



Absorption i tilslag til beton

Lasse Frølich
Betonteknolog, M.Sc.

| Agenda

1. Hvad er absorption?
2. Hvordan indgår absorption i en betonblanding?
3. Indflydelse af normale variationer i absorption
4. Absorption af knust beton
5. Måling af absorption



Hvad er absorption?

- Absorption: Hvor meget vand, der kan være i de åbne porer
- Mere korrekt: Vandabsorption
- Siger noget om porøsitet (og kvalitet) af tilslag
- Tilslag med høj absorption vil ofte (men ikke altid) være:
 - Lette
 - Svage
 - Frostfarlige
 - Alkalikiselreaktive

Varedeklaration

Gyldig fra: 01-01-2019 Erstatte deklaration fra: 01-01-2018

		4
Illerikskvalitet/renhed	$f_{1,5}$	0,063
Korndensitet		Typisk 2,54 M
Vandabsorption	% VA	1,0 %
Cloridindhold	% Cl	
Ækvivalent alkaliindhold*	% NaO ₂ ækv.	
Uopløselige sulfater	AS _{IK}	Ikke relevant i beton
Talt svovl	% S	
Stabilitet	% VS	

EN 12620 tabel 2426-3

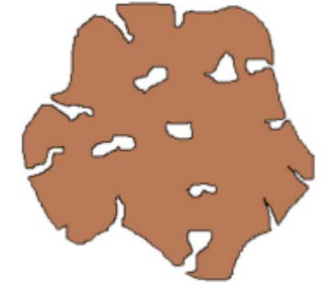
krav angivet i DS/EN

Hvad er absorption?

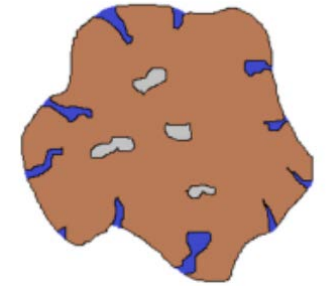
- Absorption er knyttet til begrebet vandmættet overfladetør (VOT):
 - svarer til kornenes tilstand i frisk beton
- Absorberet vand:
 - Betragtes som en del af tilslaget
 - Er ikke frit vand
 - Det skal ikke regnes med i v/c
 - Det bidrager ikke til bearbejdelighed
- Korrektion af vandindhold:
 - Forskellen mellem absorption og "fugt" i tilslag
 - Normalt indeholder tilslag overfladevand (frit vand) → trækkes fra vandtilsætning
 - Nogle gange er tilslaget mere tørt end VOT → lægges til vandtilsætning

$$Absorption = \frac{M_{VOT} - M_{Tør}}{M_{Tør}}$$

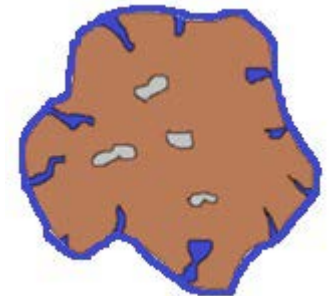
Tør



VOT



Våd



Kilde: Betonhåndbogen

Hvor indgår absorption i en betonblanding?

- Eksempel på M30 betonrecept med $v/c = 0,50$:

	Mængde [kg/m ³]
Cement	300
Vand	150
Sand	800
Sten	1100



VOT

Hvor indgår absorption i en betonblanding?

- Eksempel på M30 betonrecept med $v/c = 0,50$:

	Mængde [kg/m ³]	Fugt
Cement	300	-
Vand	150	-
Sand	800	3,0 % / 24 l/m ³
Sten	1100	2,0 % / 22 l/m ³



VOT

Hvor indgår absorption i en betonblanding?

- Eksempel på M30 betonrecept med $v/c = 0,50$:

	Mængde [kg/m ³]	Fugt	Absorption
Cement	300	-	-
Vand	150	-	-
Sand	800	3,0 % / 24 l/m ³	0,5 % / 4 l/m ³
Sten	1100	2,0 % / 22 l/m ³	1,0 % / 11 l/m ³



VOT

Hvor indgår absorption i en betonblanding?

