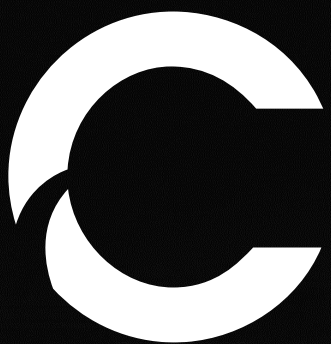




Eksponeringsklasser

– Hvorfor er det vigtigt?



| Hvorfor anvende eksponeringsklasser?

- ✓ Fremme bæredygtigt betonbyggeri
- ✓ Bidrage til bæredygtighedsoptimeret udbudsmateriale
- ✓ CO₂-reduceret betonsammensætning



|Agenda

- Intro til eksponeringsklasser
- Hvornår er eksponeringsklasser særlig interessante?
 - Eksempel
- Værktøj/checkliste



Hvad er eksponeringsklasser?

- Definerer de påvirkninger betonkonstruktioner kan udsættes for i deres levetid
- Findes i DS/EN 206 DK:NA 2020 tabel 1

Eksponeringsklasse	Beskrivelse af påvirkning
X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

Hvad er eksponeringsklasser?

- Definerer de påvirkninger betonkonstruktioner kan udsættes for i deres levetid
- Findes i DS/EN 206 DK:NA 2020 tabel 1

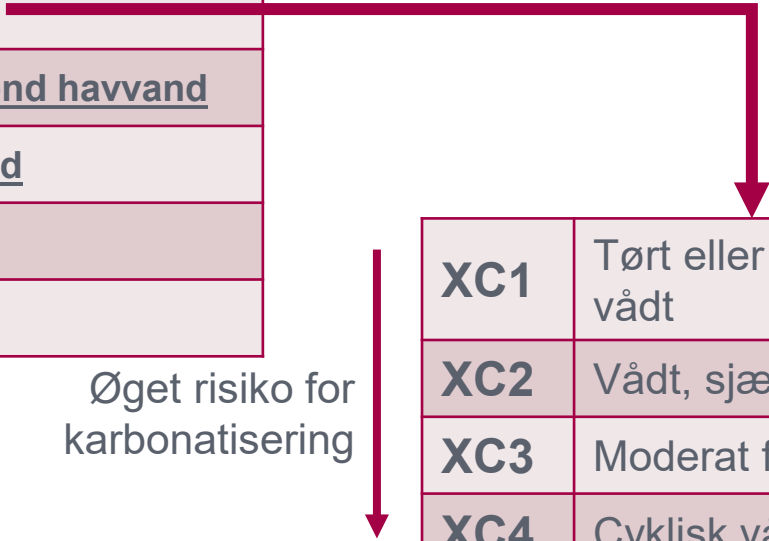
Eksponeringsklasse	Beskrivelse af påvirkning
X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC (1-4)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD (1-3)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS (1-3)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF (1-4)	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA (1-3)	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

Hvad er eksponeringsklasser?

- Definerer de påvirkninger betonkonstruktioner kan udsættes for i deres levetid
- Findes i DS/EN 206 DK:NA 2020 tabel 1

Eksponeringsklasse	Beskrivelse af påvirkning
X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC (1-4)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD (1-3)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS (1-3)	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF (1-4)	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA (1-3)	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

Øget risiko for
karbonatisering



XC1	Tørt eller permanent vådt
XC2	Vådt, sjældent tørt
XC3	Moderat fugtighed
XC4	Cyklisk vådt og tørt

Eksponeringsklasser

Eksponerings- klasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
--------------------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3



X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
--	---------------------

	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3
--	--

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3

RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret

	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret
	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret
	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

	Vandmætning	Udsættes for tø-salte	Eksempel
XF1	Moderat	Nej	Lodrette konstruktioner
XF2	Moderat	Ja	Lodrette konstruktioner
XF3	Høj	Nej	Vandrette konstruktioner
XF4	Høj	Ja	Vandrette konstruktioner

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret
	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

| Eksempel



Entreprenør

A35?



Betonproducent

Eksempel



Entreprenør

A35?



Betonproducent

Hvad skal betonen bruges til?

- Løsning med lavt CO₂-aftryk

Eksempel

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret
	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Eksempel



Entreprenør

A35?



Betonproducent

Hvilke cementer må betonproducenten anvende?

