

NGU Rapport 2008.081

Bromerte flammehemmere i  
isolasjonsmaterialer

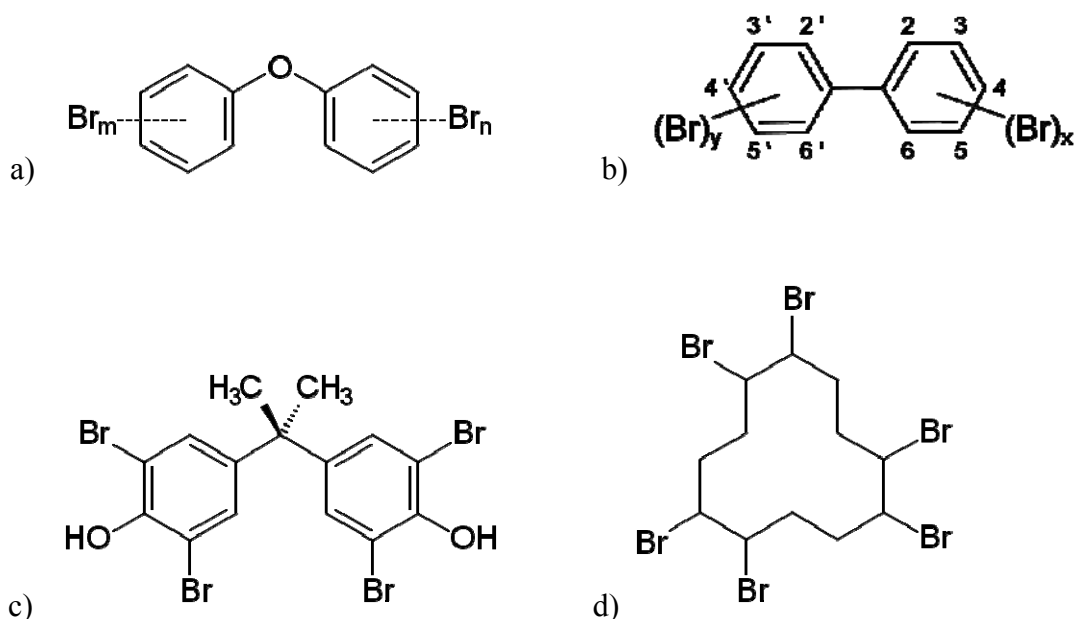
Rapport nr.: 2008.081		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Bromerte flammehemmere i isolasjonsmaterialer			
Forfatter: Ola A. Eggen og Rolf Tore Ottesen		Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 29 Kartbilag:	Pris: kr. 210
Feltarbeid utført: juni 2008	Rapportdato:	Prosjektnr.: 296000	Ansvarlig: <i>Malin Jacobsen</i>
<p>Sammendrag: Norges geologiske undersøkelse (NGU) har bestemt innholdet av bromerte flammehemmere fra ulike isolasjonsmaterialer i 50 prøver. Prøvene er samlet fra ulike typer bygg (boligblokker, kontorbygg, næringsbygg og skolebygg), og prøvematerialet er representert med ulike typer isolasjonsmaterialer (som cellegummi, glassull, fuge og annen isolasjon).</p> <p>Undersøkelsen viser at:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Av de bromerte flammehemmere som er påvist i dette prøvematerialet, er det klart at det i størst grad er påvist i cellegummi.</li> <li>• Det er de forbindelsene med høyest bromeringsgrad som også har de høyeste konsentrasjonsnivåene i materialet.</li> <li>• 32 % av prøvene har nivåer av BFH som overstiger grensen for farlig avfall på 0,25 vektprosent.</li> </ul>			
Emneord:	Bromerte flammehemmere	Isolasjonsmaterialer	
Bygg			

# INNHold

<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
1.1 BRUKSOMRÅDER AV BFH .....	4
1.2 BFH I MILJØET .....	5
1.3 BFH I LOVVERKET .....	5
1.4 MÅL FOR UNDERSØKELSEN .....	5
<b>2. METODE</b> .....	<b>6</b>
2.1 PRØVETAKING .....	6
2.2 KJEMISK ANALYSE .....	8
<b>3. RESULTATER OG KOMMENTARER</b> .....	<b>9</b>
3.1 NIVÅER AV BFH I HELE PRØVEMATERIALET .....	9
3.1.1 PBDE .....	11
3.1.2 PBB .....	12
3.1.3 TBBPA og HBCD .....	13
3.2 FORDELING AV BFH I ULIKE ISOLASJONSMATERIALER .....	14
3.3 FORDELING AV BFH I ULIKE TYPER BYGG .....	15
3.4 FORDELING AV BFH I ULIKE BYER .....	16
3.5 FORDELING AV BFH ETTER BYGGEÅR .....	18
3.6 KORRELASJON MELLOM BÆRBAR XRF OG LABORATORIEANALYSER .....	18
3.7 VURDERING AV DE KJEMISKE ANALYSENE .....	19
<b>4. OPPSUMMERING</b> .....	<b>20</b>
<b>REFERANSER</b> .....	<b>21</b>
<b>VEDLEGG 1 BOKSPLOTT</b> .....	<b>22</b>
<b>VEDLEGG 2 KUMULATIVE FREKVENSFORDELINGSKURVER</b> .....	<b>28</b>

## 1. INNLEDNING

For å begrense antallet og omfanget av branner tilsettes i dag såkalte flammehemmere til en rekke produkter. Det finnes flere typer flammehemmere, men de mest benyttede er de bromerte flammehemmerne (BFH). Bromerte flammehemmerforbindelser er betegnelsen på en gruppe organiske halogenforbindelser som inneholder brom. Det finnes rundt 70 ulike BFH-forbindelser med vidt spenn i kjemiske egenskaper, og alle er fremstilt ved syntetisk kjemi. Viktige BFH er polybromerte difenyletere (PBDE) (Figur 1a), polybromerte bifenyler (PBB) (Figur 1b), tetrabrombisfenol-A (TBBPA) (Figur 1c) og heksabromsyklododekan (HBCD) (Figur 1d).



Figur 1: a) polybromerte difenyleter (PBDE), b) polybromerte bifenyler (PBB), Deka-bromdifenyler (Deka-BDE), c) tetrabrombisfenol-A (TBBPA), d) heksabromsyklododekan (HBCD). (Figurer: Wikipedia)

BFH virker flammehemmende ved at ved sterk varmpåvirkning frigis bromradikaler som stopper kjedereaksjonen i forbrenningsprosessen (SFT 930/2005).

### 1.1 Bruksområder av BFH

I Norge finnes BFH først og fremst i importerte produkter. Omlag 2/3 av den totale mengden brukes i plastkomponenter i elektriske og elektroniske produkter, som kretskort, PC-eksteriør, kontakter, brytere osv. Både i Norge og globalt er TBBPA den mest brukte bromerte flammehemmeren. Statens forurensningstilsyn har estimert et forbruk på 270-300 tonn (Miljøstatus, 2008).

Det skilles mellom additive og reaktive bromerte flammehemmere. De additive blir ansett som mest betenkelige fordi de vanligvis frigjøres lettest fra produktene, men funn kan tyde på at det skjer en viss utlekking også ved reaktivt bruk (SFT, 2008). TBBPA er eksempel på en

forbindelse som brukes reaktivt, mens HBCD er additiv i blant annet en rekke isolasjonsmaterialer.

## **1.2 BFH i miljøet**

Flere av stoffene har vist seg å ha alvorlige skadevirkninger for miljø og helse (se Law m.fl., 2008 og referanser i denne). Generelt vises en økende interesse for en rekke bromerte forbindelser, som bromerte flammehemmere og dioksiner og furaner. På grunn av disse stoffenes egenskaper, at de kan påvises ”over alt” i det ytre miljø, at de har bioakkumulerende egenskaper samt dioksinlignende toksisitet, har ført til at disse forbindelsene betraktes som persistente organiske forurensere (POPs). Til forskjell fra klorerte dioksiner ser man imidlertid en økende trend for de bromerte forbindelsene i miljøet (D’Silva m.fl., 2004).

Stoffene Penta-, Okta- og Dekabromdifenyleter (-BDE), TBBPA og HBCD utgjør den største andelen bromerte flammehemmere i bruk på verdensbasis. Det er dokumentert at stoffene Penta-, Okta- og DekabDE og HBCD har svært alvorlige miljø- og helsemessige egenskaper. TBBPA er den bromerte flammehemmeren som nå er i størst bruk i Norge, mens HBCD brukes i mindre grad (SFT, 2008).

## **1.3 BFH i lovverket**

I produktforskriftens § 2-20 er det nedfelt et forbud mot å produsere, eksportere, omsette produkter eller flammehemmende deler av produkter som inneholder 0,1 vektprosent eller mer av et av disse stoffene: a) PentaBDE, b) OktaBDE og c) DekabDE (Produktforskriften, 2004).

Avfallsforskriften (2004) lister de fem BFH-forbindelsene PentaBDE, OktaBDE, DekabDE, HBCD og TBBPA med spesifikk grenseverdier på 0,25 % (2500 mg/kg, eller 2 500 000 µg/kg) for karakterisering av farlig avfall.

## **1.4 Mål for undersøkelsen**

Statens forurensingstilsyn (SFT) ønsker å få kartlagt utbredelse, type og mengde bromerte flammehemmere i isolasjon i eksisterende bygg i Norge. Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjennomførte sommeren 2008 en kartlegging av PCB i stående bygg i Drammen, Kristiansand, Porsgrunn, Stavanger og Ålesund (104 bygg) (Jartun m.fl., 2008). Etter ønske fra SFT ble det samlet inn prøver av isolasjonsmateriale fra 30 tilfeldig valgte bygg. Etter en tilbudsforespørsel til tre ulike laboratorier, ble AnalyCen AS valgt til å bestemme innholdet av fem typer bromerte flammehemmere (TBBPA, HBCD og Penta-, Okta- og DekabDE) inkludert minimum 14 kongener.

Mål for denne undersøkelsen var å prøveta og bestemme innholdet av fem typer bromerte flammehemmere i bygg av forskjellig alder og type, ulike typer isolasjon. Det skulle gjøres en vurdering av påliteligheten av analyseresultatene.

