



Ricerca di Sistema elettrico

Sviluppo procedura di formatura pellets e caratterizzazione dei catalizzatori per la metanazione del syngas

Enrica Ghisolfi



SVILUPPO PROCEDURA DI FORMATURA PELLETS E CARATTERIZZAZIONE DEI CATALIZZATORI PER LA METANAZIONE DEL SYNGAS

Enrica Ghisolfi (FN SpA)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse e l'upgrading dei biocombustibili

Obiettivo: Sviluppo di sistemi di upgrading di biocombustibili e riduzione dell'impatto ambientale

Responsabile del Progetto: Vito Pignatelli, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Caratterizzazione di supporti ceramici e di filtri catalitici per l'upgrading del syngas e l'abbattimento del particolato fine e del CO prodotti dalla combustione di biomassa lignocellulosica"

Responsabile scientifico ENEA: Vincenzo Gerardi

Responsabile scientifico FN: Enrica Ghisolfi

Si ringraziano Emanuele Costa per la preziosa collaborazione, Antonella Barisano e Vincenzo Gerardi per il supporto ricevuto.

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	6
2.1 STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI PELLETS IN OSSIDO MISTO Mg/Al	6
2.2 CARATTERIZZAZIONE CATALIZZATORI DI METANAZIONE DEL SYNGAS FORNITI DA UNIBO	12
3 CONCLUSIONI.....	15
4 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	16
5 CURRICULUM GRUPPO DI LAVORO	17
6 ALLEGATI.....	18
6.1 ALLEGATO 1. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE POLVERE OSSIDO MISTO Mg/Al.....	18
6.2 ALLEGATO 1B. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE POLVERE OSSIDO MISTO Mg/Al.....	19
6.3 ALLEGATO 1C. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE POLVERE OSSIDO MISTO Mg/Al.....	20
6.4 ALLEGATO 2. CARATTERISTICHE TECNICHE DSM XPLORE	21
6.5 ALLEGATO 3. CARATTERISTICHE TECNICHE DSM XPLORE	23
6.6 ALLEGATO 4. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 1 – Ni ₂₃ ,7Mg ₅₆ ,3Al ₂₀	25
6.7 ALLEGATO 4B. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 1 – Ni ₂₃ ,7Mg ₅₆ ,3Al ₂₀	26
6.8 ALLEGATO 4C. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 1 – Ni₂₃,7Mg₅₆,3Al₂₀.....	27
6.9 ALLEGATO 5. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅	28
6.10 ALLEGATO 5B. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅.....	29
6.11 ALLEGATO 5C. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅.....	30
6.12 ALLEGATO 6 .REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 3 – Ni₂₄,3Mg₄₆,7Al₂₉	31
6.13 ALLEGATO 6B. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 3 – Ni₂₄,3Mg₄₆,7Al₂₉.....	32
6.14 ALLEGATO 6C. REPORT ANALISI EDS SU CAMPIONE DI CATALIZZATORE 3 – Ni₂₄,3Mg₄₆,7Al₂₉.....	33
6.15 ALLEGATO 7. ANALISI SEM CATALIZZATORE 1 (200X)	34
6.16 ALLEGATO 7B. ANALISI SEM CATALIZZATORE 1 (200X)	35
6.17 ALLEGATO 7C. ANALISI SEM CATALIZZATORE 1 (1500X).....	36
6.18 ALLEGATO 7D. ANALISI SEM CATALIZZATORE 1 (3000X)	37
6.19 ALLEGATO 8. ANALISI SEM CATALIZZATORE 2 (200X)	38
6.20 ALLEGATO 8B. ANALISI SEM CATALIZZATORE 2 (200X)	39
6.21 ALLEGATO 8C. ANALISI SEM CATALIZZATORE 2 (1500X).....	40
6.22 ALLEGATO 8D. ANALISI SEM CATALIZZATORE 2 (3000X)	41
6.23 ALLEGATO 9. ANALISI SEM CATALIZZATORE 3 (200X)	42
6.24 ALLEGATO 9B. ANALISI SEM CATALIZZATORE 3 (200X)	43
6.25 ALLEGATO 9C. ANALISI SEM CATALIZZATORE 3 (1500X).....	44
6.26 ALLEGATO 9D. ANALISI SEM CATALIZZATORE 3 (3000X)	45

Sommario

Nel presente rapporto, redatto nell'ambito del subobiettivo b3 "Ottimizzazione del processo di produzione di biometano a partire dal syngas sull'impianto pilota di metanazione BIOSNG", sono descritte le attività sperimentali svolte da FN per valutare la fattibilità della procedura di realizzazione pellets da applicare al catalizzatore sperimentale finale a partire da polvere di ossido misto Mg/Al sintetizzata dal Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Bologna, simulante il catalizzatore vero e proprio. Sono, quindi, presentate le valutazioni circa le attrezzature più idonee a processare micro-lotti di tale materiale e l'esito delle verifiche sperimentali di compatibilità della polvere in oggetto con una serie di leganti e additivi organici necessari per la formatura. A fronte delle evidenze sperimentali riscontrate, si può concludere che la polvere di ossido misto testata (la cui principale criticità risiede nel quantitativo molto limitato dell'ordine di un paio di centinaia di grammi), risulta più compatibile con tecnologie di pressatura uni assiale rispetto alla formatura in plastico.

In parallelo sono state condotte anche attività di caratterizzazione fisico-strutturale su alcuni campioni di catalizzatore Ni/Mg/Al di metanazione del syngas sintetizzati da UniBO, concentrando l'attenzione in particolare sugli aspetti morfologici e di microanalisi delle polveri analizzate.

1 Introduzione

Il presente report costituisce il rapporto tecnico conclusivo relativo all'attività svolta da FN nell'ambito dell'accordo di collaborazione con ENEA per un'attività di ricerca dal titolo *“Caratterizzazione di supporti ceramici e di filtri catalitici per l'upgrading del syngas e l'abbattimento del particolato fine e del CO prodotti dalla combustione di biomassa lignocellulosica”*, con particolare riferimento allo *“Sviluppo di una procedura di formatura pellets e caratterizzazione dei catalizzatori per la metanazione del syngas”*.

L'accordo di collaborazione si colloca nell'ambito del Progetto B1.1. *“Sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse e l'upgrading dei biocombustibili”* dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico (PAR 2013), mentre le attività qui di seguito descritte afferiscono al sub-obiettivo b3 (Ottimizzazione del processo di produzione di biometano a partire da syngas sull'impianto pilota di metanazione BIOSNG) dell'obiettivo b (*“Sviluppo di sistemi di clean-up e di upgrading di biocombustibili e riduzione dell'impatto ambientale”*).

L'attività specifica prevedeva lo studio di fattibilità per la realizzazione di pellets a partire da micro lotti di polvere sintetizzata direttamente dal Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Bologna (di seguito UniBO) e la caratterizzazione fisico-strutturale di alcuni campioni di catalizzatore Ni/Mg/Al forniti dalla stessa UniBO.

Nei paragrafi seguenti sono descritte le attività svolte da FN per entrambe le tematiche.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Studio di fattibilità per la realizzazione di pellets in ossido misto Mg/Al

FN è stata incaricata da ENEA di svolgere una verifica di fattibilità per lo sviluppo di una procedura di formatura di pellets a partire da una polvere fornita da UniBO, un ossido misto di Mg/Al, ottenuto dalla calcinazione a 650 °C di precursori idrotalcitici (HT).

La polvere in questione presenta lo spettro visibile in Figura 1 ricevuto da UniBO.

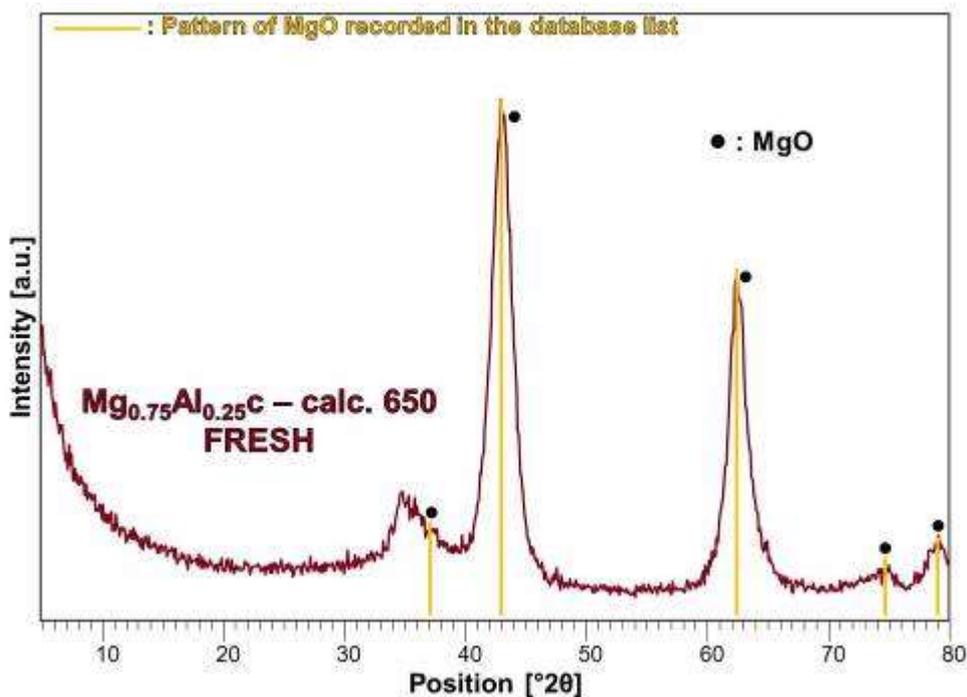


Figura 1. Diffattogramma del campione Mg_{0.75}Al_{0.25} calcinato a 650 °C per 12 ore

La polvere è stata caratterizzata per quanto riguarda la morfologia, con la valutazione della granulometria, mediante microscopia elettronica a scansione (Cambridge Stereoscan 360) e per ciò che concerne la microanalisi con lo strumento Oxford INCA Energy 200 dotato di detector SATW Pentafet. Di seguito sono riportate alcune immagini a diversi ingrandimenti (200, 1500 e 3000 x); in particolare, a basso ingrandimento, sono state prese alcune zone diverse di campione per avere una migliore panoramica circa la forma delle particelle e verificarne l'omogeneità.



Figura 2. Immagine al SEM a 200 X polvere ossido misto Mg/Al (prima porzione di campione)

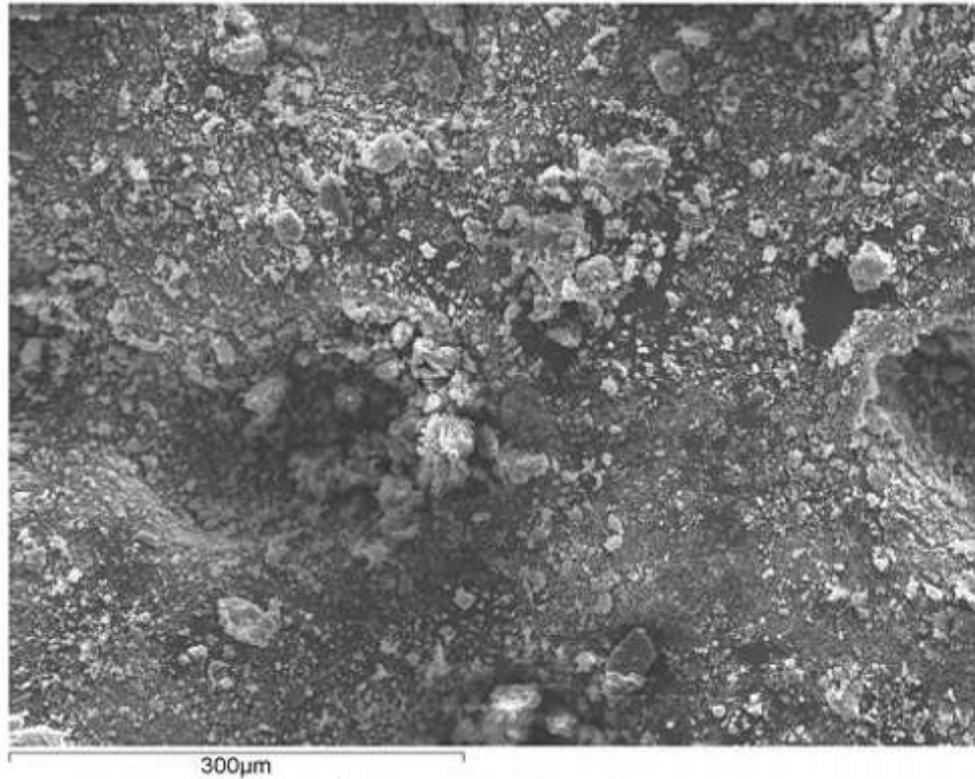


Figura 3. Immagine al SEM a 200 X polvere ossido misto Mg/Al (seconda porzione di campione)

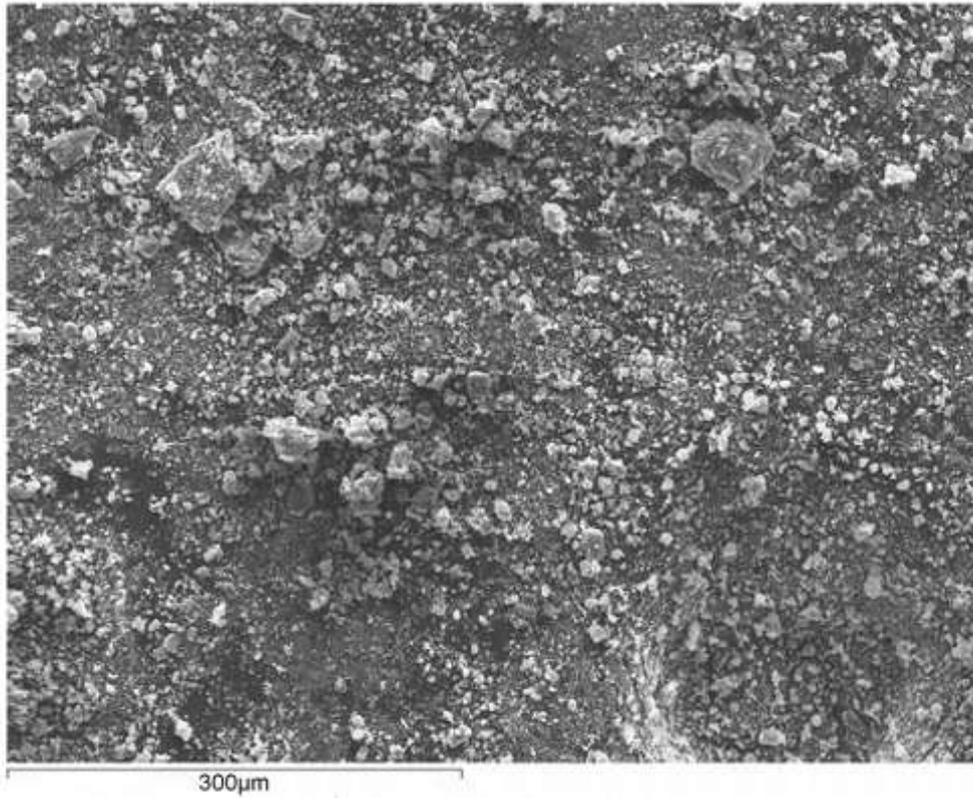


Figura 4. Immagine al SEM a 200 X polvere ossido misto Mg/Al (terza porzione di campione)