FUTURECEM



BASIS

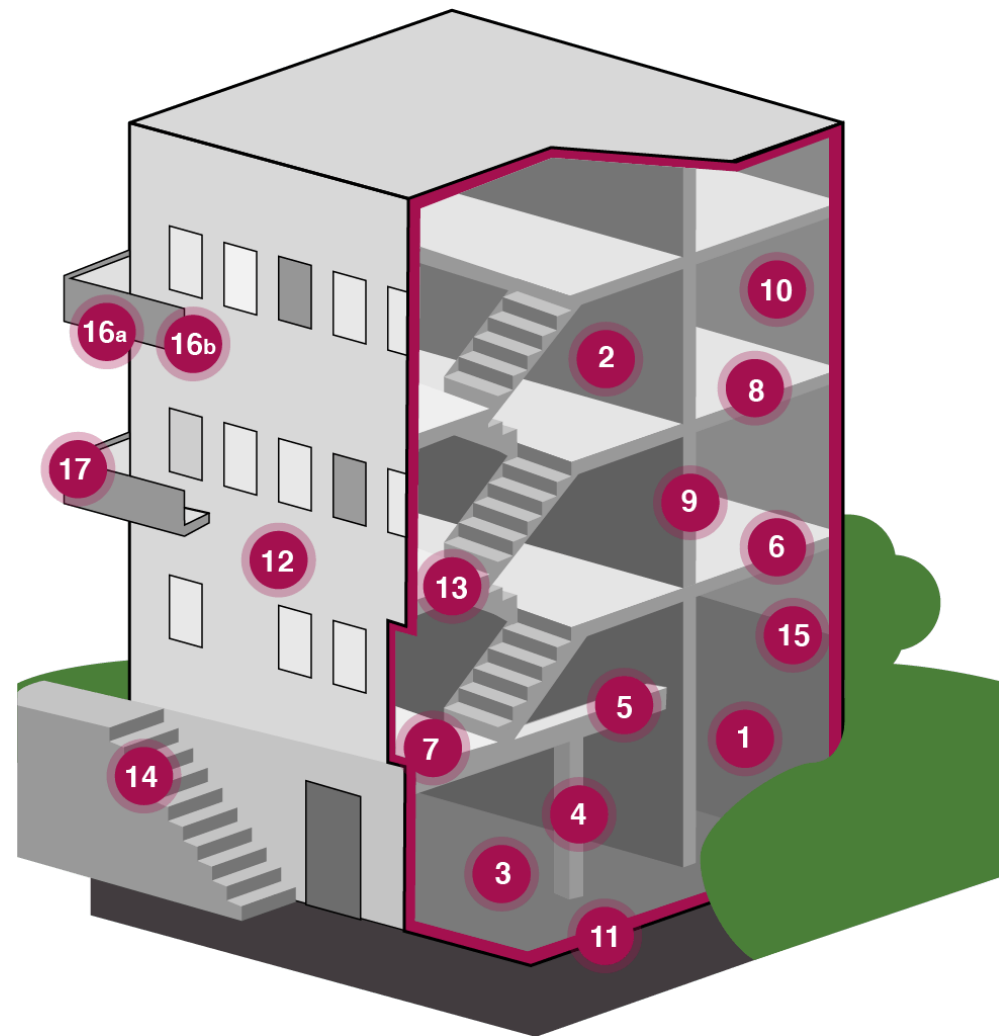


RAPID



Eksempel

A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

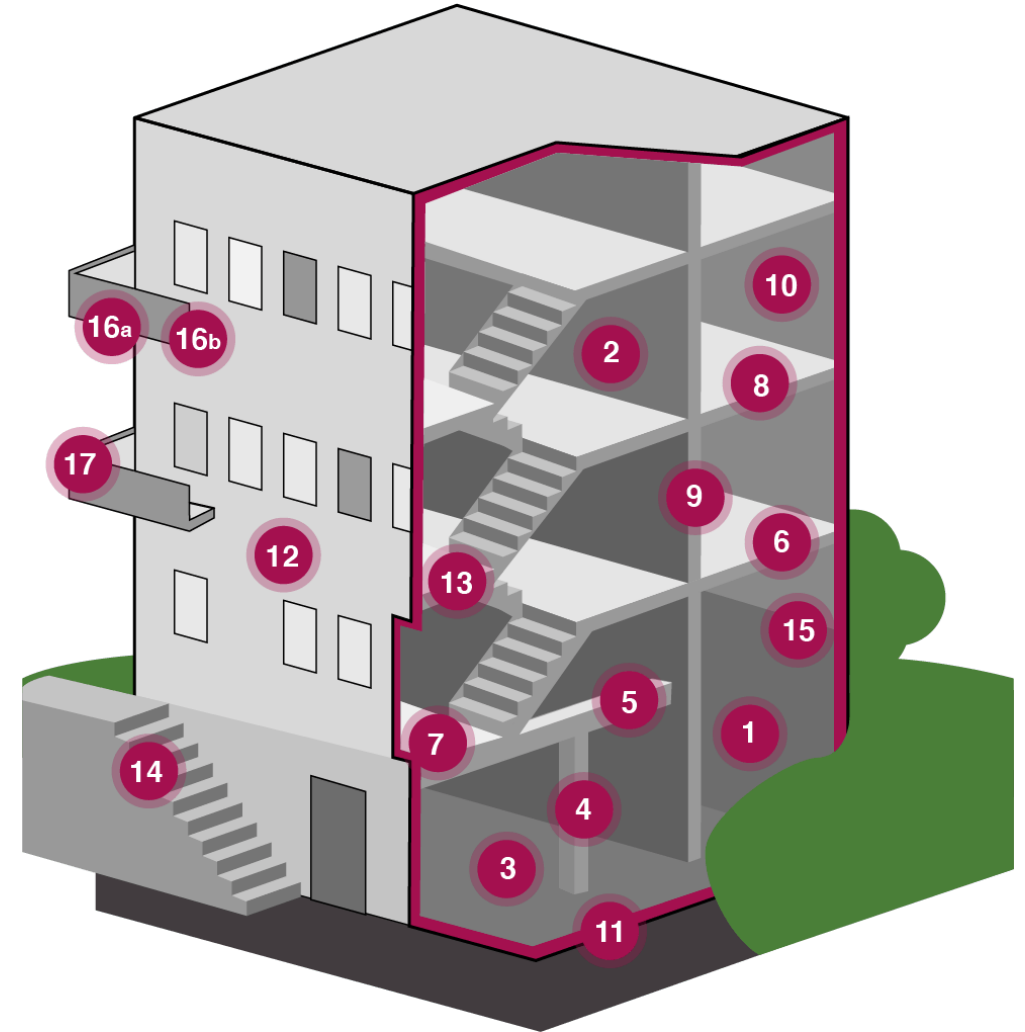


Eksempel

A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: XD1, XS2, XS3, XF2, XF3 og XA2