## 2. METODE

### 2.1 Prøvetaking

Det ble hovedsakelig samlet inn isolasjonsmaterialer av typen cellegummi, og enkelte prøver av fuger, glassull, isolasjonsskum og andre isolasjonsmaterialer (Figur 2). Typiske lokaliteter var vaskekjellere, fyrrom og gamle tilfluktsrom (Figur 3). Materialet ble også målt med en bærbar XRF (Thermo Scientific NITON XLt3 Analyzer), se Figur 4. Det ble tatt 43 prøver innendørs fra 29 ulike bygg, samt 7 prøver utendørs med tanke på bromerte flammehemmere. Oversikt over prøvetakingen er vist i tabellene 1, 2 og 3.

Tabell 1: Antall prøver fra hver av de undersøkte byene

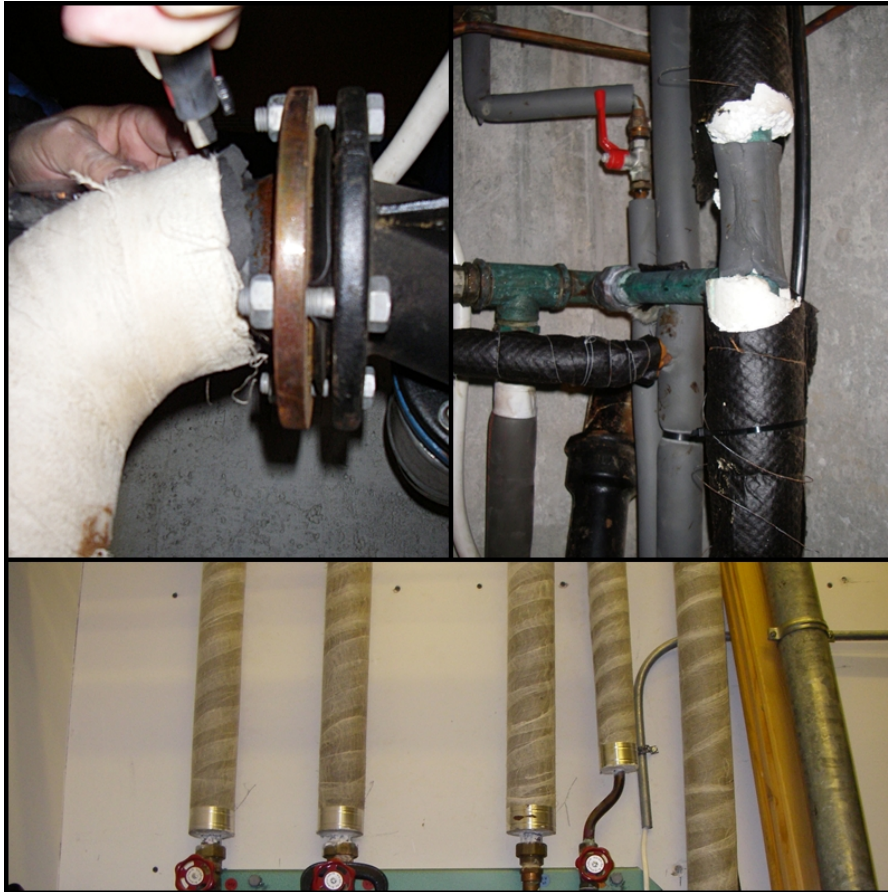
By	Antall prøver
Drammen	15
Kristiansand	2
Porsgrunn	11
Stavanger	10
Trondheim	1
Ålesund	11

Tabell 2: Antall prøver per byggtipe

Byggtipe	Antall prøver
Bolig	9
Kontor	3
Næring	4
Skole	34

Tabell 3: Antall prøver av de ulike materialtypene

Materiale	Antall prøver
Fuge	2
Glassull	5
Cellegummi	29
Annen isolasjon	12
Annet	2



Figur 2: Typiske objekter som ble prøvetatt



Figur 3: Typiske prøvelokaliteter. Ulike typer isolasjonsmaterialer



Figur 4: XRF-måling av cellegummi. Merk utslaget på Br på 65 900 mg/kg.

## 2.2 Kjemisk analyse

50 prøver ble sendt til AnalyCen AS sin underleverandør Eurofins Gfa i Tyskland for analyse av en suite bromerte flammehemmere (Tabell 4).

Prøvene ble ekstrahert med toulen (12 timer), vasket med  $H_2SO_4$  og analysert ved høyttopløselig gasskromatografi detektert ved lavopløselig massespektroskopi (HRGC/LRMS) i enkeltion-modus (SIM).  $^{13}C$ -PBDE ble brukt som intern standard for alle forbindelser, unntatt for HBCD der  $^{13}C$ - $\gamma$ -HBCD ble benyttet.

Måleusikkerhet er oppgitt til generelt å være 10-15 % for metoden.



Tabell 4: Analyseparametre. Polybromerte difenyletere (PBDE) til venstre, polybromerte bifenyler (PBB) til høyre. Forbindelser av spesiell interesse for SFT i kursiv.

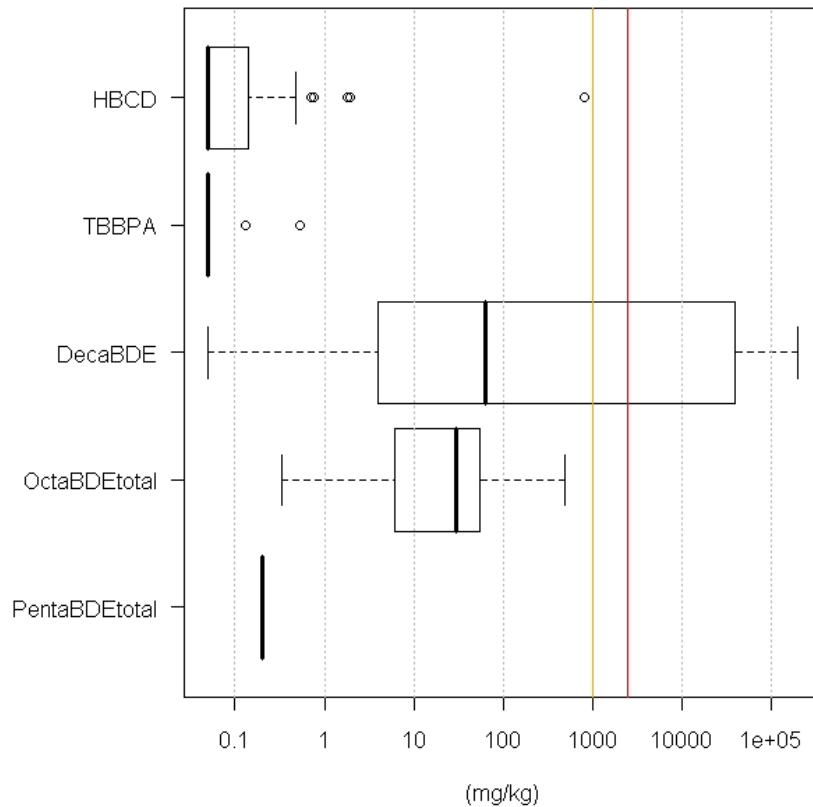
<b>Polybromerte difenyletere (PBDE)</b>	<b>Polybromerte bifenyler (PBB)</b>
2,2,4-TriBDE (BDE-17)	2,2,5,5-TetraBB
2,4,4-TriBDE (BDE-28)	Total andre TetraBB
Total TriBDE	Total TetraBB
<i>2,2,4,4-TetraBDE (BDE-47)</i>	2,2,4,5,5-PentaBB
2,2,4,5-TetraBDE (BDE-49)	Total andre PentaBB
<i>2,3,4,4-TetraBDE (BDE-66)</i>	Total PentaBB
2,3,4,6-TetraBDE (BDE-71)	2,2,4,4,5,5-HeksaBB
<i>3,3,4,4-TetraBDE (BDE-77)</i>	Total andre HeksaBB
Total TetraBDE	Total HeksaBB
<i>2,2,3,4,4-PentaBDE (BDE-85)</i>	HeptaBB
<i>2,2,4,4,5-PentaBDE (BDE-99)</i>	Total andre HeptaBB
<i>2,2,4,4,6-PentaBDE (BDE-100)</i>	Total HeptaBB
<i>2,3,4,4,6-PentaBDE (BDE-119)</i>	OktaBB
3,3,4,4,5-PentaBDE (BDE-126)	Total OktaBB
Total PentaBDE	NonaBB
<i>2,2,3,4,4,5-HeksaBDE (BDE-138)</i>	Total NonaBB
<i>2,2,4,4,5,5-HeksaBDE (BDE-153)</i>	DecaBB
<i>2,2,4,4,5,6-HeksaBDE (BDE-154)</i>	<i>TBBP-A</i>
Total HeksaBDE	<i>HBCD</i>
<i>2,2,3,4,4,5,6-HeptaBDE (BDE-183)</i>	
2,2,3,4,4,6,6-HeptaBDE (BDE-184)	
2,3,3,4,4,5,6-HeptaBDE (BDE-190)	
Total HeptaBDE	
<i>2,2,3,3,4,4,5,6-OktaBDE (BDE-196)</i>	
<i>2,2,3,3,4,4,6,6-OktaBDE (BDE-197)</i>	
Total OktaBDE	
<i>2,2,3,3,4,4,5,5,6-NonaBDE (BDE-206)</i>	
<i>2,2,3,3,4,4,5,6,6-NonaBDE (BDE-207)</i>	
Total NonaBDE	
<i>DecaBDE (BDE-209)</i>	

