

Martin Ankjer Pauner

**Alternative isoleringsmaterialer i  
Single Burning Item test og Small Flame test  
Fase 3**

**Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut  
December 2002**

## FORORD

Nærværende rapport omhandler fase 3 af projektet "Alternative isoleringsmaterialer i Single Burning Item test og Small Flame test".

Fase 3 af projektet er udført af Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut i perioden 1. oktober til 1. december 2002, og er finansieret af Energistyrelsens udviklingsprogram for miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering.

## INDHOLDSFORTEGNELSE

Baggrund	side 3
Formål	side 3
Sammenfatning af resultater	side 3-5
Polystyren produkterne	side 4-5
Høruld og papiruld produkterne	side 5-5
Flammespredningsmodellen	side 5-7
Konklusion	side 7-9
Litteratur	side 9
Bilag 1	Korrelation mellem $FIGRA_{0,4MJ}$ og $FIGRA_{cc}$ værdier
Bilag 2-5	Varmeudviklingskurver og kurver for varmeudvikling pr. tidsenhed

## BAGGRUND

I fase 2 af projektet ” Alternative isoleringsmaterialer i Single Burning Item test og Small Flame test” klassificerede DBI 10 forskellige alternative isoleringsprodukter ud fra SBI test og Small Flame test. De 8 af produkterne blev i 1998 testet efter ISO 5660 (Cone Calorimeter test), som beskrevet i DBI’s projektrapport ”Alternative Isoleringsmaterialer – Sammenligning af isoleringsmaterialers brandtekniske egenskaber”, benævnt 1998-rapporten i denne rapport.

## FORMÅL

Formålet med denne fase af projektet ”Alternative isoleringsmaterialer i Single Burning Item test og Small Flame test” er at sammenligne resultaterne fra 1998 med dem fra 2002 og herudfra forsøge at finde sammenhænge mellem de to prøvningsmetoder. At sammenligne resultater på produkter, som ikke har samme batchnummer, er problematisk, men at sammenligne produkter med et tidsinterval på 4 år (som i dette tilfælde) er endog meget usikkert. Det er dog, på trods heraf, forsøgt gjort i denne rapport. Derudover er der anvendt en model for flammespredningen i SBI’en, som på en simpel måde kan omregne HRR data fra Cone Calorimeter tests til  $FIGRA_{0,4MJ}$  værdier [1].

## SAMMENFATNING AF RESULTATER

I 1998-rapporten blev produkterne prøvet ved 3 strålingsniveauer: 25 kW/m<sup>2</sup>, 35 kW/m<sup>2</sup> og 50 kW/m<sup>2</sup>. Det antages normalt, at SBI prøvelegemer eksponeres for et strålingsniveau på ca. 40 kW/m<sup>2</sup> [1]. Det er valgt at lægge vægt på forholdet mellem  $FIGRA_{cc}$  fra Cone Calorimeteret og  $FIGRA_{0,4MJ}$  fra SBI testen. I 1998-rapporten var produkterne benævnt materialer, men benævnes i denne rapport som produkter.

Måleresultaterne for strålingsniveauet 50 kW/m<sup>2</sup>, 1998-rapporten’s tabel 4, er vist i tabel 1. Derudover er medtaget  $FIGRA_{cc}$  værdierne for strålingsniveauerne 25 og 35 kW/m<sup>2</sup> (fra tabel 2 og tabel 3 i 1998-rapporten). 20 produkter blev testet dengang, men i denne rapport vises kun resultaterne for produkterne 3, 10, 11, 12, 14, 15, 19 og 20, som skulle være identiske med de produkter, med samme nummerering, som blev prøvet i fase 2. Derudover er tabellen modificeret ved at opdele efter produktgrupperne løsuld og polystyren. Endvidere er  $FIGRA_{cc}$  parameteren ændret således, at den er bedre sammenlignelig med FIGRA parametrene fra EN 13823 (SBI testen).

Tabel 2 viser resultaterne fra fase 2 rapporten.

Produkt		T <sub>ign</sub> (s)	THR (MJ/m <sup>2</sup> )	HRR <sub>max</sub> (kW/m <sup>2</sup> )	TSP (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	SPR <sub>max</sub> (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> /s)	FIGRA <sub>cc</sub> (25 kW/m <sup>2</sup> ) (W/m <sup>2</sup> /s)	FIGRA <sub>cc</sub> (35 kW/m <sup>2</sup> ) (W/m <sup>2</sup> /s)	FIGRA <sub>cc</sub> (50 kW/m <sup>2</sup> ) (W/m <sup>2</sup> /s)
Løsuld produkter	10	2,5	32,20	132,0	8,00	0,70	3360	5160	7780
	11	4,5	22,85	111,0	12,65	1,00	2550	4530	8140
	12	3,0	31,55	116,5	36,20	0,65	3080	4610	8330
	14	4,0	23,55	143,0	20,70	1,10	4570	7410	11060
	15	3,0	18,75	130,0	85,55	3,35	5170	6900	10830
Polystyren produkter									
	3	34,0	21,05	573,0	1112,9	29,15	2250	4170	8820
	19	33,5	28,65	566,0	1580,8	31,90	1780	4770	8850
	20	40,5	49,30	665,5	2700,6	34,55	2160	4090	7320

Tabel 1 Resultater fra Cone Calorimeter tests (1998)

Produkt		THR <sub>600</sub> [MJ]	TSP <sub>600</sub> [m <sup>2</sup> ]	SMOGRA [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	FIGRA <sub>0,2MJ</sub> [W/s]	FIGRA <sub>0,4MJ</sub> [W/s]
Løsuld produkter	10	5,9	27,7	0,4	681	419
	11	8,6	150	11,7	1599	1346
	12	6,4	178	15	1060	731
	14	11	93,2	12	3046	2459
	15	20,1	162	27,7	1802	1328
Polystyren produkter						
	3	>300	>2000	700	8473	8473
	19	131	670	169	1797	1797
	20	115	773	184	1402	1402

Tabel 2 Resultater fra SBI tests (2002)

## POLYSTYREN PRODUKTERNE

Der er væsentlige forskelle i de to rapporters konklusioner for polystyren produkterne.