- Eksempel på M30 betonrecept med $v/c = 0,50$:

	Mængde [kg/m ³]	Fugt	Absorption	Korr. mængde [kg/m ³]
Cement	300	-	-	300
Vand	150	-	-	119
Sand	800	3,0 % / 24 l/m ³	0,5 % / 4 l/m ³	820
Sten	1100	2,0 % / 22 l/m ³	1,0 % / 11 l/m ³	1111



Afvejet



VOT



31 l/m³ frit vand fra tilslag

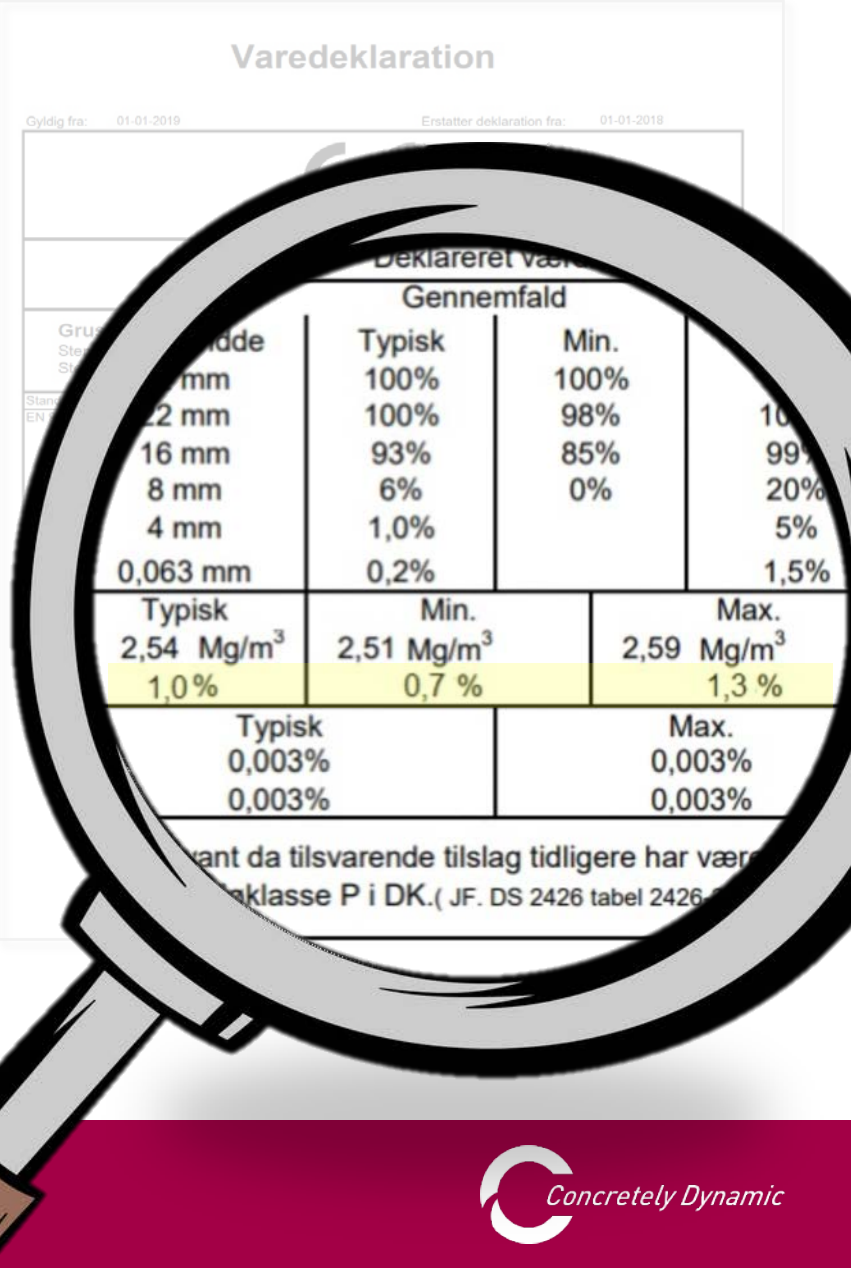
Typiske værdier for absorption

		P	M	A	E
Sand 0-4 mm		0,6 %	-	0,3 %	0,3 %
Sten 4-8 mm		3 %	2 %	1 %	0,2 %
Sten 8-16 mm		3 %	2 %	1 %	0,2 %

Indflydelse af variationer i absorption

- Ofte deklarerer materialers absorption med et variationsbånd på $\pm 0,3$ %-point

	Mængde [kg/m ³]	Absorption [%]	Absorptionsvand [kg/m ³]
Cement	300	-	-
Vand	150	-	-
Sand	800	0,5	4
Sten	1100	1,0	11
Total	2350	-	15
v/c	0,500	-	-
Styrke	40,5 MPa	-	-

