

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria chimica e dei materiali

***Relazione per la prova finale
«Ottimizzazione del processo di
macinazione del clinker »***

Tutor universitario: Prof. Martucci

Alessandro

Laureando: *Tomassoli Lorenzo*

Padova, 20/7/2023

In seguito all'aumento dei costi di produzione verificatosi all'inizio del 2022, è stato necessario promuovere dei progetti con il fine di ridurre il consumo energetico. A tale scopo il laboratorio tecnico centrale in collaborazione con il reparto ricerca e sviluppo ha avviato il progetto 'macinabilità del clinker', con l'intenzione di trovare correlazioni tra proprietà fisico chimiche del clinker ed il suo processo di macinazione.

Per rendere più completo lo studio l'LTC non analizza solo dati propri ma anche risultati provenienti dal laboratorio di stabilimento, sia per un'indagine preliminare sui risultati già ottenuti dal LS sia per verificare la presenza di anomalie sul trend dei dati provenienti dai due laboratori. Naturalmente tale progetto è stato sviluppato tramite una procedura che entrambi i laboratori devono seguire. Ma essendo uno studio di ricerca e sviluppo la procedura è provvisoria e suscettibile a modifiche man mano che la ricerca continua.

- Prelievo del campione medio giornaliero di clinker in uscita dall'impianto, 10-12 kg da passare interamente nel frantoio a mascelle. Segue pesatura di due aliquote da 5 kg (0,25g di gesso) e una da 350 g di clinker puro.

- Il campione da 5 kg viene macinato con la coppia di molini (sgrossatore / finitore), il clinker macinato verrà così caratterizzato:
 - calcolo del residuo con setaccio 63 micron per una aliquota di Peso = 20 grammi (in uscita da entrambi i molini)
 - blaine (il PS utilizzato sarà lo stesso utilizzato da LS e cioè pari a 3,24 kg/dm³).

- Il campione di clinker puro viene caratterizzato:
 - analisi al microscopio ottico: frazione da 1,18 a 2,36 mm inglobato su resina epossidica e trattata superficialmente con NITAL
 - XRD analisi quantitativa delle fasi (metodo Rietveld), sia della frazione granulometrica analizzata al microscopio che del campione tal quale.

macinazione clinker con molino sgrossatore e molino rifinitore				N. ACC 186/22	N.ACC 301/22	N.ACC 338/22
SGROSSATORE	TARGET Sgrossatore:	90		29/03/2022	07/06/2022	21/06/2022
massa campione clinker(chilogrammi):				5,00	5,00	5,00
_macinazione del campione all'interno del molino sgrossatore per Tempo = 30 minuti						
_calcolo del residuo con setaccio 63 micron per una aliquota di Peso = 20 grammi						
massa campione passante(grammi):				15,7	16,1	14,6
percentuale aliquota passante:				79,3	81,3	73,7
massa campione trattenuto(grammi):				4,1	3,7	5,2
percentuale aliquota trattenuta:				20,7	18,7	26,3
blaine:				2000	2520	2400
_prelevazione di tutto il campione macinato dopo essere stato in scarico per Tempo = 40 minuti						
massa campione ottenuto (chilogrammi):				4,56	4,88	4,89
percentuale rispetto al campione iniziale:				91,2	97,64	97,8
				OK	OK	OK

molino sgrossatore e molino finitore



Setaccio 63 μm , si inserisce la polvere all'interno dello strumento e viene setacciata grazie all'ausilio di un pennello.

Blaine:

Il metodo consiste nel misurare il tempo necessario al passaggio di un volume d'aria noto attraverso un campione di clinker compattato. Calcolando il tempo che un fluido pressurizzato impiega per attraversare un dato volume standard, si può calcolare la superficie specifica, ossia la superficie per unità di massa (m^2/g). Più fine è la molatura, maggiore la superficie calcolata.