### 3. RESULTATER OG KOMMENTARER

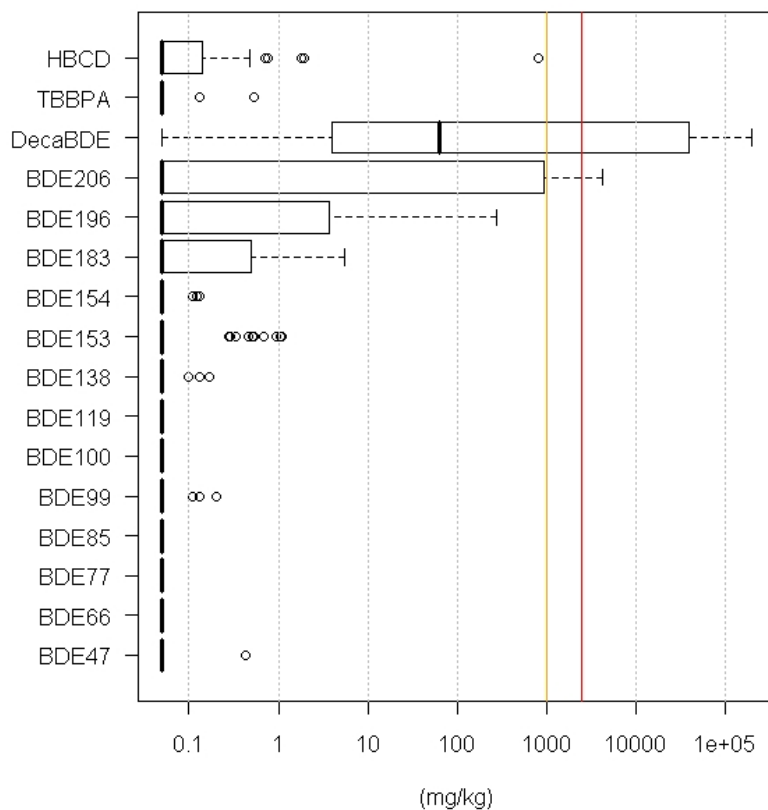
#### 3.1 Nivåer av BFH i hele prøvematerialet

Oppsummering av nivåene av de ulike hovedgruppene BFH er gitt i tabell 5-7. Figur 5 og 6 viser boksplokk for et vesentlig utvalg av de analyserte forbindelsene. Av figuren kommer det fram at med unntak av DecaBDE ligger medianverdi for alle disse forbindelsene under deteksjonsgrensen. Nivåene av de ulike forbindelsene øker med økende bromeringsgrad. Av forbindelsene i Figur 6 overstiger kun DecaBDE og BDE-206 (2,2,3,3,4,4,5,5,6 NonaBDE) grensene i produktforskriften (0,1 %) og avfallsforskriften (0,25 %).

I 19 av 50 prøver (38 %) er nivået over grensen i produktforskriften (0,1 %) for én eller flere av forbindelsene forskriften gjelder for. Av 50 prøver har 15 prøver (30 %) av de BFH-forbindelsene i avfallsforskriften nivåer over grensen for farlig avfall på 0,25 %.



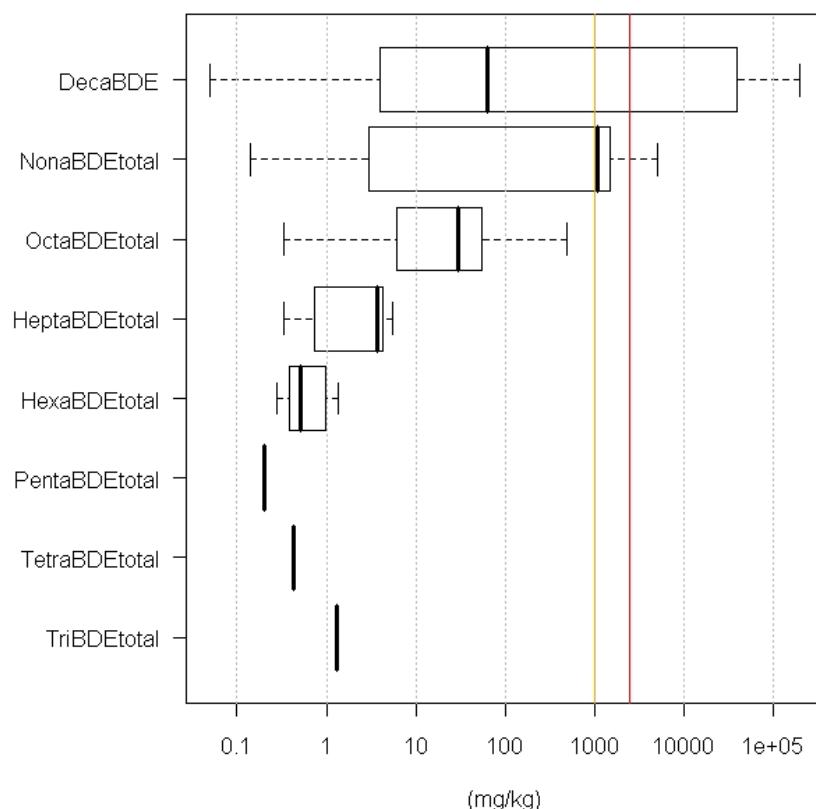
Figur 5: Nivåer av Penta-, Okta og DecaBDE, TBBPA og HBCD fra hele prøvematerialet. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.



Figur 6: Nivåer av BFH-forbindelser fra hele prøvematerialet. Figuren viser forbindelsene med spesiell interesse for SFT, jf. Tabell 4. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

### 3.1.1 PBDE

Fra Tabell 5 og Figur 7 kommer det fram at det i liten grad påvises lavbromerte PBDE (TriBDE - HeksaBDE). For HeptaBDE, OktaBDE, NonaBDE og DecaBDE befinner mer enn 25 % av prøvene seg over deteksjonsgrensen, og andelen prøver som overstiger grenseverdien for farlig avfall øker med økende bromeringsgrad.



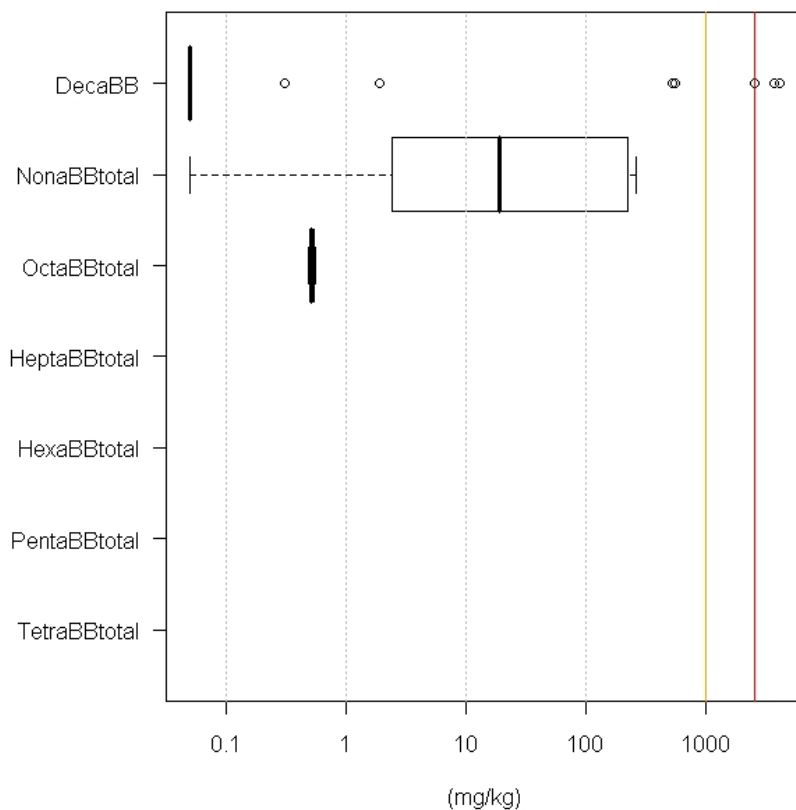
Figur 7: Boksplott for PBDE-forbindelsene. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

Tabell 5: Resultater for PBDE-forbindelsene (total). Resultatene er oppgitt i mg/kg, N=50, DL=100 µg/kg for enkeltforbindelsene.

PBDE	median	mean	maks	% <DL	% > 0,10%	% >0,25%
TriBDE	1,32	1,32	1,32	98	0	0
TetraBDE	0,43	0,43	0,43	98	0	0
PentaBDE	0,20	0,20	0,20	98	0	0
HeksaBDE	0,52	0,69	1,36	78	0	0
HeptaBDE	3,77	2,97	5,50	72	0	0
OktaBDE	29,9	65,6	496	72	0	0
NonaBDE	1190	1158	4990	50	30	6
DecaBDE	97,7	23821	200000	4	38	30

### 3.1.2 PBB

Fra Tabell 6 ser man at det i likhet med PBDE i svært liten grad påvises lavbromerte PBB (TetraPBB – HeptaPBB). For OktaBB, NonaBB og DecaBB er det påvist nivåer over deteksjonsgrensen, og for NonaBB og DecaBB ligger 10 % av prøvene over grenseverdien for farlig avfall på 0,25 %.



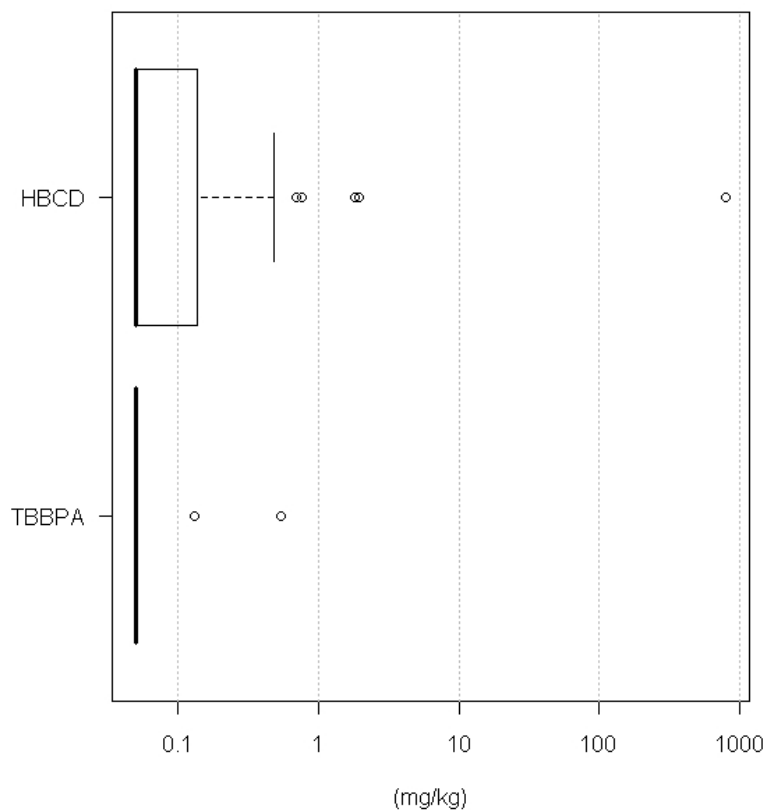
Figur 8: Boksplott for PBB-forbindelsene. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

Tabell 6: Resultater for PBB-forbindelsene (total). Resultatene er oppgitt i mg/kg, N=50, DL=100 µg/kg for enkeltforbindelsene.

