - Dårligere afledningsforhold for kloakken-> større rør nødvendige og/ eller pumpning
- Stigende grundvandsspejl
 - Vanskeliggør brug af f.eks. åbne bassiner i lave områder



Hvornår giver det mening

- Volumen og transportkapacitet
- Fællesvand (fækaliholdigt)
- Trange pladsforhold
- Under grundvandsspejlet (de er tætte)
- Levetiden er lang (plus 100 år i HOFOR)
- Driftsomkostninger er lave
- Eksempel, Valby Skybrudstunnel Ø3,4
 - Transport -> 15 m³/s under skybrud
 - Bassinvolumen -> 25.000 m³, fra n=5 til n=1
 - Afløbssystemets ”schweizer kniv”



Nogen gange en ”No brainer”

- I københavnsområdet er det ofte eneste mulige løsning.
 - Vi vil ikke have spildevand på terræn (særlig ofte).
 - Pladsen er trang og dyr, og alle kæmper om den.
 - Krydsning af baner og veje
 - Højt grundvandsspejl
 - Ofte behov for stor transportkapacitet

 - Sædvanlige ”grønne” klimaløsninger fylder for meget og har for lille kapacitet



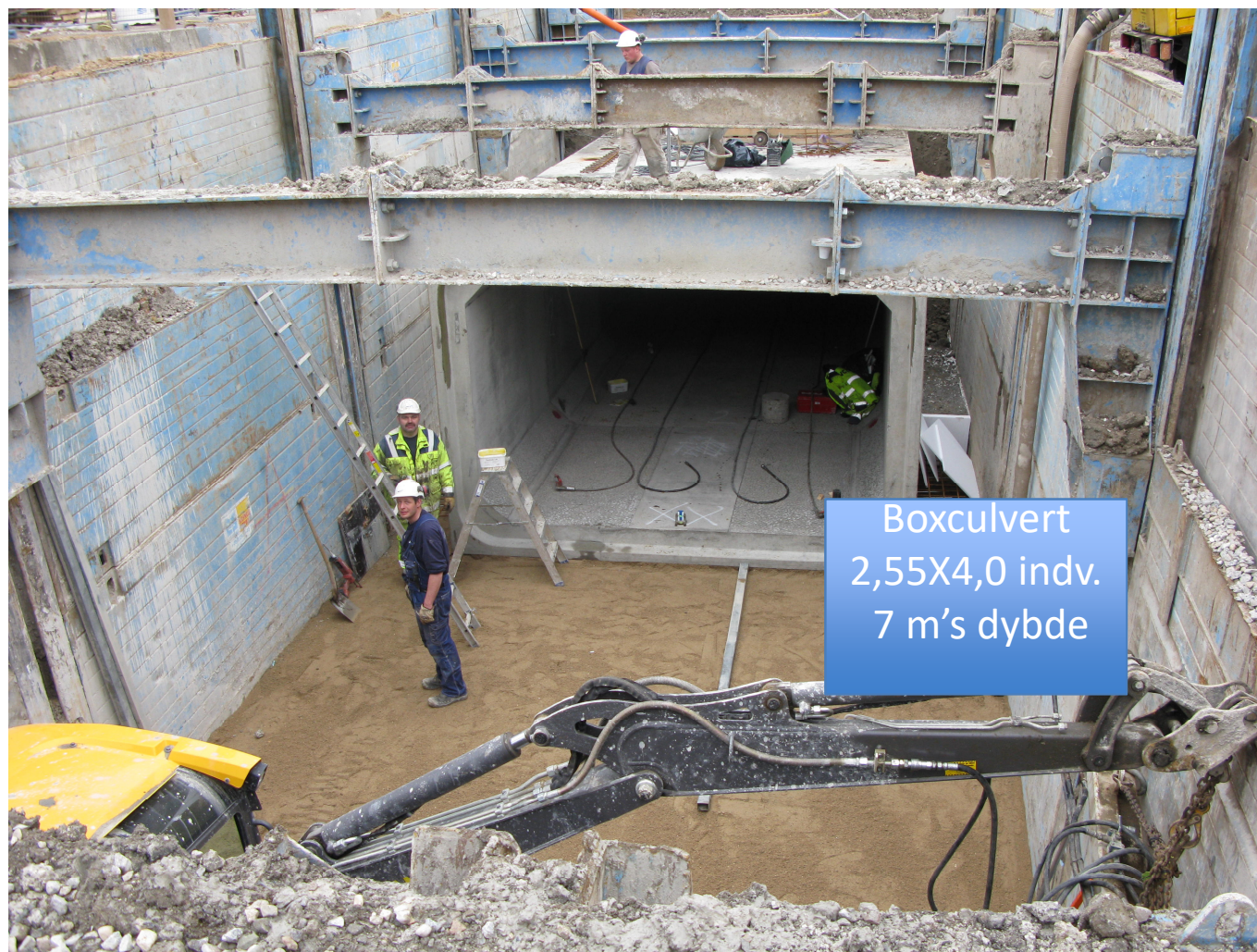
Den kedelige side

- Det er dyre løsninger.
- Målet er ”grønt”, midlet er ”sort”
- Passer ikke så godt ind i en ”blå-grøn” strategi
- De armerede rør kræver en meget høj betonkvalitet (hvis man vil have en høj levetid)