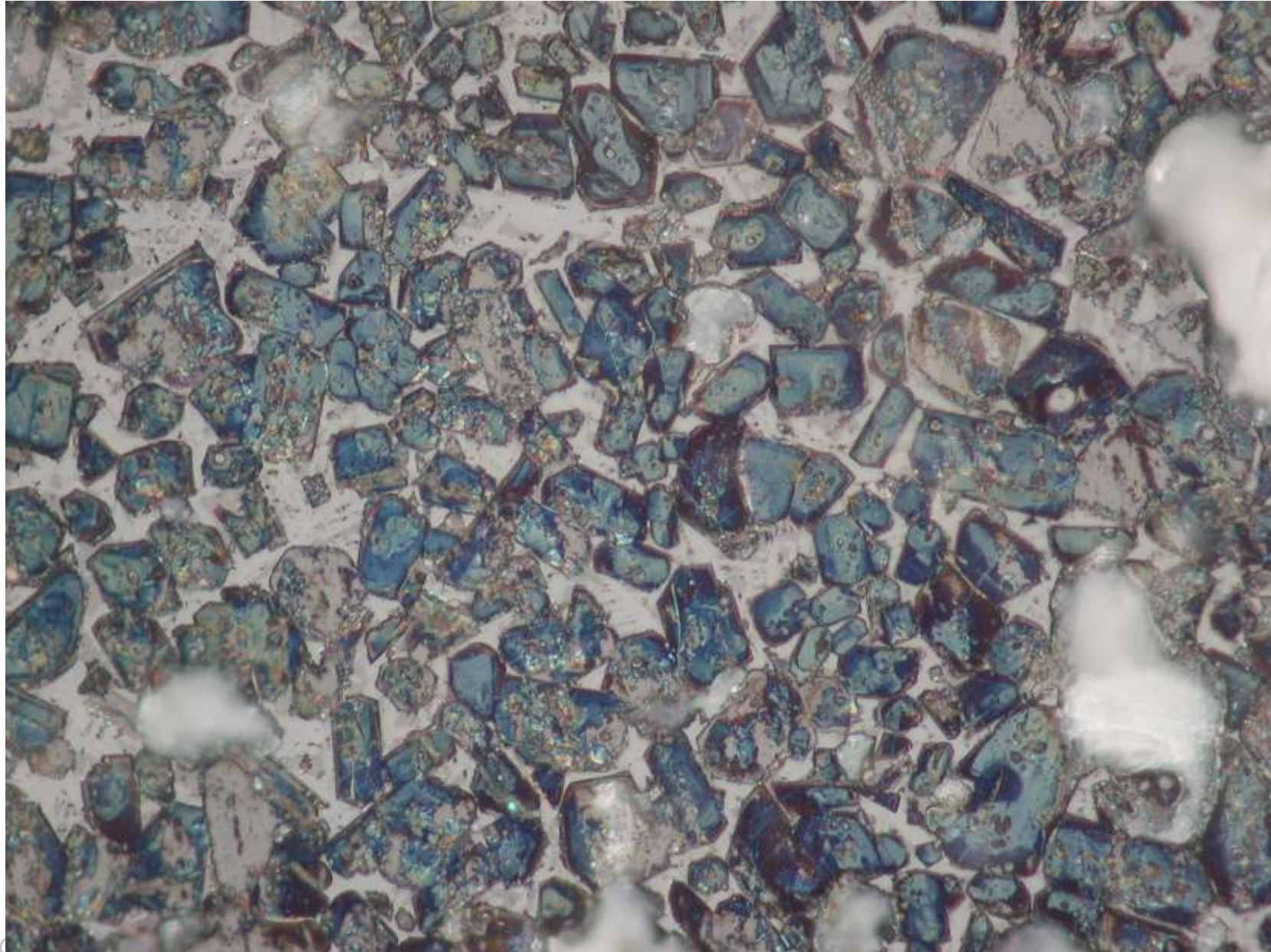


FINITORE	TARGET Finitore:		85								
_macinazione del campione appena ottenuto nel molino finitore per Tempo = 60 minuti											
_calcolo del residuo con setaccio 63 micron per una aliquota di Peso = 20 grammi											
massa campione passante (grammi):									19,5	19,5	19
percentuale aliquota passante:									98,5	98,5	96,0
massa campione trattenuto(grammi):									0,3	0,3	0,8
percentuale aliquota trattenuta:									1,5	1,5	4,0
blaine:									3581	3902	4190
_mettere in scarico il finitore per Tempo = 60 minuti											
massa campione ottenuto(chilogrammi):									3,89	4,57	4,44
percentuale rispetto al campione precedente:									85,3	93,6	90,8
									OK	OK	OK

Macinazione con molino a mascelle Retsch seguita da analisi con diffrattometro a raggi (XRD) e microscopia ottica a luce riflessa.

