

# **FFI RAPPORT**

## **KARAKTERISERING AV KRUTT TIL SMÅKALIBRET AMMUNISJON**

NEVSTAD, Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2000/02047

FFIBM/778/130

Godkjent  
Kjeller 7 april 2000



Bjarne Haugstad  
Forskningsjef

**KARAKTERISERING AV KRUTT TIL  
SMÅKALIBRET AMMUNISJON**

NEVSTAD, Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2000/02047

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

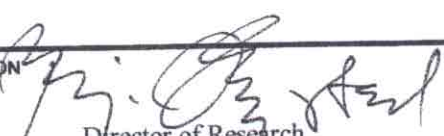
**FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)**  
**Norwegian Defence Research Establishment**

**UNCLASSIFIED**

P O BOX 25  
 2027 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
 (when data entered)

**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2000/02047 1a) PROJECT REFERENCE FFIBM/778/130	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 36										
4) TITLE KARAKTERISERING AV KRUTT TIL SMÅKALIBRET AMMUNISJON  Characterization of Propellants used in Small Caliber Munitions												
NEVSTAD, Gunnar Ove												
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)												
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">           a) <u>Dimensions</u></td> <td style="width: 50%; border: none;">           IN NORWEGIAN:            a) <u>Dimensjoner</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">           b) <u>Geometry</u></td> <td style="border: none;">           b) <u>Geometri</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">           c) <u>Propellants</u></td> <td style="border: none;">           c) <u>Krutt</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">           d) <u>Closed Vessel</u></td> <td style="border: none;">           d) <u>Lukket kammer</u> </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">           e) <u>Impetus</u></td> <td style="border: none;">           e) <u>Kruttkraft</u> </td> </tr> </table>			a) <u>Dimensions</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Dimensjoner</u>	b) <u>Geometry</u>	b) <u>Geometri</u>	c) <u>Propellants</u>	c) <u>Krutt</u>	d) <u>Closed Vessel</u>	d) <u>Lukket kammer</u>	e) <u>Impetus</u>	e) <u>Kruttkraft</u>
a) <u>Dimensions</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Dimensjoner</u>											
b) <u>Geometry</u>	b) <u>Geometri</u>											
c) <u>Propellants</u>	c) <u>Krutt</u>											
d) <u>Closed Vessel</u>	d) <u>Lukket kammer</u>											
e) <u>Impetus</u>	e) <u>Kruttkraft</u>											
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT Five different propellants for use in small calibre ammunitions delivered by different foreign producers have been studied with regard to grain dimensions, burning characteristics and energy content.  All propellants studied have been tested in Closed Vessel and pressure measured as function of time until all propellant has burned up. For all propellants different loading densities have been tested to be able to experimentally determine the propellant impetus. Theoretical impetus has in addition for four of the propellants been determined by use of CHEETAH. Finally, a comparison between experimentally found and theoretically calculated impetuses has been carried out.												
9) DATE  7 April 2000	AUTHORIZED BY This page only  Bjarne Haugstad	POSITION  Director of Research										

ISBN-82-464-0412-1

**UNCLASSIFIED**

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
 (when data entered)

**INNHOOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	EKSPERIMENTELT	7
2.1	CV-fyringer	7
2.2	Sammensetning av undersøkte krutt	7
2.2.1	Lot WC868 - 2	7
2.2.2	Lot WC867 - 61	9
2.2.3	Propellant, A-5020, PA3240, lot MCI-5/98	10
2.2.4	Q-5560, Batch 2745.	11
2.2.5	Lot MCI-3/95	12
3	RESULTATER	12
3.1	Geometri og dimensjoner	12
3.1.1	Lot WC868 - 2	12
3.1.2	Lot WC867 - 61	13
3.1.3	20 mm NM75/NM 163	13
3.1.4	Krutt for 27 mm	15
3.1.5	Krutt for 30 mm	18
3.2	Closed Vessel fyringer	20
3.3	Impetus og Covolum	23
3.4	Teoretiske beregninger.	27
3.4.1	Lot WC 868 - 1	27
3.4.2	Lot WC 867 - 61	28
3.4.3	Batch 3240, A-5020, Lot MCI 5/98	29
3.4.4	Q-5560, Batch 2745.	30
3.5	Sammenligning av eksperimentelt bestemte og teoretiske verdier.	30
4	SAMMENDRAG	31
	Litteratur	31

	APPENDIKS	32
A	Sammensetning av forbrenningsproduktene.	32
A.1	WC868 - 2	32
A.2	WC867 - 61	33
A.3	Q-5560, Batch 2745	34
A.4	Batch 3240, A-5020, Lot MCI- 5/98	35
	Fordelingsliste	36

## KARAKTERISERING AV KRUTT TIL SMÅKALIBRET AMMUNISJON

### 1 INNLEDNING

Nammo har ikke lenger egen produksjon av krutt for småkalibret ammunisjon som MP-ammunisjon. For å kunne velge riktig krutt til ulike ammunisjonstyper ut fra hensyn som yteevne og kvalitet har FFI gjennomført testing av noen kandidater. Fem lotter krutt er testet med hensyn på brennegenskaper i Closed Vessel. Eksperimentell impetus og covolum er bestemt ved CV-fyringer av ulike ladetettheter. I tillegg har dimensjoner for kruttkornene i de enkelte lottene blitt bestemt ved avfotografering av korn i lysmikroskop og ut fra målinger i målemikroskop.

For de krutt hvor sammensetning er kjent har teoretiske termokjemiske beregninger blitt gjennomført ved bruk av Cheetah 2.0 (1). En sammenligning av eksperimentelle og teoretiske egenskaper samt egenskaper gitt av leverandør i produktdatabladet er dessuten foretatt.

### 2 EKSPERIMENTELT

#### 2.1 CV-fyringer

Alle krutt har vært testet i Closed Vessel for bestemmelse av brennegenskaper og Impetus. Benyttet CV har et volum på  $700 \text{ cm}^3$ . For majoriteten av firingene er det benyttet en trykkcelle fra Kistler med benevnningen 6211. For en av firingene er en Kistler celle nr 6215 benyttet.

For tenning av kruttet i bomba er det benyttet ett gram svartkrutt av fin type samt en brun/blå squib.

#### 2.2 Sammensetning av undersøkte krutt

##### 2.2.1 Lot WC868 - 2

Dette kruttet er produsert av PRIMEX Tech. Inc., og "Propellant description sheet" gir sammensetningen gjengitt i tabell 2.1. Kruttet består av skiver (sammenklemte kuler?) av variabel diameter og tykkelse. Sikteanalysen av lotten er gitt i tabell 2.2 sammen med noen andre egenskaper.



Ingrediens	Spesifikasjonskrav (%)	Analysert innhold (%)
Nitrocellulose	Remainder	79.84
Dinitrotoluene	1.00 Max	0.02
Dibutylphthalate	5-00 – 9.00	6.38
Nitroglycerine	8.00 – 11.00	10.46
Diphenylamine	0.75 – 1.50	1.13
Graphite	0.40 Max	0.12
Sodium Sulfate	0.50 Max	0.06
Calcium Carbonate	1.00 Max	0.11
Residual solvent	1.20 Max	0.30
Dust & Foreignn	0.10	0.01
Moisture/Volatiles	0.75 – 1.25	0.87
Total Volatiles	2.00 Max	0.91

Tabell 2.1 Sammensetning av Primex krutt lot WC868 – 2.

	Spesifikasjonskrav	Resultat
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.940 – 1.020	0.991
Heat 120°C SP	60' Minimum	80
Heat 120°C EXP	5 Hrs Min	5+
Total K <sup>+</sup> Salt	0.75 – 1.50	0.92
Nitrogen	8.00 – 11.00	13.18
Hygroscopicity	1.75 Max	*
Tin Dioxide	1.00 Min	0.06
Granulation		
US Sieve		
8	100% Thru	100.0
16	95% Min Thru	100.0
18	On	0.3
20	On	21.0
25	On	69.2
30	On	9.2
18 to 30	90% Min On	99.7
30	5.0% Max Thru	0.3
35	3.0% Max Thru	0.1

Tabell 2.2 Noen krav og egenskaper for PRIMEX krutt lot WC868 - 2

## 2.2.2 Lot WC867 - 61

Kruttet er produsert av Olin Corporation, St Marks., og "Propellant description sheet" gir sammensetningen gjengitt i tabell 2.3 og andre viktige egenskaper er gjengitt i tabell 2.4.

Ingrediens	Spesifikasjonskrav (%)	Analysert innhold (%)
Nitrocellulose	Remainder	79.84
Dinitrotoluene	1.00 Max	0.0
Dibutylphthalate	5.5 – 9.5	5.9
Nitroglycerine	8.00 – 11.00	10.42
Diphenylamine	0.75 – 1.50	1.17
Graphite	0.0 - 0.40	0.2
Sodium Sulfate	0.50 Max	0.06
Calcium Carbonate	0.00 - 1.00	0.07
Residual solvent	1.20 Max	0.51
Dust & Foreignn	0.10 Max	0.02
Moisture/Volatiles	0.75 – 1.25	0.89
Total Volatiles	2.00 Max	1.01

Tabell 2.3 Nominell og analysert sammensetning av Olin krutt lot WC867 - 61

	Spesifikasjonskrav	Resultat
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.945 – 1.025	0.951
Heat 120°C SP	60' Minimum	90
Heat 120°C EXP	5 Hrs Min	5+
Potassium Nitrate	0.10 – 1.50	0.61
Nitrogen	13.00 – 13.20	13.17
Hygroscopicity	1.75 Max	1.11
Tin Dioxide	0.65 – 1.50	0.78
Granulation		
US Sieve		
16	95% Min Thru	100
18	On	0.5
20	On	24.3
25	On	69.3
30	On	5.6
18 to 30	90% Min On	99.7
30	5.0% Max Thru	0.3
35	5.0% Max Thru	0.0

Tabell 2.4 Noen krav og analyseresultater for egenskapene til Olin krutt lot WC867 - 61



## 2.2.3 Propellant, A-5020, PA3240, lot MCI-5/98

Batch 3240, A-5020, lot MCI-5/98 er et krutt produsert av Muiden Chemie International B. V., Muiden for bruk til 20 mm NM75/NM163. Propellant Description Sheet Nr 3240 gir følgende egenskaper.

1. Type:	1-hole powder.
2. Dimensions:	Length: 1.77 mm Diameter: 1.51 mm Diameter hole: 0.22 mm Web: 0.65 mm
3. 0.5 g powder contain:	114 grains
4. Composition:	
Nitrocellulose	
Diphenylamine:	1.2 %
Ethylcentralite:	1.0 %
Dibutylphthalate:	2.6 %
Potassiumsulphate:	0.5%
Graphite:	0.2 %
5. a. Moisture 2h 100°C):	1.2 %
b. Moisture (KF/Verhoef):	1.2 %
6. Total volatile (5h 100°C):	1.2 %
7. Solvent:	0.4 %
8. Ash:	0.6 % (including Potassiumsulphate)
9. Chemical stability:	
a. Bergmann and Junk test:	7.8 ml NaOH 0.01 N/g
5g 5h 132°C (Acc. TL 1376-600)	
b. Dutch test 110°C:	
Loss of weight (8h):	1.3 %
Loss of weight (further 64 h):	1.4 %
(Acc. TL 1376-600)	
10. Gravimetric density:	1004 g/l
11. Calorific value:	3650 J/g (Acc. TL 1376-600 in air)
12. Ignition temperature:	171 °C
13. Ballistic properties:	Closed Vessel test (loading density 0.15 g/cm <sup>3</sup> ) 1730 bar.

## 2.2.4 Q-5560, Batch 2745.

Kruttet med betegnelsen Q-5560, Batch 2745 er produsert av Muiden Chemie International B. V., Muiden for bruk til 27 mm MP M90. Powder Description Sheet nr 2745 gir følgende opplysninger om egenskaper.