Presrør
Ø3,0





HOFOR KRAV TIL BETON

- **HOFOR kravspecifikation BET 101, kan findes på hofor.dk**
- **Bl.a.:**
 - 50 og 100 års levetid (afhængig af konstruktion)
 - Krav til cloridmigrationskoefficient
 - Vi tillader højovns slagge
 - Særlige krav til præfab og insitu
 - Vi arbejder på at gøre beton grønnere


BET 101
6 / 54 | 100%
↓ ↑ ↻

3

4

5

6



Kravspecifikation

Konstruktionsmetode	Levetid	Henvi- sning til denne specifikation
Præ-fabrikeret	50 år	Afsnit 2.3
	100 år	Afsnit 2.4
In-situ	50 år	Afsnit 2.5
	100 år	Afsnit 2.6
Konstruktionselement	Funktion	Henvi- sning til denne specifikation
Sekantpæle	Midlertidige	Afsnit 2.7.1
	Permanente	Afsnit 2.7.2

Afsnit 3 angiver krav til udførelsen (in-situ), som den udførende skal opfylde ved projektets fysiske udførelse.

Afsnit 4 angiver krav til indberetning og dokumentation af udførelsen.

Tabel 2 Krav til eksponeringsklasser, styrkeklasser og dæklag afhængigt af brugen af præfabrikerede betonelementer

Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Temperatur (indvendig)	~ 50°C	Op til 20°C	Op til 30°C
Eksponeringsklasse mht. chlorid	XS3	XS3	XS3
Eksponeringsklasse mht. sulfat (udvendig)	XA2	XA2	XA2
Eksponeringsklasse mht. spildevand	Ej relevant	XA2/XA3 ^{a)}	XA3 + svovlsyre
Eksponeringsklasse mht. karbonatisering	XC4	XC4	XC4
Eksponeringsklasse mht. slitage iht. DIN 1045-2	Ej relevant	XM3	XM3
Minimum styrkeklasse – gælder kun for presrør	C50/60	C50/60	C50/60
Nominal dæklag	45 mm ^{b)}	45 mm ^{b)}	45 mm ^{b)}
Minimum dæklag	40 mm ^{b)}	40 mm ^{b)}	40 mm ^{b)}

^{a)} Eksponeringsklasse mht. spildevand skal bestemmes på baggrund af information om evt. spildevand og koncentrationen af dette i skybrudstunnel.

^{b)} Såfremt dæklag ikke overholdes reduceres designlevetiden afhængigt af betonkvaliteten.

benyttes ren CEM I eller CEM II A/LL som cement som alternativ til de i Tabel 3 angivne bindersammensætninger, eller at relevant produktstandard følges.

Hvis kravet til levetiden er forskelligt fra krav givet heri, kan der i SAB angives lempelser til krav givet heri. Til banketter, kan der som alternativ til beton benyttes specialmørtel til HOFORs accept.