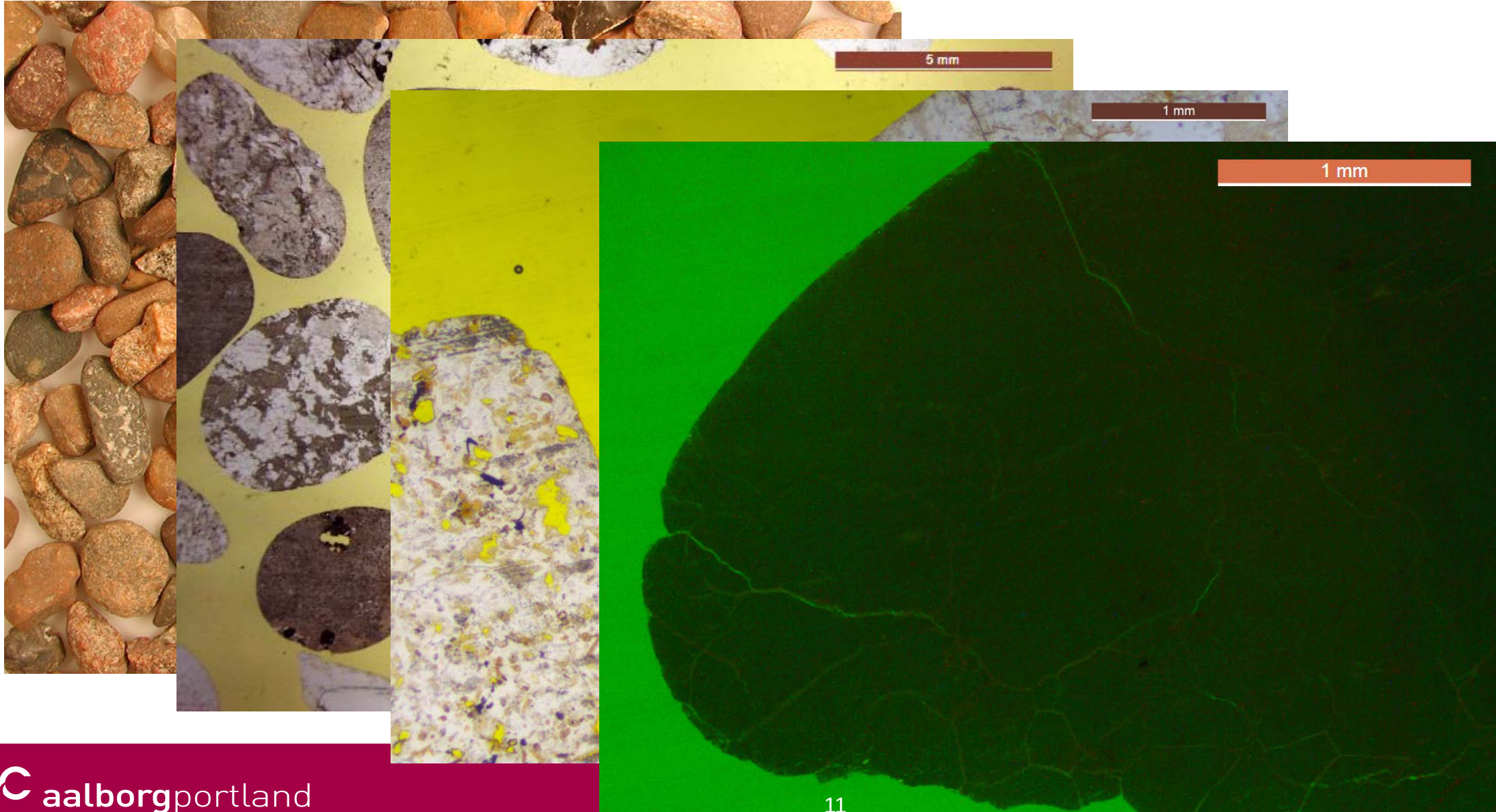


Varedeklaration			
Gyldig fra: 01-01-2019		Erstatter deklaration fra: 01-01-2018	
Deklareret værdi			
Gennemfald			
Styrke	Typisk	Min.	Max.
22 mm	100%	100%	100%
16 mm	100%	98%	100%
8 mm	93%	85%	99%
4 mm	6%	0%	20%
0,063 mm	1,0%	0%	5%
0,063 mm	0,2%		1,5%
Typisk	2,54 Mg/m ³	Min. 2,51 Mg/m ³	Max. 2,59 Mg/m ³
	1,0 %	0,7 %	1,3 %
Typisk	0,003%		Max. 0,003%
	0,003%		0,003%