I 1998-rapporten konkluderes det, at der var ingen forskel på brandhæmmet og ikke-brandhæmmet EPS (produkterne 19 og 3) mht. tid til antændelse, maksimal varmeafgivelseshastighed, maksimal røgudviklingshastighed og FIGRA<sub>cc</sub>.

Dette stemmer ikke overens med SBI resultaterne i fase 2. Produkt 3, ikke-brandhæmmet EPS, er markant dårligere end bromeret EPS mht. røg- og varmeudvikling. Dette ses også, hvis man sammenstiller tabel 1 og tabel 2. Produkt 3 giver fire gange højere værdier på parametrene FIGRA<sub>0,2MJ</sub>, FIGRA<sub>0,4MJ</sub>, SMOGRA, og med al sandsynlighed også på parametrene TSP og THR. Alt tyder på, at produkt 3 i 1998-rapporten har været brandhæmmet, da det opfører sig ligesom det brandhæmmede EPS-produkt, produkt 19.

I 1998-rapporten forklares den lange antændelsestid for produkterne 3, 19 og 20 med, at produktet først smelter, hvilket indebærer at produktets overflade synker, og den øgede afstand mellem overflade og tændrør bevirker, at strålingsniveauet falder med ca. 10 %. Derudover vil den større afstand mellem tændrøret og prøvelegemet påvirke koncentrationen af de brændbare gasser ved tændrøret. Dette kan medføre en forøget tid til antændelse.

Denne iagttagelse og forklaring har en pendant til SBI testen, idet produkterne 19 og 20 ved flammepåvirkning smelter væk fra flammen, resulterende i en større relativ sænkning af strålingsniveauet mellem smelten og gasflammen, end i ovennævnte tilfælde. I dette tilfælde antændes smelten pga., at den bagved liggende spånplade antændes.

## HØRULD OG PAPIRULD PRODUKTERNE

På bilag 1 er vist forholdet mellem  $FIGRA_{0,4MJ}$  og  $FIGRA_{cc}$  værdien for strålingsniveauerne 25, 35 og 50 kW/m<sup>2</sup>. Målepunkterne på graferne i bilag 1 er vist med fejllinjer, som angiver den relative afvigelse ( $s_r/m$ ) på  $FIGRA_{0,4MJ}$  for de enkelte produkter. Som det ses, er der kun en svag korrelation mellem ovennævnte parametre. Dette skyldes for det første, at papiruld med 18 % borsalte klarede sig overraskende meget bedre i SBI testene end papiruld med 25 % borsalte i SBI testene. Desuden klarede produkt 10 sig bedre end Cone Calorimeter testene viste. Det kan ikke udelukkes, at den svage korrelation mellem  $FIGRA_{0,4MJ}$  og  $FIGRA_{cc}$  skyldes prøvningsmetodernes forskellighed, men størsteparten må nok siges at være de ændringer, som produkterne normalt gennemgår i en periode på 4 år.

## FLAMMESPREDNINGSMODELLEN

Da der ikke er fundet nogen tilfredsstillende sammenhæng mellem SBI og Cone Calorimeter parametrene, er der i det følgende udført en omskrivning af HRR dataene fra Cone Calorimeter til enhedstro SBI parametre. Der er anvendt en model, der ud fra antagelser om arealtilvæksten af flammespredningen i SBI'en kan forudsige  $FIGRA_{0,4MJ}$  værdier via HRR dataene fra Cone Calorimetret [1].

I modellen antages det, at arealet A for flammespredning i SBI'en vokser på følgende måde:

$$A(t) = A_{\max} \cdot \left[ 1 - \left( 1 + \frac{t - t_{ign}}{2} \right) \cdot e^{\left( \frac{t - t_{ign}}{t_{ign}} \right)} \right], \quad A(t) = 0 \text{ for } t \leq \frac{t_{ign}}{2}$$

$t_{ign}$  er tid til antændelse i Cone Calorimeteret ved 40 kW/m<sup>2</sup>.

$A_{\max}$ , som er det maksimale areal for flammespredning, skønnes normalt efter hvor hurtigt  $t_{ign}$  indtræder og ved almindeligt kendskab til flammespredning for materialer. I dette tilfælde kendes flammespredningen fra fase 2 ved observationer og billeder. Følgende værdier er fastsat således, at  $A_{\max}$  ikke er det totale areal for flammespredning efter fuld 20 minutters SBI prøvning, men beskriver det flammespredningsareal, som er opstået lige efter  $FIGRA_{0,4MJ}$

måles. Så selv om produkt 14 i princippet overfladebrænder ud til kanten af den lange vinge, er det lang tid efter at  $FIGRA_{0,4MJ}$  måles. På baggrund heraf er  $A_{max}$  værdierne fastsat som følger:

For produkterne 10 og 12:

$$A_{max} = 0,375 \text{ m}^2$$

Det er arealet af trekanten bag brænderen med grundlinjen på 0,5 m og højden på 1,5 m



For produkterne 11 og 15:

$$A_{max} = 0,56 \text{ m}^2$$

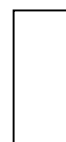
Det er arealet af de trapezet bag brænderen med højden 1,5 m og med lille og stor grundlinje, hhv. 0,25 m og 0,125 m



For produkt 14:

$$A_{max} = 0,75 \text{ m}^2$$

Rektanglet bag brænderen med bredden 0,5 m og højden 1,5 m



For produkterne 19 og 20:

$$A_{max} = 1,50 \text{ m}^2$$

Rektanglet bag brænderen med bredden 1,0 m og højden 1,5 m



For produkt 3

$$A_{max} = 2,25 \text{ m}^2$$

Hele arealet af SBI prøvelegemet.



Det antages i modellen, at tid til antændelse i SBI er det halve af  $t_{ign}$ .

Den beregnede varmeudviklingshastighed  $q'(t)$  kan findes ved følgende funktion:

$$q'(t) = A(t) \cdot HRR_{cc}(t)$$

Den beregnede totale varmeudvikling  $q(t)$  kan findes ved integration af  $q'(t)$ :

$$q(t) = \int A(t) \cdot HRR_{cc}(t) dt$$

Den beregnede varmeudviklingshastighed pr. tidsenhed  $q''(t)$  kan findes ved følgende funktion:

$$q''(t) = \frac{dA}{dt} A(t) \cdot HRR_{cc}(t), \text{ i tilfældet når } q(t) > 0,4MJ \text{ og } q'(t) > 3kW$$

Den beregnede  $FIGRA_{0,4MJ} = \text{maksimum af } q''(t)$ .

Arealtilvæksthastigheden kan findes ved differentiering af A(t):

$$\frac{dA}{dt} A(t) = A_{\max} \cdot \left[ -\frac{e^{-\frac{(t-t_{ign})}{t_{ign}}}}}{t_{ign}} + \frac{\left[ 1 + \frac{(t-t_{ign})}{t_{ign}} \right]}{t_{ign}} \cdot e^{-\frac{(t-t_{ign})}{t_{ign}}}}{t_{ign}} \right], \frac{dA}{dt} A(t) = 0 \text{ for } t \leq \frac{t_{ign}}{2}$$

For produkterne 10, 11, 12, 14 og 15 er  $t_{ign}$  og HRR data for 35 kW/m<sup>2</sup> anvendt og korrigeret på følgende måde:

$$t_{ign40} = t_{ign35} \cdot \frac{35}{40}$$

$$HRR_{40} = HRR_{35} \cdot \sqrt{\frac{40}{35}}$$

For produkterne 3, 19 og 20 er  $t_{ign}$  og HRR data for 50 kW/m<sup>2</sup> anvendt og korrigeret på følgende måde (dette valgt pga., at der er tydelige tegn på fejl i  $t_{ign}$  dataene for produkterne 19 og 20 ved 35 kW/m<sup>2</sup> strålingsniveau):

$$t_{ign40} = t_{ign50} \cdot \frac{50}{40}$$

$$HRR_{40} = HRR_{50} \cdot \sqrt{\frac{40}{50}}$$

## KONKLUSION

Af tabel 3 ses de beregnede FIGRA<sub>0,4MJ</sub> værdier overfor de målte FIGRA<sub>0,4MJ</sub> værdier.

Produkt	FIGRA <sub>0,4MJ</sub>	Klasse	Beregnet FIGRA <sub>0,4MJ</sub>	Beregnet klasse
3	8473	F	9570	≤ E
10	419	D	570	D
11	1346	E	593	D
12	731	D	308	D
14	2459	E	3903	≤ E
15	1328	F	2731	≤ E
19	1797	E	6185	≤ E
20	1402	E	6387	≤ E

Tabel 3 Beregnede FIGRA<sub>0,4MJ</sub> værdier udfra flammespredningsmodellen

I venstre side i bilagene 2-5 er afbildet de to midlede kurver for varmeudvikling pr. tidsenhed: Den beregnede  $q''(t)$  og den aktuelle HRR pr. tidsenhed for produkterne 3, 10, 11, 12, 14, 15, 19 og 20.

I højre side i samme bilag er de to midlede kurver for varmeudvikling vist: Den beregnede  $q'(t)$  og den aktuelle HRR for produkterne 3, 10, 11, 12, 14, 15, 19 og 20.

### **Produkt 3**

Selv om der i denne rapport er blevet rejst tvivl om, hvor ens produkt 3 er i de to projekter, giver modellen og parametrene i modellen meget fin overensstemmelse mellem den beregnede  $q''(t)$  kurve og den midlede kurve for HRR pr. tidsenhed. Til gengæld viser det modsat, at den beregnede  $q'(t)$  kurve tydeligvis slet ikke er oppe på samme niveau som den aktuelle HRR kurve.

### **Produkt 10**

Her er både den beregnede  $q''(t)$  og  $q'(t)$  væsentlig større (ca. 2 gange) end hhv. HRR pr. tidsenhed og HRR. Det ser ud til, at produkt 10 i fase 2 er bedre brandhæmmet end produkt 10 var i 1998.

### **Produkt 11**

Modellen viser sig lidt for optimistisk mht.  $FIGRA_{0,4MJ}$ . Dette skyldes, at  $q'(t)$  indtræder senere end HRR. Ellers er der en fin overensstemmelse mellem  $q'(t)$  og HRR.