PBB	median	mean	maks	% <DL	% > 0,10%	% >0,25%
TetraBB	< 0,1	< 0,1	< 0,1	100	0	0
PentaBB	< 0,1	< 0,1	< 0,1	100	0	0
HeksaBB	< 0,1	< 0,1	< 0,1	100	0	0
HeptaBB	< 0,1	< 0,1	< 0,1	100	0	0
OktaBB	0,51	0,52	0,56	94	0	0
NonaBB	18,7	105,8	261,0	88	0	0
DecaBB	0,05	227,8	4120	86	6	6

### 3.1.3 TBBPA og HBCD

For TBBPA er to prøver over deteksjonsgrensen, men trygt under grensene for farlig avfall på 0,25 %. For HBCD er en tredel av prøvene over deteksjonsgrensen og godt under grensen for farlig avfall. Figur 9 og Tabell 7 viser nivåene av TBBPA og HBCD.



Figur 9: Boksplott for HBCD og TBBPA

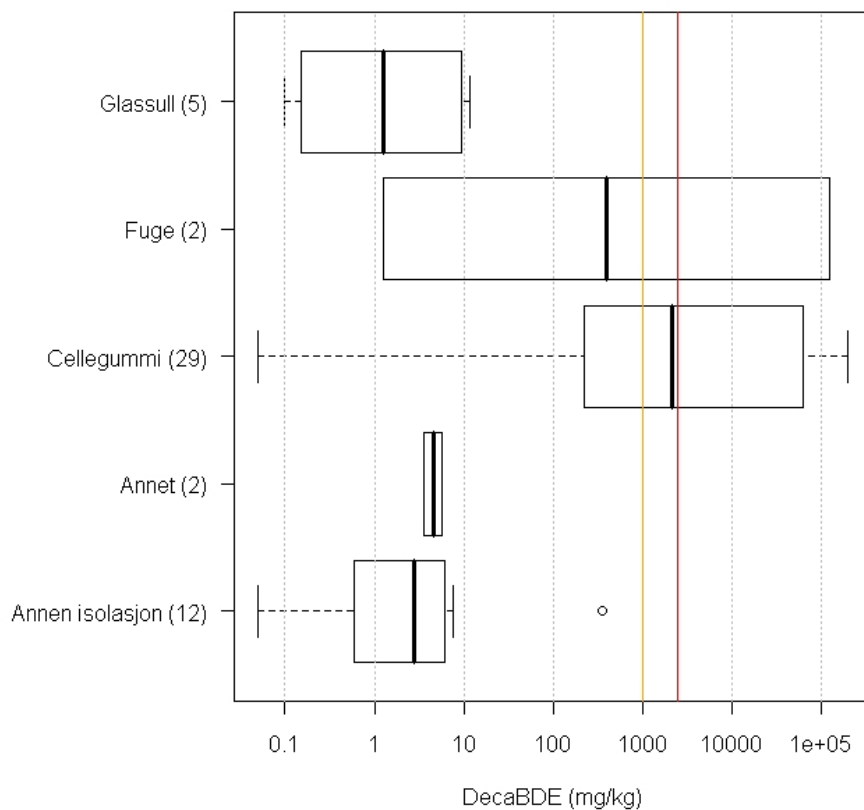
Tabell 7: Resultater for HBCD og TBBPA i mg/kg, N=50, DL=100 µg/kg.

	median	mean	maks	% <DL	% > 0,10%	% >0,25%
TBBPA	< 0,1	0,062	0,54	96	0	0
HBCD	< 0,1	16,3	806	66	0	0

### 3.2 Fordeling av BFH i ulike isolasjonsmaterialer

Av de typer prøvematerialer som ble samlet inn er cellegummi best representert. Cellegummi har også høyeste medianverdi. Av de 19 prøvene som overstiger grenseverdien i produktforskriften på 0,1 vektprosent, er 18 av typen cellegummi og én fugeprøve. Av de 15 prøvene som overstiger grensen for farlig avfall på 0,25 vektprosent, er 14 prøver av cellegummi, den siste er en fugeprøve.

I Figur 8 er DecaBDE vist som eksempel, der medianverdi i cellegummi er 2160 mg/kg.

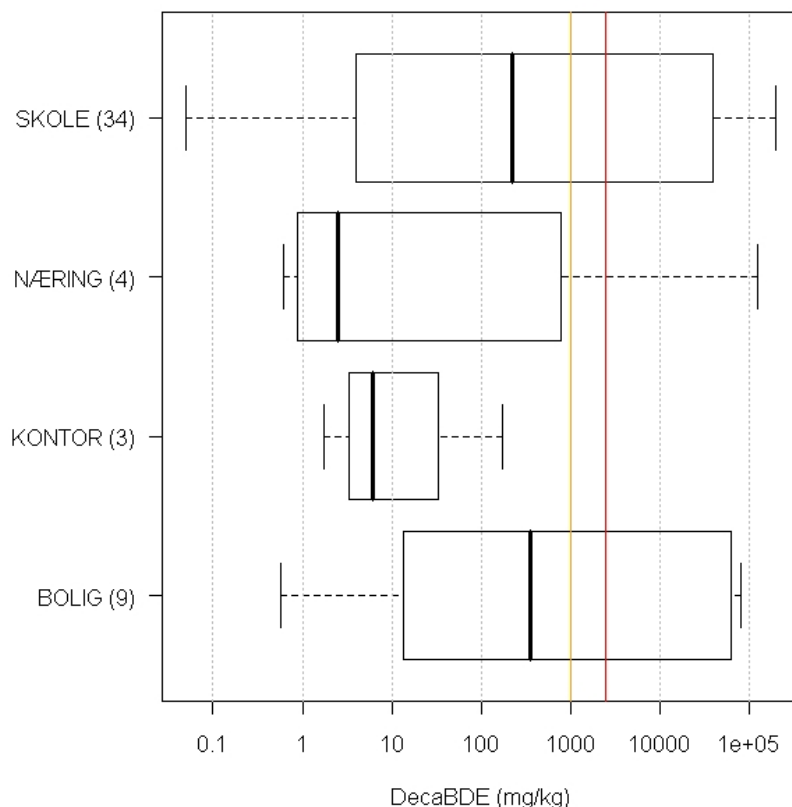


Figur 10: Nivåer av DecaBDE i ulike prøvematerialer. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

### 3.3 Fordeling av BFH i ulike typer bygg

Skolebygg er best representert av de byggtypene som det ble tatt prøver fra. Det er i de byggtypene som det er samlet mest materialet det også er påvist de høyeste nivåene av BFH. Av de 19 prøvene som overstiger grenseverdien i produktforskriften på 0,1 vektprosent, er 14 prøver tatt i skolebygg, 4 i boliger og én i næringsbygg. Av de 15 prøvene som overstiger grensen for farlig avfall på 0,25 vektprosent, er 11 prøver tatt i skolebygg, 3 fra boligbygg og én næringsbygg.

I Figur 11 er DecaBDE vist som eksempel, med en medianverdi for bolig på 335,0 mg/kg og 221,5 mg/kg for skoler.



Figur 11: Nivåer av DecaBDE i de ulike byggtypene som ble prøvetatt. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

### 3.4 Fordeling av BFH i ulike byer

Prøveantallet i byene er jevnt fordelt i fire av de seks prøvetatte byene. Av de 19 prøvene som overstiger grenseverdien i produktforskriften på 0,1 vektprosent, er 6 Ålesund, 5 Porsgrunn, 4 Drammen, 2 Kristiansand og 2 fra Stavanger. Av de 15 prøvene som overstiger grensen for farlig avfall på 0,25 vektprosent, er 4 prøver fra Drammen, 5 Porsgrunn, 2 Stavanger, 2 Kristiansand og 2 Ålesund.

I Figur 12 er DecaBDE vist som eksempel, med en medianverdi i Kristiansand på 41190 mg/kg, og 11 mg/kg i Ålesund.

Tabell 8: Medianverdier for ulike bromerte flammehemmere i de fem undersøkte byer

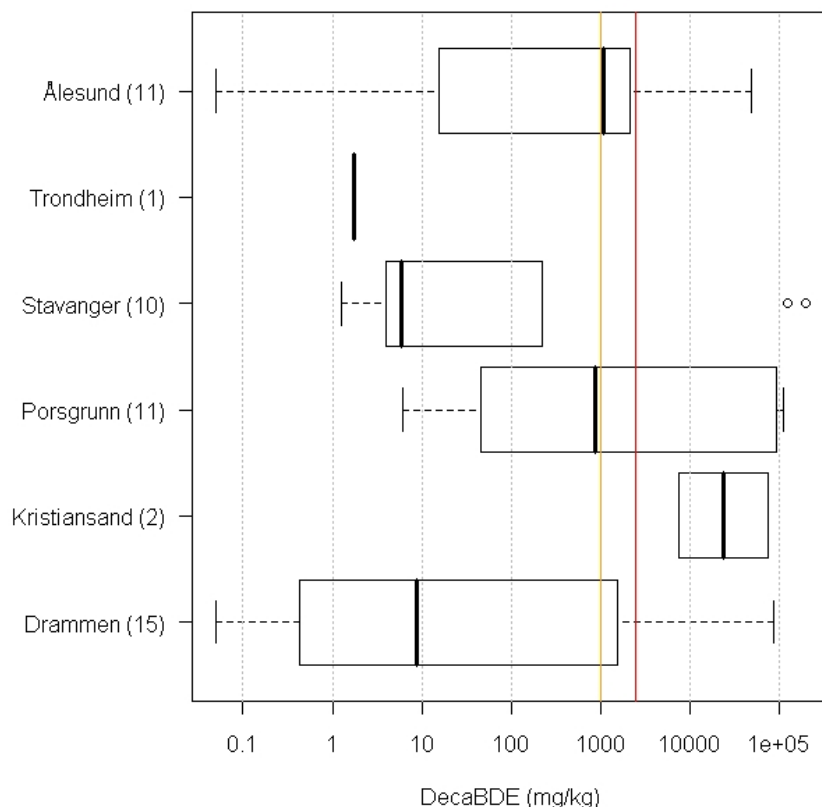
BFH mg/kg	Drammen	Kristiansand	Porsgrunn	Stavanger	Ålesund
TriBDEE	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
TetraBDE	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PentaBDE	<b>0,20</b>	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
HexaBDE	<b>0,52</b>	<0,10	<b>1,18</b>	<0,10	<b>0,33</b>
HeptaBDE	<b>3,77</b>	<b>0,53</b>	<b>4,19</b>	<0,10	<b>2,53</b>
OktaBDE	<b>29,9</b>	<b>55,6</b>	<b>37,6</b>	<0,10	<b>23,1</b>
NonabDE	<b>1190</b>	<b>1450</b>	<b>1390</b>	<b>4,46</b>	<b>1541</b>



