

# **FFI RAPPORT**

## **SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) BILDER AV ULIKE RDX KVALITETER**

NEVSTAD Gunnar Ove

**FFI/RAPPORT-2002/04926**





FFIBM/2911/130

Godkjent  
Kjeller 13. desember 2002

Bjarne Haugstad  
Forskningsjef

**SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)  
BILDER AV ULIKE RDX KVALITETER**

NEVSTAD Gunnar Ove

FFI/RAPPORT-2002/04926

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



**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (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-2002/04926	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 51
1a) PROJECT REFERENCE FFIBM/2911/130	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) BILDER AV ULIKE RDX KVALITETER  Scanning Electron Microscopy (SEM) Pictures of Different RDX Qualities		
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:		
a) <u>RDX</u>		IN NORWEGIAN:
b) <u>Crystals</u>		a) <u>RDX</u>
c) <u>SEM pictures</u>		b) <u>krystaller</u>
d) <u>Defects</u>		c) <u>SEM-bilder</u>
e) <u>Shape</u>		d) <u>defekter</u>
		e) <u>form</u>
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT The quality of RDX crystals has strong influence on the sensitivity of explosive products containing the crystals. The shock sensitivity of PBXN-109 made from different batches of RDX has shown significantly different results. A reduction by a factor two in shock sensitivity can be obtained by choosing the right crystals. Chemical analysis has shown no significant differences between good or bad crystals. It's therefore believed that crystals defects may be the reason for the obtained differences in shock sensitivity. With defects is understood irregularity on the crystal surface or inside the crystals.  A Scanning Electron Microscope (SEM) has been used to study the crystal surface. To obtain samples with crystals with approximately the same crystal size, the batches were fractionated before the samples were placed in the microscope. The results from the SEM study show that the examined crystals have different quality. However, the differences in shape and surface defects do not explain the differences in shock sensitivity.		
9) DATE 13. December 2002	AUTHORIZED BY This page only Bjarne Haugstad	POSITION Director of Research

ISBN-82-464-0737-6

**UNCLASSIFIED**

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



**INNHOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	EKSPERIMENTELT	7
3	RESULTATER	8
3.1	Fransk I-RDX klasse 1	8
3.1.1	Fransk I-RDX på sikt nr 50	9
3.1.2	Fransk I-RDX på sikt nr 100	12
3.1.3	Fransk I-RDX på sikt nr 200	16
3.1.4	Fransk I-RDX på sikt nr 325	19
3.1.5	Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325	22
3.2	Fransk I-RDX klasse 5	25
3.2.1	SNPE lot 2704S02	25
3.2.2	SNPE lot 1889501	26
3.3	Dyno F-RDX klasse 5	29
3.4	Dyno F-RDX klasse 1	31
3.4.1	F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 50	31
3.4.2	F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 100	34
3.4.3	F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 200	36
3.4.4	F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 325	38
3.4.5	F-RDX Ch 1662/01 gjennom sikt nr 325	40
4	SAMMENDRAG	44
<b>APPENDIKS</b>		
A	KONTROLLRAPPORTER FOR DYNO RDX	45
A.1	Dyno F-RDX kl 5, lot 1484/00	45
A.2	Kontrollrapport Charge 1662/01	47
B	KONTROLLRAPPORTER FRANSK RDX	48
B.1	SNPE Lot 2703S02	48
B.2	Kontrollrapport fransk kl 5 I-RDX	49
	LITTERATUR	50
	Fordelingsliste	51



## **SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) BILDER AV ULIKE RDX KVALITETER**

### **1 INNLEDNING**

Kvaliteten på eksplosiv krystaller kan ha innvirkning på mange av de sentrale egenskapene til sprengstoffkomposisjoner som produseres av krystallene. De fleste produsenter av nitraminer arbeider kontinuerlig med å optimalisere krystallisasjonen av disse råvarene. I Norge har Dyno Nobel ASA som produsent av både RDX og HMX i så måte ikke vært et unntak. FFI har også først via WEAG TA-25 prosjekter fra 1986 og senere i ANNC (Anglo Netherlands Norway Cooperation) deltatt mer eller mindre aktivt i dette arbeidet.

I de senere år har det blitt kjent at SNPE har utviklet RDX krystaller, som når de benyttes i PBXN-109 gir et produkt med redusert sjokkfølsomhet (1, 2). Reduksjoner i sjokkfølsomhet på opptil 50 % er rapportert å være oppnådd. Tilsvarende forsøk på å oppnå redusert sjokkfølsomhet ved bruk av Dyno produkt har vært gjennomført på FFI uten at vi oppnådde like gode resultater (3). Det ble derfor bestemt at vi skulle anskaffe RDX-krystaller fra Frankrike og forsøke å fremstille PBXN-109 produkter med disse for å stadfeste om resultatene let seg reproducere i Norge (4). Senere har også Dyno fremskaffet RDX krystaller som når de anvendes i PBXN-109 produkter gir lav sjokkfølsomhet (5).

Vi har mottatt de kvantiteter av klasse 1 og klasse 5 I-RDX som ble bestilt fra SNPE. Det har tidligere vært rapportert om at kjemiske forskjeller mellom normal RDX og I-RDX ikke lar seg kunne påvise (1). I-RDX (Insensitive RDX) er betegnelsen franskmennene benytter på denne nye typen RDX. Andre fortrekker betegnelsen I=improved. Vi har imidlertid bestemt oss for å se nærmere på krystallene i elektronmikroskop for om mulig å danne oss et bilde av om det er ytre forskjeller på de ulike RDX krystalltypene som vi har benyttet i produksjon av PBXN-109 for testing av sjokkfølsomhet.

I tillegg til den franske RDXen har vi også studert en annen RDX type II kvalitet produsert av Dyno med betegnelse F-RDX.

### **2 EKSPERIMENTELT**

Krystallene som har vært studert ble mottatt fraksjonert fra Dyno Nobel ASA. Fraksjonering av krystallene er utført for både fransk og norsk klasse 1. En oversikt over prøvene som er studert er gitt i tabell 2.1, hvor også lot eller charge nummer samt hvilken krystallstørrelser de inneholder er gitt. I appendiks er gitt kontrollrapporter fra produsenten av de ulike krystallene.

For å oppnå akseptable bilder må krystallprøven belegges med et lag som er ledende. For våre

prøver er det benyttet gull. Alle prøvene har vært belagt med et tynt lag gull for å redusere oppladningen. Prøvene har så vært analysert på et SEM 515 instrument fra Philips.

Prøve Nr.	Type betegnelsen på RDX-krystallene	Siktåpning (mm)
1	I-RDX kl. 1 SNPE, Lot 2703S02, blandprøve, på sikt Nr. 50	0.300
2	I-RDX kl. 1 SNPE, Lot 2703S02, blandprøve, på sikt Nr. 100	0.150
3	I-RDX kl. 1 SNPE, Lot 2703S02, blandprøve, på sikt Nr. 200	0.075
4	I-RDX kl. 1 SNPE, Lot 2703S02, blandprøve, på sikt Nr. 325	0.045
5	I-RDX kl. 1 SNPE, Lot 2703S02, blandprøve, gjennom sikt Nr. 325	0.045
6	I-RDX kl. 5 SNPE, Lot 2704S02	
7	I-RDX kl. 5 SNPE, Lot 1889501	
8	F-RDX kl. 5 Dyno, Charge 1484/00	
9	F-RDX kl. 1 Dyno, Charge 1662/01, på sikt Nr. 50	0.300
10	F-RDX kl. 1 Dyno, Charge 1662/01, på sikt Nr. 100	0.150
11	F-RDX kl. 1 Dyno, Charge 1662/01, på sikt Nr. 200	0.075
12	F-RDX kl. 1 Dyno, Charge 1662/01, på sikt Nr. 325	0.045
13	F-RDX kl. 1 Dyno, Charge 1662/01, gjennom sikt Nr. 325	0.045

Tabell 2.1 Nummerering og innhold for studerte prøver.

Through U.S.S Sieve no.	Sieve Opening mm	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8
8	2.360				100				
12	1.700			≥99					
20	0.850	98±2							
35	0.500		99±1		20±20				100
50	0.300	90±10	95±5	40±10				98±2	≥98
60	0.250						≥96		
80	0.180						≥91		
100	0.150	60±30	65±15	20±10				90±8	≥90
120	0.125						67-93		
170	0.090						43-80		
200	0.075	25±20	33±13	10±10				46±15	55-80
230	0.063						36±14		
325	0.045					≥97	22±14		50±10
<b>Typical values:</b>									
90% point, µm		325	250	1360	2100	30	135	165	125
50% point, µm		130	115	450	1200	17-18	75	70	45
10% point, µm		50	25	90	460	10	30	18	8-10

Tabell 2.2 Krystallstørrelsesfordeling for de ulike klassene av RDX.

### 3 RESULTATER

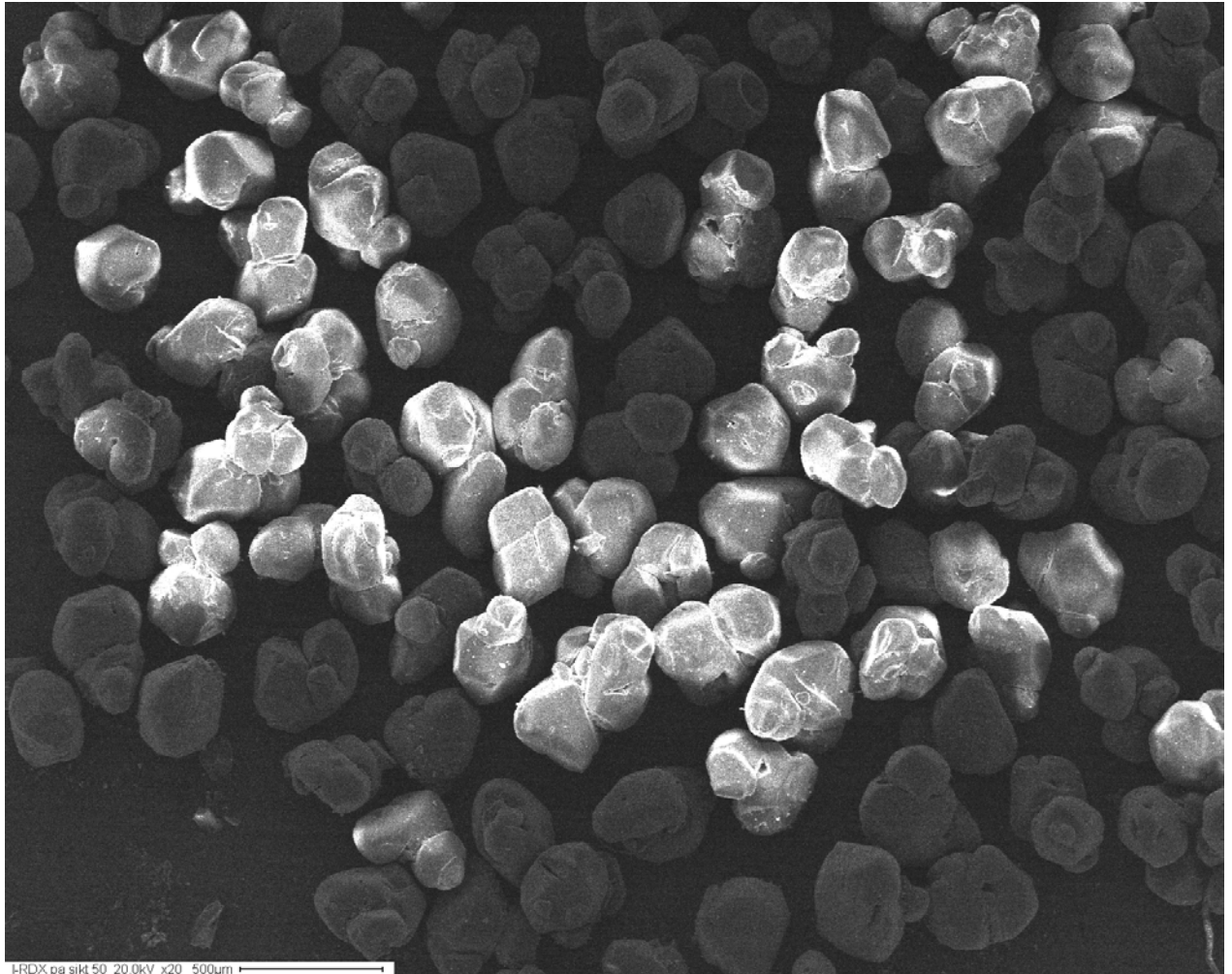
#### 3.1 Fransk I-RDX klasse 1

RDX leveres i form av krystallklasser med en gitt størrelsesfordeling på krystallene. Tabell 2.2 gir en oversikt over de klasser som normalt benyttes. De krystallene vi har studert ble fraksjonert som gitt i tabell 2.1.

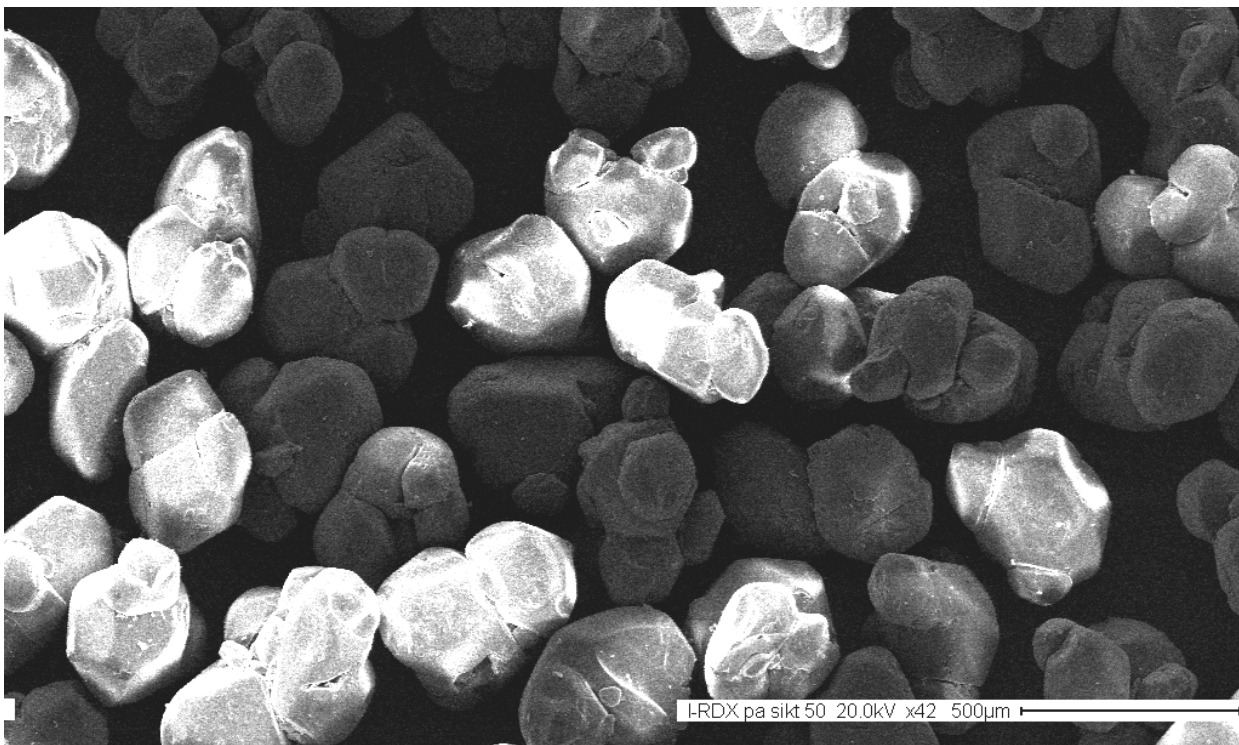


### 3.1.1 Fransk I-RDX på sikt nr 50

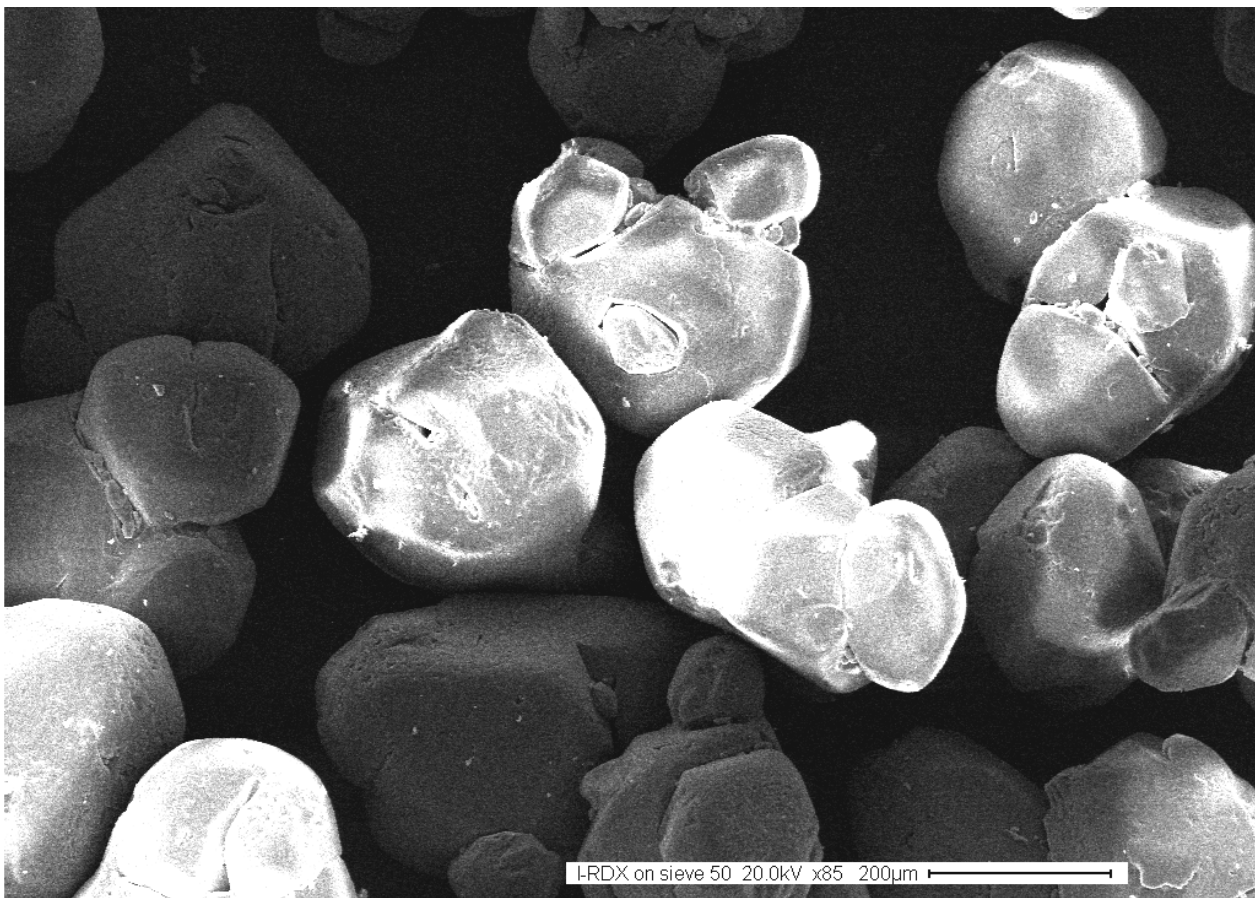
Krystallene på sikt nr 50 skal ha en minste diameter på mer enn 300  $\mu\text{m}$ . Majoriteten av krystallene i figur 3.1 har en minste diameter som er større enn 300  $\mu\text{m}$ . Krystallene har en overflate som er delvis avrundet, men opprinnelig krystallform er godt synlig for mange av krystaller. Et annet slående trekk er at krystallene nærmest uten unntak er sammensatt av flere krystaller, figur 3.2 til figur 3.6. Krystallene har imidlertid få huller.



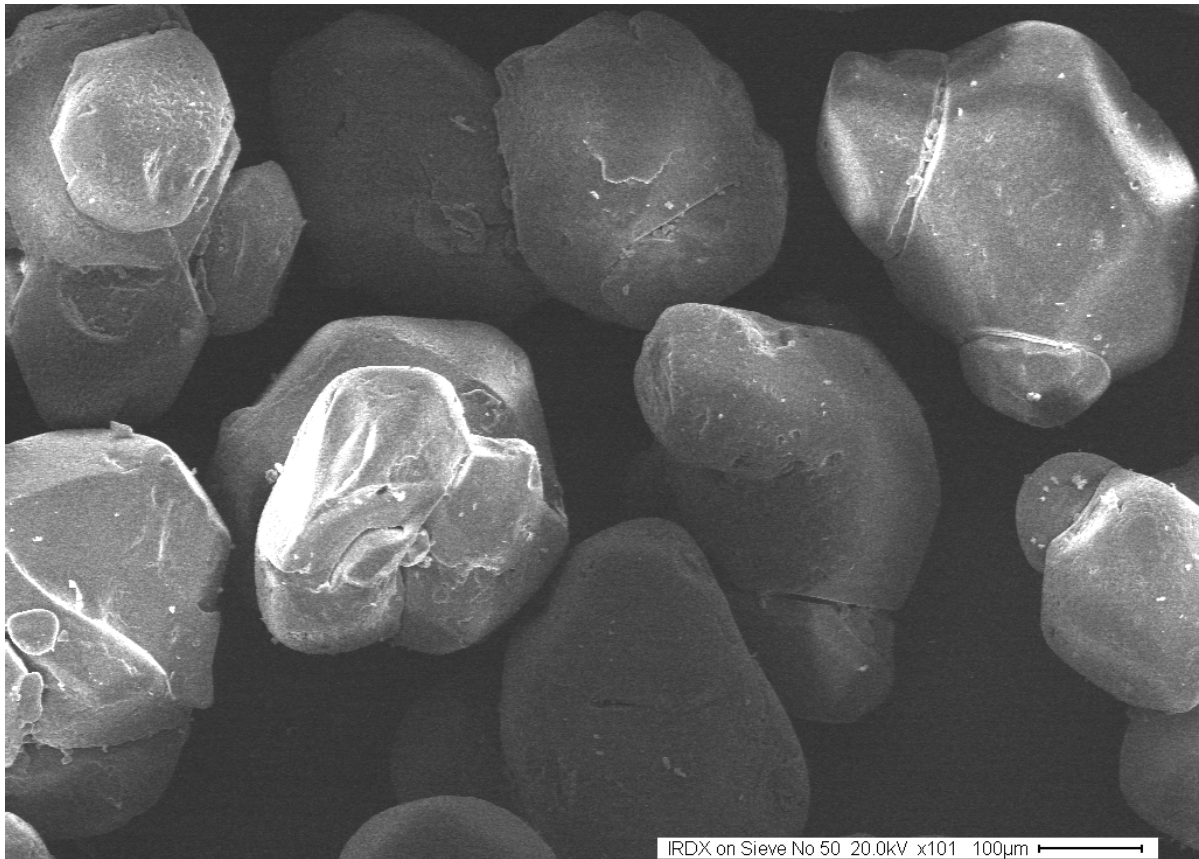
*Figur 3.1 I-RDX på sikt 50, forstørrelse 20x (Irdx50a).*



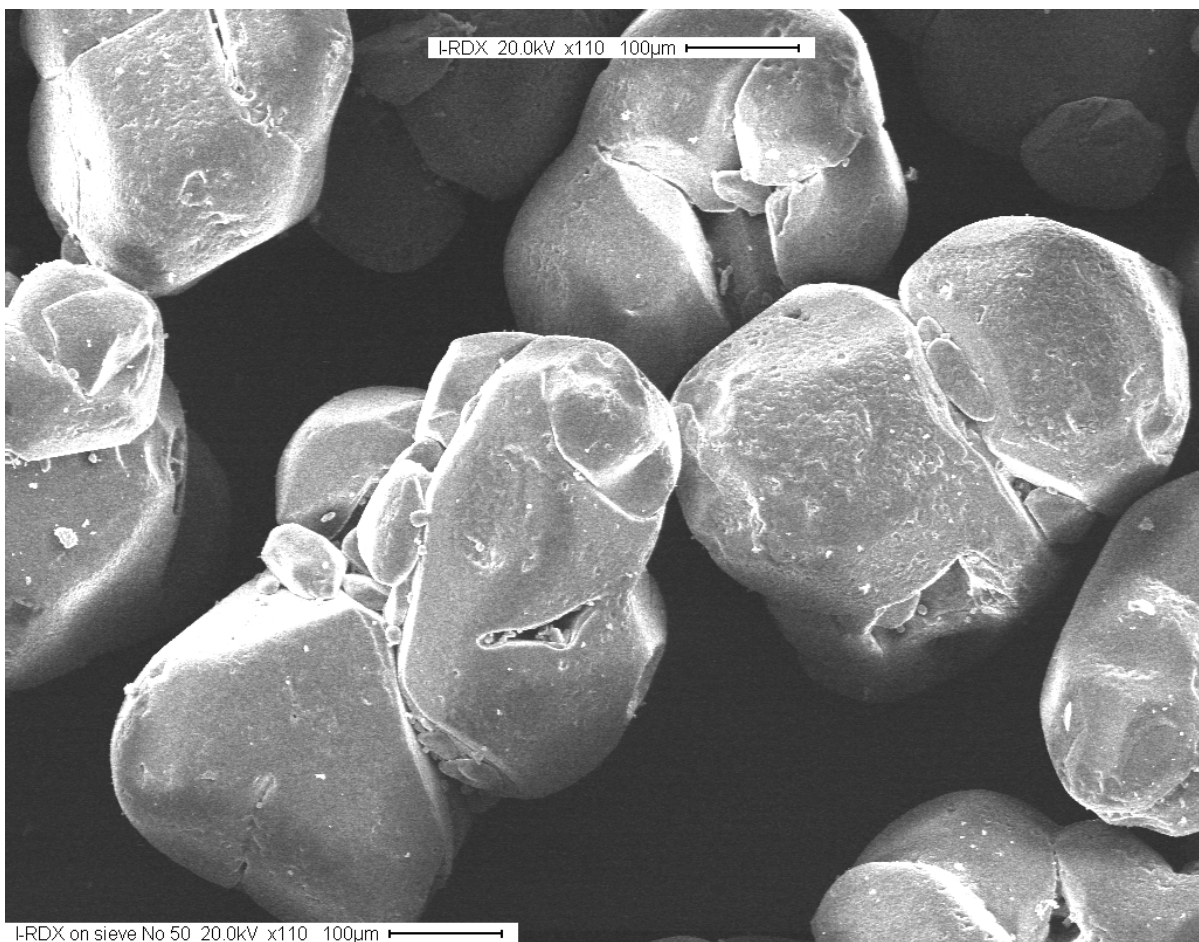
Figur 3.2 I-RDX på sikt 50, forstørrelse 42x (Irdx50c).



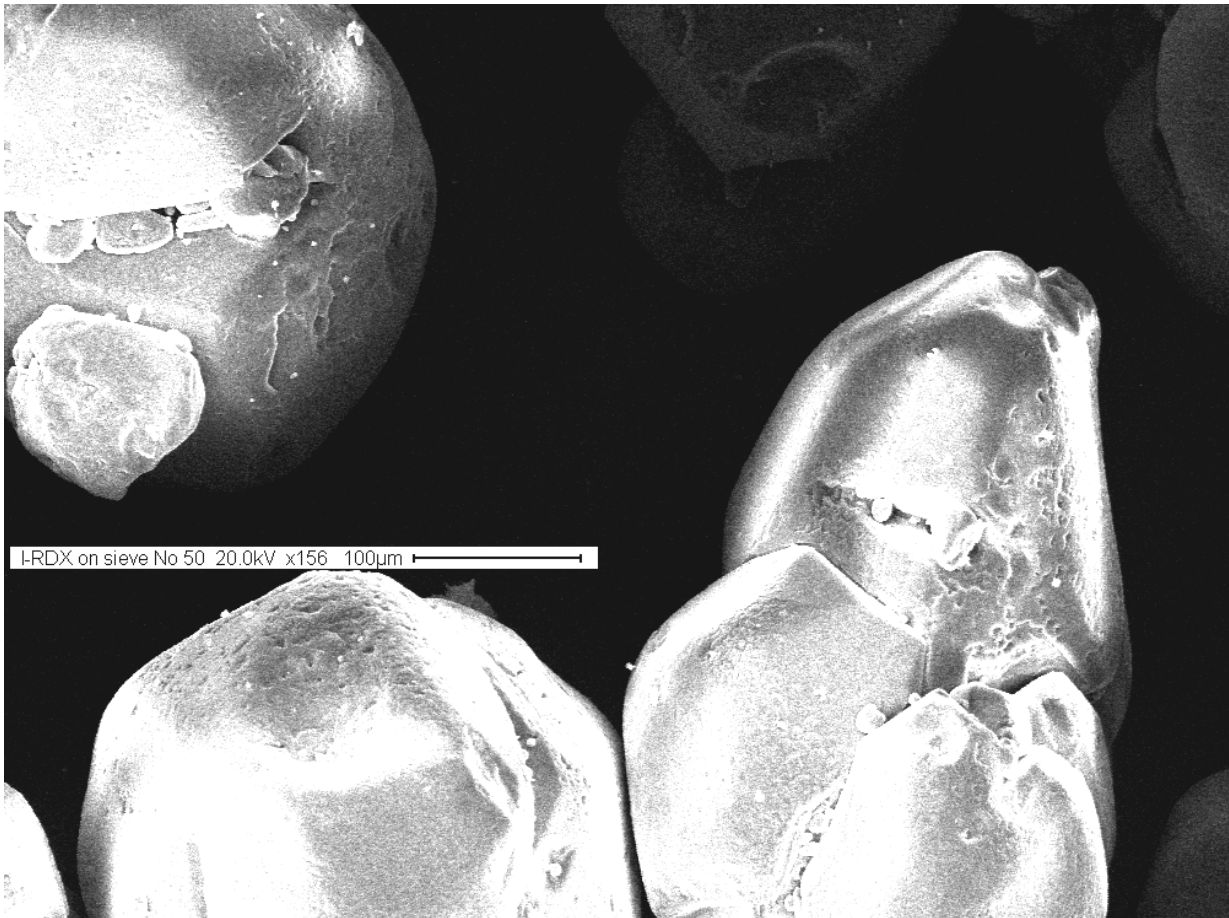
Figur 3.3 I-RDX på sikt 50 forstørrelse 85x. (Irdx50e).