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Type:                           | 19-hole powder.  |
| 2. Dimensions:                     | Length: 3.78 mm<br>Diameter: 3.69 mm<br>Diameter hole: 0.16 mm<br>Web: 0.50 mm |
| 3. 6.0 g powder contain:           | 100 grains   |
| 4. Composition:                    |  |
| Nitrocellulose                     |  |
| Diethyleenglycoldinitrate:         | 17.7 %   |
| Nitroguanidine:                    | 5.3 %  |
| Akardite II (Ethylcentralite):     | 1.0 %  |
| Dibutylphthalate:                  | 1.0 %  |
| Potassium sulphate:                | 0.9 %  |
| Graphite:                          | 0.2 %  |
| 5. Moisture (2h 100°C):            | 0.6 %  |
| 6. Solvent:                        | 0.2 %  |
| 7. Ash:                            | 0.9 %  |
| 8. Chemical stability:             |  |
| a. Bergmann and Junk test:         | 0.7 ml   |
| 5g 5h 120°C (NaOH 0.01 N/g)        |  |
| b. Dutch test 105°C:               |  |
| Loss of weight after 8h :          | 0.8 %  |
| Loss of weight after further 64 h: | 0.5 %  |
| 9. Gravimetric density:            | 1031 g/l   |
| 10. Specific gravity (Beckmann):   | 1.61 g/cm <sup>3</sup>   |
| 11. Calorific value in air:        | 3997 J/g   |
| 12. Ignition temperature:          | 168 °C   |
| 13. Ballistic properties:          | Closed Vessel test (loading density 0.15 g/cm <sup>3</sup> )<br>1789 bar.      |

### 2.2.5 Lot MCI-3/95

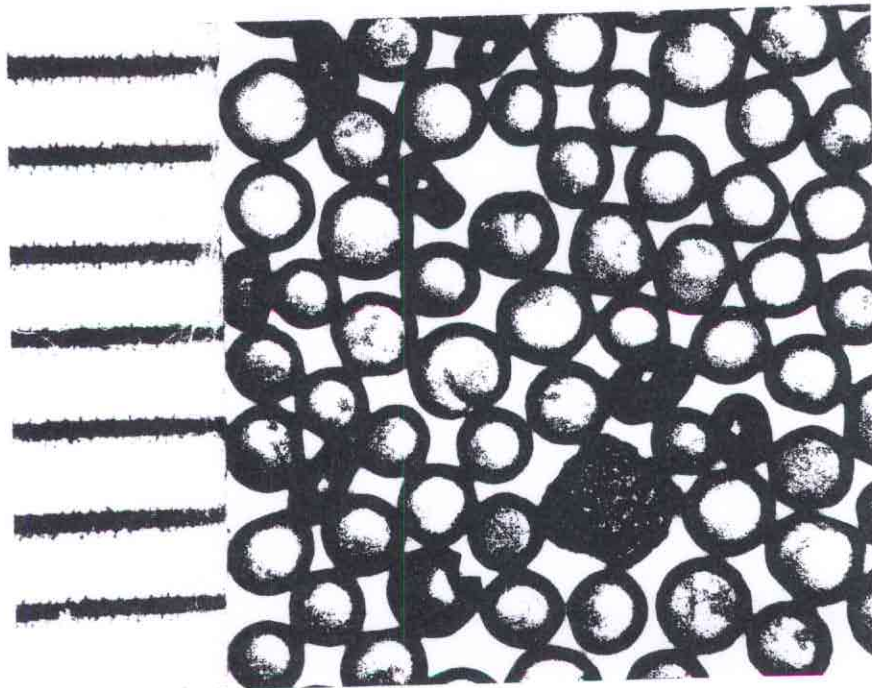
Det femte kruttet som er testet, krutt for 30mm ADEN, lot MCI-3/95 har vi ikke mottatt noen opplysninger om.

## 3 RESULTATER

### 3.1 Geometri og dimensjoner

#### 3.1.1 Lot WC868 - 2

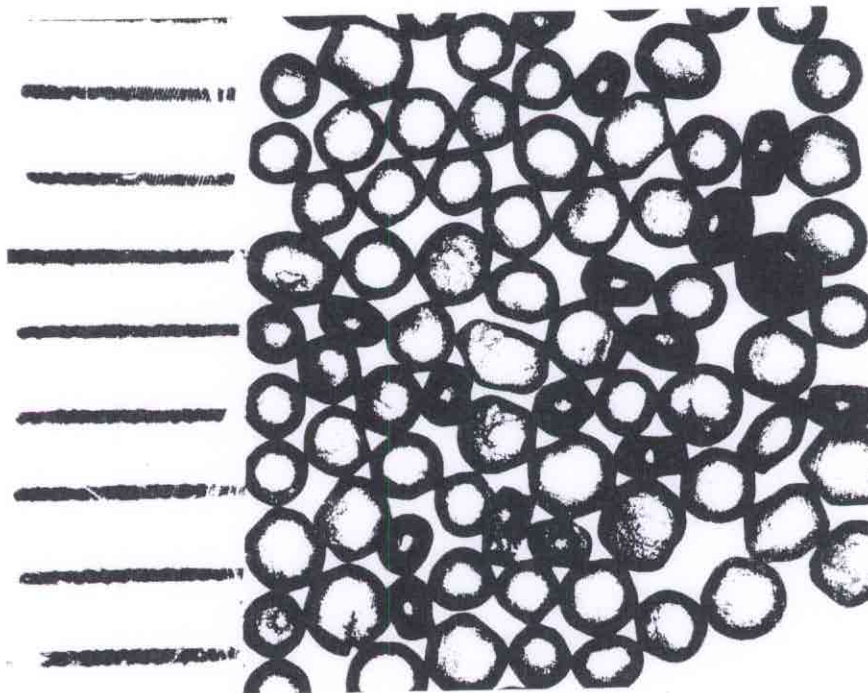
Dette kruttet består av korn av varierende størrelse. Kornene er uten hull. Det er ikke gjennomført sikteanalyse eller forsøk på å måle dimensjoner for et representativt antall korn. I figur 3.1 er gitt et bilde av noen korn. Analyseresultatet av kornstørrelsen bestemt ved sikting gitt av produsent (tabell 2.2); 0.3% < 1.18 mm men > 1.00 mm, 21% < 1.0 mm men > 0.85 mm, 69.2% < 0.85 mm men > 0.710 mm og 9.2% < 0.710 mm men > 0.600 mm virker imidlertid rimelig.



Figur 3.1 Fotografi av kruttkorn fra lot WC868 - 2

### 3.1.2 Lot WC867 - 61

Dette kruttet består av korn med varierende størrelse. Kornene er uten hull. Det er ikke gjennomført sikteanalyse eller forsøk på å måle dimensjoner for et representativt antall korn. I figur 3.2 er gitt et bilde av noen korn. Analyseresultatet av kornstørrelse bestemt ved sikting gitt av produsent (tabell 2.4); 0.5% < 1.18 mm men > 1.00 mm, 24.3% < 1.0 mm men > 0.85 mm, 69.3% < 0.85 mm men > 0.710 mm og 5.6% < 0.710 mm men > 0.600 mm virker rimelig.

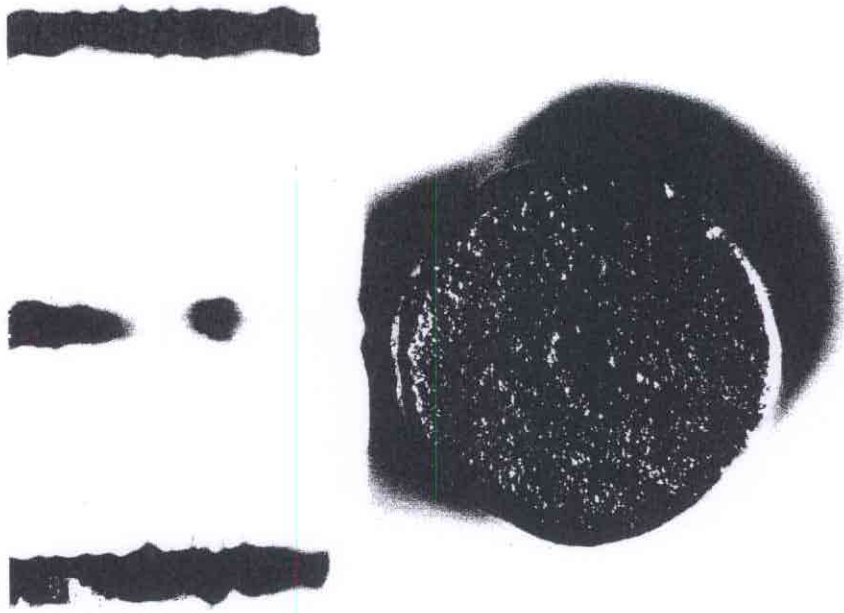


*Figur 3.2. Fotografi av kruttorn fra lot WC867 - 61*

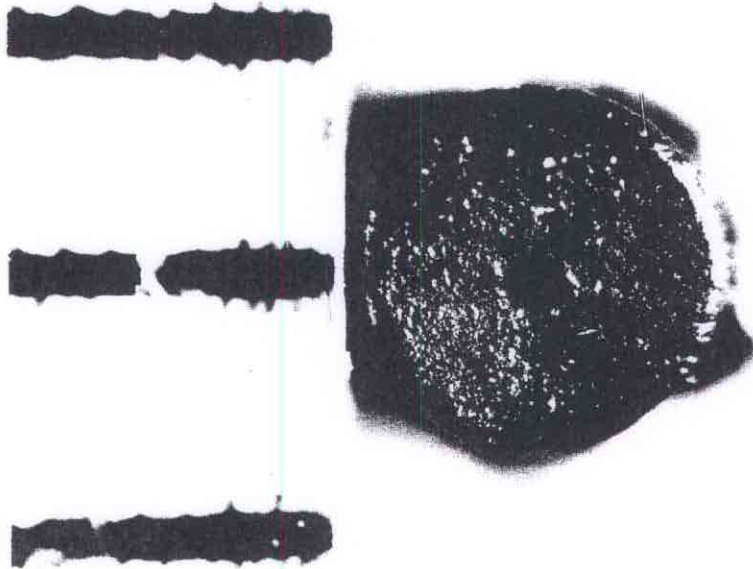
### 3.1.3 20 mm NM75/NM 163

Noen av kruttkornene har vært målt dimensjoner for ved ut fra bilder fra avfotografering av enkelt korn i lysmikroskop. Figur 3.3 og 3.4 gir bilder av to av kruttkornene. Tabell 3.1 gir resultatene. Lengde og diameter er dessuten målt i målemikroskop. Disse resultatene er gitt i tabell 3.2 og 3.3 for henholdsvis lengde og diameter. Dimensjonene oppgitt av produsent er noe avvikende i forhold til de vi har målt. Eksperimentelt målt lengde er noe lenger enn oppgitt,  $1.86 \pm 0.14$  mm mot 1.77 mm. Målt diameter både fra bilder (1.41 mm) og i målemikroskop ( $1.44 \pm 0.04$  mm) er noe mindre enn oppgitt av produsent (1.51 mm). Perforeringen er for alle målte korn asymmetrisk plassert og diameteren noe mindre enn oppgitt av produsent.





*Figur 3.3*    *Fotografi av kruttkorn A fra 20 mm NM75NM163*



*Figur 3.4*    *Fotografi av kruttkorn D fra 20 mm NM75NM163*



Korn nr	A	B	C	D	Snitt
Diameter (mm)	1.401	1.444	1.394	1.398	1.409
Perforeringsdiameter (mm)	0.155	0.163	0.182	0.241	0.185
Største web (mm)	0.676	0.770	0.727	0.662	0.709
Minste web (mm)	0.592	0.533	0.515	0.541	0.545

Tabell 3.1 Noen dimensjoner for krutt A-5020, PA3240 lot MCI-5/98

Korn nr	Lengde (mm)					Gjennomsnitt Std. Avvik (mm)
	1-5	1.91	1.96	1.77	2.1	2.11
6-10	2.16	1.75	1.65	2.06	1.65	
11-15	1.92	1.77	1.91	1.81	1.64	
16-20	1.49	1.84	1.83	1.91	2.08	
21-25	1.85	2.36	1.87	1.75	1.74	
26-31	1.73	1.76	1.77	2.01	1.9	1.56

Tabell 3.2 Lengde av kruttkorn fra lot MCI-05-98

Korn Nr	Diameter (mm)					Snitt/std avvik (mm)
	1-5	1.49	1.47	1.45	1.44	1.46
6-10	1.49	1.43	1.44	1.39	1.41	
11-15	1.43	1.34	1.57	1.40	1.43	
15-20	1.51	1.49	1.44	1.48	1.37	
21-25	1.38	1.43	1.47	1.45	1.48	
26-30	1.42	1.48	1.38	1.43	1.32	

Tabell 3.3 Diameter av kruttkorn fra lot MCI-05-98

### 3.1.4 Krutt for 27 mm

Krutt for 27 mm P. 18060-86 Art. 62015-4 er undersøkt med hensyn på dimensjoner.

Kruttkornene har nitten hull. Figurene 3.5 og 3.6 gir bilder av to av de undersøkte kornene.

Tabellene 3.4 og 3.5 gir resultatet for henholdsvis lengde og diameter målt i målemikroskop.

Tabell 3.6 gir resultatene ut fra målinger av fotografier. Målt lengde  $3.80 \pm 0.23$  mm er i overensstemmelse med 3.78 mm som produsenten oppgir. Oppgitt diameter på 3.69 mm er noe større enn målt i målemikroskop  $3.45 \pm 0.18$  mm og fra bilder på 3.59 mm. Målt hull diameter (0.12 mm) er gjennomgående mindre enn oppgitt av produsent (0.16 mm). Imidlertid er det stor variasjon i hulldiameter for undersøkte kruttorn.