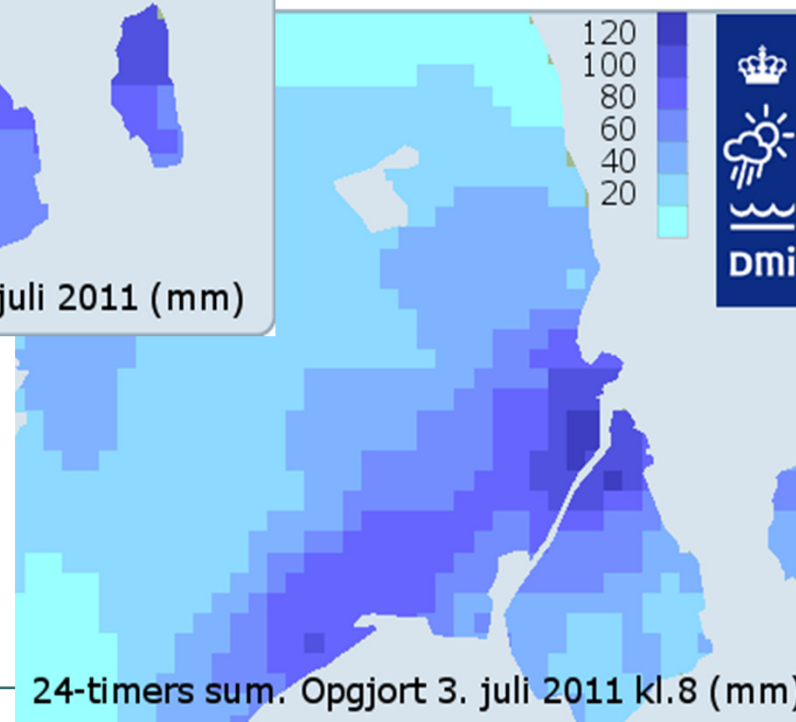
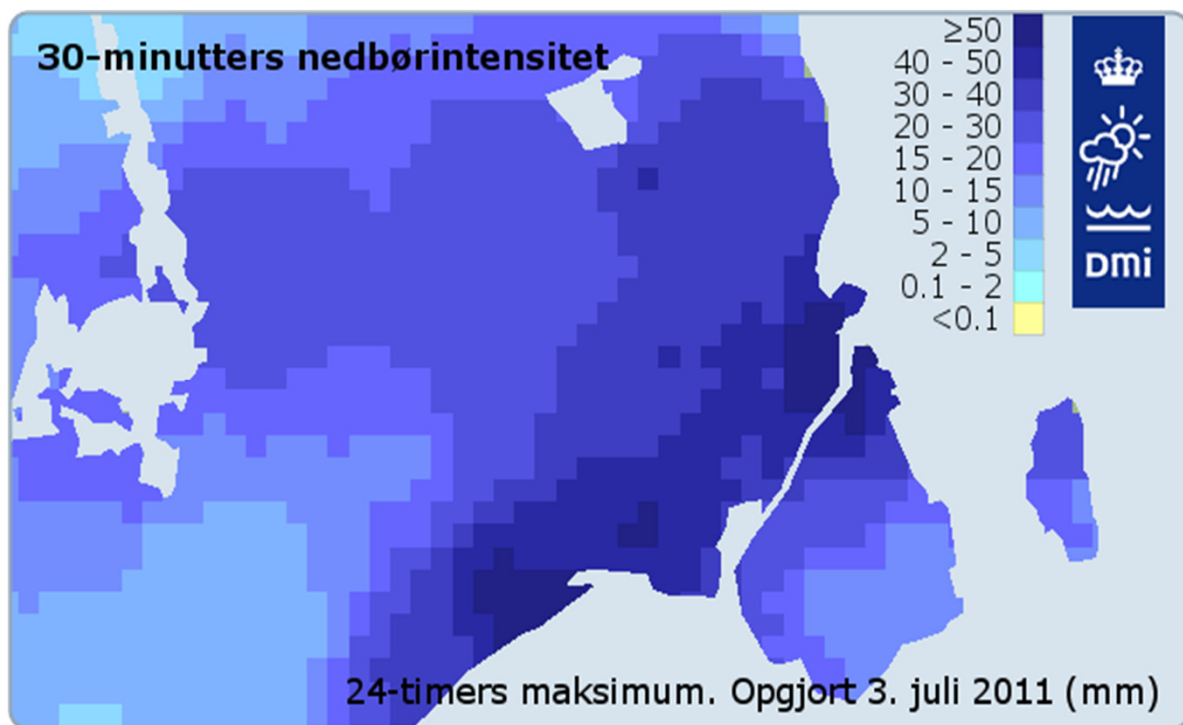
2.4.2.2 Betonsammensætning

Krav til betonsammensætning afhængigt af brugen af præfabrikerede elementer er angivet i Tabel 3. Det bemærkes at krav til tilladte bindersammensætninger er givet i enheden "vægt-% af binderindhold", og ikke som "vægt-% af cementindhold".

Tabel 3 Krav til betonsammensætning afhængigt af brugen af præfabrikerede elementer