*Figur 3.4 I-RDX på sikt 50, forstørrelse 101x. (Irdx50i)*



*Figur 3.5 I-RDX på sikt 50, forstørrelse 110x. (Irdx50h)*

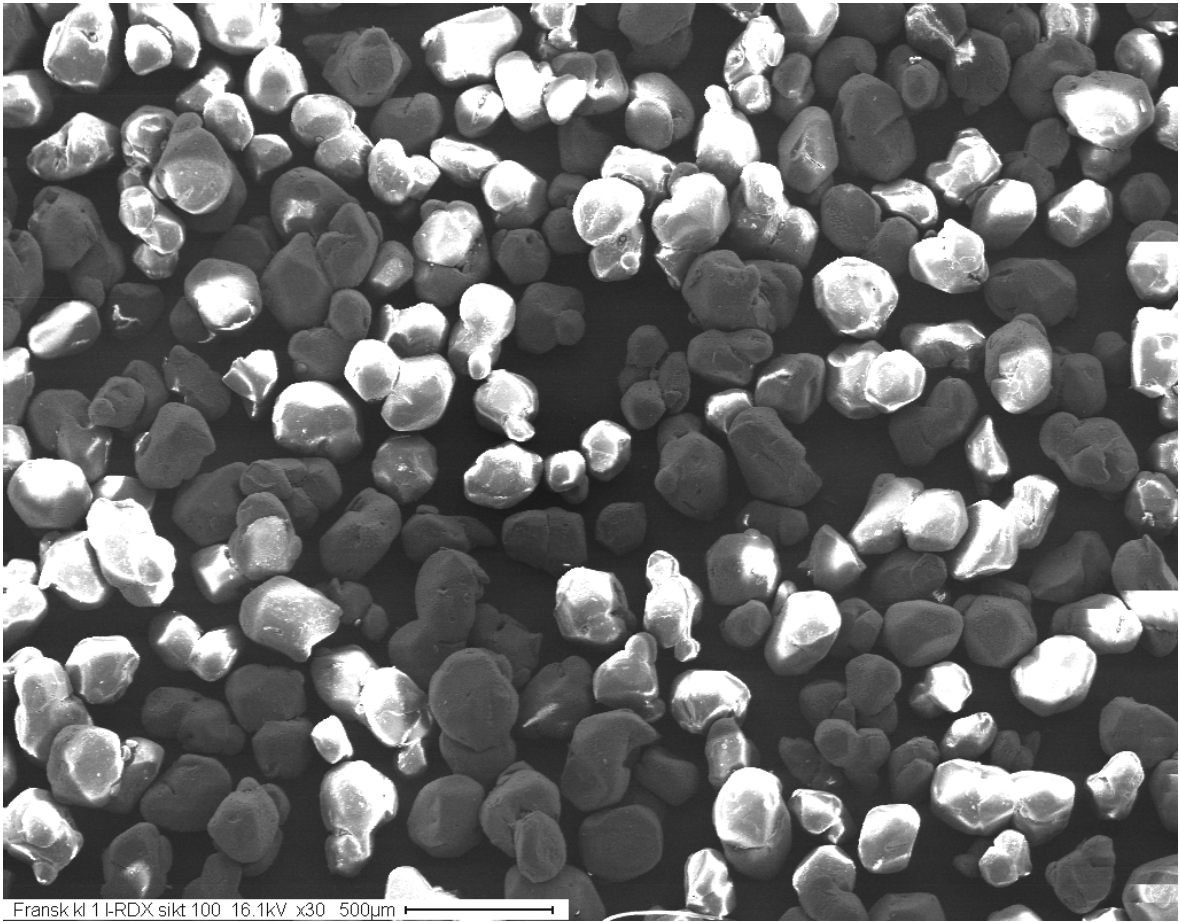


Figur 3.6 I-RDX på sikt 50, forstørrelse 156x. (Irdxg)

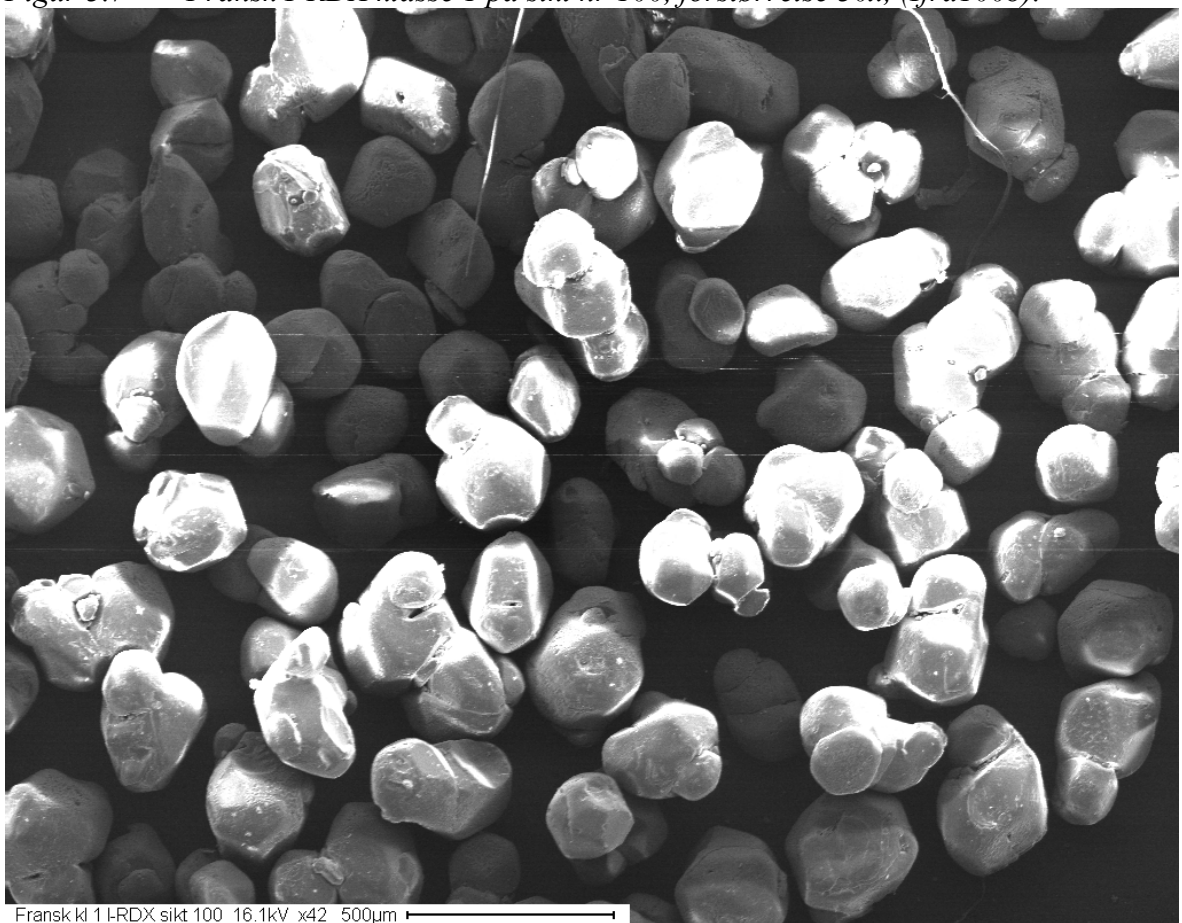
### 3.1.2 Fransk I-RDX på sikt nr 100

Krystallene på sikt nr100 skal ha en minste diameter større enn 150  $\mu\text{m}$ . Og siden de har gått gjennom sikt nr 50 bør minste diameter være mindre enn 300  $\mu\text{m}$ . Figurene 3.7 til 3.13 gir et representativt utvalg av SEM-bilder med forskjellig forstørrelse av krystaller fra denne prøven. For lot 2703S02 utgjør krystallene på denne sikten om lag 50 vekt%. Krystallene på sikt nr 100 har en noe mer avrundet form enn krystallene på sikt nr 50. Innholdet av tvilling eller sammensatte krystaller er stor men mindre enn for krystallene på sikt nr 50. Antallet og typen defekter på overflaten er som for krystallene på sikt nr 50.

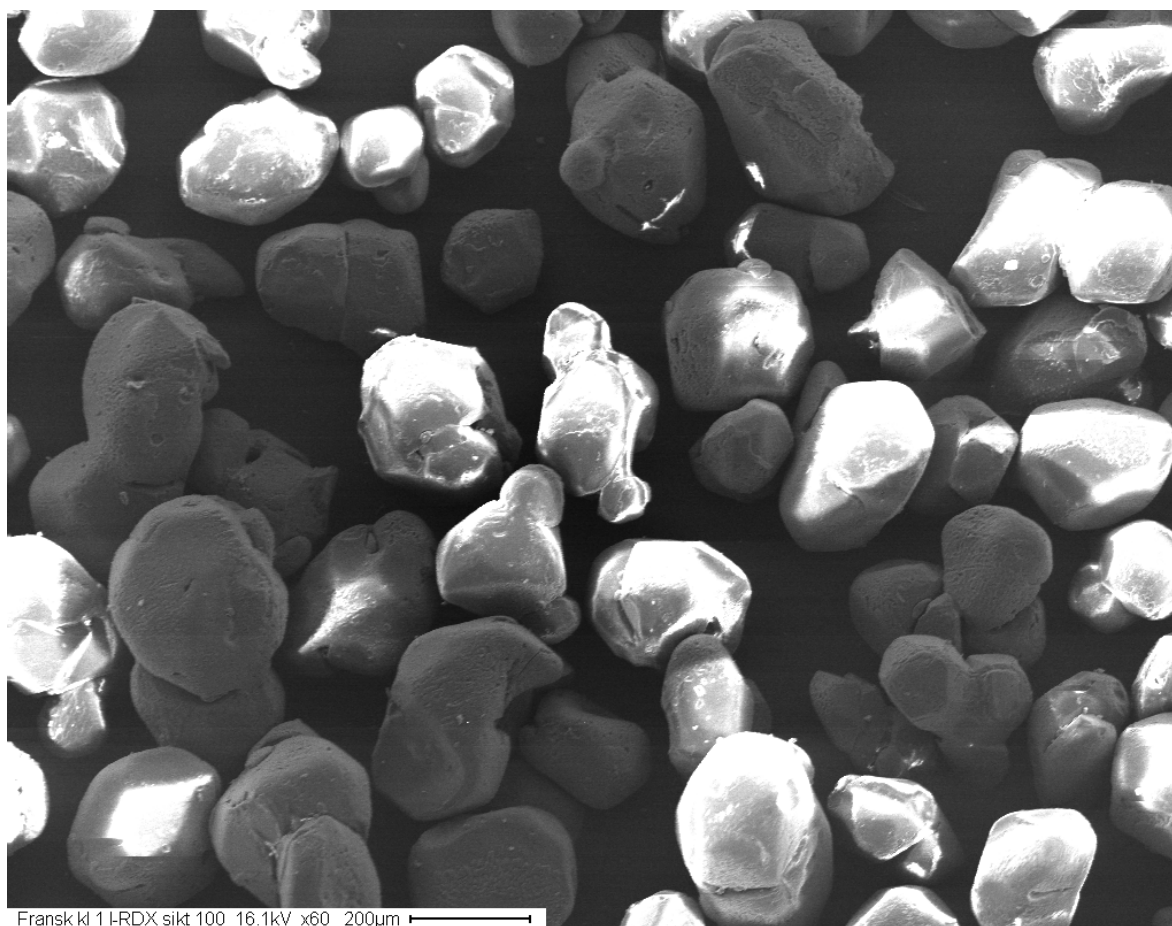




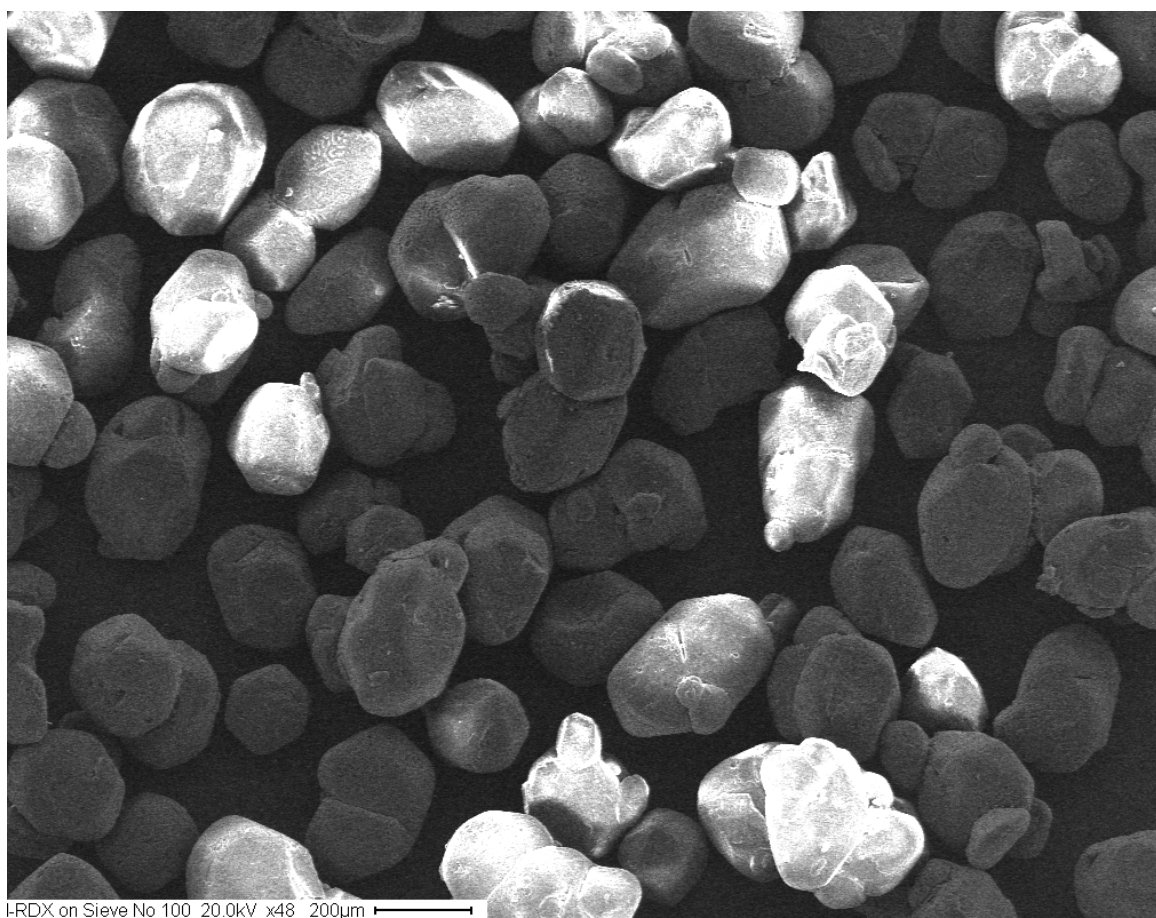
*Figur 3.7 Fransk I-RDX klasse 1 på sikt nr 100, forstørrelse 30x, (Ifrd100b).*



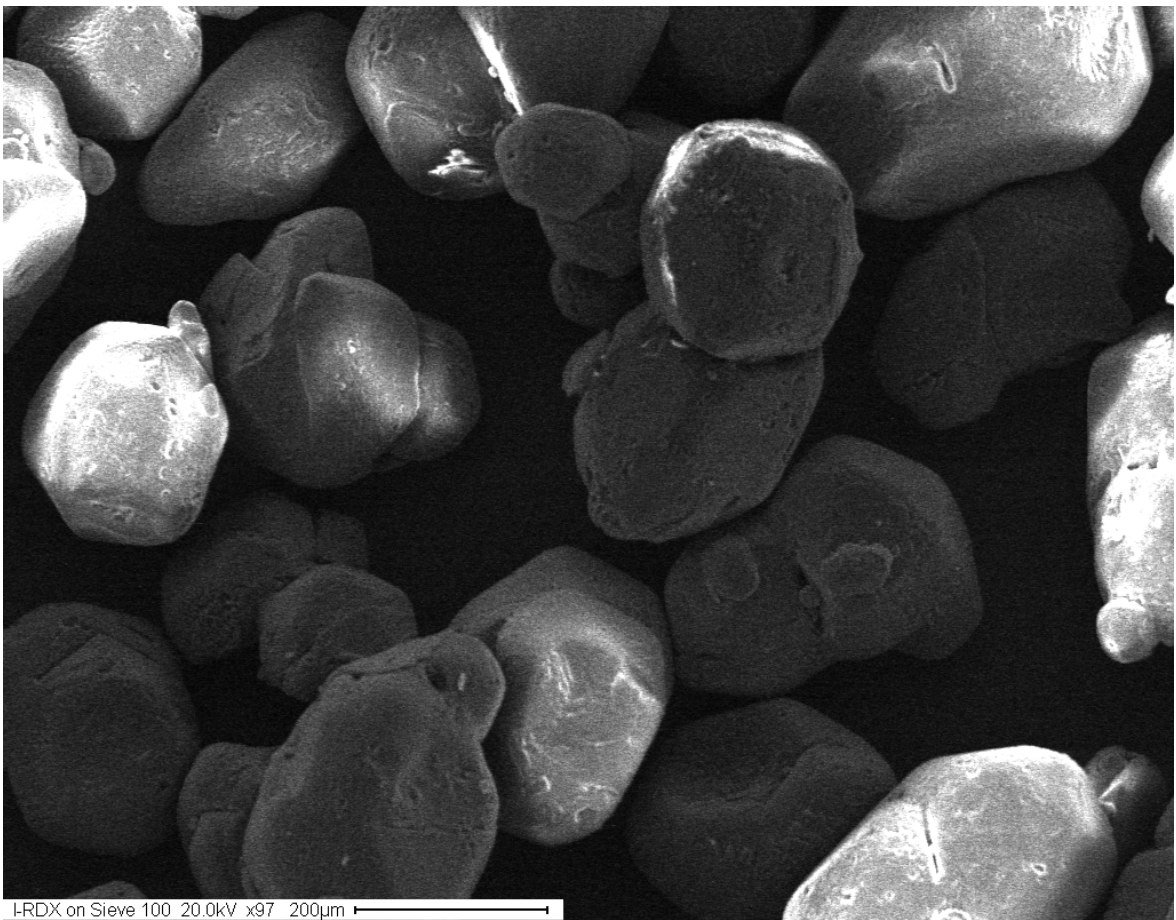
*Figur 3.8 Fransk I-RDX klasse 1 på sikt nr 100, forstørrelse 42x, (Ifrd100f).*



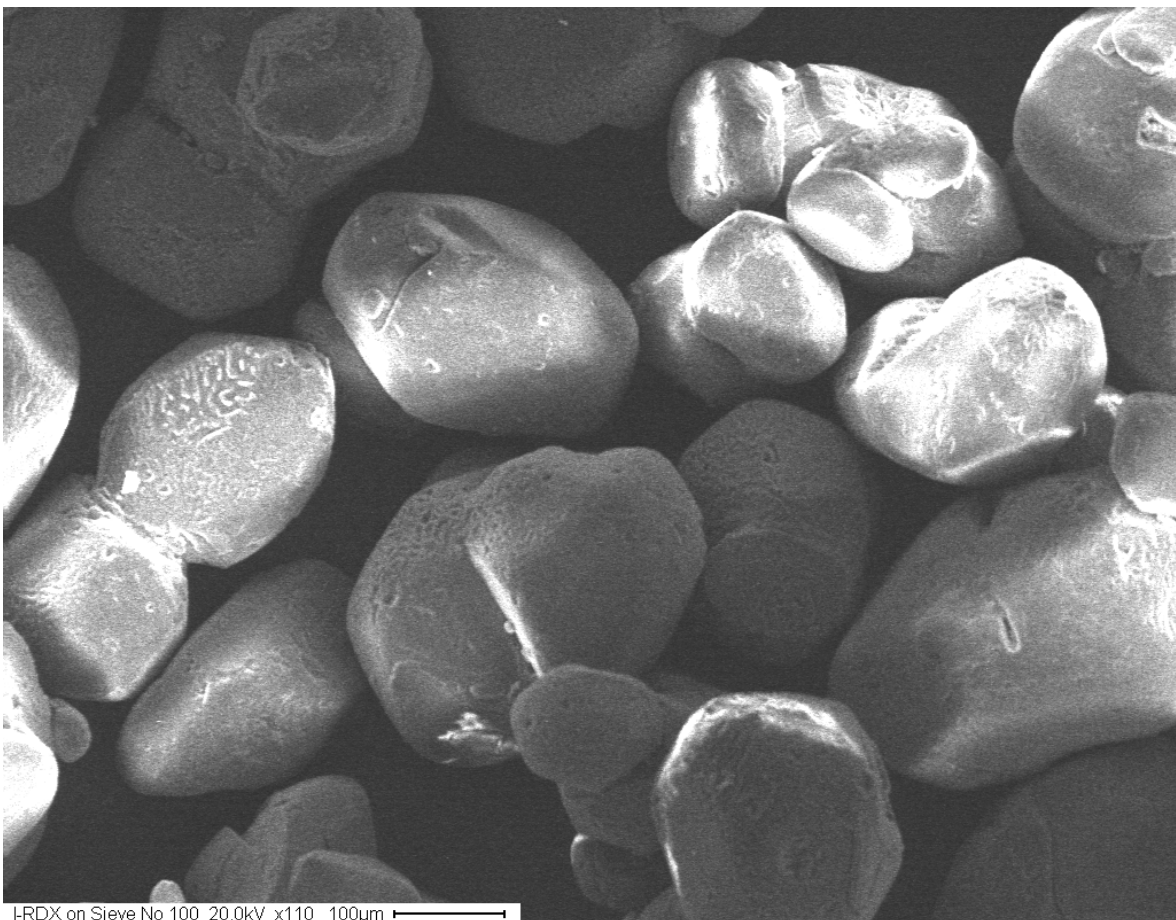
Figur 3.9 Fransk I-RDX klasse 1 på sikt nr 100, forstørrelse 60x, (Ifrd100c).



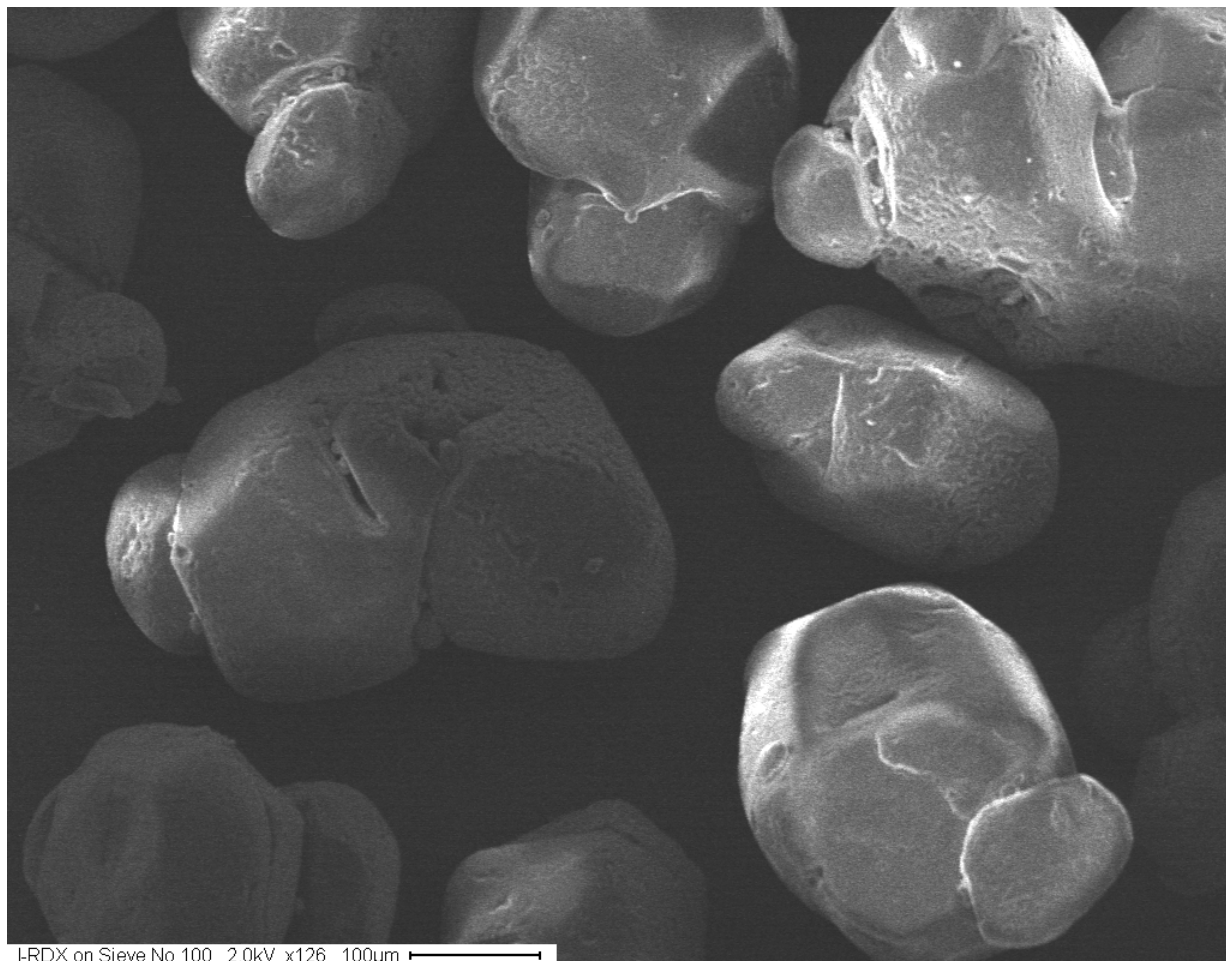
Figur 3.10 Fransk I-RDX klasse 1 på sikt nr 100, forstørrelse 48x, (Irdx100c).