- Giver det mening i dette tilfælde?



Eksempel

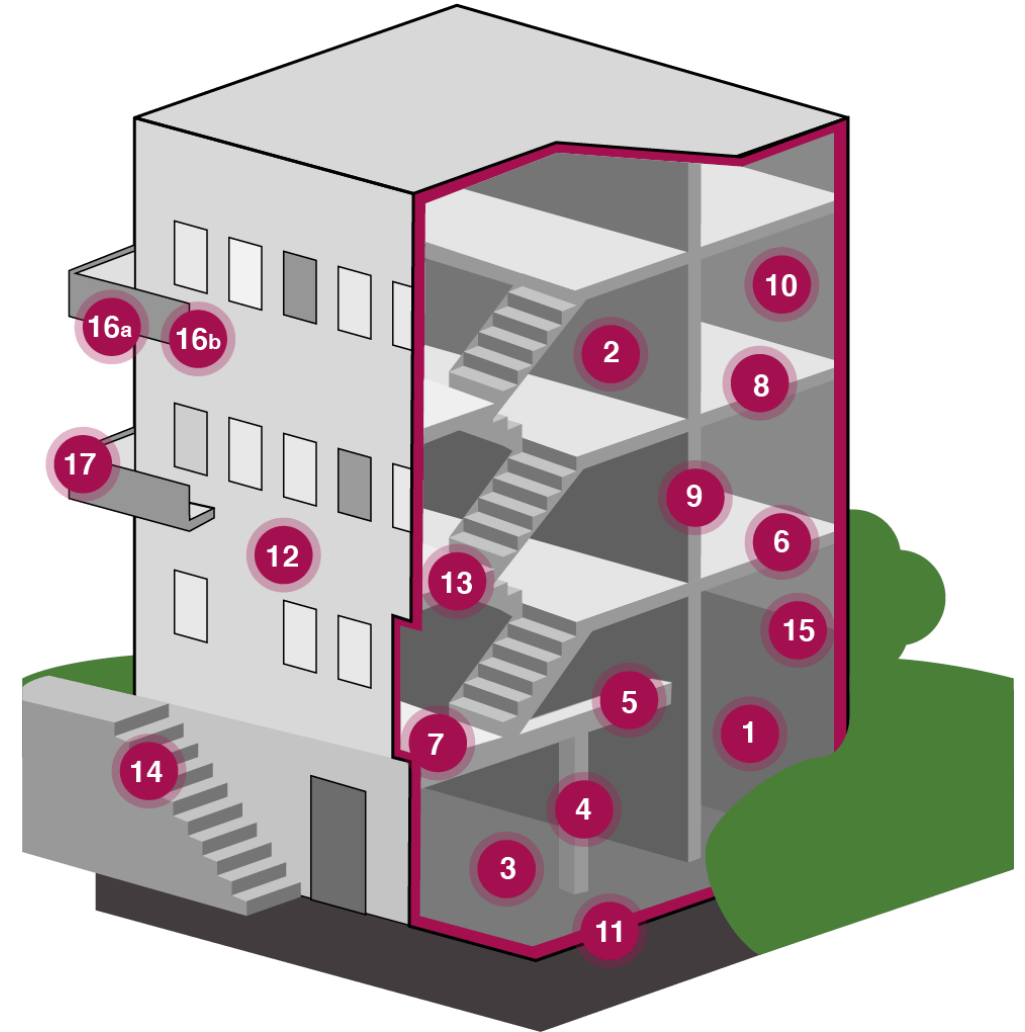
A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: **XD1**, **XS2**, **XS3**, **XF2**, **XF3** og **XA2**

- Giver det mening i dette tilfælde?