### **Produkt 12**

Modellen viser sig lidt for optimistisk mht.  $FIGRA_{0,4MJ}$ . Dette skyldes, at  $q'(t)$  indtræder senere end HRR. Ellers er der en fin overensstemmelse mellem  $q'(t)$  og HRR.

### **Produkt 14**

Den beregnede  $FIGRA_{0,4MJ}$  er næsten dobbelt så stor som den målte  $FIGRA_{0,4MJ}$ , og det samme forhold gælder for maksimum af  $q'(t)$  og maksimum af HRR.

### **Produkt 15**

Den beregnede  $FIGRA_{0,4MJ}$  er dobbelt så stor som den målte  $FIGRA_{0,4MJ}$ . På grafen med HRR og  $q'(t)$  kurverne kan effekten af spånpladen tydeligt ses.

### **Produkterne 19 og 20**

Det er tydeligt, at modellen ikke passer til disse produkter. Maksima for  $q'(t)$  og  $q''(t)$  optræder ca. 100 sekunder før maksima for HRR og HRR pr. tidsenhed, og derfor er de beregnede  $FIGRA_{0,4MJ}$  værdier alt for store. Derudover ved vi, at spånpladen har en stor indflydelse på, at HRR og HRR pr. tidsenhed bliver så store, som de gør. I tilfældet for disse produkter kan modellen ikke bruges, ikke så meget pga. modellen selv, men fordi betingelserne under de to prøvningsformer er så forskellige, at smelten kan 'undslippe' i SBI mens den ikke kan i Cone Calorimeteret.



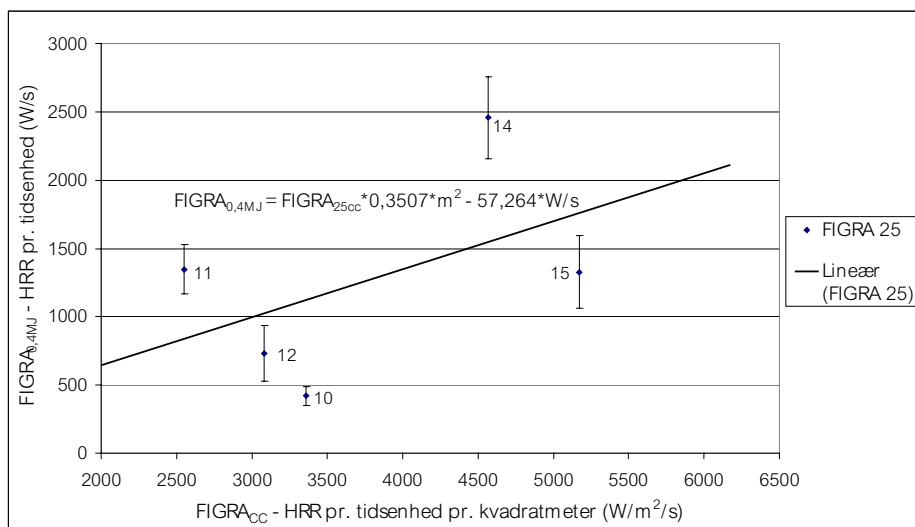
## SAMMENFATTENDE

Flammespredningsmodellen er i denne rapport er anvendt på en anden (mere udvidet) måde, end man normalt ville anvende den, i og med at flammespredningen er kendt for de enkelte produkter fra SBI prøvningerne og dermed er valgt iberegnet i modellen. Til trods for dette er ikke alle modelleringer lige heldige. Som nævnt gav modellering af Cone Calorimeter data for produkt 19 og 20 store afvigelser fra de målte HRR værdier. I tilfældet med ovennævnte produkter kan modellen tilpasses således, at parameteren - tid til antændelse i SBI - er det dobbelte af  $t_{ign}$  i stedet for det halve, da antændelsen af disse produkter jo rent faktisk sker senere i SBI'en end i Cone Calorimeteret. For produkterne 10, 11, 12, 14 og 15 passer modellen mere eller mindre godt på de målte værdier. Omvendt af produkt 19 og 20 ville en fastsættelse af parameteren - tid til antændelse i SBI – til mindre end det halve af  $t_{ign}$  være mere rimelig. Til forsvar for modellen kan det ikke udelukkes, som før nævnt, at nogle af produkterne har ændret sig på de fire år. Produkterne 3, 10 og 11 virker forandrede i forhold til 1998.

