

### **Beregning af temperaturer i brandpåvirkede dæk og huldæk**

Hullerne i et huldæk virker isolerende i begyndelsen af branden, da de er luftfyldte. Derfor bliver underflangen mere varm i et huldæk, end hvis den var en del af et massivt dæk eksempelvis efter 30 minutters standardbrand.

Da strålingen over hullerne er proportional med fjerde potens af temperaturen på hullernes sider, vil strålingsbidraget til varmetransporten gennem hullerne stige drastisk med den stigende temperatur på hullernes indersider senere i brandforløbet. Derfor bliver underflangen mindre varm i et huldæk senere i branden eksempelvis efter 90 minutter af en standardbrand, end hvis den var en del af et massivt dæk. Til tiden 60 minutter af en standardbrand, hvor temperaturen er 255°C på en bundarmering med dæklagstykkelse 40 mm og 350°C i dybden 30 mm, er isotermerne vandrette, og disse temperaturer er praktisk taget de samme, som hvis dækket var udført uden huller (Poulsen og Schiermacher [1], samt mere udførligt beregnet af Meaouia [2]). Disse temperaturer er en smule mindre end maximumtemperaturerne 356°C i dybden 40 mm og 413°C i dybden 30 mm ved en fuldt udviklet brand med åbningsfaktor  $0.02 \text{ m}^{1/2}$  og brandbelastning  $200 \text{ MJ/m}^2$  omsluttende overflade, hvorfor det tilnærmet må være tilladeligt at regne dækket som massivt både for 60 minutters standardbrand og denne fuldt udviklede designbrand. Generelt må det for fuldt udviklede brandforløb være på den sikre side at regne dækkene massive, da underflange og armering generelt vil være koldere i huldæk end i massive dæk senere i brandforløbene, hvor maksimumtemperaturerne forekommer. I det følgende er foretaget beregninger efter principperne i Hertz [6] dvs. med finite differens metoder for beton med danske bakke- eller sø-materialer eller granittilslag.

Der beregnes temperaturer på armering i dybden 35 mm og 40 mm fra bunden af en plade påvirket af 60 minutters standardbrand med- og uden afkøling samt påvirket af fuldt udviklede brandforløb med brandbelastning  $200 \text{ MJ/m}^2$  og varierende åbningsfaktorer, hvor  $0.02 \text{ m}^{1/2}$  anbefales anvendt, hvis åbningsfaktoren ikke kendes.

Beregningen forudsætter, at tværsnittet forbliver intakt, og vinkelforhold mellem plade og brand er vurderet efter forholdene i en standardbrandprøvningsovn.

Hvis andre åbningsfaktorer anvendes skal man være opmærksom på at ændringer i ventilationsforhold såsom blanding af vinduer kan ændre værdien i bygningens levetid.

Standardbrandprøvningsforegår altid i standardbrandcellen.

Temperaturerne for de fuldt udviklede brande er beregnet for standardbrandcellen og for en brandcelle med omgivende væg og dæk i beton, hvor beregningen er udført med fiktive værdier for åbningsfaktorer og brandbelastninger fremkommet ved at multiplicere de aktuelle værdier med faktoren 0.85. jfr. Pettersson et. Al. [4].

<b>Brandforløb</b>	<b>Åbningsfaktor</b>	<b>T<sub>max</sub> 30 mm standard</b>	<b>T<sub>max</sub> 35 mm standard</b>	<b>T<sub>max</sub> 40 mm standard</b>	<b>T<sub>max</sub> 30 mm beton</b>	<b>T<sub>max</sub> 35 mm beton</b>	<b>T<sub>max</sub> 40 mm beton</b>
	m <sup>1/2</sup>	°C	°C	°C	°C	°C	°C
<b>200 MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>0,02</b>	<b>413</b>	<b>384</b>	<b>356</b>	387	360	334
200 MJ/m <sup>2</sup>	0,04	378	343	311	356	324	294
200 MJ/m <sup>2</sup>	0,06	346	310	277	<b>327</b>	<b>293</b>	262
200 MJ/m <sup>2</sup>	0,08	320	282	251	304	268	<b>239</b>
200 MJ/m <sup>2</sup>	0,12	280	244	212			
60 min. Standard Brand	(0,04)	350	302	255		-	-
60 min. St. Brand m. afkøling	(0,04)	464	427	393		-	-
120 min. St. Brand	(0,04)	528	477	427			

Det ses af tallene, at temperaturerne på armeringen for en 60 minutters standardbrand med afkøling altid vil være højere end ved en beregning for fuldt udviklet brand med brandbelastning 200 MJ/m<sup>2</sup>. Da begge brandforløb er med afkøling, vil en 60 minutter standardbrand med afkøling altid give større reduktion i bæreevnen af en betonkonstruktion, end en fuldt udviklet brand med brandbelastning 200 MJ/m<sup>2</sup>

Det ses endvidere, at hvis man kan forudsætte en betonbrandcelle med berøringstallet  $b = 1365 \text{ W s}^{1/2} / \text{m}^2 \text{C}$ , vil en 60 minutters standardbrand uden afkøling give større temperatur på armeringen, end maksimumtemperaturen for den fuldt udviklede brand, hvis åbningsfaktoren er mindst 0,06 m<sup>1/2</sup> for et dæklag på 30 og 35 mm til centerlinien og mindst 0,08 m<sup>1/2</sup> for 40 mm.

Da afkølingen ikke er medregnet, kan en evt. betonstyrke dog ikke sammenlignes ved den sidste betragtning.

I Jensen [5] er det ved forsøg eftervist, at et 265 mm huldæk kan overføre en forskydningskraft på 68.8 kN/m gennem kroppene ved 1 times standardbrand plus 1.5 times afkøling, hvor temperaturen på linerne bliver 393°C, altså ca. af samme størrelsesorden, som max temperaturerne ved det fuldt udviklede brandforløb. Denne forskydningsstyrke må antages at svare til det, man ville få ved den fuldt udviklede brand.

## Referencer

- [01] Poulsen, A.M, Schiermacher, I.: Temperaturanalyse ved hjælp af CAE/CAD. Afgangsprojekt DIA-B Efteråret 1987. 89p.
- [02] Meaouia, K.C.: Detaljer til brandpåvirkede betonkonstruktioner. Eksamensprojekt BYG.DTU. 2002.
- [03] Hertz, K.D.: Simple Temperature Calculations of Fire Exposed Concrete Constructions. Report No.159. Institute of Building Design, Technical University of Denmark. Lyngby 1981. 54p. CIB W14/81/13 (DK).
- [04] Pettersson, O. Magnusson, S-E. Thor, J.: Fire Engineering Design of Steel Structures. Staalbyggnadsinstitutet. Stockholm 1976.
- [05] Jensen, J.F.: Huldæk og brand – Dokumentation vedrørende forskydningskapacitet. Birch og Krogboe A/S. April 2005. 24p.
- [06] Hertz, K.D.: ConTemp Users Guide. Version 2006-11-20. November 2006. 18p.