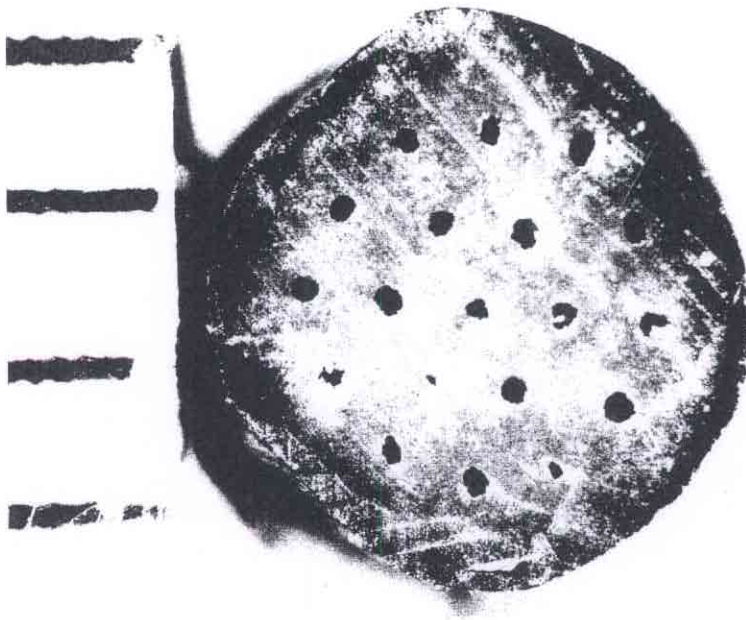
Korn Nr	Lengde (mm)						Gjennomsnitt lengde (mm)
1-6	3.10	3.93	3.64	4.02	4.07	3.82	<b><math>3.803 \pm 0.228</math></b>
7-12	3.85	3.55	3.96	3.69	3.80	3.92	
13-18	3.78	3.81	3.56	4.04	3.85	3.94	
18-24	3.77	3.75	4.12	3.99	3.55	3.63	
25-30	4.00	3.97	3.95	3.83	3.25	3.96	

Tabell 3.4 Lengde av kruttorn fra lot P. 18060-86 målt i målemikroskop

Korn Nr	Diameter (mm)					Snitt(mm)
1-5	3.67	3.62	3.25	3.41	3.46	<b><math>3.4548</math> <math>\pm 0.1757</math></b>
6-10	3.41	3.31	3.57	3.34	3.35	
11-15	3.44	3.27	3.57	3.32	3.59	
15-20	3.76	3.81	3.27	3.7	3.67	
21-25	3.33	3.42	3.31	2.39	3.53	
26-29	3.61	3.58	3.68	3.55		

Tabell 3.5 Diameter av kruttorn fra lot P. 18060-86 målt i målemikroskop

Ytre web for alle undersøkte korn er generelt større enn 0.5 mm som er oppgitt av produsent. Gjennomsnittlig web er 0.515 mm dvs at midtre og indre web er mindre enn gjennomsnittet. Minst er indre web, 0.44 mm. Variasjonene i de ulike webbene gjør at man noen steder på kruttornet tidlig får gjennomforbrenning, og at benyttet formfunksjoner vil gi dårlig overensstemmelse med virkeligheten.



Figur 3.5      *Fotografi av kruttkorn E fra lot Q-5560, Batch 2745*



Figur 3.6      *Fotografi av kruttkorn F fra lot Q-5560, Batch 2745*



	A	B	C	D	E	F	Snitt
Diameter målt (mm)	3.679	3.714	3.405	3.824	3.510	3.375	3.585
Diameter ytre hull (mm)	0.0952	0.1746	0.0876	0.1598	0.1508	0.0881	0.1260
Diameter midtre hull (mm)	0.0952	0.1508	0.0876	0.1230	0.1336	0.0873	0.1129
Diameter senter hull (mm)	0.0952	0.1429	0.0876	0.1230	0.1230	0.0476	0.1032
Gjennomsnitt alle hull (mm)	0.0952	0.1654	0.0876	0.1462	0.1439	0.0857	0.1207
Ytre web(mm)	0.6171	0.5754	0.5547	0.6566	0.5553	0.5353	0.5824
Midtre web (mm)	0.4921	0.3944	0.4635	0.5025	0.4385	0.4524	0.4572
Indre web (mm)	0.4524	0.4365	0.3869	0.4467	0.4426	0.4730	0.4397
Gjennomsnitt web (mm)	0.5447	0.4954	0.4900	0.5656	0.4979	0.4990	0.5154
Diameter beregnet (mm)	3.6002	3.6063	3.2482	3.9002	3.5646	3.3198	3.540

Tabell 3.6 Dimensjoner for kruttorn fra lot P. 18060-86 målt fra fotografier

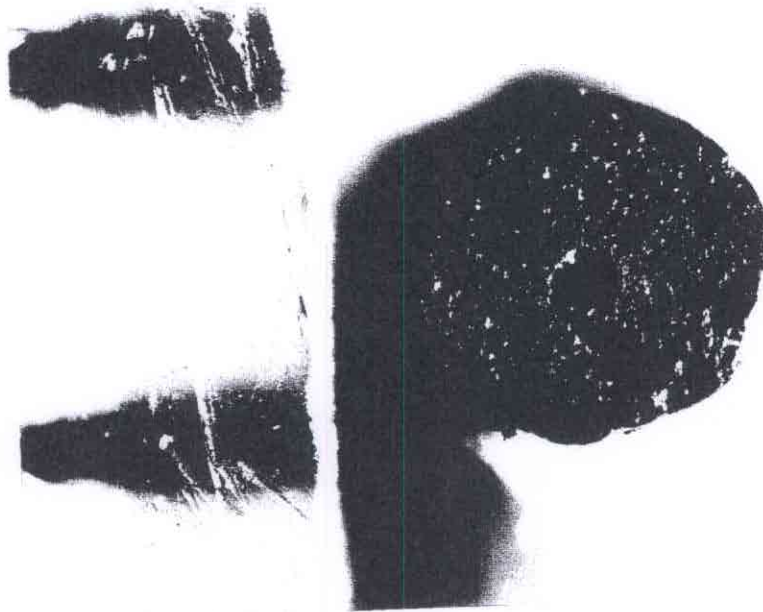
### 3.1.5 Krutt for 30 mm

Krutt for 30 mm P. MCI 3-95 ank. 20-10-97 har vært målt dimensjoner for. Noen av kornene har vært avfotografert i lysmikroskop. Resultatene for perforeringsdiameter, web og korndiameter bestemt ut fra disse fotografiene er gitt i tabell 3.7. Figurene 3.7 og 3.8 gir to av bildene. Plasseringen av hullet er noe asymmetrisk noe som vil gi dårlig overensstemmelse for brennhastighetslikningen nær maksimaltrykket.

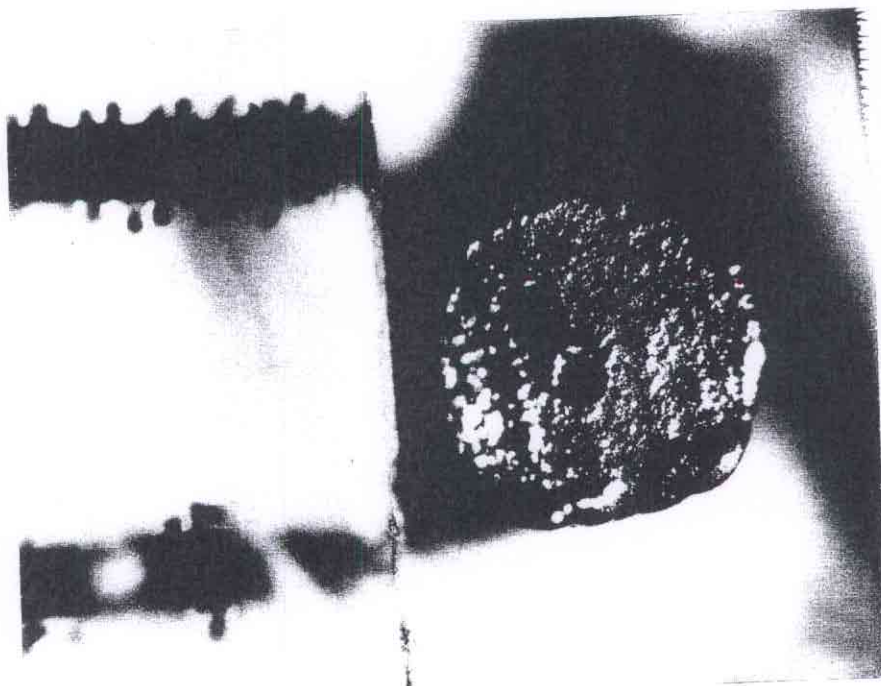
Korn nr	A	B	C	D	Snitt
Korn diameter (mm)	0.953	0.980	0.913	0.833	<b>0.920</b>
Perforeringsdiameter (mm)	0.156	0.194	0.163	0.125	<b>0.160</b>
Største web (mm)	0.417	0.429	0.429	0.435	<b>0.428</b>
Minste web (mm)	0.375	0.347	0.347	0.278	<b>0.337</b>

Tabell 3.7 Noen dimensjoner for lot P.MCI 3-95

Tabell 3.8 gir lengden,  $1.342 \pm 0.173$  mm målt ved hjelp av målemikroskop. Resultatene i tabell 3.8 viser en relativt stor variasjon i kornlengden med en faktor nær 2 mellom det korteste og det lengste kornet. Imidlertid har variasjon i lengden mindre innvirkning på trykk/tid forløpet enn variasjon i diameteren. Målt diameter i målemikroskop er gitt i tabell 3.9. Resultatet  $0.910 \pm 0.021$  mm gir moderat variasjon i diameteren.



*Figur 3.7*    *Fotografi av kruttorn C fra lot MCI-3/95*



*Figur 3.8*    *Fotografi av kruttorn D fra lot MCI-3/95*



Korn nr	Lengde (mm)					Gjennomsnitt
						Std avvik (mm)
1-5	1.53	1.18	1.37	1.27	1.45	<b>1.342 ± 0.173</b>
6-10	1.13	1.41	1.35	1.59	1.38	
11-15	1.20	1.38	1.34	1.28	1.16	
16-20	1.15	1.31	1.29	1.39	1.43	
21-25	1.53	1.48	1.63	1.49	1.21	
26-31	0.84	1.44	1.05	1.46	1.26	1.63

Tabell 3.8 Lengde av kruttkorn fra lot P.MCI 3-95

Korn nr	Diameter (mm)					Gjennomsnitt
						Std avvik (mm)
1-5	0.95	0.88	0.88	0.91	0.92	<b>0.910 ± 0.021</b>
6-10	0.92	0.89	0.93	0.89	0.87	
11-15	0.89	0.91	0.93	0.91	0.92	
16-20	0.94	0.88	0.92	0.89	0.88	
21-25	0.95	0.92	0.92	0.91	0.92	
26-31	0.91	0.91	0.93	0.92	0.92	0.90

Tabell 3.9 Diameter for kruttkorn fra lot P.MCI 3-95

### 3.2 Closed Vessel fyringer

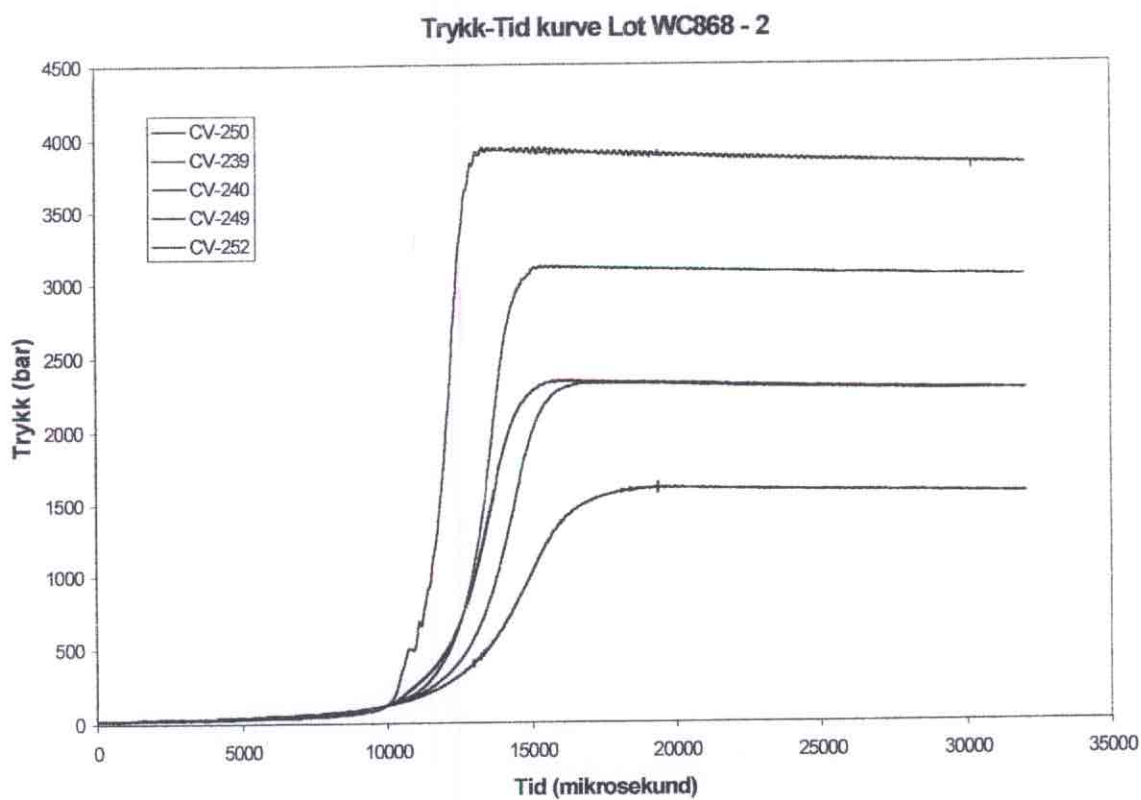
Alle krutt har vært testet ved 4 ulike ladetettheter. Tabell 3.10 gir resultatene for alle fyringene. Alle trykk/tid kurver er gitt i figurene 3.9 til 3.13. For ladetetthet 0.2 har det for alle krutt blitt fyrt paralleller. Variasjonen i oppnådde maksimaltrykk for disse fyringene er små. For to av kruttene (3 og 4) oppgir produsenten et trykk fra eksperimentell testing. De trykk vi har målt for disse to kruttene ligger noe lavere enn hva produsenten oppgir. Årsaken til avviket er ikke klarlagt. Vi har for et av kruttene også gjennomført en fyring med en ny NATO standard trykkcelle uten at trykket av den grunn endret seg nevneverdig.