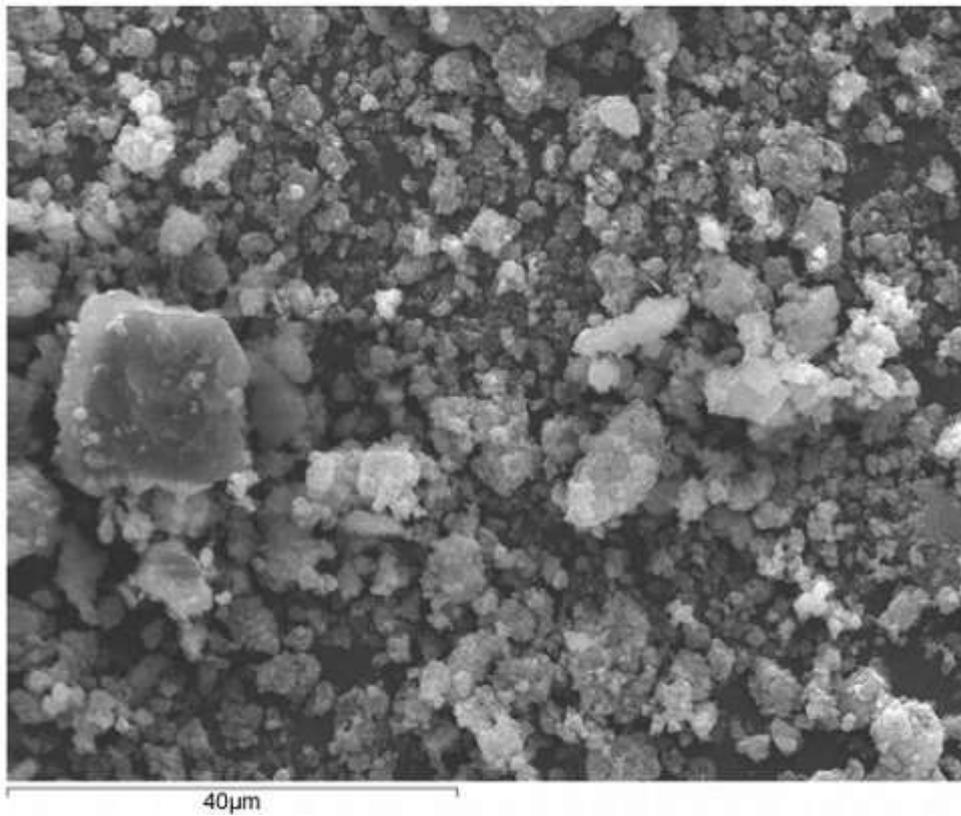


Figura 5. Immagine al SEM a 1500 X polvere ossido misto Mg/Al

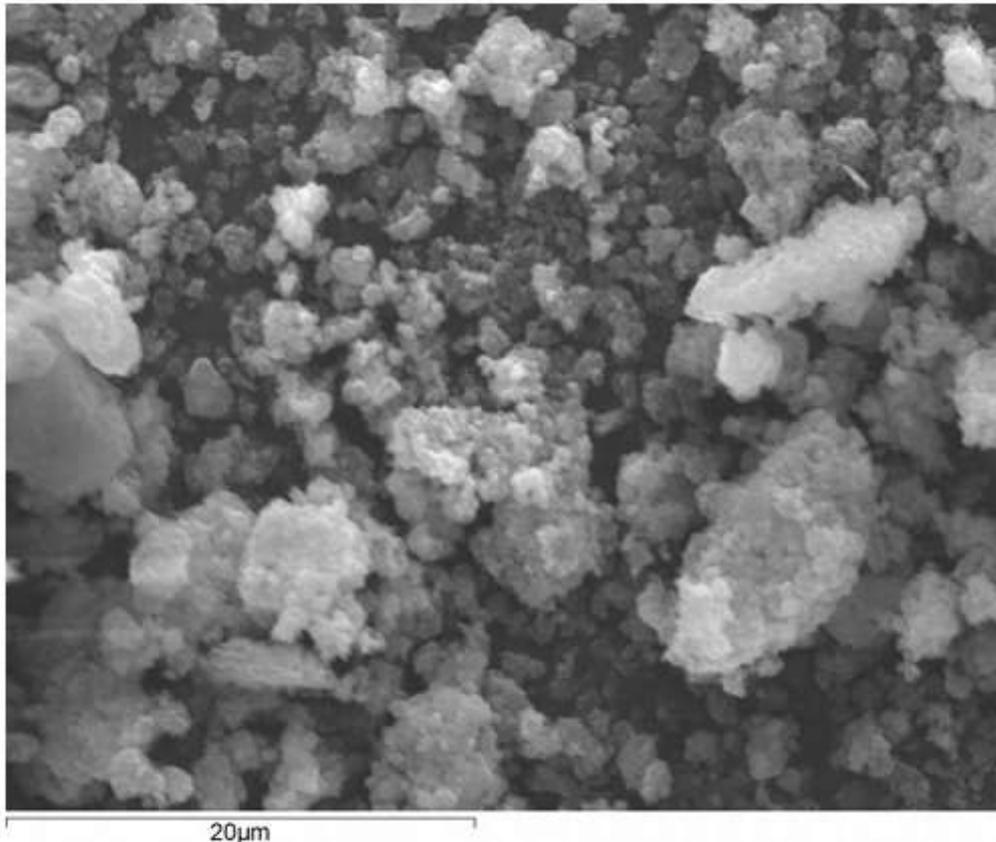


Figura 6. Immagine al SEM a 3000 X polvere ossido misto Mg/Al

Come si può notare dalle immagini al SEM, la polvere appare piuttosto fine, sebbene agglomerata in modo disomogeneo.

Le analisi EDS, i cui report sono visibili in Allegato 1, mostrano gli elementi costituenti, O – Mg e Al nelle percentuali maggiori, coerentemente con la stechiometria della polvere; si nota una piccola percentuale di Cr. Il valore di C presente in un'analisi non va tenuto in considerazione, ma scalato dall'analisi.

Poiché la quantità di polvere fornita da processare era dell'ordine di un paio di centinaia di grammi (da impiegare sia per prove sia per la realizzazione dei pellets finali), non era possibile utilizzare le attrezzature già presenti in FN in quanto di una scala molto più grande (ordine dei kg di polvere da lavorare) e quindi è stato effettuato uno studio preliminare sulle possibili linee di processo e attrezzature esistenti in commercio relativamente alla microestrusione/microstampaggio. Si sottolinea che la quantità limitata di materiale rappresenta il punto critico di questa attività e che il semplice ridimensionamento di scala non porta comunque ad un risultato corretto in quanto le interazioni fra materiale, lubrificanti, additivi e strumenti di deformazione massiva/formatura sono complesse e differiscono dalla macro-estrusione e dal macro-stampaggio. Per questo motivo i modelli della scala pilota non possono essere direttamente trasferiti alla scala di microlavorazione e devono essere opportunamente modificati ed ottimizzati. Le variabili quindi da considerare sono principalmente i materiali, gli additivi e le attrezzature di processo compatibili con la grammatura disponibile al fine di giungere alla realizzazione in via sperimentale dei pellets ed alla definizione della tecnica più idonea.

Nello studio preliminare nell'ambito della ricerca di attrezzature compatibili con i quantitativi di polvere in gioco, sono state individuate strumentazioni presenti sul mercato adatte al micro-stampaggio (Figura 7) relative prevalentemente al campo del biomedicale, dell'oreficeria o dello stampaggio di precisione) o per la microestrusione (Figura 8) (preparazione di compound di prova a livello di pochi ml). Le attrezzature individuate sono prodotte dalla DSM olandese e le schede tecniche sono poste rispettivamente in Allegato 2 e in Allegato 3. Da queste si può vedere come tali attrezzature, da laboratorio, siano perfettamente coerenti con limitate quantità di materiale da processare. Purtroppo, non erano compatibili con il budget previsto né con le tempistiche, considerando anche il fatto che non è possibile acquistare delle attrezzature a scatola chiusa, ma,

soprattutto nel caso di materiali sperimentali, occorre effettuare delle prove preliminari che avrebbero comunque consumato tutta la polvere messa a disposizione da UniBO; anche una ricerca di laboratori dotati di tali attrezzature non è stata favorevole.

Si è quindi deciso di valutare la possibilità di impiegare della strumentazione mutuata dal campo alimentare per poter processare pochi grammi di polvere alla volta al fine di trovare le condizioni e le modalità più adatte alla formatura di pellets.



Figura 7. DSM Xplore 12 ml injection moulding machine (NL)



Figura 8. DSM Xplore 5 ml Micro-compounder (NL)

Generalmente la formatura in plastica si avvale dell'impiego di veicolanti termoplastici e di additivi che sotto l'azione della temperatura abbassano la loro viscosità permettendo di avvolgere i grani di polvere e di creare così una massa fusa che possa essere o iniettata in uno stampo o estrusa in una filiera. Nelle esperienze di compoundazione di FN si erano impiegati veicolanti appartenenti al gruppo poliolefinico che permettevano una buona deceratura dopo formatura. Nel caso specifico della polvere di ossido misto Mg/Al, che al momento simula quella anche contenente Ni, parte attiva del catalizzatore, sono state effettuate delle prove di compatibilità con tali sostanze, aggiungendo un piccola percentuale di Ni. Si è visto che la fase di additivazione non comportava problemi mentre questi si creavano nello step di deceratura (necessario per far evacuare i leganti organici), ove il Ni aveva una sorta di effetto negativo sul polimero, portando al collasso completo dell'oggetto formato.

Sono stati quindi presi in considerazione altri tipi di additivi, che però non vengono solitamente impiegati nel settore dell'estrusione ma più in quello della pressatura. Sono stati indagati organici a base di stearina, olio paraffinico, polietilenglicole (PEG), alcool polivinilico (PVA) e amido. Si è visto come, in particolare, l'olio paraffinico non sia molto compatibile con la polvere in oggetto, mentre siano più affini il PEG, il PVA e l'amido. La polvere di ossido misto di Mg/Al, fornita da UniBO, si presenta molto spigolosa e dura al tatto, con la consistenza dello zucchero. Si tratta di una polvere non particolarmente facile da trattare in quanto mostra difficoltà nel legarsi agli additivi sperimentati e quindi a formare la massa morbida necessaria per la successiva micro-estrusione in filiera.

Sono state comunque effettuate alcune prove ottenendo dei primi campioni di pellets. In Figura 9 sono mostrate alcune fasi del processo seguito: dalla polvere granulata dopo aggiunta di una parte di additivi organici allo scopo di ricoprire i grani e favorirne l'agglomerazione a formare una massa morbida da inserire in trafila per ottenere i pellets, attraverso il passaggio, mediante il trasporto, effettuato con una vite senza fine, in filiera con fori da 5 mm di diametro come richiesto dalla specifica.

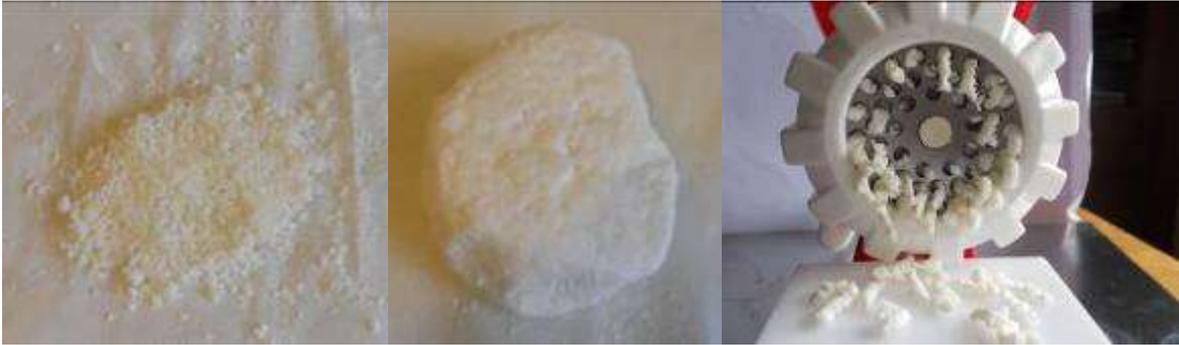


Figura 9. A sinistra polvere granulata, al centro massa morbida da estrudere, a destra trafilatura dei pellets



Figura 10. Forma ancora irregolare dei pellets realizzati

Come si può notare dalle immagini, una difficoltà consiste anche nel mantenimento della geometria cilindrica dell'estruso che, per gravità tende a cadere sotto l'azione del suo peso prima di essere tagliato a misura. In effetti per quest'applicazione sarebbe necessario il cosiddetto taglio in testa (di cui in Figura 11 si può vedere uno schema), che permette di avere la lama direttamente posta sulla testa di estrusione e quindi calibrata sulla lunghezza voluta del cilindretto.

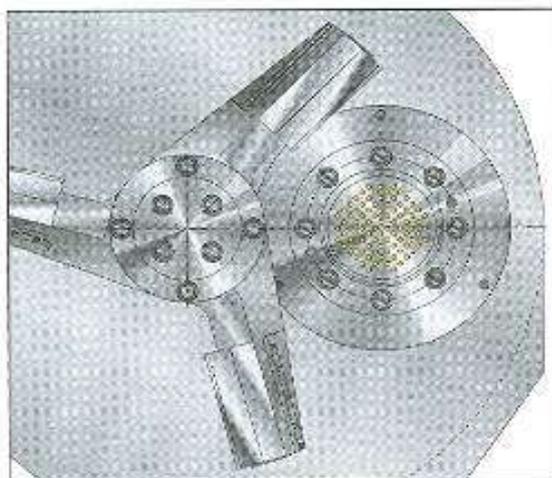


Figura 11. Particolare del taglio in testa: a sinistra si può vedere la lama a tre lobi che girando taglia ciò che esce dalla trafila direttamente a misura

La sezione ancora irregolare del pellet (Figura 10) è dovuta sia all'attrito che si forma nel passaggio al contatto con i fori della trafila sia alle caratteristiche morfologiche della stessa polvere, molto dura e spigolosa.

Data la caratteristica di riferimento del pellets, ossia la porosità aperta che viene considerata attorno al 60 – 65%, si può affermare che, anche se con questa tecnica non si ottiene un prodotto molto denso, ciò può andare a favore.

In ogni caso, viste le prove effettuate e la scarsa quantità di polvere disponibile, si ritiene che, se le quantità in gioco saranno sempre di quest'ordine di grandezza, sia più opportuno indirizzarsi su altre tecniche, quali, ad esempio, la pressatura uniassiale a freddo, per la quale tale polvere sembra più adatta. In questo caso, infatti, la polvere può essere additivata con una minima quantità di legante/plastificante (entro il 10% in peso) tale da renderla compattabile una volta inserita in uno stampo cilindrico, opportunamente dimensionato per tener conto dei ritiri in pre-sinterizzazione, sottoposto all'azione di una forza di pressatura verticale. Vista la durezza della polvere, comunque, sarà necessario impiegare una buona dose di lubrificante che rivesta al meglio i grani al fine di ridurre l'attrito degli stessi con le pareti dello stampo, in modo da evitare difettologie nell'oggetto pressato (laminazioni, end - capping, etc.).

2.2 Caratterizzazione catalizzatori di metanazione del syngas forniti da UniBO

FN ha provveduto ad analizzare mediante microscopia elettronica a scansione ed analisi EDS tre campioni di catalizzatore per la metanazione del syngas sintetizzati dal Dipartimento di Chimica Industriale dell'Università di Bologna (UniBO).

I campioni erano così identificati:

1 – Ni_{23,7} Mg_{56,3} Al₂₀

2 – Ni₂₄ Mg₅₁ Al₂₅

3 – Ni_{24,3} Mg_{46,7} Al₂₉

Si tratta di campioni calcinati a 650 °C per 12 ore con un gradiente di 10 °C/min.

Le analisi morfologiche sono state effettuate con microscopio elettronico a scansione Cambridge Stereoscan 360, mentre le analisi EDS sono state eseguite con lo strumento Oxford INCA Energy 200 dotato di detector SATW Pentafet.

Per quanto riguarda le microanalisi, i report sono inseriti negli Allegati 4, 5 e 6 mentre nel grafico sottostante sono riportati gli andamenti dei valori medi delle % atomiche degli elementi individuati per ciascun campione di catalizzatore.

