

# BRANDSKADET BETON

## UNDERSØGELSE OG UDBEDRING

Mari Brandl

Afdelingsleder, Afd. Renovering og Bygningsfysik

# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Projekt: Brandskadet lejlighed.

Brand I lejlighed på 8. etage

Konstruktion:

15. Etagers højhus

In-situ støbt beton (bærende konstruktion), Facader udført ved glide forskalling. Brystninger og bånd I betonelementer.

# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Generelt:

Høje temperaturpåvirkninger kan give anledning til bl.a.

- Volumenændringer (differensbevægelser) af de dele som den aktuelle konstruktion består af – herunder de enkelte bestanddele som betonen.
- Fysiske og kemiske omdannelser – reversible og/eller irreversible omdannelser.

Som kan medføre:

- Afskalninger, revnedannelser, forøget porøsitet og/eller ændret mikrostruktur  
(det er hvad vi kan undersøge for)

Som kan lede til tab i konstruktionens **bæreevne og holdbarhed**

# BRANDSKADET BETON

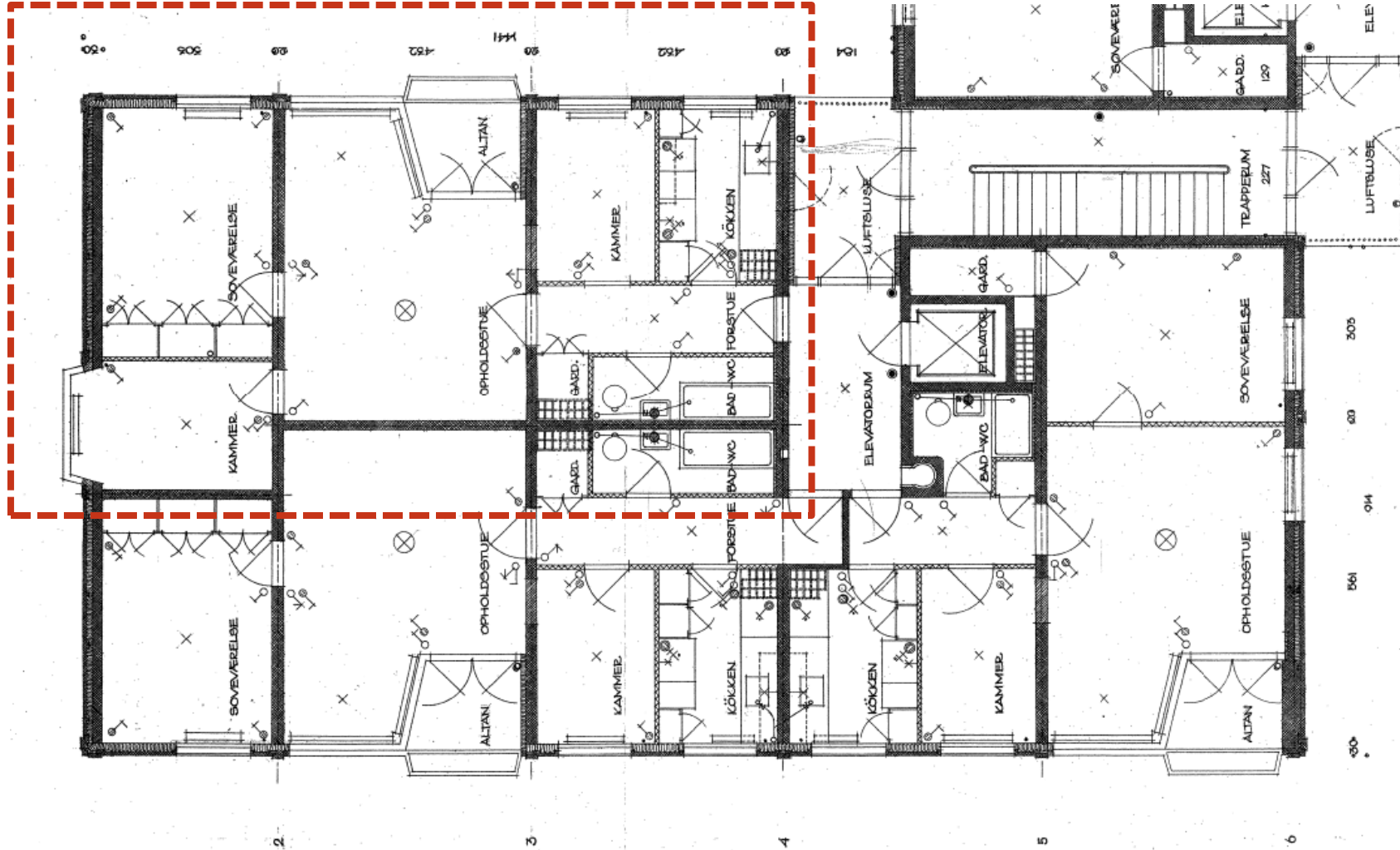
## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