Noen av trykk/tid kurvene har relativt mye støy. Årsaken til støyen er ikke kjent. Imidlertid har krutt testet senere (3) og tidligere (2) ikke denne støyen. Det er derfor nærliggende å tro at årsaken ligger i brennegenskapene til kruttet og ikke i trykkcelle eller andre måletekniske parametere.

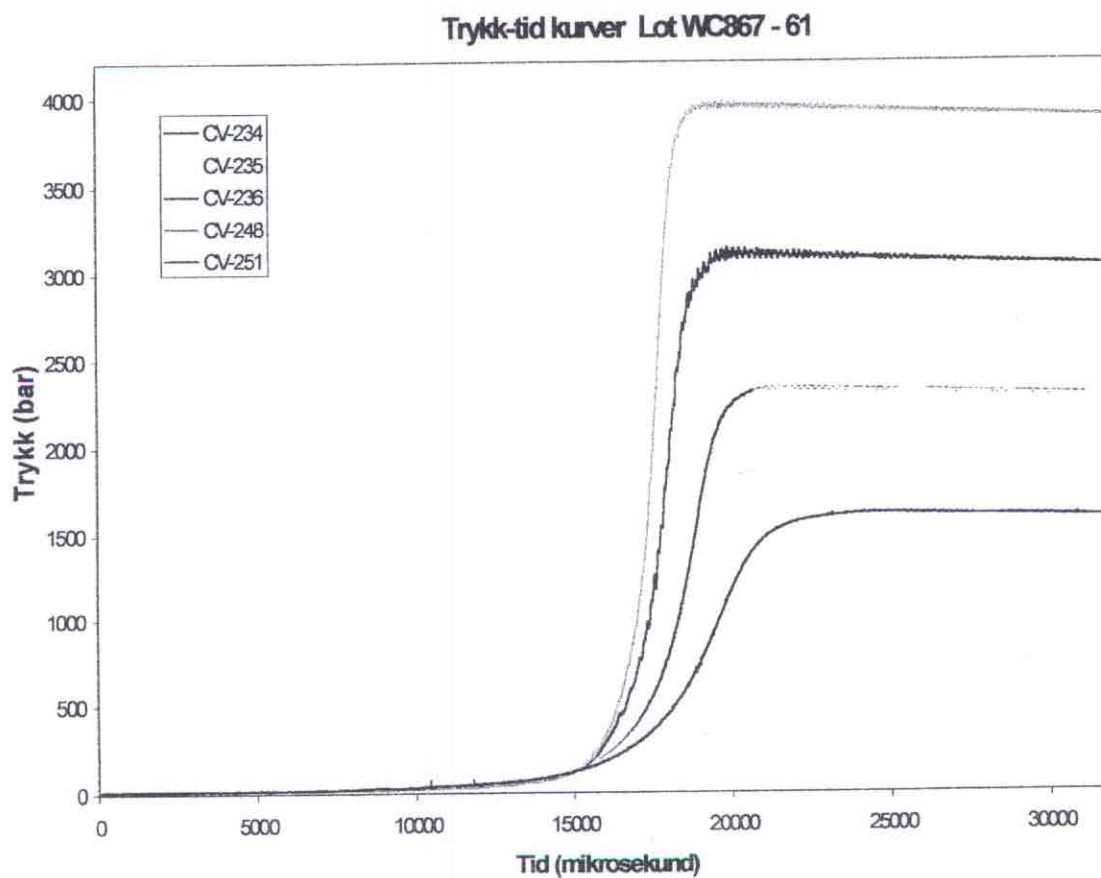
Fyringsdato	Fyringsnr.	Krutt type	Lot nr.	Ladetetthet (g/cm <sup>3</sup> )	Trykk (bar)
22/10	250	20 mm LD WC 868 (Art. 108700)	Lot - 2	0.150	1607
21/10	239			0.200	2320
21/10	240			0.200	2333
22/10	249			0.250	3112
26/10	252			0.300	3944
22/10	251	20 mm LD WC 867 (Art. 80135-5)	Lot - 61	0.150	1620
21/10	234			0.200	2328
21/10	235			0.200	2328
21/10	236			0.250	3116
22/10	248			0.300	3958
22/10	244	20 mm NM75/ NM163	Lot MCI-05/98	0.150	1621
21/10	237			0.200	2344
21/10	238			0.200	2341
22/10	243			0.250	3108
21/10	242			0.300	4005
21/10	231	27 mm MP M90 Q5560	Lot-18060/86	0.150	1712
21/10	229			0.200	2428
21/10	230			0.200	2422
7/12*	272			0.200	2446
21/10	233			0.250	3236
21/10	232			0.300	4115
22/10	247	30 mm ADEN	Lot MCI-3/95	0.150	1676
21/10	228			0.200	2375
21/10	241			0.200	2380
22/10	245			0.250	3142
22/10	246			0.300	4025

\*Ny trykceller Kistler 6215.

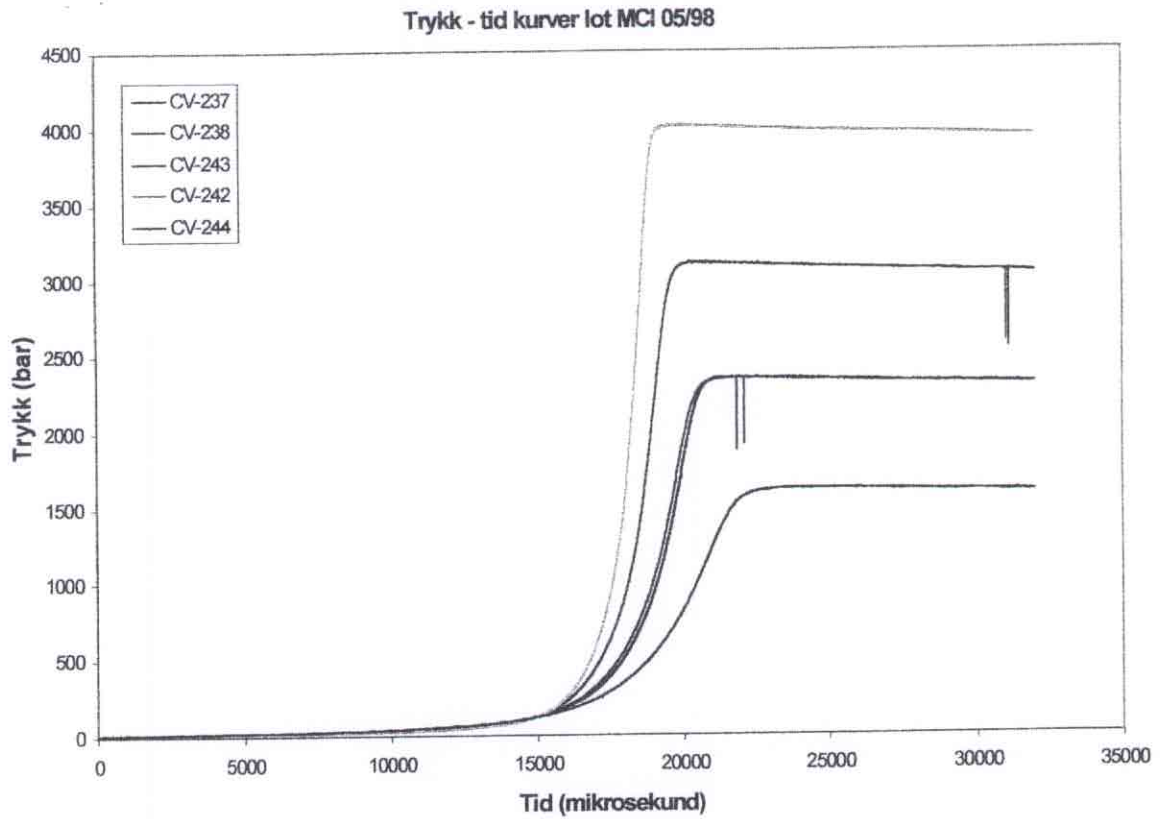
Tabell 3.10 Trykk for testet krutt ved ulike ladetettheter



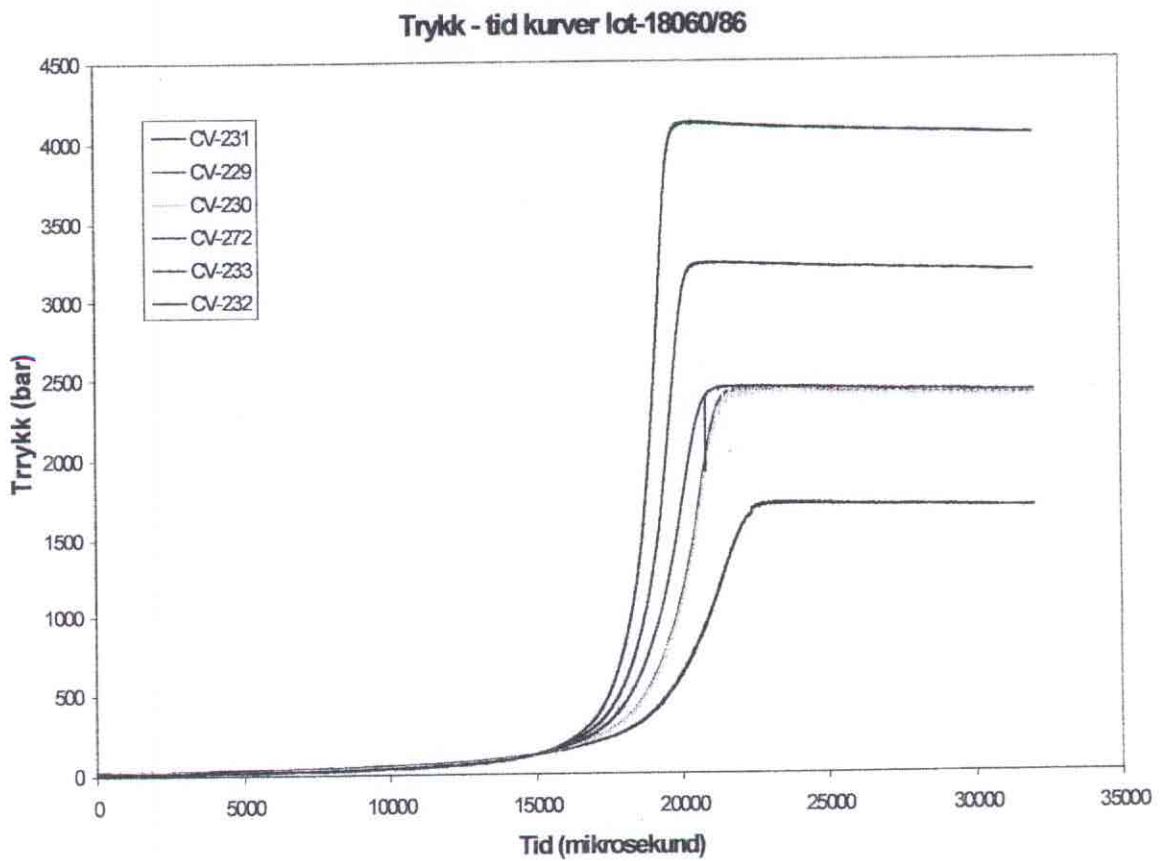
Figur 3.9 Trykk/tid kurver for lot WC868 - 2.



