

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

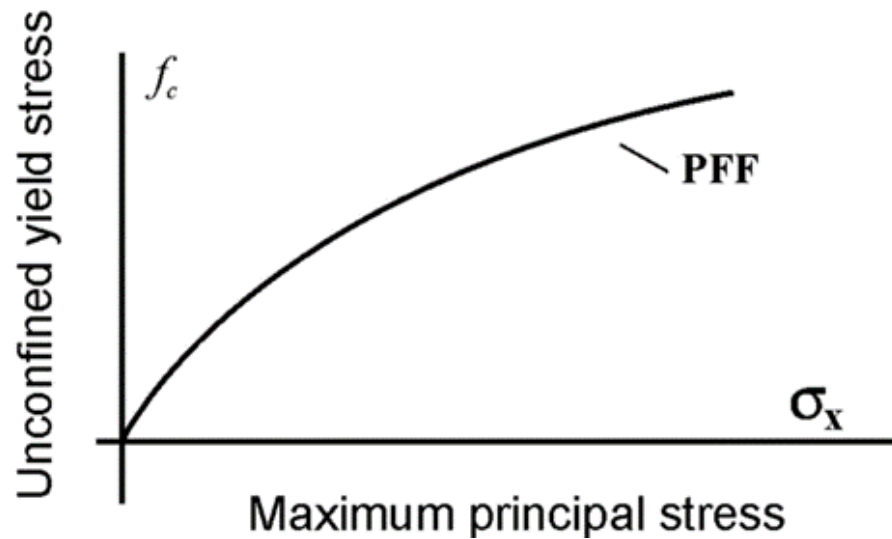
*Relazione per la prova finale*  
*«Scorrevolezza delle polveri e rapporti di densità:  
l'impatto dell'impaccamento dei granuli»*

Tutor universitario: Prof. Andrea C. Santomaso

Laureando: *Mattia Bellato*

Padova, 20/09/2023

Che cos'è la  
scorrevolezza e come si  
determina?



Determinare le varie densità apparenti, l'angolo di riposo e il funzionamento di una cella di shear

- Capire come varia la scorrevolezza da polvere a polvere
- Confrontare gli indici di scorrevolezza con altre variabili



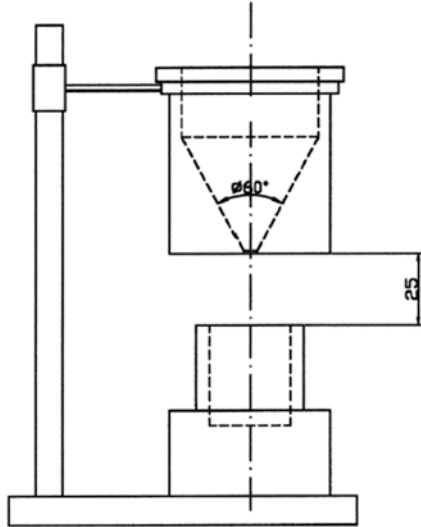
## Polveri

- Bicarbonato di sodio
- Cellulosa microcristallina
- Lattosio
- Cellulosa granulata
- Cloruro di sodio
- Sabbia
- Zucchero
- TAED
- Amido di mais
- Polivinilcloruro (PVC)
- Cemento
- Gesso
- Calce
- Carbonato di calcio.

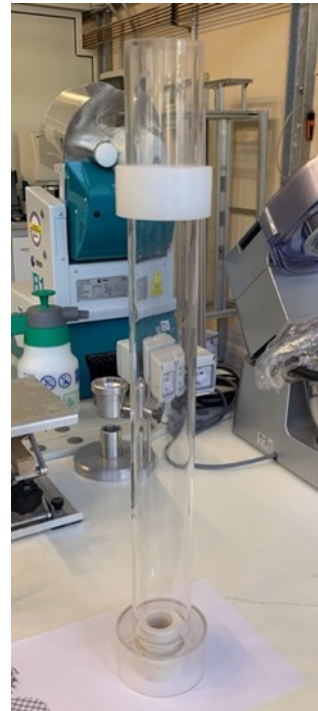


# Tecniche utilizzate: Densità apparenti

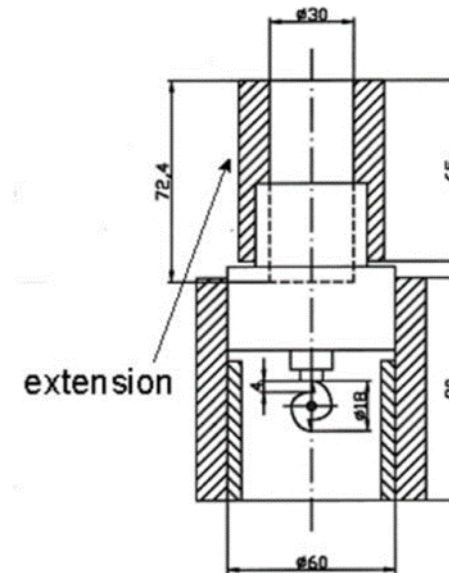
Densità versata



Densità aerata



Densità battuta  
(metodo standard)