- L'XRD in tale progetto ha due scopi: il primo è quantificare le componenti mineralogiche del clinker, il secondo è quello di confermare che la porzione di materiale raccolto per la microscopia descrive a pieno la totalità del campione.
- Lo studio al microscopio è stato pensato per verificare se vi sono correlazioni fra la grandezza dei grani di Alite, i dati ricavati dalle altre analisi ed il processo di macinazione.

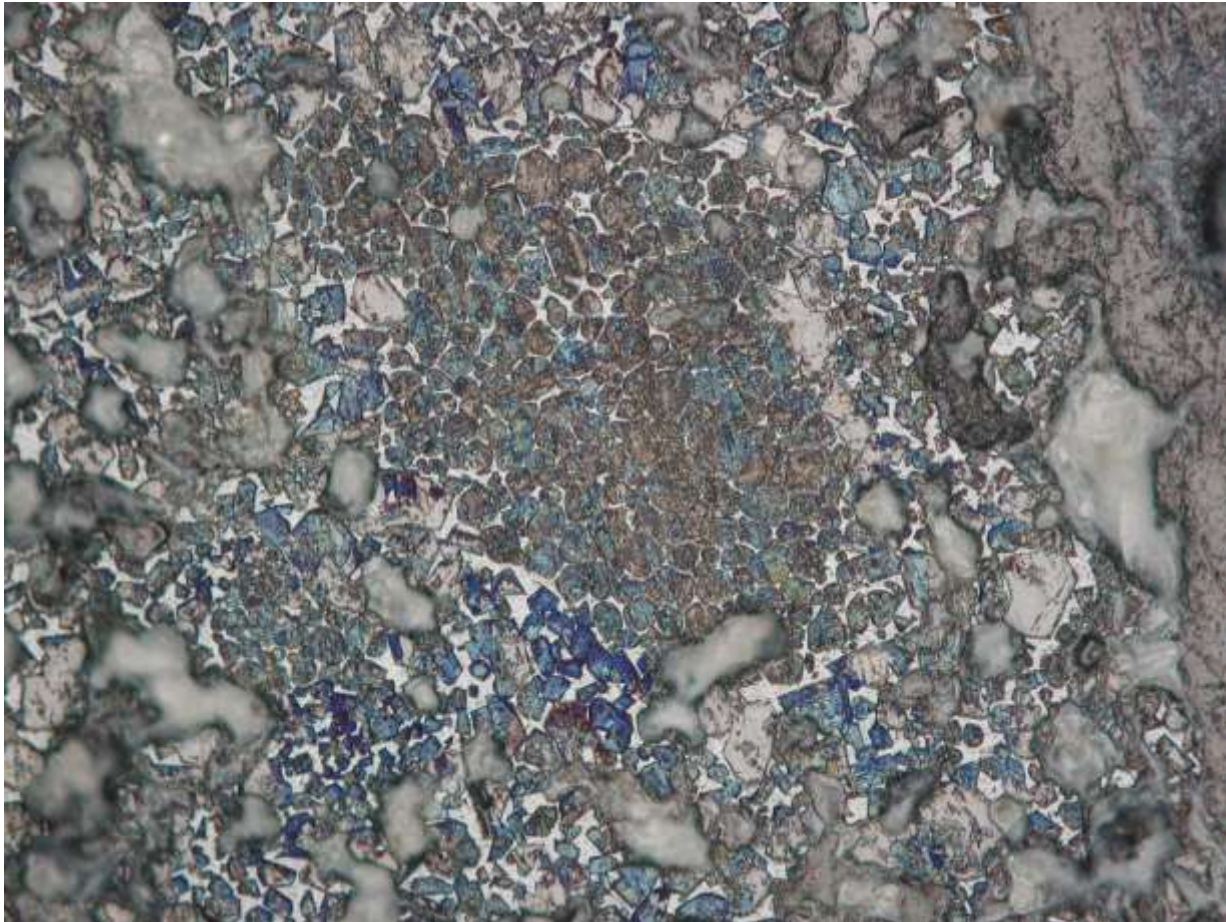
21/06/2022						
Evaluation Date	23/06/2022 13:01	23/06/2022 10:50		23/06/2022 10:33	23/06/2022 10:16	
Job ID	1673	1671		1670	1669	
Sample ID	338-22 TQ3	338-22 TQ1	338TQ MEDIO	338-22 M2	338-22 M1	338M MEDIO
R_wp (%)	4,162	4,071	4,1165	4,19	4,181	4,1855
Alite_M1 (%)	39,88	40,97	40,425	38,37	37,73	38,05
Alite_M3 (%)	33,92	32,29	33,105	34,97	35,54	35,255
Fraction_M1 (%)	54,03	55,93	54,98	52,31	51,49	51,9
Alite_Sum (%)	73,8	73,26	73,53	73,34	73,27	73,305
Alite_CS (nm)	165,1	162,3	163,7	163,4	159,6	161,5
Belite_alpha (%)						
Belite_beta (%)	5,22	4,96	5,09	4,63	4,85	4,74
Belite_Sum (%)						
Alum_cubic (%)	3,73	3,46	3,595	3,56	3,54	3,55
Alum_ortho (%)	0,3	0,5	0,4	0,51	0,46	0,485
Alum_Sum (%)	4,03	3,96	3,995	4,07	3,99	4,03
Ferrite (%)	13,84	14,16	14	14,6	14,47	14,535
Lime (%)	0,83	0,95	0,89	0,86	0,97	0,915
Portlandite (%)	0,1	0,14	0,12	0,14	0,13	0,135
fCaO_XRD (%)	0,91	1,05	0,98	0,97	1,07	1,02
Periclase (%)	0,12	0,27	0,195	0,23	0,15	0,19
Quartz (%)	0,08	0,05	0,065	0,13	0,12	0,125
Arcanite (%)	0,43	0,56	0,495	0,39	0,47	0,43
Aphthitalite (%)	1,46	1,64	1,55	1,57	1,58	1,575
Langbeinite (%)	0,09	0,06	0,075	0,03	0	0,015