Figur 3.10 Trykk/tid kurvene for lot WC687 - 61 kruttet



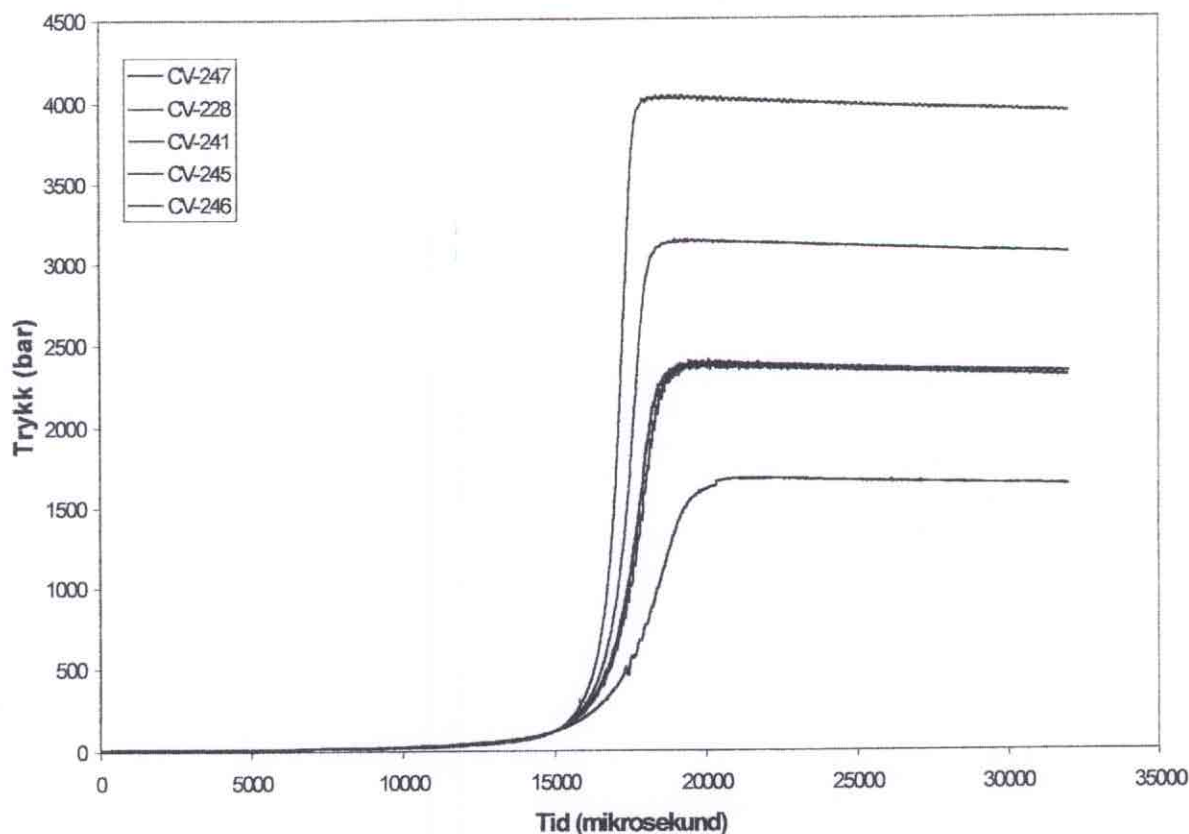
Figur 3.11 Trykk/tid kurvene for 20 mm NM75/NM163 kruttet



Figur 3.12 Trykk/tid kurver for 27 mm MP M90 Q 5560 kruttet.



Trykk - tid kurver Lot MCI-3/95



Figur 3.13 Trykk/tid kurver for 30 mm ADEN kruttet

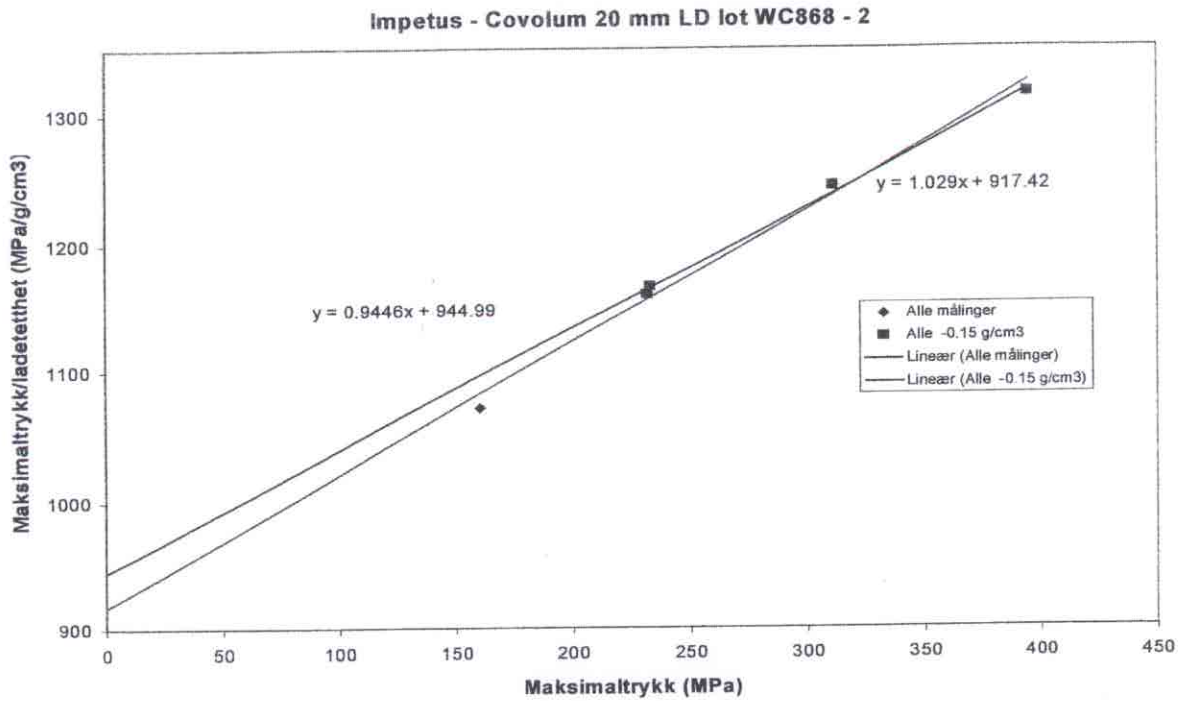
### 3.3 Impetus og Covolum

Ved å plote maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet og trekke en rett linje mellom punktene vil man kunne få impetus som punktet hvor den rette linjen skjærer y-akse. Stigningen til den rette linjen gir covolum. Kurvene i figurene 3.14 til 3.18 gir impetus og covolum for to alternativer, samtlige målinger og for alternativet hvor den laveste ladetettheten er utelatt. Tabell 3.11 gir en oppsummering av resultatene.

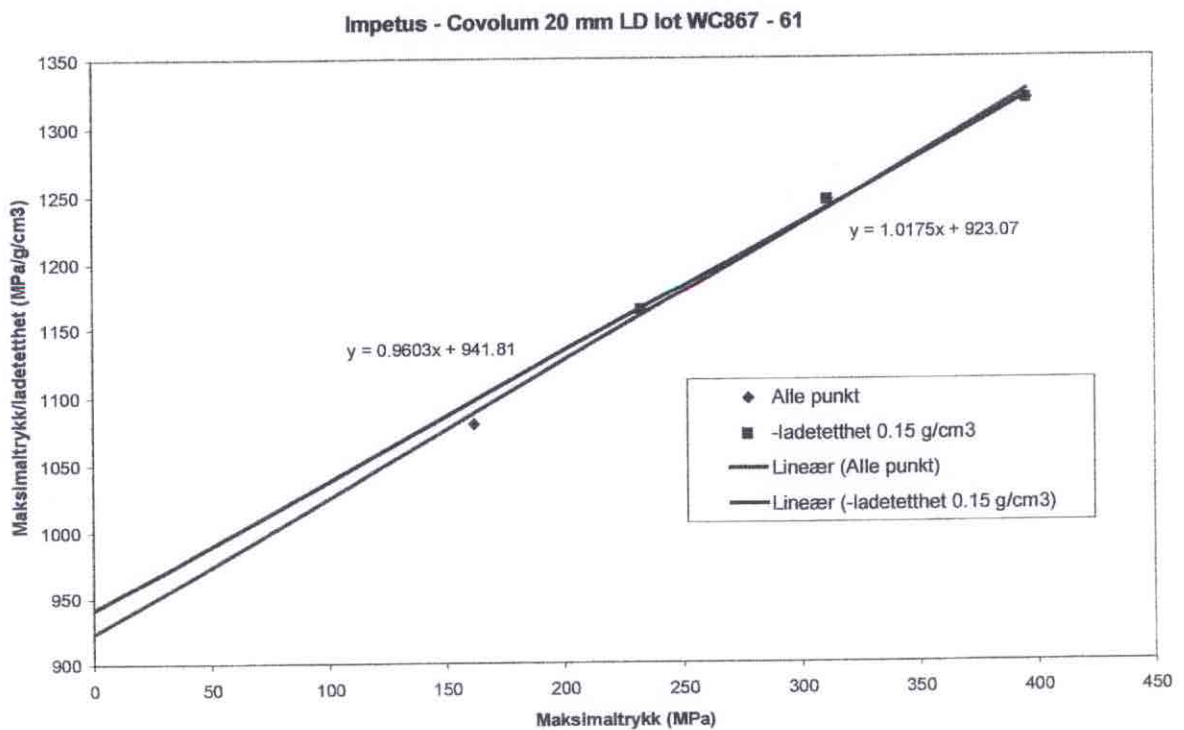
Krutt	Alle ladetettheter		Alle ladetetthet $-0.15 \text{ g/cm}^3$	
	Impetus (J/g)	Covolum ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	Impetus (J/g)	Covolum ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
20 mm LD lot WC868 - 2	917.42	1.029	944.99	0.9446
20 mm LD lot WC867 - 61	923.07	1.0175	941.81	0.9603
20 mm NM75/NM163	920.19	1.0436	940.52	0.9821
27 mm MP M90	982.71	0.9528	990.75	0.9284
30 mm ADEN	961.69	0.9449	968.10	0.9257

Tabell 3.11 Eksperimentell impetus og covolum for testet krutt



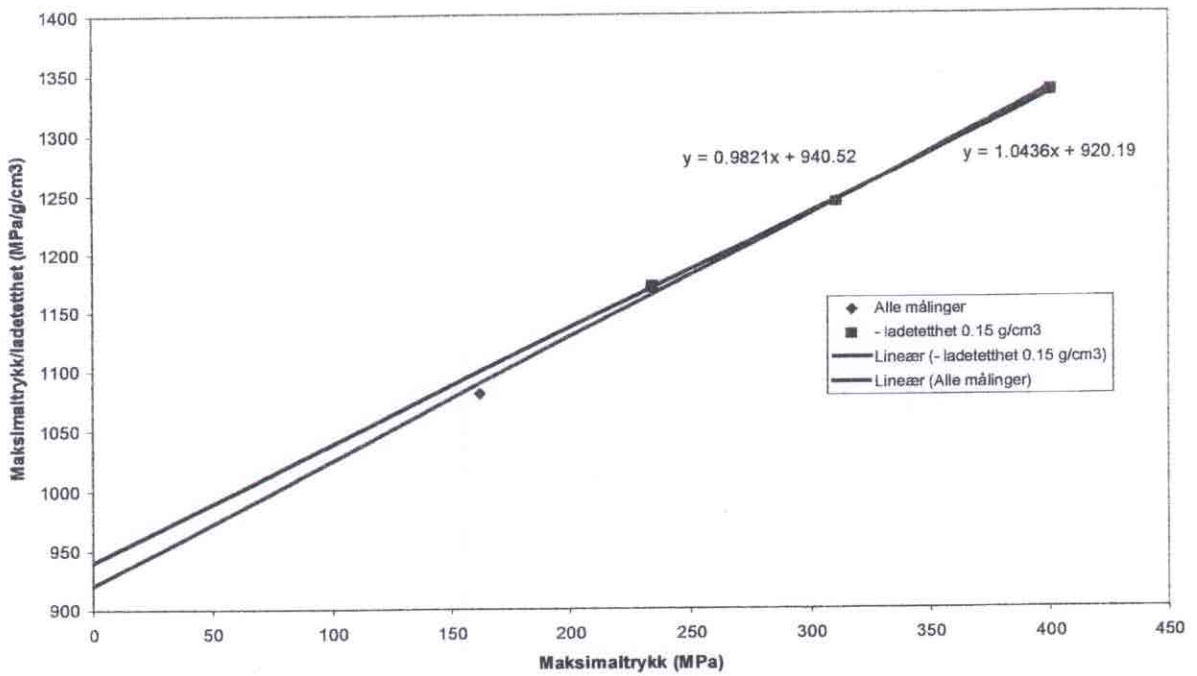


Figur 3.14 Maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet for 20 mm LD Lot WC868 – 2



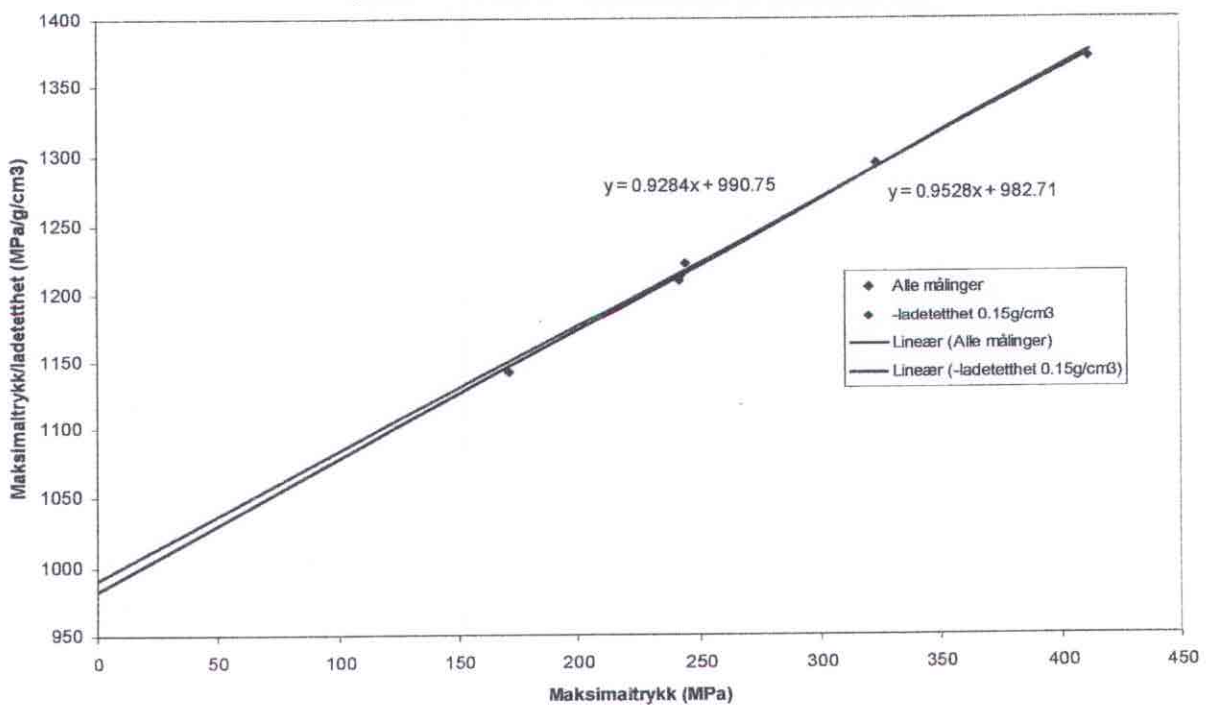
Figur 3.15 Maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet for 20 mm LD lot WC867 – 61.