<i>DecaBDE</i>	<b>97,7</b>	<b>41190</b>	<b>877</b>	<b>5,95</b>	<b>1100</b>
<i>TetraBB</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<i>PentaBB</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<i>HexaBB</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<i>HeptaBB</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<i>OktaBB</i>	<b>0,51</b>	< 0,10	<b>0,51</b>	< 0,10	< 0,10
<i>NonaBB</i>	<b>18,7</b>	< 0,10	<b>249</b>	<b>18,7</b>	< 0,10
<i>DecaBB</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,100	< 0,10	< 0,10
<i>TBBP-A</i>	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<i>HBCD</i>	< 0,10	< 0,10	<b>0,12</b>	< 0,10	< 0,10

Tabell 9: Maksimumsverdier for ulike bromerte flammehemmere i de fem undersøkte byer

<b>BFH (mg/kg)</b>	<b>Drammen</b>	<b>Kristiansand</b>	<b>Porsgrunn</b>	<b>Stavanger</b>	<b>Ålesund</b>
TriBDE	1,32	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
TetraBDE	0,43	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PentaBDE	0,20	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
HexaBDE	1,36	< 0,10	1,36	< 0,10	0,53
HeptaBDE	5,50	552	4,51	< 0,10	4,30
OktaBDE	496	107	54,4	< 0,10	496
NonaBDE	4990	1820	2240	2940	4960
DecaBDE	200000	74900	113000	200000	48700
TetraBB	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PentaBB	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
HexaBB	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
HeptaBB	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
OktaBB	0,60	< 0,10	0,599	< 0,10	< 0,10
NonaBB	261	< 0,10	261	18,7	< 0,10
DecaBB	4120	< 0,10	4120	516	< 0,10
TBBPA	0,54	< 0,10	0,54	< 0,10	< 0,10
HBCD	806	< 0,10	806	< 0,10	< 0,10



Figur 12: Fordeling av DecaBDE i ulike byer. Grense etter produktforskriften (0,1 %) i gult og for farlig avfall (0,25 %) i rødt.

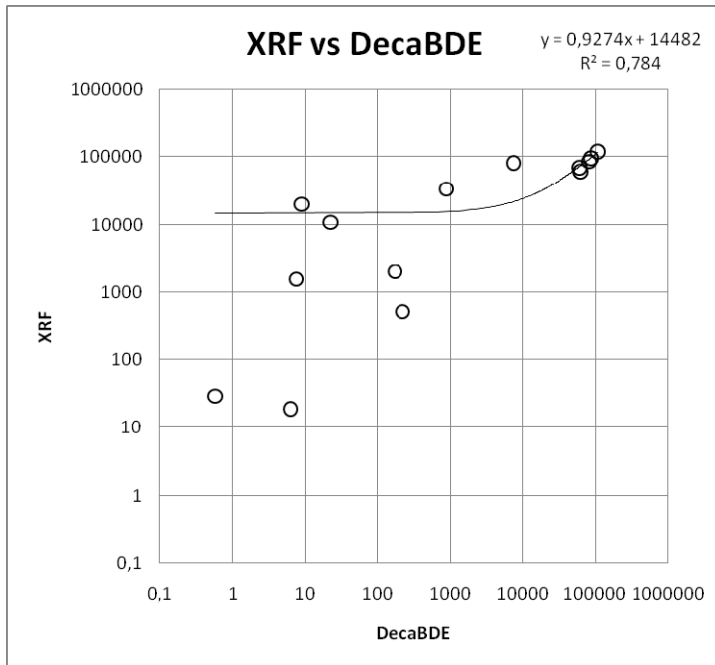
### 3.5 Fordeling av BFH etter byggeår

Det er vanskelig å si noe om tidspunkt for når dette materialet er installert. Alle bygg som ble prøvetatt var oppsatt i perioden 1950-1980, men ofte var det helt klart at lokalitetene var pusset opp og forbedret etter dette. Det vises for øvrig til Jartun m.fl. (2008) for detaljer rundt prøvetakingen som dette materialet kommer fra.

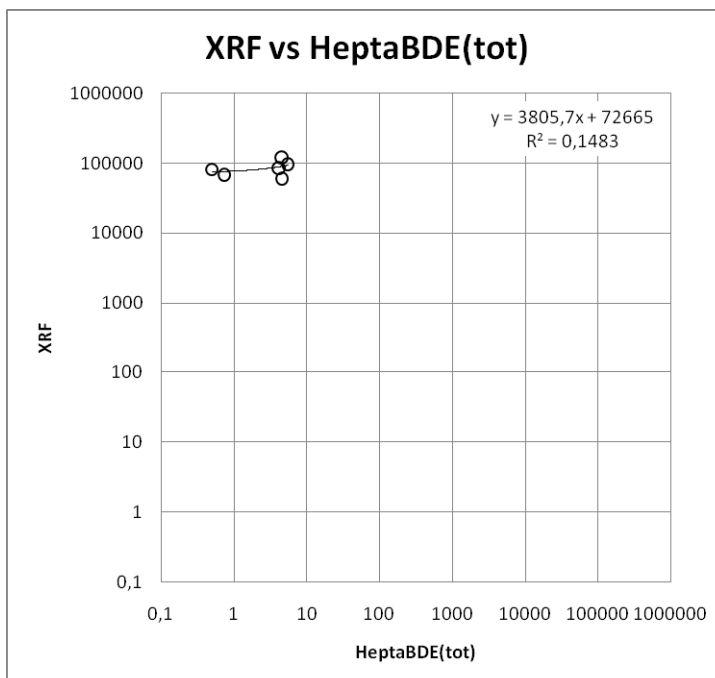
### 3.6 Korrelasjon mellom bærbar XRF og laboratorieanalyser

Nivået av brom i et materiale og nivået av ulike bromerte organiske forbindelser vil aldri være identisk. Det er ikke mulig å forvente at XRF-målingene og resultatene fra BFH-analysen gir eksakt samme svar. Grunnen til dette er at det kan finnes andre bromerte forbindelser i materialet enn de BFH-forbindelsene som er analysert, og ekstraksjonsmidlet som er brukt i laboratoriet ikke er aggressivt nok til å trekke ut de hardest bundne BFH-forbindelsene. Likevel er det bra korrelasjon mellom total brom fra XRF-målingene og enkelte BFH-forbindelser fra BFH-analysen. Dette gjelder summen av de enkeltvise BFH-forbindelsene og BFH-forbindelsene som er målt i høye konsentrasjoner, som DecaBDE. Figur 11 viser at DecaBDE og XRF-målingene har en korrelasjon på 89 % for de 14 prøvene som det er målt med både bærbar XRF og gjort BFH-analyser. For de BFH-forbindelsene som ble detektert i

mye lavere nivåer er korrelasjonen med XRF-målingene dårlig. For HeptaBDE (total) er korrelasjonen med XRF-målingene 39 % (Figur 12). Det kan se ut som om målinger med XRF som gir > 10000 mg/kg på brom korrelerer bra med innholdet av BFH. Det understrekes likevel at datagrunnlaget er for lite til generelt å anta at bærbar XRF kan brukes til å estimere BFH i felt.



Figur 13: XY-plott mellom XRF og DecaBDE (N=14).



Figur 14: XY-plott mellom XRF og HeptaBDE (total) (N=14).

### 3.7 Vurdering av de kjemiske analysene

Den generelle usikkerheten på 10-15 % som er oppgitt for metoden vurderes som tilfredsstillende.

#### **4. OPPSUMMERING**

- Av BFH som er påvist i dette prøvematerialet er det klart at det i størst grad er påvist i cellegummi.
- Det er de forbindelsene med høyest bromeringsgrad som også har de høyeste konsentrasjonsnivåene i materialet.
- 32 % av prøvene har nivåer av BFH som overstiger grensen for farlig avfall på 0,25 %.