*Figur 3.11 I-RDX på sikt 100, forstørrelse 97x. (Irdx100d).*



*Figur 3.12 I-RDX på sikt nr 100, forstørrelse 110x. (Irdx100f).*

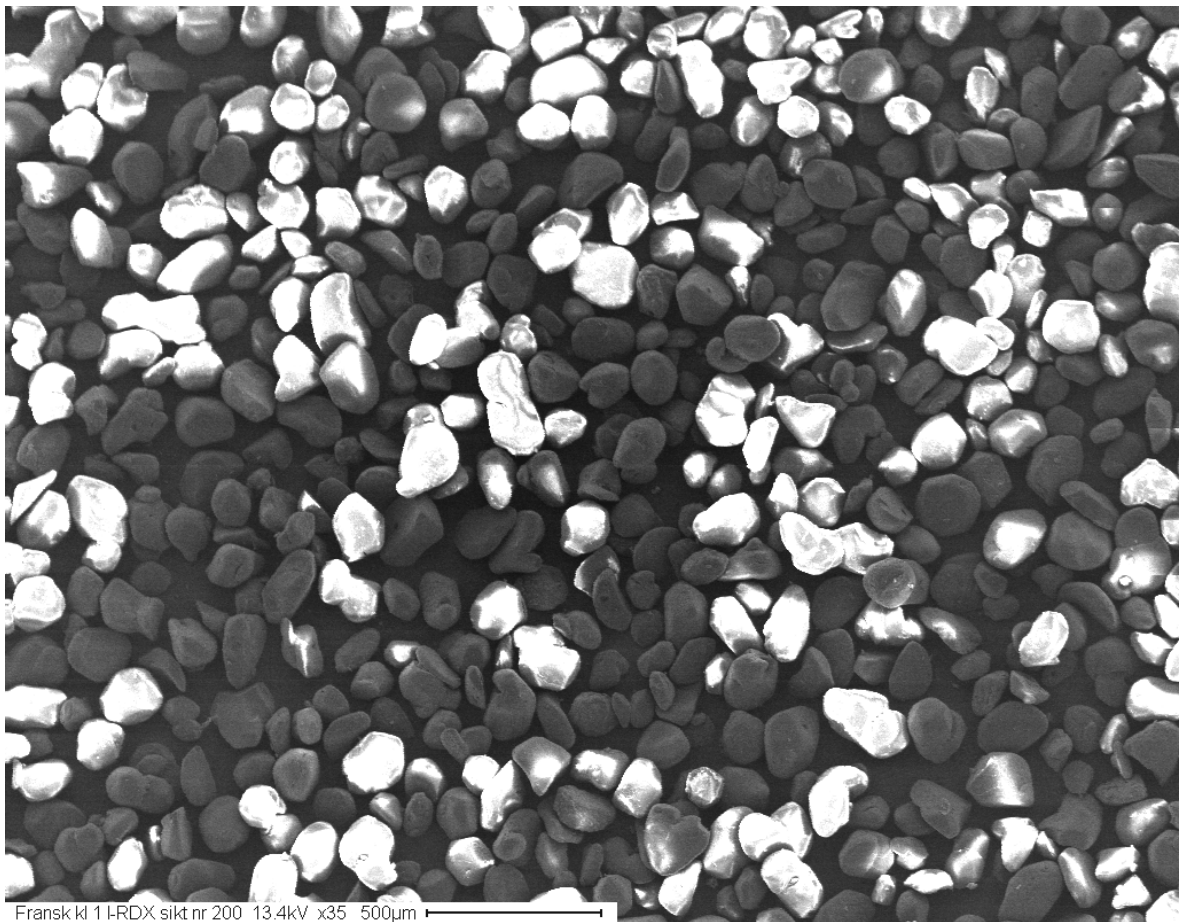


*Figur 3.13 I-RDX kl 1 SNPE Lot 2703S02 på sikt 100, forstørrelse 126x. (Irdx100g).*

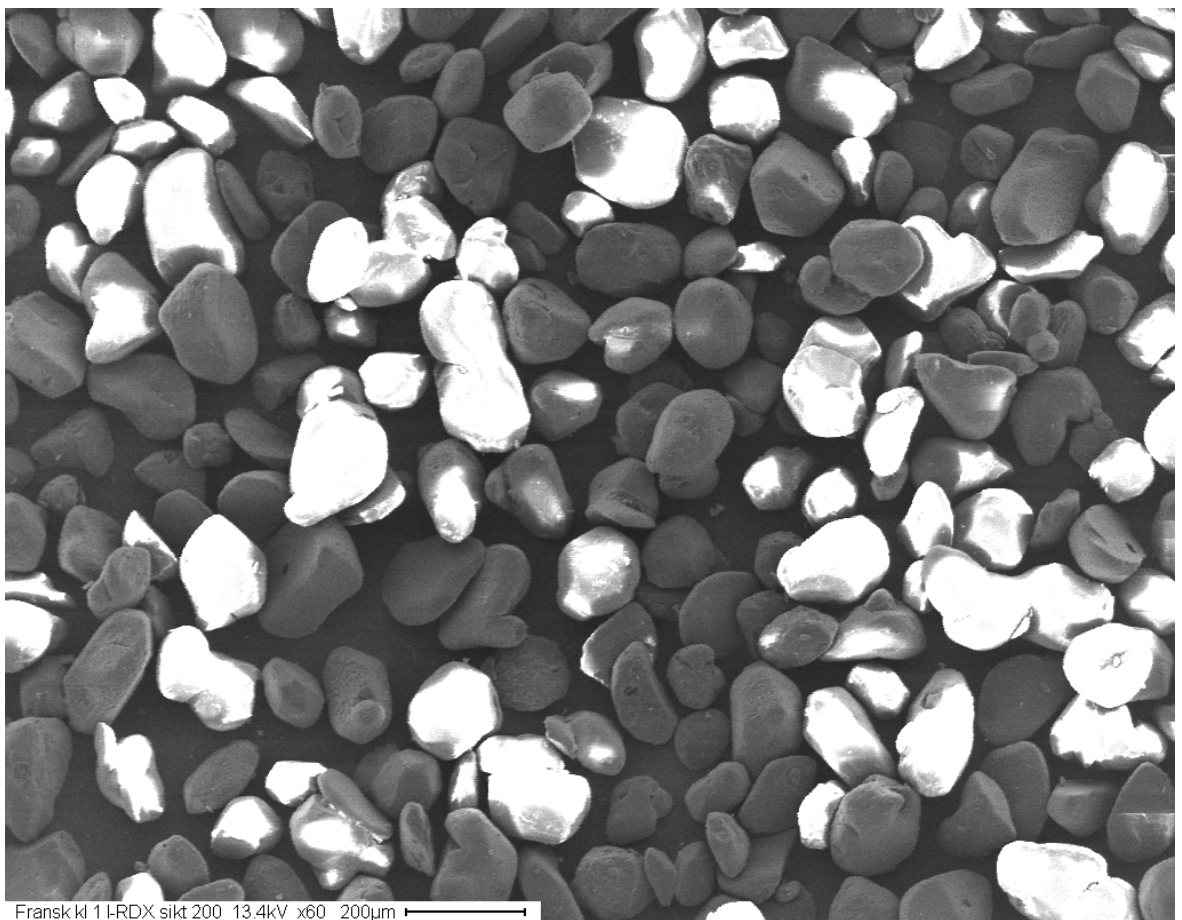
### 3.1.3 Fransk I-RDX på sikt nr 200

Krystallene på sikt nr 200 skal ha en minste diameter mellom 75 og 150  $\mu\text{m}$ . For lot 2703S02 utgjør krystallene på sikt nr 200 13 vekt%. Figurene 3.14 til 3.17 viser SEM-bilder for krystallene med forskjellige grad av forstørrelse. Krystallene på denne sikten har en større grad av rundhet enn de to foregående fraksjonene. Mange krystaller har en tilnærmet sfærisk form. Antallet tvilling eller sammensatte krystaller er betydelig lavere enn for sikt nr 50 og 100.

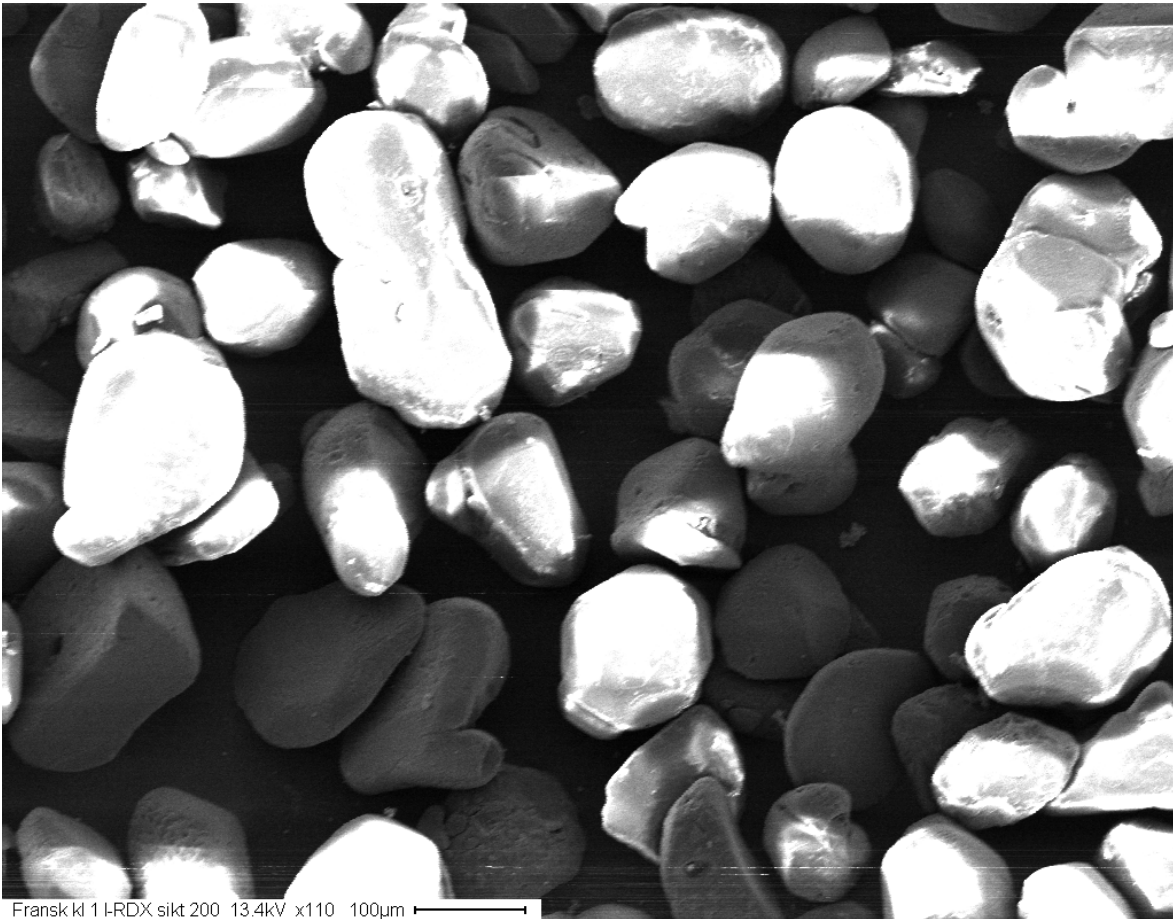




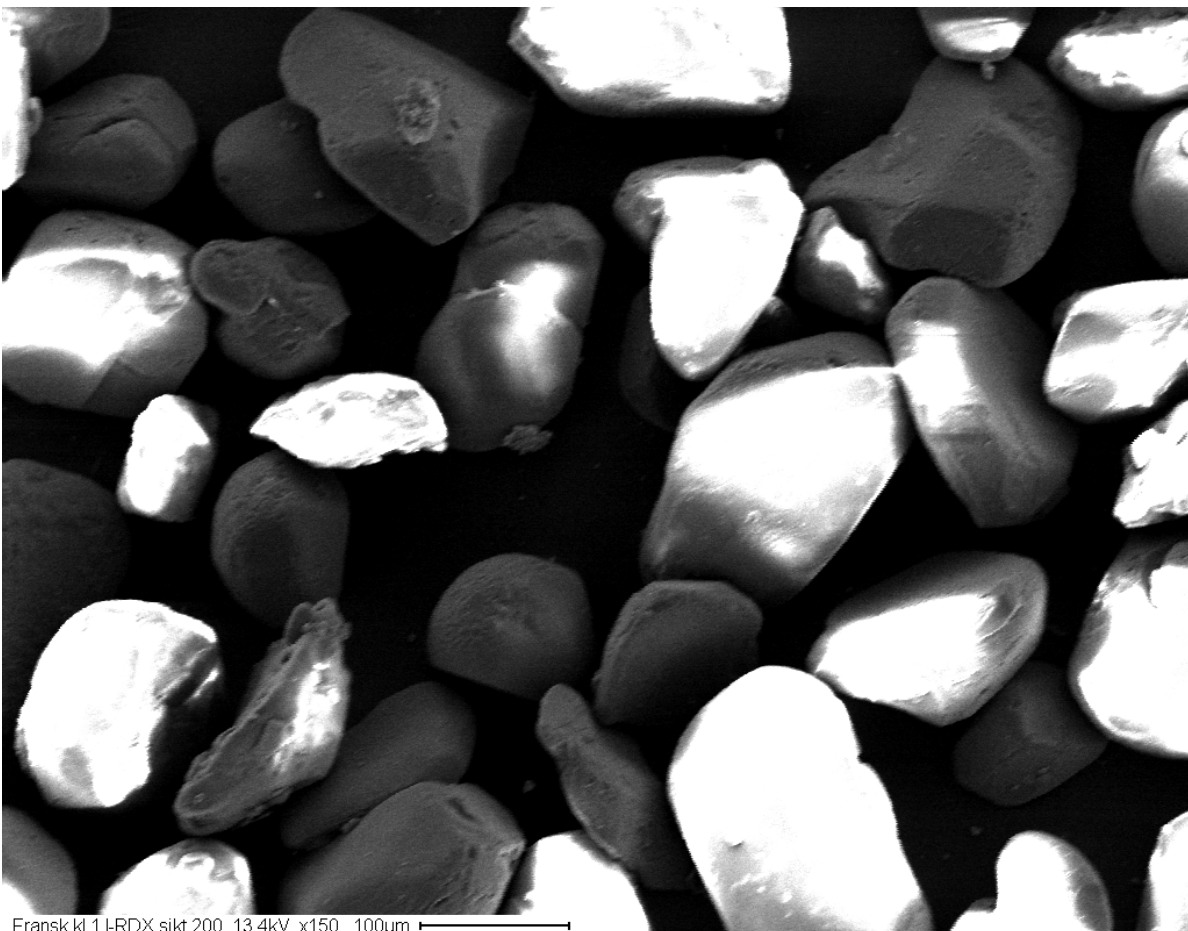
Fransk kl 1 I-RDX sikt nr 200 13.4kV x35 500µm  
*Figur 3.14 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 35x, (Ifrd200a).*



Fransk kl 1 I-RDX sikt 200 13.4kV x60 200µm  
*Figur 3.15 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 60x, (Ifrd200b).*



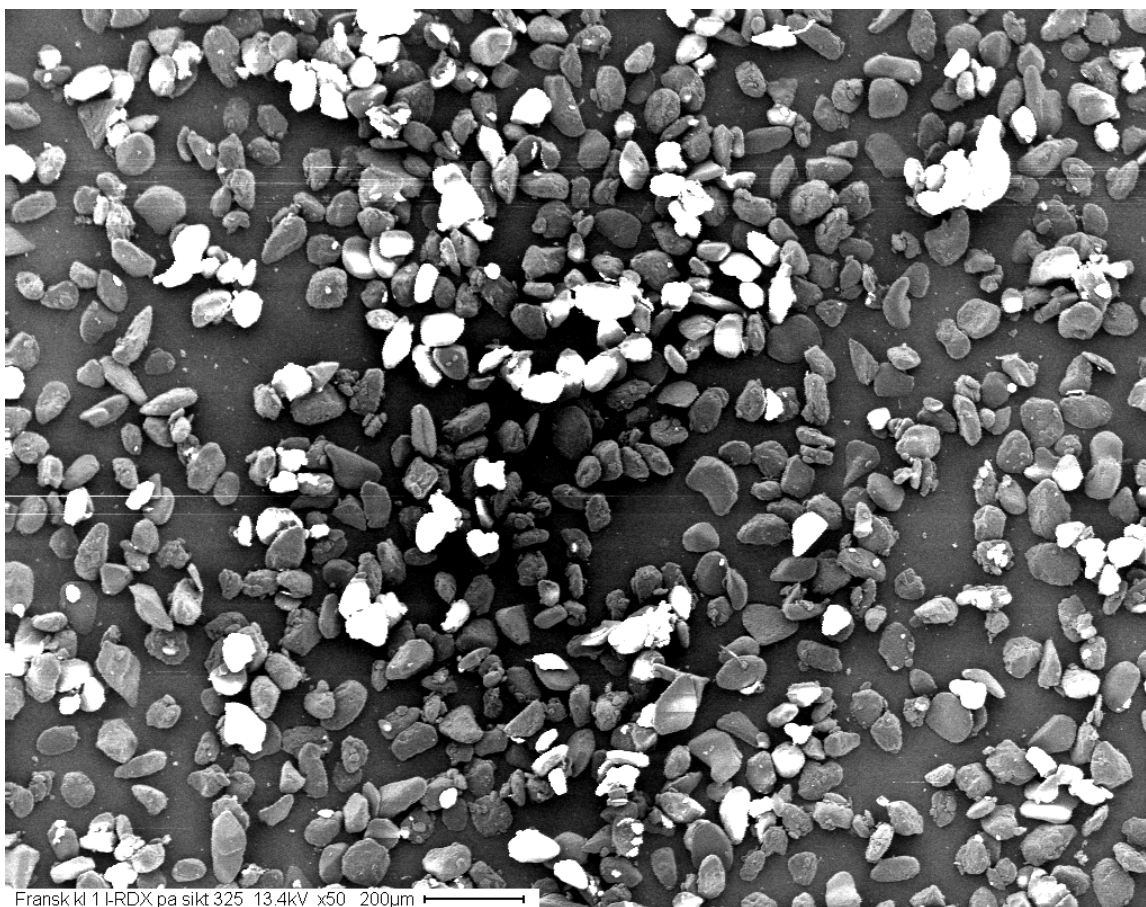
*Figur 3.16 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 110x, (Ifrd200c).*



*Figur 3.17 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 150x, (Ifrd200d).*

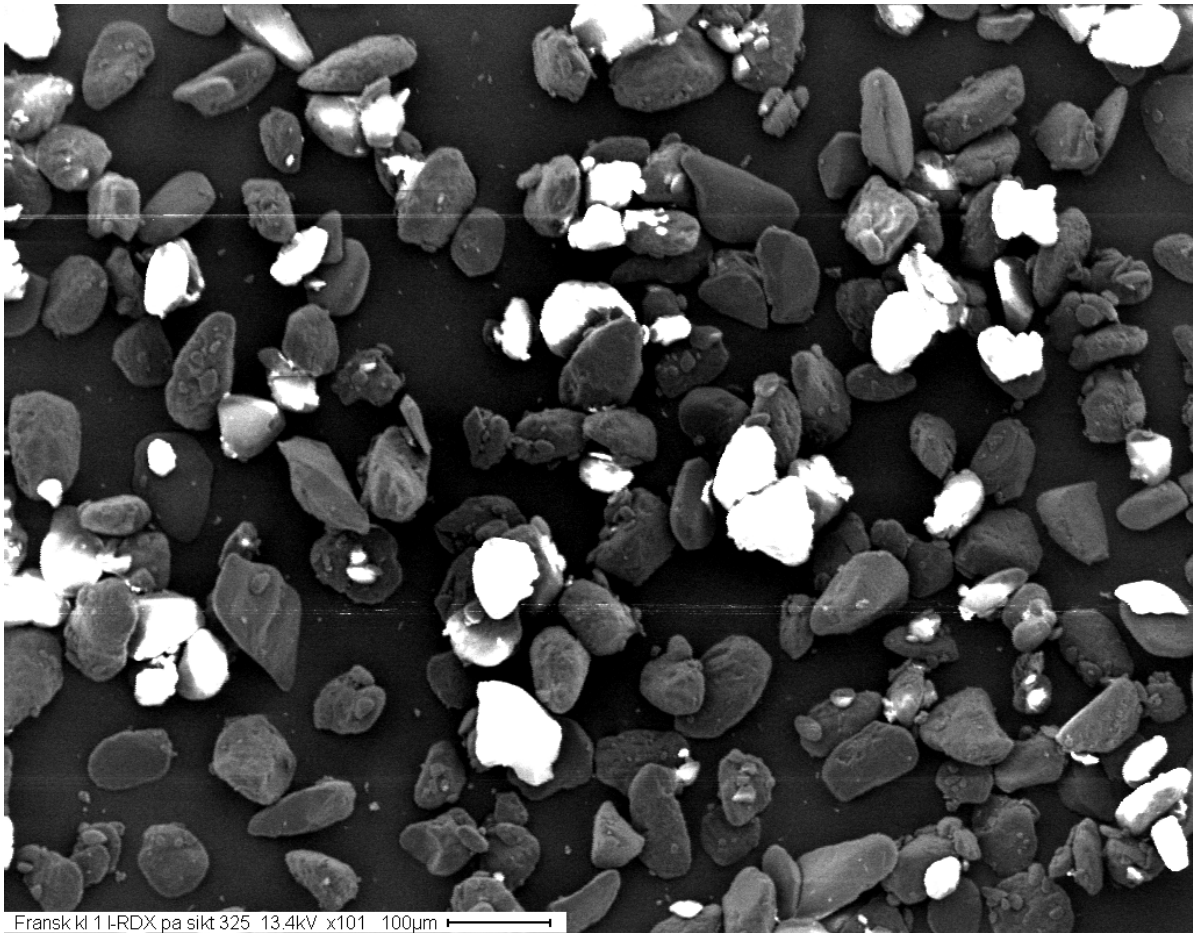
### 3.1.4 Fransk I-RDX på sikt nr 325

Krystallene på sikt nr 325 har en minste diameter større enn 45  $\mu\text{m}$ . I tillegg bør den minste diameter være mindre enn 75  $\mu\text{m}$  siden de har gått gjennom sikt nr 200.

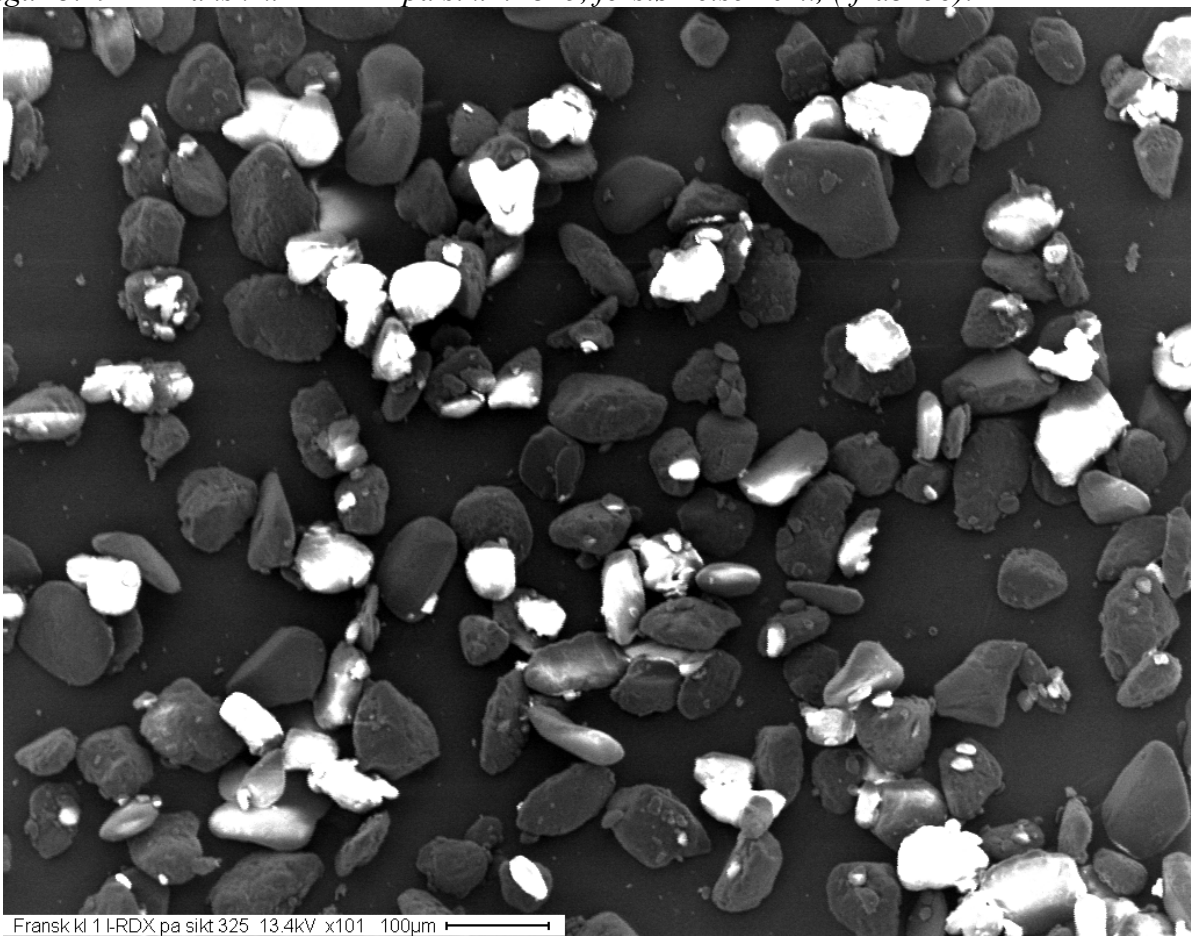


*Figur 3.18 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 50x, (Ifrd325a).*

Figur 3.18 gir et oversiktbilde av krystaller på denne sikten. Krystallene har noe variabel størrelse men minste diameter variere mindre enn største diameter. Med andre ord har mange krystaller en avlang form. Overflaten på krystallene er avrundet, men fra figurene 3.19-3.23 vil man se at mange av krystallen har bundet til seg tildels mange små krystaller med diameter på kun noen få mikrometer. Figurene gir dessuten et inntrykk av at majoriteten av krystallene er enhetskrystaller og ikke er bygd opp av sammengrodde krystaller.

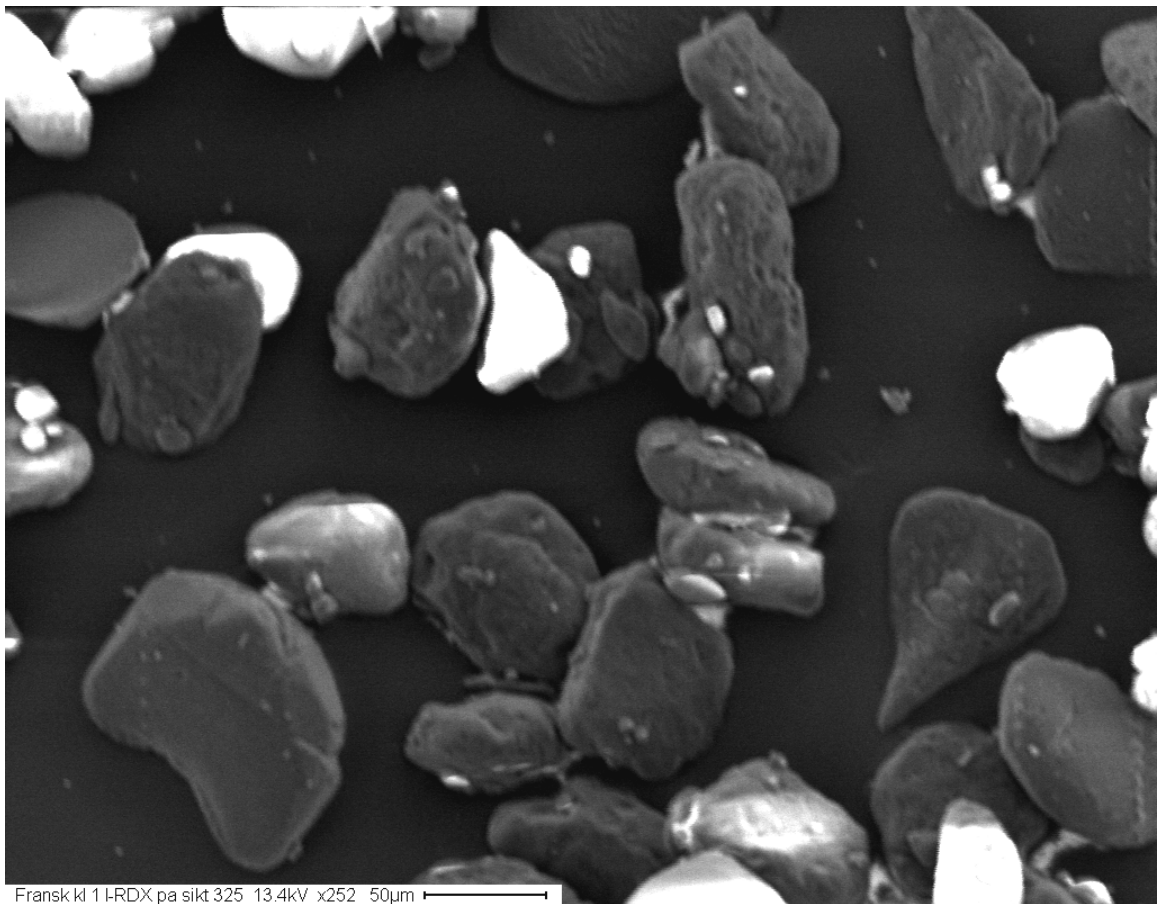


*Figur 3.19 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 101x, (Ifrd325b).*

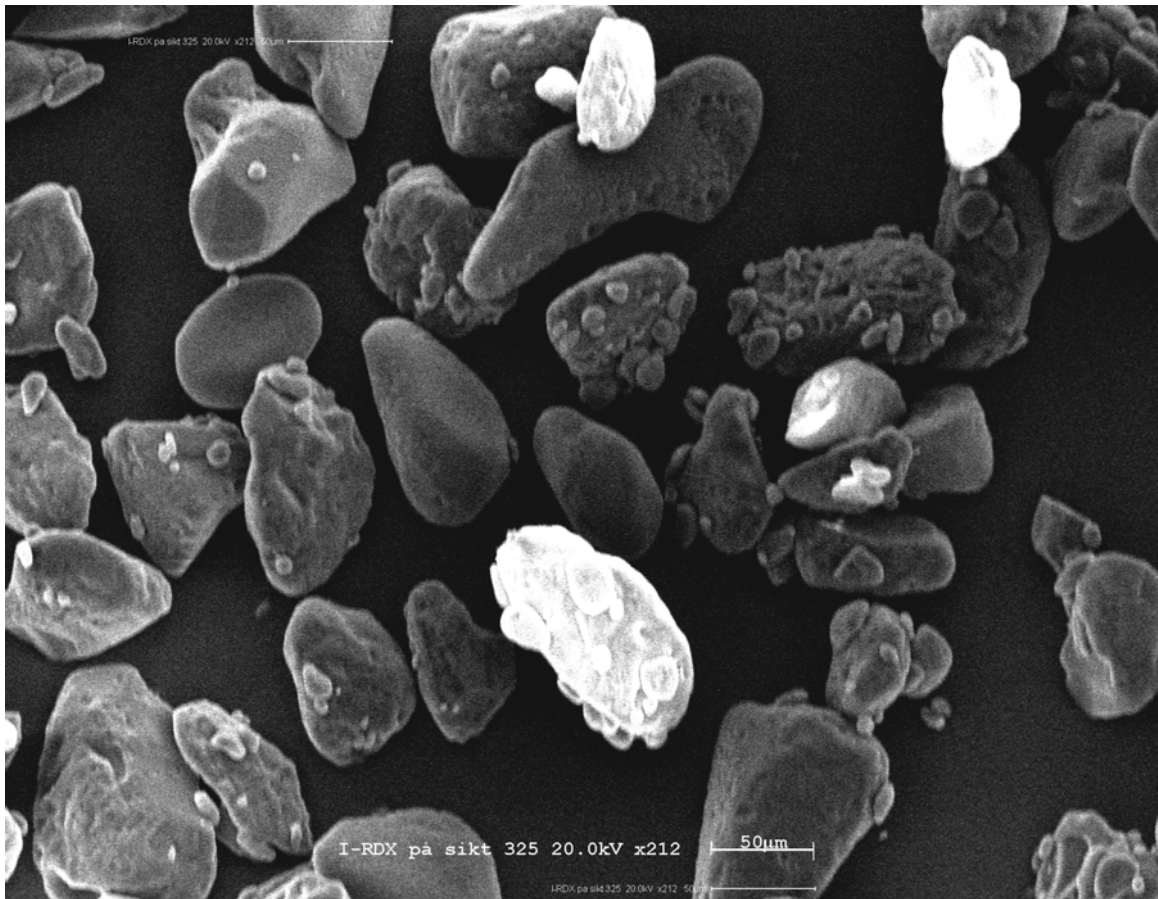


*Figur 3.20 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 101x, (Ifrd325d).*