Impetus - Covolum 20 mm NM75/NM163 Lot MCI 05/98

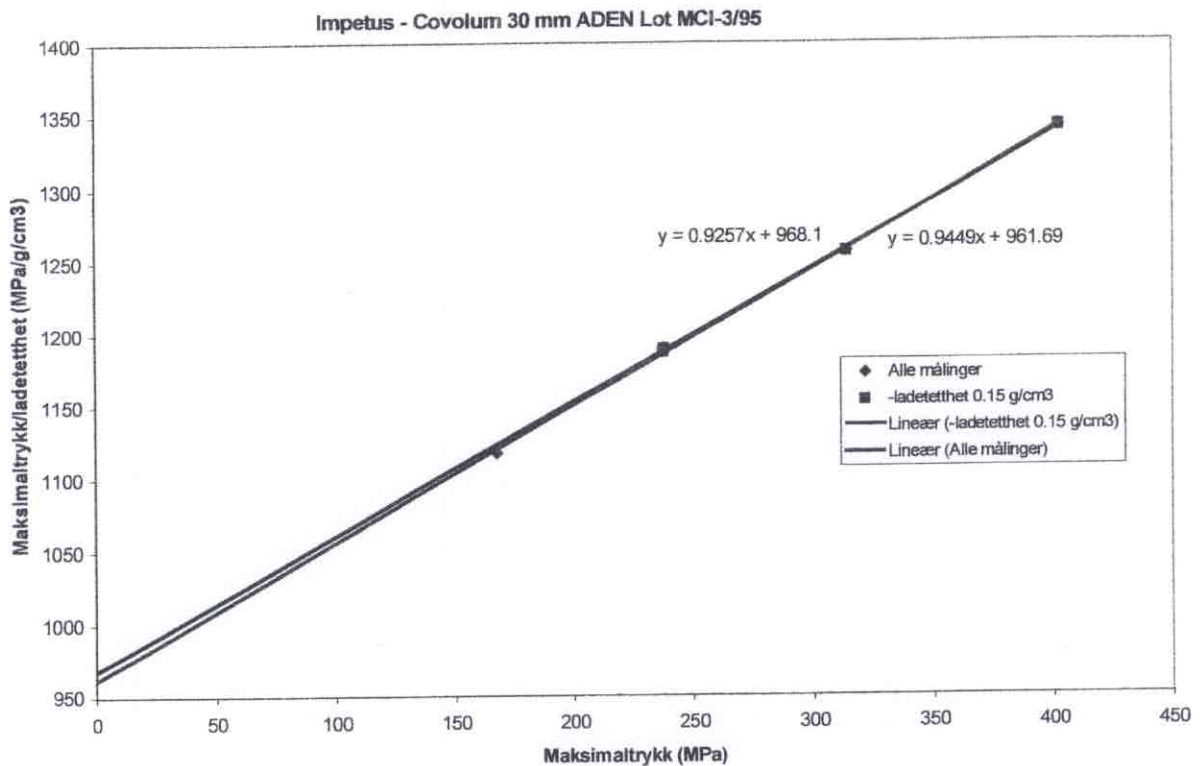


Figur 3.16 Maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet for lot MCI 05/98

Impetus - Covolum 27 mm MP M90 Q-5560 Lot-18060/86



Figur 3.17 Maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet for lot 18060/86



Figur 3.18 Maksimaltrykk som funksjon av maksimaltrykk/ladetetthet for testet 30 mm ADEN lot MCI-3/95 krutt

### 3.4 Teoretiske beregninger

CHEETAH (1) har vært benyttet til teoretiske beregninger av egenskaper til testet krutt utfra sammensetningen gitt i produkt spesifikasjonene gitt i kapittel 2.

#### 3.4.1 Lot WC 868 - 1

```
Input>library file, blake.chl
Product library title: the blake product library
Executing library command: gas eos, virial
```

```
Input>composition, ncellulose-12.6, 79.84, dpa, 1.13, water, 1.17, ng, 10.46,
dbp, 6.38, potass nit, 0.92, graphite, 0.12, weight
The Composition
```

Name	% wt.	% mol	% vol.	Heat of formation (cal/mol)	Standard volume (cc/mol)	Mol. wt.	Formula
nc-12.6	79.82	64.73	76.24	-169216	164.59	272.39	C <sub>6</sub> H <sub>7.55</sub> N <sub>2.45</sub> O <sub>9.9</sub>
dpa	1.13	1.47	1.12	31310	105.76	169.22	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N <sub>1</sub>
water	1.17	14.34	1.85	-68356	18.02	18.02	H <sub>2</sub> O <sub>1</sub>
ng	10.46	10.17	10.37	-90105	142.47	227.09	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub>
dbp	6.38	5.06	9.65	-201004	266.35	278.34	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>
potass nit	0.92	2.01	0.69	-118069	48.03	101.11	N <sub>1</sub> O <sub>3</sub> K <sub>1</sub>
graphite	0.12	2.21	0.09	0	5.72	12.01	C <sub>1</sub>

Heat of formation = -636.481 cal/gm  
 Standard volume = 0.633 cc/gm  
 Standard entropy = 0.000 cal/k/gm  
 Standard energy = -636.497 cal/gm

The elements and percent by mole

c	23.808
h	31.872
n	8.821
o	35.406
k	0.092

The average mol. wt. = 220.891 g/mol

Input>gas eos, virial

Input>gun, 0.150000, 0.050000, 0.300000

GUN calculation:

	Rho g/cc	Temp K	Pressure MPa	Impetus J/g	Mol Wt. Gas	Covol cc/g	Frozen Cp/Cv	Phi
1.)	0.1500	2611.4	169.6	947.93	22.906	1.079	1.252	1.193
2.)	0.2000	2614.2	240.4	948.26	22.923	1.055	1.254	1.267
3.)	0.2500	2617.3	319.3	948.43	22.946	1.029	1.258	1.347
4.)	0.3000	2620.9	407.0	948.43	22.977	1.003	1.261	1.430

### 3.4.2 Lot WC867 - 61

Input>composition, ncellulose-12.6, 79.84, dpa, 1.17, water, 0.89, ng, 10.42, dbp, 5.9, potass nit, 0.61, graphite, 0.2, et, 0.51, weight  
 Reactant library title:# Version 2.0 by P. Clark Souers

#### The Composition

Name	% wt.	% mol	% vol.	Heat of formation (cal/mol)	Standard volume (cc/mol)	Mol. wt.	Formula
nc-12.6	80.21	66.48	76.89	-169216	164.58	272.38	C <sub>6</sub> H <sub>7.55</sub> N <sub>2.45</sub> O <sub>9.9</sub>
dpa	1.18	1.57	1.17	31310	105.77	169.23	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N <sub>1</sub>
water	0.89	11.21	1.42	-68356	18.02	18.02	H <sub>2</sub> O <sub>1</sub>
ng	10.47	10.41	10.42	-90105	142.46	227.09	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> O <sub>9</sub>
dbp	5.93	4.81	9.00	-201004	266.36	278.35	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>
potass nit	0.61	1.37	0.46	-118069	48.03	101.10	N <sub>1</sub> O <sub>3</sub> K <sub>1</sub>
graphite	0.20	3.78	0.15	0	5.72	12.01	C <sub>1</sub>
et	0.51	0.38	0.50	-4302	184.77	301.17	C <sub>8</sub> H <sub>7</sub> N <sub>5</sub> O <sub>8</sub>

Heat of formation = -621.612 cal/gm  
 Standard volume = 0.630 cc/gm  
 Standard entropy = 0.000 cal/k/gm  
 Standard energy = -621.627 cal/gm

The elements and percent by mole

c	23.946
h	31.561
n	8.944
o	35.488
k	0.062

The average mol. wt. = 225.769 g/mol

Input>gas eos, virial

Input>gun, 0.150000, 0.050000, 0.300000

GUN calculation:



	Rho g/cc	Temp K	Pressure MPa	Impetus J/g	Mol Wt. Gas	Covol cc/g	Frozen Cp/Cv	Phi
1.)	0.1500	2648.8	171.7	959.16	22.962	1.080	1.251	1.193
2.)	0.2000	2651.5	243.3	959.46	22.978	1.056	1.254	1.268
3.)	0.2500	2654.4	323.2	959.59	23.000	1.031	1.257	1.347
4.)	0.3000	2657.6	411.9	959.53	23.029	1.004	1.260	1.431

### 3.4.3 Batch 3240, A-5020, Lot MCI 5/98

Product library title: bkwc  
 Executing library command: gas eos, bkwc  
 Executing library command: set, bkwc, alpha, 0.499123809964  
 Executing library command: set, bkwc, beta, 0.402655787895  
 Executing library command: set, bkwc, theta, 5441.84607543  
 Executing library command: set, bkwc, kappa, 10.8636743138  
 Reactant library title: # Version 2.0 by P. Clark Souers

Input>library file, blake.chl  
 Product library title: the blake product library  
 Executing library command: gas eos, virial  
 Input>composition, dpa, 1.2, ec, 1, dbp, 2.6, graphite, 0.2, potass sul, 0.5,  
 ncellulose-12.6, 94.5, weight

#### The Composition

Name	% wt.	% mol	% vol.	Heat of formation (cal/mol)	Standard volume (cc/mol)	Mol. wt.	Formula
dpa	1.20	1.83	1.22	31310	105.76	169.22	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> N <sub>1</sub>
ec	1.00	0.96	1.45	-28681	238.74	268.35	C <sub>17</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>1</sub>
dbp	2.60	2.42	4.04	-201004	266.35	278.34	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>
graphite	0.20	4.31	0.15	0	5.72	12.01	C <sub>1</sub>
potass sul	0.50	0.74	0.31	-343451	65.46	174.26	O <sub>4</sub> K <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
nc-12.6	94.50	89.74	92.83	-169216	164.58	272.38	C <sub>6</sub> H <sub>7.55</sub> N <sub>2.45</sub> O <sub>9.9</sub>

Heat of formation = -614.553 cal/gm  
 Standard volume = 0.615 cc/gm  
 Standard entropy = 0.000 cal/k/gm  
 Standard energy = -614.568 cal/gm

The elements and percent by mole

c	24.617
h	30.588
n	8.882
o	35.825
k	0.059
s	0.029

The average mol. wt. = 258.653 g/mol

Input>gas eos, virial  
 Input>gun, 0.150000, 0.050000, 0.300000  
 GUN calculation:

	Rho g/cc	Temp K	Pressure MPa	Impetus J/g	Mol Wt. Gas	Covol cc/g	Frozen Cp/Cv	Phi
1.)	0.1500	2642.2	169.8	948.46	23.163	1.081	1.252	1.194
2.)	0.2000	2644.9	240.6	948.74	23.180	1.057	1.255	1.268
3.)	0.2500	2647.6	319.6	948.84	23.201	1.031	1.258	1.347
4.)	0.3000	2650.7	407.4	948.77	23.230	1.005	1.261	1.431



### 3.4.4 Q-5560, Batch 2745.

Product library title: bkwc  
 Executing library command: gas eos, bkwc  
 Executing library command: set, bkwc, alpha, 0.499123809964  
 Executing library command: set, bkwc, beta, 0.402655787895  
 Executing library command: set, bkwc, theta, 5441.84607543  
 Executing library command: set, bkwc, kappa, 10.8636743138  
 Reactant library title:# Version 2.0 by P. Clark Souers

Input>library file, blake.chl  
 Product library title: the blake product library  
 Executing library command: gas eos, virial  
 Input>composition, akardi ii, 1, graphite, 0.2, potass sul, 0.9, degdn, 17.7,  
 nq, 5.3, dbp, 1, ncellulose-12.6, 73.9, weight