### Opstart

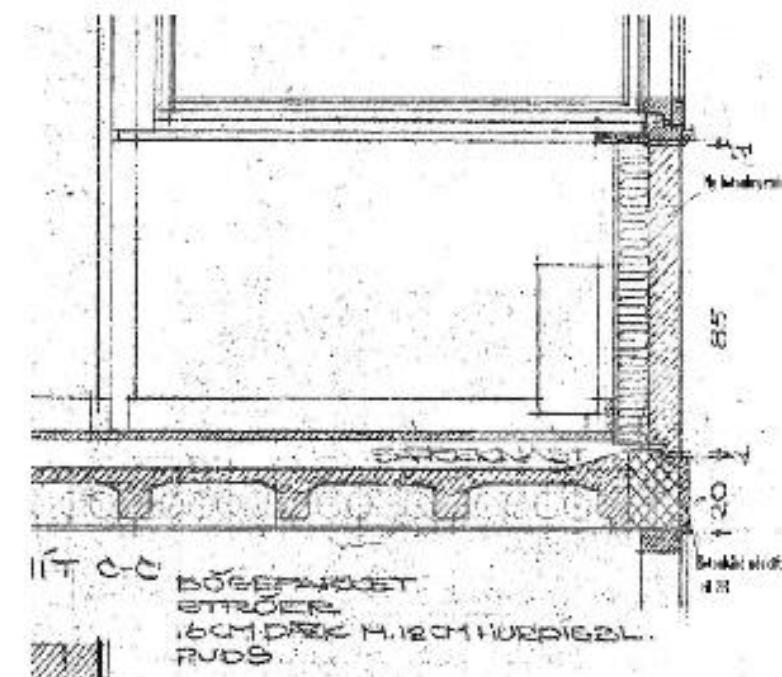
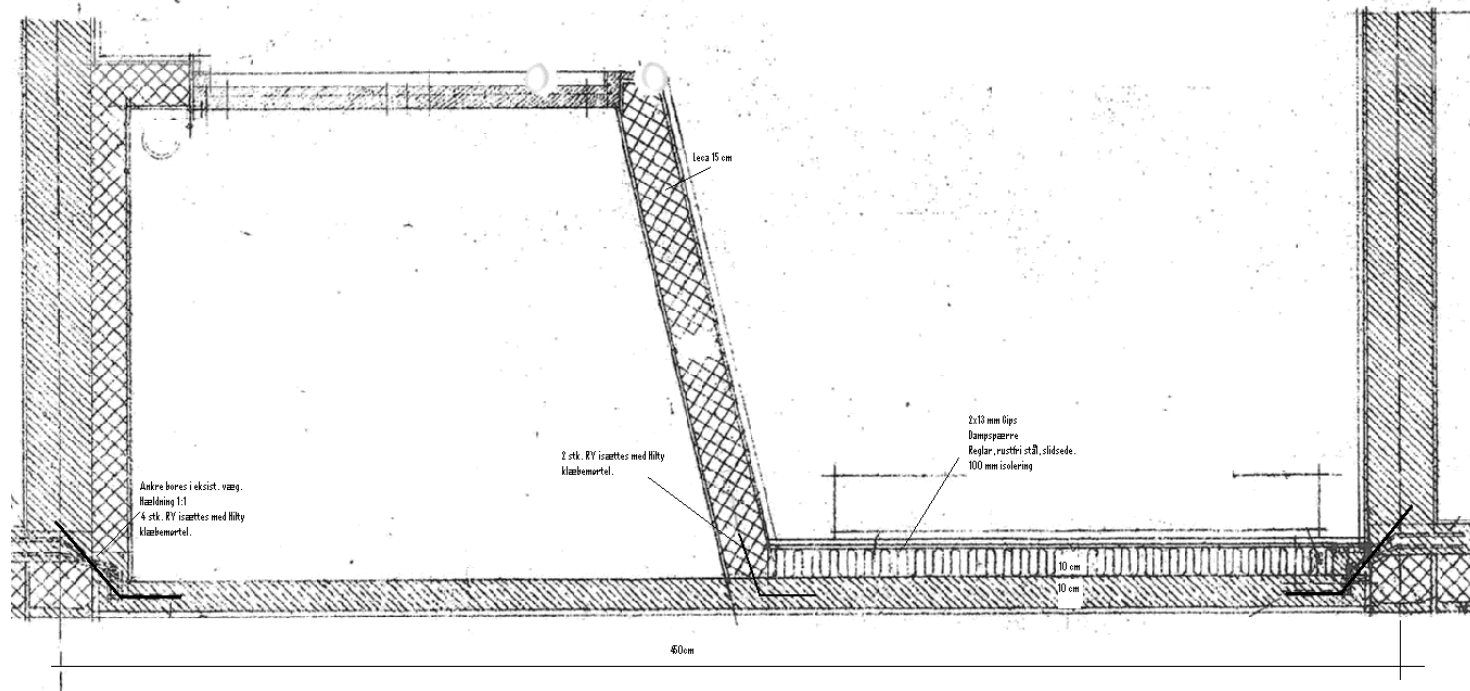
- Informationer om brand/brandforløb (hvor og I hvor lang tid), slukningforløb.
- Gennemgang af konstruktionstegninger
- Undersøgelser (vurdering af risiko)

# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER



# BRANDSKADET BETON REGISTRERING OG UNDERSØGELSER



# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

- Indledende for-besigtelse for planlægning af undersøgelser (undersøgelsesprogram)
  - Visuel registrering og markering på planer og opstalter
    - Den brandskadede lejlighed, underliggende og overliggende + tilstødende. (indv. og udv.)
  - NDT prøver på stedet (hammer)
  - Udtagning af betonprøver(borekerner), prøve udtagningsstederne bestemmes efter den visuelle registrering.

# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Visuel registrering





# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Visuel registrering



# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Visuel registrering



# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

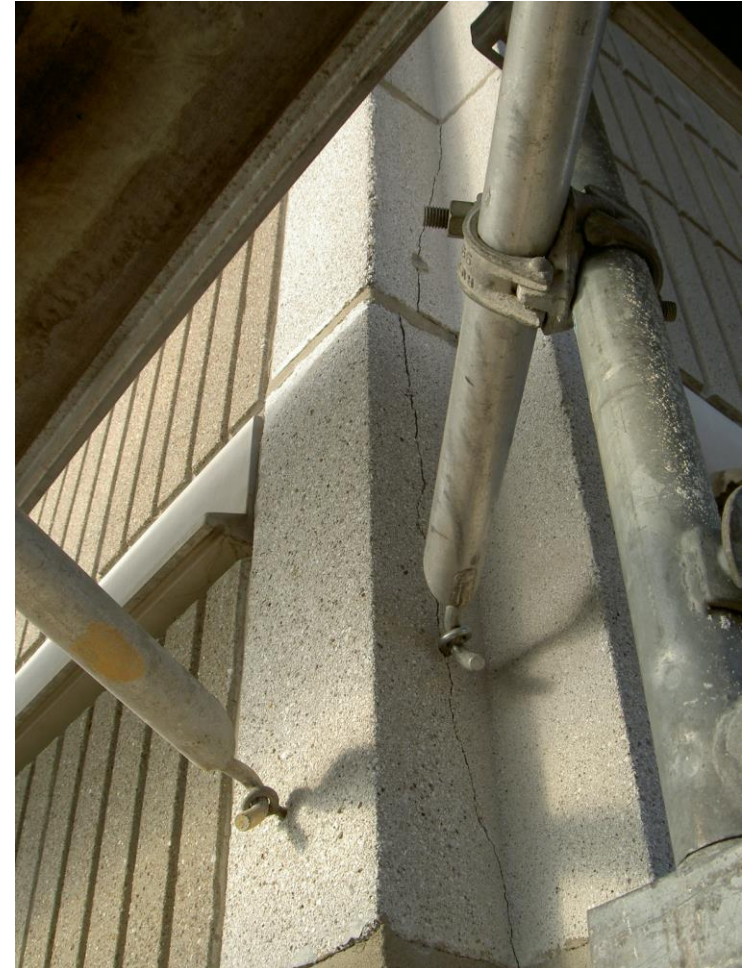
Visuel registrering



# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Visuel registrering



# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

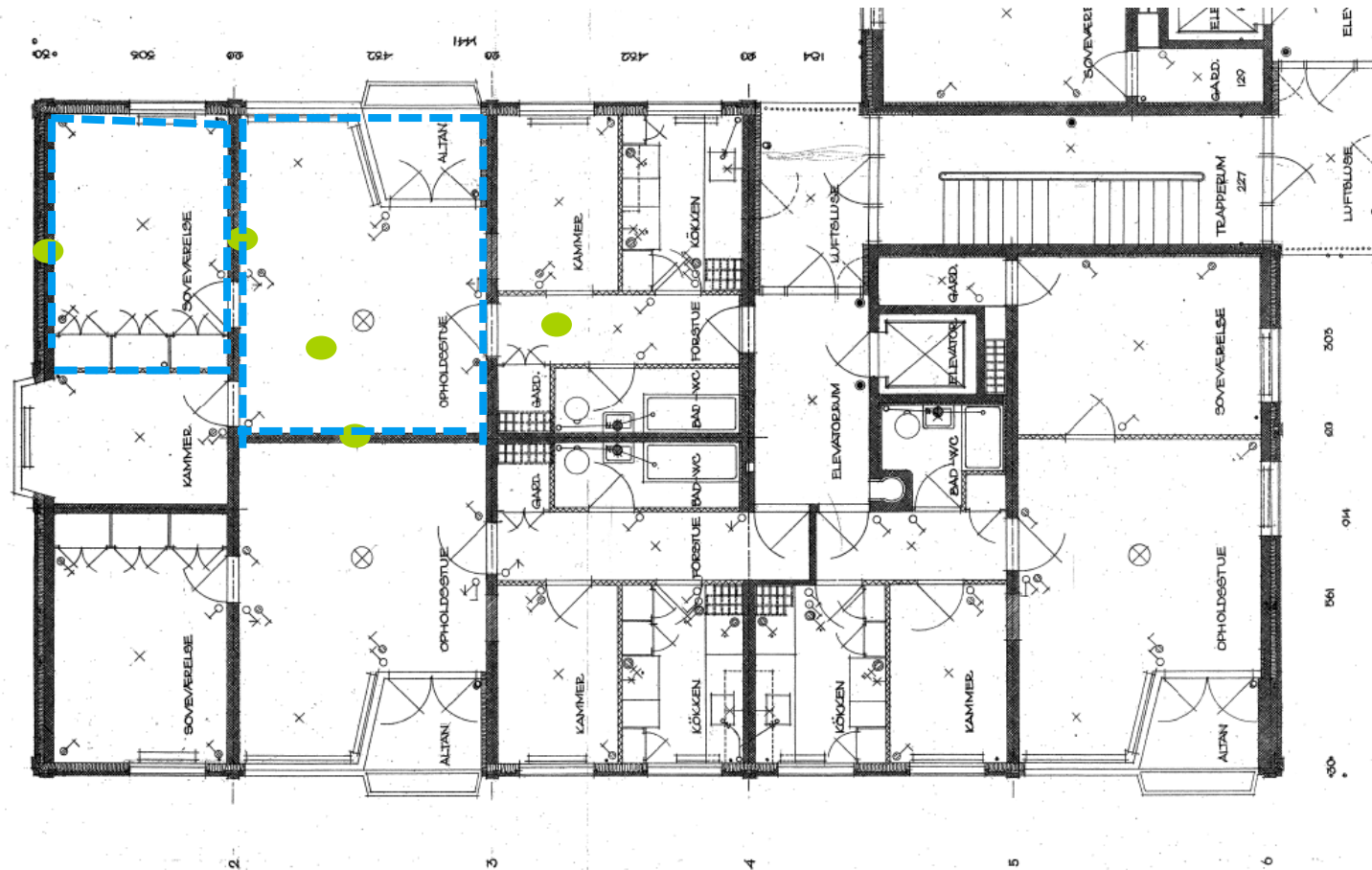
NDT (klang med hammer)