Alite fotografata con ingrandimento
50x

La colorazione blu dei grani
viene ottenuta bagnando la superficie
del provino con Nital per appena
10 secondi.

[Nital, soluzione:
99% alcol etilico
1% acido nitrico]



Nido di Belite grandezza 20x
Provino 2 del 21/06/22



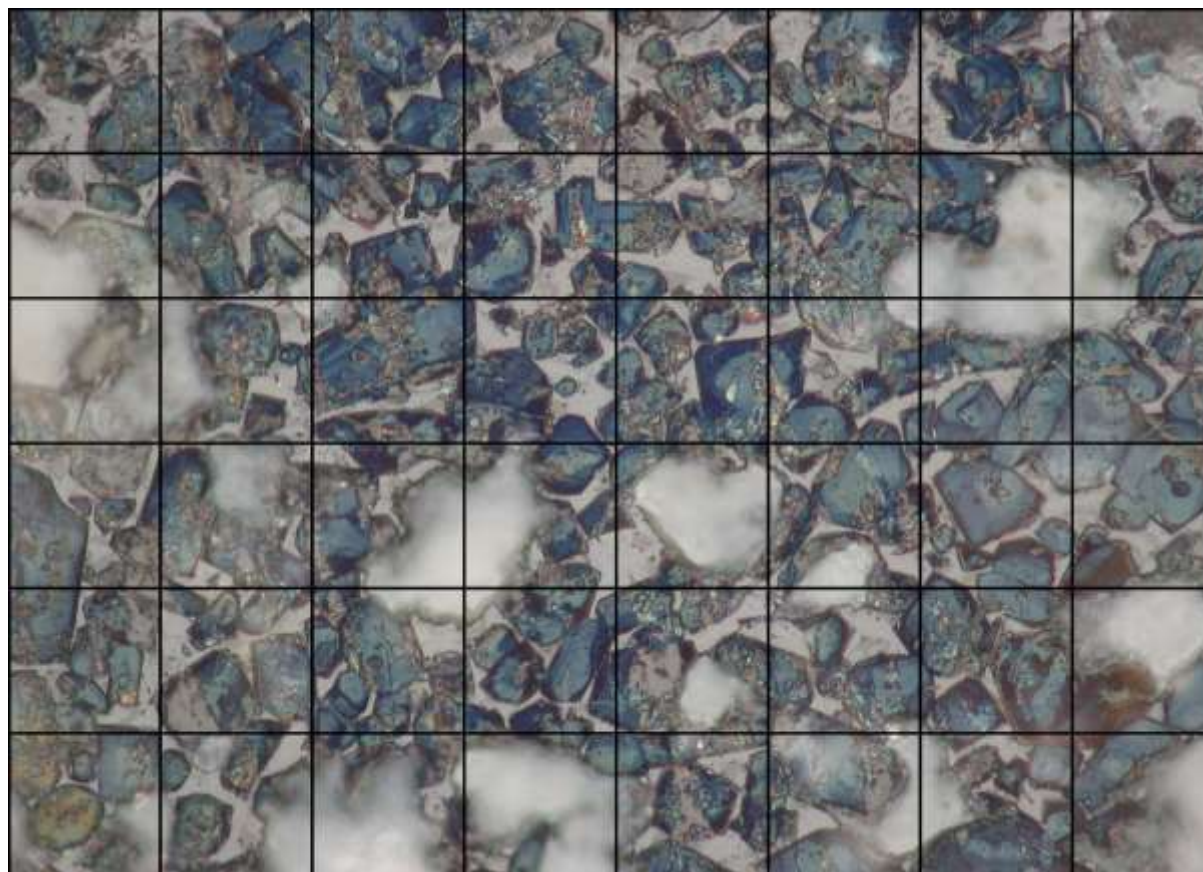
Nido di Belite grandezza 50x
Provino 1 del 21/06/22