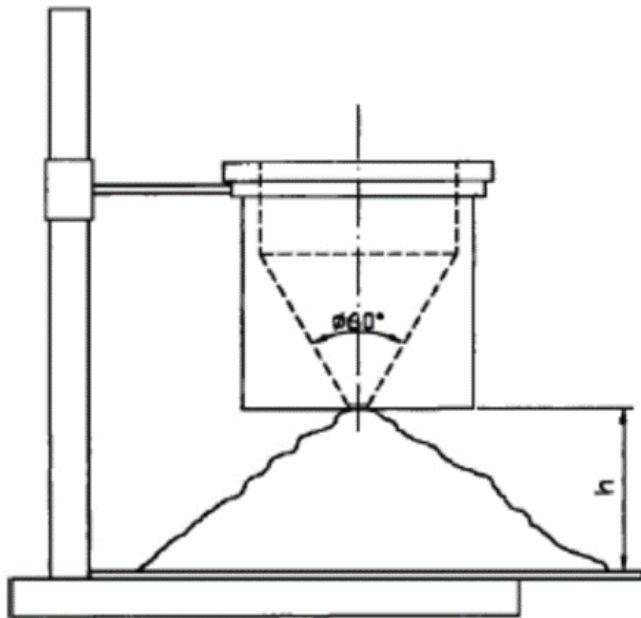


Densità battuta  
(metodo innovativo)