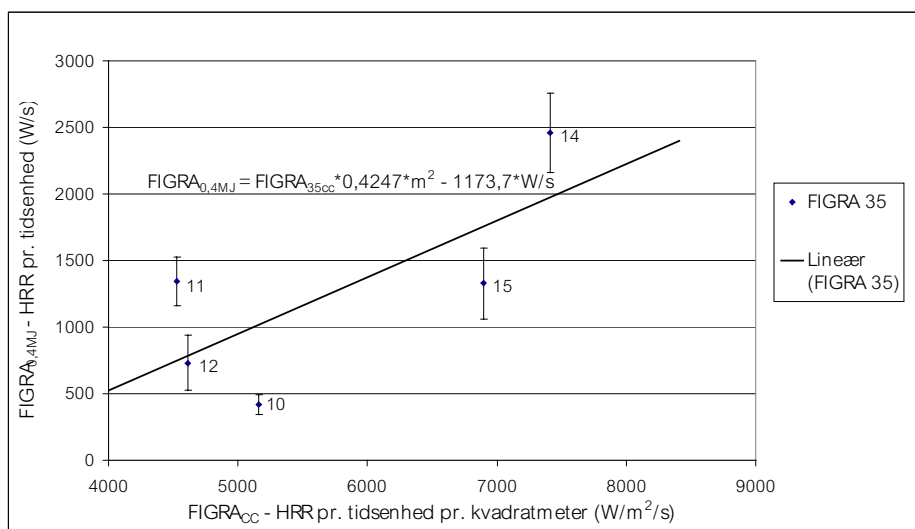
## LITTERATUR

- [1] Prediction of SBI (Single Burning Item) test results by means of Cone Calorimeter test results.  
Messerschmidt B;van Hees P;Wickström U  
Interflam '99 : 8th international fire science & engineering conference, Edinburgh,  
Scotland, 29 June - 1 July 1999, p. 11-22

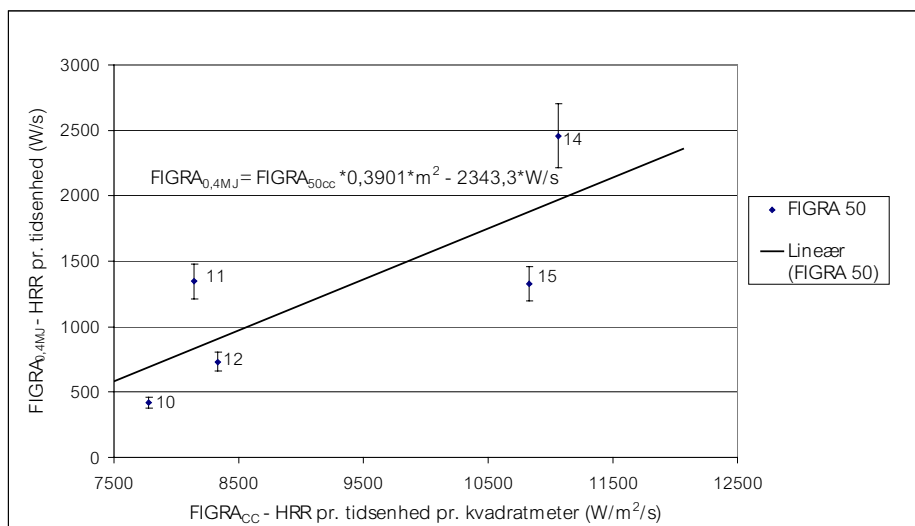
Relation mellem  $FIGRA_{0,4MJ}$  og  $FIGRA_{cc}$  værdien for strålningsniveauet  $25 \text{ kW/m}^2$  for produkterne 10, 11, 12, 14 og 15. Fejllinjer viser den relative afvigelse ( $s_r/m$ ) på  $FIGRA_{0,4MJ}$  for produkterne.



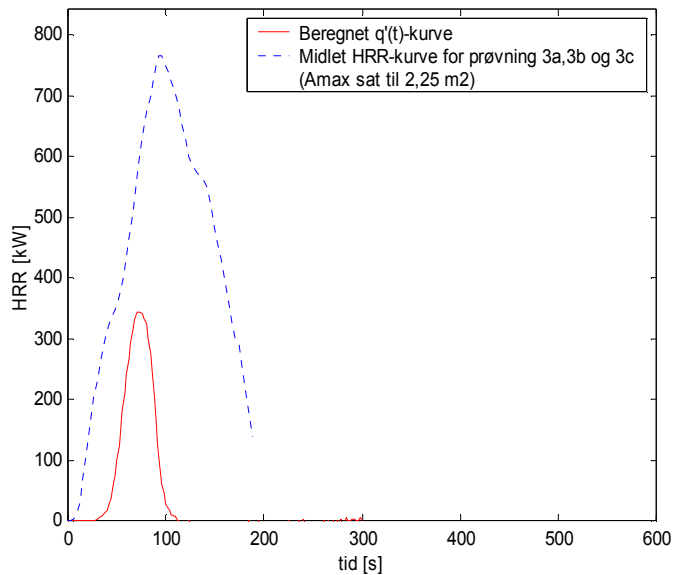
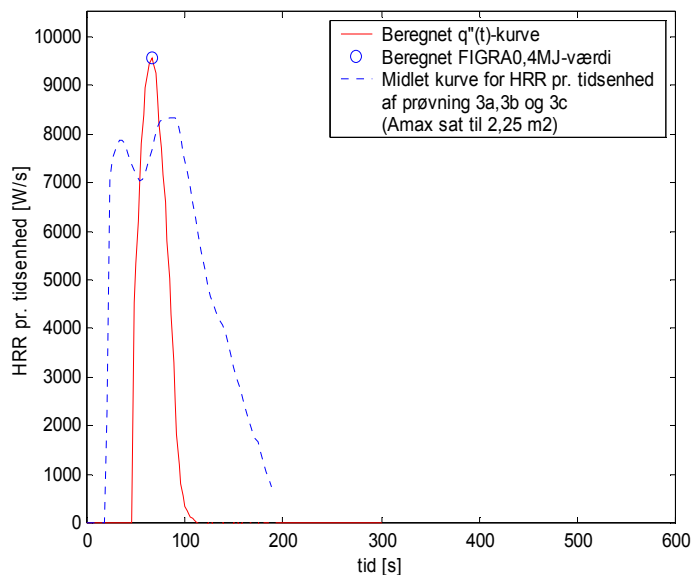
Relation mellem  $FIGRA_{0,4MJ}$  og  $FIGRA_{cc}$  værdien for strålningsniveauet  $35 \text{ kW/m}^2$  for produkterne 10, 11, 12, 14 og 15. Fejllinjer viser den relative afvigelse ( $s_r/m$ ) på  $FIGRA_{0,4MJ}$  for produkterne.



