

# **FFI RAPPORT**

## **TESTING AV SJOKKFØLSOMHET TIL PBXN-110**

NEVSTAD, Gunnar Ove

**FFI/RAPPORT-2005/02666**



**TESTING AV SJOKKFØLSOMHET TIL PBXN-110**

NEVSTAD, Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2005/02666

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



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

**UNCLASSIFIED**

P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2005/02666 1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/2911/130	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 31		
4) TITLE TESTING AV SJOKKFØLSOMHET TIL PBXN-110  Shock Sensitivity Testing of PBXN-110				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) 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%; vertical-align: top;">           a) <u>HMX</u>            b) <u>PBXN-110</u>            c) <u>Viscosity</u>            d) <u>Shock Sensitivity</u>            e) <u>Shore A Hardness</u> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">           IN NORWEGIAN:            a) <u>HMX</u>            b) <u>PBXN-110</u>            c) <u>Viskositet</u>            d) <u>Sjokkfølsomhet</u>            e) <u>Shore A hardhet</u> </td> </tr> </table>			a) <u>HMX</u> b) <u>PBXN-110</u> c) <u>Viscosity</u> d) <u>Shock Sensitivity</u> e) <u>Shore A Hardness</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>HMX</u> b) <u>PBXN-110</u> c) <u>Viskositet</u> d) <u>Sjokkfølsomhet</u> e) <u>Shore A hardhet</u>
a) <u>HMX</u> b) <u>PBXN-110</u> c) <u>Viscosity</u> d) <u>Shock Sensitivity</u> e) <u>Shore A Hardness</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>HMX</u> b) <u>PBXN-110</u> c) <u>Viskositet</u> d) <u>Sjokkfølsomhet</u> e) <u>Shore A hardhet</u>			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT <p>The PBXN-110 composition has been used to test the quality of HMX crystals. PBXN-110 is a cast cure PBX containing an inert binder system and HMX. A ratio of 3:7 between HMX class 2 and class 3 was used to study the process ability, shock sensitivity and Shore A hardness. With a HMX content of 87.2wt% we obtained low viscosity and cured samples with satisfactory hardness.</p> <p>To determine the shock sensitivity 10 Intermediate Scale Gap test tubes was filled. The cured material had average density of 1.66 g/cm<sup>3</sup>. 50% probability of a detonation was obtained with a limit between go/no go of 35.5±1 kbar. A shock sensitivity result for PBXN-110 in agreement with literature values. This indicates that used HMX quality has shock sensitivity as standard HMX.</p>				
9) DATE 2005-09-05	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research		

ISBN 82-464-0973-5

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHOOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	EKSPERIMENTELT	8
2.1	Sammensetning og fremstilling	8
2.2	Viskositetsmålinger	8
2.3	Hardhet	8
2.4	Intermediate Scale Gap test	9
2.5	Tetthet	9
3	RESULTATER	10
3.1	Viskositetsresultater	10
3.2	Gaptest	13
3.3	Hardhet	20
4	SAMMENDRAG	21
<b>APPENDIKS</b>		
A	ANALYSERESULTAT FOR BENYTTET RÅVARER	22
A.1	Kontrollrapport for HMX klasse 2	22
A.2	Kontrollrapport for HMX klasse 3	24
A.3	Kontrollrapport IDP	25
A.4	Analysesertifikat Lecithin	26
B	MIKSEORDRER OG BLANDESKJEMA	27
B.1	Blanding PBXN-110 RSA	27
B.2	PBXN-110 RSB	29
	Litteratur	31





## TESTING AV SJOKKFØLSOMHET TIL PBXN-110

### 1 INNLEDNING

De senere år har det kommet på markedet nitraminer med forbedret krystaller som når de anvendes i PBXer gir betydelig endring i sjokkfølsomhetsegenskapene. PBXN-110 er en HMX basert komposisjon av typen støpherdbar. Komposisjonen er utviklet og kvalifisert i USA og har eksistert noen år (1). PBXN-110 inneholder inert bindemiddel og mykner, men et høyt innhold av HMX gir den en relativ høy tetthet og dermed høy detonasjonshastighet. Imidlertid vil PBXN-110 ha lavere detonasjonshastighet enn pressbare HMX komposisjoner og støpherdbare komposisjoner med energirikt mykningsmiddel og/eller bindemiddel. AOP-26 (2) gir egenskaper og sammensetning for andre kvalifiserte støpherdbare komposisjoner; Fransk Octorane 86A og 86B ((HMX/Polyurethan)(86/14)), UK EDC 32 (85/15) og KS 32 (85/14/1) (HMX/HTPB/DOA) er alle komposisjoner som er kvalifisert og nær beslektet med PBXN-110 i ytelse. For Tyskland er det i (2) gitt en HMX støpherdbar komposisjon med 90 vekt% HMX produsert ut fra spesifikasjon H 8231. Normalt vil man ved 90 vekt% HMX eller mer være tvungen til å presse fyllingene for å oppnå tilfredsstillende tetthet og kvalitet på sprengstoffyllingen.

For mindre stridshoder som krever høy ytelse er pressbare komposisjoner med et HMX innhold fra 90-98 vekt% et bedre alternativet til fylling enn en støpherdbar. Spesielt er kravet til detonasjonshastighet og trykk viktig for å oppnå god virkning for stridshoder med retta virkning. Imidlertid inneholder kravene til et stridshode eller for den del et våpen mer enn krav om en gitt ytelse. Et krav som de fleste nasjoner i dag stiller er at våpen skal tilfredsstille kravene til IM gitt i STANAG 4439 (3). Et krav som normalt lettest vil bli tilfredsstilt ved bruk av støp-herdbare komposisjoner som PBXN-110. En viktig egenskap for sprengstoffyllinger er sjokkfølsomheten som i en test som sympatetisk detonasjon er avgjørende for å oppnå et tilfredsstillende resultat. Sjokkfølsomheten til en komposisjon er normalt avhengig av fyllstoffinnhold, men også type bindemiddel er avgjørende. Med hensyn til faststoff har partikkelfordeling og størrelse betydelig effekt på sjokkfølsomheten (4). Den senere tid har det også fremkommet at kvaliteten på krystallene har meget stor effekt på sjokkfølsomheten. Ved valg av riktige krystallkvalitet av RDX kan sjokkeegenskapene til en komposisjon som PBXN-109 forbedres med en faktor på 2-3. For HMX er det i dag ikke oppnådd de samme forbedringene av sjokkeegenskaper ved å endre på HMX kvaliteten, men det er påvist forbedringer med en reduksjon på 40% i sjokkfølsomheten for PBXN-110 (5). Gevinsten i forbedret sjokkfølsomhet ved overgang til en bedre HMX krystallkvalitet kan enten tas direkte ut ved å beholde en komposisjons sammensetning eller for en komposisjon som PBXN-110 ved å øke fyllstoffinnholdet og dermed virkning uten at sjokkfølsomheten øker.

I denne rapporten har vi testet en ukjent kvalitet av HMX for å finne sjokkfølsomhet ved bruk

av Intermediate Scale Gap test. I tillegg har hardhet vært bestemt for å se at benyttet herdetid gir en komposisjon med tífredsstillende mekaniske egenskaper.