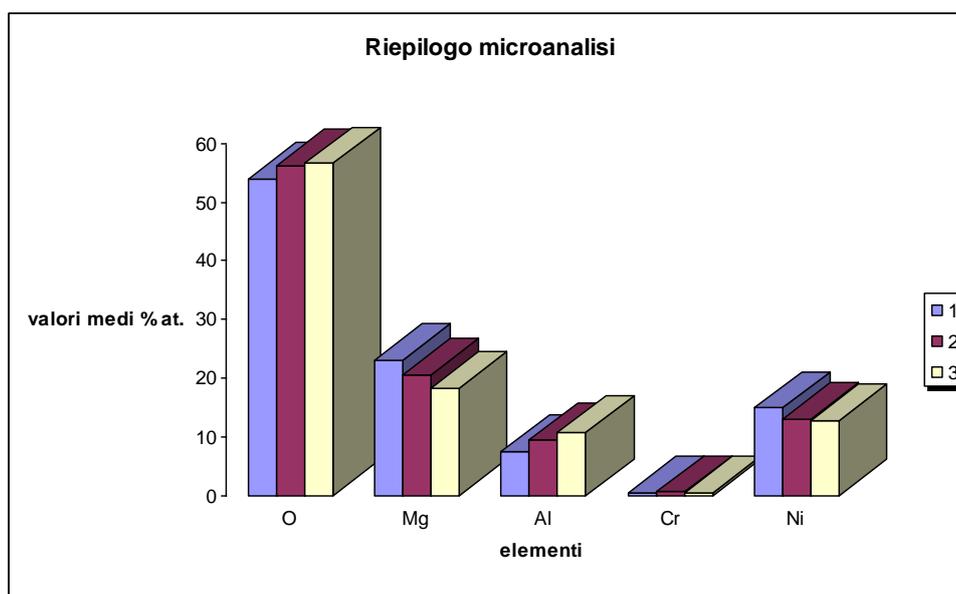


Figura 12. Riepilogo andamento valori medi delle percentuali atomiche elementi individuati nei tre catalizzatori

A titolo di commento si può solo notare che, mentre gli andamenti del Mg e dell'Al sono concordi con le percentuali dei campioni, nel caso del Ni l'andamento è discorde. Tale fattore andrà discusso con UniBO. Le immagini al SEM sono riportate interamente negli allegati 7, 8 e 9, in cui sono inserite tutte le zone analizzate a basso ingrandimento (200X) e le zone ritenute più interessanti a 1500 X e 3000X per ciascun tipo di catalizzatore. Di seguito si riporta solo un confronto delle immagini dei vari catalizzatori a parità di ingrandimento al fine di mostrare la differente morfologia e granulometria delle polveri analizzate.

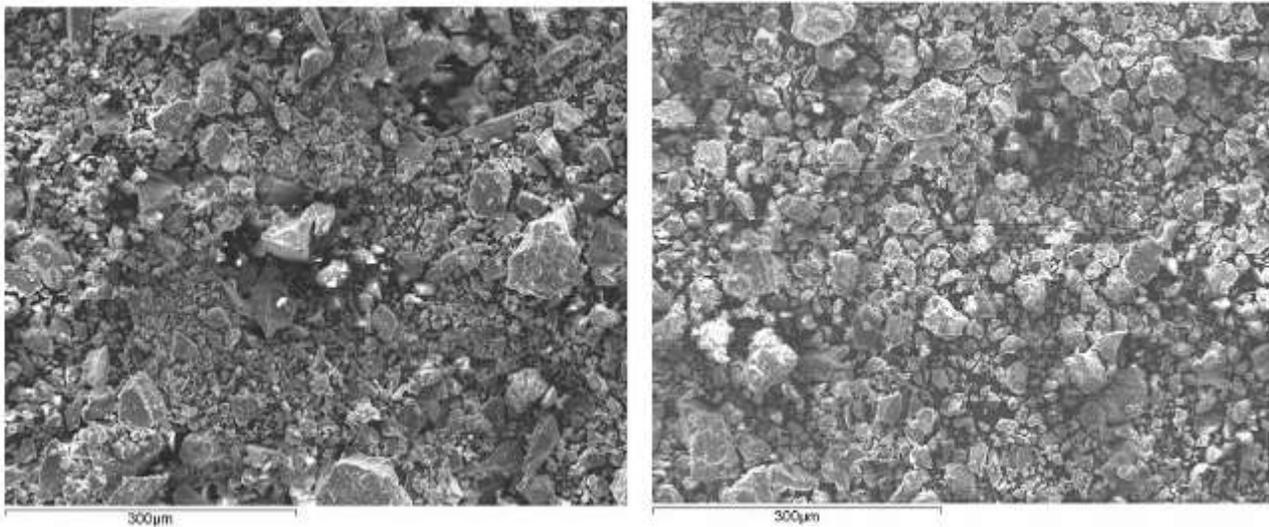


Figura 13. Immagini al SEM a 200 x: a sinistra catalizzatore 1, a dx catalizzatore 2

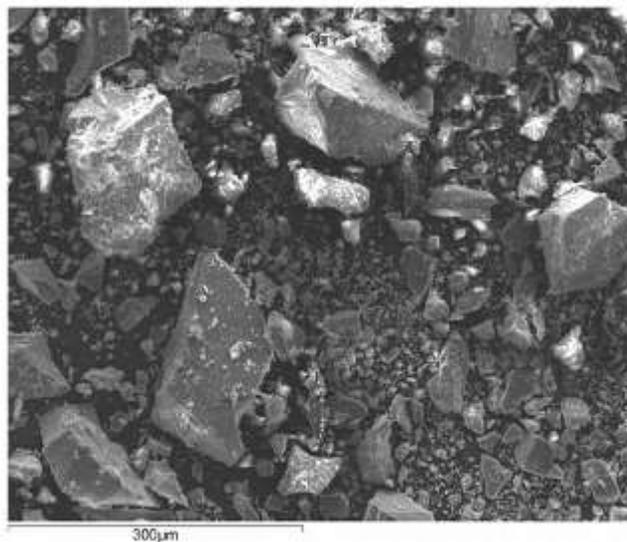


Figura 14. Immagini al SEM a 200 x: catalizzatore 3

Le Figure 13 e 14 mostrano come, a basso ingrandimento, le polveri abbiano una morfologia irregolare, a scaglie spigolose. Nel catalizzatore 3 si nota la presenza più diffusa di scaglie molto grossolane. La Figura 15 riporta due zone a confronto dello stesso catalizzatore, l'uno, a 1500 X: si notano le scaglie molto fini dell'ordine del micron accanto ad agglomerati e scaglie molto grandi (oltre 40 micron).

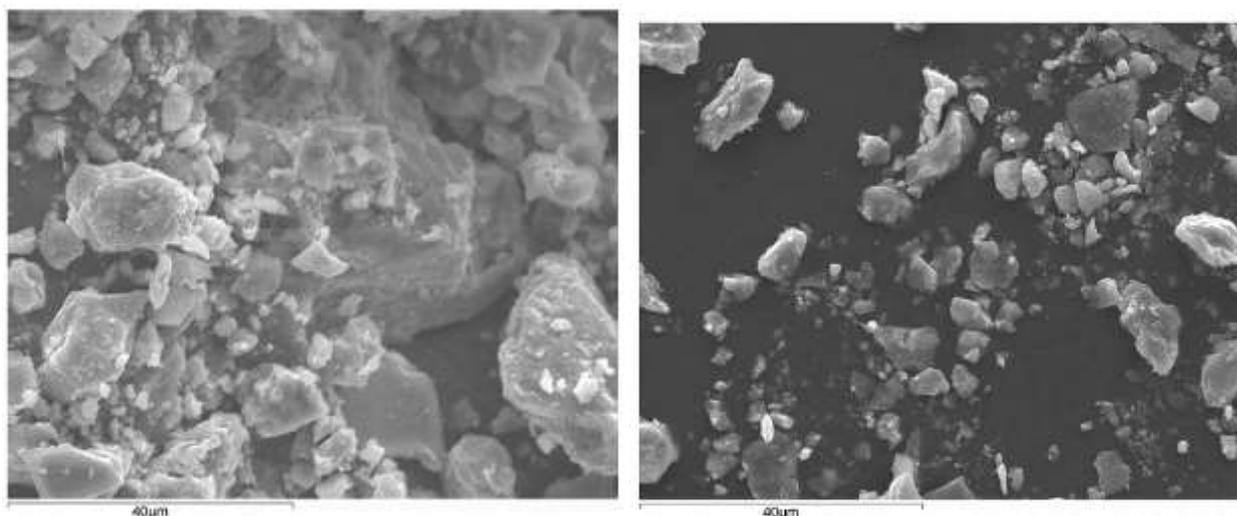


Figura 15. Immagini al SEM a 1500 x: catalizzatore 1, particolare di due zone diverse

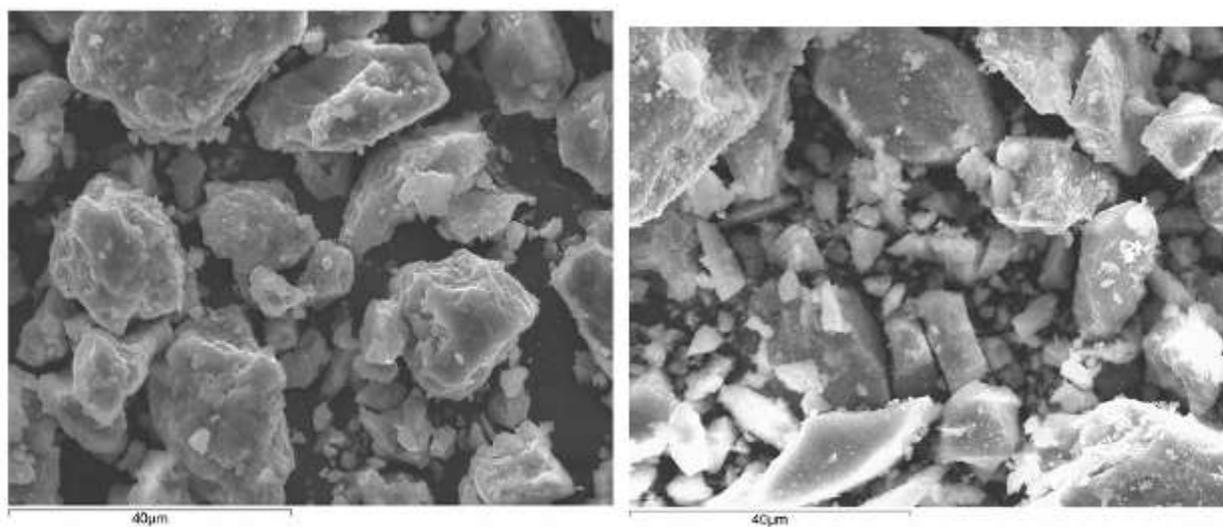


Figura 16. Immagini al SEM a 1500 x: a sinistra catalizzatore 2, a destra catalizzatore 3

La Figura 16 mostra come i catalizzatore 2 e 3 siano costituiti da scaglie abbastanza grandi (sui 20 micron nella dimensione max visibile), accanto a scaglie piuttosto fini anche se molto irregolari.

Si rimanda a successivi report per il completamento delle attività di caratterizzazione porosi metrica.

3 Conclusioni

A conclusione di questo rapporto redatto al termine delle attività svolte da FN nell'ambito dell'Accordo di collaborazione con ENEA, relativamente all'obiettivo A di tale accordo ("Sviluppo procedura di formatura pellets e caratterizzazione dei catalizzatori per la metanazione del syngas"), si può affermare che:

- è stato effettuato uno studio preliminare atto ad individuare le attrezzature di processo più adatte a lavorare quantitativi estremamente limitati di polvere ceramica (ordine del centinaio di g);
- è stata caratterizzata la polvere di base, fornita da UniBo nel quantitativo di 180 g, un ossido misto di Mg/Al simulante il catalizzatore finale: la polvere si presenta molto irregolare all'analisi morfologica al microscopio elettronico a scansione;
- sono state effettuate prove di processo, impiegando diverse tipologie di leganti e plastificanti al fine di verificare quali fossero i più compatibili con la polvere in oggetto;
- è stata ottenuta una prima campionatura di pellets, impiegando additivi più idonei alla pressatura uni assiale e utilizzando un dispositivo semi-manuale per la trafilatura, compatibile con il limitato quantitativo di polvere disponibile;
- date le caratteristiche della polvere e, in base alle prove effettuate, si può concludere che tale materiale è più adatto alla pressatura uniassiale a freddo, ove, realizzando stampi debitamente dimensionati e utilizzando presse dal tonnellaggio adeguato, si possono processare anche quantitativi minimi di materiale con costi anche inferiori;
- sono stati analizzati mediante microscopia elettronica a scansione e analisi EDS tre campioni di catalizzatore di metanazione forniti da UniBO: catalizzatore 1 – Ni_{23.7}Mg_{56.3}Al₂₀, catalizzatore 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅ e catalizzatore 3 – Ni_{24.3}Mg_{46.7}Al₂₉;
- le analisi morfologiche hanno mostrato un aspetto piuttosto disomogeneo delle polveri, costituite da scaglie di dimensioni molto diverse e irregolari nella forma;
- l'analisi EDS effettuata su più campi per singolo catalizzatore ha mostrato un andamento coerente con le percentuali di Mg e Al, mentre si trovano dati contrastanti riguardo agli andamenti del Ni; tale fattore sarà oggetto di approfondimento.

4 Abbreviazioni ed acronimi

EDS – Energy Dispersive Spectrometry

PEG – Polietilenglicole

PVA – Acool polivinilico

SEM – Scanning Electron Microscopy

UniBo – Università di Bologna (Dipartimento di Chimica Industriale Toso Montanari)

5 Curriculum gruppo di lavoro

Fassina Sara

La Dottoressa Fassina si è laureata in Scienze Naturali presso l'Università degli Studi di Torino ed è dipendente di FN SpA dal 2011 in qualità di Ricercatore-Tecnologo nell'ambito biomasse e analisi chimico-fisiche di caratterizzazione dei materiali.

All'interno dello specifico Contratto ENEA-FN ha svolto attività di ricerca e sviluppo, analisi di laboratorio.

Ghisolfi Enrica

La Dottoressa Ghisolfi ha conseguito la Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Pavia nel 1992 e lavora per la FN spa dal 1993. Attualmente ricopre la posizione di Ricercatore Senior in qualità di Responsabile del coordinamento delle attività scientifiche di FN.

All'interno dello specifico Contratto ENEA-FN ha svolto le attività di responsabile scientifico del contratto con ENEA e delle attività sperimentali.

Pappadà Antonio

Il Signor Pappadà è assunto presso la FN spa dal 2007 in qualità di Tecnico di Processo.

All'interno dello specifico Contratto ENEA-FN ha svolto le attività di supporto operativo allo sviluppo processi.

Porotto Germano

Il Signor Porotto ha conseguito il titolo di Attrezzista Meccanico presso l'Istituto Professionale INAPLI di Novi Ligure (AL) ed è dipendente della FN spa dal 1978 come Operatore di Produzione nel campo nucleare. Attualmente ricopre il ruolo di Responsabile del Settore Sviluppo Processi e Manutenzione.

All'interno dello specifico Contratto ENEA-FN ha svolto attività sperimentali di sviluppo processi.

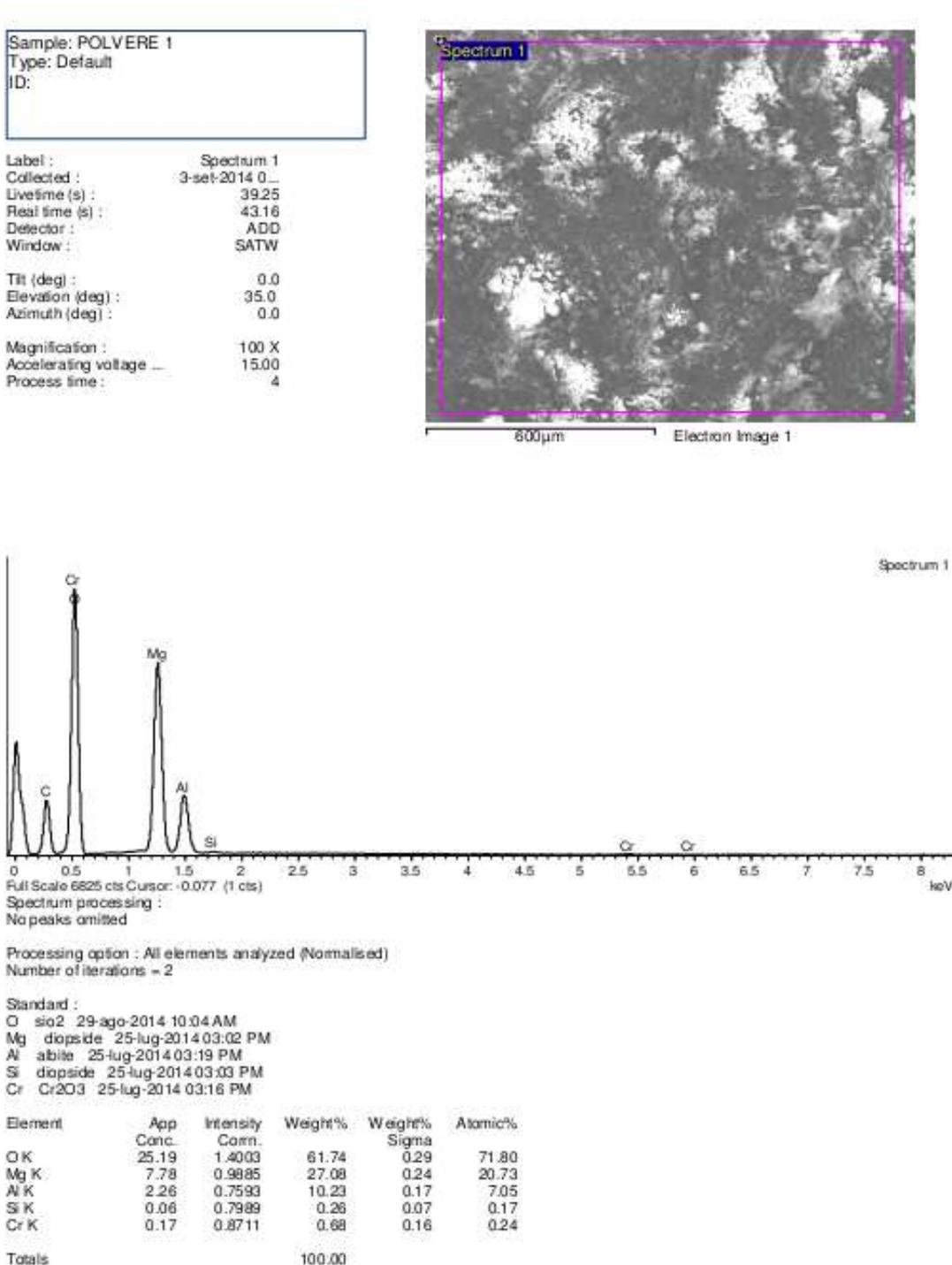
Timo Maurizio

Il Signor Timo ha conseguito il Diploma di Maturità di Liceo Artistico ed è assunto presso FN spa dal 2006 come Tecnico addetto al supporto della ricerca e alle lavorazioni meccaniche e idrauliche.