Le dimensioni vengono calcolate tramite distanze punto a punto grazie al programma Atchr32 correttamente calibrato con micrometro oggetto. Una volta scattate abbastanza foto di entrambi i provini vengono scelte le quattro foto migliori per ciascun campione, viene aggiunta la griglia e calcolate le dimensioni. Idealizzando ogni singolo grano a quadrilatero regolare, calcolando le lunghezze di diagonale maggiore e minore, riusciamo ad avere un'idea sul valore della superficie media occupata dai cristalli.

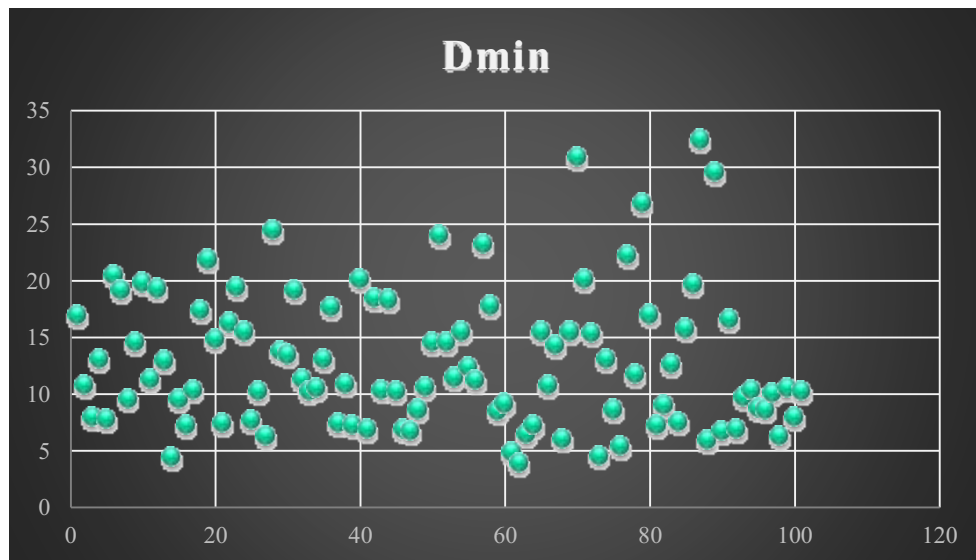
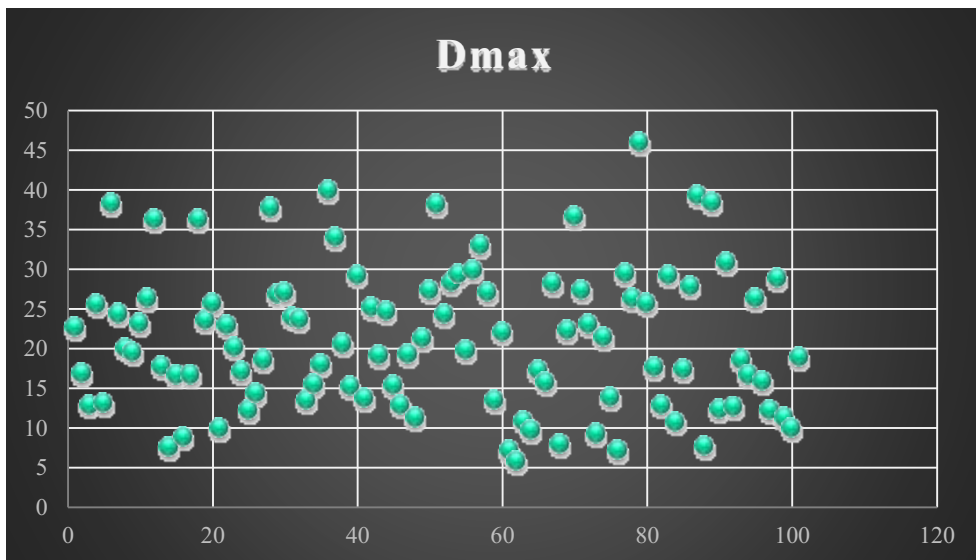
esempio di analisi su
una singola foto.