➤ **Nej!**

- XD1 → Klorider fra fx tørsalte
- XS2+3 → Direkte kontakt med havvand
- XF2+3 → Frost med/uden tørsalte
- XA2 → Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

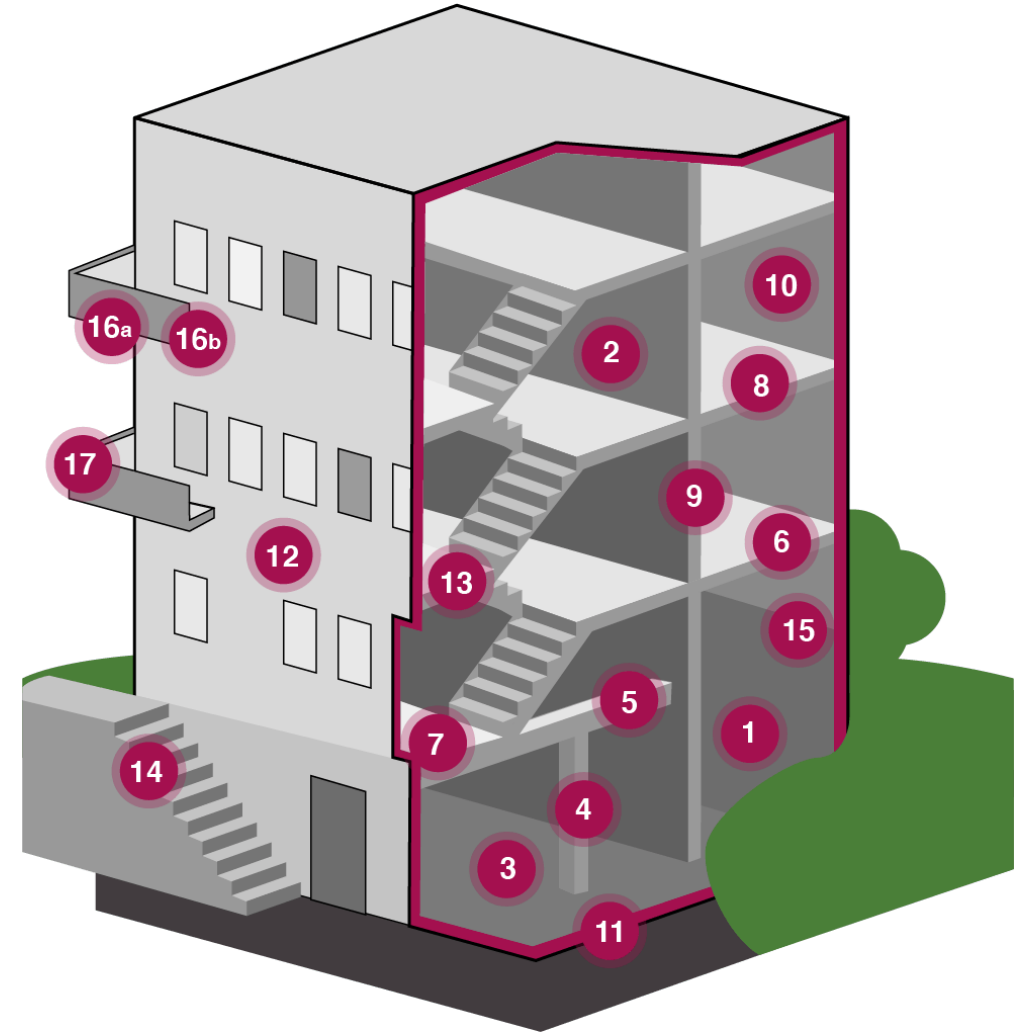


Eksempel

A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: ~~XD1~~, XS2, XS3, XF2, XF3 og XA2

- Giver det mening i dette tilfælde?
 - Nej!
- ~~XD1~~ → ~~Klorider fra fx tørsalte~~
- XS2+3 → Direkte kontakt med havvand
- XF2+3 → Frost med/uden tørsalte
- XA2 → Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