## REFERANSER

Avfallsforskriften, Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall, 1. juni 2004 nr 930

D'Silva, K., Fernandes, A. og Rose, M. (2004). *Brominated Organic Micropollutants - Igniting the Flame Retardant Issue*, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 34 s. 141-207

Forskrift om farlig avfall, 20. desember 2002 nr 1817

Jartun, M., Eggen, O.A., Ottesen, R.T. og Volden, T., 2008. PCB i stående bygningsmasse – undersøkelser fra Porsgrunn, Drammen, Ålesund, Kristiansand og Stavanger. NGU Rapport 2008.071

Law, R.J., Herzke, D., Harrad, S., Morris, S., Bersuder, Ph. og Allchin, C.R., 2008. *Levels and trends of HBCD and BDEs in the European and Asian environments, with some information for other BFRs*. Chemosphere 73, s. 223-241

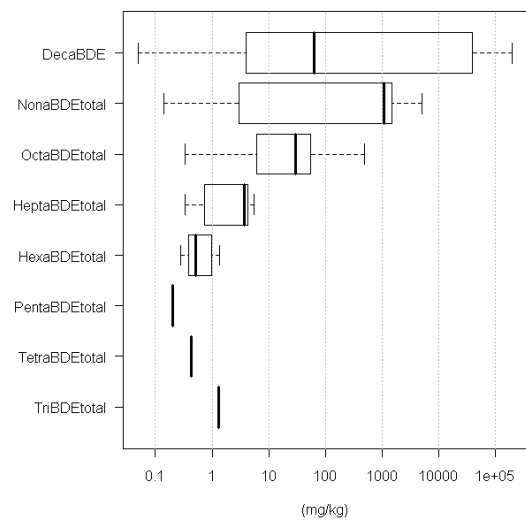
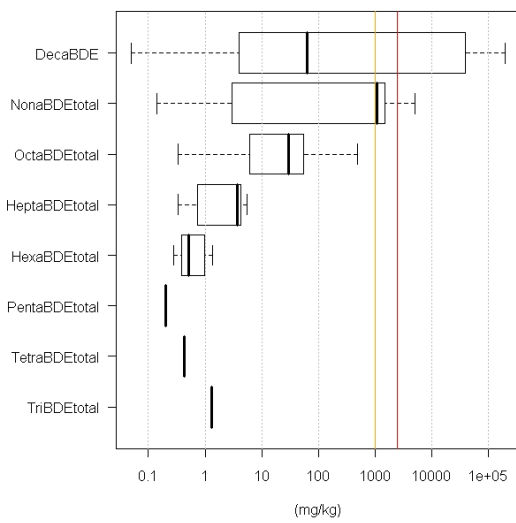
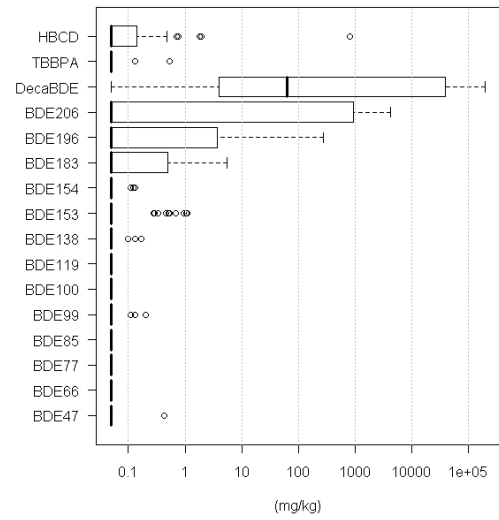
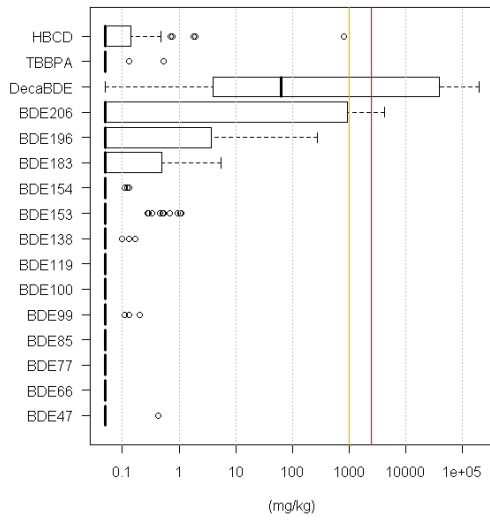
Miljøstatus, <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/Bromerte-flammehemmere/> 29.09.2008

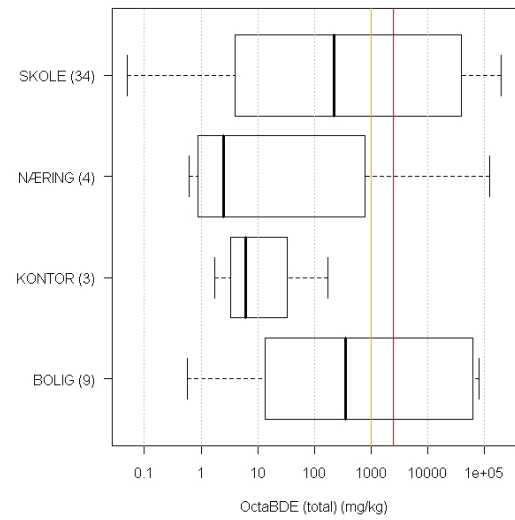
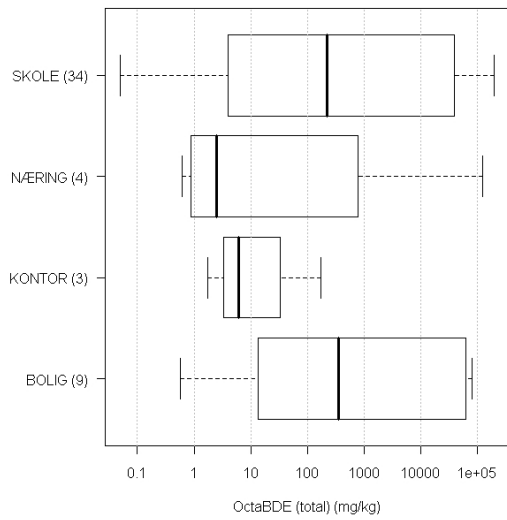
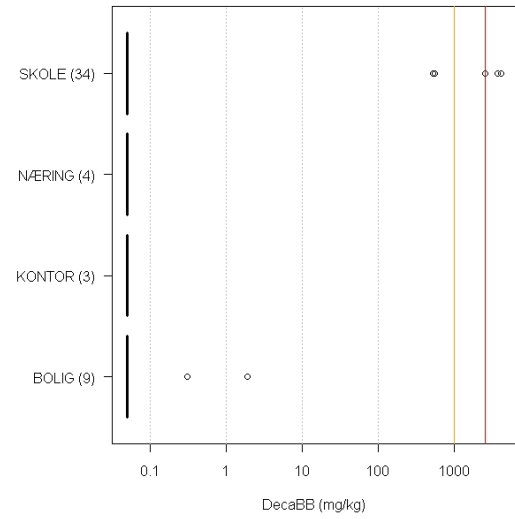
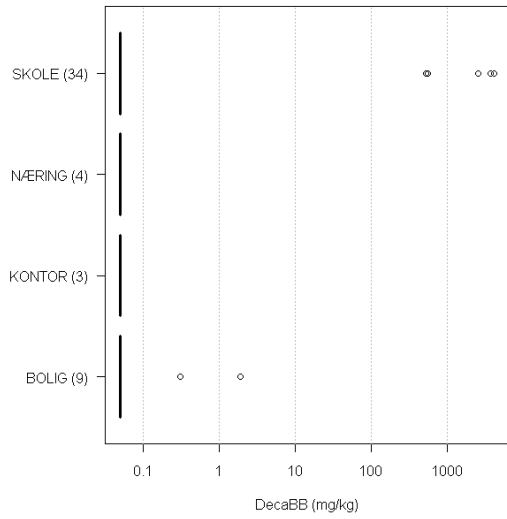
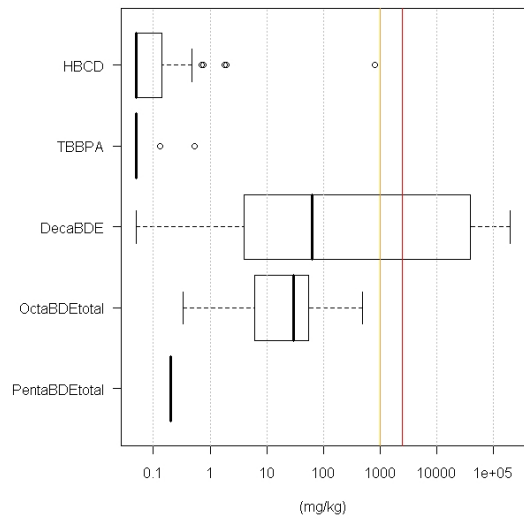
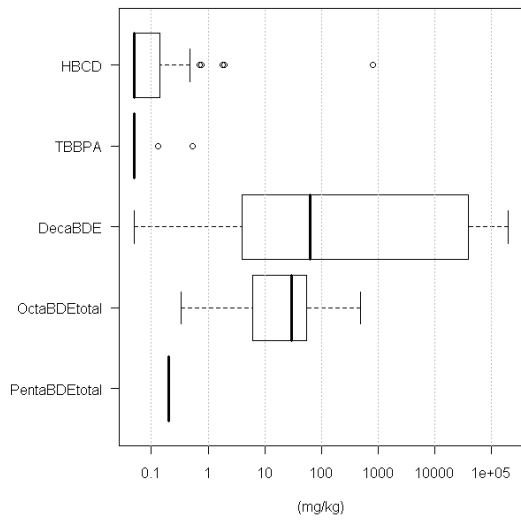
Produktforskriften, Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter, 1. juni 2004 nr 922