20°C.....	Beton
100°C.....	Hårdtbrændt tegl
200°C.....	Procelæn
300°C.....	Krystalglas
400°C.....	Almindeligt glas
500°C.....	Stentøj
600°C.....	Revnet tegl
700°C.....	Træ
800°C.....	Papmaché

# BRANDSKADET BETON

## REGISTRERING OG UNDERSØGELSER

Visuel registrering (indtegning på planer og opstalter)



- Udtaget borekerner
- Puds, revner og afskalninger

# BRANDSKADET BETON

Udførelse af destruktive opluk og udtagning af borekerner til tyndslib.

- I selve den brændte lejlighed (valgt ud fra fra den visuelle besigtigelse, NDT og brandforløb)
- I omkring liggende lejligheder (inkl. Reference prøver)
- ophugning til vurdering af armering.



# BRANDSKADET BETON

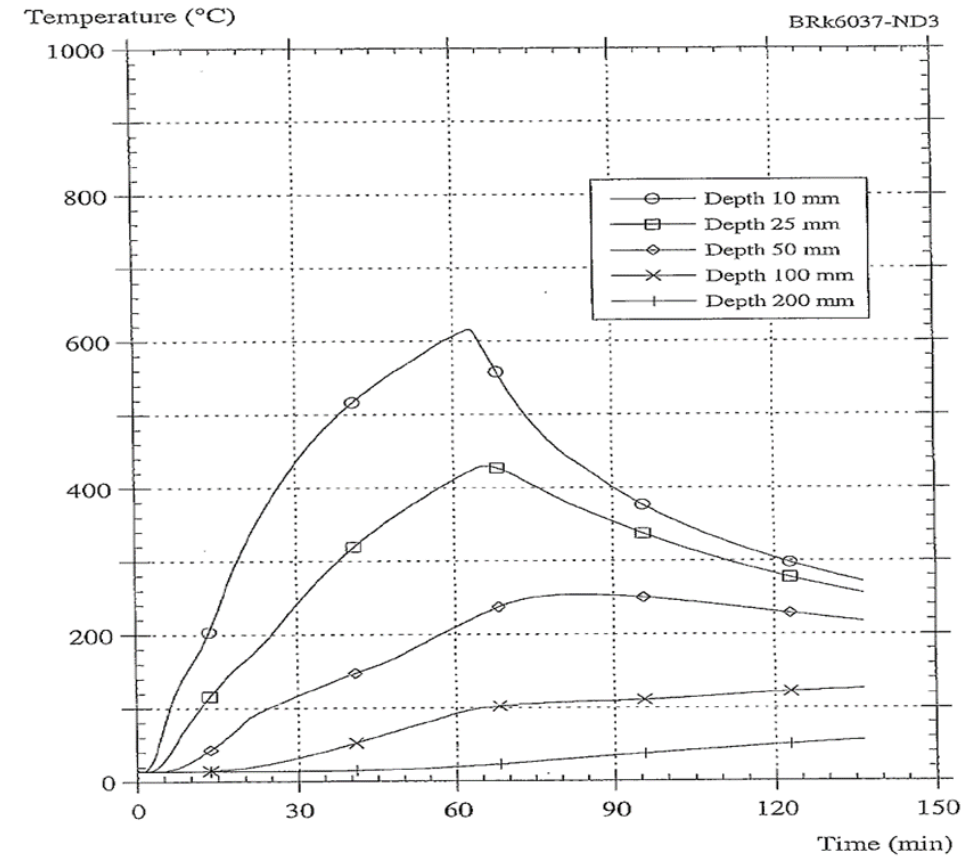
“Reference betonen”

- passiv miljøklasse
- sammensat af en mellem- til finkornet Portland cement
- tilslagsmaterialer bestående af bakkematerialer med et højt indhold af kalk og porøs flint
- høj kapillarporøsitet, svarende til et v/c-forhold på over 0,60
- ikke luftindblandet og karbonatiseringsdybden er relativ stor.