## 2 EKSPERIMENTELT

### 2.1 Sammensetning og fremstilling

I spesifikasjonen for PBXN-110 (1) er krav til sammensetning gitt i tillegg til alternativer med hensyn på bruk av herder og katalysator. Vi har valgt å fremstille komposisjonene som har betegnelsen type II med IPDI (Isophorone diisocyanate) herder. Faststoffinnholdet av HMX skal være 86-89 vektprosent. Vi har valgt et fyllstoffinnhold på 87.2 vektprosent med et forhold mellom klasse 2 og klasse 3 på 3:7. Dette siste valget er begrunnet ut fra hva vi tidligere har funnet gir akseptable viskositetsegenskaper og dessuten for å ha et bedre sammenligningsgrunnlag med hva som ble testet i (6).

Appendiks B gir benyttet sammensetning og fremstilling prosedyre. Benyttet HMX ble levert av Dyno Nobel i form av vannfuktet kvalitet. Krystallene ble før bruk tørket ved 60°C i et varmeskap til konstant vekt. Kontrollrapporter fra leverandør for benyttet HMX krystaller er gitt i appendiks A.

Dyno Nobel ASA har i tillegg til å være leverandør av benyttet HMX, levert mykningsmiddelet IDP samt Lecithin. Øvrige inngående råvarer er anskaffet fra Nammo Raufoss med unntak av antioksidanten som ble kjøpt fra Sigma-Aldrich. Kontrollrapporter for råvarene levert av Dyno er gitt i appendiks A. FFI har valgt å benytte herderen IPDI og dermed produsere/studere PBXN-110 type II og ikke type I produkt. Videre har vi valgt å benytte DBTDL som katalysator. Under fremstillingen har vi valgt å benytte en prosesseringstemperatur på  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ . Herding har vært gjennomført ved 60°C. Betingelsene under fremstillingen er gitt for hver blanding i appendiks B.

### 2.2 Viskositetsmålinger

Viskositeten er målt ved en temperatur på 50°C ved bruk av et Brookfield viskosimeter. Alle målingene er gjennomført med en T-D spindel og variabel høyderregulator. Vandring i vertikalretning 20-25 mm. Under målingene var prøvene oppbevart i en dobbelvegget beholder hvor vann sirkulerte for å holde konstant temperatur under målingene. For en av blandingene ble variabel høyderregulator tidvis ikke benyttet. Resultatene fra viskositetsmålingene er gitt i 3.1.

### 2.3 Hardhet

Shore A hardhet ble målt med ”Shore A Härteprüfer DIN 53505 ISO R 868 Type BS 61, Serien Nr.; 16705/97 fra BAREISS” etter 15 sekunder på endene av dog bone legemer eller legemer med samme tykkelse.

## **2.4 Intermediate Scale Gap test**

Sjokkfølsomheten er bestemt ved bruk av "Intermediate Scale Gap test" og ble gjennomført i henhold til prosedyren beskrevet i STANAG 4488 (7) med unntak av tykkelsen på korta. Våre kort har en tykkelse på 0.25 mm, mens i (8) er tykkelsen spesifisert til  $0.19+0.02/-0.01$  mm. Andre detaljer rundt gjennomføringen av testen er beskrevet i referanse 7. Til overdragere ble benyttet en RDX/voks/grafitt (95/5) komposisjon levert av Dyno Nobel. Sjokktrykk som funksjon av barrieretykkelse for denne type overdragere er gitt i (8).

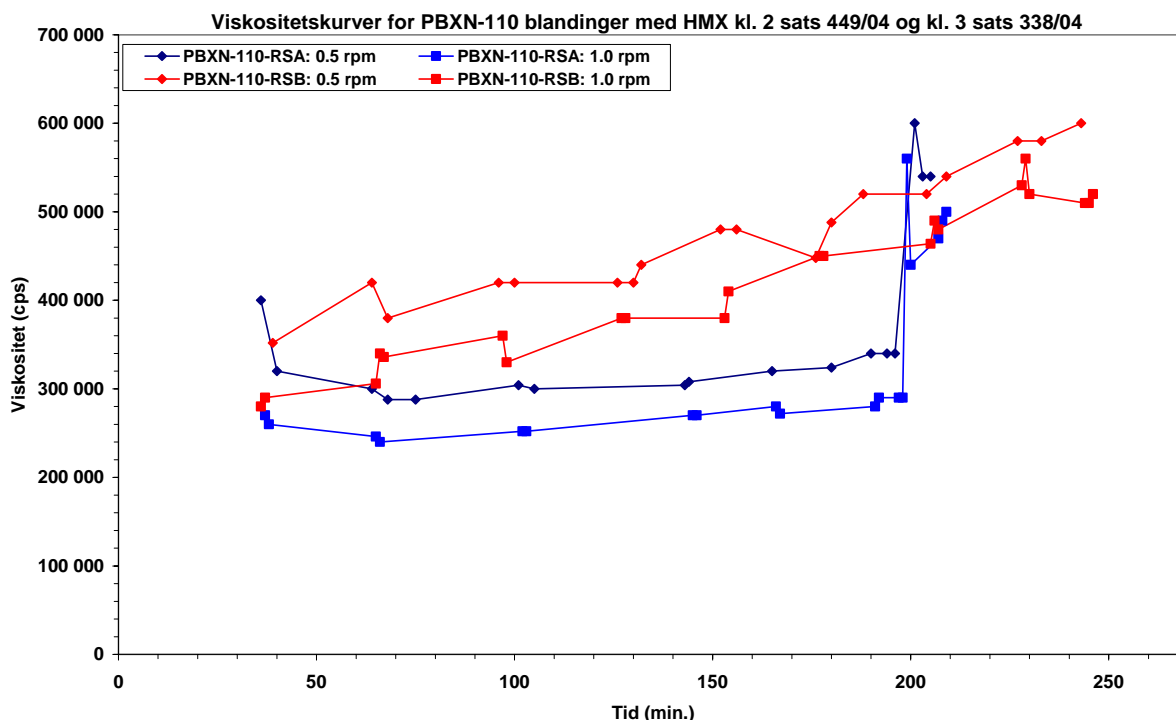
## **2.5 Tetthet**

Tetthet er bestemt ved veiing og måling av Gaptestrørene før og etter de ble fylt og herdet med PBXN-110. Resultatene er gitt i 3.2.

### 3 RESULTATER

#### 3.1 Viskositetsresultater

Det ble gjennomført to blandinger med krystaller fra HMX klasse 3 sats 338/04 og klasse 2 sats 449/04 i forhold 7:3. Valget av et forhold 7:3 ble tatt ut fra mulighet til å sammenligne resultatene med hva vi fikk i (6). Tabell 3.1 gir alle målinger av viskositeten for blanding PBXN-110 RSA og tabell 3.2 alle målingene for blanding PBXN-110 RSB.



Figur 3.1 Viskositetskurver for blandingene PBXN-110 RSA og RSB for spindelastighet 0.5 og 1 rpm ved 50°C.

I figur 3.1 er viskositetskurvene med samtlige målinger for begge spindelastigheter og blandinger gitt. I figur 3.2 er gitt de midlete viskositetskurvene. Viskositeten for blandingene er lik hvor viskositeten er målt på samme måte. For de delene av kurven for blanding PBXN-110 RSA hvor vertikal bevegelse av spindelen ikke var benyttet ligger imidlertid kurven under kurven for blandingen PBXN-110 RSB.

Viskositeten vi har målt for PBXN-110 RSA/RSB blandingene er lite avvikende fra resultatene vi fikk for PBXN-110 A-E blandingene i (6). Blandingene har en pot-life på mer enn 5 timer og det var ingen større problemer med å fylle massen i Gaprørene.