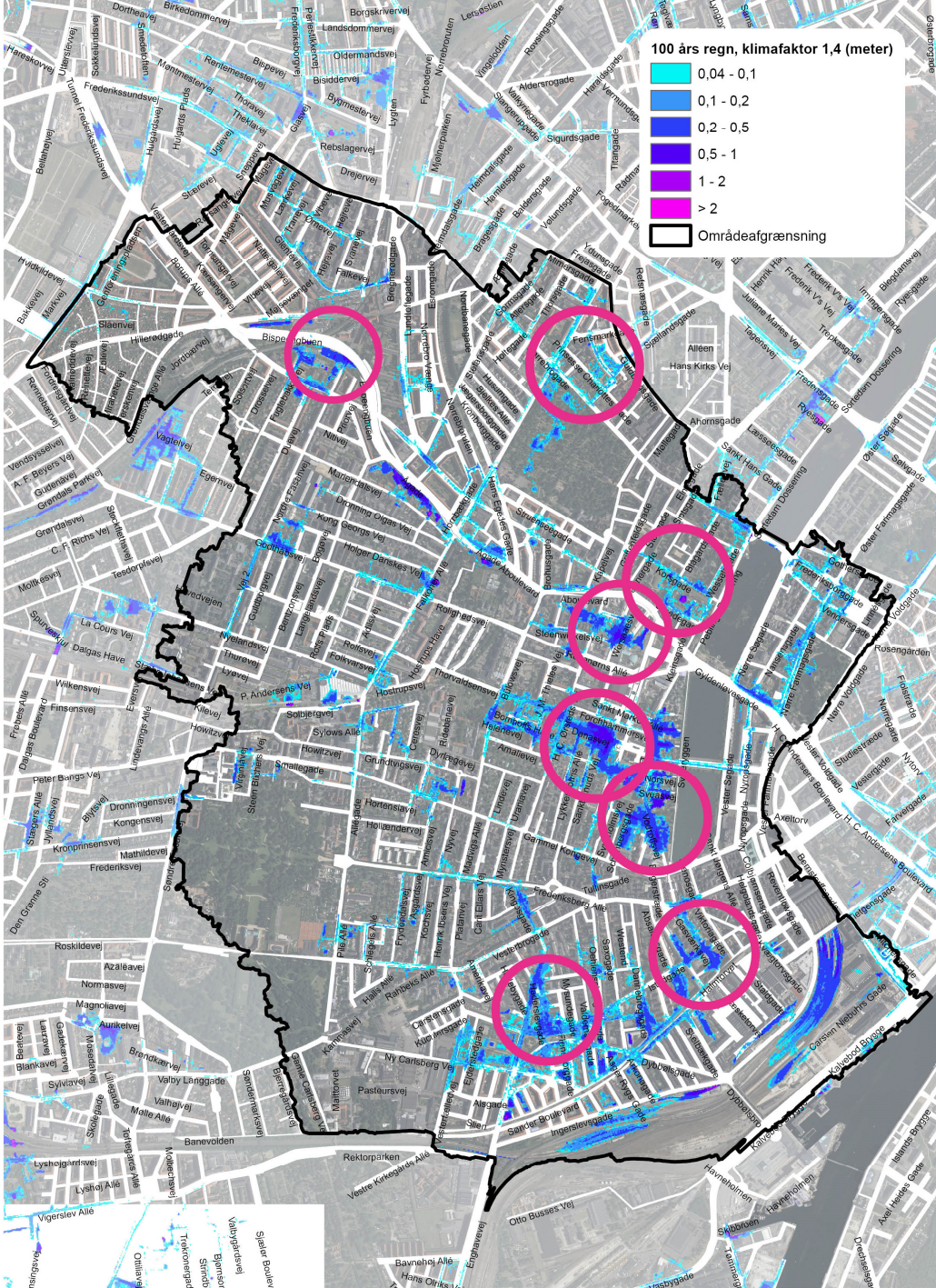
Emne	Krav		
	Fjernvarme	Skybrud / Regnvand	Spildevand
Tilladte bindersammensætninger [vægt-% af binderindhold] ¹⁾	1) CEM I + 10-30% FA + 0-7% MS, eller 2) CEM III/A + 0-7% MS, eller 3) CEM III/B + 0-7% MS, eller 4) CEM II/A-S + 20% FA + 0-7% MS	1) CEM I + 10-30% FA + 0-7% MS, eller 2) CEM III/A + 0-7% MS, eller 3) CEM III/B + 0-7% MS, eller 4) CEM II/A-S + 20% FA + 0-7% MS	1) CEM I + FA + MS (FA+MS >30% & FA/MS = 2.75/1 - masseforhold), eller 2) CEM III/A + 0-20% FA + 0-7% MS ²⁾ , eller 3) CEM III/B + 0-7% MS, eller 4) CEM II/A-S + 20% FA + 6% MS
Maksimum ækvivalent v/c forhold	0,40	0,40	0,40
Maksimum chloridmigrationskoefficient for armeret beton afhængig af bindersammensætning ^{b) c)} [x 10 ⁻¹² m ² /s]	1) 2,0 2) 2,0 3) 2,0 4) 2,0	1) 8,0 2) 4,0 3) 2,0 4) 2,0	1) 8,0 2) 2,0 3) 2,0 4) 2,0

Ekstrem skybrud lørdag aften 2. juli



2
1





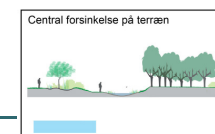


SKT JØRGENS SØ – CENTRAL FORSINKELSE





SKT JØRGENS SØ – CENTRAL FORSINKELSE



Øvre opland

Mellem opland

Nedre opland