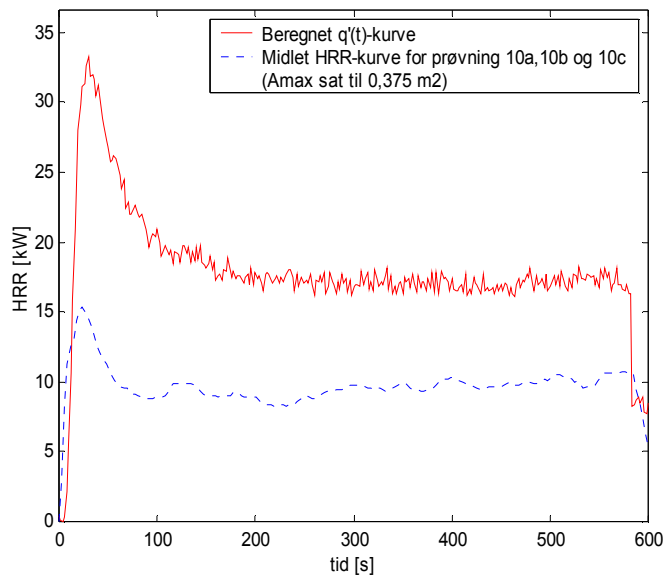
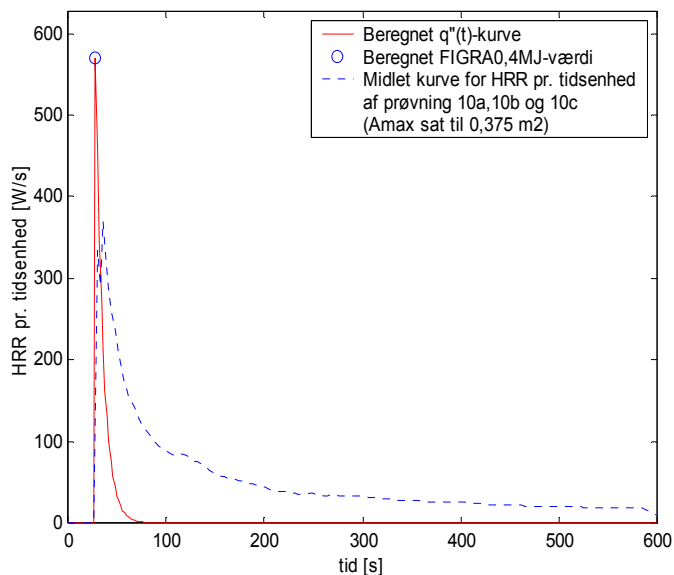
Relation mellem  $FIGRA_{0,4MJ}$  og  $FIGRA_{cc}$  værdien for strålningsniveauet  $50 \text{ kW/m}^2$  for produkterne 10, 11, 12, 14 og 15. Fejllinjer viser den relative afvigelse ( $s_r/m$ ) på  $FIGRA_{0,4MJ}$  for produkterne.



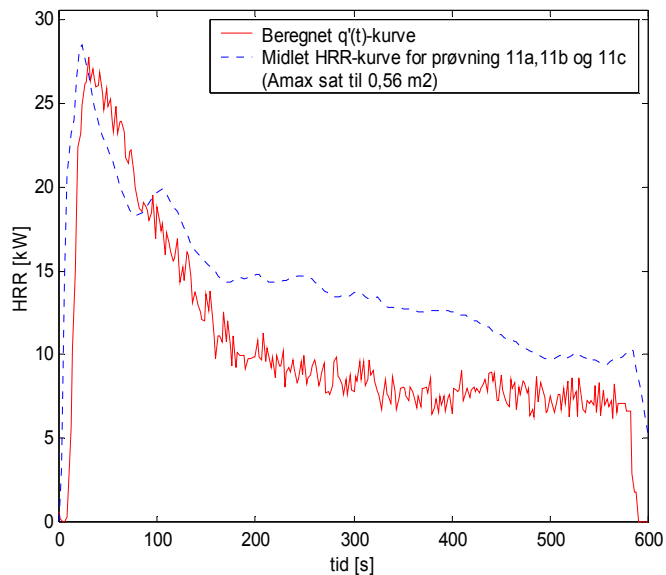
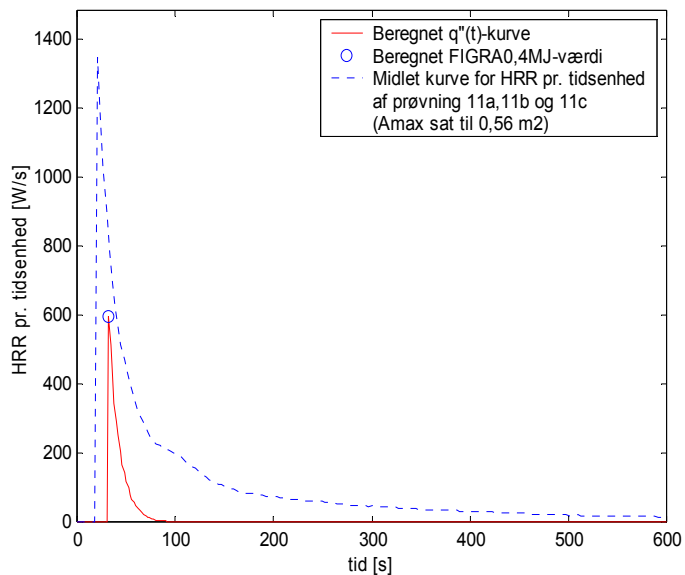
### PRODUKT 3