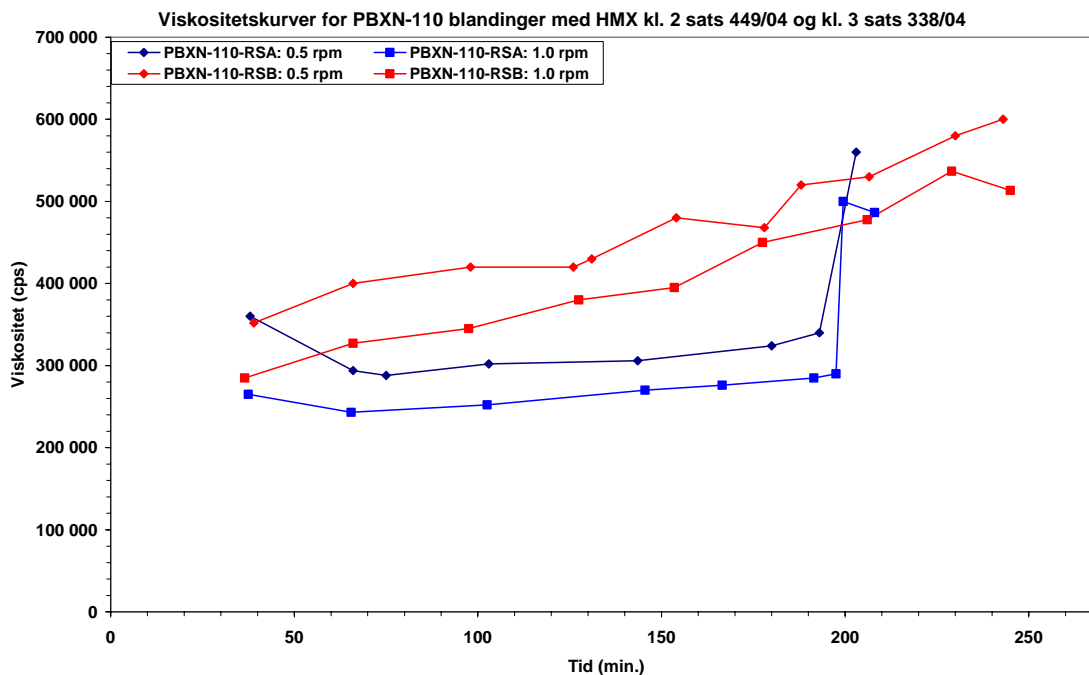
<b>Brookfield RV serie viskosimeter</b>		<b>Spindel Nr. : T-D</b>	<b>Herder tilsatt: 15:05</b>	<b>Blanding Nr.: PBXN-110-RSA</b>
<b>22/1-05 Klokkeslett</b>	<b>Tid (min)</b>	<b>Hastighet (RPM)</b>	<b>Brookfield avlesning</b>	<b>Viskositet (cps)</b>
15:41	36	0.5	10.0	400 000
15:42	37	1	13.5	270 000
15:43	38	1	13.0	260 000
15:45	40	0.5	8.0	320 000
16:09	64	0.5	7.5	300 000
16:10	65	1	12.3	246 000
16:11	66	1	12.0	240 000
16:13	68	0.5	7.2	288 000
16:20	75	0.5	7.2	288 000
16:46	101	0.5	7.6	304 000
16:47	102	1	12.6	252 000
16:48	103	1	12.6	252 000
16:50	105	0.5	7.5	300 000
17:28	143	0.5	7.6	304 000
17:29	144	0.5	7.7	308 000
17:30	145	1	13.5	270 000
17:31	146	1	13.5	270 000
17:50	165	0.5	8.0	320 000
17:51	166	1	14.0	280 000
17:52	167	1	13.6	272 000
18:05	180	0.5	8.2	324 000
18:15	190	0.5	8.5	340 000
18:16	191	1	14.0	280 000
18:17	192	1	14.5	290 000
18:19	194	0.5	8.5	340 000
18:21	196	0.5	8.5	340 000
18:22	197	1	14.5	290 000
18:23	198	1	14.5	290 000
18:24*	199	1	28.0	560 000
18:25*	200	1	22.0	440 000
18:26*	201	0.5	15.0	600 000
18:28*	203	0.5	13.5	540 000
18:30*	205	0.5	13.5	540 000
18:32*	207	1	23.5	470 000
18:33*	208	1	24.5	490 000
18:34*	209	1	25.0	500 000

\*Vertikal bevegelse spindel

Tabell 3.1 Viskositetsresultater ved 50°C for blanding PBXN-110 RSA.

<b>Brookfield RV serie viskosimeter</b>		<b>Spindel Nr. : T-D</b>	<b>Herder tilsatt: 11:30</b>	<b>Blanding Nr.: PBXN-110-RSB</b>
<b>23/1-05 Klokkeslett</b>	Tid (min)	Hastighet (RPM)	Brookfield avlesning	Viskositet (cps)
12:06	36	1	14	280 000
12:07	37	1	14.5	290 000
12:09	39	0.5	8.8	352 000
12:34	64	0.5	10.5	420 000
12:35	65	1	15.3	306 000
12:36	66	1	17.0	340 000
12:37	67	1	16.8	336 000
12:38	68	0.5	9.5	380 000
13:06	96	0.5	10.5	420 000
13:07	97	1	18.0	360 000
13:08	98	1	16.5	330 000
13:10	100	0.5	10.5	420 000
13:36	126	0.5	10.5	420 000
13:37	127	1	19.0	380 000
13:38	128	1	19.0	380 000
13:40	130	0.5	10.5	420 000
13:42	132	0.5	11.0	440 000
14:02	152	0.5	12.0	480 000
14:03	153	1	19.0	380 000
14:04	154	1	20.5	410 000
14:06	156	0.5	12.0	480 000
14:26	176	0.5	11.2	448 000
14:27	177	1	22.5	450 000
14:28	178	1	22.5	450 000
14:30	180	0.5	12.2	488 000
14:38	188	0.5	13.0	520 000
14:54	204	0.5	13.0	520 000
14:55	205	1	23.2	464 000
14:56	206	1	24.5	490 000
14:57	207	1	24.0	480 000
14:59	209	0.5	13.5	540 000
15:17	227	0.5	14.5	580 000
15:18	228	1	26.5	530 000
15:19	229	1	28.0	560 000
15:20	230	1	26.0	520 000
15:23	233	0.5	14.5	580 000
15:33	243	0.5	15.0	600 000
15:34	244	1	25.5	510 000
15:35	245	1	25.5	510 000
15:36	246	1	26.0	520 000

Tabell 3.2 Viskositetsresultater ved 50°C for blanding PBXN-110 RSB.



Figur 3.2 Midlet viskositetskurver for PBXN-110 blandinger ved 50°C med HMX klasse 2 og klasse 3 i forhold 3:7. Benyttet spindel T-D.