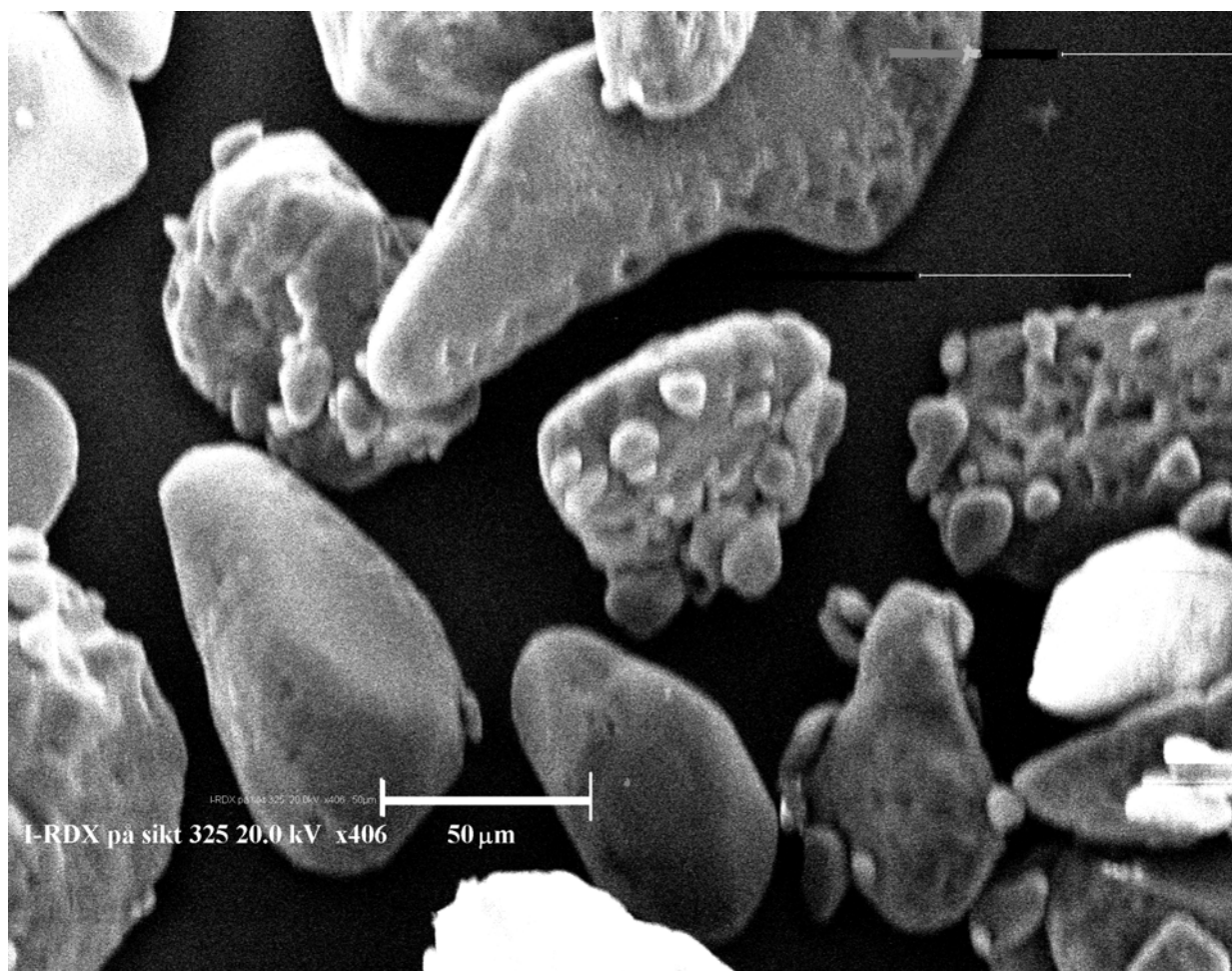




*Figur 3.21 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 252x, (Ifrd325c).*



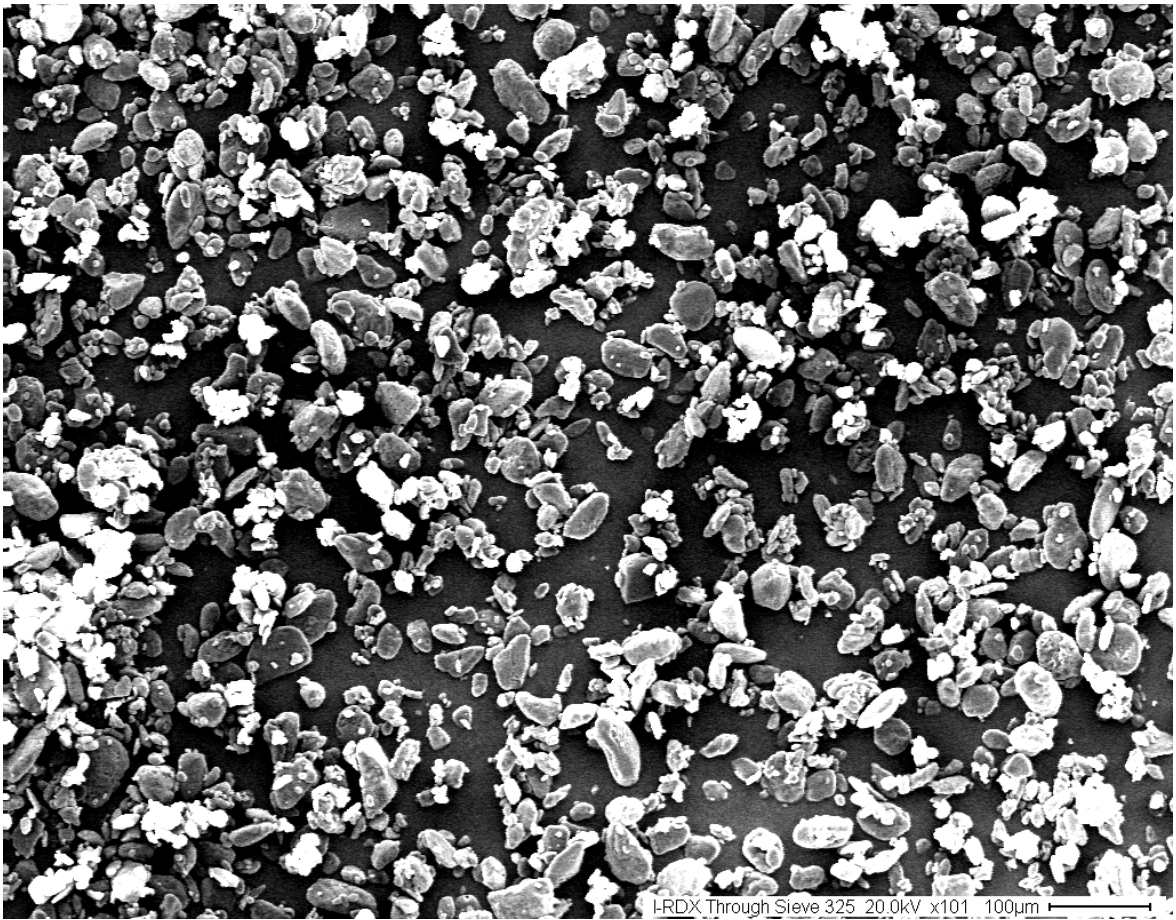
*Figur 3.22 Fransk kl 1 I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 212x, (Ird325r).*



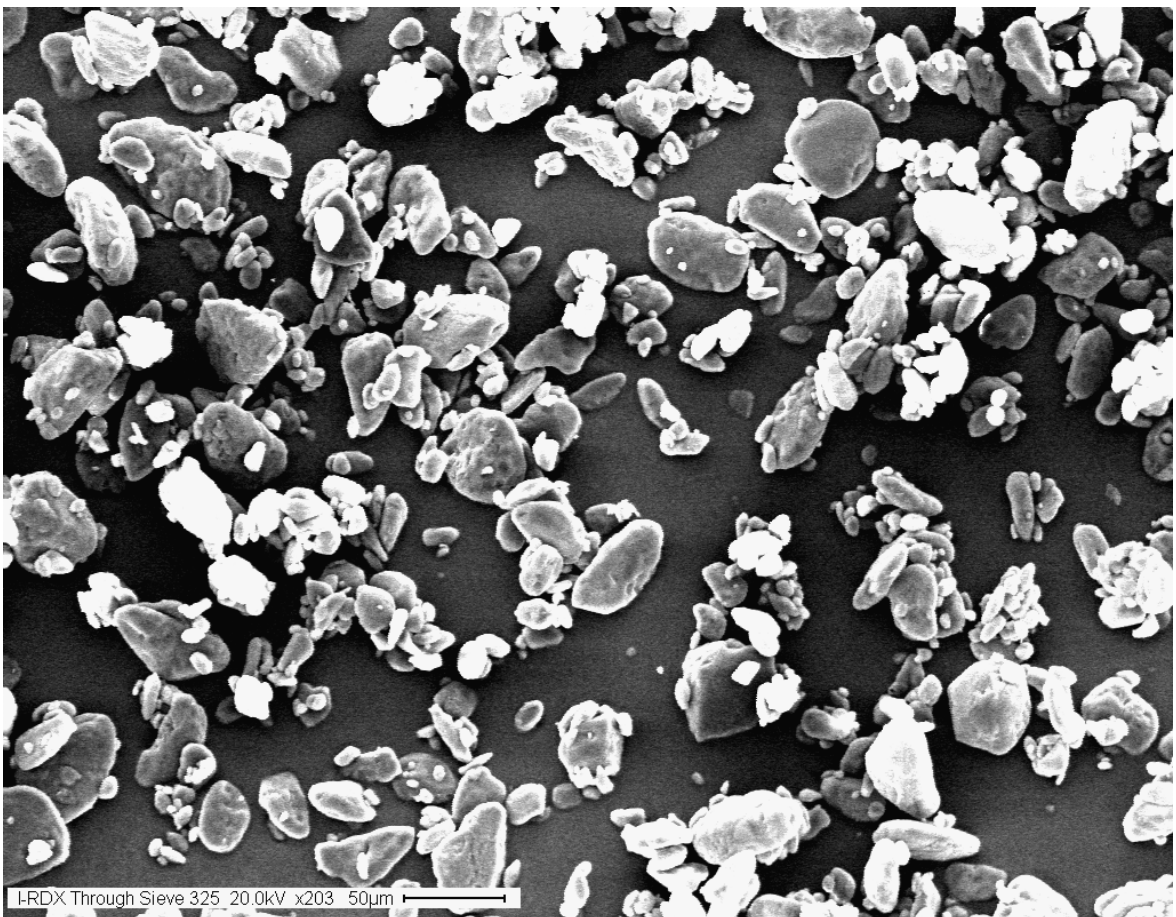
Figur 3.23 Fransk I-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 406x, (Irdx325k).

### 3.1.5 Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325

Krystallene som går gjennom sikt nr 325 har en minste diameter på mindre enn 45  $\mu\text{m}$ . Figurene 3.24 til 3.27 gir SEM-bilder med økende forstørrelse. Bildene viser at denne fraksjonen inneholder krystaller som har avrundet overflate men variabel form. Variasjonen i størrelse er stor med mange krystaller med diameter på 2-5  $\mu\text{m}$ .

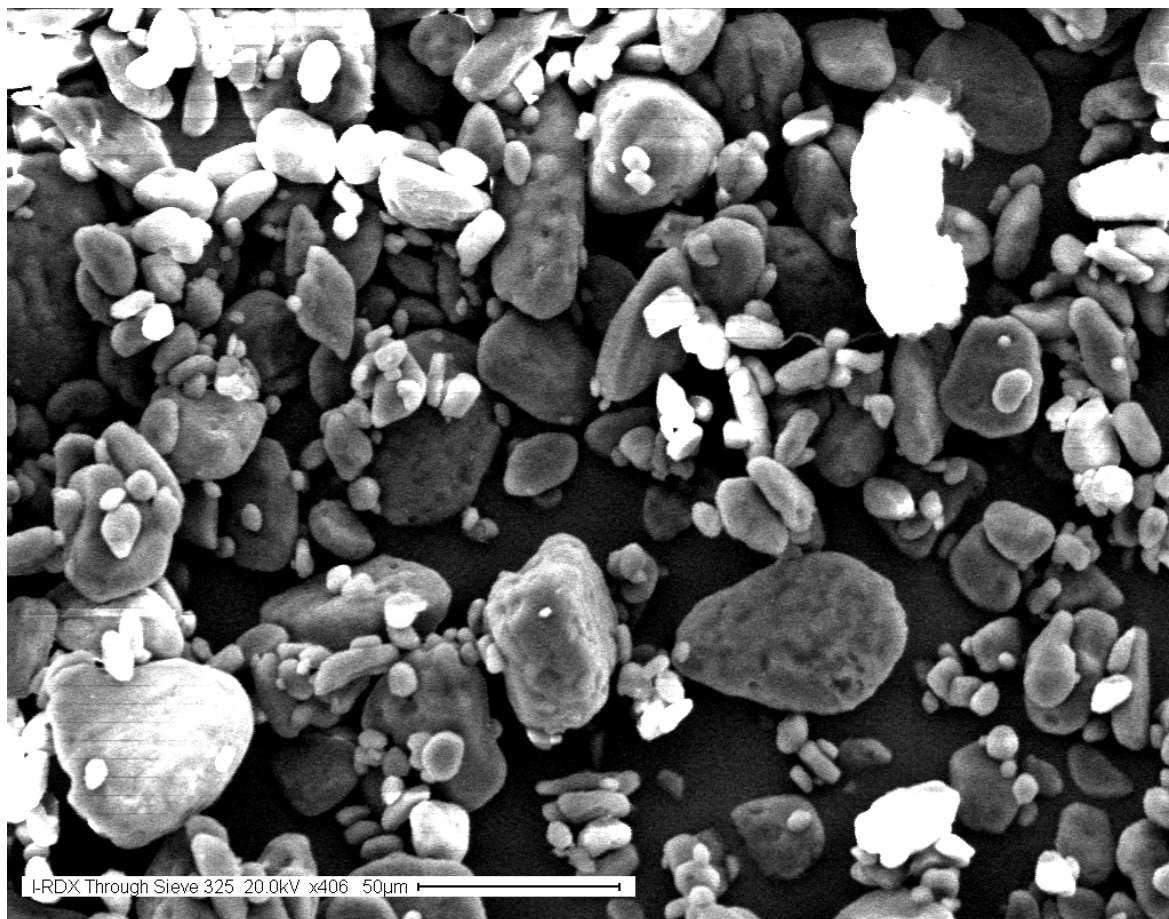


Figur 3.24 Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 101x, (Irdxt325b).

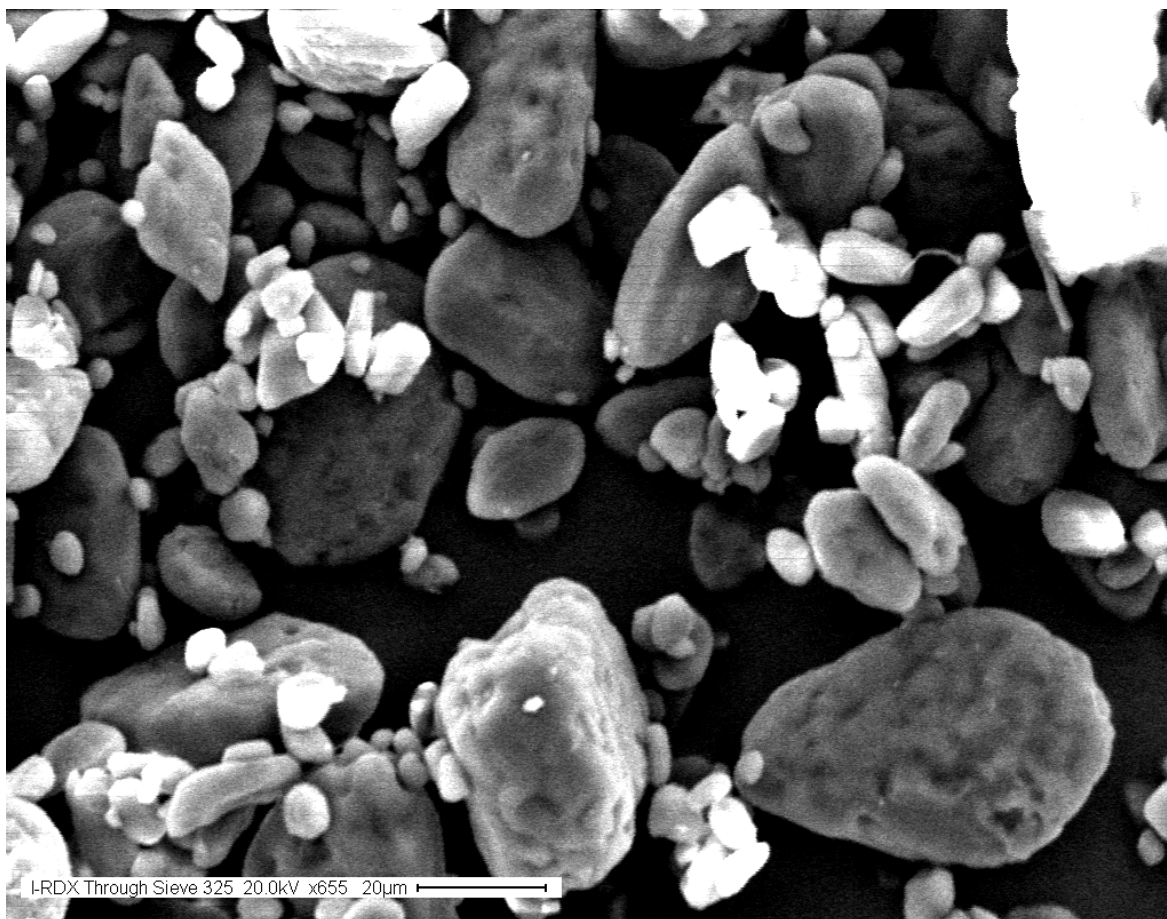


Figur 3.25 Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 203x, (Irdxt325c).





Figur 3.26 Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 406x, (Irdxt325e).



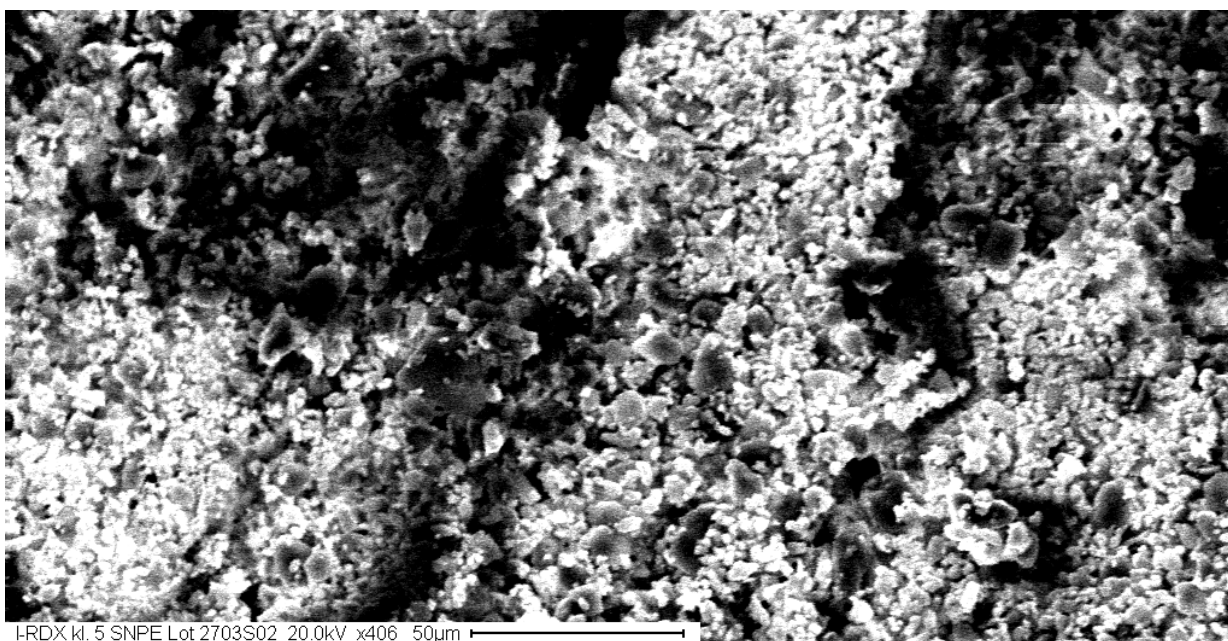
Figur 3.27 Fransk I-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 655x, (Irdxt325f).



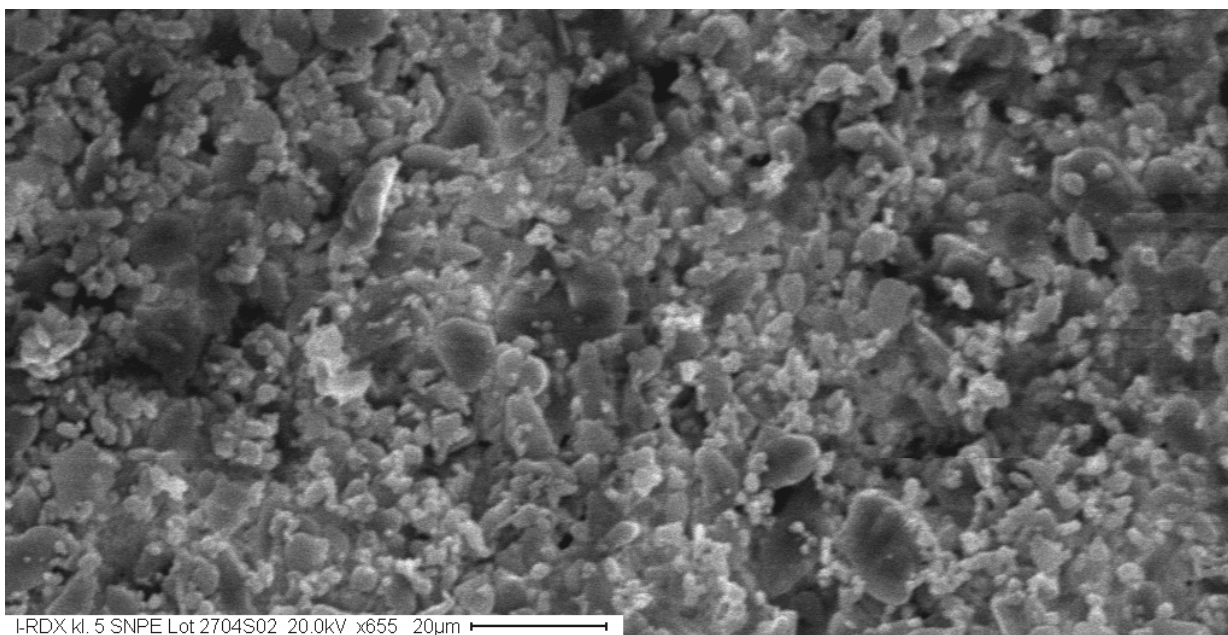
## 3.2 Fransk I-RDX klasse 5

### 3.2.1 SNPE lot 2704S02

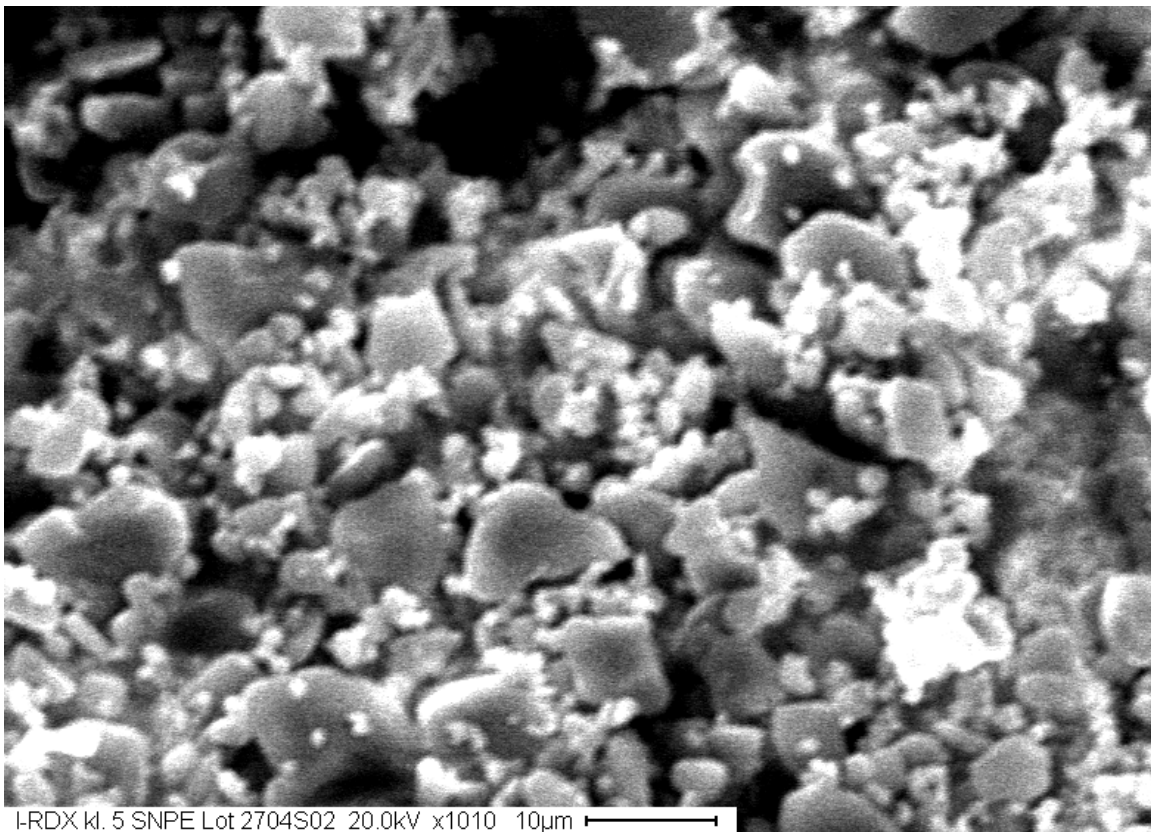
Kravet til klasse 5 er at minst 97 vekt% av krystallene skal ha en minste diameter mindre enn 45  $\mu\text{m}$  eller at de går gjennom sikt nr 325. Fra SEM-bildene gitt i figurene 3.28 til 3.30 vil man se at majoriteten av krystallene er betydelig mindre enn 45  $\mu\text{m}$ . Kontrollrapporten i appendiks B.2 gir en midler krystallstørrelse på 3.8  $\mu\text{m}$  noe som er forenlig med SEM-bildene. Krystallene har en avrundet formen.