Name	% wt.	% mol	% vol.	The Composition			Formula
				Heat of formation (cal/mol)	Standard volume (cc/mol)	Mol. wt.	
akardi ii	1.00	1.00	1.33	-22706	188.56	226.27	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> O <sub>1</sub>
graphite	0.20	3.76	0.15	0	5.72	12.01	C <sub>1</sub>
potass sul	0.90	1.17	0.54	-343451	65.46	174.26	O <sub>4</sub> K <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
degdn	17.70	20.40	20.34	-102772	141.09	196.12	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
nq	5.30	11.51	4.78	-22228	58.80	104.07	C <sub>1</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
dbp	1.00	0.81	1.53	-201004	266.36	278.35	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>
nc-12.6%N	73.90	61.34	71.33	-169216	164.58	272.38	C <sub>6</sub> H <sub>7.55</sub> N <sub>2.45</sub> O <sub>9.9</sub>

Heat of formation = -589.136 cal/gm  
 Standard volume = 0.626 cc/gm  
 Standard entropy = 0.000 cal/k/gm  
 Standard energy = -589.152 cal/gm

The elements and percent by mole

c	22.150
h	31.711
n	10.768
o	35.213
k	0.105
s	0.053

The average mol. wt. = 226.081 g/mol

Input>gas eos, virial  
 Input>gun, 0.150000, 0.050000, 0.300000  
 GUN calculation:

	Rho g/cc	Temp K	Pressure MPa	Impetus J/g	Mol Wt. Gas	Covol cc/g	Frozen Cp/Cv	Phi
1.)	0.1500	2845.4	180.0	1009.65	23.433	1.057	1.243	1.188
2.)	0.2000	2848.6	254.8	1010.19	23.446	1.035	1.245	1.261
3.)	0.2500	2851.4	338.0	1010.50	23.462	1.011	1.248	1.338
4.)	0.3000	2854.0	430.5	1010.59	23.482	0.986	1.251	1.420

### 3.5 Sammenligning av eksperimentelt bestemte og teoretiske verdier.

I tabell 3.12 er en sammenligning mellom eksperimentelt målte og beregnede verdier for impetus og covolum gitt for de fire kruttene som vi har data på for å gjennomføre teoretiske

beregninger. For de teoretiske verdiene er en ladetetthet på  $0.3 \text{ g/cm}^3$  benyttet, mens for de eksperimentelle verdiene er trykkene for de tre høyeste ladetetthetene benyttet.

Krutt	Teoretiske verdier		Eksperimentelle verdier	
	Impetus (J/g)	Covolum ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	Impetus (J/g)	Covolum ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
20 mm LD lot WC868 - 2	948.43	1.003	944.99	0.9446
20 mm LD lot WC867 - 61	959.53	1.004	941.81	0.9603
20 mm NM75/NM163	948.77	1.005	940.52	0.9821
27 mm MP M90	1010.59	0.986	990.75	0.9284
30 mm ADEN			968.10	0.9257

Tabell 3.12 Teoretisk og eksperimentelle impetus og covolum for testet krutt

For både impetus og covolum ligger de eksperimentelle verdien noe lavere enn de teoretiske. Imidlertid er avviket ikke større enn man normalt oppnår. I tillegg er det noe usikkerhet rundt de teoretiske verdiene siden eksakt %N ikke er gitt for cellulosen som er benyttet.

#### 4 SAMMENDRAG

De tre kruttene med perforeringer har alle noe asymmetri. Noe som innvirker på trykk-tid forløpet ved at maksimaltrykket kommer noe senere enn forventet. I tillegg vil maksimaltrykket bli noe lavere enn forventet.

For alle krutt er det god reproduserbarhet av trykk/tid forløpet. For både impetus og covolum er det oppnådd eksperimentelle verdier som ligger noe lavere enn de teoretiske. Avviket mellom teoretisk beregnet og eksperimentelt bestemt impetus er imidlertid av normal størrelse.

#### Litteratur

- (1) Laurence E Fried, W Michael Howard, P Clark Souers (1998): Cheetah 2.0 User's Manual, UCRL-MA-117541 Re. 5, Lawrence Livermore National Laboratory.
- (2) Nevstad Gunnar Ove (1999): Testing av krutt i Closed Vessel, FFI/RAPPORT-99/02757.
- (3) Nevstad Gunnar Ove (1999): Undersøkelse av drivladning for 105 mm HEP-T skudd, FFI/RAPPORT-99/05773.



## APPENDIKS

## A SAMMENSETNING AV FORBRENNINGSPRODUKTENE.

I etterfølgende avsnitt A.1-A.4 er produktkonsentrasjonene ved ulike ladetettheter for de krutt som det er gjennomført beregninger for gitt. Benyttet sammensetning for kruttene er gitt i 3.4.

## A.1 WC868 - 2

Name		Product concentrations (mol/kg)			
		Load Density			
		0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.20 g/cm <sup>3</sup>	0.25 g/cm <sup>3</sup>	0.30 g/cm <sup>3</sup>
CO	Gas	2.031e+001	2.034e+001	2.036e+001	2.036e+001
H <sub>2</sub> O	Gas	8.193e+000	8.242e+000	8.293e+000	8.348e+000
H <sub>2</sub>	Gas	7.456e+000	7.377e+000	7.283e+000	7.170e+000
N <sub>2</sub>	Gas	4.344e+000	4.336e+000	4.325e+000	4.312e+000
CO <sub>2</sub>	Gas	3.196e+000	3.155e+000	3.116e+000	3.080e+000
KOH	Gas	8.121e-002	8.257e-002	8.355e-002	8.432e-002
NH <sub>3</sub>	Gas	1.964e-002	2.976e-002	4.241e-002	5.813e-002
H	Gas	1.636e-002	1.338e-002	1.127e-002	9.666e-003
HCN	Gas	9.544e-003	1.495e-002	2.206e-002	3.133e-002
K	Gas	8.659e-003	7.257e-003	6.229e-003	5.420e-003
CH <sub>2</sub> O	Gas	4.271e-003	6.560e-003	9.494e-003	1.325e-002
OH	Gas	4.125e-003	3.398e-003	2.888e-003	2.508e-003
CH <sub>4</sub>	Gas	3.812e-003	8.107e-003	1.519e-002	2.622e-002
formac	Gas	2.761e-003	4.256e-003	6.199e-003	8.732e-003
CHO	Gas	1.955e-003	2.496e-003	3.097e-003	3.782e-003
HNCO	Gas	1.513e-003	2.406e-003	3.616e-003	5.252e-003
KH	Gas	1.049e-003	1.068e-003	1.081e-003	1.087e-003
NO	Gas	2.345e-004	1.948e-004	1.672e-004	1.469e-004
CH <sub>3</sub>	Gas	2.282e-004	4.238e-004	7.175e-004	1.145e-003
NH <sub>2</sub>	Gas	1.397e-004	1.735e-004	2.092e-004	2.476e-004
ketene	Gas	5.930e-005	1.417e-004	3.006e-004	5.923e-004
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Gas	4.358e-005	1.039e-004	2.195e-004	4.294e-004
CH <sub>4</sub> O	Gas	3.141e-005	7.065e-005	1.408e-004	2.601e-004
K <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	2.190e-005	3.364e-005	4.822e-005	6.626e-005
KO	Gas	1.103e-005	9.389e-006	8.210e-006	7.315e-006
O	Gas	5.888e-006	4.043e-006	2.957e-006	2.256e-006
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Gas	5.152e-006	1.657e-005	4.412e-005	1.040e-004
CH <sub>2</sub> OH	Gas	3.808e-006	7.128e-006	1.220e-005	1.976e-005
K <sub>2</sub>	Gas	3.465e-006	3.635e-006	3.770e-006	3.878e-006
O <sub>2</sub>	Gas	2.350e-006	1.576e-006	1.128e-006	8.430e-007
HNO	Gas	2.003e-006	2.076e-006	2.160e-006	2.259e-006
NH	Gas	1.962e-006	2.029e-006	2.101e-006	2.181e-006
CN	Gas	1.859e-006	2.465e-006	3.178e-006	4.034e-006
NCO	Gas	1.404e-006	1.866e-006	2.419e-006	3.096e-006
CH <sub>3</sub> CN	Gas	1.031e-006	3.713e-006	1.117e-005	2.998e-005
CH <sub>2</sub>	Gas	1.018e-006	1.577e-006	2.300e-006	3.230e-006
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	6.776e-007	6.817e-007	6.884e-007	6.995e-007
N	Gas	2.636e-007	2.260e-007	2.001e-007	1.812e-007
N <sub>2</sub> O	Gas	2.102e-007	2.253e-007	2.430e-007	2.642e-007
HO <sub>2</sub>	Gas	8.735e-008	7.302e-008	6.322e-008	5.619e-008
HNO <sub>2</sub>	Gas	1.514e-008	1.581e-008	1.662e-008	1.764e-008
NO <sub>2</sub>	Gas	4.172e-009	3.613e-009	3.247e-009	3.006e-009
C	Gas	2.887e-010	3.095e-010	3.323e-010	3.580e-010
C(s)	solid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
*KOH	liquid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
Total Gas		4.366e+001	4.362e+001	4.358e+001	4.352e+001
Total Cond.		0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000

## A.2 Lot WC867 - 61

		Product concentrations (mol/kg)			
		Load Density			
Name		0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.20 g/cm <sup>3</sup>	0.25 g/cm <sup>3</sup>	0.30 g/cm <sup>3</sup>
CO	Gas	2.038e+001	2.040e+001	2.042e+001	2.043e+001
H <sub>2</sub> O	Gas	8.130e+000	8.179e+000	8.229e+000	8.283e+000
H <sub>2</sub>	Gas	7.330e+000	7.254e+000	7.164e+000	7.056e+000
N <sub>2</sub>	Gas	4.391e+000	4.383e+000	4.373e+000	4.360e+000
CO <sub>2</sub>	Gas	3.193e+000	3.153e+000	3.114e+000	3.078e+000
HOH	Gas	5.391e-002	5.484e-002	5.553e-002	5.607e-002
NH <sub>3</sub>	Gas	1.883e-002	2.853e-002	4.067e-002	5.576e-002
H	Gas	1.869e-002	1.528e-002	1.286e-002	1.101e-002
HCN	Gas	9.569e-003	1.498e-002	2.209e-002	3.137e-002
K	Gas	5.944e-003	4.983e-003	4.276e-003	3.721e-003
OH	Gas	4.953e-003	4.076e-003	3.461e-003	3.000e-003
CH <sub>2</sub> O	Gas	4.253e-003	6.532e-003	9.455e-003	1.320e-002
CH <sub>4</sub>	Gas	3.256e-003	6.928e-003	1.300e-002	2.249e-002
formac	Gas	2.791e-003	4.304e-003	6.270e-003	8.833e-003
CHO	Gas	2.163e-003	2.760e-003	3.422e-003	4.175e-003
HNCO	Gas	1.549e-003	2.464e-003	3.702e-003	5.377e-003
KH	Gas	7.357e-004	7.491e-004	7.576e-004	7.623e-004
NO	Gas	2.957e-004	2.454e-004	2.103e-004	1.843e-004
CH <sub>3</sub>	Gas	2.258e-004	4.191e-004	7.096e-004	1.133e-003
NH <sub>2</sub>	Gas	1.567e-004	1.945e-004	2.343e-004	2.772e-004
ketene	Gas	5.704e-005	1.362e-004	2.891e-004	5.701e-004
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Gas	4.229e-005	1.008e-004	2.129e-004	4.167e-004
CH <sub>4</sub> O	Gas	2.945e-005	6.625e-005	1.321e-004	2.444e-004
KO	Gas	8.915e-006	7.584e-006	6.624e-006	5.891e-006
K <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	8.676e-006	1.335e-005	1.917e-005	2.641e-005
O	Gas	8.173e-006	5.603e-006	4.088e-006	3.108e-006
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Gas	4.421e-006	1.422e-005	3.790e-005	8.954e-005
CH <sub>2</sub> OH	Gas	4.035e-006	7.549e-006	1.292e-005	2.092e-005
O <sub>2</sub>	Gas	3.289e-006	2.204e-006	1.573e-006	1.172e-006
HNO	Gas	2.533e-006	2.623e-006	2.724e-006	2.842e-006
NH	Gas	2.498e-006	2.580e-006	2.667e-006	2.762e-006
CN	Gas	2.266e-006	2.999e-006	3.861e-006	4.890e-006
NCO	Gas	1.713e-006	2.274e-006	2.943e-006	3.758e-006
K <sub>2</sub>	Gas	1.573e-006	1.651e-006	1.713e-006	1.763e-006
CH <sub>2</sub>	Gas	1.180e-006	1.827e-006	2.661e-006	3.732e-006
CH <sub>3</sub> CN	Gas	9.221e-007	3.321e-006	9.995e-006	2.688e-005
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	8.615e-007	8.661e-007	8.734e-007	8.853e-007
N	Gas	3.599e-007	3.080e-007	2.720e-007	2.455e-007
N <sub>2</sub> O	Gas	2.686e-007	2.876e-007	3.096e-007	3.357e-007
HO <sub>2</sub>	Gas	1.228e-007	1.025e-007	8.856e-008	7.844e-008
HNO <sub>2</sub>	Gas	2.043e-008	2.131e-008	2.236e-008	2.365e-008
NO <sub>2</sub>	Gas	6.041e-009	5.223e-009	4.682e-009	4.316e-009
c	Gas	4.192e-010	4.482e-010	4.797e-010	5.146e-010
c(s)	solid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
*KOH	liquid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
Total Gas		4.355e+001	4.352e+001	4.348e+001	4.342e+001
Total Cond.		0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000