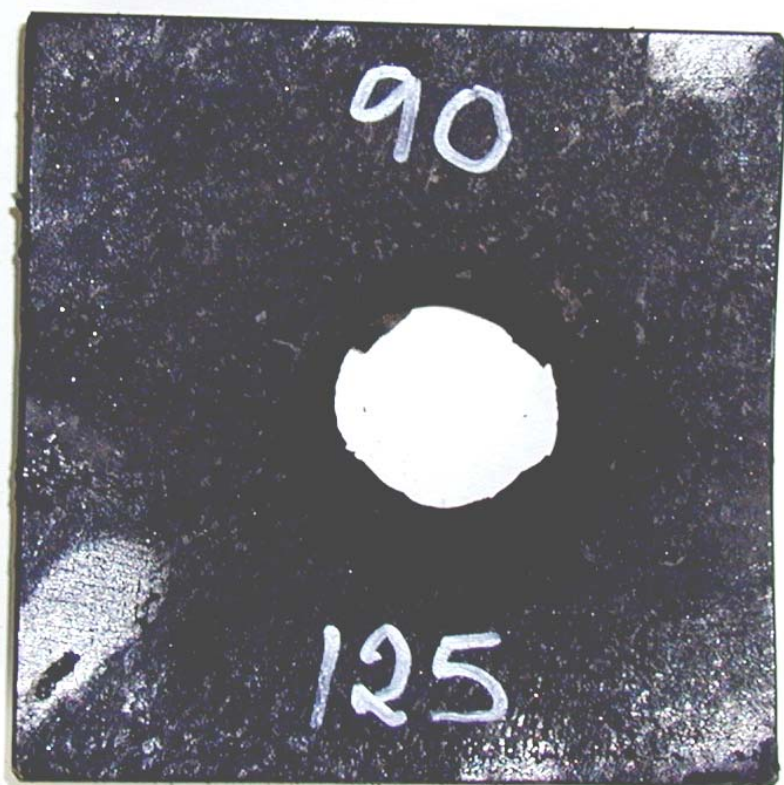
### 3.2 Gaptest

Massen fra de to blandinger ble benyttet til utstøping av 10 rør. Tabell 3.3 gir oppnådd tetthet på støpene etter at de var herdet. Fra CheetaH beregninger i (6) ble det funnet at for et fyllstoffinnhold med 87.2 vektprosent HMX er teoretisk tetthet for vår blanding  $1.666 \text{ g/cm}^3$ . Resultatene i tabell 3.3 viser at kvaliteten på fyllingene med hensyn på tetthet (gjennomsnittlig tetthet  $\rho=1.66 \text{ g/cm}^3$ ) er relativt god. Alle rør har en tetthet bedre enn 99% av TMD.

Rør nr	Vekt (g)	Indre diameter topp(cm)	Indre diameter bunn(cm)	Høyde (cm)	Volum ( $\text{cm}^3$ )	PBXN-110 Lot Nr.	Vekt rør +Sprengstoff (g)	Nettovekt Sprengstoff (g)	Tetthet ( $\text{g/cm}^3$ )
90	867.03	3.982	3.988	19.976	249.147	RSA	1282.00	414.97	1.666
91*	864.87	3.993	3.985	19.976	249.647	RSA	1278.47	413.60	1.657
92	842.29	4.018	4.000	19.962	251.980	RSA	1259.50	417.21	1.656
93	853.67	4.000	4.018	19.986	252.283	RSA	1272.82	419.15	1.661
94	850.33	4.003	4.008	19.961	251.528	RSB	1265.45	415.12	1.650
95	854.71	3.992	4.003	19.934	250.185	RSA	1270.15	415.44	1.661
96	859.85	3.988	3.983	19.966	249.084	RSB	1276.08	416.23	1.671
97	857.16	3.990	4.000	19.986	250.524	RSB	1274.45	417.29	1.666
98	912.50	3.957	3.925	19.981	243.736	RSB	1315.48	402.98	1.653
99	852.78	4.008	4.000	19.962	251.352	RSB	1267.76	414.98	1.651

\*Mangler 1-2 g – bunn dvs fyllingen har en reell tetthet på  $\sim 1.662 \text{ g/cm}^3$ .

Tabell 3.3 Data for Gaprør før og etter de ble fylt med PBXN-110 masse.



Figur 3.3 Skudd1, rør 90 med PBXN-110, 125 kort, omsatt.



Figur 3.4 Skudd2, rør 92 med PBXN-110, 130 kort, omsatt.





Figur 3.5 Skudd 3, rør 93 med PBXN-110, 140 kort, ikke omsatt.



Figur 3.6 Skudd 4, rør 94 med PBXN-110, 140 kort ikke omsatt.

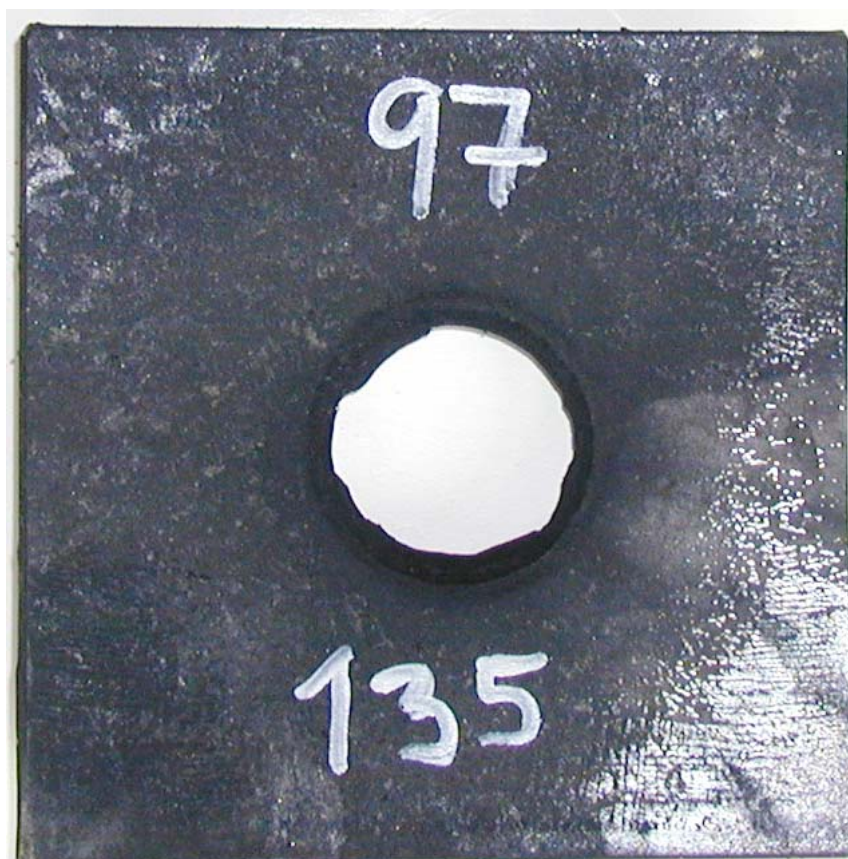


Figur 3.7 Skudd 5, rør 95 med PBXN-110, 140 kort, ikke omsatt.



Figur 3.8 Skudd 6, rør 96 med PBXN-110, 135 kort, ikke omsatt.





*Figur 3.9 Skudd 7, rør 97 med PBXN-110, 135 kort, omsatt.*



*Figur 3.10 Skudd 8, rør 98 med PBXN-110, 135 kort, omsatt.*



Figur 3.11 Skudd 9, rør 99 med PBXN-110. 140 kort, omsatt.