Nome campione
3A50Xgriglia(provino2)

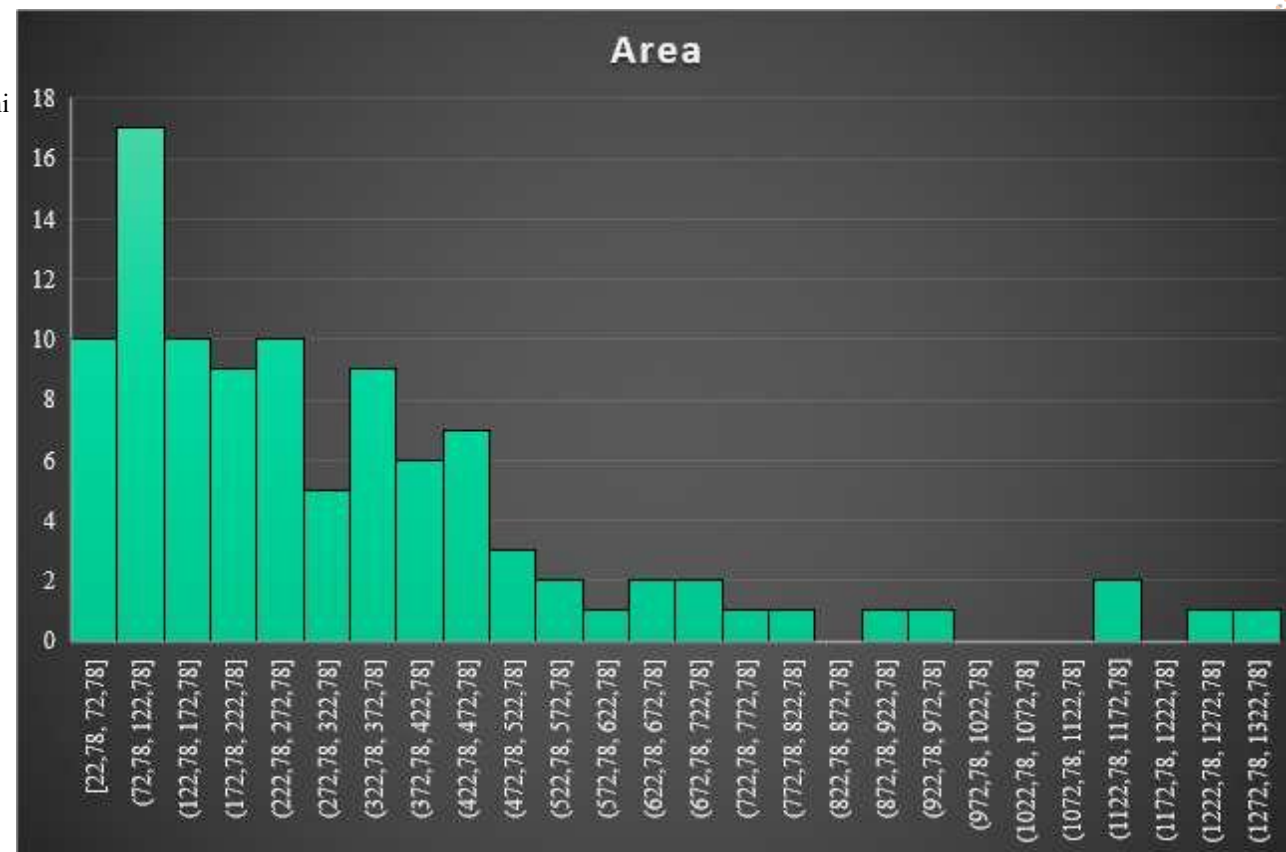
Dmax μm	Dmin μm	Area μm ²	
26,87	13,77	370,00	
27,14	13,5	366,39	
24,03	19,17	460,66	
23,76	11,34	269,44	
13,5	10,26	138,51	
15,53	10,53	163,53	
18,09	13,09	236,80	
39,96	17,69	706,89	
34,02	7,42	252,43	
20,66	10,94	226,02	
15,26	7,29	111,25	
29,3	20,12	589,52	
13,77	6,89	94,88	
25,25	18,5	467,13	
19,17	10,39	199,18	
24,71	18,36	453,68	
15,39	10,26	157,90	
12,96	6,89	89,29	
19,31	6,75	130,34	
11,34	8,64	97,98	
21,33	10,66	227,38	
27,41	14,58	399,64	
38,21	24,03	918,19	
Media	22,48	12,66	309,87
Dev std	7,92	4,90	214,33
max	39,96	24,03	918,19
min	11,34	6,75	89,29