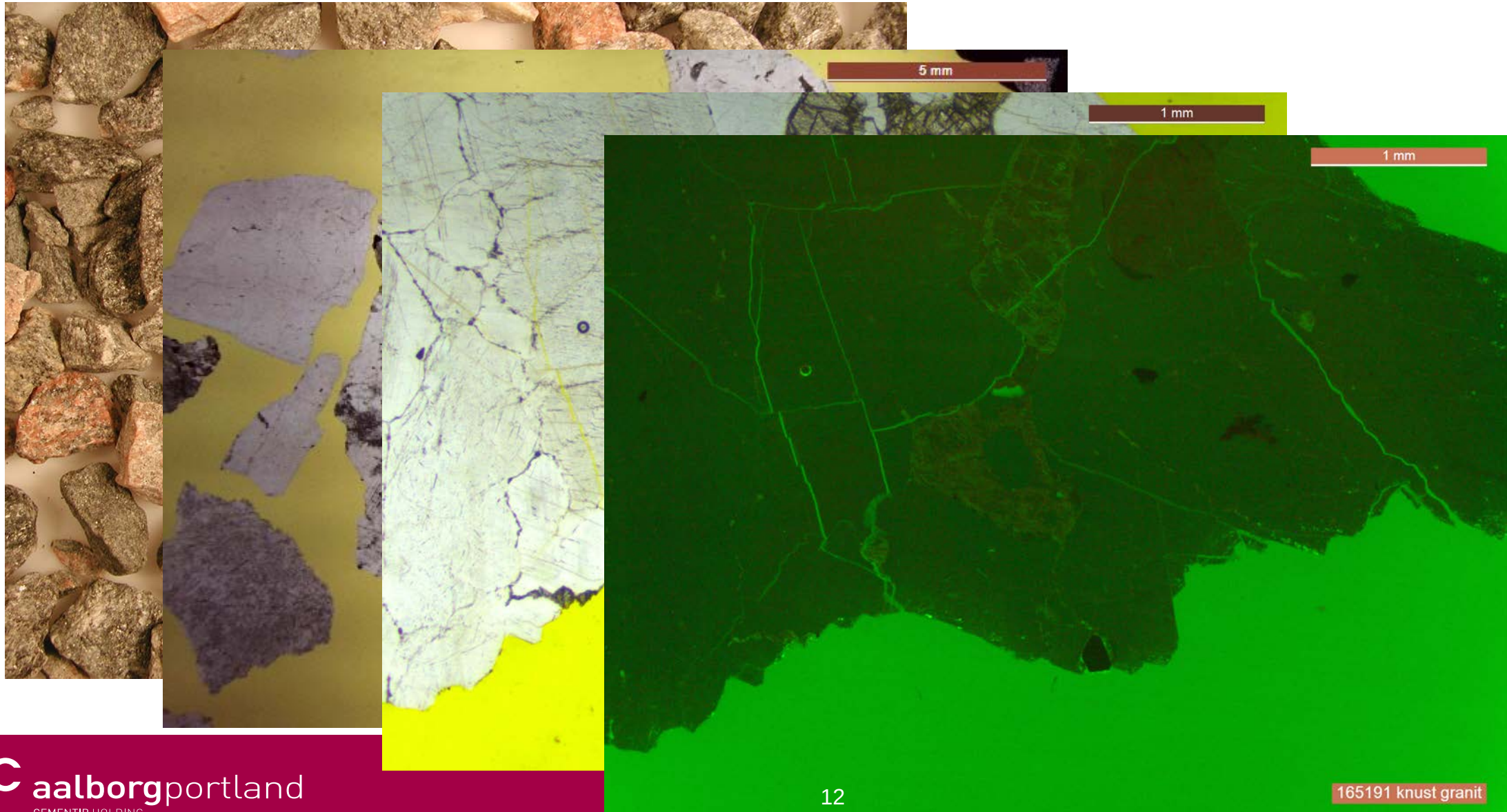
ant da tilsvarende tilslag tidligere har været
klasse P i DK. (JF. DS 2426 tabel 2426

- Variationsbånd giver her ± 2 MPa i forskel i trykstyrke

Hvordan ser porerne ud i søsten?



Hvordan ser porerne ud i knust granit?



Knust beton som tilslag

Knust beton har høj absorption

- Ofte 10 gange højere absorption end alm. sand og sten
- Pastaen må have enorm absorption?