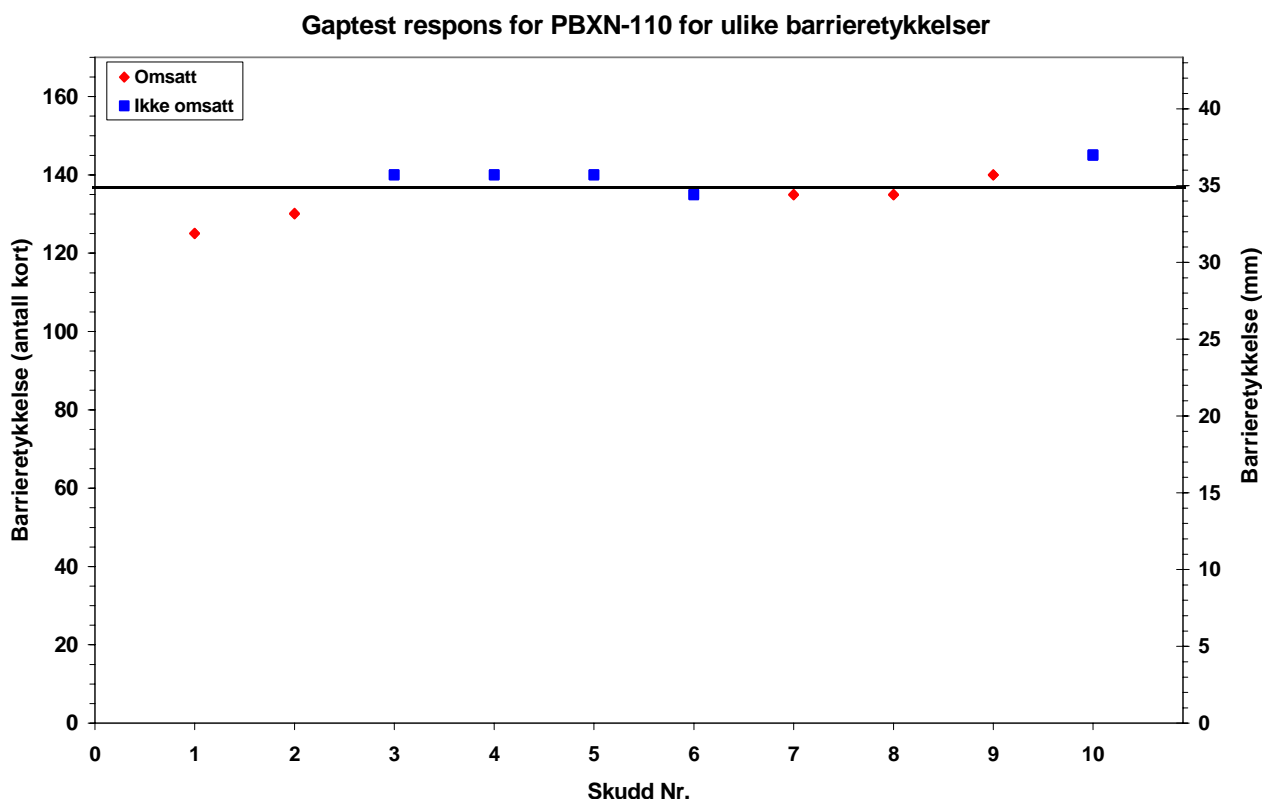


Figur 3.12 Skudd 10, rør 91 med PBXN-110, 145 kort, ikke omsatt..

Figurene 3.3 til 3.12 gir vitneplater og eventuelt andre resten fra samtlige skudd. Tabell 3.4 summerer opp resultat for hver enkelt skudd. Figur 3.13 viser responsen for hvert skudd som funksjon av barrieretykkelse mellom donor og akseptor.

Skudd Nr.	Rør Nr.	Antall kort	Avstand (mm)	Reaksjon
1	90	125	31.9	Omsatt
2	92	130	33.2	Omsatt
3	93	140	35.7	Ikke omsatt
4	94	140	35.7	Ikke omsatt
5	95	140	35.7	Ikke omsatt
6	96	135	34.4	Ikke omsatt
7	97	135	34.4	Omsatt
8	98	135	34.4	Omsatt
9	99	140	35.7	Omsatt
10	91	145	37.0	Ikke omsatt

Tabell 3.4 Test resultater for rør med PBXN-110 i Intermediate Scale Gap test.



Figur 3.13 Plott av responsen som funksjon av barrieretykkelse for PBXN-110 RSA/B.

Med en barrieretykkelsen på 140 kort går et av fire skudd til full omsetning, mens det med en barrieretykkelse på 135 kort ble registrert full omsetning for to av tre skudd. Grensen for å oppnå en 50% sannsynlighet for omsetning er på 137 kort, som tilsvarer 35 mm i barrieretykkelse. Sammenhengen mellom barrieretykkelse og trykk for overdragerne vi har benyttet er gitt i STANAG 4488 (8). En barrieretykkelse på 35 mm svarer til et trykk på  $35.5 \pm 1$



kbar. For å oppnå en 50% sannsynlighet for detonasjon må testet PBXN-110 komposisjon bli utsatt for et sjokktrykk på  $35.5 \pm 1$  kbar. Dette resultatet er det samme som vi fikk i (6) for standard HMX. I (6) gikk to av tre skudd med barrieretykkelse på 135 kort til full omsetning mens tre av tre skudd med barriere tykkelse 140 ikke ble omsatt.

Sammenlignet med følsomheten til PBXN-109 er dette resultatet nærmere PBXN-109 med standard RDX type II (25 kbar) enn RS-RDX (55-60 kbar). For PBXN-110 gir MSIAC EMC (Energetic Material Compendium) (2) to resultater: Shock Gap Test –EIDS 2 = 34 kbar og for LSGT = 34 kbar. Disse resultatene er svært lik resultatet vi har oppnådd for vår PBXN-110.

### 3.3 Hardhet

Hardhet har vært målt for begge blandingene på 11-12 mm tykke skiver eller dog bones med samme tykkelse. I (1) er kravet at Shore A skal måles etter 15 sekunder og ha en verdi på minimum 20. Tabell 3.5 og 3.6 gir resultatet av oppnådd hardhet for RSA blandingen, mens tabell 3.7 og 3.8 gir resultatene for RSB blandingen. Resultatene viser at begge blandingen tilfredsstillende kravet til Shore  $A_{15s}$  hardhet på 20.

Emne Nr.	$A_{15s}$ for PBXN-110 RSA Blanding				SNITT
1	28.0	33.5	31.5	33.0	31.5
2	32.5	34.5	32.5		33.2
3	33.0	32.5	33.0		32.8
<b>Gjennomsnitt</b>					<b>32.5</b>

Tabell 3.5 Shore  $A_{15s}$  hardhets resultat for PBXN-110 RSA.

Emne Nr.	$A_{15s}$ for PBXN-110 RSA Viskositet				SNITT
1	36.0	34.5	34.5		35.0
2	33.6	33.0	38.0	35.0	34.9
3	37.0	35.0	33.0	33.0	34.5
<b>Gjennomsnitt</b>					<b>34.8</b>

Tabell 3.6 Shore  $A_{15s}$  hardhets resultat for PBXN-110 RSA viskositetmasse.

Emne Nr.	$A_{15s}$ for PBXN-110 RSB Blanding				SNITT
1	36.5	35.0	33.0	32.5	34.3
2	35.5	32.0	37.0	33.0	34.4
3	34.0	34.5	34.0	33.0	33.9
<b>Gjennomsnitt</b>					<b>34.2</b>

Tabell 3.7 Shore  $A_{15s}$  hardhetsresultat for PBXN-110 RSB.

Emne Nr.	$A_{15s}$ for PBXN-110 RSB Viskositet				SNITT
1	34.0	32.5	32.5		33.0
2	31.0	33.0	33.0	33.0	32.5
3	31.5	32.0	32.0	35.5	32.8
<b>Gjennomsnitt</b>					<b>32.8</b>

Tabell 3.8 Shore  $A_{15s}$  hardhets resultat for PBXN-110 RSB viskositetmasse.

Hardheten for blandingene RSA/RSB ligger generelt 7-8 enheter høyere enn for blandingene i

(6). Resultatet for blandingene RSA/RSB indikerer at herdetiden kan reduseres til 3 døgn og at kravene til hardhet vil være tilfredsstillende. I (6) så vi at 3 døgn reduksjon i herdetid utgjør om lag 5 enheter i hardhet.