All'interno dello specifico Contratto ENEA-FN ha svolto le attività di supporto operativo allo sviluppo processi e manutenzioni meccaniche.

6 ALLEGATI

6.1 Allegato 1. Report analisi EDS su campione polvere ossido misto Mg/Al



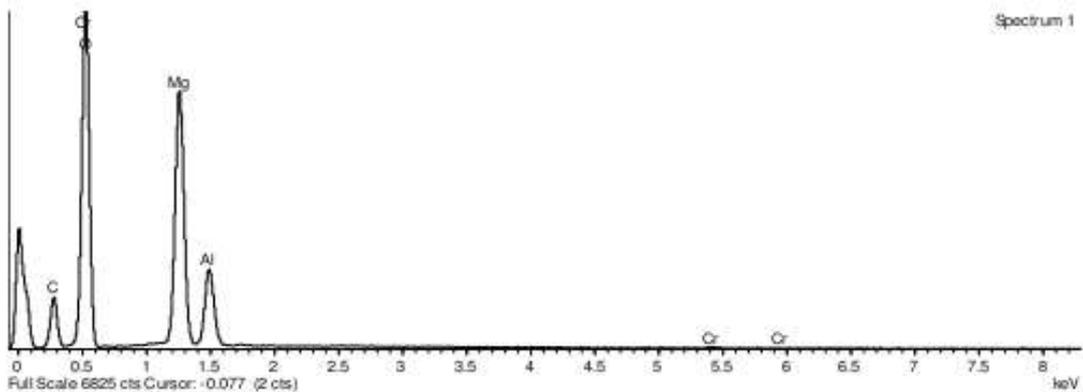
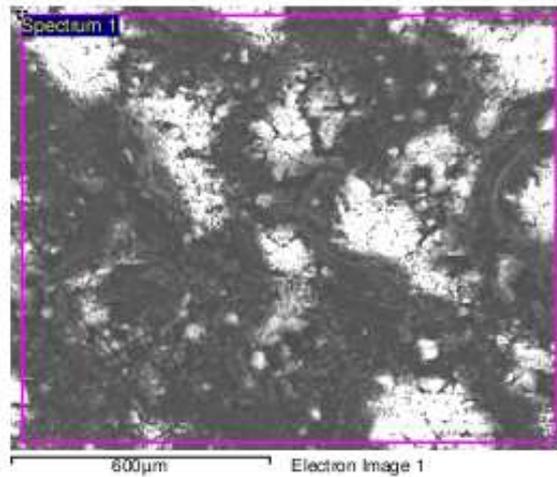
6.2 Allegato 1b. Report analisi EDS su campione polvere ossido misto Mg/Al

Sample: POLVERE 2
Type: Default
ID:

Label : Spectrum 1
Collected : 3-set-2014 0...
Livetime (s) : 40.36
Real time (s) : 44.04
Detector : ADD
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 100 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

Standard :
O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al albite 25-lug-2014 03:19 PM
Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM

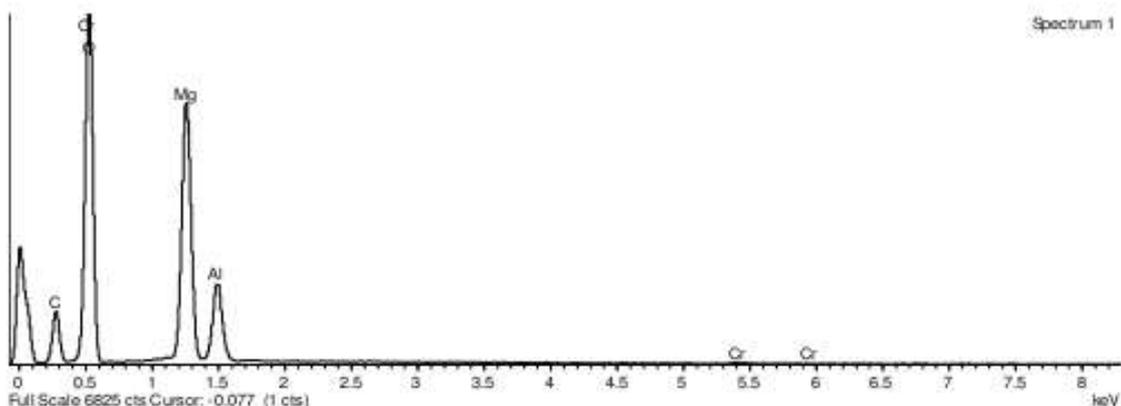
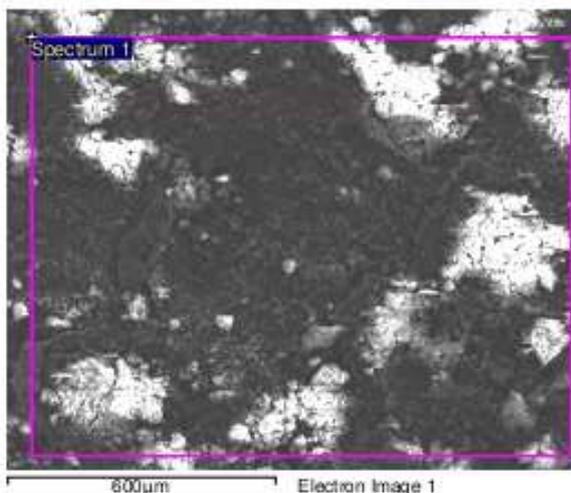
Element	App. Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	28.21	1.4020	61.45	0.27	71.50
Mg K	8.96	0.9897	27.63	0.22	21.16
Al K	2.56	0.7573	10.33	0.16	7.13
Cr K	0.17	0.8710	0.59	0.14	0.21

Totals 100.00

6.3 Allegato 1c. Report analisi EDS su campione polvere ossido misto Mg/Al

Sample: POLVERE 3
 Type: Default
 ID:

Label : Spectrum 1
 Collected : 3-set-2014 0...
 Livetime (s) : 40.04
 Real time (s) : 43.69
 Detector : ADD
 Window : SATW
 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0
 Magnification : 100 X
 Accelerating voltage : 15.00
 Process time : 4



Full Scale 6625 cts Cursor: -0.077 (1 cts)
 Spectrum processing :
 No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 5

Standard :
 C CaCO3 1-gio-1999 12:00 AM
 O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
 Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
 Al albite 25-lug-2014 03:19 PM
 Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	6.83	0.6165	21.34	0.41	28.88
O K	28.84	1.0125	54.80	0.35	55.69
Mg K	8.85	0.9690	17.59	0.17	11.76
Al K	2.51	0.8183	5.91	0.10	3.56
Cr K	0.16	0.8533	0.37	0.09	0.12
Totals			100.00		

6.4 Allegato 2. Caratteristiche tecniche DSM Xplore 12 ml

Xplore®



DSM Xplore
12 ml injection moulding machine
10 times faster, 10 times cheaper R&D

This small R&D injection moulding machine has a maximum shot volume of 12 ml and easily fits on your laboratory bench or in a hood. The machine is best used in combination with our 15 ml twin-screw micro-compounder. If there is no need to mix materials, it can also be used as stand-alone. Now you can test and evaluate new or expensive materials and formulations in a very reliable, fast and cost-effective way with small amounts of test material.

The core of this laboratory injection moulding machine consists of a temperature controlled mould housing for a conically shaped mould, in combination with a heated, removable injection nozzle unit. The divisible, conically shaped moulds are fitted into the housing in such a way that opening during injection is prevented. As a result flashing of material belongs to the past.

Compounded material is injected into the temperature controlled mould (either heated or cooled) with a plunger powered by compressed air. Holding pressure and time are controllable to avoid shrinkage of the moulded test sample. The mould is then removed from the machine and opened by hand. The injection unit is easily removable and can quickly be filled by either compounded material directly from our micro-compounder or manually with powder or granules.

Depending on the mould volume, several injection cycles can be performed with one batch of the DSM Xplore micro-compounder. Alternatively, several separate cavities can be fit into one mould; hence one injection cycle gives different test samples.

The standard mould geometries include certified dog bone shaped tensile bars, Izod bars and many more. As customer service comes natural, we produce your special geometries on request.

Technical Specifications

- Maximum shot volume: 12 ml (capacity of removable injection unit)
- Cavities: up to 12 ml (depends on the desired shape of your test sample)
- Divisible, either heated or cooled, mould
- Programmable cycle run (maximum reproducibility, including holding pressure for a non shrunk test sample)
- Maximum injector temperature: 400°C
- Maximum mould temperature: 200°C
- Two controlled heating zones
- Possibility to cool the mould in combination with cold medium
- Maximum injection force: 18.000 N
- Heating time of injection nozzle (from 20 to 240 °C): less than 8 min
- Supply voltage: 208 - 240 V AC, other on request
- USB Port
- Overall dimensions (l x w x h): 84 x 33 x 35 cm³
- Weight: 50 kg

Optionally:

Custom-made mould design on request (expert level in house, we rapidly design your specific mould cavity).



DSM Xplore

For further information, please see:

www.xplore-together.com

or contact:

DSM Xplore
PO. Box 18
6160 MD GELEEN
The Netherlands
Phone: +31 46 47 63440
Fax: +31 46 47 63389
Email: info@xplore-together.com

© DSM Xplore. All rights reserved.
Xplore® is a trademark of DSM.

6.5 Allegato 3. Caratteristiche tecniche DSM Xplore 5 ml

Xplore®



DSM Xplore 5 ml micro-compounder 10 times faster, 10 times cheaper R&D

DSM Xplore developed a twin-screw micro-compounder with a capacity of just a few grams of material. This micro-compounder, which is the smallest in the world, is a unique asset for the development of new material compound formulations. It will brighten your R&D by delivering reliable, reproducible and very fast and cheap test results. A fully-fledged material processing machine on a laboratory bench or in a hood.

The micro-compounder can process batch volumes up to 5 ml. As an option the compounder houses the unique Vari-Batch™ concept, which gives you the opportunity to select your batch volume between 2 and 5 ml. In the past, testing and evaluating of new materials or formulations was very time consuming and costly due to large amounts of test material or too much of expensive additives needed.

Our micro-compounder offers you a solution: reliable and reproducible, very fast results with less material and waste and less equipment and infrastructure costs. Even more so when the compounder is used in combination with our laboratory injection molding machine, cast film or fiber line.

The core of this laboratory machine is formed by a divisible, fluid tight mixing compartment containing two detachable, conical mixing screws. These screws and the barrel are specially treated to minimise wear and to make them resistant against chemicals. Chemical resistance and hardness is essential to maintain its original geometry, which enables to generate reproducible data over the years.

The main drive is continuously digitally variable.

It allows for vertical force and rheological data measurement and controls constant die pressure for film and fiber applications, hence through put control. The processing temperature can be controlled in 2x3 separate barrel heating zones, which also enables to process with a temperature gradient over the barrel, or directly via an additional melt thermocouple.

Residence time (L/D in continuous extruders) can be varied via recirculation of the melt. No screw optimisation is needed. Mixing and dispersion are superb, preventing agglomeration. Shear can be set by adjusting the temperature, RPM or gap between screw flank and barrel. Other standard features are air and water cooling, N₂ purge, integrated touch screen control, vertical force measurement, estimation of the melt, torque, viscosity and average shear rate.

Our dedicated software enables you to control the instrument parameters and to acquire data to fully analyse a processing run. Upscaling of this process to continuous parallel twin screw extruders can now also be achieved.

HEALTH • NUTRITION • MATERIALS



Technical Specifications

- Abrasion resistant barrel (hardness 60 HRC), coating hardness 2000 Vickers
- Barrel and screws chemically resistant between pH 0 – 14
- Batch volume: 5 ml (Vari-Batch™ 2 or 5 ml)
- Vertical barrel, fluid-tight
- Heated by 8 thermo cartridges and controlled by 7 thermo couples (temperature gradient)
- Temperature control: in the melt and 2x3 barrel heating zones
- Detachable conical screws, fully intermeshing (Hardness 54 HRC), coating hardness: 1000 Vickers
- Maximum operating temperature: 400 °C (optionally 450 °C)
- Easy to clean with dedicated cleaning cycle
- Heating time (from 20 to 240 °C): 10 min
- Cooling time (from 240 to 80 °C): with cooling water in less than 10 min, with air in less than 35 min
- Acquisition of rheological data (screw torque, melt viscosity, average shear rate)
- Maximum vertical force: 5 kN
- Screw speed: continuously variable 1 - 400 RPM
- Hopper volume: 5 ml
- Supply voltage: 208 - 240 V AC, others on request
- Main drive: DC controlled, 550 Watt
- Computer control via: USB port
- Maximum torque: 6 Nm per screw
- Overall dimensions (h x b x d): 80 x 70 x 40 cm³
- Weight: 95 kg



DSM Xplore

For further information, please see:

www.xplore-together.com

or contact:

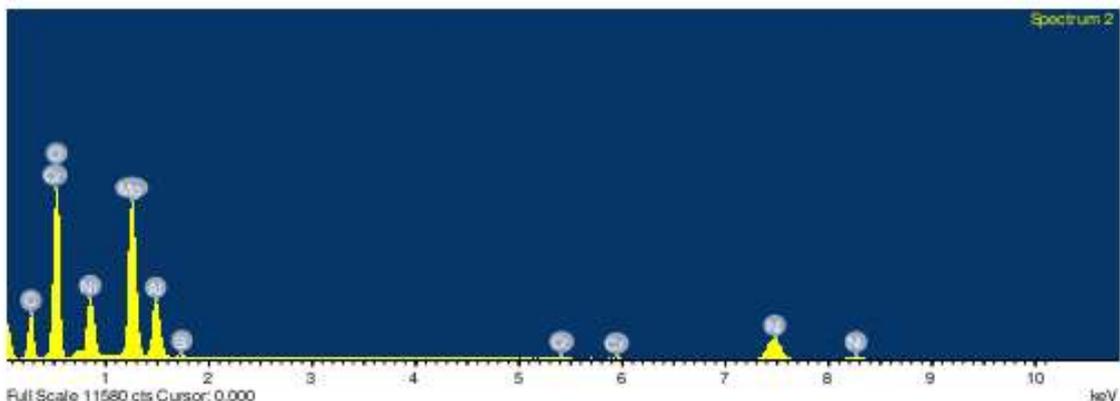
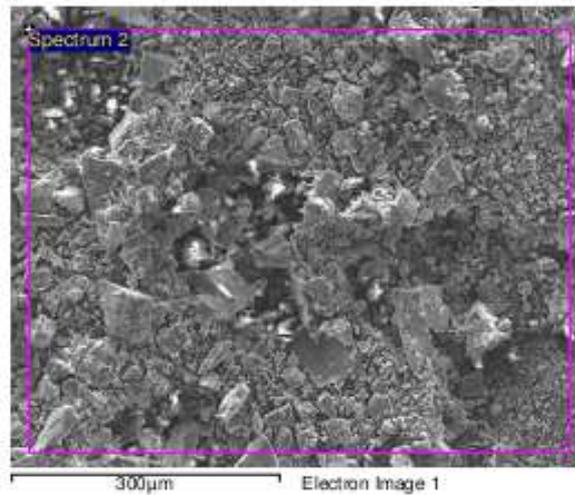
DSM Xplore
P.O. Box 18
6160 MD GELEEN
The Netherlands
Phone: +31 46 47 63440
Fax: +31 46 47 63389
Email: info@xplore-together.com