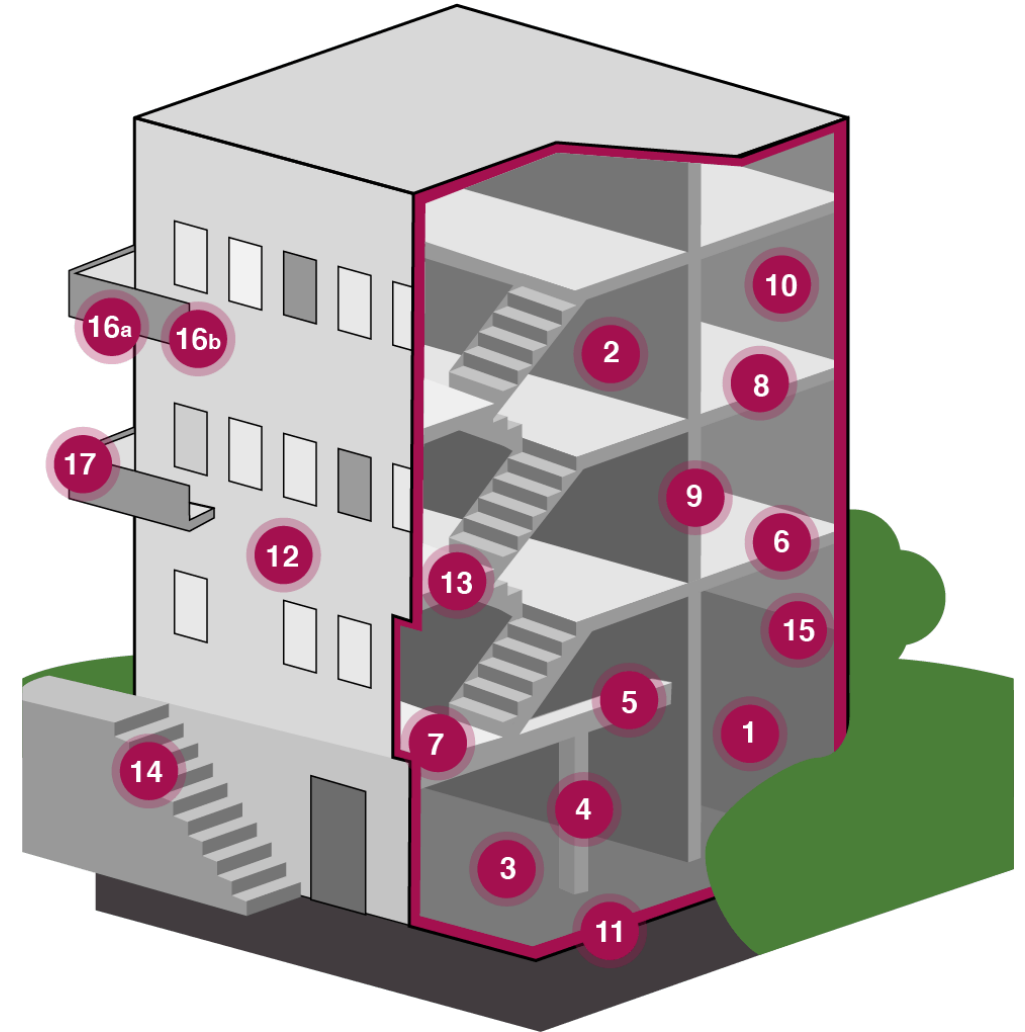


Eksempel

A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: ~~XD1~~, ~~XS2~~, ~~XS3~~, XF2, XF3 og XA2

- Giver det mening i dette tilfælde?
 - Nej!
- ~~XD1~~ → ~~Klorider fra fx tørsalte~~
- ~~XS2+3~~ → ~~Direkte kontakt med havvand~~
- XF2+3 → Frost med/uden tørsalte
- XA2 → Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$



Eksempel

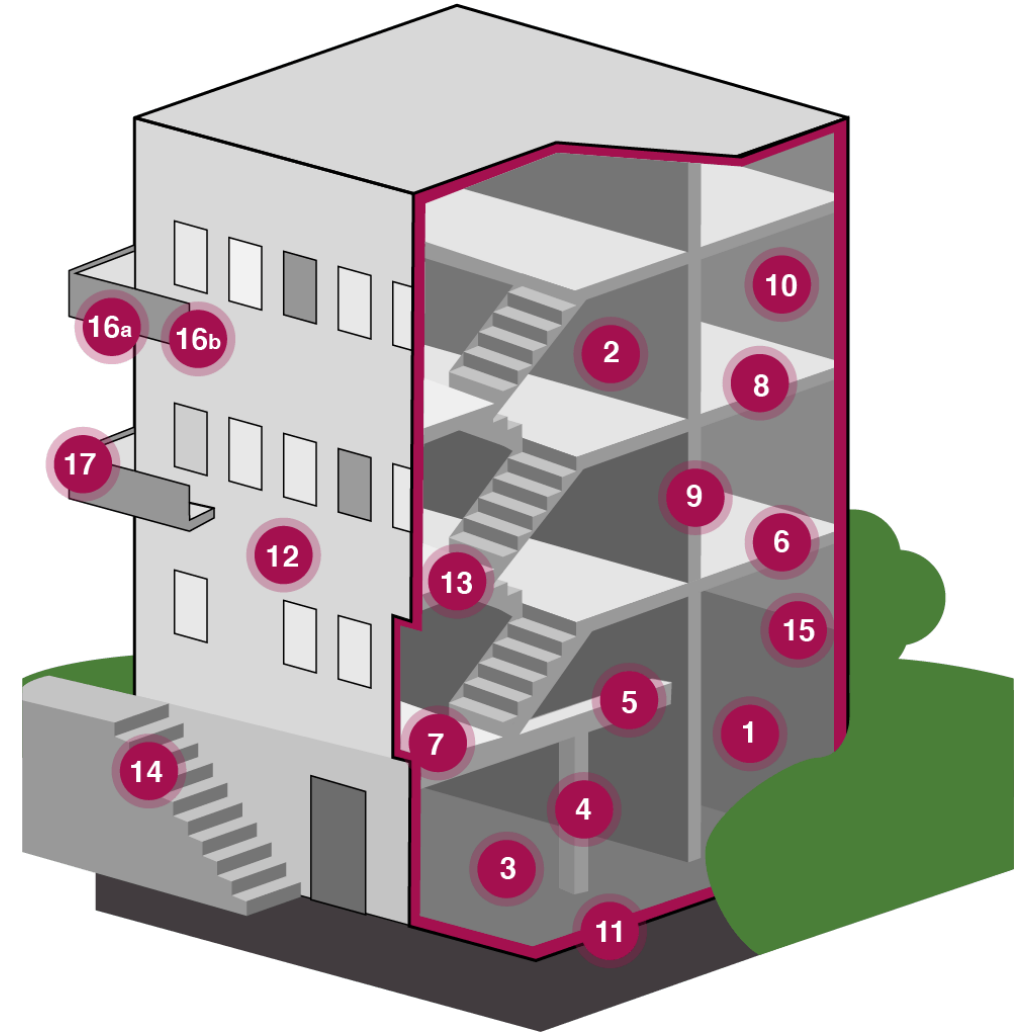
A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: ~~XD1~~, ~~XS2~~, ~~XS3~~, ~~XF2~~, ~~XF3~~ og XA2