Referanse 9 og 10 har undersøkt sammenhengen mellom hardhet og mekaniske egenskaper for PBXN-110 og funnet at for å oppnå tilfredsstillende mekaniske egenskaper bør hardheten ligge i området 15-28 enheter. Derfor har begge blandingene en hardhet som ligger i overkant av hva som skal gi tilfredsstillende mekaniske egenskaper.

#### **4 SAMMENDRAG**

To blandinger av PBXN-110 basert på HMX klasse 2 sats 449/04 og klasse 3 sats 338/04 i forhold 3:7 er fremstilt og karakterisert med hensyn på prosesseringsegenskaper. Målt viskositet er moderat og blandingene har en pot-life på mer enn 5 timer. Oppnådd tetthet på herdet legemer er god. Alle Gaptestrør har en fyllinger med 99%TMD eller bedre.

I Intermediate Scale Gap test har 50% sannsynlighet for omsetning blitt funnet å være 137 kort eller en barrieretykkelse på 35 mm. Dette viser at benyttet HMX-kvalitet har samme egenskaper med hensyn på sjokkfølsomhet som standard HMX-kvalitet når den anvendes i PBXN-110.

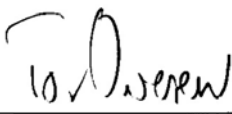
## APPENDIKS

## A ANALYSERESULTAT FOR BENYTTET RÅVARER

## A.1 Kontrollrapport for HMX klasse 2

**DYNO**  
Forsvarsprodukter

**KONTROLLRAPPORT B**  
etter EN 10204 - 3.1 B

Kjøper/Mottaker Forsvarets Forskningsinstitutt Avd. for våpen og materiell Postboks 25, 2007 Kjeller		Bestillingsnummer V/ Gunnar Nevstad Bestillingsdato 19.11.04		Rapport nummer 530 Kontroll dato 29.11.04			
Produsent Dyno Nobel ASA N-3476 Sætre NORGE		Produksjonsdato 26.11.04		Offentlig oppdragsnummer			
Lot nummer _____		Menge 5 kg					
Sprengstofftype <b>HMX, klasse "2"</b>		Leveringsbetingelser/Teknisk underlag MIL-H-45444B, Amendment 4					
Analyseresultater for loten							
	HMX HPLC	RDX HPLC	Smelte- punkt	Uløst i acetone	Uorganisk uløst	Uløste partikler på USSS No.	Surhet
KRAV	≥ 98,0 %	≤ 2,0 %	≥ 277 °C	≤ 0,03 %	≤ 0,05 %	40 60 0 ≤ 5	≤ 0,02 %
RESULTAT Sats 449/04	100,0	0,0	286	< 0,03	0,00	0 0	0,00
	Malvern Laser 50 punkt	Krystall-modifikasjon IR					
KRAV	Ca. 50 µm	α-HMX ikke detekterbar					
RESULTAT Sats 449/04	29	ikke detekterbar					
 <b>DYNO</b> Defence Products Manager QA Kvalitetssjef							

Figur App. 1 Kontrollrapport for benyttet HMX klasse 2.





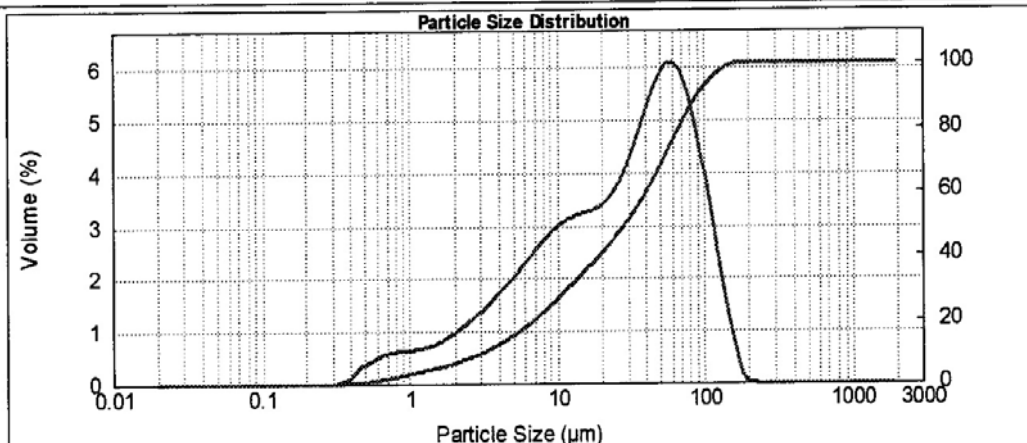
### Result Analysis Report

**Sample Name:** SOP Name: RDX\_HMX\_kl-7-8 Measured: Friday, November 26, 2004 10:18:59 AM  
**Sample Source & type:** Factory = Dyno Nobel ASA, Defence Measured by: Unknown Analysed: Friday, November 26, 2004 10:19:00 AM  
**Sample bulk lot ref:** sats 449/04 Result Source: Measurement

**Particle Name:** HMX/RDX **Accessory Name:** Hydro 2000G (A) **Analysis model:** General purpose **Sensitivity:** Enhanced  
**Particle RI:** 1.590 **Absorption:** 0.1 **Size range:** 0.020 to 2000.000 um **Obscuration:** 20.78 %  
**Dispersant Name:** Water **Dispersant RI:** 1.330 **Weighted Residual:** 0.728 % **Result Emulation:** Off

**Concentration:** 0.0243 %Vol **Span :** 2.988 **Uniformity:** 0.958 **Result units:** Volume  
**Specific Surface Area:** 0.799 m<sup>2</sup>/g **Surface Weighted Mean D[3,2]:** 7.513 um **Vol. Weighted Mean D[4,3]:** 39.311 um

**d(0.1):** 3.262 um **d(0.5):** 29.373 um **d(0.9):** 91.034 um



---HMX Medium fine, Friday, November 26, 2004 10:18:59 AM

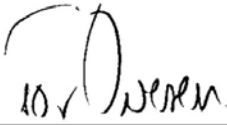
Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.006	3.25	11.462	28.97	120.226	96.60
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	3.84	13.183	31.81	139.036	98.48
0.013	0.00	0.138	0.00	1.446	4.47	15.136	34.70	150.000	99.21
0.015	0.00	0.156	0.00	1.660	5.15	17.378	37.65	161.970	99.96
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	5.92	19.953	40.67	206.930	100.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	6.79	22.909	43.80	239.863	100.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	7.78	26.303	47.13	275.423	100.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	8.89	30.200	50.76	316.226	100.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	10.14	34.674	54.77	363.078	100.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	11.54	39.811	59.23	416.869	100.00
0.040	0.00	0.417	0.08	4.365	13.11	45.000	63.57	478.630	100.00
0.046	0.00	0.479	0.31	5.012	14.84	52.481	69.44	549.541	100.00
0.052	0.00	0.550	0.65	5.754	16.76	60.236	74.93	630.957	100.00
0.060	0.00	0.631	1.09	6.607	18.96	69.183	80.39	724.436	100.00
0.069	0.00	0.724	1.59	7.586	21.15	79.000	83.44	831.784	100.00
0.079	0.00	0.832	2.13	8.710	23.61	91.201	90.06	954.993	100.00
0.091	0.00	0.955	2.68	10.000	26.23	104.713	93.79	1096.478	100.00

Figur App. 2 HMX klasse 2 krystallfordeling bestemt ved Malvern analysator.