Nulspildsprojektet (Dansk beton projekt 2018)

	Huldæks- beton	Fabriks- beton	Belægnings- sten
0-4 mm	11 %	8 %	6 %
8-16 mm	6 %	4 %	3 %

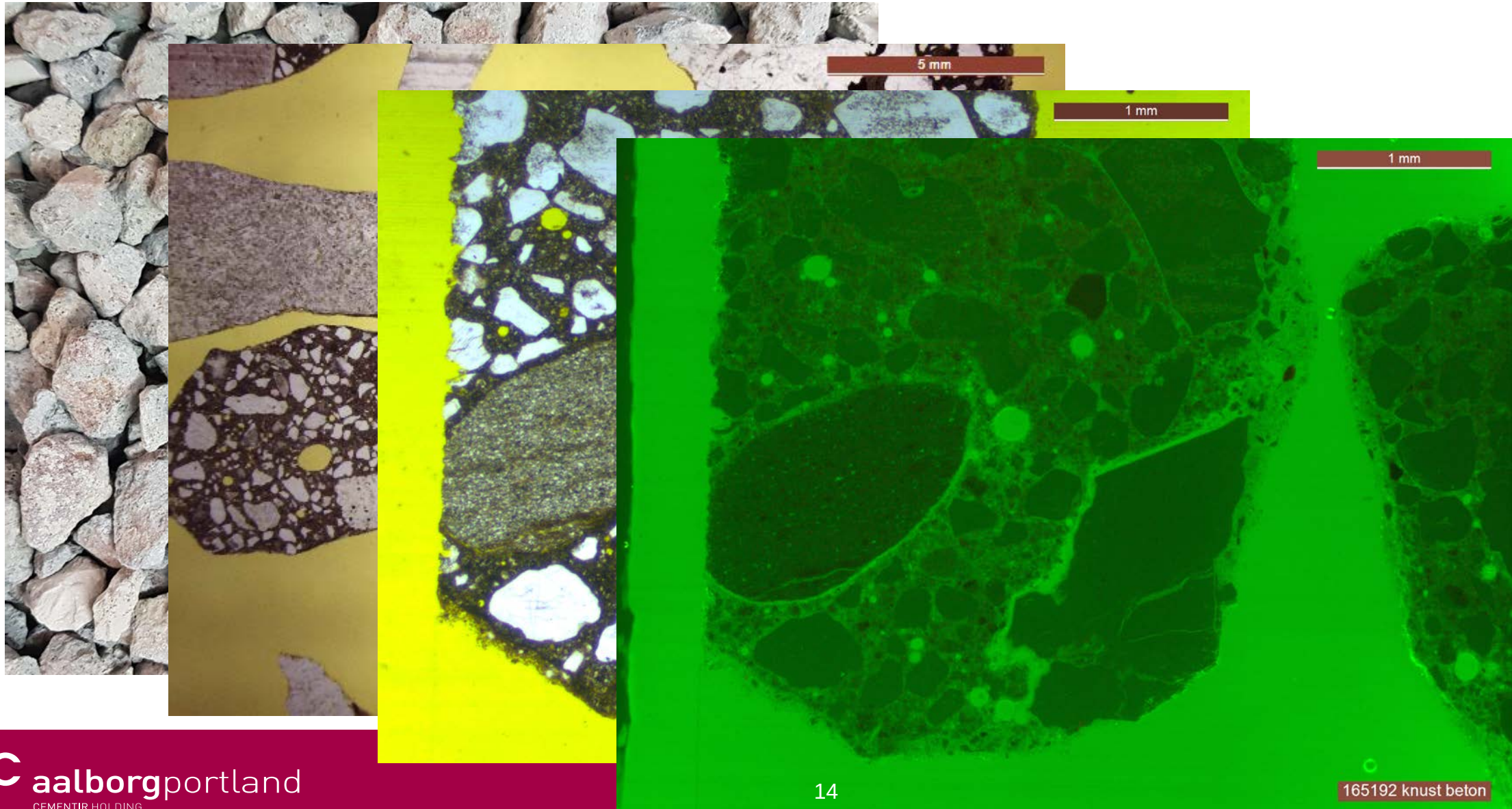
Concrete International artikel 1983*

	Beton med v/c = 0,40
0-4 mm	10 %
8-16 mm	5 %

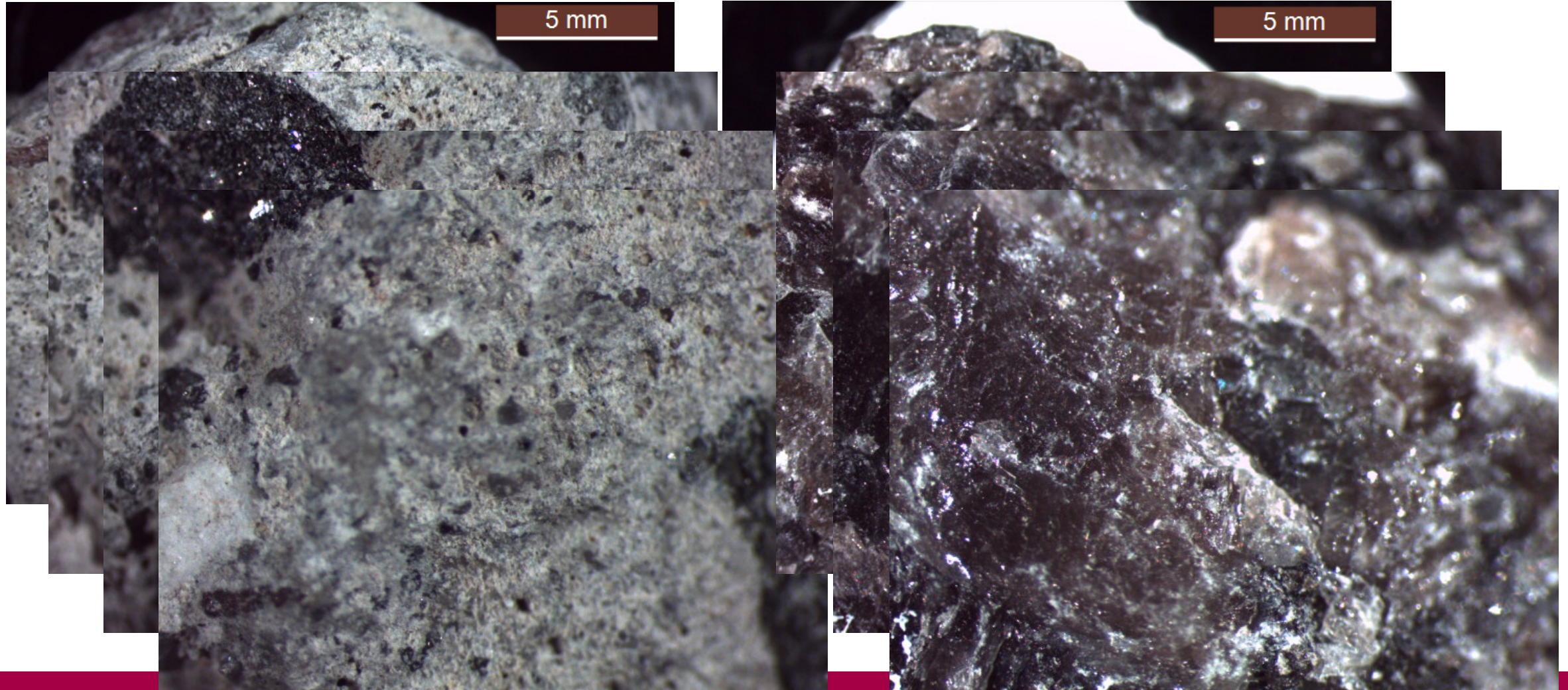
*Kilde: "Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate", Hansen, T.C. og Narud, H., Concrete International 1983



Hvordan ser porerne ud i knust beton?



| Knust beton vs knust granit



Måling af absorption (iht. DS/EN 1097-6)

Sand:



Vask på 0,063 mm



Vandmætning



Tørring



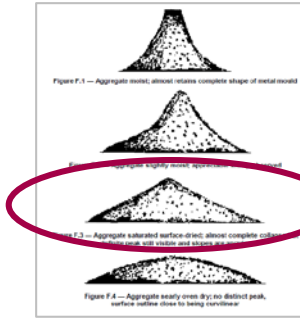
Test



For vådt



For tørt



Lige tilpas

Sten:



Vask på 4 mm



Vandmætning



For vådt



Lige tilpas

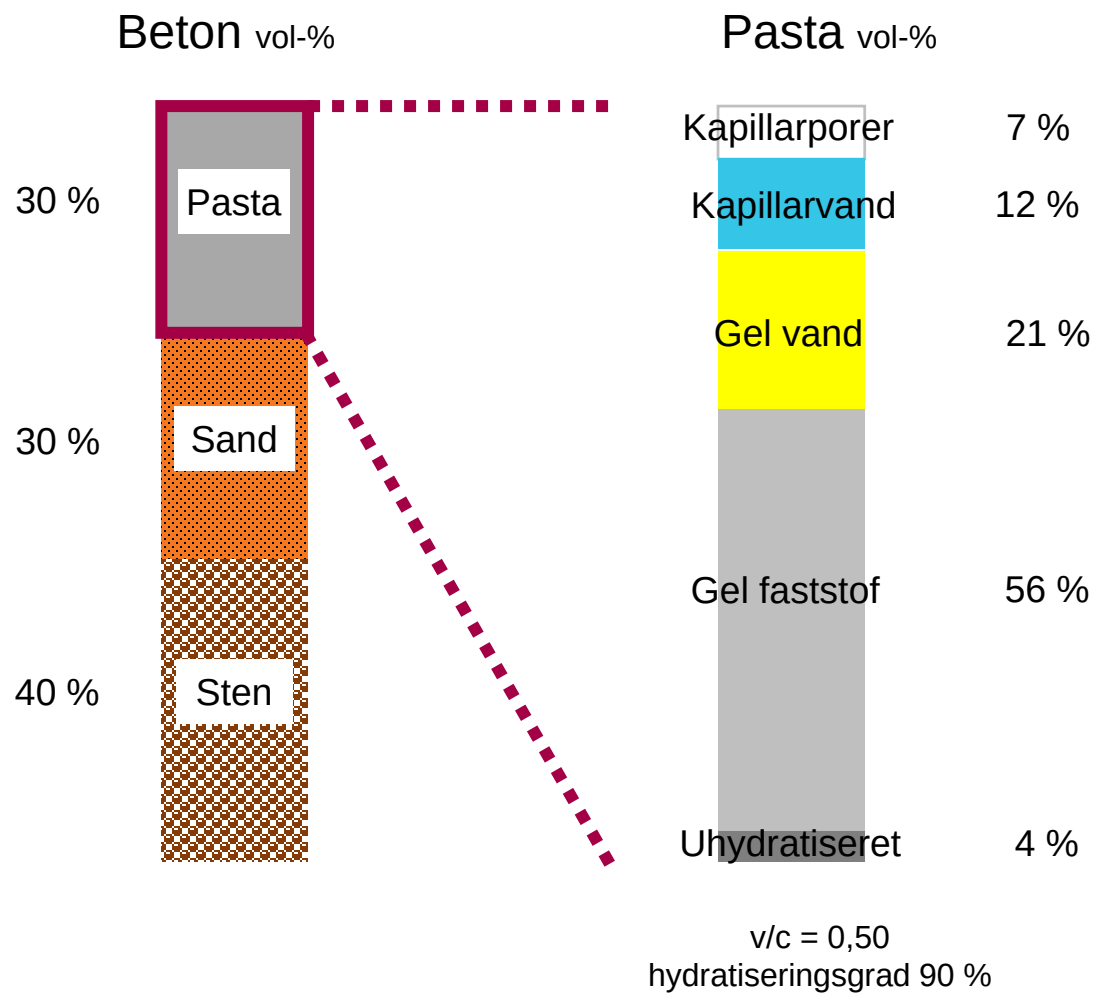
Absorptionsmåling:

1. Fjern finstof
2. Vandmæt
3. Find VOT
4. Tør v. 110 °C

| Problematikker ved absorptionsmåling

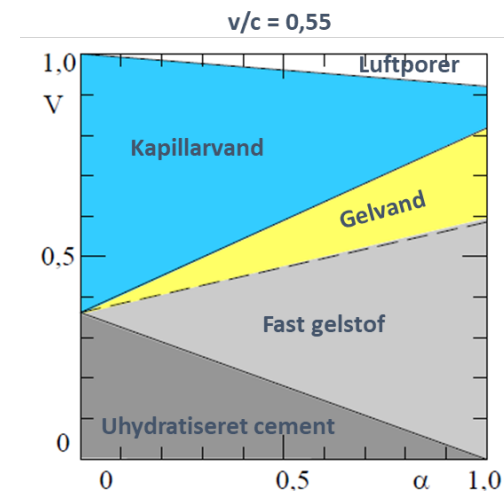
- Absorption måles på sigtede renvaskede partikler
 - Stenmel fjernes fra skærver
 - Ler fjernes fra sand
 - Finstof fjernes fra knust beton
- Måling på knust beton - sandfraktion
 - Partiklernes kantethed og overfladekarakter låser ved måling af "sætmål"
 - Fører sandsynligvis til for høje absorptionsværdier
- Måling på knust beton - stenfraktion
 - Mørteldelens ru og porøse overflade kan næppe aftørres med et klæde
 - Fører sandsynligvis til for høje absorptionsværdier

Absorptionspotentiale for knust beton



Fordampeligt vand = 40 vol-% af pasta

Powers stofomsætning



Absorptionspotentiale for knust beton

Beregningseksempler for beton med 150 liter vand pr. m³

Beton med v/c	0,4	0,5	0,6	0,7
Absorptionspotetiale	3,6 %	4,2 %	4,7 %	4,9 %
Vurdering af reel absorption	2,4 %	3,6 %	4,1 %	4,4 %

Vurdering af reel absorption

- For $v/c < 0,60$ bliver kapillarporøsiteten diskontinuert → nogle porer vil være lukkede (1/3-del antages at utilgængelige)
- Alt gelvand når næppe af frigives ved 110 °C i løbet af et døgn (1/3-del antages af være tilbage)

Målte værdier ligger næsten altid væsentligt højere!