Figur 3.28 I-RDX klasse 5 SNPE lot 2704S02, forstørrelse 406x. (IRDXkl5p6b)



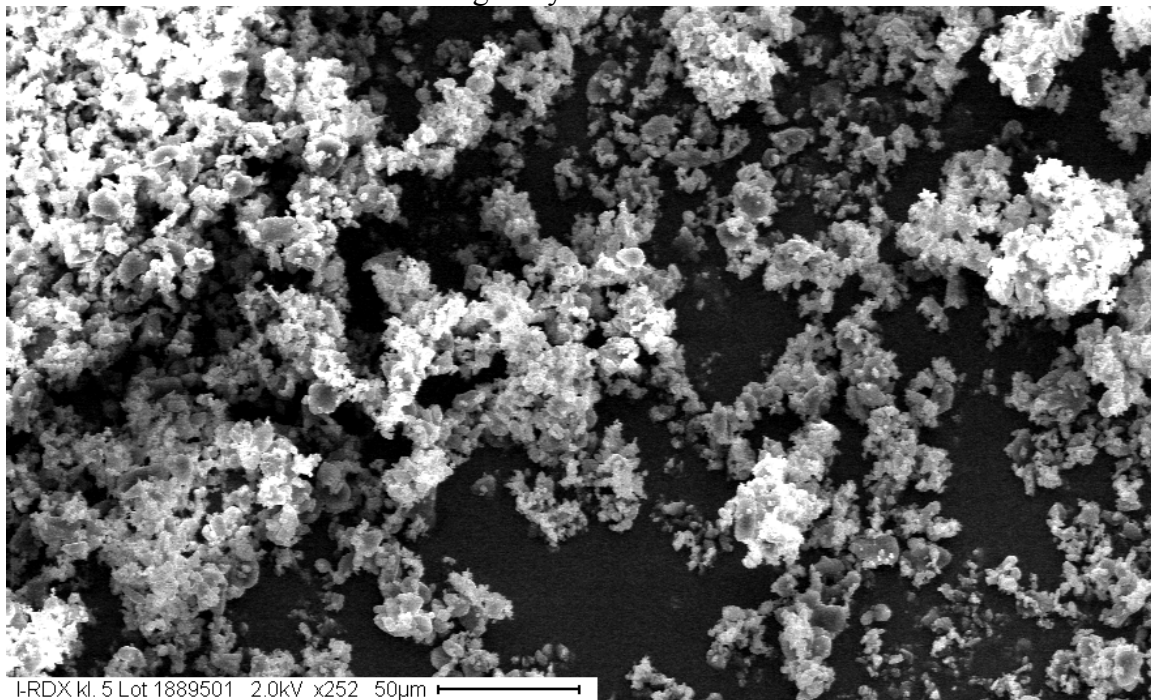
Figur 3.29 I-RDX klasse 5 SNPE lot 2704S02, forstørret 655x. (IRDXkl5p6c)



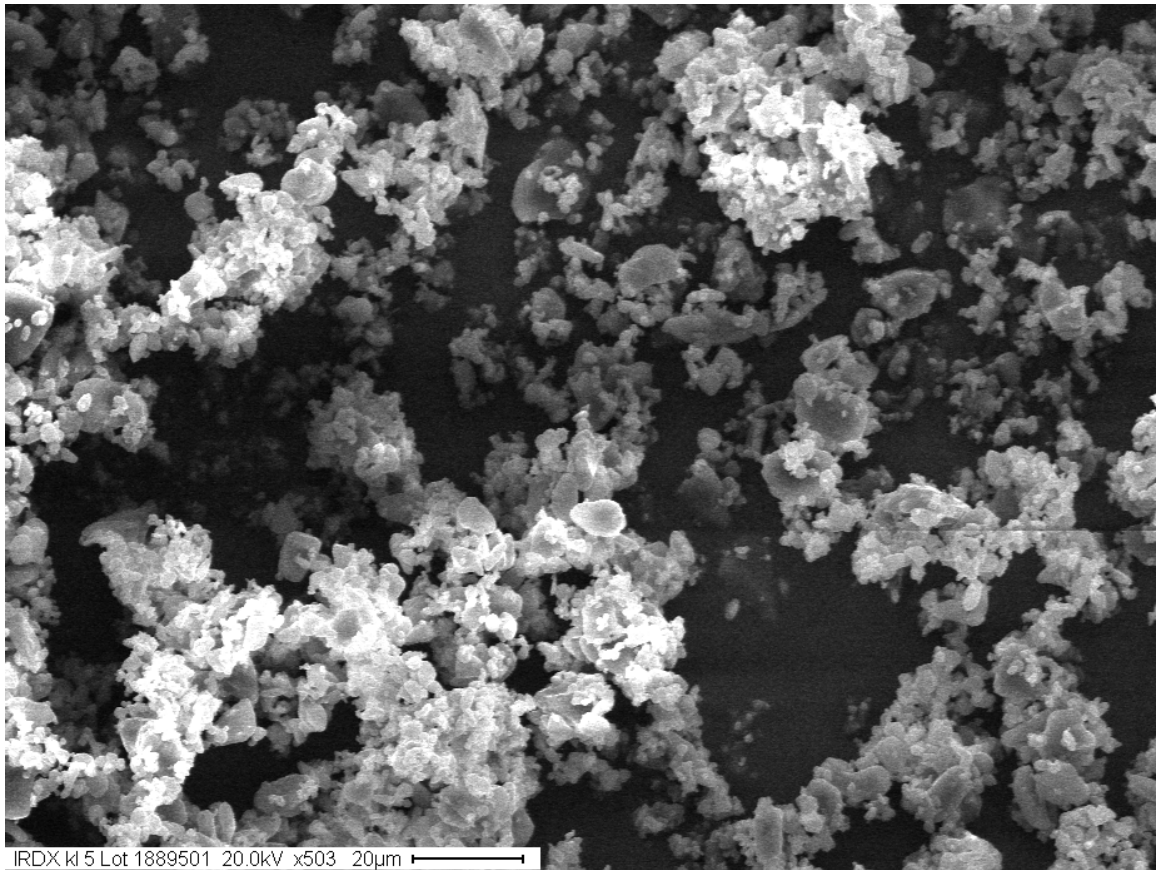
Figur 3.30 I-RDX klasse 5 SNPE lot 2704S02 forstørret 1010x. (IRDXkl5p6e)

### 3.2.2 SNPE lot 1889501

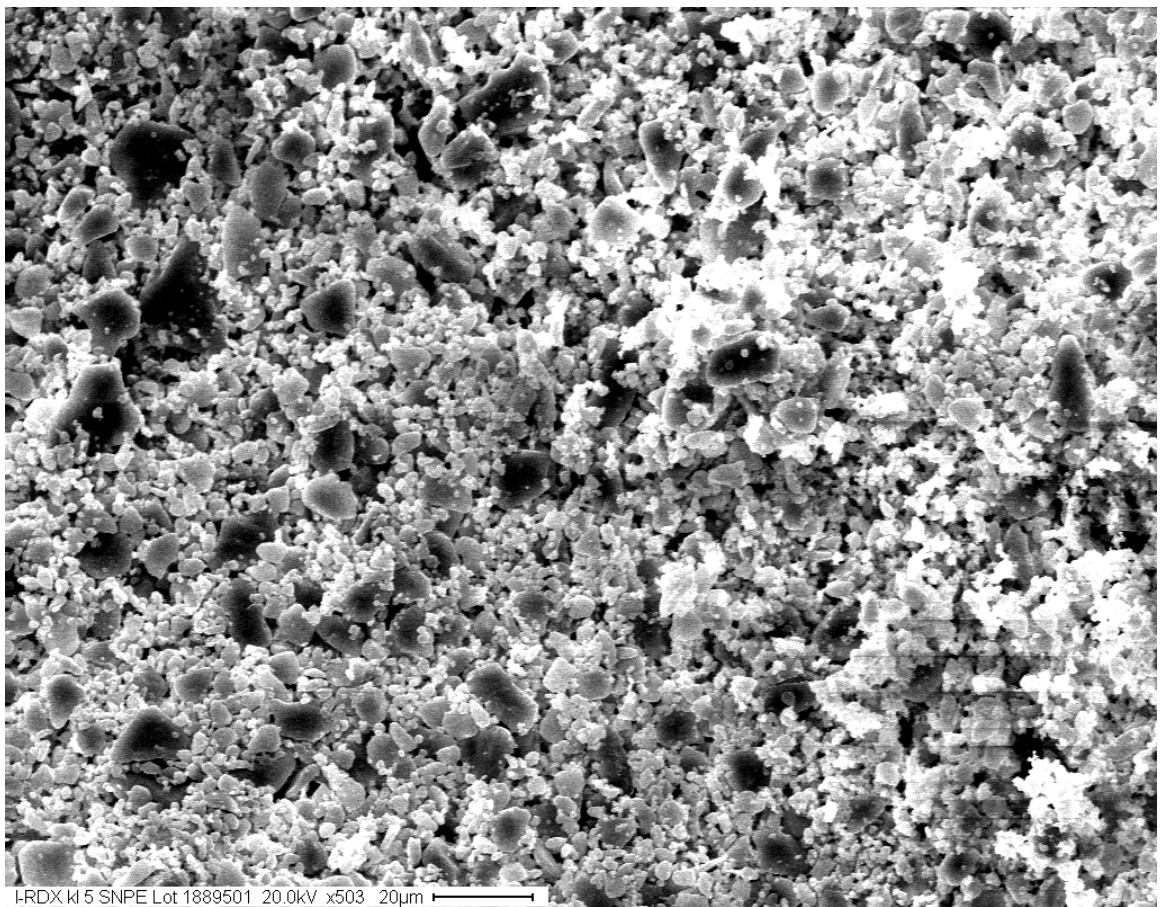
SNPE lot 1889501 er som lot 2704S02 en klasse 5, og består av krystaller med minste diameter mindre enn 45  $\mu\text{m}$ . Figurene 3.31 til 3.35 gir SEM bilder med ulik forstørrelse. Bildene er noe klarere for denne lotten enn lot 2704S02 siden det er mindre oppladning av krystallene. Størrelsen på krystallene synes å være i samme området som for lot 2704S02. Krystallene har dessuten en avrundet form med få tegn til ytre defekter.



Figur 3.31 I-RDX klasse 5 SNPE lot 1889501, forstørrelse 252x. (Irdxkl5p7a).

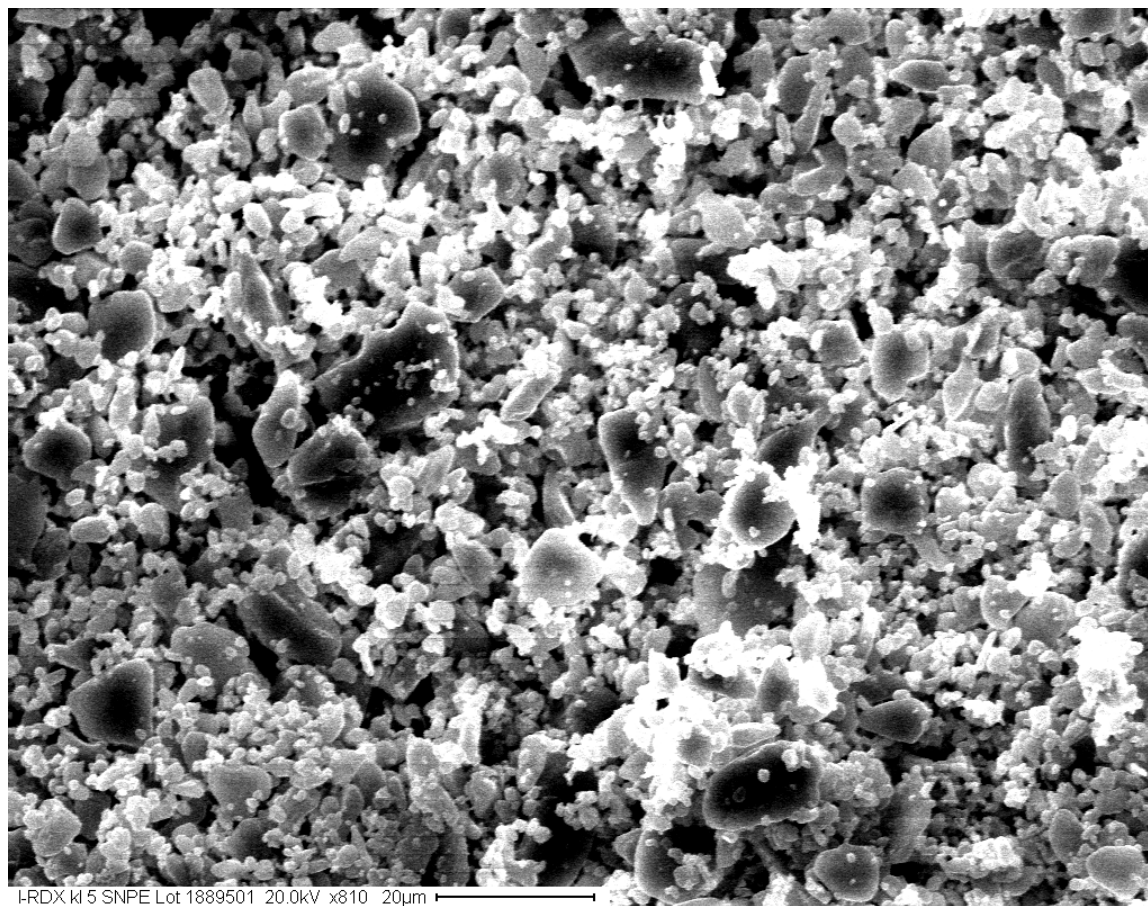


*Figur 3.32 I-RDX klasse 5 SNPE lot 1889501, forstørrelse 503x. (Irdxkl5p7b).*

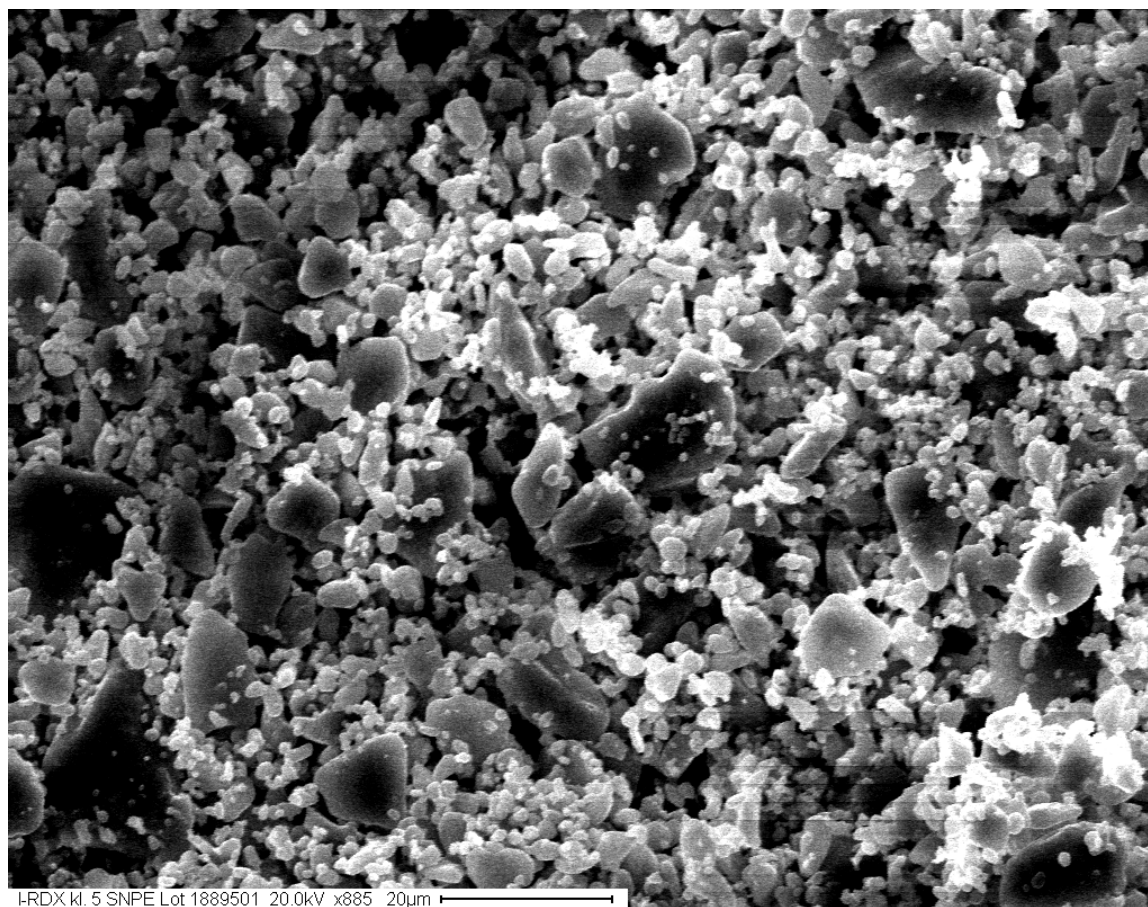


*Figur 3.33 I-RDX klasse 5 SNPE lot 1889501, forstørrelse 503x. (Irdxkl5p7c).*





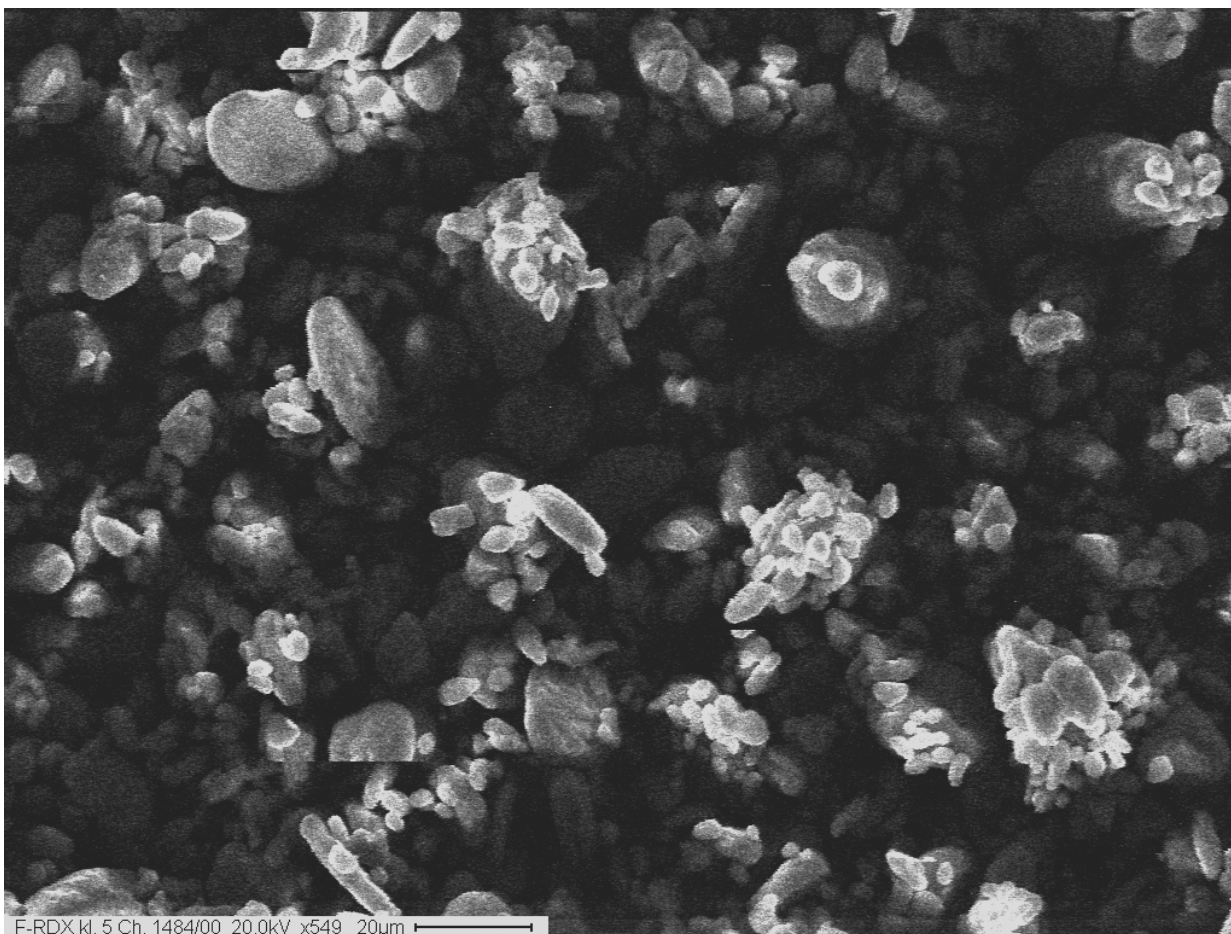
Figur 3.34 I-RDX klasse 5 SNPE lot 1889501, forstørrelse 810x. (Irdxkl5p7d).



Figur 3.35 I-RDX klasse 5 SNPE lot 1889501, forstørrelse 885x. (Irdxkl5p7e).

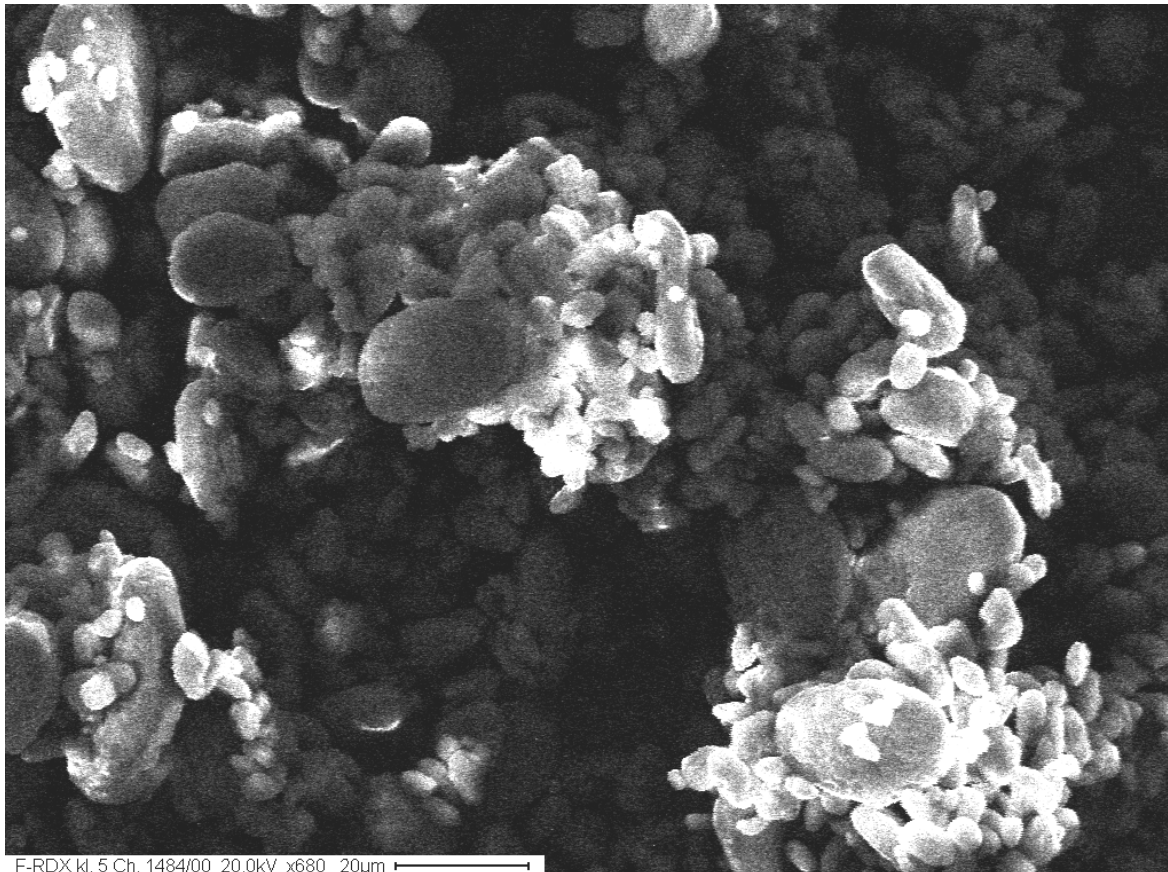
### 3.3 Dyno F-RDX klasse 5

Prøve nr 8 inneholder F-RDX klasse 5 charge 1484/00 produsert av Dyno Nobel ASA. SEM-bilder med ulik forstørrelse er gitt i figurene 3.36 til 3.39. Kontrollrapporten i appendiks A1 gir ved Marvern laseranalyse et 50% punkt på 14.1  $\mu\text{m}$ . Bildene kan tyde på at det er noe høyt siden majoriteten av krystallene synes å være mye mindre. Fra bildene kan det tyde på at det dannes agglomerater som ikke brytes opp under analysen. Med hensyn på form har krystallene en avrundet overflate og mange krystaller er tilnærmet sfæriske.

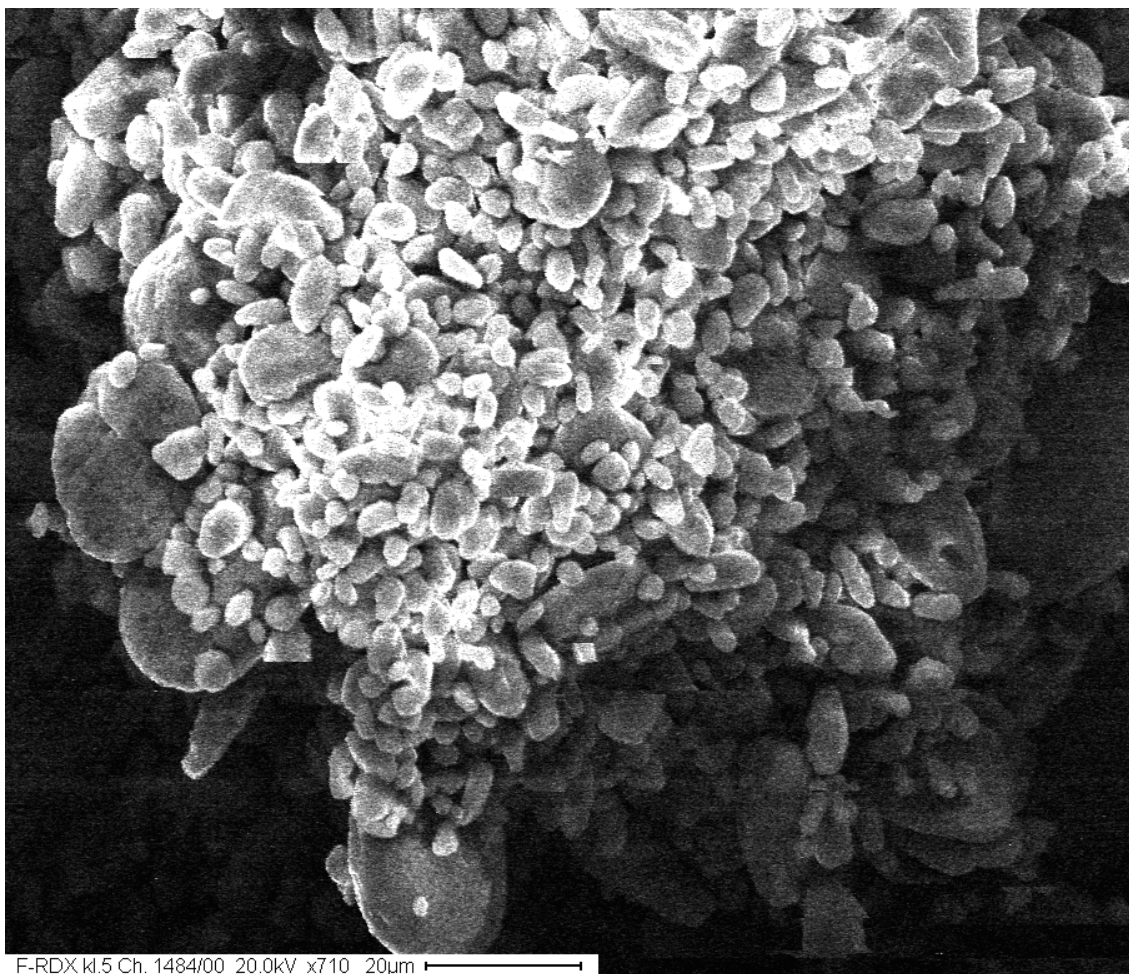


*Figur 3.36 F-RDX klasse 5 Ch 1484/00, forstørrelse 549x, (frdxkl5p8d).*

Størrelse og form på krystallene i charge 1484/02 er ikke ulik de for de to franske klasse 5 lottene som er undersøkt.