## A.2 Kontrollrapport for HMX klasse 3

**DYNO**  
Forsvarsprodukter

**KONTROLLRAPPORT B**  
etter EN 10204 - 3.1 B

Kjøper/Mottaker Forsvarets Forskningsinstitutt Avd. for våpen og materiell Postboks 25, 2007 Kjeller		Bestillingsnummer V/ Gunnar Nevstad Bestillingsdato 19.11.04		Rapport nummer 529 Kontroll dato 10.11.04			
Produsent Dyno Nobel ASA N-3476 Sætre NORGE		Produksjonsdato 26.11.04		Offentlig oppdragsnummer			
Lot nummer		Menge 10 kg					
Sprengstofftype <b>HMX, klasse 3</b>		Leveringsbetingelser/Teknisk underlag MIL-H-45444B, Amendment 4					
Analyseresultater for loten							
	HMX HPLC	RDX HPLC	Smelte- punkt	Uløst i acetone	Uorganisk uløst	Uløste partikler på USSS No.	Surhet
KRAV	≥ 98,0 %	≤ 2,0 %	≥ 277 °C	≤ 0,03	≤ 0,05 %	40 0    60 ≤ 5	≤ 0,02 %
RESULTAT							
Sats 338/04	100,0	0,0	285	< 0,03	0,00	0    0	0,00
	Granulation, % gjennom USSS Nr.				Krystall- modifikasjon IR		
	20	50	100	200			
KRAV	–	40 ± 15	20 ± 10	10 ± 10	α-HMX ikke detekterbar		
RESULTAT							
Sats 338/04	98	34	11	7	ikke detekterbar		
 <b>DYNO</b> Defence Products Manager QA Kvalitetssjef							

Figur App. 3 Kontrollrapport for benyttet HMX klasse 3.


## A.3 Kontrollrapport IDP

**DYNO**

Forsvarsprodukter

**KONTROLLRAPPORT B**

etter EN 10204 - 3.1 B

Mottaker Dyno Nobel ASA Forsvarsprodukter N-3476 Sætre	Bestillingsnummer 4500142029 Bestillingsdato 02.03.04	Rapportnummer 177 Rapporteringsdato 27.04.04			
Produsent/Leverandør Congis, Europa AS / Laborel AS	Ankomstdato 27.04.04				
Lot Nr. U23K22X032	Mengde 360 kg				
Varenavn <b>IDP, EMERY 2911</b>	Spesifikasjon 366-K-305, utg. 1				
<b>RESULTAT</b>					
	Syretall	Hydroksyltall	Vann	Spes. Vekt V/25°C	Brytningsindeks V/25°C
Spesifikasjon	< 0,1 mg KOH/g	< 2,0 mg KOH/g	< 0,05 %	0,855-0,866	1,438-1,441
Resultat	0,0	1,1	0,01	0,861	1,440
 <b>DYNO</b> Defence Products Manager QA Kvalitetssjef					

Figur App. 4 Kontrollrapport for benyttet IDP.


## A.4 Analysesertifikat Lecithin

**DYNO**

Defence Products

**INSPECTION CERTIFICATE B**

in accordance with EN 10204 - 3.1 B

Buyer DYNO ASA Defence Products N-3476 Sætre		Order No. 3-3929 Order date 29.12.99		Certificate No. 322 Inspection date 24.01.00		
Supplier Central Soya Company, Inc. Indiana, USA		Receiving date 24.01.00				
Lot No. 99350101		Quantity 204 kg				
Product name <b>Lecithin, ACTIFLO 70-SB</b>		Specification Customer Specification, Product Code 6855, 06.10.1997				
<b>RESULT</b>						
	Acetone insoluble	Moisture	Acid value	Color, Gardner	Hexane insoluble	Viscosity at 25°C
Specification	68-72 %	≤ 0,8 %	18-25	≤ 14	≤ 0,1 %	≤ 30000 cP
Result	68,20	0,45	22,38	13,7	0,01	19500
 <b>DYNO</b> Defence Products Manager QA Manager Quality Assurance						

Figur App. 5 Analysesertifikat for benyttet Lecithin i PBXN-110.

**B MIKSEORDER OG BLANDESKJEMA****B.1 Blanding PBXN-110 RSA**

**MIKSEORDRE  
FOR  
SPRENGSTOFF/DRIVSTOFF**

Dato for utstedelse 20/1/2005	Utsteder GON	Batch nr. PBXN-110 RSA
Herdetemperatur 60°C	Herdetid 6 DØGN	

Nr.	Ingrediens	Lot Nr.	Vekt %	Vekt (g)
1	HTPB R45-HT LO	307065	5.800	203.00
2	IDP (5.365 wt.%)	Best. Nr. 3-4258	5.697	199.40
3	AO-4426	40903165	0.05	1.75
4	Lecithin	Best. Nr. 3-3929	0.70	24.50
5	HMX Grade B, Class 3, Dyno Nobel	Sats 338/04	61.04	2136.40
6	HMX Grade B, Class 2, Dyno Nobel	Sats 449/04	26.16	915.60
7	Dibutyltin dilaurate (DBTDL)	286865 191	0.002	0.07
8	Isophorone Diisocyanate (IPDI)	BA 30696393	0.551	19.28
9				
<b>TOTAL VEKT</b>				<b>3500.00</b>

**REKVIRERTE PRØVER:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Spesifikk vekt	<input checked="" type="checkbox"/>	Intermediate Scale Gap test: rør....5 stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Viskositet Brookfield	<input type="checkbox"/>	Detonasjons hastighet.....mm.....stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Strekprøving	<input type="checkbox"/>	Oppvarmingstest.....stk
<input type="checkbox"/>	Plate Dent	<input type="checkbox"/>	Beskytningstest.....stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Shore A Hardness	<input type="checkbox"/>	Burning Tube test.....stk

**MERKNADER:**

*Innhold av HMX 87.2 vekt%. Forhold klasse 3/klasse 2 7:3.*

Dato for miksing 22/1-05	Klokkeslett herdar tilsatt: 15 <sup>05</sup>	Klokkesett ferdigmikset: 15 <sup>35</sup>	Operatør: GON
-----------------------------	---	--	------------------

*Figur App. 6 Mikseordre for blanding PBXN-110 RSA.*

## MIKSESKJEMA

Dato for miksing 22/1-05	Operatør GON	Batch nr. PBXN-110 RSA
Produkt type PBXN-110 med RS-HMX?		

Merknader/Prosedyre	Klokke- slett start	Miksetid (min)	Vakuum (mbar)		TEMPERATUR °C		
			Krav	Målt	I oljen	I kjelen	Ønsket i kjelen
Tilsett HTPB, Lecithin, IDP, AO-2246, DBTDL	12 <sup>30</sup>	40	10	10	78	32.0 48.5	75 <sub>±3</sub>
Tilsett 2/3 HMX kl.3	13 <sup>10</sup>	5 20	-- 10	-- 10	96	48.1 64.1	55 <sub>±3</sub>
Tilsett ½ HMX kl 2	13 <sup>35</sup>	5 10	-- 10	-- 10	96	62.2 59.7	55 <sub>±3</sub>
Tilsett Rest HMX kl 3	13 <sup>50</sup>	5 10	-- 10	-- 10	94	58.7 59.9	50 <sub>±3</sub>
Tilsett 1/4 HMX kl. 2	14 <sup>05</sup>	5 10	-- 10	-- 10	92	59.3 57.2	50 <sub>±3</sub>
Tilsett Rest HMX kl. 2	14 <sup>20</sup>	5 10	-- 10	-- 10	90	54.9 53.1	50 <sub>±3</sub>
Tilsett Nedskraping	14 <sup>35</sup>	30	10	10	92	51.8 52.7	50 <sub>±3</sub>
Tilsett <b>IPDI</b>	15 <sup>05</sup>	5 10	-- 10	-- 10	90	50.7 51.8	50 <sub>±3</sub>
Tilsett Nedskraping	15 <sup>20</sup>	15	10	10	90	50.7 48.0	50 <sub>±3</sub>
Tilsett							

VISKOSITET	.....°C	.....cP	SPINDEL	..... RPM	.....
VISKOSITET	.....°C	.....cP	SPINDEL	..... RPM	.....
VISKOSITET	.....°C	.....cP	SPINDEL	..... RPM	.....
VISKOSITET	.....°C	.....cP	SPINDEL	..... RPM	.....
VISKOSITET	.....°C	.....cP	SPINDEL	..... RPM	.....