©DSM Xplore. All rights reserved.
Xplore® is a trademark of DSM

6.6 Allegato 4. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 1 – Ni23,7Mg56,3Al20

Sample: CATALIZZATORE 1
Type: Default
ID:

Label : Spectrum 2
Collected : 23-set-2014 _
Livetime (s) : 50.17
Real time (s) : 55.94
Detector : ADD
Window : SATW
Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0
Magnification : 200 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

Standard :
O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
Si diopside 25-lug-2014 03:03 PM
Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
OK	18.35	1.2310	34.11	0.29	53.81
Mg K	7.19	0.7372	22.31	0.21	23.17
Al K	2.40	0.6760	8.13	0.13	7.60
Si K	0.08	0.7600	0.23	0.05	0.21
Cr K	0.49	0.9830	1.14	0.12	0.55
Ni K	13.69	0.9190	34.09	0.40	14.66
Totals			100.00		

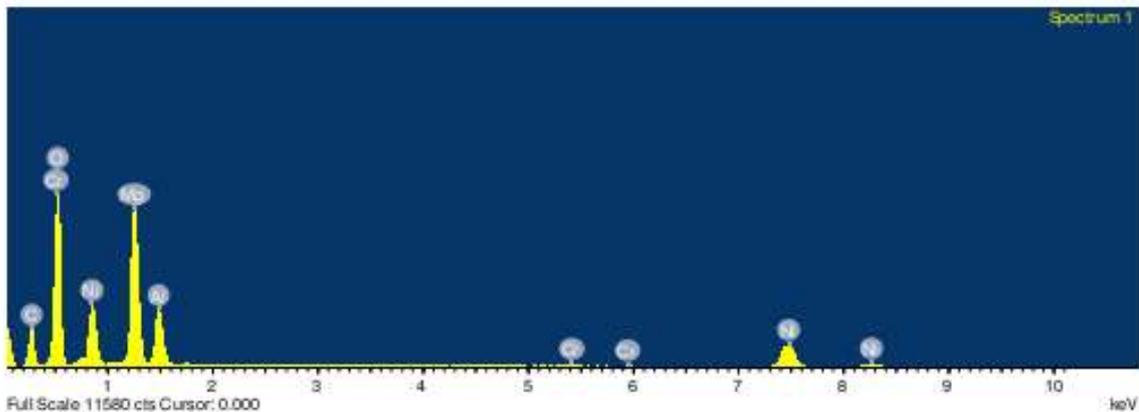
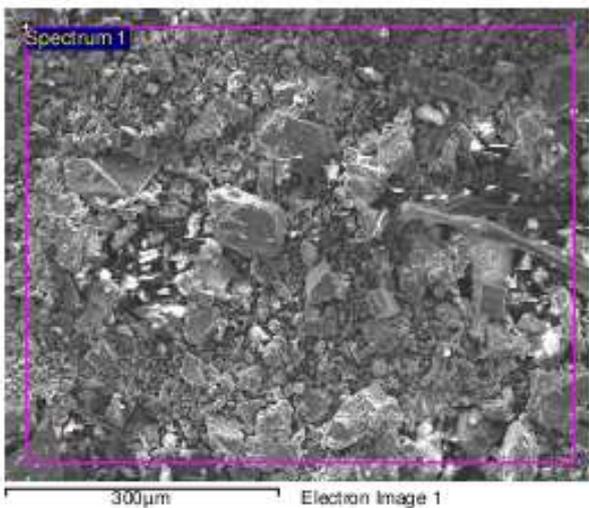
6.7 Allegato 4b. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 1 – Ni23,7Mg56,3Al20

Sample: CATALIZZATORE 1
 Type: Default
 ID:

Label : Spectrum 1
 Collected : 23-set-2014 _
 Livetime (s) : 50.04
 Real time (s) : 55.83
 Detector : ADD
 Window : SATW

 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0

 Magnification : 200 X
 Accelerating voltage : 15.00
 Process time : 4



Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 3

Standard :
 O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
 Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
 Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
 Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
 Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.18	1.2311	33.41	0.29	53.40
Mg K	7.03	0.7263	21.91	0.21	23.04
Al K	2.34	0.6720	7.88	0.13	7.47
Cr K	0.44	0.9880	1.00	0.11	0.49
Ni K	14.59	0.9221	35.81	0.40	15.60
Totals			100.00		

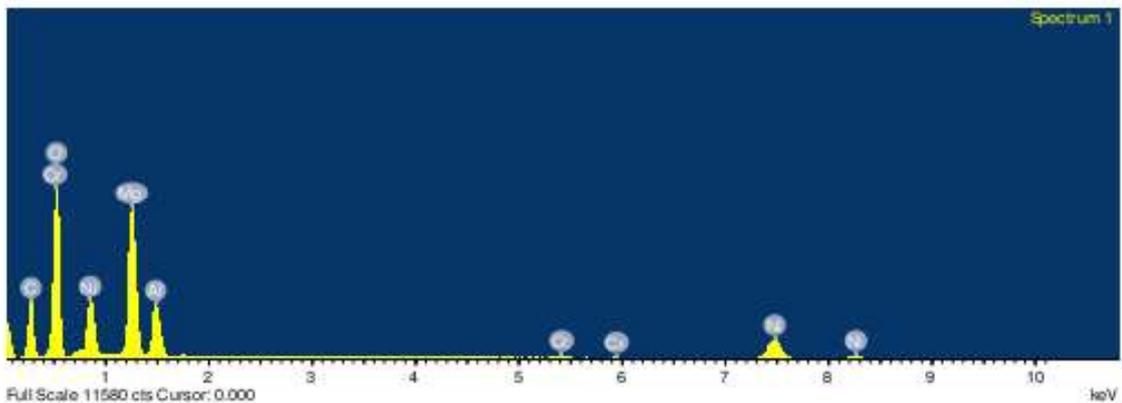
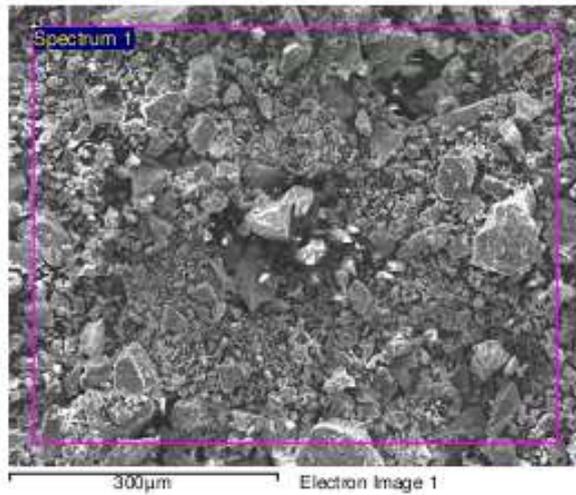
6.8 Allegato 4c. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 1 – Ni_{23,7}Mg_{56,3}Al₂₀

Sample: CATALIZZATORE 1
Type: Default
ID:

Label : Spectrum 1
Collected : 23-set-2014 ...
Livetime (s) : 50.58
Real time (s) : 56.27
Detector : ADD
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 200 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Full Scale 11560 cts Cursor: 0.000
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

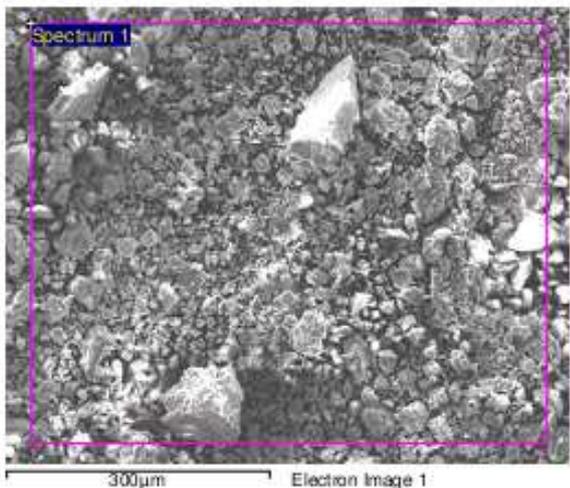
Standard :
O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg dopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.11	1.2394	34.94	0.30	54.66
Mg K	6.91	0.7394	22.36	0.21	23.02
Al K	2.29	0.6768	8.09	0.13	7.50
Cr K	0.48	0.9810	1.18	0.12	0.57
Ni K	12.83	0.9174	33.44	0.41	14.26
Totals			100.00		

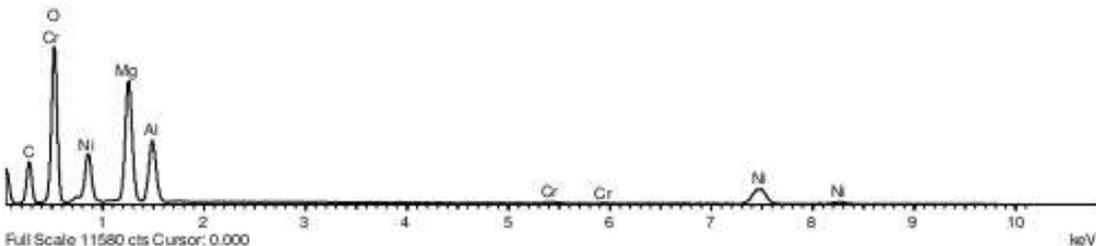
6.9 Allegato 5. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅

Sample: CATALIZZATORE 2
 Type: Default
 ID:

Label : Spectrum 1
 Collected : 23-set-2014 ...
 Livetime (s) : 48.68
 Real time (s) : 53.91
 Detector : ADD
 Window : SATW
 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0
 Magnification : 200 X
 Accelerating voltage : 15.00
 Process time : 4



Spectrum 1



Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
 Spectrum processing :
 No peaks omitted
 Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 3

Standard :
 O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
 Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
 Al albite 25-lug-2014 03:19 PM
 Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
 Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	17.55	1.2382	36.46	0.32	56.14
Mg K	5.87	0.7485	20.16	0.21	20.43
Al K	2.82	0.6946	10.46	0.15	9.55
Cr K	0.47	0.9760	1.25	0.13	0.59
Ni K	11.26	0.9143	31.67	0.43	13.29
Totals			100.00		

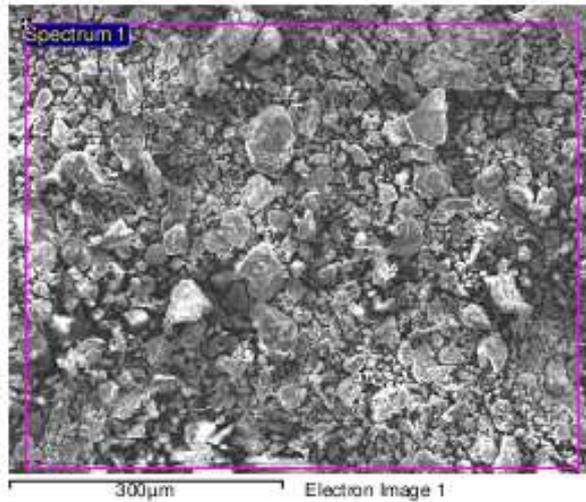
6.10 Allegato 5b. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅

Sample: CATALIZZATORE 2
Type: Default
ID:

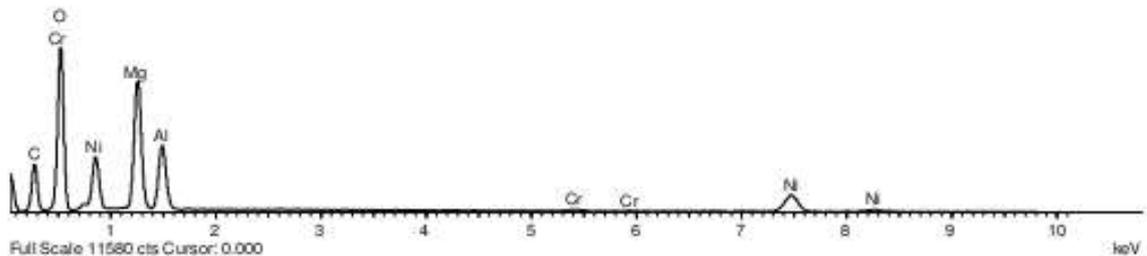
Label : Spectrum 1
Collected : 23-set-2014 ...
Livesime (s) : 48.94
Real time (s) : 54.33
Detector : ADD
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 200 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Spectrum 1



Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

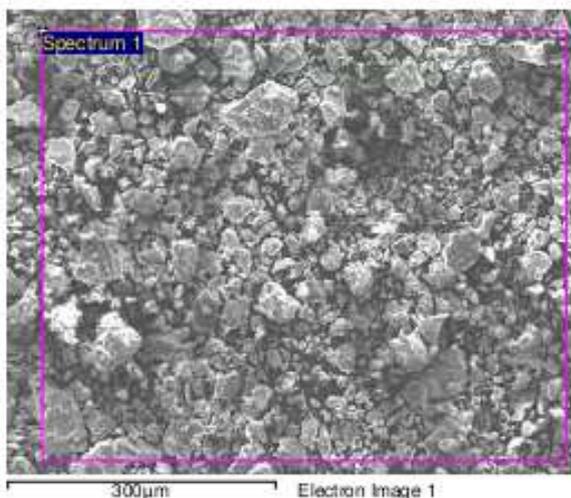
Standard :
O: sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg: diopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al: albite 25-lug-2014 03:19 PM
Cr: Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
Ni: NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Coeff.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	17.98	1.2384	36.57	0.32	56.14
Mg K	6.12	0.7515	20.53	0.21	20.74
Al K	2.86	0.6941	10.39	0.15	9.46
Cr K	0.47	0.9749	1.21	0.13	0.57
Ni K	11.35	0.9135	31.30	0.43	13.09
Totals			100.00		

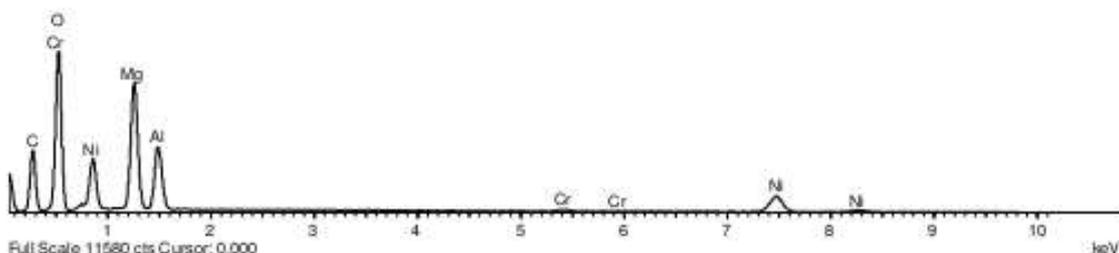
6.11 Allegato 5c. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 2 – Ni₂₄Mg₅₁Al₂₅

Sample: CATALIZZATORE 2
 Type: Default
 ID:

Label : Spectrum 1
 Collected : 23-set-2014 _
 Livetime (s) : 48.87
 Real time (s) : 54.17
 Detector : ADD
 Window : SATW
 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0
 Magnification : 200 X
 Accelerating voltage : 15.00
 Process time : 4



Spectrum 1



Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 3

Standard :
 O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
 Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
 Al albite 25-lug-2014 03:19 PM
 Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
 Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	17.70	1.2394	36.95	0.32	56.40
Mg K	6.01	0.7563	20.57	0.21	20.66
Al K	2.87	0.6966	10.65	0.15	9.63
Cr K	0.49	0.9727	1.30	0.13	0.61
Ni K	10.77	0.9122	30.54	0.43	12.70
Totals			100.00		