- Giver det mening i dette tilfælde?

➤ Nej!

- ~~XD1~~ → ~~Klorider fra fx tørsalte~~
- ~~XS2+3~~ → ~~Direkte kontakt med havvand~~
- ~~XF2+3~~ → ~~Frost med/uden tørsalte~~
- XA2 → Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$



Eksempel

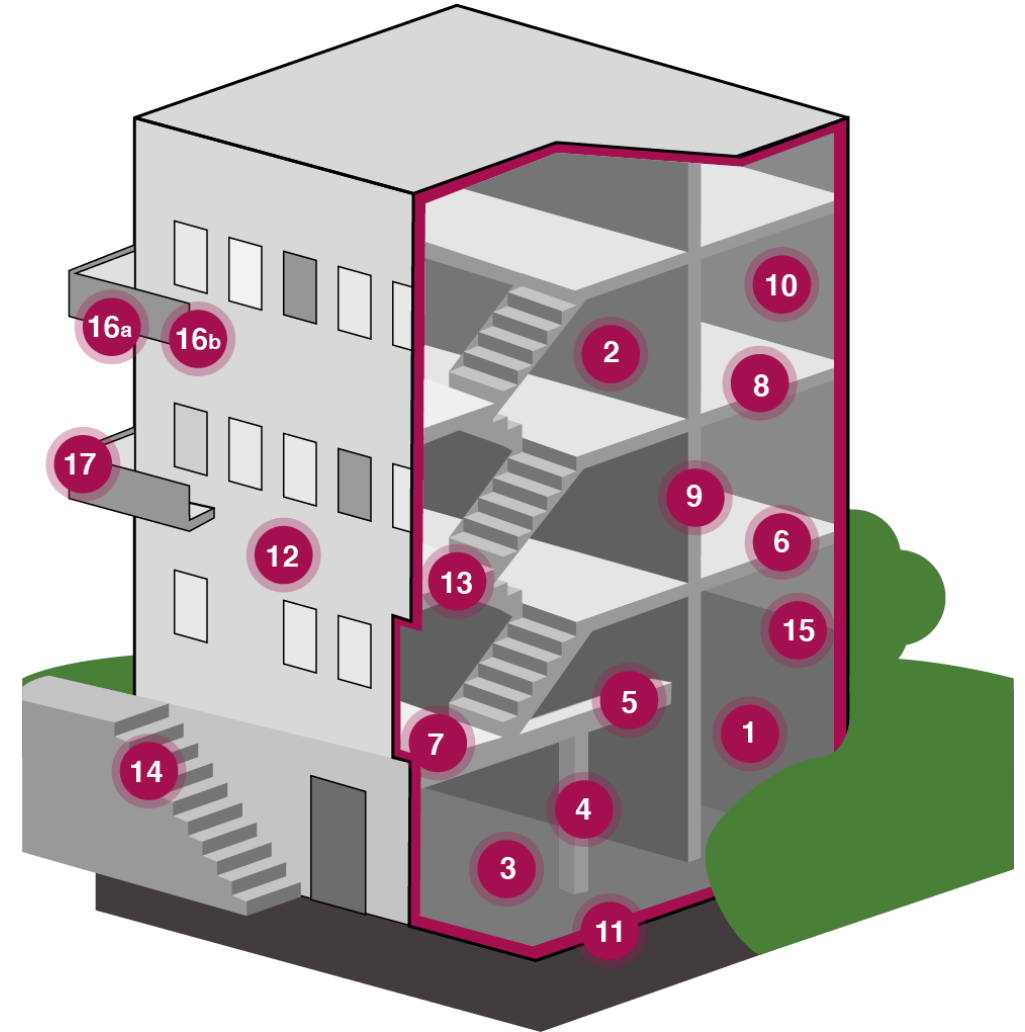
A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: ~~XD1~~, ~~XS2~~, ~~XS3~~, ~~XF2~~, ~~XF3~~ og ~~XA2~~

- Giver det mening i dette tilfælde?

➤ Nej!