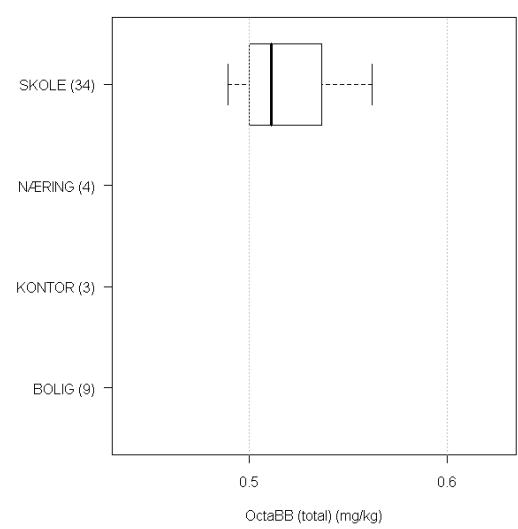
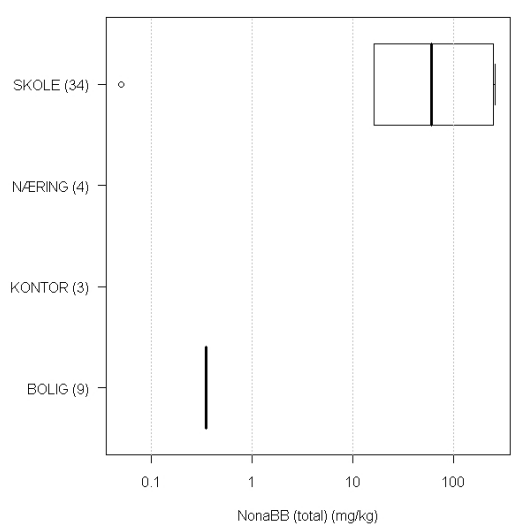
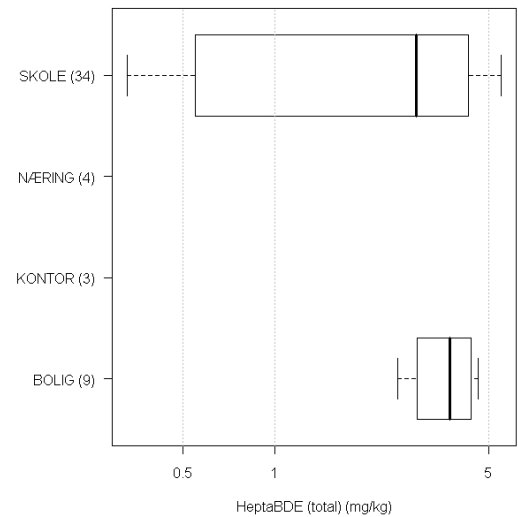
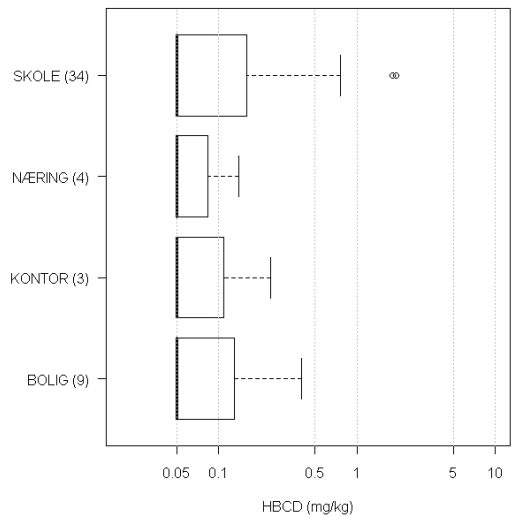
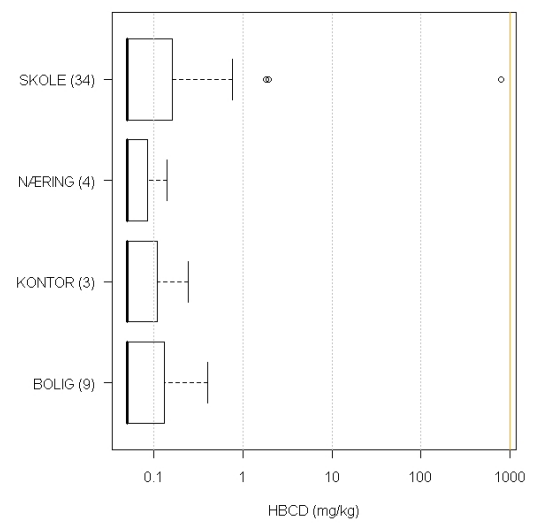
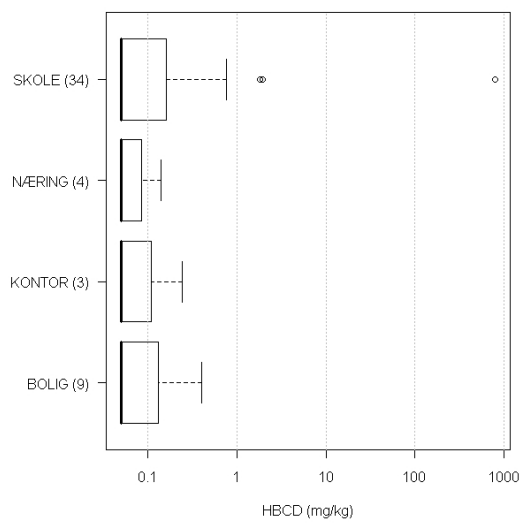
SFT, [http://www.sft.no/seksjonsartikkel\\_\\_\\_41106.aspx](http://www.sft.no/seksjonsartikkel___41106.aspx). 29.09.2008

## VEDLEGG 1 Bokplott

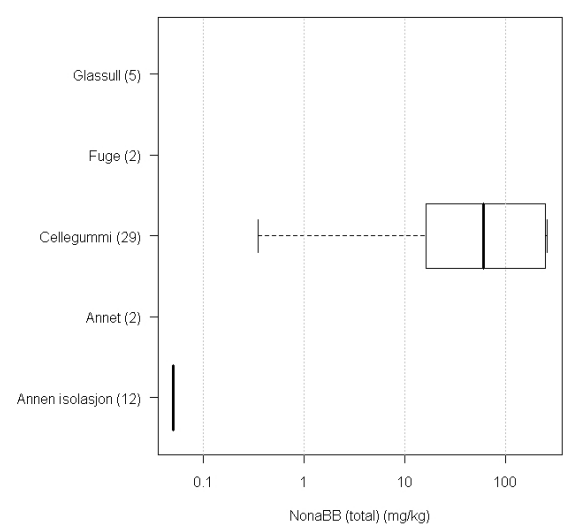
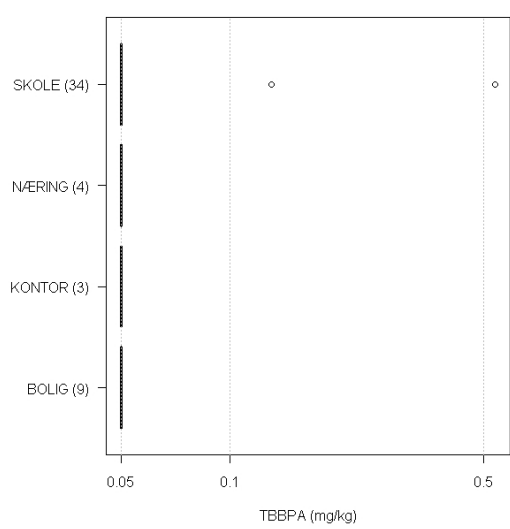
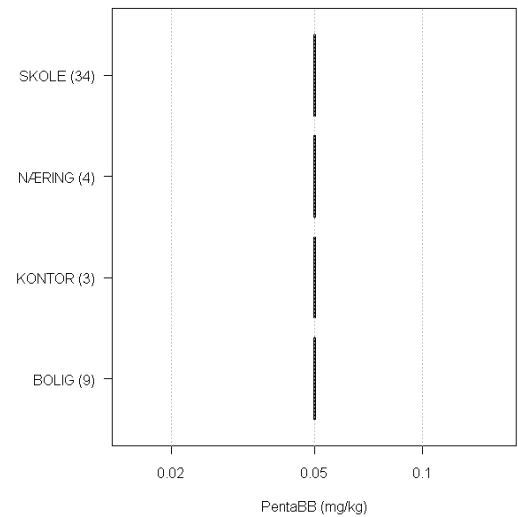
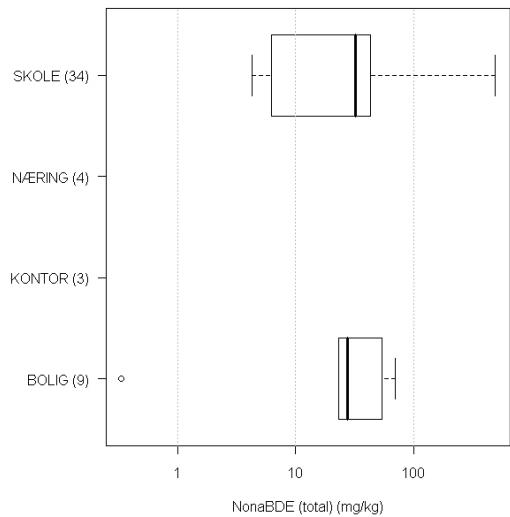
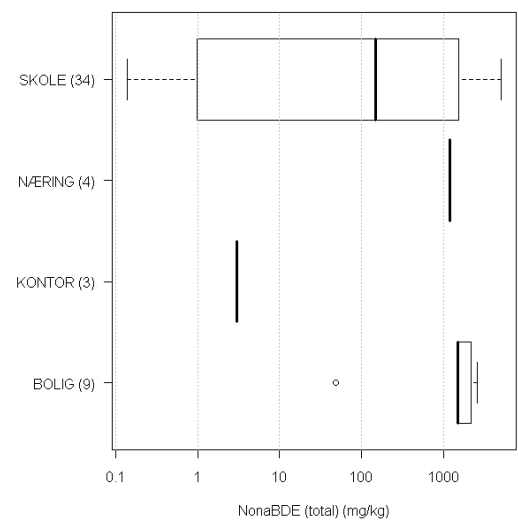
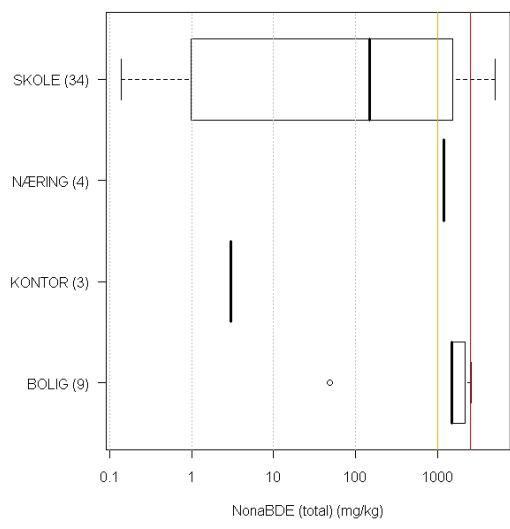
Bokplott over utvalgte forbindelser i de ulike prøvematerialer.