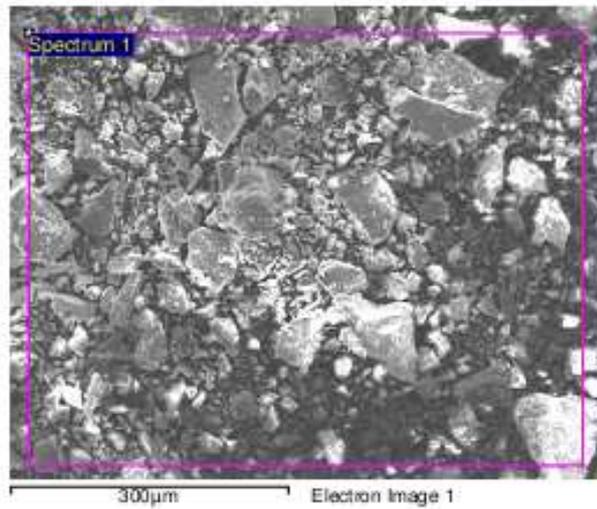
6.12 Allegato 6 .Report analisi EDS su campione di catalizzatore 3 – Ni_{24,3}Mg_{46,7}Al₂₉

Sample: CATALIZZATORE 3
Type: Default
ID:

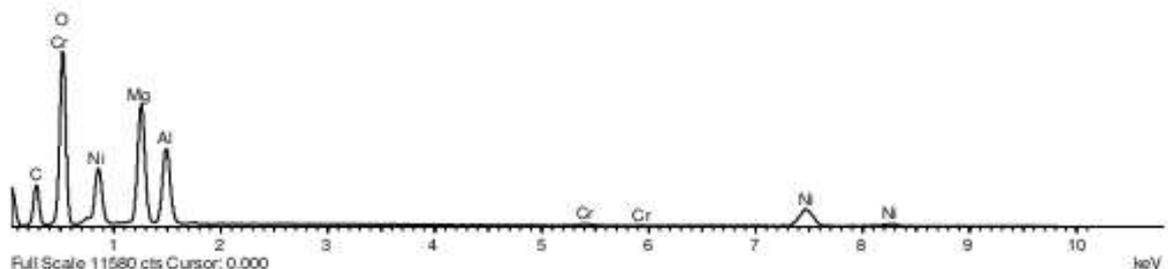
Label : Spectrum 1
Collected : 23 set-2014 _
Livetime (s) : 49.34
Real time (s) : 54.75
Detector : ADD
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 200 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Spectrum 1



Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

Standard :
O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.83	1.2391	37.59	0.32	57.41
Mg K	5.54	0.7491	18.28	0.20	18.37
Al K	3.38	0.7060	11.86	0.16	10.74
Cr K	0.41	0.9746	1.05	0.12	0.49
Ni K	11.52	0.9130	31.22	0.42	12.99
Totals			100.00		

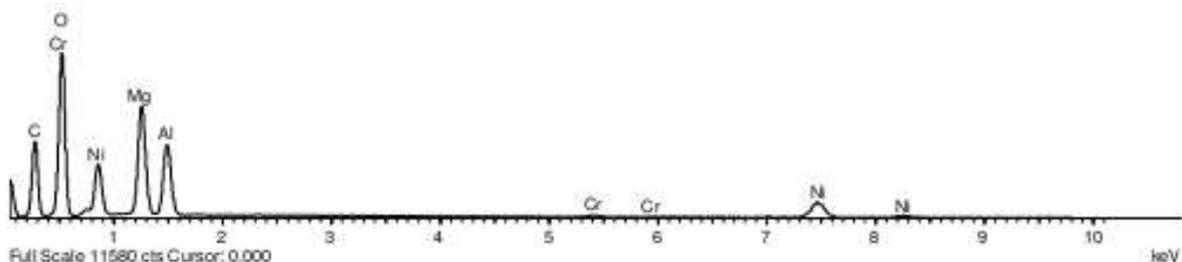
6.13 Allegato 6b. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 3 – Ni_{24,3}Mg_{46,7}Al₂₉

Sample: CATALIZZATORE 3
 Type: Default
 ID:

Label : Spectrum 1
 Collected : 23-set-2014 ...
 Livetime (s) : 48.58
 Real time (s) : 53.76
 Detector : ADD
 Window : SATW
 Tilt (deg) : 0.0
 Elevation (deg) : 35.0
 Azimuth (deg) : 0.0
 Magnification : 200 X
 Accelerating voltage : 15.00
 Process time : 4



Spectrum 1



Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
 Spectrum processing :
 No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 3

Standard :
 O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
 Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
 Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
 Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
 Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	17.21	1.2426	38.31	0.34	58.02
Mg K	4.94	0.7538	18.11	0.21	18.05
Al K	3.11	0.7097	12.13	0.17	10.90
Cr K	0.39	0.9719	1.12	0.13	0.52
Ni K	9.99	0.9112	30.33	0.45	12.52
Totals			100.00		

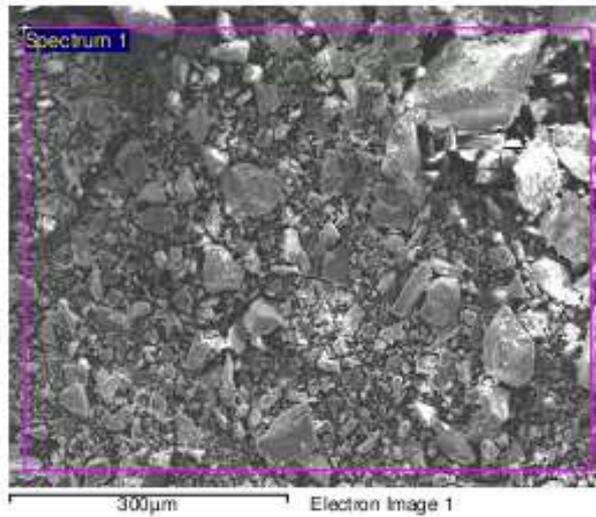
6.14 Allegato 6c. Report analisi EDS su campione di catalizzatore 3 – Ni₂₄,3Mg₄₆,7Al₂₉

Sample: CATALIZZATORE 3
Type: Default
ID:

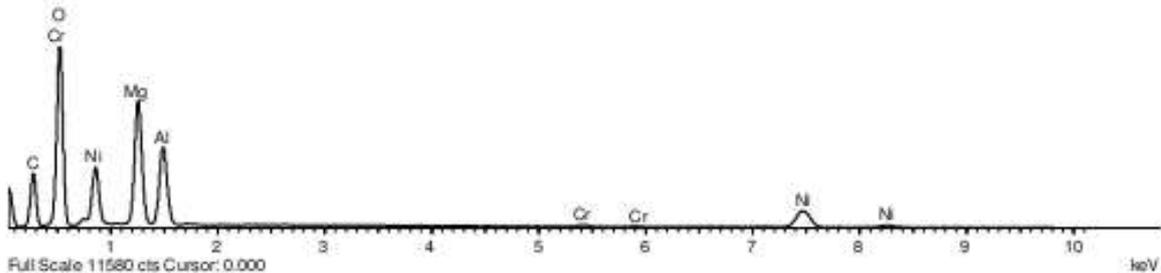
Label : Spectrum 1
Collected : 23 set-2014 _
Livetime (s) : 50.71
Real time (s) : 58.24
Detector : ADD
Window : SATW

Tilt (deg) : 0.0
Elevation (deg) : 35.0
Azimuth (deg) : 0.0

Magnification : 200 X
Accelerating voltage : 15.00
Process time : 4



Spectrum 1



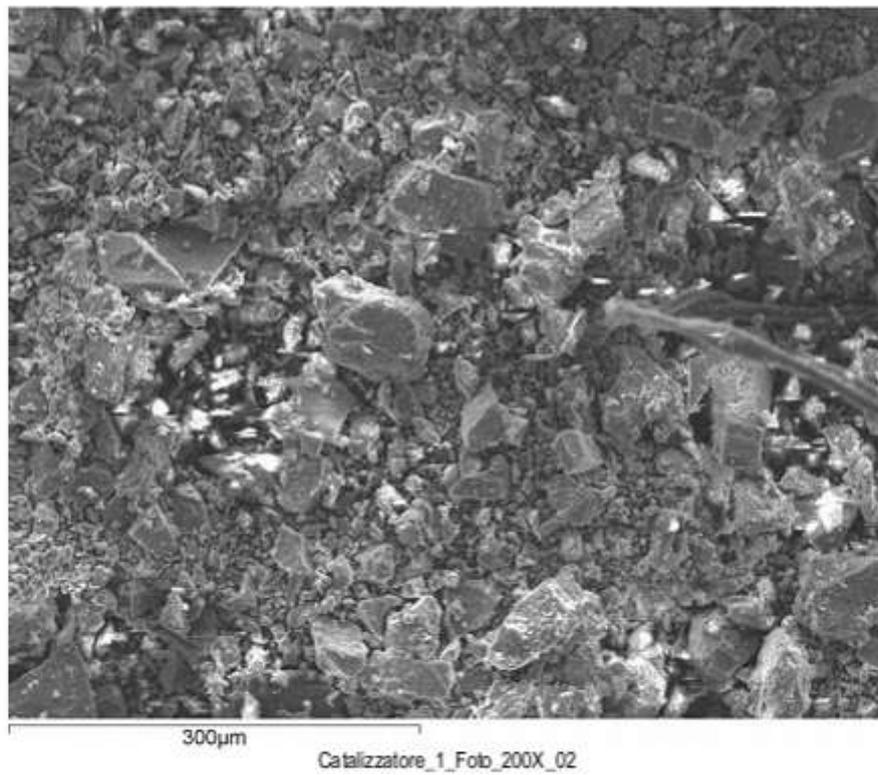
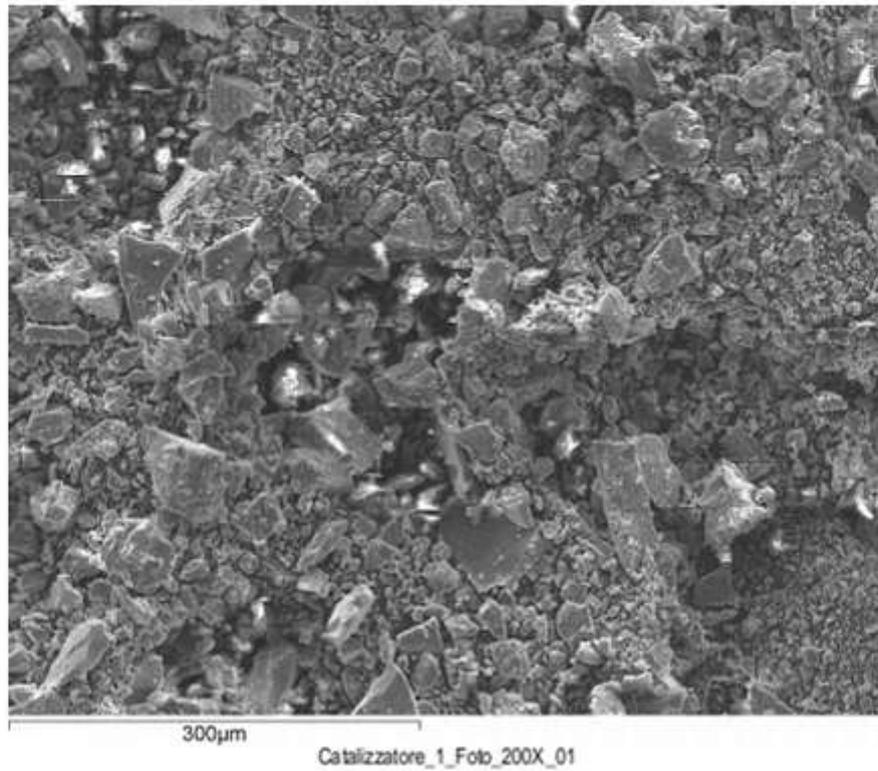
Full Scale 11580 cts Cursor: 0.000
Spectrum processing :
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
Number of iterations = 3

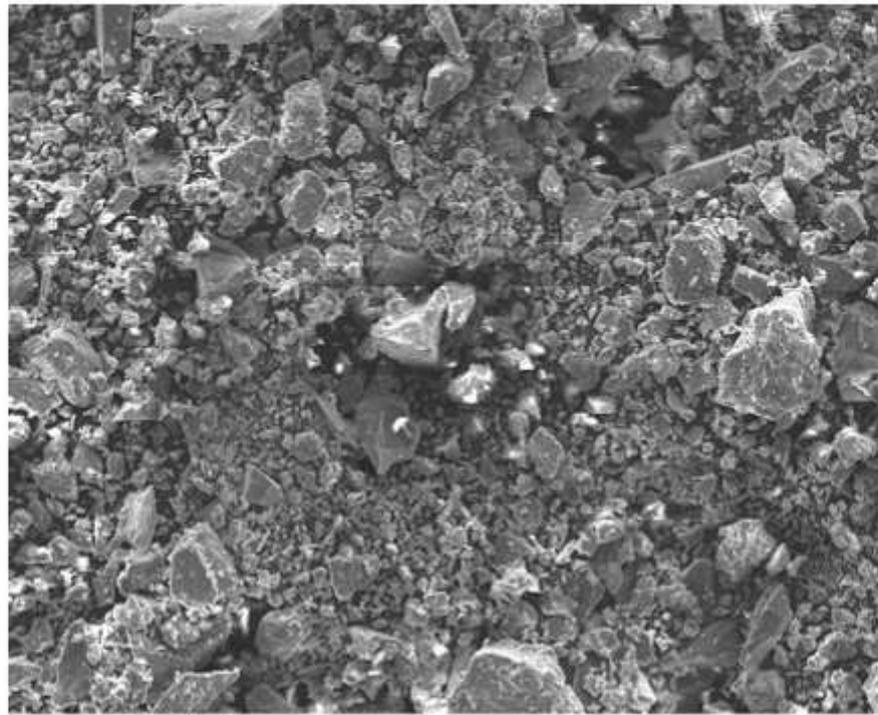
Standard :
O sio2 29-ago-2014 10:04 AM
Mg diopside 25-lug-2014 03:02 PM
Al abite 25-lug-2014 03:19 PM
Cr Cr2O3 25-lug-2014 03:16 PM
Ni NiO 28-ago-2012 11:53 AM

Element	App Conc.	Intensity Conn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
O K	18.61	1.2420	37.83	0.32	57.61
Mg K	5.46	0.7511	18.36	0.19	18.40
Al K	3.30	0.7067	11.78	0.16	10.64
Cr K	0.48	0.9733	1.25	0.12	0.59
Ni K	11.12	0.9122	30.77	0.42	12.77
Totals			100.00		

6.15 Allegato 7. Analisi SEM Catalizzatore 1 (200X)



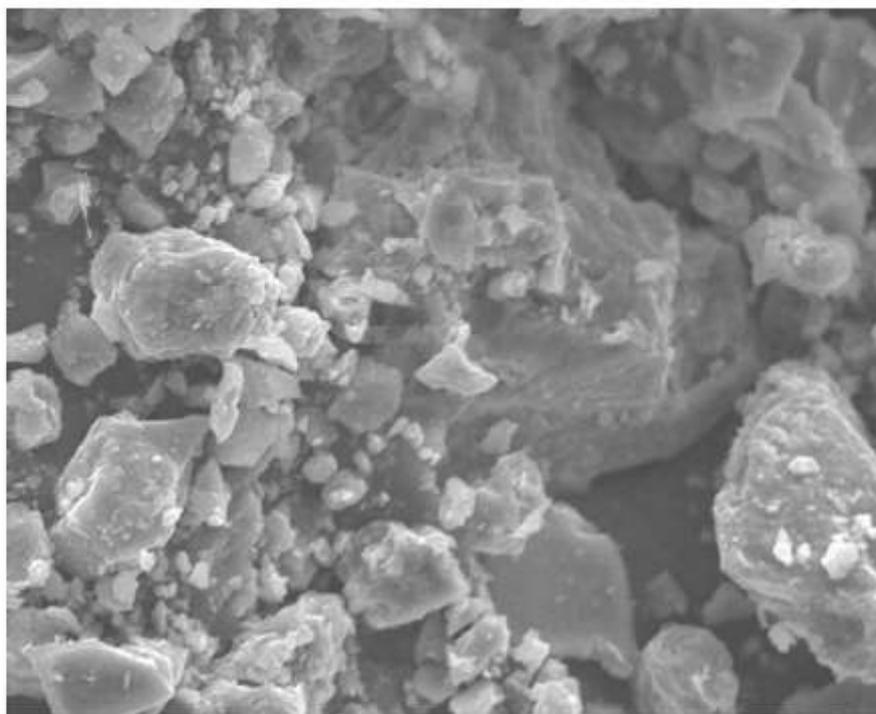
6.16 Allegato 7b. Analisi SEM Catalizzatore 1 (200X)