## Tecniche utilizzate:

Angolo di riposo



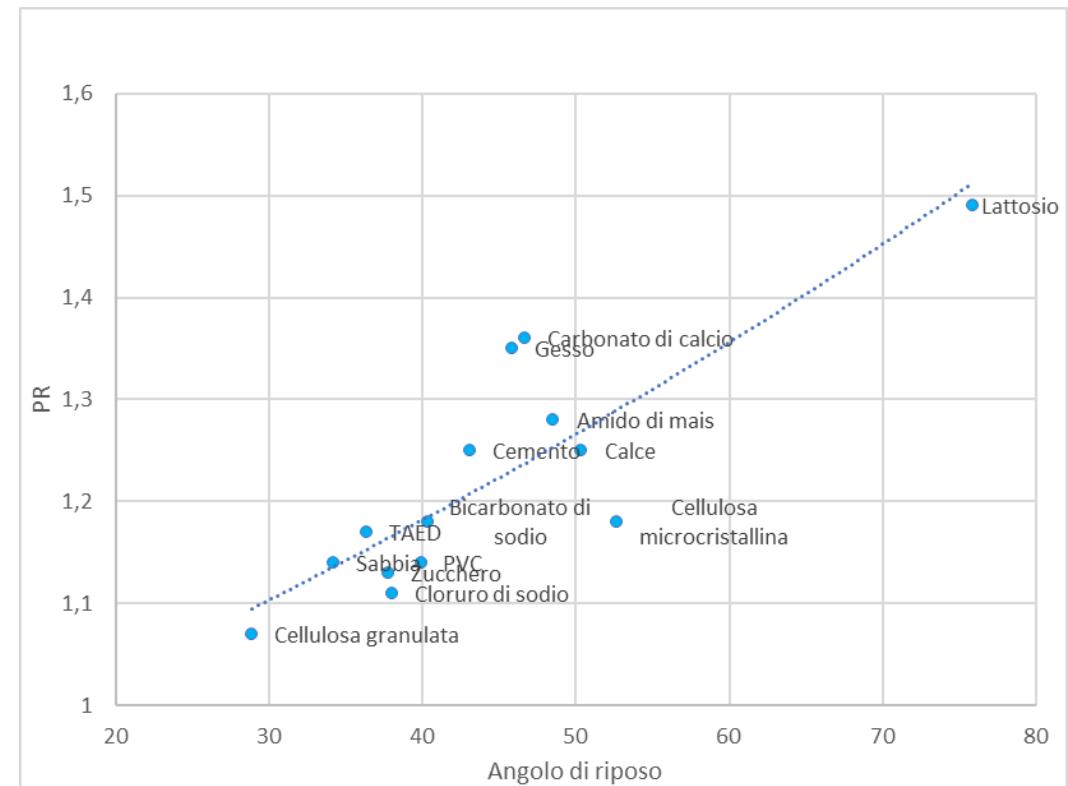
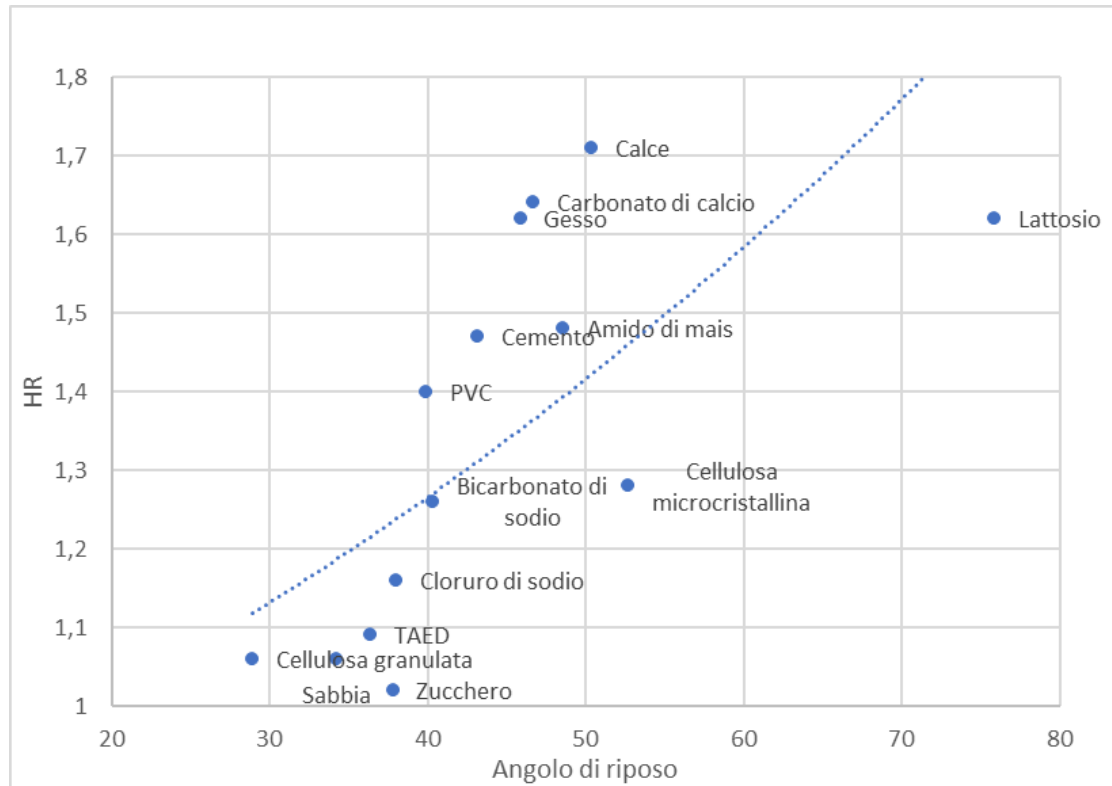
Powder Flow Tester