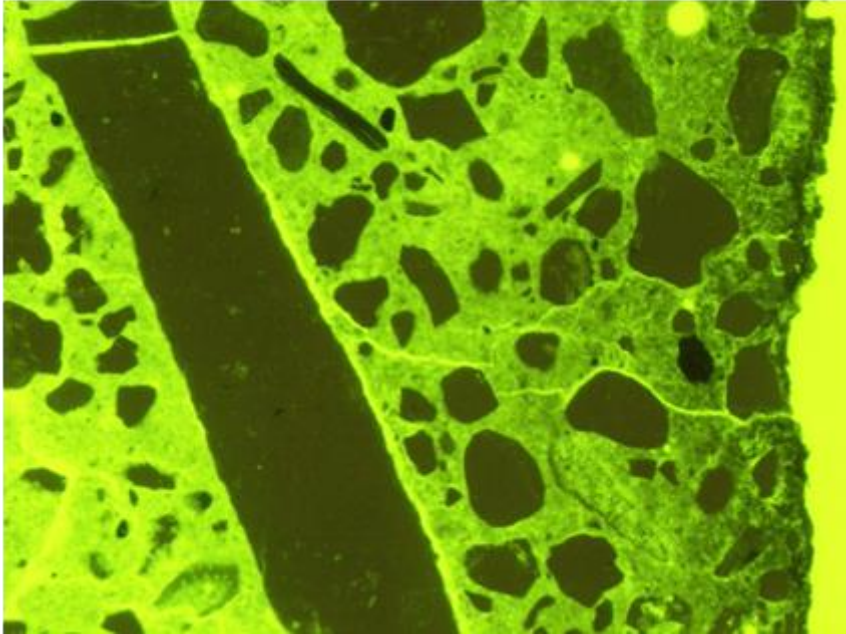
# BRANDSKADET BETON

Indikator	Beskrivelse	Temperaturinterval
Mikrorevner	Mikrorevner i cementpasta fremkaldt ved fordampning af porevand	105-150°C
Ettringit og monosulfat	Nedbrydning af ettringit ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ) og monosulfat ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )	150-200°C
Revner	Fine og evt. grove revner om sten og ud fra luftporer	150-250°C
Brunfarvning af flint	Visse flintvarieteter brunfarve	200°C
Kalcinering af flint	Omdannelse (kalcinering) af tæt flint med farveændring til hvid under udvikling af mikrorevner	400-450°C
Portlandit dekomponerer	Omdannelse af calciumhydroxid, Portlandit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) til calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) og vand ( $\text{H}_2\text{O}$ ) - Ved tilførsel af vand omdannes calciumoxiden til calciumhydroxid med meget finkornede krystaller uden extinction.	Ca. 450°C
$\alpha$ - og $\beta$ -kvarts	Omdannelse af $\alpha$ -kvarts til $\beta$ -kvarts. Dette sker under ekspansion. Processen er reversibel, men vil ved korn $> 2$ mm efterlade spor i form af revner i korn og omkringliggende cementpasta.	573°C
C-S-H gelen dekomponerer	Det kemiske bundne vand i cementpastaen vil fordampe og medføre en blivende ændring af kapillarporøsiteten.	150-700°C
Omdannelse af $\text{CaCO}_3$	Omdannelse af calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) til calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) og kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ). Ved tilførsel af vand omdannes calciumoxiden til calciumhydroxid under kraftig ekspansion, med revnedannelse og evt. afskalning til følge.	600-900°C

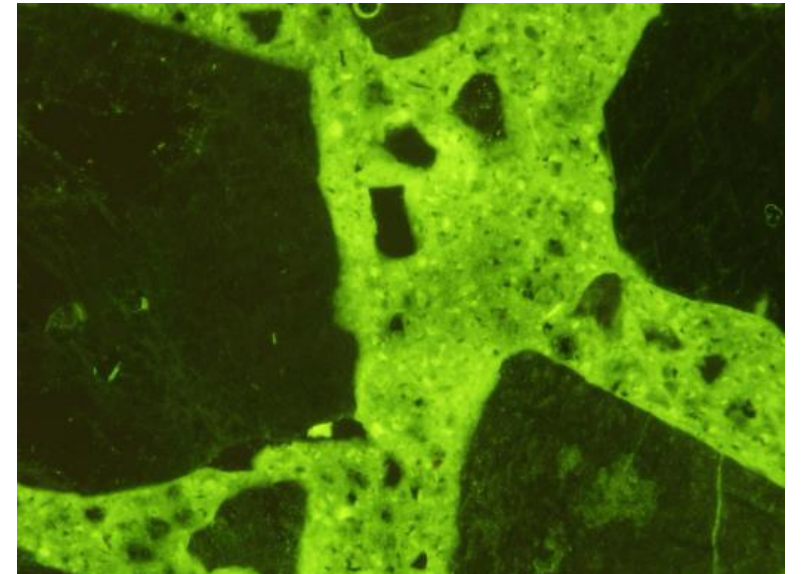


Middeltemperatur som funktion af dybde under brandeksponeret overflade og tid. 60 min brand herefter afkøling.