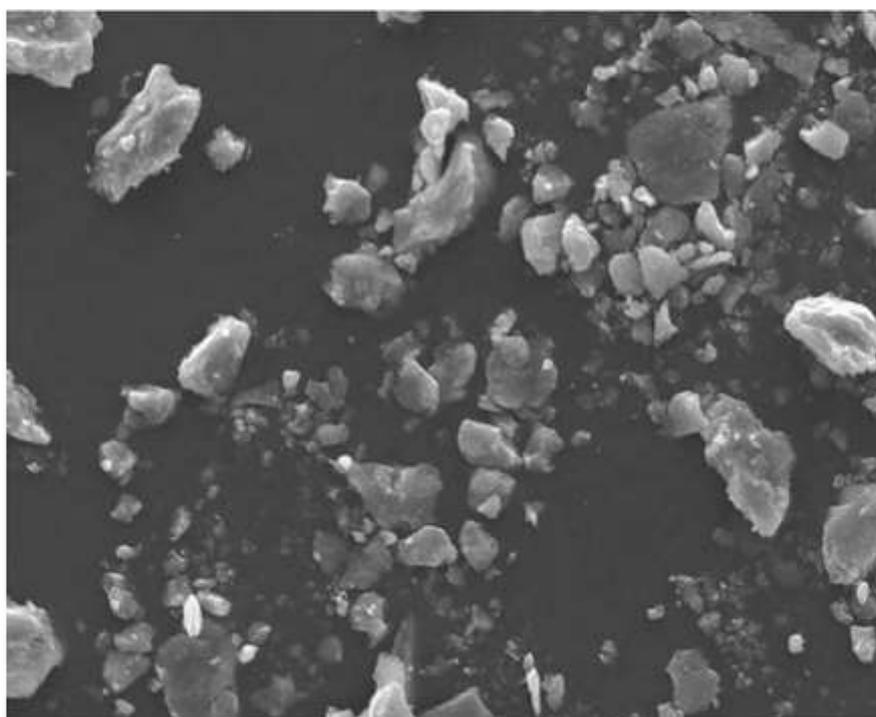
300µm

Catalizzatore_1_Foto_200X_03

6.17 Allegato 7c. Analisi SEM Catalizzatore 1 (1500X)

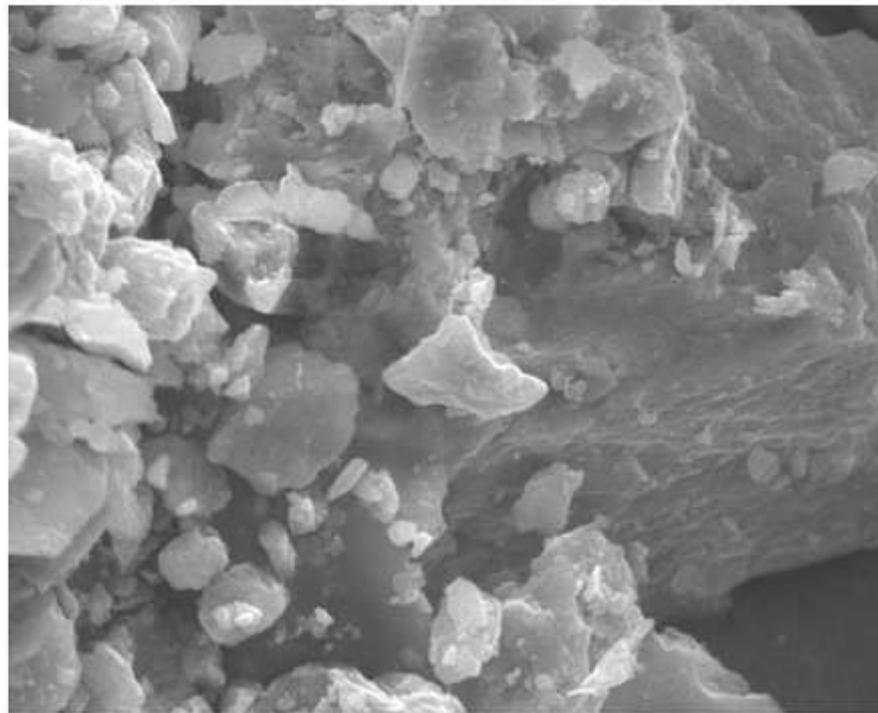


Catalizzatore_1_Foto_1500X_01

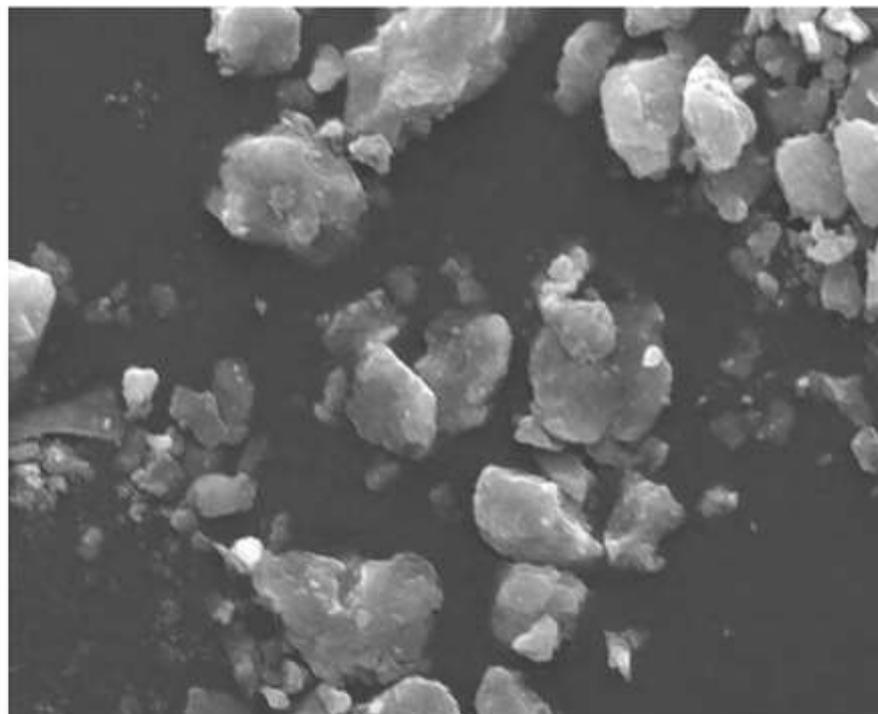


Catalizzatore_1_Foto_1500X_02

6.18 Allegato 7d. Analisi SEM Catalizzatore 1 (3000X)



Catalizzatore_1_Foto_3000X_01



Catalizzatore_1_Foto_3000X_02

6.19 Allegato 8. Analisi SEM Catalizzatore 2 (200X)

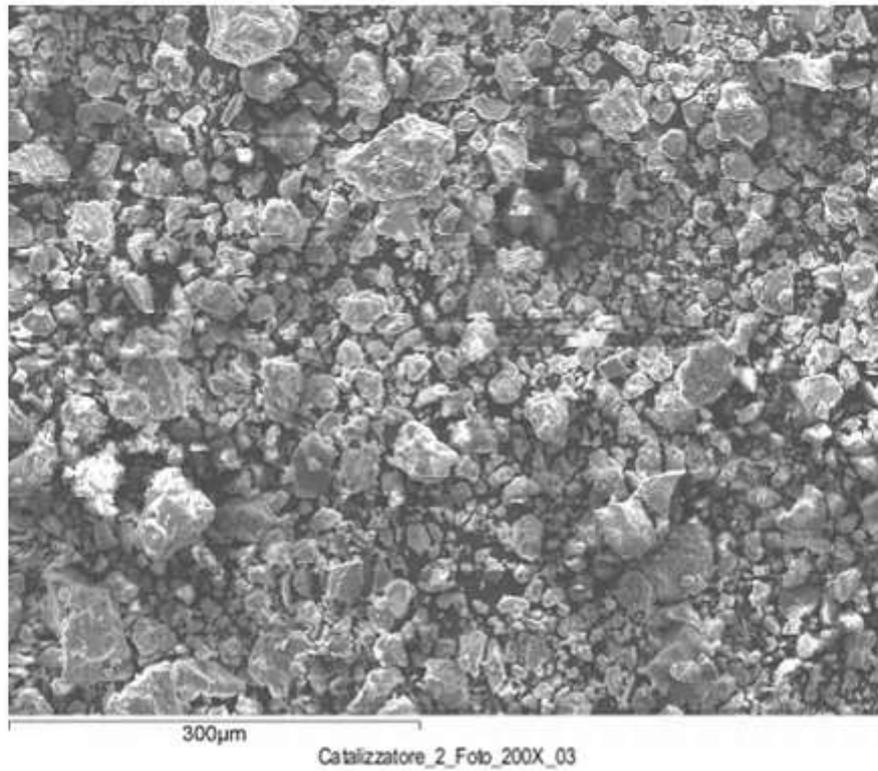


Catalizzatore_2_Foto_200X_01

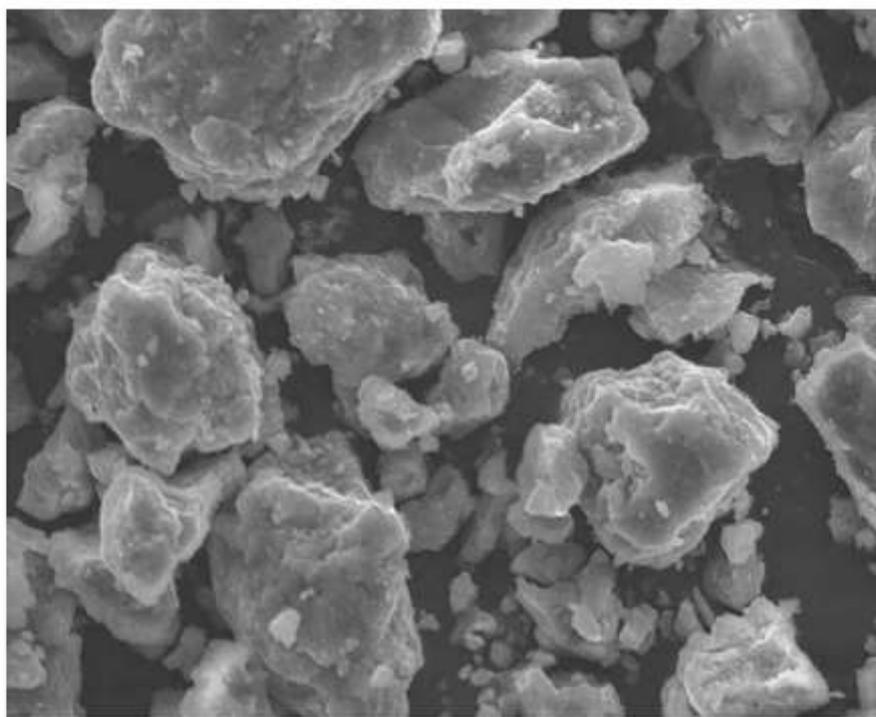


Catalizzatore_2_Foto_200X_02

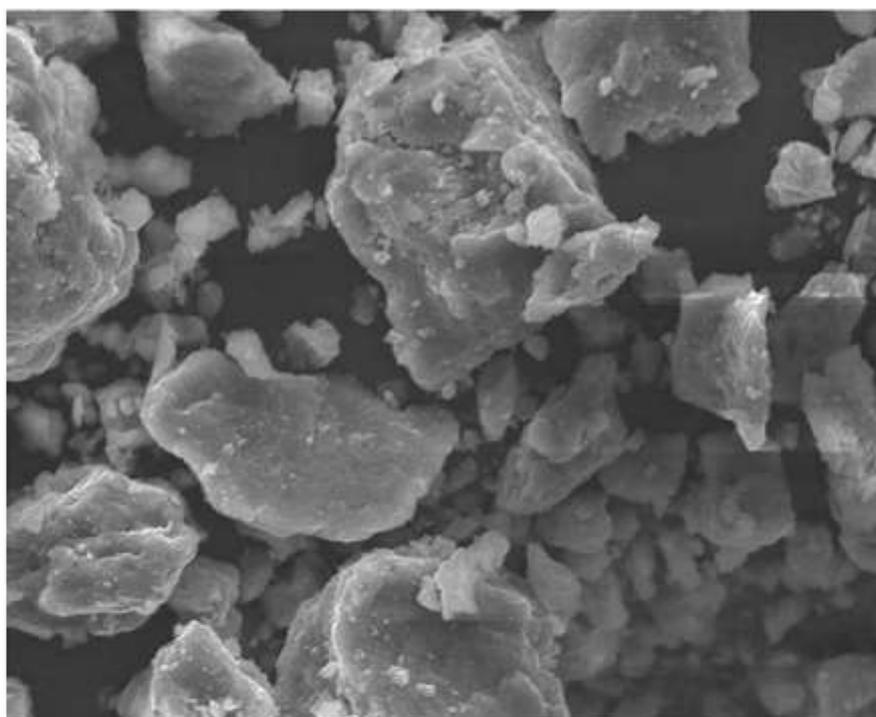
6.20 Allegato 8b. Analisi SEM Catalizzatore 2 (200X)



6.21 Allegato 8c. Analisi SEM Catalizzatore 2 (1500X)

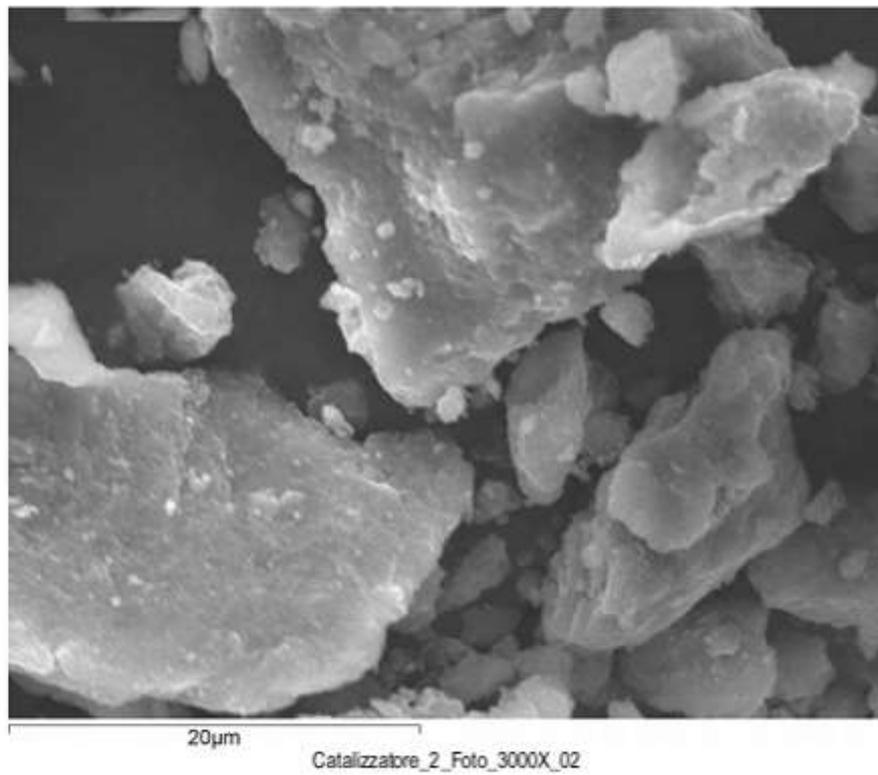
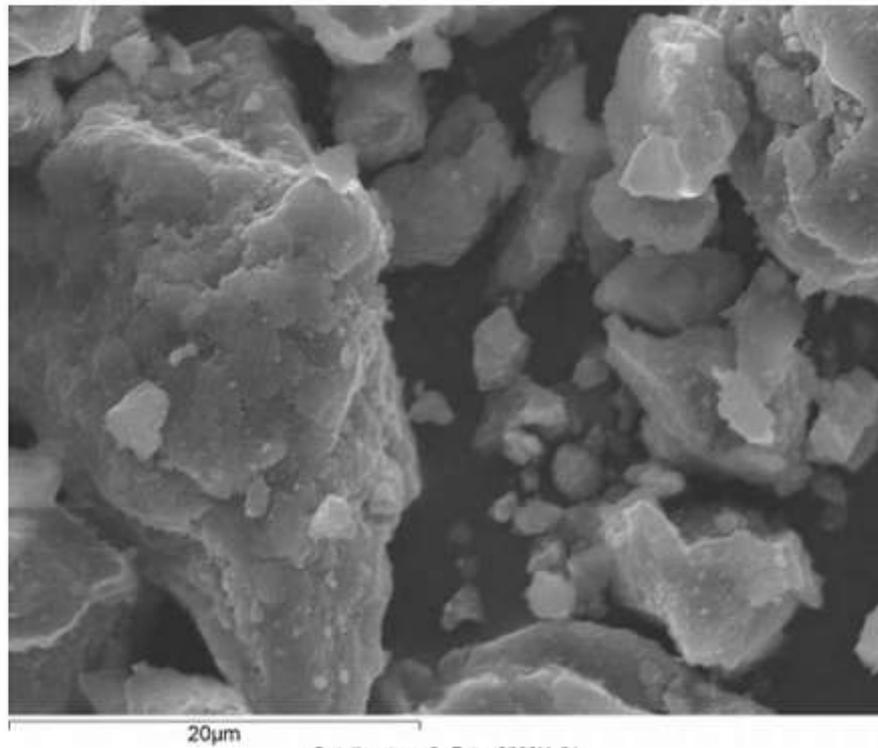