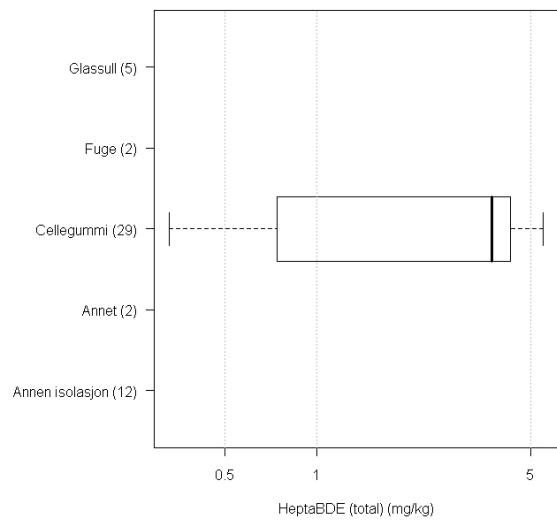
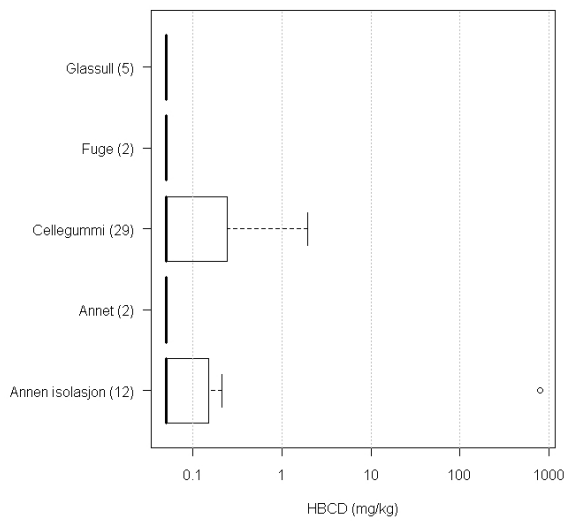
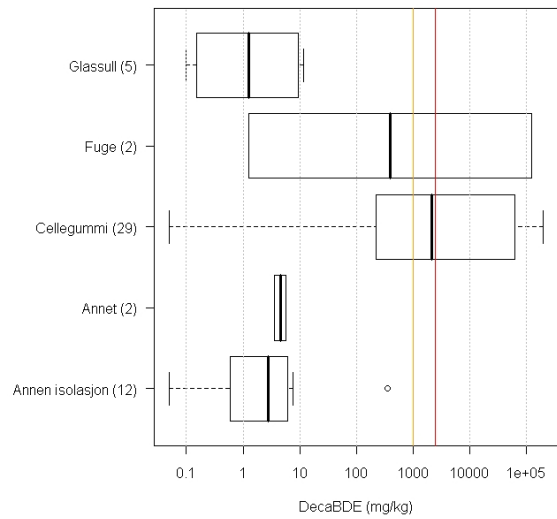
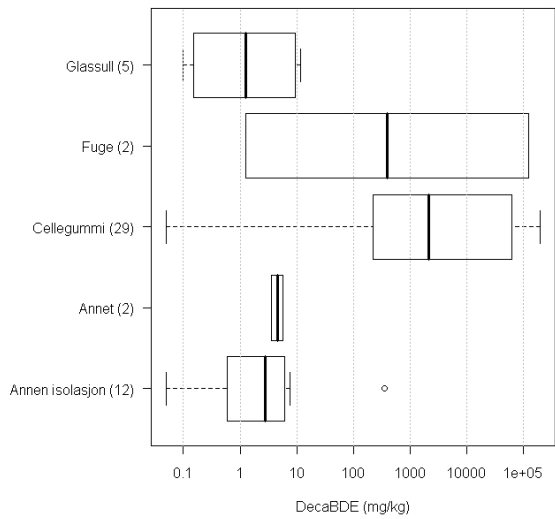
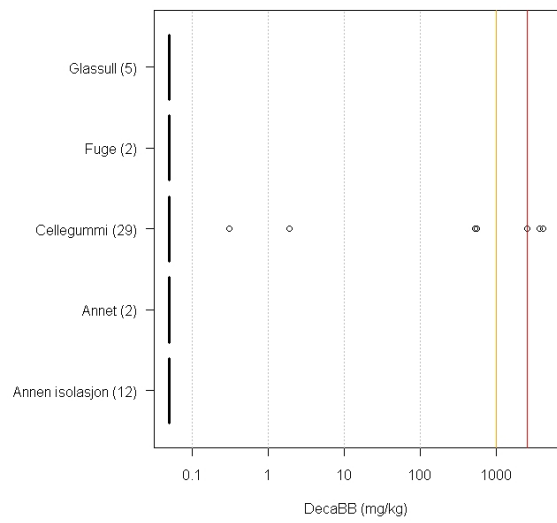
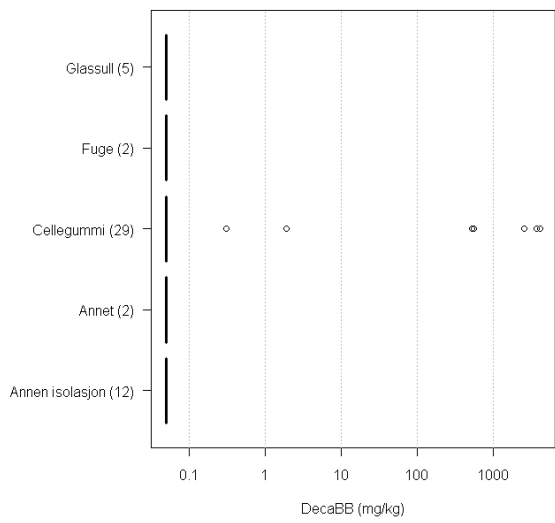


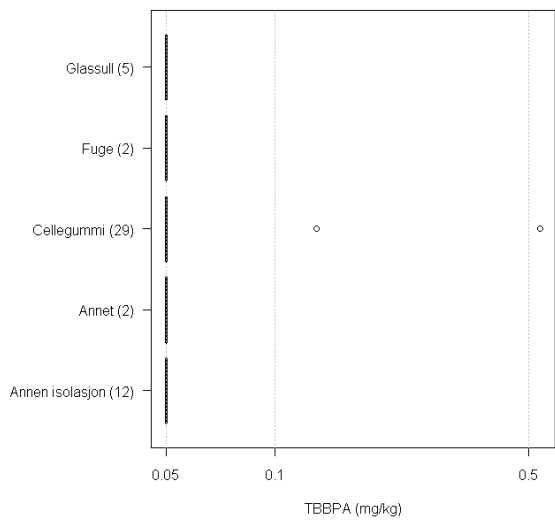
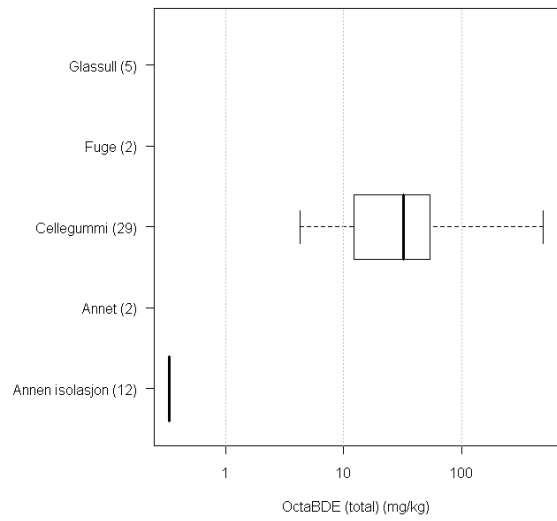
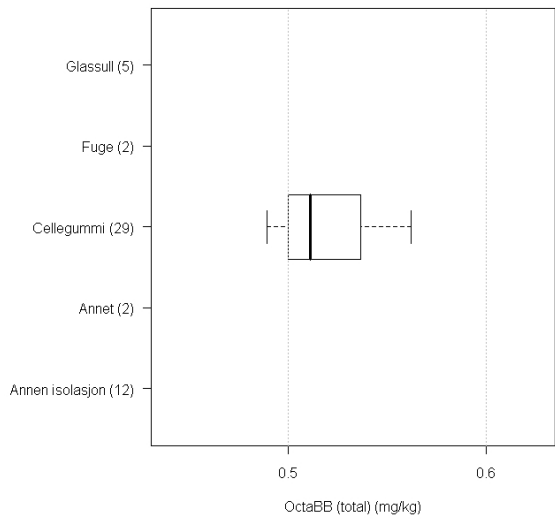
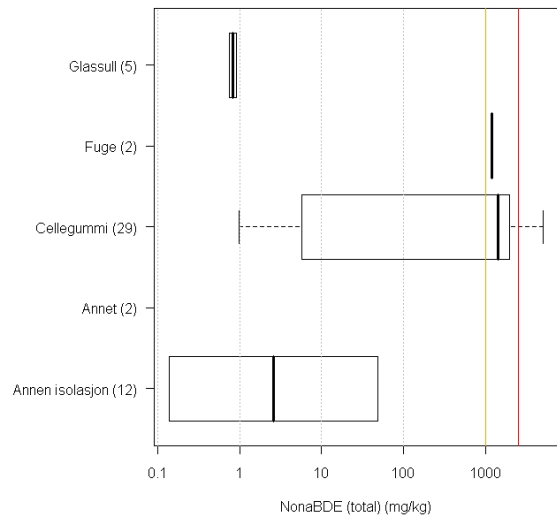
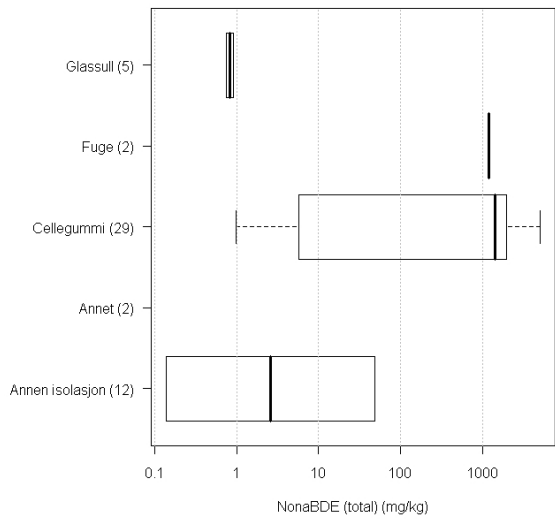












**VEDLEGG 2 Kumulative frekvensfordelingskurver**