# BRANDSKADET BETON



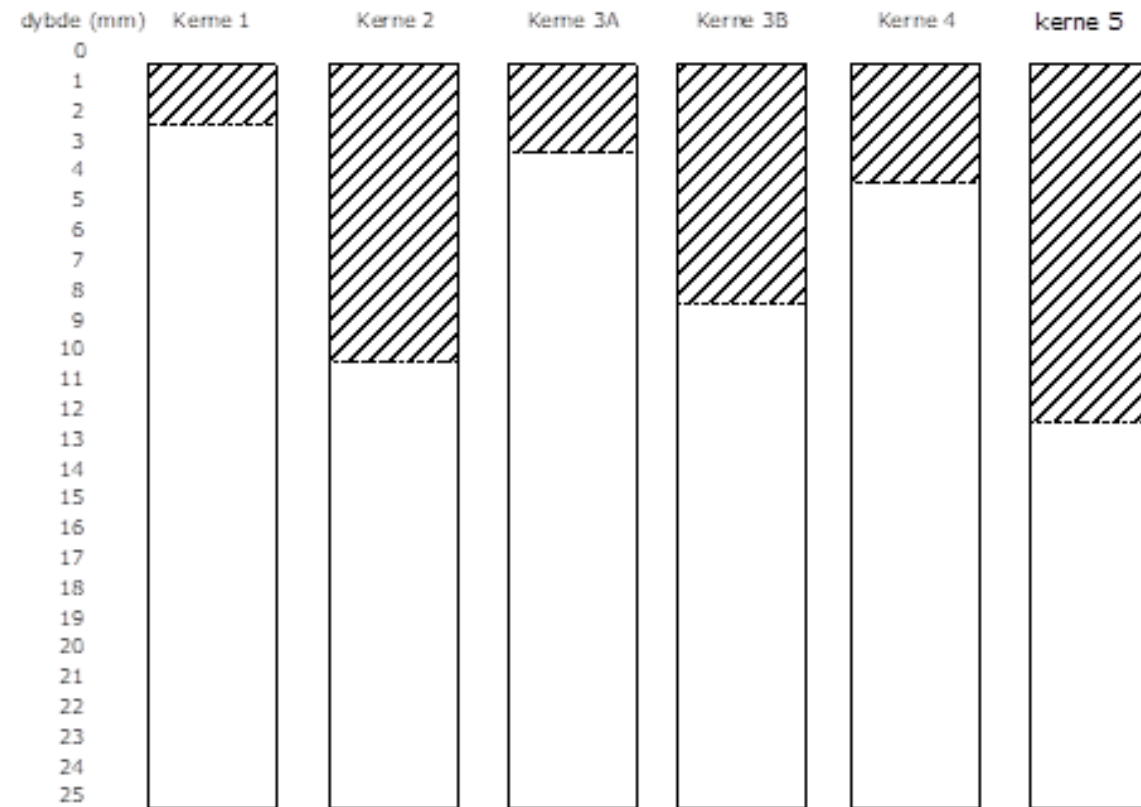
Dybde (mm)	Omdannelser	Temperaturinterval (skønnet)
0 - 12 *	Nogle fine og enkelt <u>grov</u> revnedannelser (revnevidde > 0,01 mm). Tegn på diffus karbonatisering.	< 573°C
> 12	Tilsyneladende intakt beton	Ingen tegn på omdannelser eller revneskader.



Reference, ingen brandpåvirkning

# BRANDSKADET BETON

Opsummeret, 5 borekerner, 6 tyndslib.



# BRANDSKADET BETON

Renoveringsstrategi blev udfra vurdering af skader i betonen (visuel registrering og prøver) planlagt:

- Udskiftning af betonbrystninger 8 th. og 9 th. inkl. udskiftning af betonbånd imellem 8 og 9 etage. Rep. Af hjørne.
- Udskiftning af loftbeklædning ved huldæk i 8 th.
- Udskiftning af Lecaisolering på altanvæg i 8 th.
- Reparation af revner indvendigt i 9 th.
- Gennemgang af indvendige vægge i nr. 9. th, når vægge er afrensede.
- Malerbehandling af brystninger 8. th, 9. th og 10. th.

(indvendige overfaldearbejder/reetablering er ikke medtaget)

# BRANDSKADET BETON

Hurtigst igangsætning af akutte tiltag såsom fjernelse af beton med risiko for at falde ned.

Efter fjernelse af inventar, fjernelsen af løst puds på væggene blev foretaget en ny registrering af evt. skjulte skader i betonkonstruktionen.



**TAK**

**RAMBOLL**