Catalizzatore_2_Foto_1500X_01

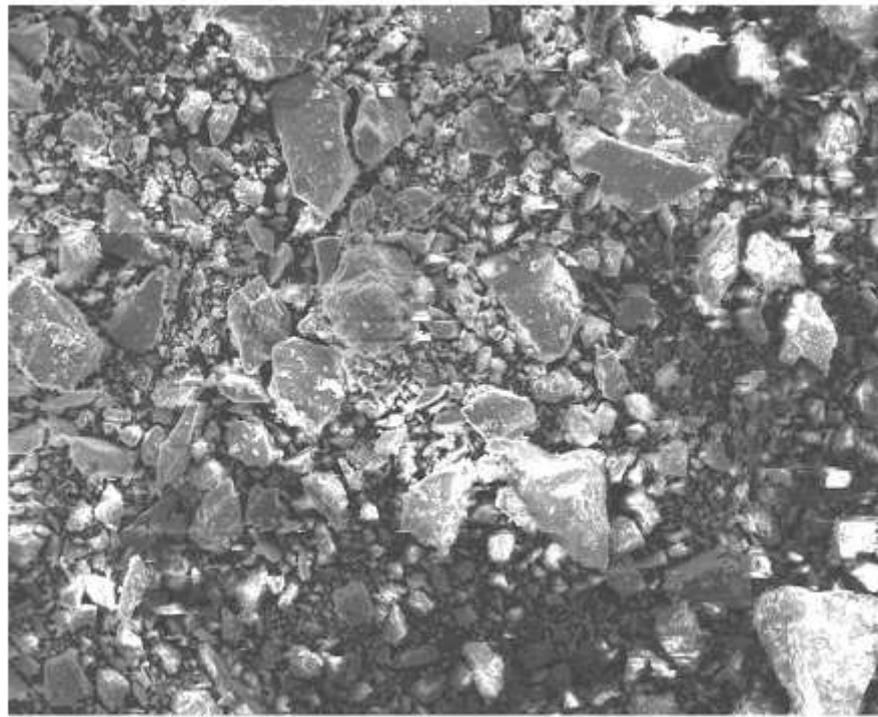


Catalizzatore_2_Foto_1500X_02

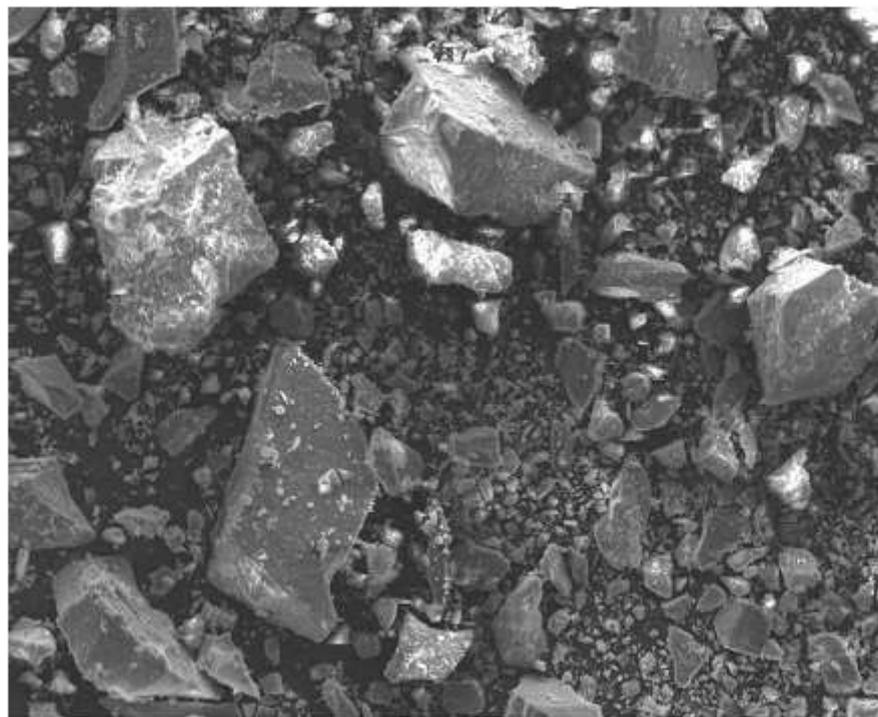
6.22 Allegato 8d. Analisi SEM Catalizzatore 2 (3000X)



6.23 Allegato 9. Analisi SEM Catalizzatore 3 (200X)

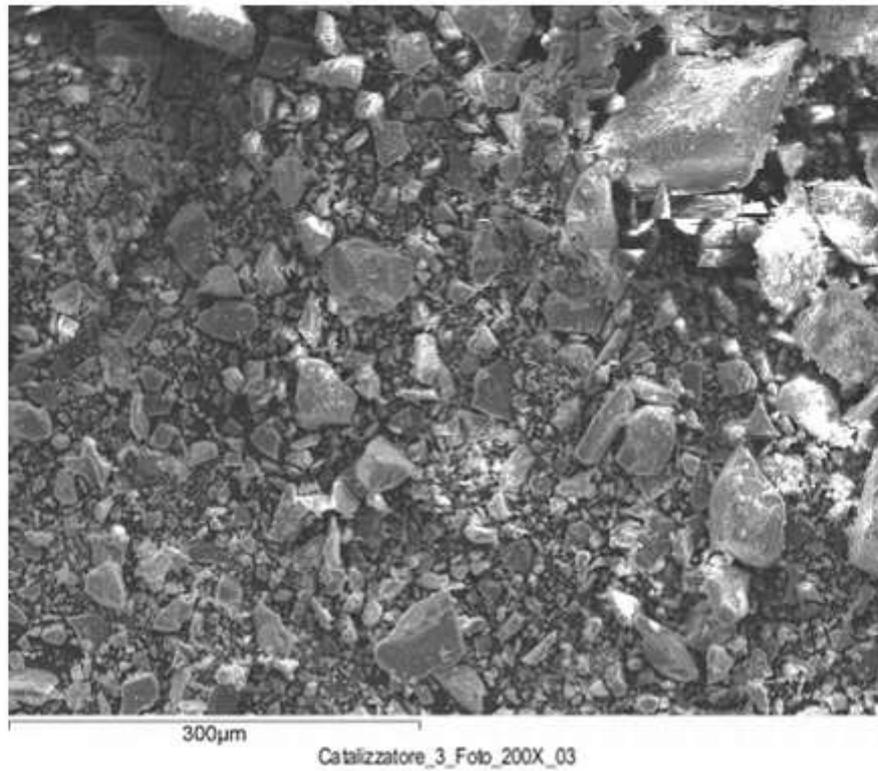


Catalizzatore_3_Foto_200X_01

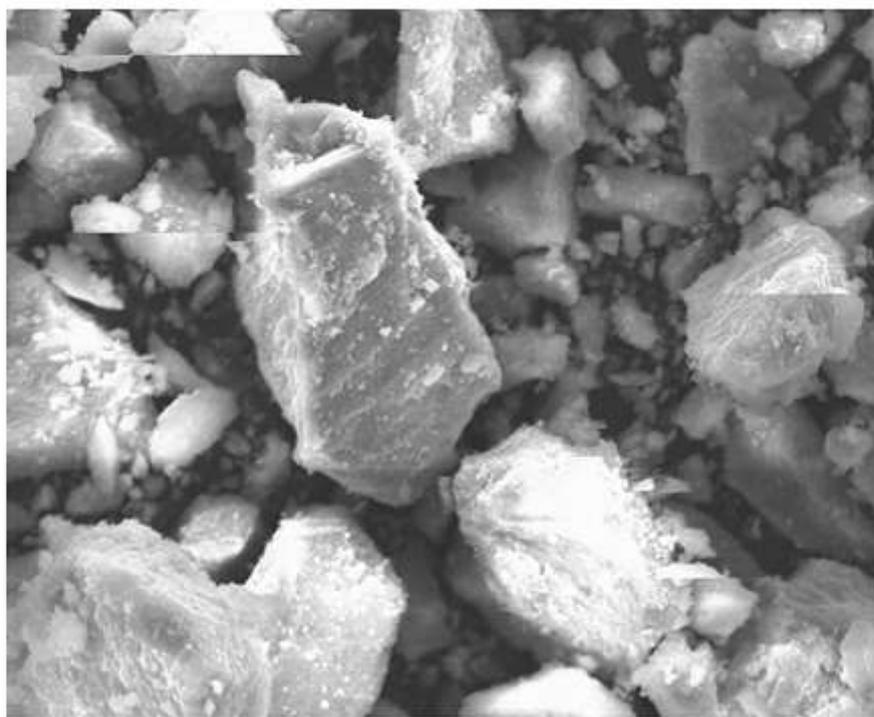


Catalizzatore_3_Foto_200X_02

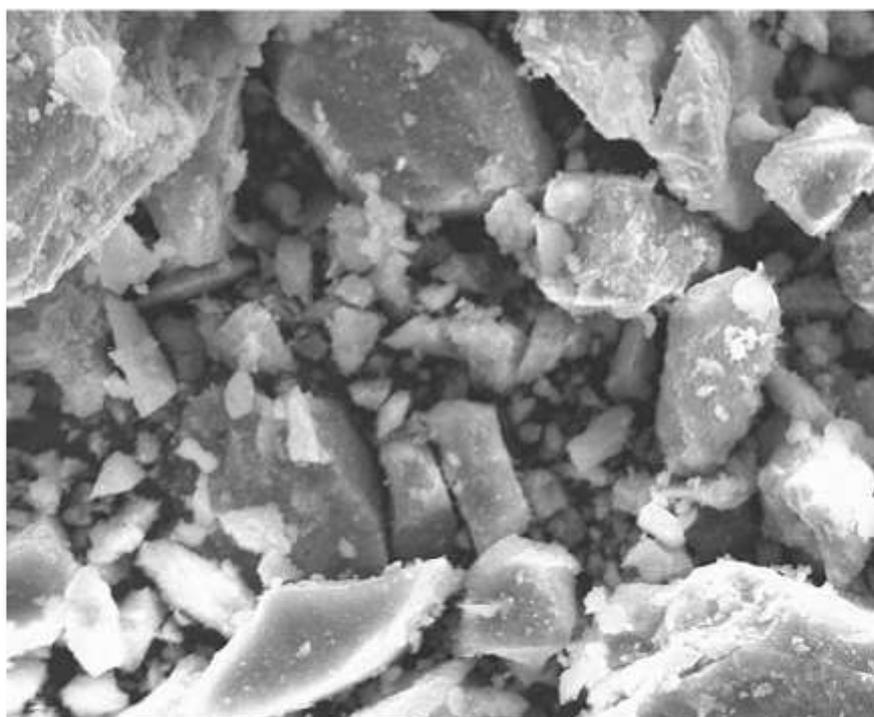
6.24 Allegato 9b. Analisi SEM Catalizzatore 3 (200X)



6.25 Allegato 9c. Analisi SEM Catalizzatore 3 (1500X)

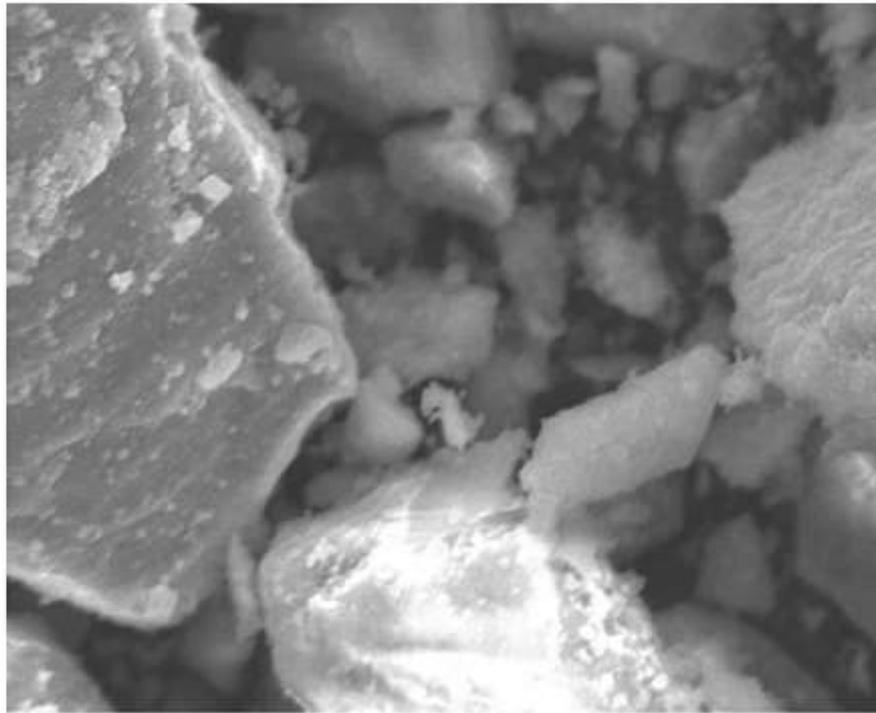


Catalizzatore_3_Foto_1500X_01

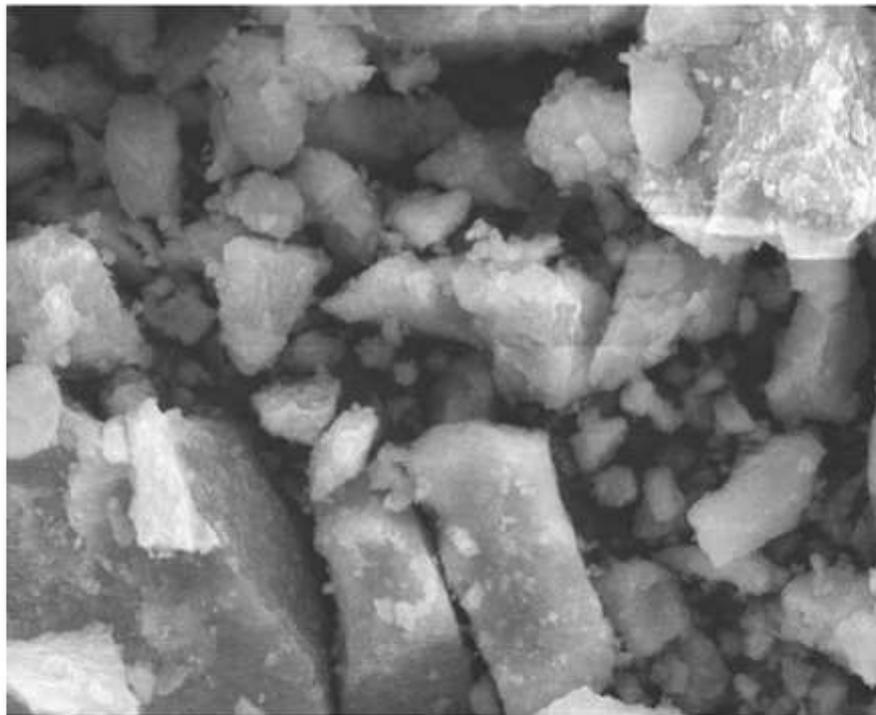


Catalizzatore_3_Foto_1500X_02

6.26 Allegato 9d. Analisi SEM Catalizzatore 3 (3000X)



Catalizzatore_3_Foto_3000X_01



Catalizzatore_3_Foto_3000X_02