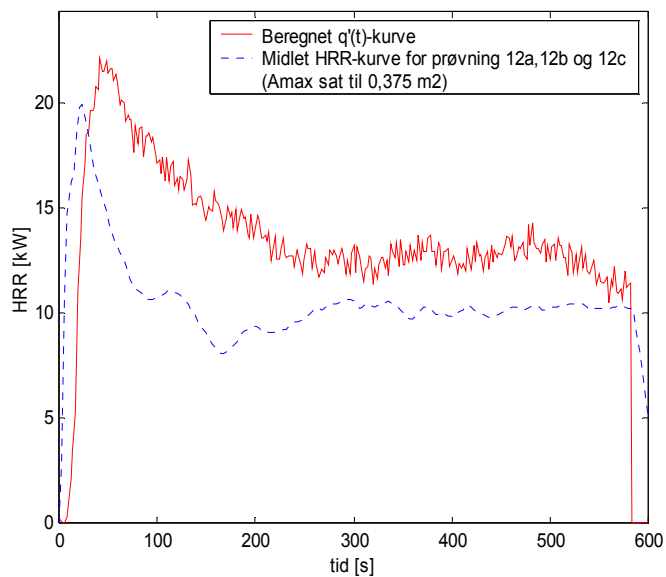
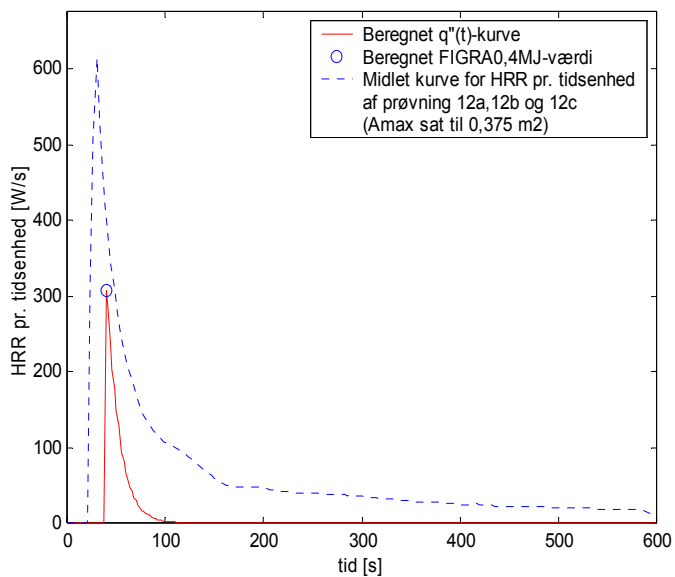
### PRODUKT 10



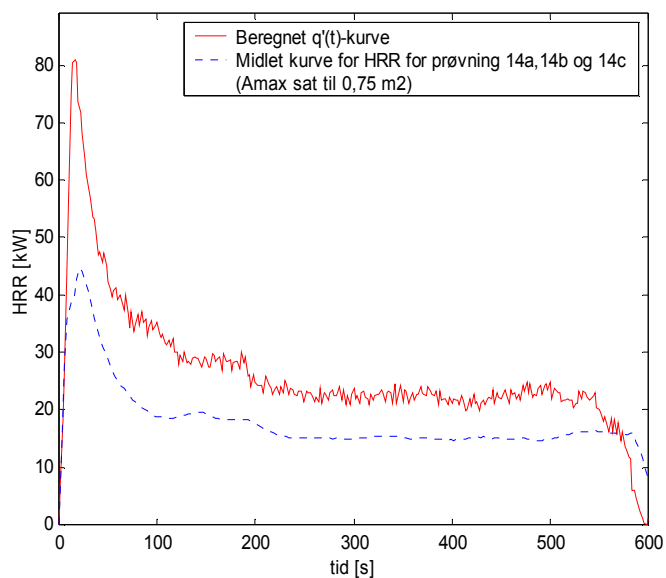
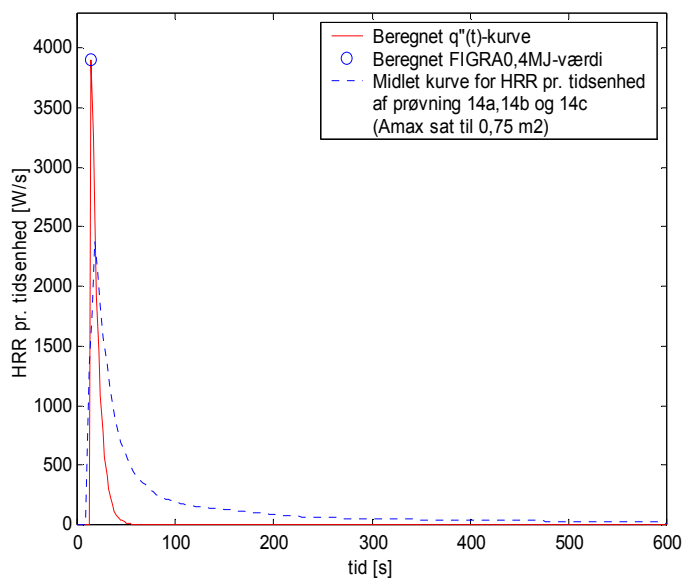
### PRODUKT 11