Micron



grani



Micron²

Singolo grano

07/06/2022

PROVINO 1	Dmax	Dmin	Area
MEDIA	23,28	10,43	305,11
DEV STD	12,95	4,89	327,98
MIN	6,97	3,98	33,0048
MAX	69,39	23,9	1658,421

21/06/2022

PROVINO 1	Dmax	Dmin	Area
Media	23,40	12,24	321,64
Dev std	9,33	5,25	242,78
max	45,77	27,81	1096,27
min	6,21	4,46	27,6966

PROVINO 2	Dmax	Dmin	Area
MEDIA	24,13	11,54	348,99
DEV STD	13,34	6,45	439,71
MIN	5,13	3,38	18,7245
MAX	68,31	34,7	2370,357

PROVINO 2	Dmax	Dmin	Area
Media	21,19	12,93	316,90
Dev std	8,92	6,07	270,17
max	46,03	32,46	1277,626
min	5,81	3,92	22,7752

Sequenza misurazioni

	Dmax1	Dmax2	Dmax medio	Dmin1	Dmin2	Dmin medio	Area1	Area2	Area media
07/06/2022	23,28	24,13	23,71	10,43	11,54	10,99	305,11	348,99	327,05
21/06/2022	23,40	21,19	22,29	12,24	12,93	12,59	321,64	316,90	319,27

Il periodo in cui ho svolto il tirocinio è stato durante l'avvio di tale progetto. In questa fase lo scopo era quello di riuscire a creare una procedura coerente con la ricerca da effettuare e perciò cercare di ottenere risultati che meglio caratterizzassero il clinker. Arrivando ad un numero consistente di dati si potrebbe sviluppare un profilo che mette in relazione: le percentuali mineralogiche, la dimensione dei grani, blaine e residuo con la quantità di energia che viene utilizzata nel processo di macinazione. Alla fine dei due mesi di stage ho dovuto presentare i risultati ottenuti a tecnici e dirigenti dell'apparato industriale. Da tale analisi è emerso che la procedura era ben strutturata e che il progetto sarebbe stato portato avanti anche dopo la fine del mio tirocinio (tutt'ora continua la ricerca). I tecnici hanno però fatto presente che le analisi sarebbero state più efficaci se il clinker analizzato non fosse un medio giornaliero (cioè un'unica aliquota composta da campioni prelevati durante l'arco della giornata) ma proveniente da prelievi singoli di diversi momenti della giornata. Così da visualizzare come cambia la macinazione nei vari turni di impianto aggiungendo più variabili come: la ricetta della farina all'ingresso, le diverse temperature dei componenti nell'impianto e il tempo di raffreddamento del clinker.