### MERKNADER:

Resultatet fra viskositetsmålingene er gitt på eget skjema .

**B.2 PBXN-110 RSB**

**MIKSEORDRE  
FOR  
SPRENGSTOFF/DRIVSTOFF**

Dato for utstedelse 20/1/2005	Utsteder GON	Batch nr. PBXN-110 RSB
Herdetemperatur 60°C	Herdetid 6 DØGN	

Nr.	Ingrediens	Lot Nr.	Vekt %	Vekt (g)
1	HTPB R45-HT LO	307065	5.800	203.00
2	IDP (5.365 wt.%)	Best. Nr. 3-4258*	5.697	199.40
3	AO-4426	40903165	0.05	1.75
4	Lecithin	Best. Nr. 3-3929	0.70	24.50
5	HMX Grade B, Class 3, Dyno Nobel	Sats 338/04	61.04	2136.40
6	HMX Grade B, Class 2, Dyno Nobel	Sats 449/04	26.16	915.60
7	Dibutyltin dilaurate (DBTDL)	286865 191	0.002	0.07
8	Isophorone Diisocyanate (IPDI)	BA 30696393	0.551	19.28
9				
10				
<b>TOTAL VEKT</b>				<b>3500.00</b>

\* 46 g IDP av bestillingsnummer 4500142029; Lot Nr. U23K22X032.

**REKVIRERTE PRØVER:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Spesifikk vekt	<input checked="" type="checkbox"/>	Intermediate Scale Gap test: rør....5 stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Viskositet Brookfield	<input type="checkbox"/>	Detonasjons hastighet.....mm.....stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Strekprøving	<input type="checkbox"/>	Oppvarmingstest.....stk
<input type="checkbox"/>	Plate Dent	<input type="checkbox"/>	Beskytningstest.....stk
<input checked="" type="checkbox"/>	Shore A Hardness	<input type="checkbox"/>	Burning Tube test.....stk

**MERKNADER:**

*Innhold av HMX 87.2 vekt%. Forhold klasse 3/klasse 2 7:3.*

Dato for miksing 23/1-05	Klokkeslett herdar tilsatt: 11 <sup>30</sup>	Klokkesett ferdigmikset: 12 <sup>00</sup>	Operator: GON
-----------------------------	---	--	------------------

*Figur App. 8 Mikseordre for blanding PBXN-110 RSB.*

## MIKSESKJEMA

Dato for miksing 23/1-05	Operatør GON	Batch nr. PBXN-110 RSB
Produkt type PBXN-110 med RS-HMX?		

Merknader/Prosedyre	Klokke- slett start	Miksetid (min)	Vakuum (mbar)		TEMPERATUR °C		
			Krav	Målt	I oljen	I kjelen	Ønsket i kjelen
Tilsett HTPB, Lecithin, IDP, AO-2246, DBTDL	8 <sup>55</sup>	40	10	10	78	22.7 40.7	75±3
Tilsett 2/3 HMX kl.3	9 <sup>35</sup>	5 20	-- 10	-- 10	80	40.6 56.6	55±3
Tilsett ½ HMX kl 2	10 <sup>00</sup>	5 10	-- 10	-- 10	82	54.8 58.3	55±3
Tilsett Rest HMX kl 3	10 <sup>15</sup>	5 10	-- 10	-- 10	77	57.5 57.7	50±3
Tilsett 1/4 HMX kl. 2	10 <sup>30</sup>	5 10	-- 10	-- 10	78	57.0 57.4	50±3
Tilsett Rest HMX kl. 2	10 <sup>45</sup>	5 10	-- 10	-- 10	80	53.6 54.9	50±3
Tilsett Nedskraping	11 <sup>00</sup>	30	10	10	81	52.5 53.5	50±3
Tilsett <b>IPDI</b>	11 <sup>30</sup>	5 10	-- 10	-- 10	84	52.2 50.4	50±3
Tilsett Nedskraping	11 <sup>45</sup>	15	10	10	82	48.4 49.4	50±3
Tilsett							

VISKOSITET .....°C .....cP      SPINDEL ..... RPM .....

VISKOSITET .....°C .....cP      SPINDEL ..... RPM .....

VISKOSITET .....°C .....cP      SPINDEL ..... RPM .....

VISKOSITET .....°C .....cP      SPINDEL ..... RPM .....

VISKOSITET .....°C .....cP      SPINDEL ..... RPM .....

**MERKNADER:**

Resultatet fra viskositetsmålingene er gitt på eget skjema.

Figur App. 9 Mikseskjema for blanding PBXN-110 RSB.



## Litteratur

- (1) Naval Sea Systems Command, Department of the Navy; MIL-DTL-82901A(OS), Detail Specification, Explosive, Plastic-Bonded, Cast PBXN-110, 13 May (2002).
- (2) The NIMIC Energetic Materials Compendium, v3.00 (2003): NIMIC, NATO HQ, B-1110 Brussels, Belgium.
- (3) NATO STANAG 4439: Policy for introduction, assessment and testing for Insensitive Munitions (MURAT) (1995).
- (4) C, Spycckerelle, A. Freche, S. Lecume (2003): "I-RDX Comparative analytical characterization. State of the art". Reduced Sensitivity RDX Technical Meeting, Meppen, Tyskland, 17-20 November.
- (5) Jørn D. kristiansen, Øyvind H. Johansen, Alf berg, Terje Halvorsen, Richard Gjersøe, Kjell-Tore Smith and Mona Christensen (2004): "Steps towards reduced sensitivity HMX (RS-HMX): Reduced shock sensitivity in both Cast-Cured and Pressable PBX compositions", IM&EM Technology Symposium, Materials & Techniques for Reducing Sensitivity, San Francisco, 15-17 November.
- (6) Nevstad Gunnar Ove (2005): Egenskaper til PBXN-110 med standard HMX, FFI/RAPPORT-2005/00005, Ugradert
- (7) Nevstad Gunnar Ove (2002): Fremstilling og testing av PBXN-109 med Fransk I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/3206, Ugradert.
- (8) North Atlantic Council (2001): Ratification draft 1- STANAG 4488 (Edition 1), "Explosive, Shock Sensitivity Tests"; NATO/PfP, Unclassified Document AC/310-D/189, 7 September.
- (9) René Gagnaux (2004): Influence of the HTPB/IDP-ratio on mechanical properties of the cast cured HMX-explosive PBXN-110, 35th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 29 juni - 2 juli.
- (10) René Gagnaux (2003): Rheology of cast cured insensitive plastic bonded explosives - part I, 34th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Tyskland, 24-27 juni.