- ~~XD1~~ ➤ ~~Klorider fra fx tørsalte~~
- ~~XS2+3~~ ➤ ~~Direkte kontakt med havvand~~
- ~~XF2+3~~ ➤ ~~Frost med/uden tørsalte~~
- ~~XA2~~ ➤ ~~Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$~~



Eksempel

A35 til bundplade i boligkompleks placeret langt fra kysten og jordbunden indeholder $<3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$

A-betoner dækker: ~~XD1~~, ~~XS2~~, ~~XS3~~, ~~XF2~~, ~~XF3~~ og ~~XA2~~

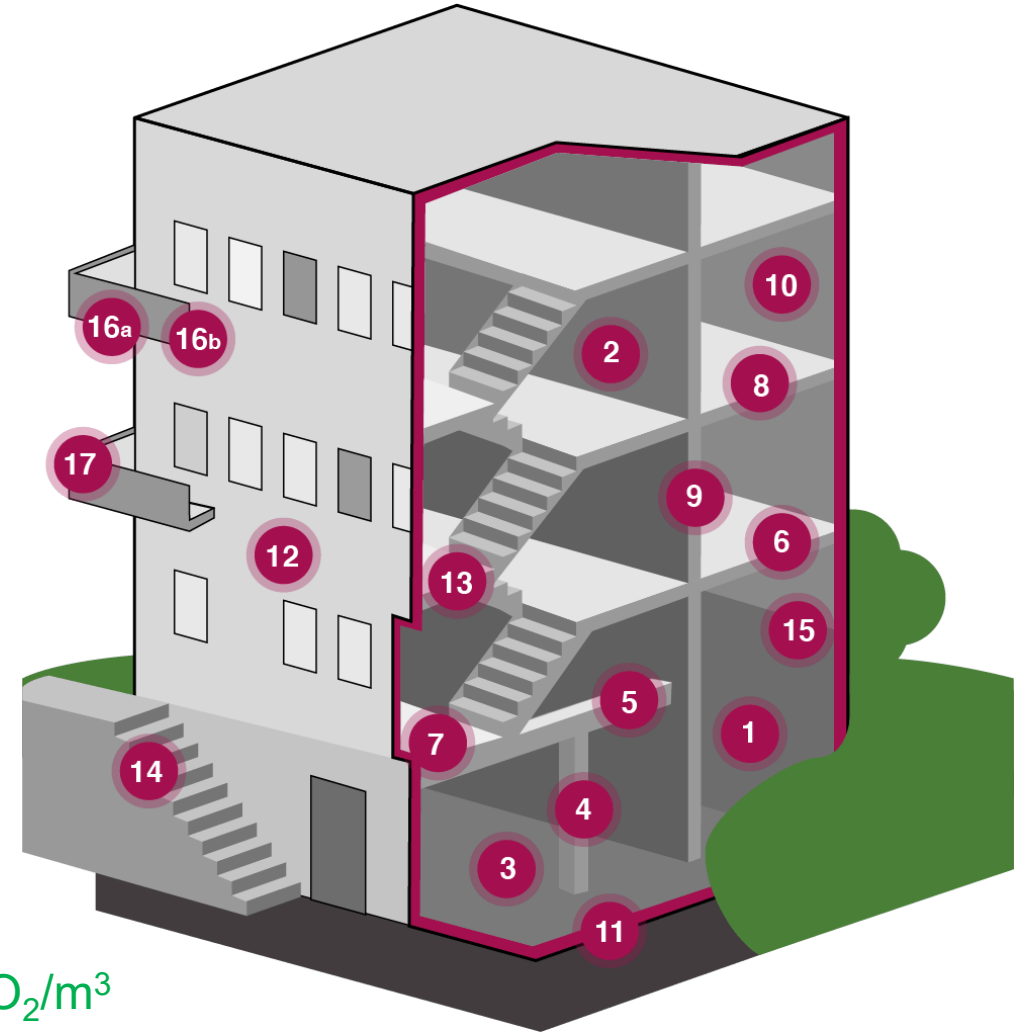
- Giver det mening i dette tilfælde?

➤ **Nej!**

- ~~XD1~~ ➔ ~~Klorider fra fx tørsalte~~
- ~~XS2+3~~ ➔ ~~Direkte kontakt med havvand~~
- ~~XF2+3~~ ➔ ~~Frost med/uden tørsalte~~
- ~~XA2~~ ➔ ~~Sulfatindhold $>3.000 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{kg}$~~

Hvilke cementer kan klare opgaven?

RAPID, BASIS og **FUTURECEM** ➔ besparelse på $\sim 100 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$



Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv						Ekstra Aggressiv				
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>andet end havvand</u>
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider</u> fra <u>havvand</u>
XF	Risiko for <u>frost/tø</u> påvirkning
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning

	Accepteret/godkendt
	Ikke accepteret
	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
	Accepteret <i>undtaget</i> i beton til svømmebassiner
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

A og E betoner – hvilke eksponeringsklasser er særlig vigtige?