## A.3 Q-5560, Batch 2745

Product concentrations (mol/kg)

Name		0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.20 g/cm <sup>3</sup>	0.25 g/cm <sup>3</sup>	0.30 g/cm <sup>3</sup>
CO	Gas	1.819e+001	1.822e+001	1.825e+001	1.827e+001
H <sub>2</sub> O	Gas	9.180e+000	9.227e+000	9.275e+000	9.324e+000
H <sub>2</sub>	Gas	6.247e+000	6.183e+000	6.112e+000	6.031e+000
N <sub>2</sub>	Gas	5.276e+000	5.270e+000	5.263e+000	5.253e+000
CO <sub>2</sub>	Gas	3.546e+000	3.504e+000	3.463e+000	3.422e+000
KOH	Gas	9.209e-002	9.365e-002	9.478e-002	9.567e-002
H <sub>2</sub> S	Gas	3.802e-002	3.870e-002	3.893e-002	3.886e-002
H	Gas	3.429e-002	2.808e-002	2.364e-002	2.022e-002
NH <sub>3</sub>	Gas	1.464e-002	2.208e-002	3.137e-002	4.296e-002
OH	Gas	1.456e-002	1.201e-002	1.019e-002	8.804e-003
K	Gas	9.832e-003	8.244e-003	7.079e-003	6.165e-003
HCN	Gas	6.922e-003	1.079e-002	1.585e-002	2.246e-002
COS	Gas	5.687e-003	6.352e-003	7.049e-003	7.808e-003
SH	Gas	5.445e-003	4.754e-003	4.233e-003	3.816e-003
CH <sub>2</sub> O	Gas	3.379e-003	5.173e-003	7.470e-003	1.041e-002
formac	Gas	3.020e-003	4.646e-003	6.749e-003	9.478e-003
CHO	Gas	2.971e-003	3.784e-003	4.680e-003	5.690e-003
HNCO	Gas	1.564e-003	2.479e-003	3.712e-003	5.375e-003
KH	Gas	1.295e-003	1.317e-003	1.331e-003	1.339e-003
NO	Gas	1.224e-003	1.018e-003	8.718e-004	7.602e-004
SO <sub>2</sub>	Gas	1.122e-003	8.186e-004	6.293e-004	5.007e-004
SO	Gas	9.781e-004	7.121e-004	5.454e-004	4.315e-004
CH <sub>4</sub>	Gas	9.052e-004	1.916e-003	3.589e-003	6.227e-003
NH <sub>2</sub>	Gas	2.694e-004	3.340e-004	4.014e-004	4.734e-004
S	Gas	1.883e-004	1.366e-004	1.042e-004	8.188e-005
CH <sub>3</sub>	Gas	1.320e-004	2.439e-004	4.116e-004	6.568e-004
S <sub>2</sub>	Gas	6.783e-005	5.233e-005	4.209e-005	3.479e-005
O	Gas	5.039e-005	3.468e-005	2.527e-005	1.909e-005
KO	Gas	4.091e-005	3.484e-005	3.038e-005	2.690e-005
CS	Gas	3.987e-005	4.465e-005	4.959e-005	5.485e-005
O <sub>2</sub>	Gas	2.672e-005	1.799e-005	1.283e-005	9.488e-006
ketene	Gas	2.660e-005	6.311e-005	1.332e-004	2.620e-004
NS	Gas	2.174e-005	1.974e-005	1.830e-005	1.722e-005
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Gas	1.631e-005	3.857e-005	8.105e-005	1.584e-004
CH <sub>4</sub> O	Gas	1.616e-005	3.616e-005	7.183e-005	1.327e-004
K <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	1.513e-005	2.320e-005	3.324e-005	4.573e-005
HNO	Gas	1.020e-005	1.057e-005	1.095e-005	1.135e-005
NH	Gas	8.232e-006	8.502e-006	8.765e-006	9.031e-006
CN	Gas	4.362e-006	5.758e-006	7.380e-006	9.299e-006
NCO	Gas	4.191e-006	5.552e-006	7.153e-006	9.075e-006
CH <sub>2</sub> OH	Gas	4.155e-006	7.742e-006	1.319e-005	2.128e-005
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	4.055e-006	4.083e-006	4.108e-006	4.135e-006
K <sub>2</sub>	Gas	3.562e-006	3.730e-006	3.863e-006	3.973e-006
S <sub>2</sub> O	Gas	2.776e-006	2.158e-006	1.750e-006	1.461e-006
CS <sub>2</sub>	Gas	1.811e-006	2.157e-006	2.527e-006	2.939e-006
N	Gas	1.730e-006	1.482e-006	1.306e-006	1.171e-006
CH <sub>2</sub>	Gas	1.548e-006	2.388e-006	3.464e-006	4.839e-006
N <sub>2</sub> O	Gas	1.263e-006	1.352e-006	1.451e-006	1.562e-006
HO <sub>2</sub>	Gas	9.787e-007	8.195e-007	7.060e-007	6.200e-007
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Gas	8.739e-007	2.786e-006	7.394e-006	1.749e-005
CH <sub>3</sub> CN	Gas	2.459e-007	8.765e-007	2.620e-006	7.034e-006
HNO <sub>2</sub>	Gas	1.422e-007	1.486e-007	1.553e-007	1.628e-007
NO <sub>2</sub>	Gas	6.144e-008	5.325e-008	4.758e-008	4.342e-008
C	Gas	1.760e-009	1.881e-009	2.004e-009	2.133e-009
C(s)	solid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
*KOH	liquid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
Total Gas		4.268e+001	4.265e+001	4.262e+001	4.259e+001
Total Cond.		0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000

## A.4 Batch 3240, A-5020, Lot MCI- 5/98


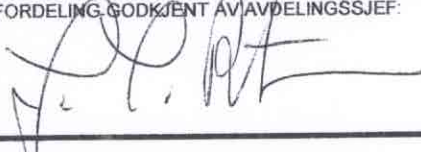
## Product concentrations (mol/kg)

Name		0.15 g/cm <sup>3</sup>	0.20 g/cm <sup>3</sup>	0.25 g/cm <sup>3</sup>	0.30 g/cm <sup>3</sup>
CO	Gas	2.075e+001	2.077e+001	2.079e+001	2.080e+001
H <sub>2</sub> O	Gas	7.682e+000	7.728e+000	7.778e+000	7.830e+000
H <sub>2</sub>	Gas	7.097e+000	7.023e+000	6.936e+000	6.832e+000
N <sub>2</sub>	Gas	4.308e+000	4.300e+000	4.290e+000	4.278e+000
CO <sub>2</sub>	Gas	3.183e+000	3.145e+000	3.107e+000	3.073e+000
KOH	Gas	5.085e-002	5.177e-002	5.244e-002	5.297e-002
H <sub>2</sub> S	Gas	2.304e-002	2.308e-002	2.297e-002	2.276e-002
H	Gas	1.795e-002	1.468e-002	1.235e-002	1.057e-002
NH <sub>3</sub>	Gas	1.779e-002	2.694e-002	3.836e-002	5.255e-002
HCN	Gas	9.677e-003	1.513e-002	2.227e-002	3.158e-002
K	Gas	5.803e-003	4.866e-003	4.177e-003	3.635e-003
OH	Gas	4.615e-003	3.799e-003	3.226e-003	2.797e-003
CH <sub>2</sub> O	Gas	4.178e-003	6.411e-003	9.272e-003	1.293e-002
COS	Gas	3.358e-003	3.692e-003	4.057e-003	4.464e-003
CH <sub>4</sub>	Gas	3.240e-003	6.886e-003	1.291e-002	2.231e-002
formac	Gas	2.675e-003	4.124e-003	6.004e-003	8.454e-003
CHO	Gas	2.125e-003	2.709e-003	3.356e-003	4.090e-003
SH	Gas	1.882e-003	1.615e-003	1.423e-003	1.275e-003
HNCO	Gas	1.528e-003	2.427e-003	3.642e-003	5.283e-003
KH	Gas	7.027e-004	7.156e-004	7.236e-004	7.279e-004
NO	Gas	2.757e-004	2.288e-004	1.961e-004	1.718e-004
CH <sub>3</sub>	Gas	2.229e-004	4.131e-004	6.983e-004	1.114e-003
SO	Gas	1.629e-004	1.164e-004	8.822e-005	6.959e-005
SO <sub>2</sub>	Gas	1.606e-004	1.150e-004	8.754e-005	6.952e-005
NH <sub>2</sub>	Gas	1.469e-004	1.822e-004	2.193e-004	2.592e-004
ketene	Gas	5.860e-005	1.397e-004	2.957e-004	5.819e-004
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Gas	4.434e-005	1.054e-004	2.220e-004	4.335e-004
S	Gas	3.933e-005	2.801e-005	2.113e-005	1.653e-005
CH <sub>4</sub> O	Gas	2.819e-005	6.334e-005	1.262e-004	2.331e-004
CS	Gas	1.936e-005	2.134e-005	2.348e-005	2.581e-005
S <sub>2</sub>	Gas	1.145e-005	8.537e-006	6.720e-006	5.484e-006
KO	Gas	8.277e-006	7.044e-006	6.154e-006	5.474e-006
K <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	7.857e-006	1.210e-005	1.739e-005	2.396e-005
O	Gas	7.563e-006	5.186e-006	3.784e-006	2.877e-006
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Gas	4.571e-006	1.467e-005	3.902e-005	9.197e-005
NS	Gas	4.226e-006	3.771e-006	3.464e-006	3.247e-006
CH <sub>2</sub> OH	Gas	3.851e-006	7.196e-006	1.230e-005	1.989e-005
O <sub>2</sub>	Gas	2.975e-006	1.994e-006	1.424e-006	1.062e-006
NH	Gas	2.332e-006	2.407e-006	2.486e-006	2.573e-006
HNO	Gas	2.317e-006	2.398e-006	2.490e-006	2.597e-006
CN	Gas	2.257e-006	2.982e-006	3.831e-006	4.844e-006
NCO	Gas	1.669e-006	2.213e-006	2.859e-006	3.646e-006
K <sub>2</sub>	Gas	1.508e-006	1.583e-006	1.642e-006	1.689e-006
CH <sub>2</sub>	Gas	1.154e-006	1.784e-006	2.594e-006	3.631e-006
CH <sub>3</sub> CN	Gas	9.536e-007	3.425e-006	1.027e-005	2.754e-005
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gas	7.635e-007	7.679e-007	7.746e-007	7.853e-007
CS <sub>2</sub>	Gas	7.047e-007	8.132e-007	9.336e-007	1.070e-006
N	Gas	3.381e-007	2.891e-007	2.552e-007	2.302e-007
S <sub>2</sub> O	Gas	2.777e-007	2.085e-007	1.657e-007	1.369e-007
N <sub>2</sub> O	Gas	2.473e-007	2.647e-007	2.848e-007	3.086e-007
HO <sub>2</sub>	Gas	1.089e-007	9.098e-008	7.860e-008	6.963e-008
HNO <sub>2</sub>	Gas	1.807e-008	1.885e-008	1.978e-008	2.092e-008
NO <sub>2</sub>	Gas	5.377e-009	4.649e-009	4.168e-009	3.842e-009
C	Gas	4.090e-010	4.365e-010	4.663e-010	4.994e-010
C(s)	solid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
*KOH	liquid	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
Total Gas		4.317e+001	4.314e+001	4.310e+001	4.305e+001
Total Cond.		0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000



## FORDELINGSLISTE

**FFIBM**
**Dato: 7 april 2000**

RAPPORTTYPE (KRYSS AV) <input checked="" type="checkbox"/> RAPP <input type="checkbox"/> NOTAT <input type="checkbox"/> RR	RAPPORT NR. 2000/02047	REFERANSE FFIBM/778/130	RAPPORTENS DATO 7 april 2000
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD  UGRADERT		ANTALL EKS UTSTEDT  22	ANTALL SIDER  36
RAPPORTENS TITTEL KARAKTERISERING AV KRUTT TIL SMÅKALIBRET AMMUNISJON		FORFATTER(E) NEVSTAD, Gunnar Ove	
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF: 		FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF: 	

**EKSTERN FORDELING**
**INTERN FORDELING**

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		Nammo Raufoss AS	2		FFI-Bibl
1		Gard Ødegårdstuen	1		Adm direktør/stabssjef
1		Quoc Bas Diep	1		FFIE
1		Hans Ove Solhaug	1		FFISYS
		Postboks 162	5		FFIBM
		NO-2831 RAUFOSS	1		B Haugstad, FFIBM
		www.ffi.no	1		J F Moxnes, FFIBM
			1		S W Eriksen, FFIBM
			1		G O Nevstad, FFIBM
					FFI-veven

FFI-K1 Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.