*Figur 3.37 F-RDX klasse 5 Ch 1484/00 forstørrelse 680x (frdxkl5p8c).*



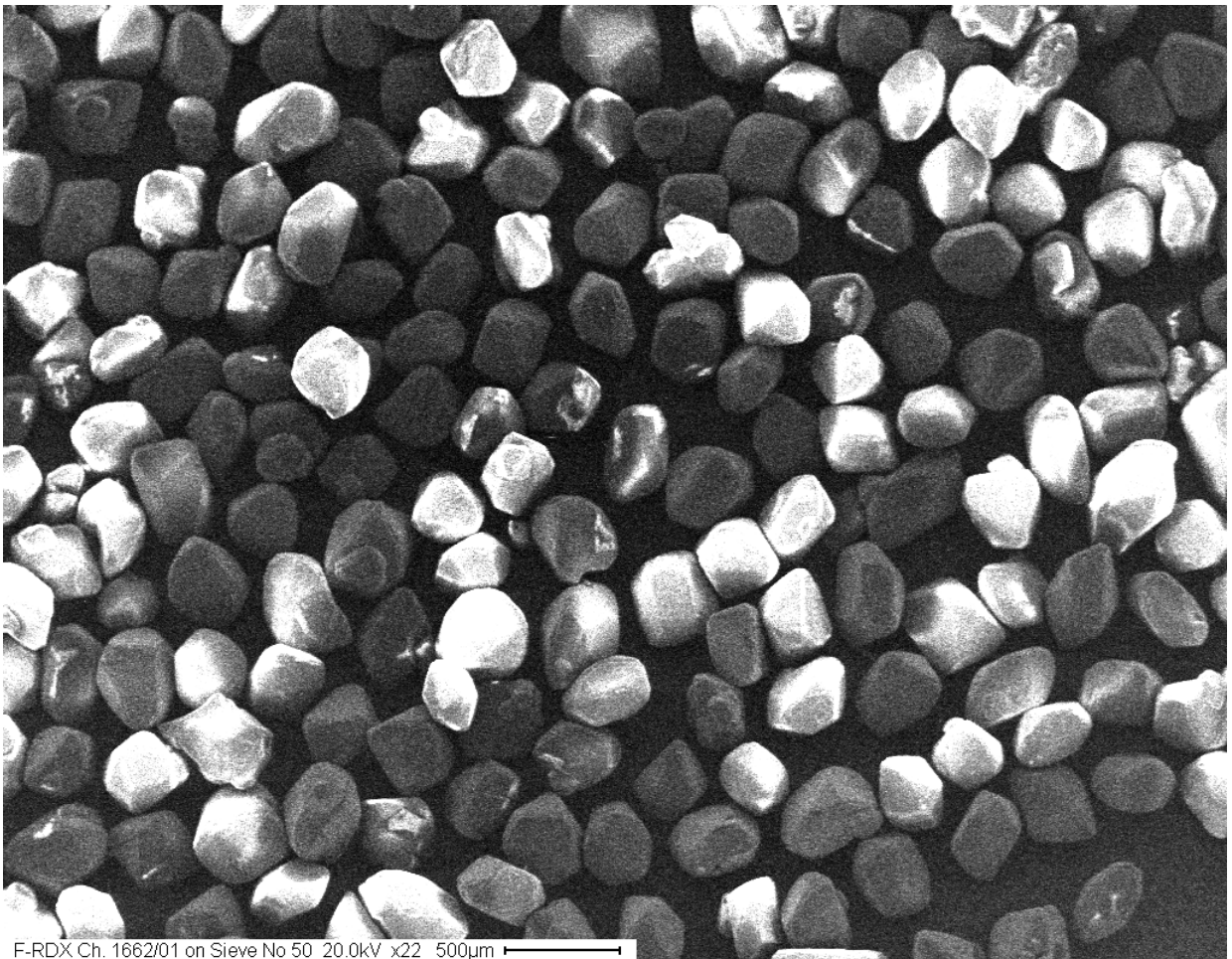
*Figur 3.38 F-RDX klasse 5, forstørrelse 710x (Frdxkl5p8f).*



### 3.4 Dyno F-RDX klasse 1

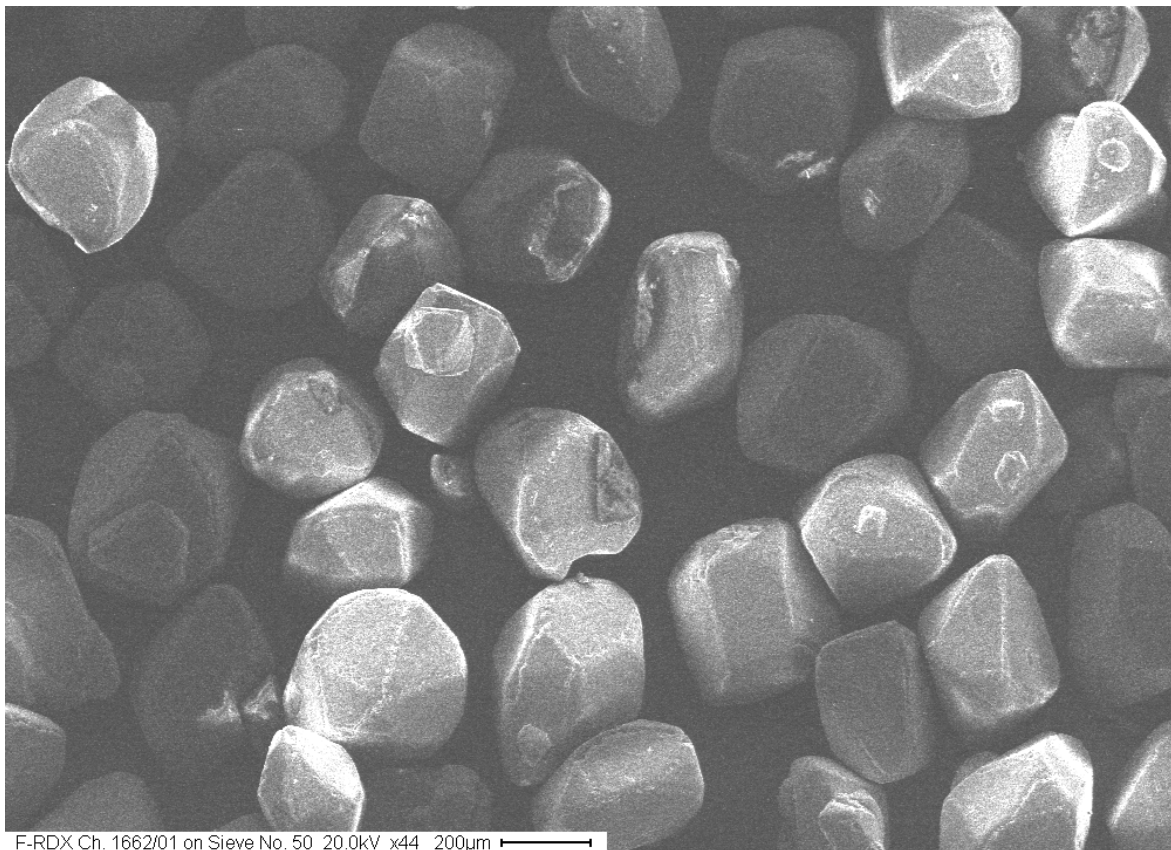
#### 3.4.1 F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 50

Krystallene på sikt nr 50 skal ha en minste diameter større enn 300  $\mu\text{m}$ . Fra kontrollrapporten gitt i appendiks A.2 ser man dessuten at alle krystallene skal ha en minste diameter mindre enn 500  $\mu\text{m}$ . For denne satsen utgjør krystallene med minste diameter større enn 300  $\mu\text{m}$  5 vekt%. Figur 3.39 viser at krystallene har omlag samme størrelse og form. Formen er avrundet og majoriteten av krystallene har to like akser, dvs at dersom avrundingen var kjørt lenger ville krystallene fått en tilnærmet sfærisk form.

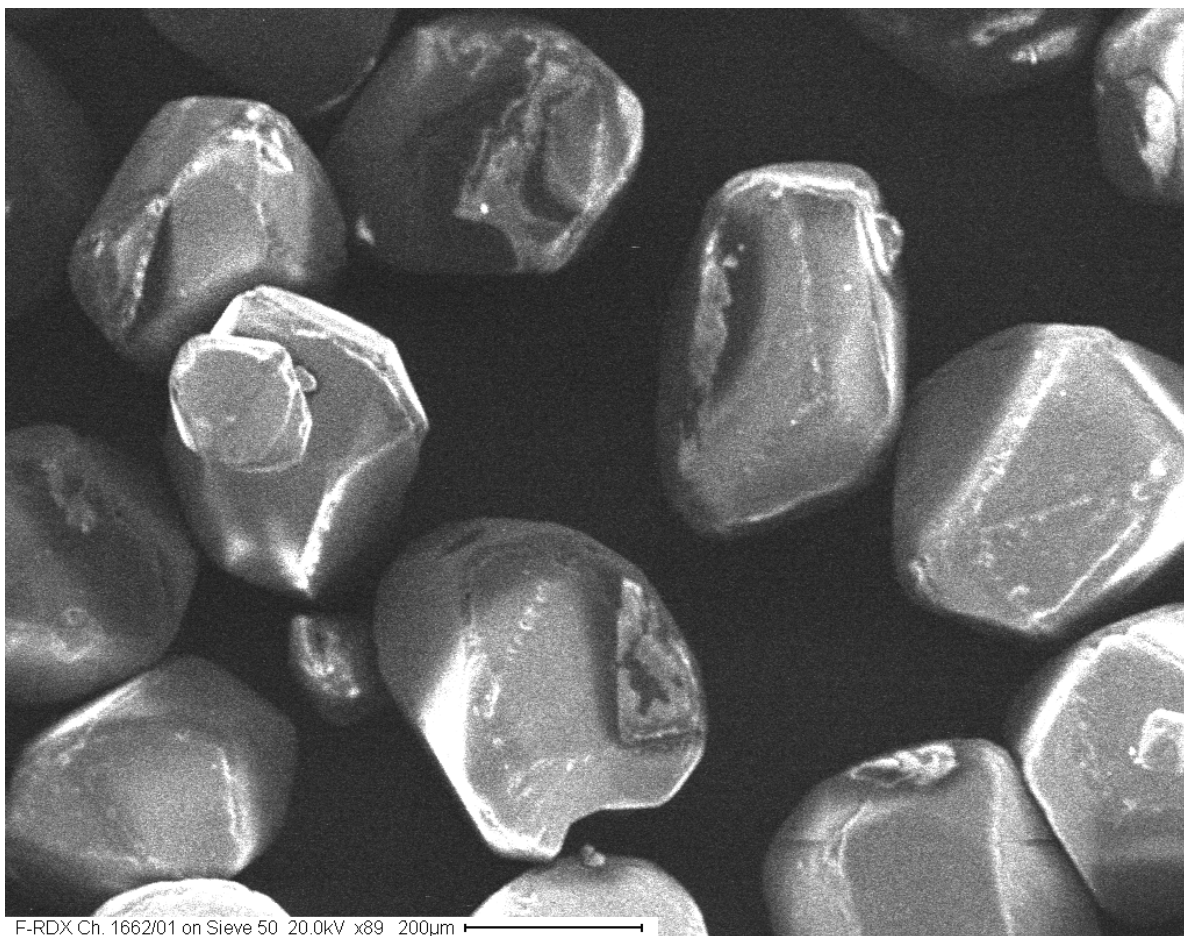


Figur 3.39 F-RDX på sikt nr 50, forstørrelse 24x. (Frdxo50a).

Krystallene i figur 3.39 samt i figurene 3.40 til 3.43 viser få ytre tegn til defekter. Imidlertid har noen krystaller sterke markeringer av overgangen mellom krystallflatene, hvor det kan se ut til å være en form for sprekk (perforering). I figur 3.43 er dette fenomenet sterkt synlig for krystallene til venstre i bildet. Tallet på tvillingkrystaller eller sammengrodde krystaller for krystallene på denne sikten er få, men noen eksempler finnes, og da oftest i form av små krystaller som er grodd på eller henger fast til store krystaller. Sammenlignet med de franske krystallene på tilsvarende sikt er tallet på tvilling- eller sammengrodde krystaller betydelig mindre.

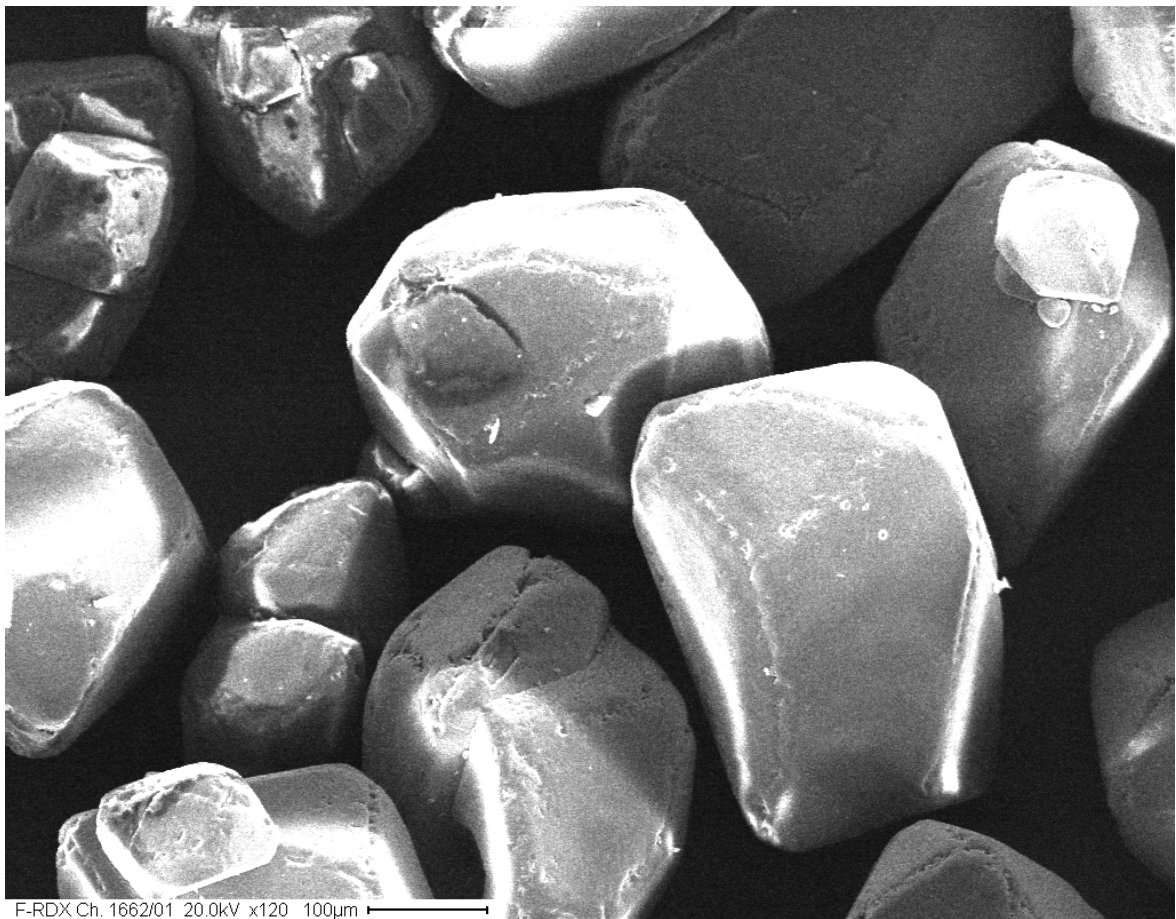


*Figur 3.40 F-RDX på sikt 50, forstørrelse 44x. (Frdxo50b).*

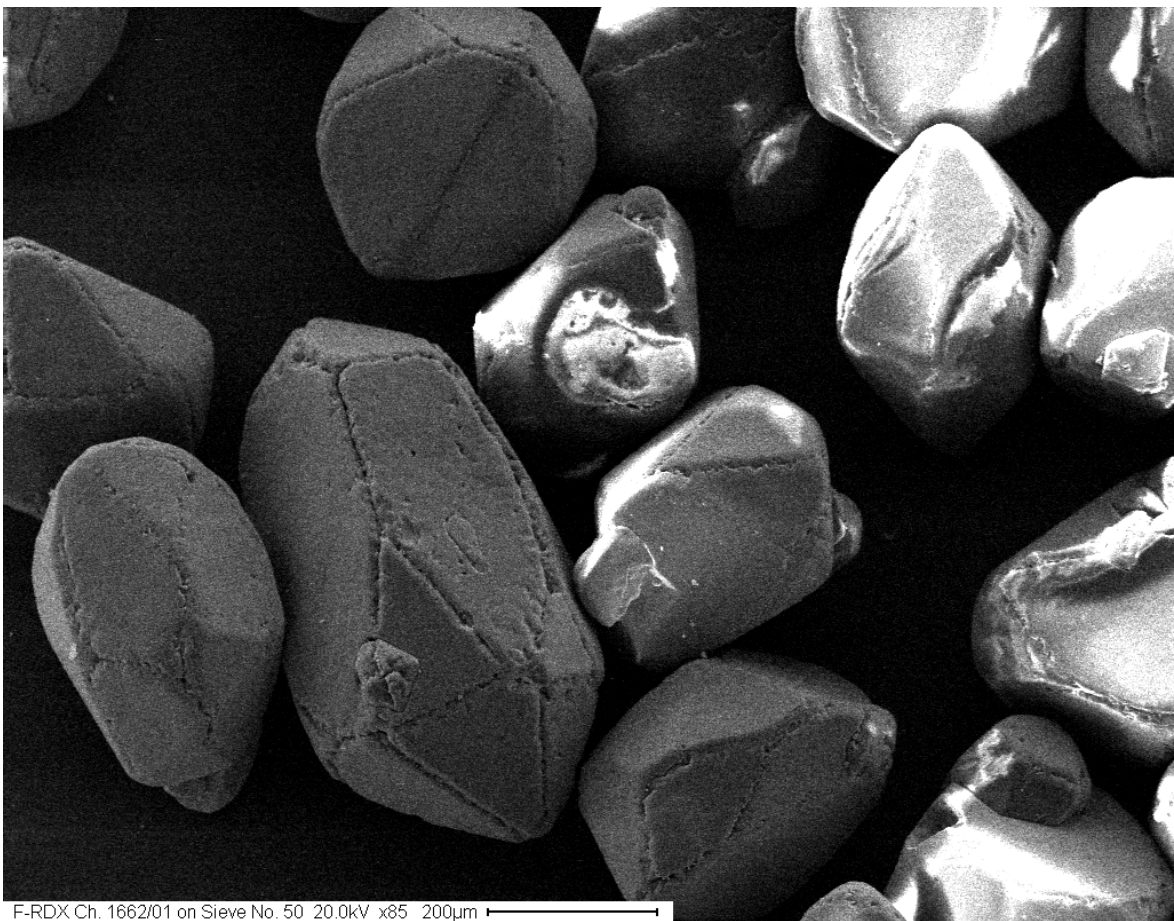


*Figur 3.41 F-RDX på sikt 50, forstørrelse 89x. (Frdxo50d).*





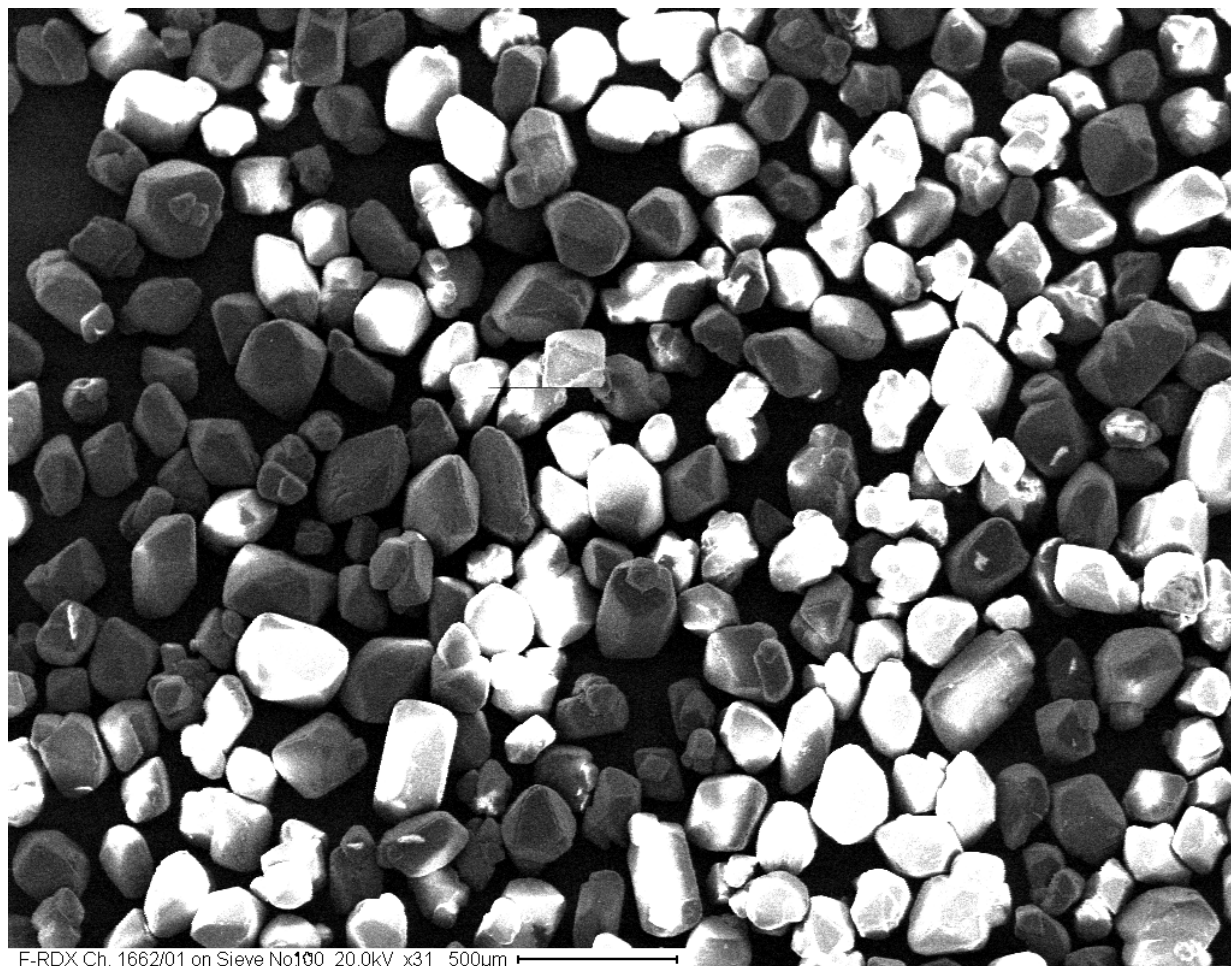
Figur 3.42 F-RDX på sikt 50, forstørrelse 120x. (Frdso50g)



Figur 3.43 F-RDX på sikt 50, forstørrelse 85x. (Frdso50i).

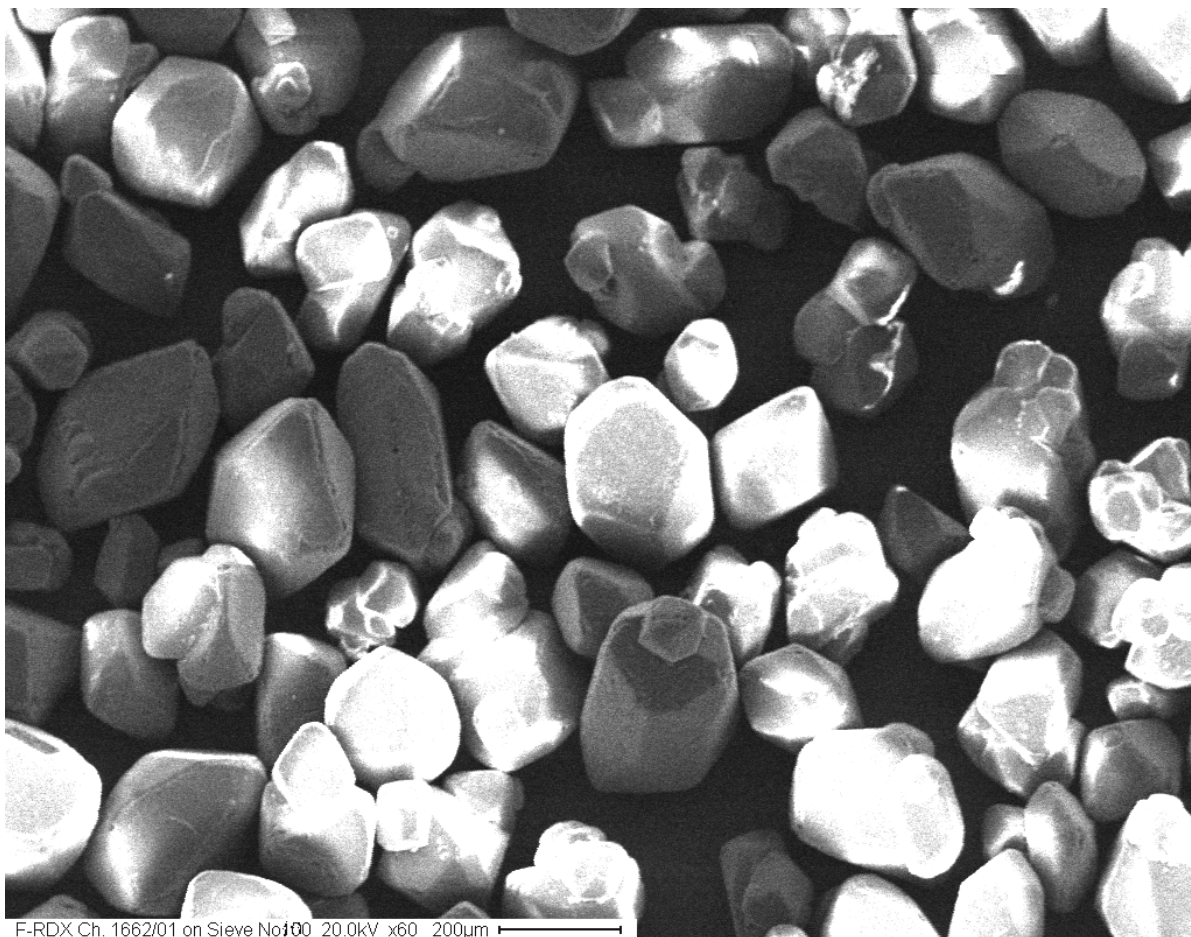
### 3.4.2 F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 100

Krystallene på sikt nr 100 har en minste diameter større enn 150  $\mu\text{m}$ , og ut fra kontrollrapporten gitt i appendiks A.2 utgjør fraksjonen mellom sikt nr 50 og nr 100 omlag 75 vekt% av charge 1662/01. Krystallene i figur 3.44 har noe variabel størrelse, men yterpunktene ligger sannsynligvis innenfor ovenfor gitte intervall.

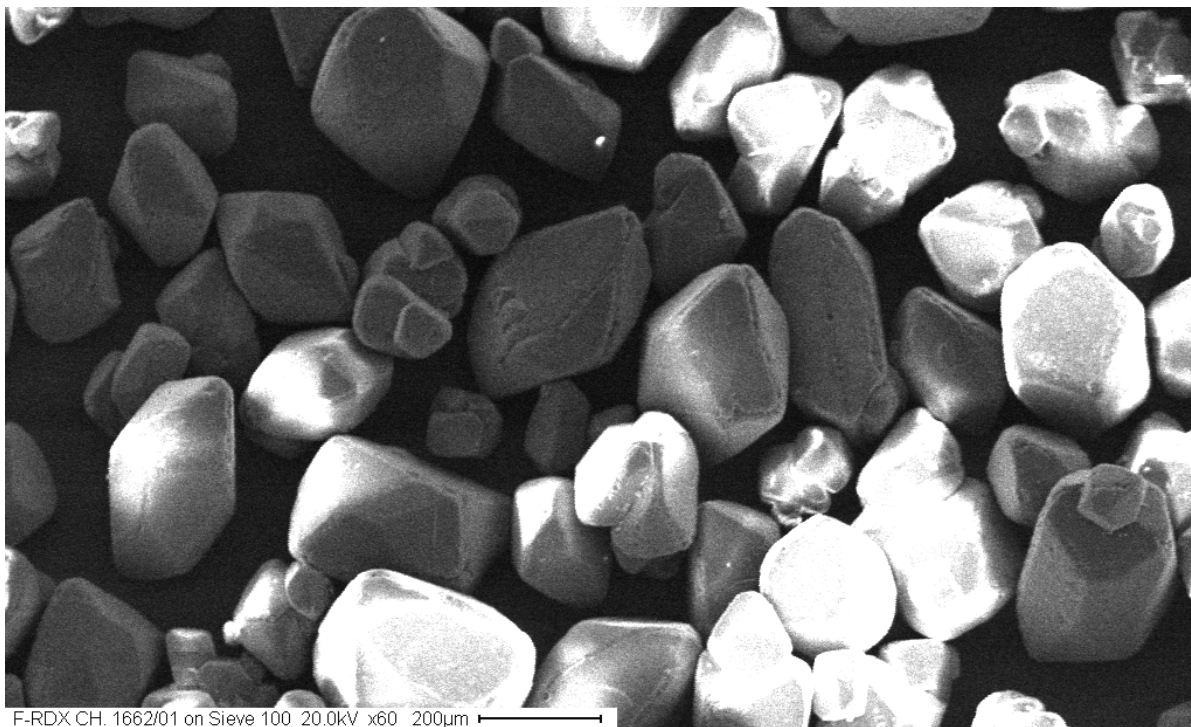


Figur 3.44 F-RDX på sikt nr 100, forstørrelse 31x. (Frdso100a).

Krystallene på denne sikten er mindre avrundet enn på sikt nr 50. Flere krystaller har mer eller mindre sin opphavelige form med mange kanter/krystallflater. Dessuten finnes det mange tvillingkrystaller eller sammengrodde krystaller. Få andre ytre defekter er synlig.