Absorptionspotentiale

- Sammenligning med målinger i litteraturen*

v/c	0,4	0,7
Cement	410 kg/m ³	215 kg/m ³
Vand	165 kg/m ³	151 kg/m ³
Målt abs på 8-16 mm	5,0 %	5,4 %
Vurdering af reel abs	2,7 %	4,5 %

- Væsentligt højere målt absorption end beregnet reel absorption

*Kilde: Concrete International, vol 5, no.1, jan 1983

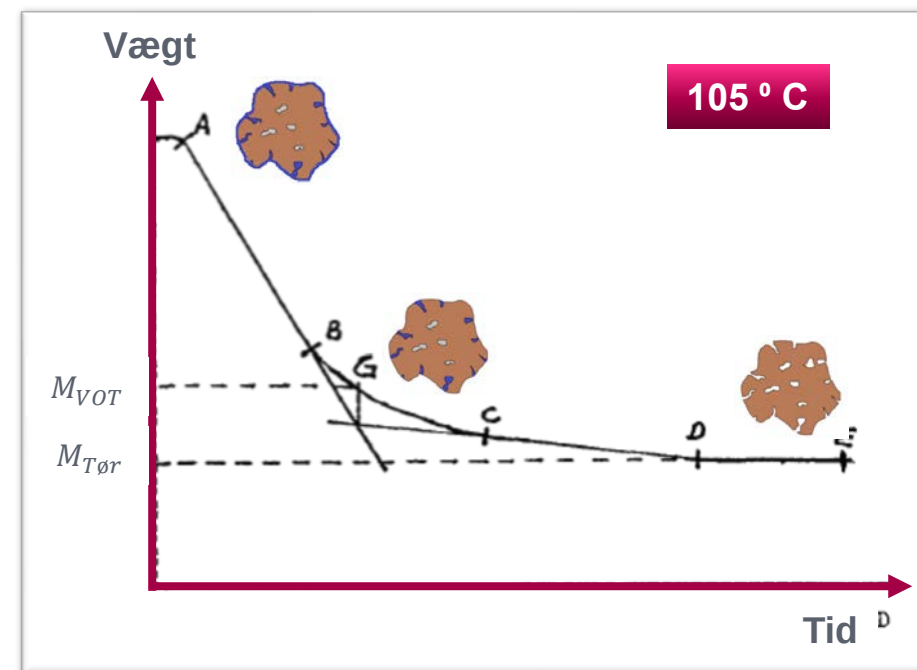
Alternativ metode til måling af absorption

- Desorptionsisoterm metode*
 - Tørring ved 105 °C og kontinuert vejning
 - Giver ca. samme værdier som DS/EN 1097-6 for alm. Tilslag
 - Giver væsentligt lavere værdier for knust beton

- Absorptionsresultater fra Miljøstyrelsens projekt*

Fraktion	DS/EN 1097-6	Desorptionsmetode
0 - 4 mm	9 %	4 %
4 - 8 mm	8 %	2 %
8 - 25 mm	4 %	1 %

Metoden:



$$Absorption = \frac{M_{VOT} - M_{Tør}}{M_{Tør}}$$

*Kilde: Bestemmelse af nedknust betons densitet, vandabsorption og mørtelindhold, Miljøstyrelsen 1986

Hvorfor bekymre sig om det?

Beton med knust beton som tilslag:

- Der er eksempler på problemer med frostbestandighed
- Der er eksempler på problemer med styrkevariationer
- Hvis absorption måles dobbelt så høj som reel værdi:
 - Ved 100 % erstatning af sand og sten giver det over 50 liter ekstra frit vand!
 - DS/EN 206 tillader normalt 10/20 % erstatning – potentielt over 10 liter ekstra frit vand (ændret v/c ~ 0,03)
- Husk særlig fokus på absorptionsværdi, hvis der dispenseres til 100 % erstatning
- Alternativ metode er besværlig – burde man blot reducere værdier fra alm. metode med en faktor?



Konklusion

- Pas på med variationsbånd for absorption over $\pm 0,3$ %-point
- Absorptionen af knust beton er tilsyneladende ca. 10 gange højere end for alm. tilslag
- **Målemetoder til absorption**
 - Velegnede til typiske danske naturlige tilslag
 - Tvivlsomme resultater for knust beton
- **Knust betons absorption**
 - Er sandsynligvis væsentligt lavere end DS/EN 1097-6 målinger viser
- **Bør der indføres ny målemetode til knust beton?**

Absorption i tilslag til beton

Lasse Frølich
Betonteknolog, M.Sc.