1. Kommer betonen i direkte kontakt med havvand og/eller grundvand som har kloridindhold svarende til nærtliggende havvand? (XS2, XS3)

Nej ← → Ja

RAPID eller LAVALKALI SULFATBESTANDIG

2. Udsættes betonen for temperaturer over og under 0 °C, samtidig med at betonen eksponeres for tø-salte? (XF2, XF4)

Nej ← → Ja

Udfør frostbestandighedstest

3. Skal betonen bruges til et svømmebassin? (XD2)

Nej ← → Ja

RAPID eller LAVALKALI SULFATBESTANDIG

4. Hvis betonen skal i direkte kontakt med jord og/eller grundvand, foreligger der så dokumentation for jordbundsforholdene? (XA2, XA3)

Bør kræves før XA2 og XA3 anføres

Nej ← → Ja

Brug tabellen herunder

Hvad dækker kemisk påvirkning over? EN 206 (Tabel 2)

Kemisk karakteristisk	XA1	XA2	XA3
Grundvand			
SO ₄ ²⁻ mg/l	>200 og < 600	> 600 og < 3000	>3000 og < 6000
pH	<6,5 og >5,5	< 5,5 og > 4,5	< 4,5 og > 4,0
CO ₂ mg/l	> 15 og < 40	> 40 og < 100	> 100 op til mætning
NH ₄ ⁺ mg/l	> 15 og < 30	> 30 og < 60	> 60 og < 100
Mg ²⁺ mg/l	> 300 og < 1000	> 1000 og < 3000	> 3000 op til mætning
Jordbund			
SO ₄ ²⁻ mg/kg	> 2000 og < 3000	> 3000 og < 12000	> 12000 and < 24000
Surhedsgrad ifølge Baumann Gully ml/kg	> 200	-	

Miljøpåvirkning	M	A	E
Eksponerings-klasse	XA1	XA2	XA3
FutureCEM			
RAPID			
BASIS			

	Accepteret
	Ikke accepteret
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Hvad dækker kemisk påvirkning over? EN 206 (Tabel 2)

Kemisk karakteristisk	XA1	XA2	XA3
Grundvand			
SO ₄ ²⁻ mg/l	>200 og < 600	> 600 og < 3000	>3000 og < 6000
pH	<6,5 og >5,5	< 5,5 og > 4,5	< 4,5 og > 4,0
CO ₂ mg/l	> 15 og < 40	> 40 og < 100	> 100 op til mætning
NH ₄ ⁺ mg/l	> 15 og < 30	> 30 og < 60	> 60 og < 100
Mg ²⁺ mg/l	> 300 og < 1000	> 1000 og < 3000	> 3000 op til mætning
Jordbund			
SO ₄ ²⁻ mg/kg	> 2000 og < 3000	> 3000 og < 12000	> 12000 and < 24000
Surhedsgrad ifølge Baumann Gully ml/kg	> 200	-	

Miljøpåvirkning	M	A	E
Eksponerings-klasse	XA1	XA2	XA3
FutureCEM			
RAPID			
BASIS			

	Accepteret
	Ikke accepteret
	Accepteret <i>undtaget</i> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3

Perspektivering

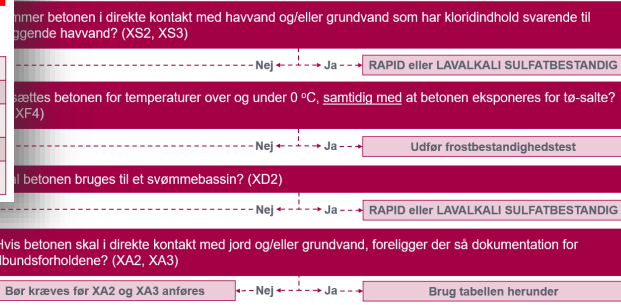
- ✓ Brug af eksponeringsklasser kan fremme bæredygtigt byggeri
- ✓ Jordbund- og grundvandsanalyser kan bidrage til CO₂-besparelser
- ✓ Krav til livcyklusvurderinger (LCA) og CO₂-grænseværdier for nybyggeri over 1000 kvm fra 2023

Eksponeringsklasser

Miljøpåvirkning	Passiv		Moderat					Aggressiv					Ekstra Aggressiv					
Eksponeringsklasser	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XF1	XA1	XD1	XS1	XS2	XF2	XF3	XA2	XD2	XD3	XS3	XF4	XA3
FutureCEM																		
RAPID																		
BASIS																		

X0	Ingen risiko for korrosion eller fugtpåvirkning	Accepteret/godkendt
XC	Risiko for korrosion forårsaget af <u>karbonatisering</u>	Ikke accepteret
XD	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider fra andet end havvand</u>	Accepteret med ekstra krav (max. FA/C forhold + test af frostbestandighed)
XS	Risiko for korrosion forårsaget af <u>klorider fra havvand</u>	Accepteret <u>undtaget</u> i beton til svømmebassiner
XF	Risiko for <u>frost</u> påvirkning	Accepteret <u>undtaget</u> hvis sulfat er grunden til eksponeringsklasse XA2/XA3
XA	Risiko for <u>kemisk</u> påvirkning	

E betoner – hvilke eksponeringsklasser er særlig vigtige?



Jacob Drejer

Produkt teknisk konsulent

Aalborg Portland A/S

Rørdalsvej 44

9220 Aalborg Ø

Denmark

Phone: +45 2429 1312

E-mail: jacob.drejer@aalborgportland.com