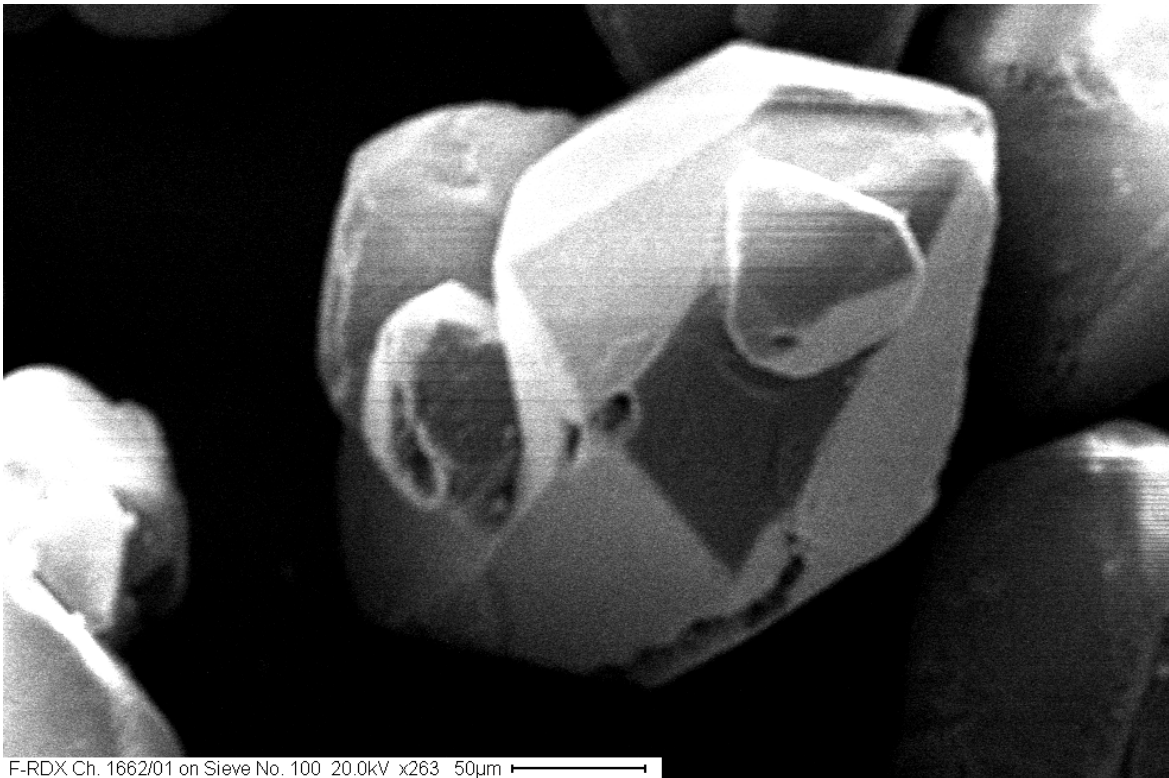


Figur 3.45 *F-RDX på sikt nr 100, forstørrelse 60x. (Frdso100b).*



Figur 3.46 *F-RDX på sikt nr 100, forstørrelse 60x. (Frdso100c).*

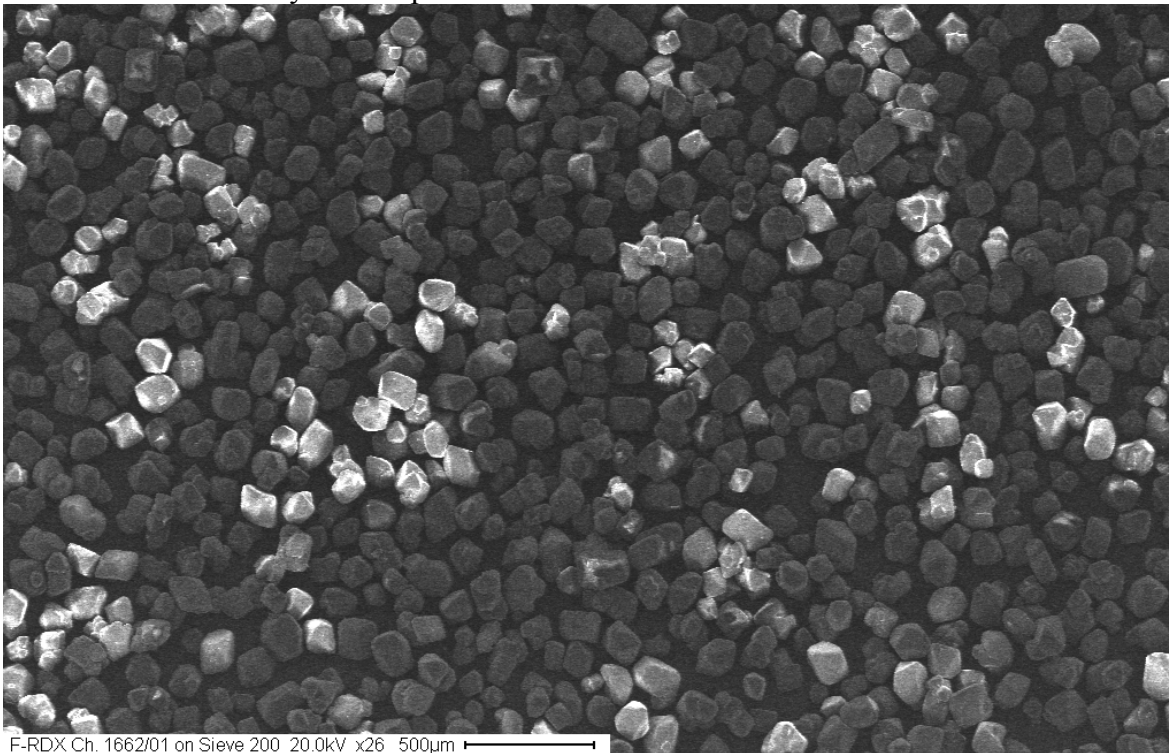




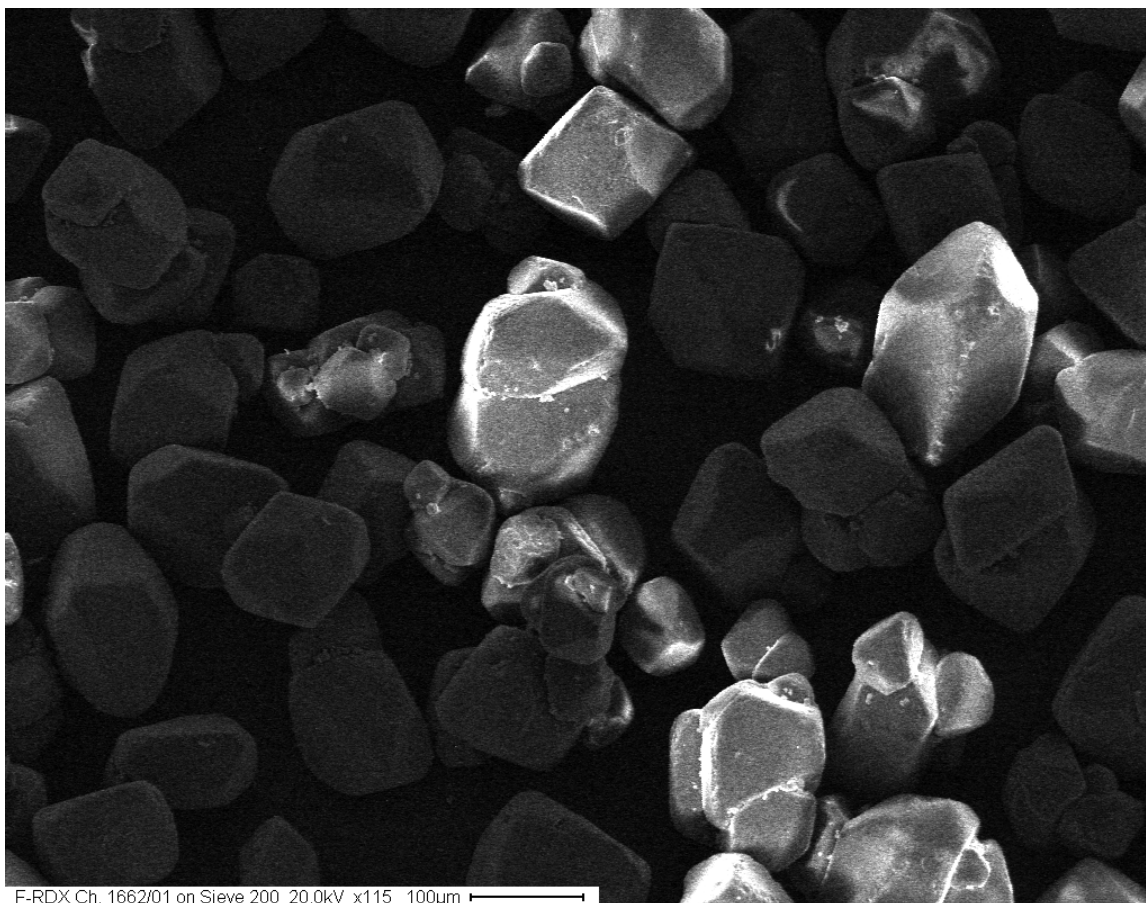
Figur 3.47 *F-RDX* på sikt nr 100, forstørrelse 263x. (Frdso100d).

### 3.4.3 *F-RDX* Ch 1662/01 på sikt nr 200

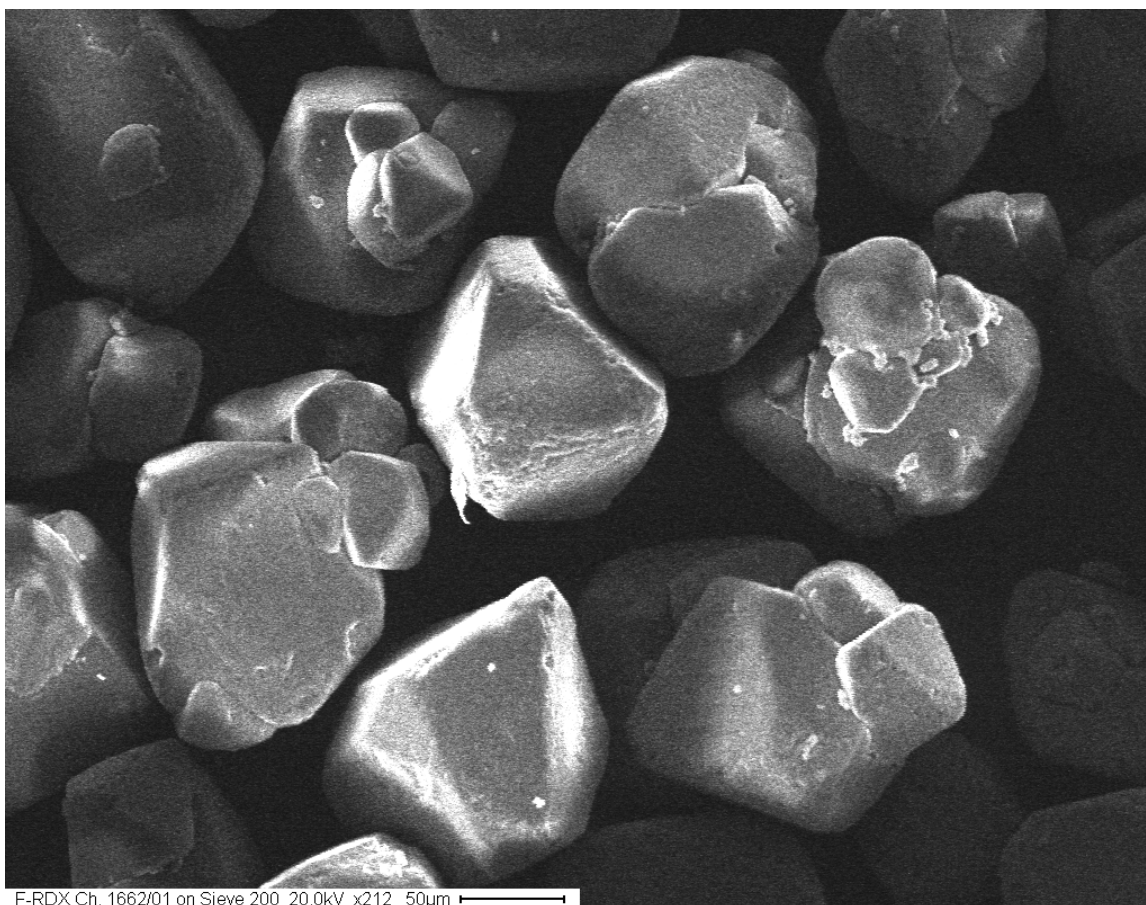
Krystallene på sikt nr 200 har en minste diameter mellom 75 og 150  $\mu\text{m}$ . Figur 3.48 viser et oversiktsbilde av krystallene. Fra bildet ser man at krystallstørrelsen er relativt homogen. Fra figur 3.49 til 3.51 ser man at krystallformen og tendensen til tvillingdannelse/sammengroing er den samme som for krystallene på sikt nr 100.



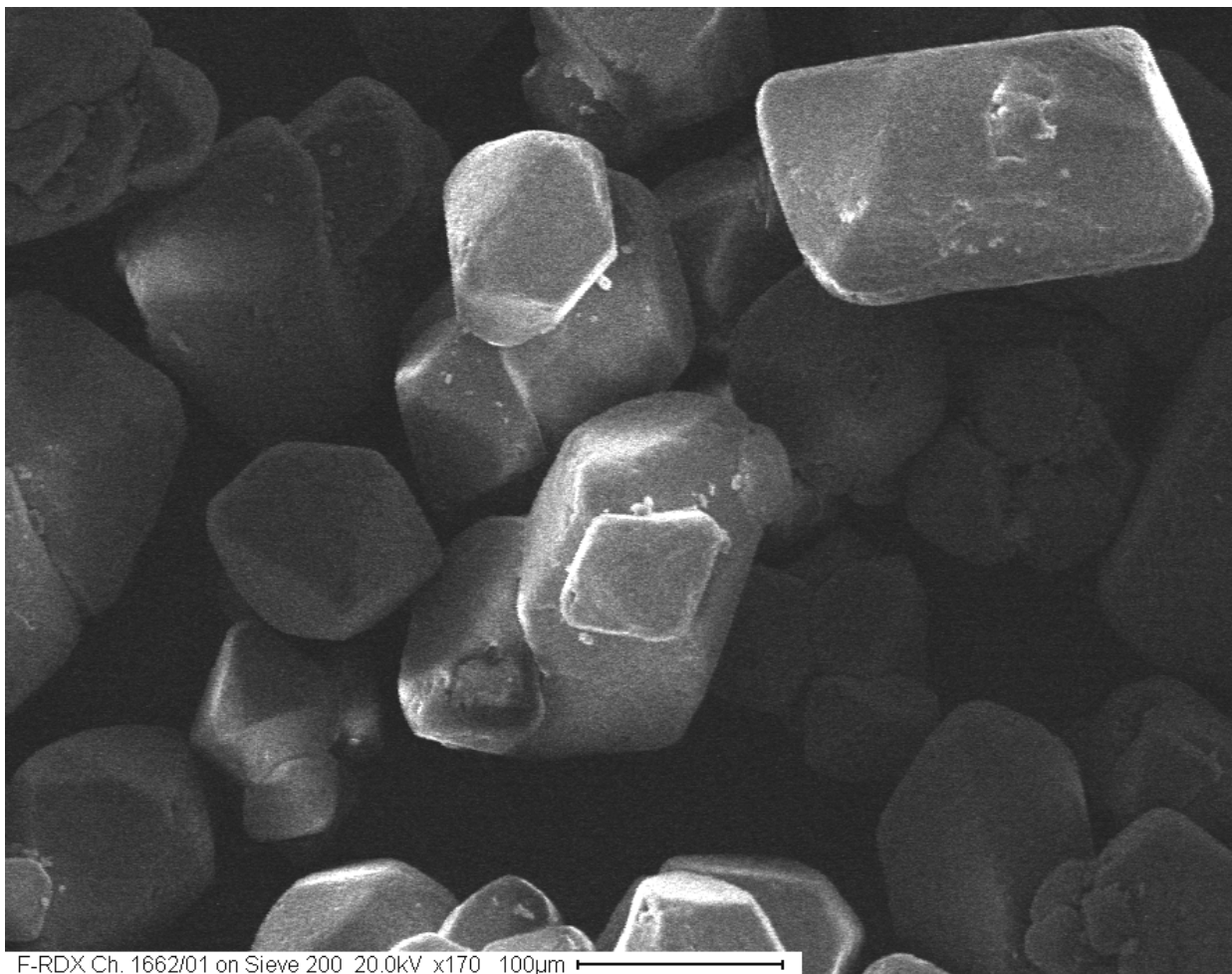
Figur 3.48 *F-RDX* på sikt nr 200, forstørrelse 26x. (Frdso200a).



*Figur 3.49 F-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 115x. (Frdso200c).*



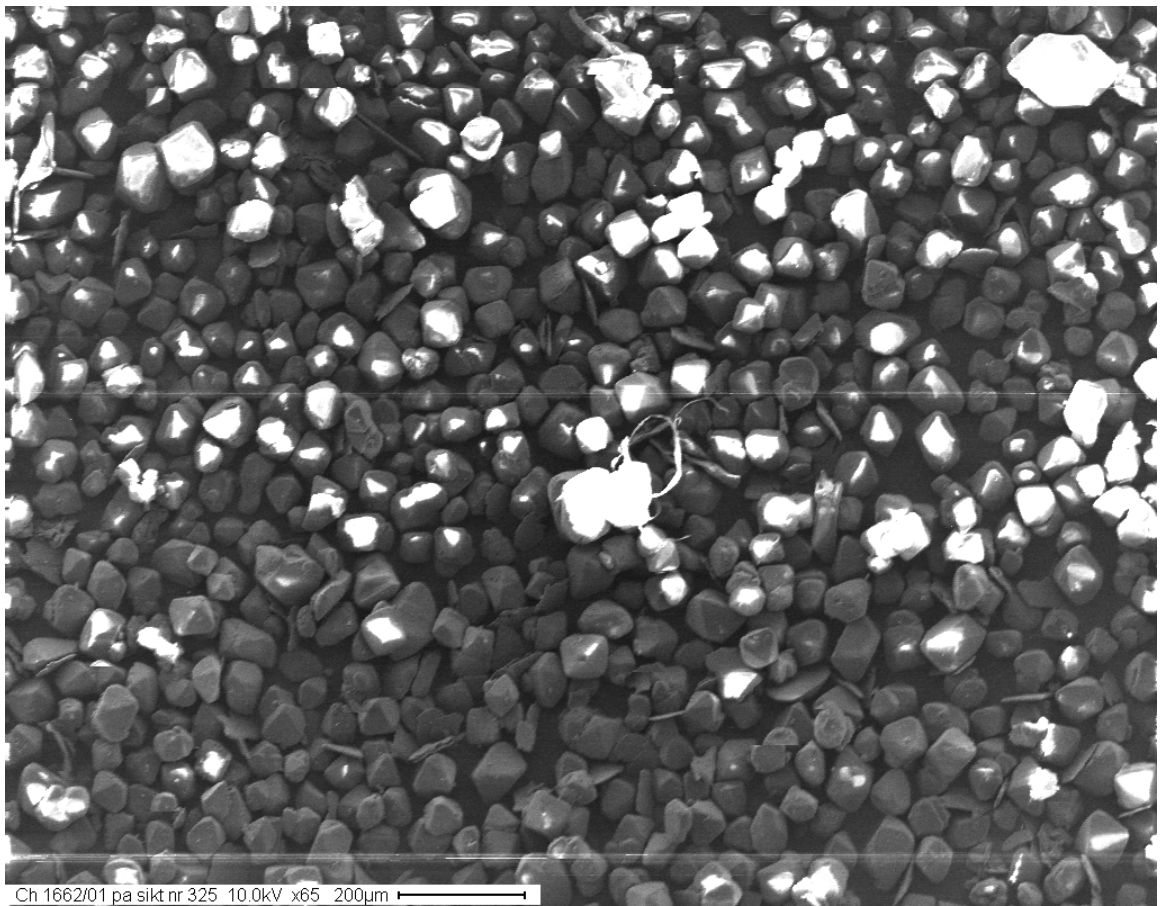
*Figur 3.50 F-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 212x. (Frdso200f).*



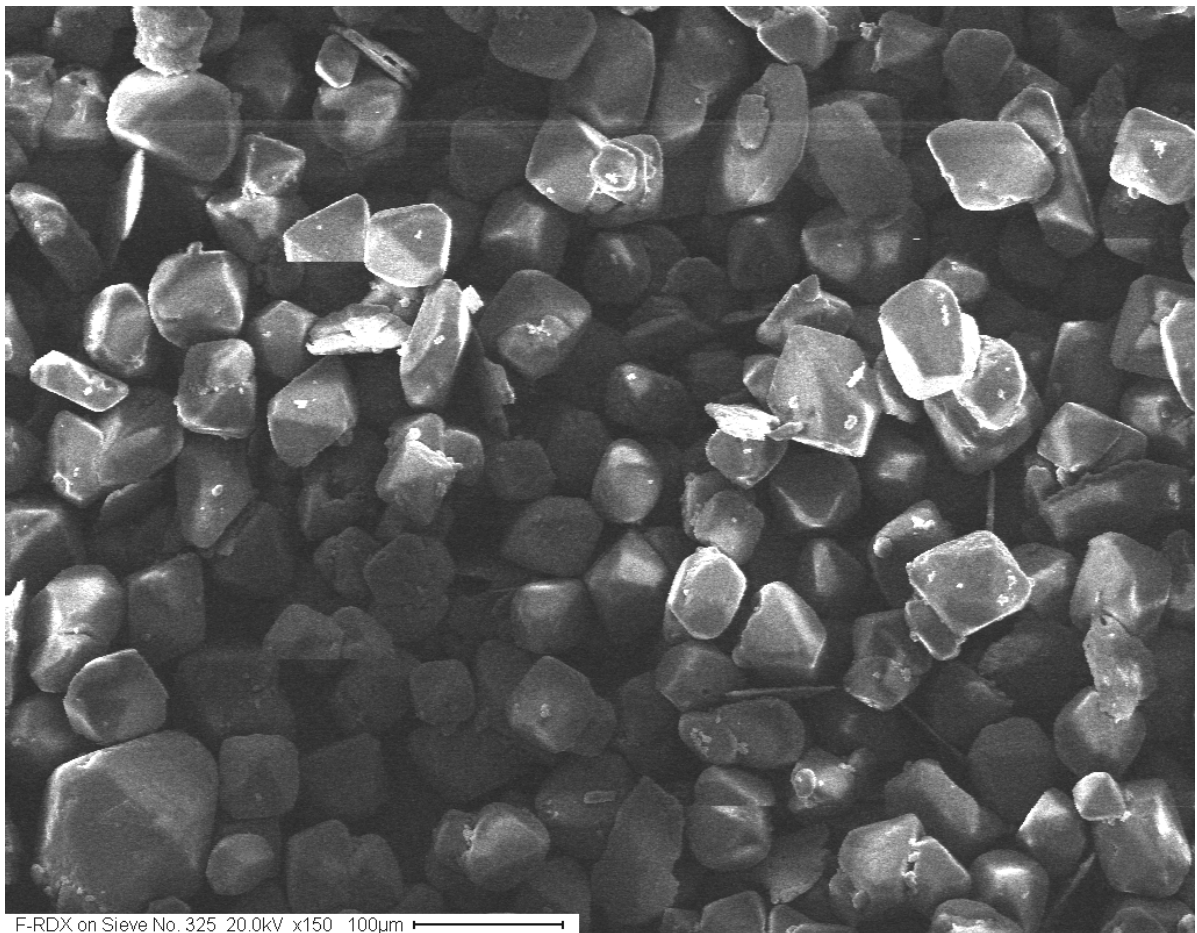
*Figur 3.51 F-RDX på sikt nr 200, forstørrelse 170x. (Frdso200e).*

#### 3.4.4 F-RDX Ch 1662/01 på sikt nr 325

Krystallene på sikt nr 325 skal ha en minste diameter mellom 45 og 75  $\mu\text{m}$ . Figur 3.52 gir et oversiktsbilde av krystallene, og viser krystaller som er lite avrundet, men som er relativt homogene med hensyn på størrelse. Det finnes noen flate krystaller/plater samt tvillingkrystaller eller sammengrodde krystaller. Majoriteten av krystallene er imidlertid enhetskrystaller.

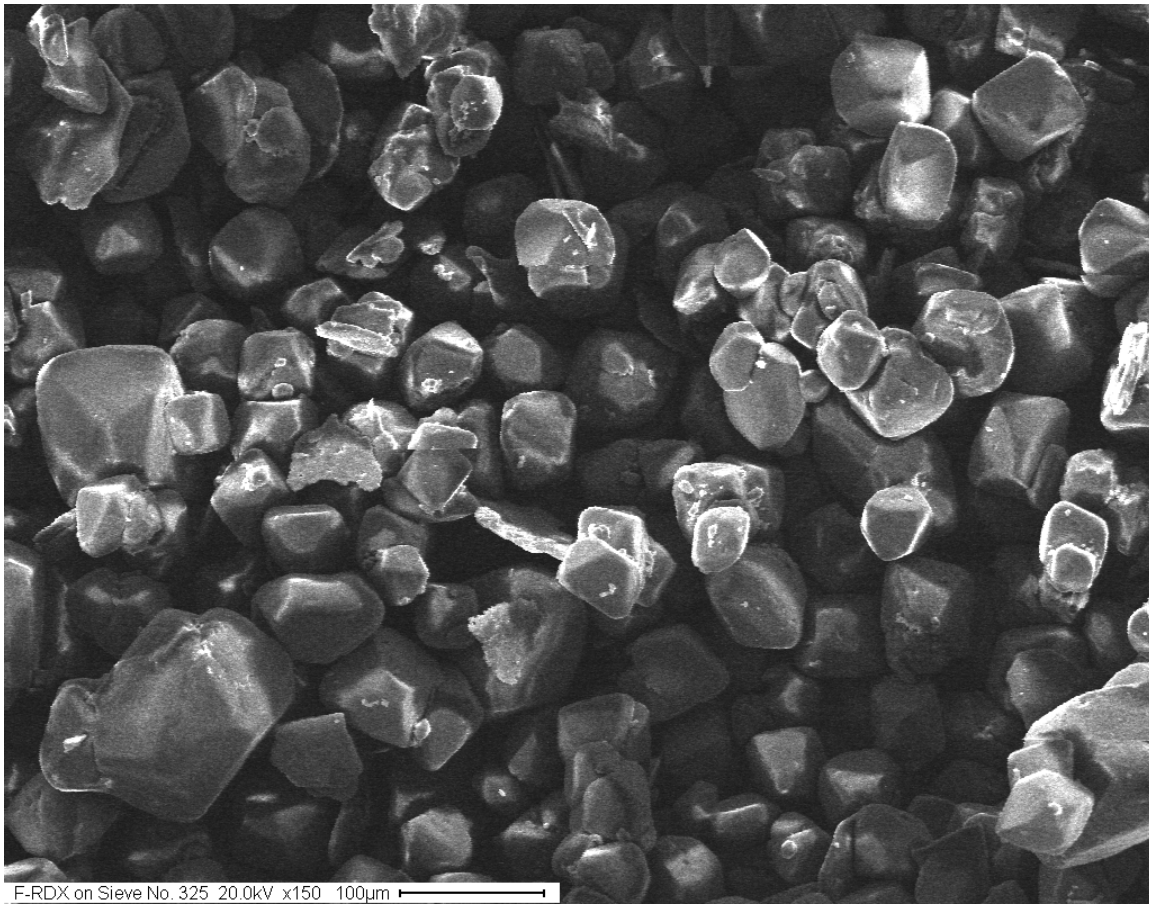


Figur 3.52 *F-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 65x, (Fpa325aa).*

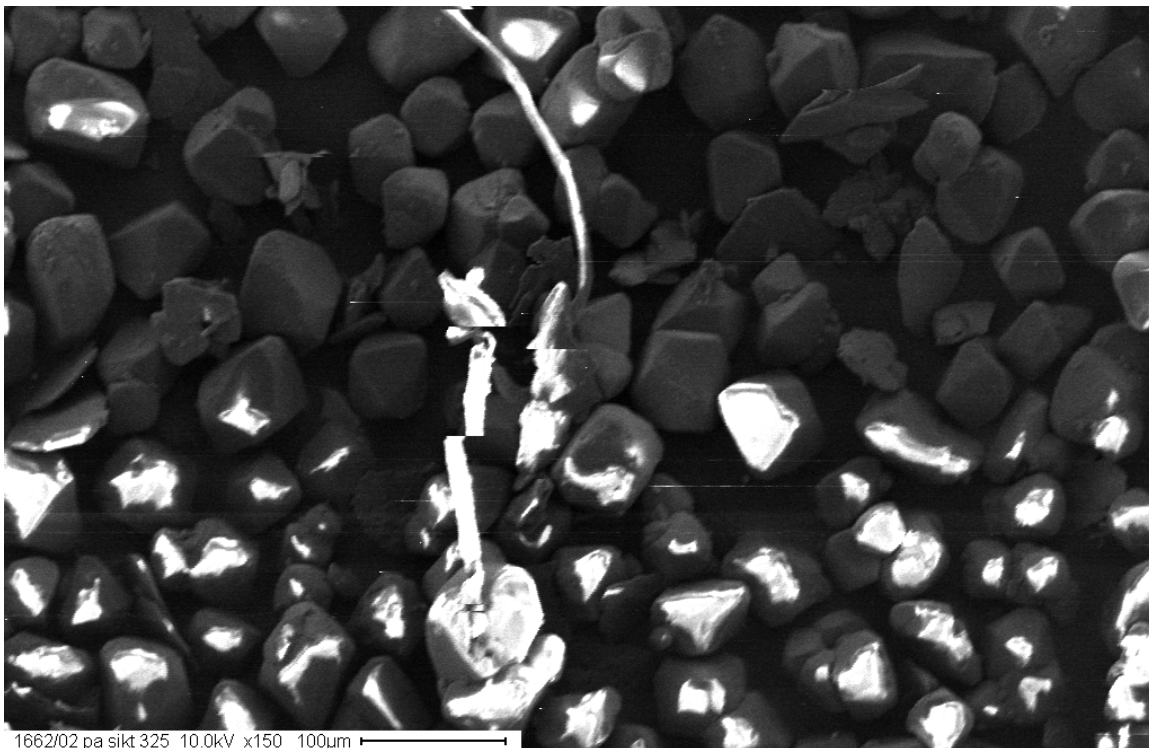


Figur 3.53 *F-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 150x, (Frdx325c).*





Figur 3.54 *F-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 150x, (Frdx325d).*