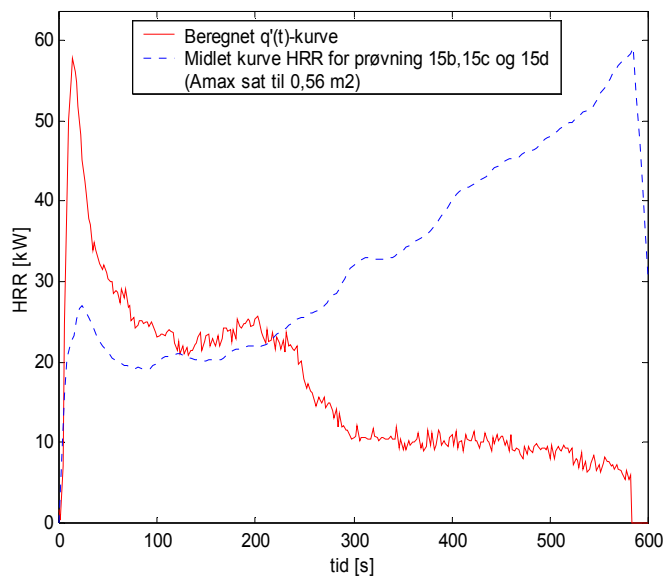
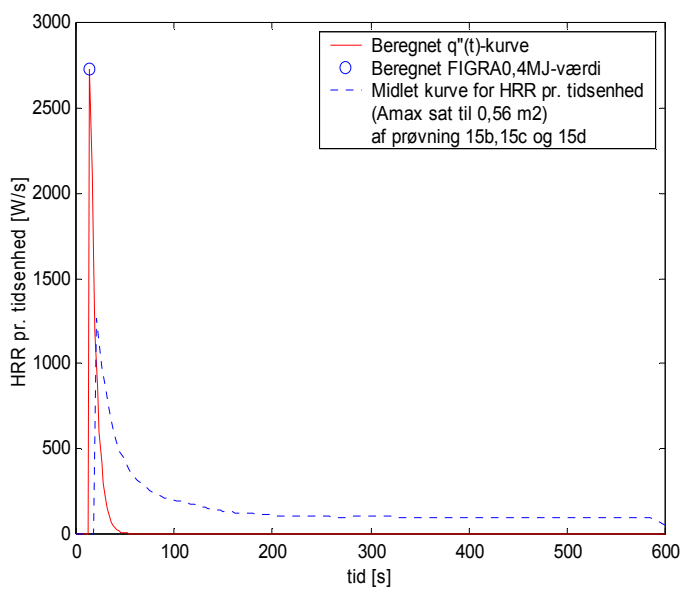
### PRODUKT 12



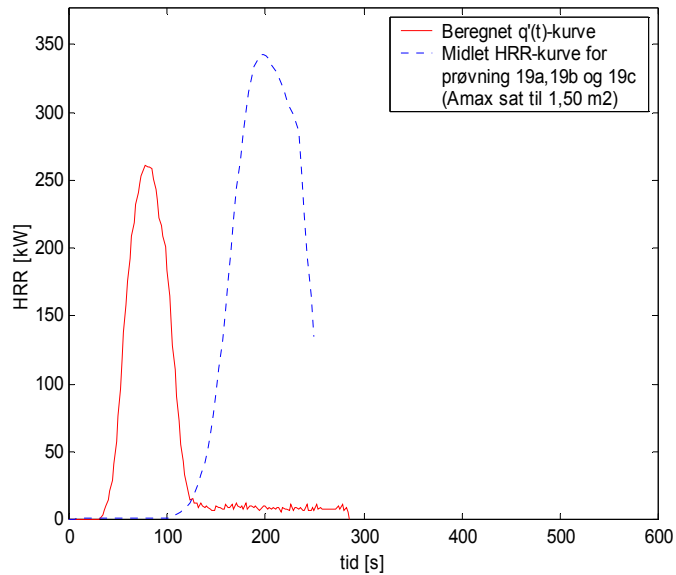
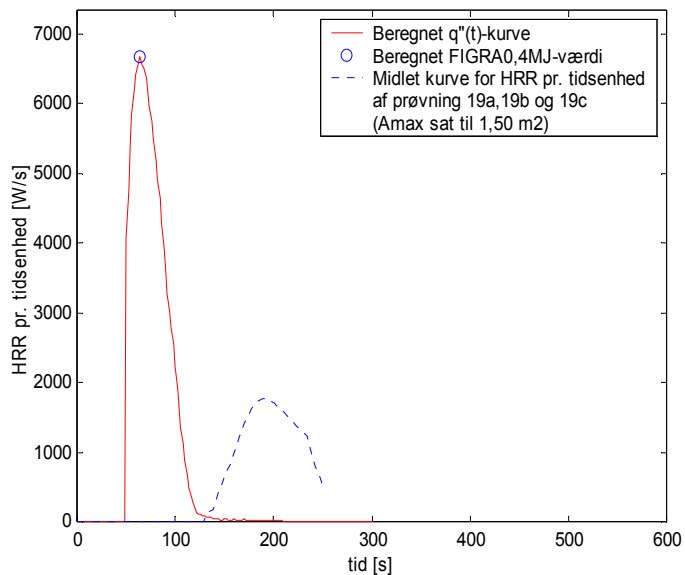
### PRODUKT 14



### PRODUKT 15



### PRODUKT 19



### PRODUKT 20