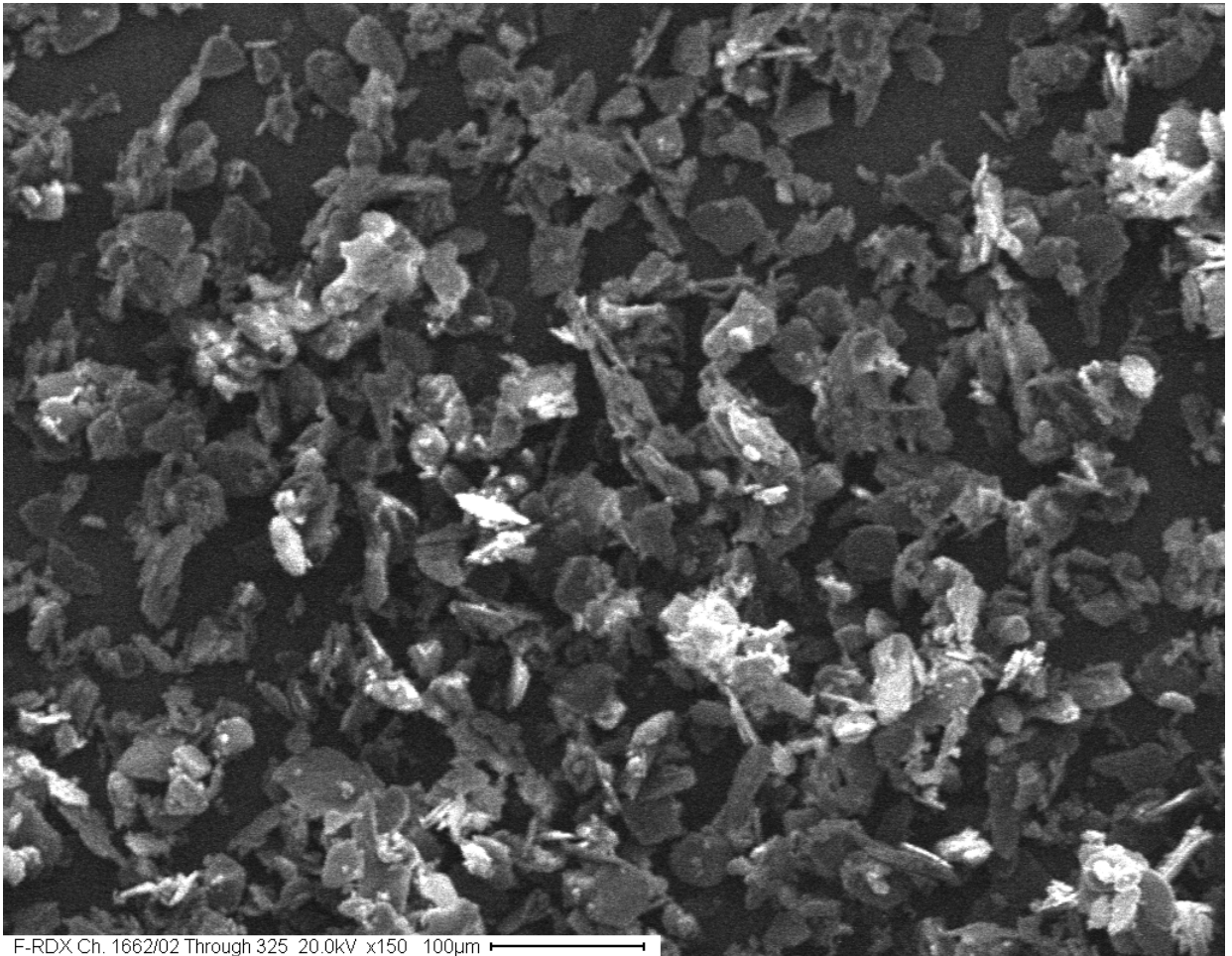


Figur 3.55 *F-RDX på sikt nr 325, forstørrelse 150x, (Fpa325ab).*

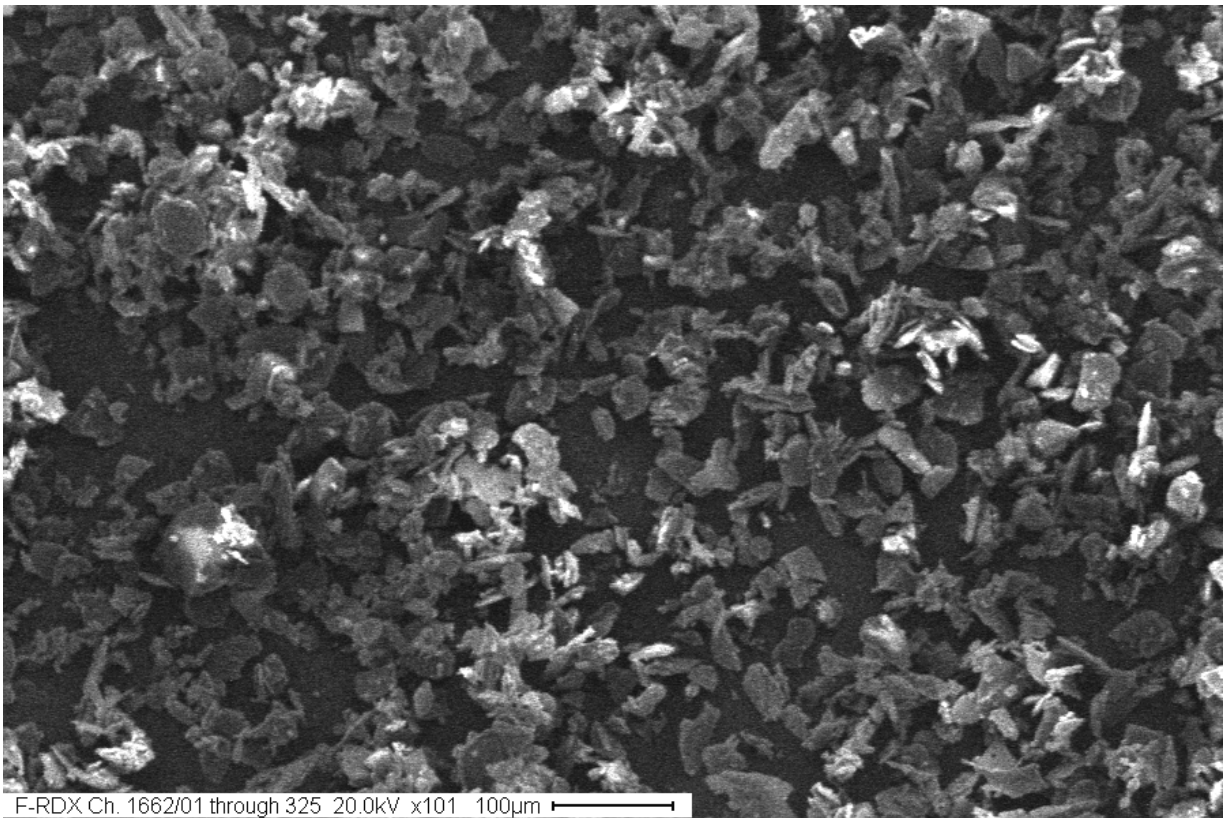
#### 3.4.5 F-RDX Ch 1662/01 gjennom sikt nr 325

Krystallene som går gjennom sikt nr 325 har en minste diameter som er mindre enn 45  $\mu\text{m}$ . Figurene 3.56 til 3.61 viser ulike SEM-bilder av krystallene som har gått gjennom sikt nr 325.

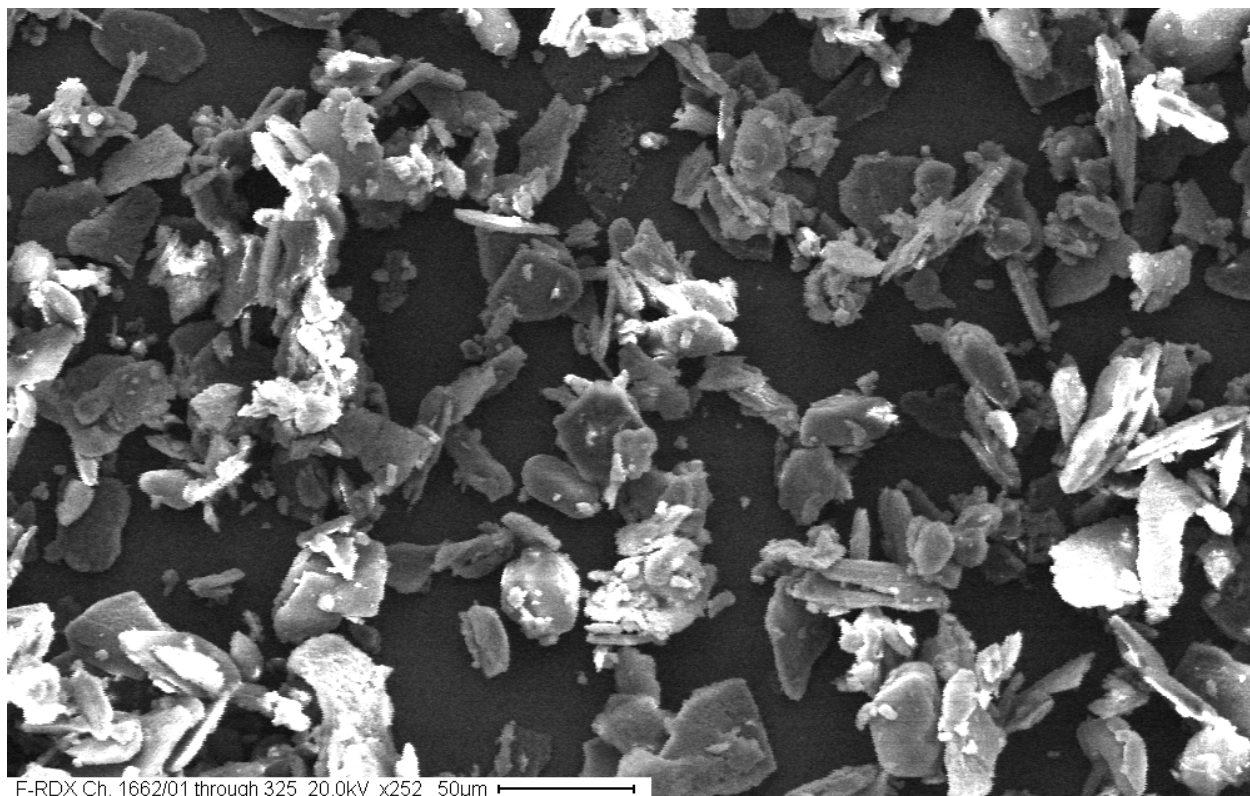




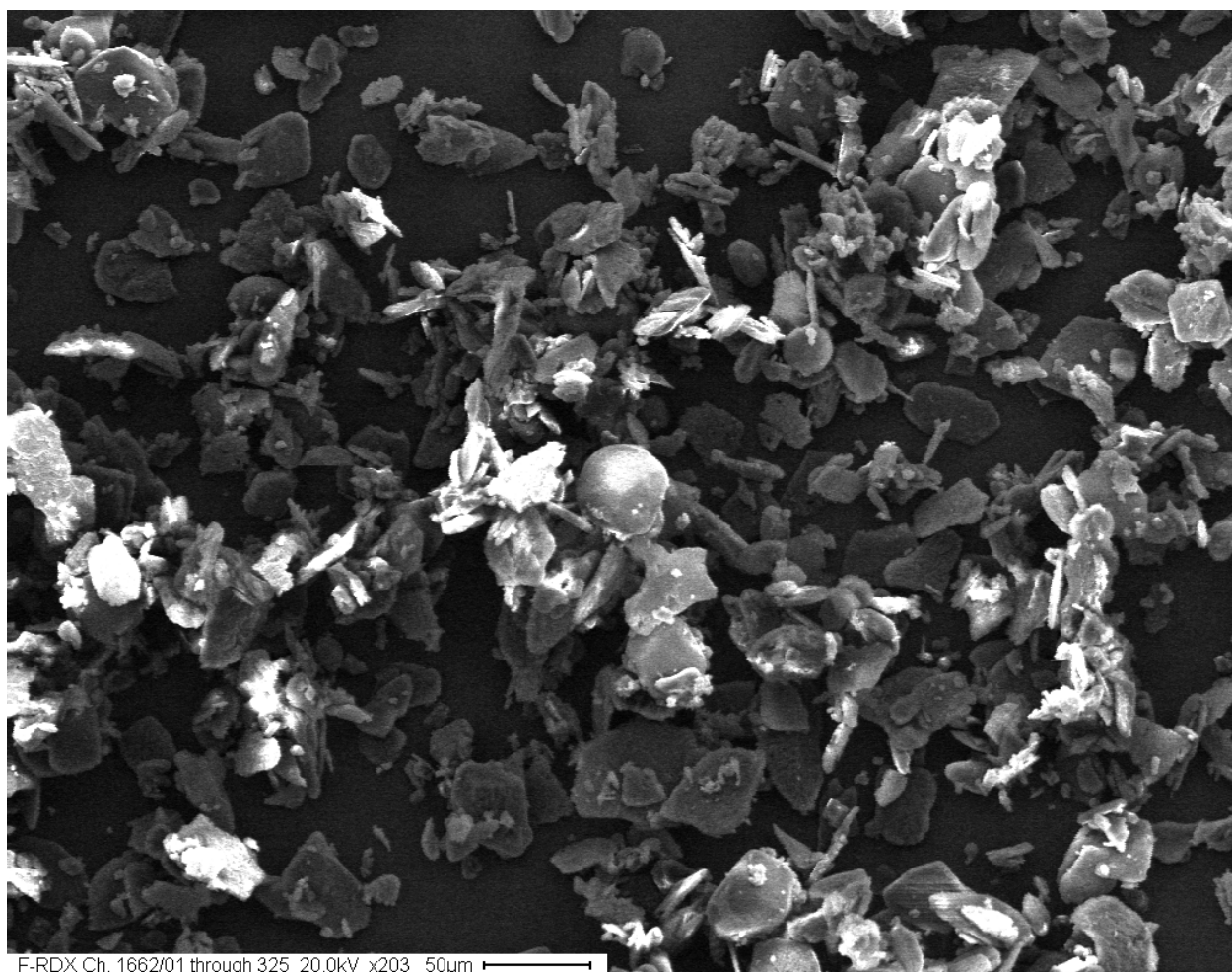
*Figur 3.56 F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 150x. (Frdxgj325c).*



*Figur 3.57 F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 101x. (Frdxgj325d).*



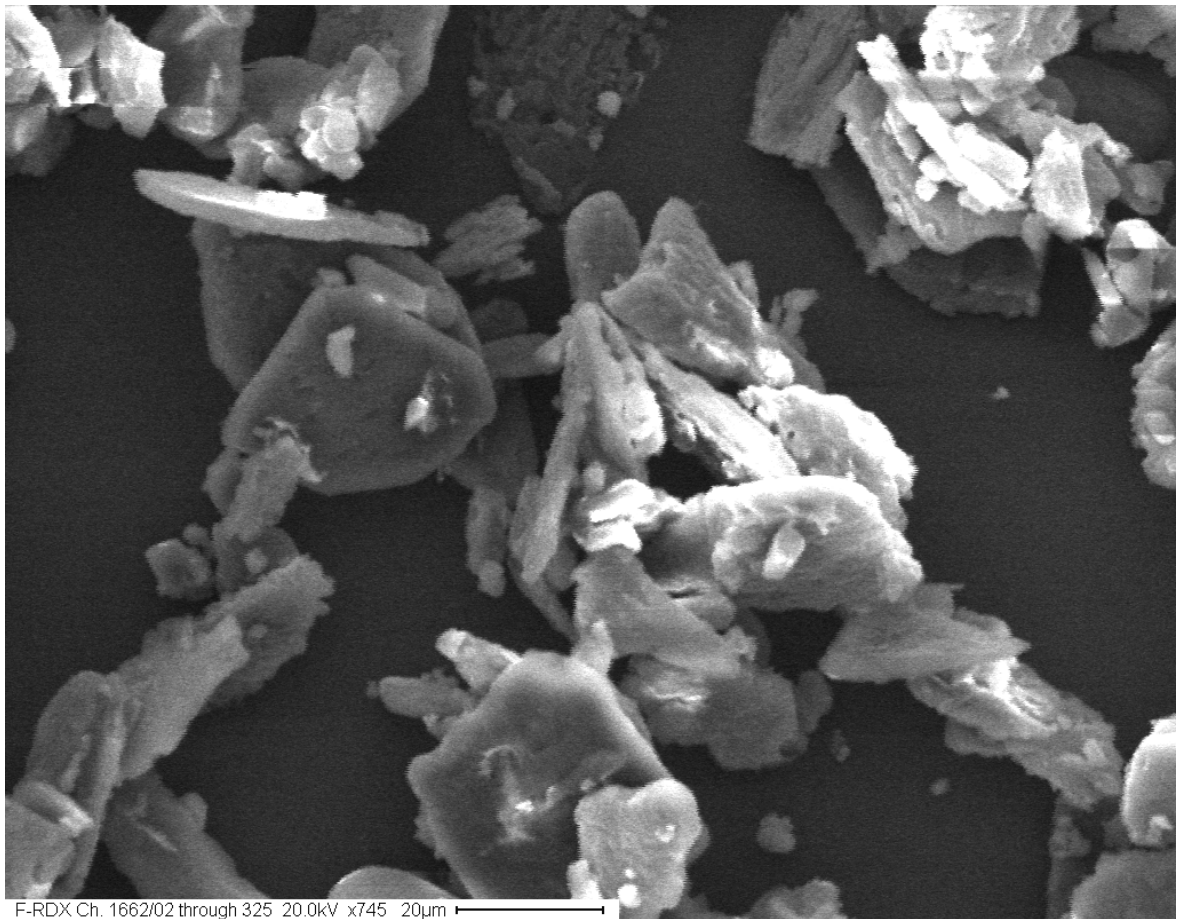
Figur 3.58 *F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 252x. (Frdxgj325e).*



Figur 3.59 *F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 203x. (Frdxgj325g).*



*Figur 3.60 F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 406x. (Frdxgj325h).*



*Figur 3.61 F-RDX gjennom sikt nr 325, forstørrelse 745x. (Frdxgj325f).*

Disse krystallene skiller seg ut fra hva man finner for de andre fraksjonene samt andre lotter som er studert ved at de består av en stor del flate krystaller eller plater. Ut fra formen kan det tyde på at krystallisasjonen har skjedd på en annen måte siden krystallene ikke har vokst i alle retninger.

#### **4 SAMMENDRAG**

Fem ulike partier krystaller av to ulike klasser, klasse 1 og 5 har vært studert ved bruk av elektronmikroskop for å undersøke om krystallform eller ytre defekter på krystallene kan forbindes med sjokkfølsomheten man oppnår på produkter de inngår i. I (4) ble sjokkfølsomheten til PBXN-109 produkt basert på undersøkte krystaller testet i ”Intermediate Scale GAP Test”. Resultatene ga en signifikant lavere sjokkfølsomhet for komposisjonen basert på den franske RDXen sammenlignet med F-RDX fra Dyno.

SEM-bildene tyder på at forskjellen i krystallform og ytre krystalldefekter for de undersøkte krystallene ikke er hovedforklaringen på den observerte forskjell i sjokkfølsomhet. Ut fra SEM-bildene er kvaliteten på Dyno sine krystaller gjennomgående bedre enn krystallene fra SNPE. De har til dels en mer avrundet form og inneholder et mindre antall tvillingkrystaller.

## APPENDIKS

## A KONTROLLRAPPORTER FOR DYNO RDX

## A.1 Dyno F-RDX kl 5, lot 1484/00

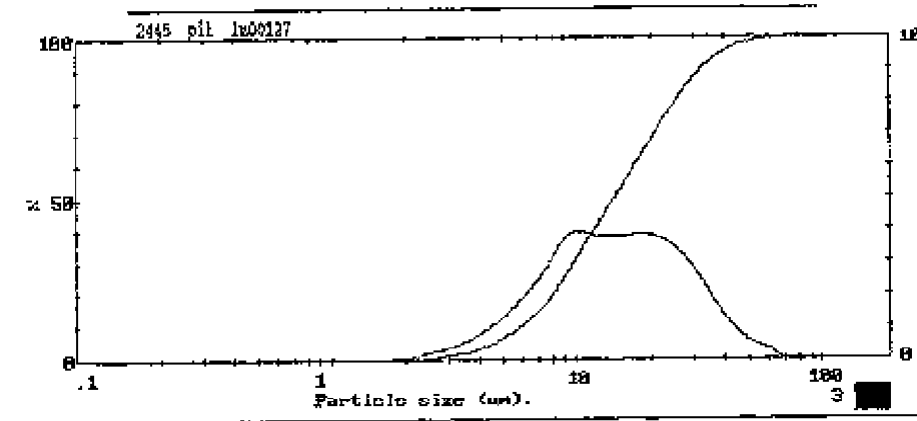
**MALVERN** Instruments 88,8D 02 Nov 1988 12:11 pm

RDX, kl-5, Ch.1484/00 v.f-4

000007760

Date: 21 februar 2002

Dyno Nobel ASA, Defence Products





High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	Span	
113	100	53.3	98.9	24.0	77.7	10.4	55.7	4.84	5.8	2.13	0.2	D[4.3]	
110	100	49.5	98.4	22.3	74.0	10.0	51.7	4.50	4.7	2.05	0.1	17.05um	
102	100	46.1	97.7	20.7	70.3	9.31	27.8	4.19	3.8	1.88	0.1		
95.2	100	42.8	96.8	19.3	66.4	8.66	24.0	3.89	3.0	1.75	0.1	D[3.2]	
88.8	100	39.8	95.6	17.9	62.5	8.05	20.8	3.62	2.4	1.63	0.0	11.14um	
82.4	100	37.0	94.1	16.7	58.7	7.49	17.9	3.37	1.8	1.51	0.0		
76.6	100	34.4	92.2	15.5	54.8	6.97	14.9	3.13	1.4	1.42	0.0	D[7,0.9]	
71.2	100	32.0	90.0	14.4	51.0	6.48	12.5	2.91	1.0	1.33	0.0	32.04um	
66.2	99.9	29.8	87.4	13.4	47.2	6.02	10.5	2.71	0.7	1.22	0.0		
61.6	99.7	27.7	84.4	12.5	43.4	5.60	8.7	2.52	0.5			D[7,0.1]	
57.3	99.3	25.8	81.2	11.6	39.6	5.21	7.1	2.34	0.3			5.91um	
Source = Res.:rdx-kl5		Beam length = 2.0 mm		Model indep		D[v,0.5]						14.13um	
Record No. = 246		Log. Diff. = 2.24%		Volume Conc. = 0.0302%		Shape OF?							
Focal length = 63 mm		Obscuration = 0.1502		Sp. S.A = 0.5385 m <sup>2</sup> /cc.									
Presentation = pil		Volume distribution											

Dyno Nobel ASA Defence Products

Figur App. 1 Kontrollrapport for Dyno RDX kl 5 charge 1484/00.



Kjøper/Mottaker Forsvarets Forskningsinstitutt Avd. for Våpen og Materiel Postboks 25, 2007 Kjeller		Bestillingsnummer Pr. fax Bestillingsdato 22.01.02		Rapport nummer 096 Kontroll dato 22.02.02		
Produsent Dyno Nobel ASA N-3476 Setre NORGE		Produksjonsdato 26.10.00		Offentlig oppdragsnummer		
Lot nummer		Mengde 1 kg				
Sprengstofftype Dyno F-RDX kl.5		Leveringsbetingelser/Teknisk underlag				
Analyseresultater for loten						
	HMX i RDX	Smeltepunkt	Ulost i acetone	Uorganisk uføst	Uløste partikler på USSS No. 60	Sorter
KRAV	-	Min. 190,0 °C	Maks. 0,05 %	Maks. 0,03 %	Maks. 5	Maks. 0,02 %
RESULTAT 1484/00	0,5	202,4	0,00	< 0,03	0	0,00
	Granulation, % gjennom USSS Nr					
	325		Laser			
KRAV	-	-	50 % punkt	-	-	-
RESULTAT 1484/00	100		14,1			
 Kvalitetssjef						
						

Figur App. 2 Kontrollrapport for RDX klasse 5 charge 1484/00.



## Kontrollrapport Charge 1662/01

**DYNO**

Forsvarsprodukter

**KONTROLLRAPPORT B**

etter EN 10204 - 3.1 B

Kjøper/Mottaker Forsvarets Forskningsinstitutt Avd. for våpen og materiell Postboks 25, 2007 Kjeller		Bestillingsnummer Pr. fax Bestilingsdato 22.01.02		Rapport nummer 096 Kontroll dato 22.02.02			
Produsent Dyno Norge ASA N-3476 Sætre NORGE		Produksjonsdato 25.10.01		Offentlig oppdragsnummer			
Los nummer		Menge 5 kg					
Sprengstofftype Dyno F-RDX kl. I		Leveringsbetingelser/Teknisk underlag					
Analyseresultater for loten							
	HMX i RDX	Smeltepunkt	Uløst i acetone	Uorganisk uløst	Uløste partikler på USSS No. 60	Størrelse	
KRAV	-	Min. 190,0 °C	Maks. 0,05 %	Maks. 0,03 %	Maks. 5	Maks. 0,02 %	
RESULTAT 1662/01	0,3	202,9	0,00	< 0,03	0	0,00	
Granulation, % gjennom USSS Nr.							
	35	50	70	80	100	120	200
KRAV	-	-	-	-	-	-	-
RESULTAT 1662/01	100	95	57	37	21	12	5
 Trine Granby Kvalitetssjef				 DYNO Defence Products Manager QA			

Figur App. 3 Kontrollrapport RDX kl 1 charge 1662/02.

## B KONTROLLRAPPORTER FRANSK RDX

### B.1 SNPE Lot 2703S02

**SNPE** Poudres et  
Explosifs  
GRUPE SNPE

Etablissement de Sorgues

### BULLETIN D'ANALYSES

PRODUIT : HEXOGENE MIL CLASSE 1

LOT 2703 S 02

ANALYSES	UNITES	SPECIFICATIONS	RESULTATS
POINT DE FUSION	°C	205±1	205
ACIDITE TOTALE	Mec/kg	≤ 2	0.00
INSOLUBLES DANS ACETONE	%	≤ 0.05	0.00
CENDRES	%	≤ 0.03	0.00
PARTICULES INSOLUBLES > 0.25 mm	Nbre	≤ 5	1
GRANULOMETRIE			
>0.840	%	4	0
mm	%	≤ 20	4
>0.297mm	%	≥ 10 ≤ 70	69
>0.149mm	%	≥ 55 ≤ 95	32
>0.074mm			

24 JANVIER 2002



Figur App. 4 Kontrollrapport fransk klasse 1 I-RDX lot 2703S02.

## B.2 Kontrollrapport fransk kl 5 I-RDX

**SNPE** Poudres et  
Explosifs  
GROUPE SNPE

Etablissement de Sorgues

### BULLETIN D'ANALYSES

PRODUIT : HEXOGENE MIL CLASSE 5

LOT 2704S02

ANALYSES	UNITES	SPECIFICATIONS	RESULTATS
POINT DE FUSION	°C	205+1	205
ACIDITE TOTALE	Meq/kg	≤ 2	0
PARTICULES INSOLUBLES < 0.25 mm	Nbre	≤ 5	1
CENDRES	%	≤ 0.03	0.00
INSOLUBLE DANS ACETONE	%	≤ 0.05	0.00
Ø médian LASER	µm	3.5 à 4	3.8
GRANULOMETRIE A 0.044mm	%	≤ 2	0

24 JANVIER 2002



Figur App. 5 Kontrollrapport fransk kl 5 I-RDX lot 2704S02.

## Litteratur

- (1) A. Freche, J. Aviles, L. Donnio, C. Spyckerelle (2000): Insensitive RDX (I-RDX), *Insensitive Munitions and Energetic Material Technology Symposium, San Antonio, Texas, USA, 27-30 November*, 18-22.
- (2) S. Lecume, J. Aviles, L. Donnio, A. Freche, C Spyckerelle (2001): Two RDX Qualities for PBXN-109 Formulation, Sensitivity Comparison, *EUROMURAT 2001, Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium, Bordeaux, France, 8-11 October*.
- (3) Gunnar Ove Nevstad (2001): Fremstilling og testing av PBXN-109 basert på ulike typer RDX, FFI/RAPPORT-2001/04042, Unntatt offentlighet § 5, 1. ledd.
- (4) Gunnar Ove Nevstad (2002): Fremstilling og testing av PBXN-109 med Fransk I-RDX, FFI/RAPPORT-2002/03206.
- (5) Gunnar Ove Nevstad (2002): Testing av sjokkfølsomhet av Dyno I-RDX, FFI/Rapport-2002/03607.



## FORDELINGSLISTE

**FFIBM**                      **Dato:** 13. desember 2002

RAPPORTTYPE (KRYSS AV)		RAPPORT NR.	REFERANSE	RAPPORTENS DATO	
<input checked="" type="checkbox"/> RAPP	<input type="checkbox"/> NOTAT	<input type="checkbox"/> RR	2002/04926	FFIBM/2911/130	13. desember 2002
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD			ANTALL EKS UTSTEDT	ANTALL SIDER	
UGRADERT			24	51	
RAPPORTENS TITTEL			FORFATTER(E)		
SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) BILDER AV ULIKE RDX KVALITETER			NEVSTAD Gunnar Ove		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF			FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:		
Bjarne Haugstad			Jan Ivar Botnan		

### EKSTERN FORDELING

### INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		Dyno Nobel	9		FFI-Bibl
1		Alf Berg	1		FFI-ledelse
		Forsvarsprodukter	1		FFIE
		Engeneveien 7	1		FFISYS
		NO-3476 SÆTRE	1		FFIBM
1		Nammo Raufoss	1		FFIN
1		Steinar Haugen	1		Forfattereksemplar(er)
1		Jon Huse	3		Restopplag til Biblioteket
		Postboks 162			ELEKTRONISK FORDELING:
		NO-2831 RAUFOSS			FFI-veven
1		SFK			B Haugstad, FFIBM, (BjH)
		Attn: Oing Per Stensland			S W Eriksen, FFIBM, (SWE)
		<a href="http://www.ffi.no">www.ffi.no</a>			J F Moxnes, FFIBM, (JFM)
					G O Nevstad, FFIBM, (GON)

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.