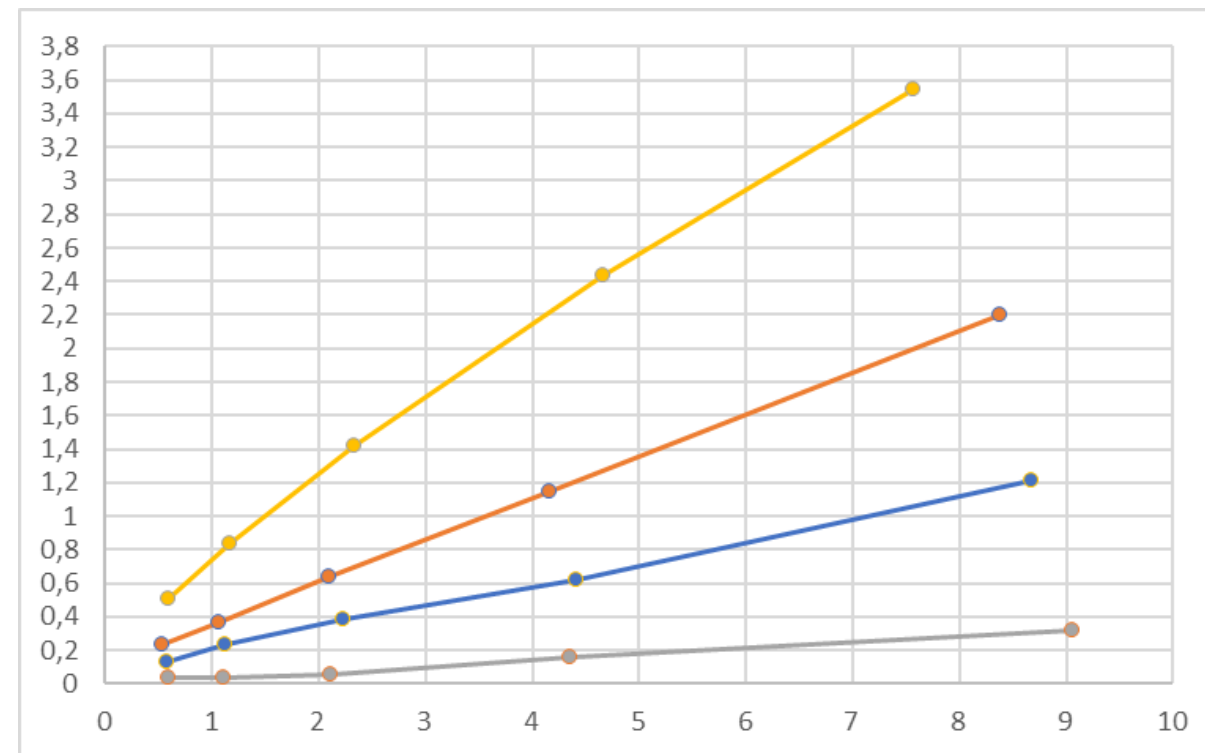
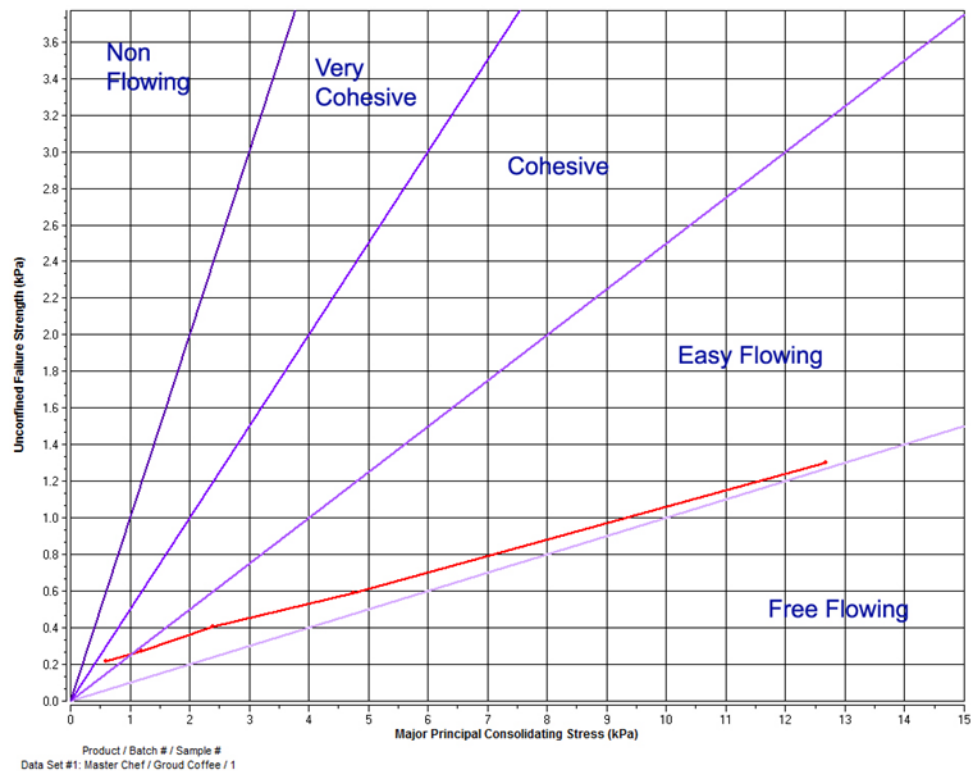


## Indici di scorrevolezza e angolo di riposo

$$HR = \frac{\rho_{battuta}}{\rho_{versata}} ; PR = \frac{\rho_{aerata}}{\rho_{versata}}$$

$$\alpha_r = \tan^{-1} \left[ \frac{2h}{(D_A - d)} \right]$$

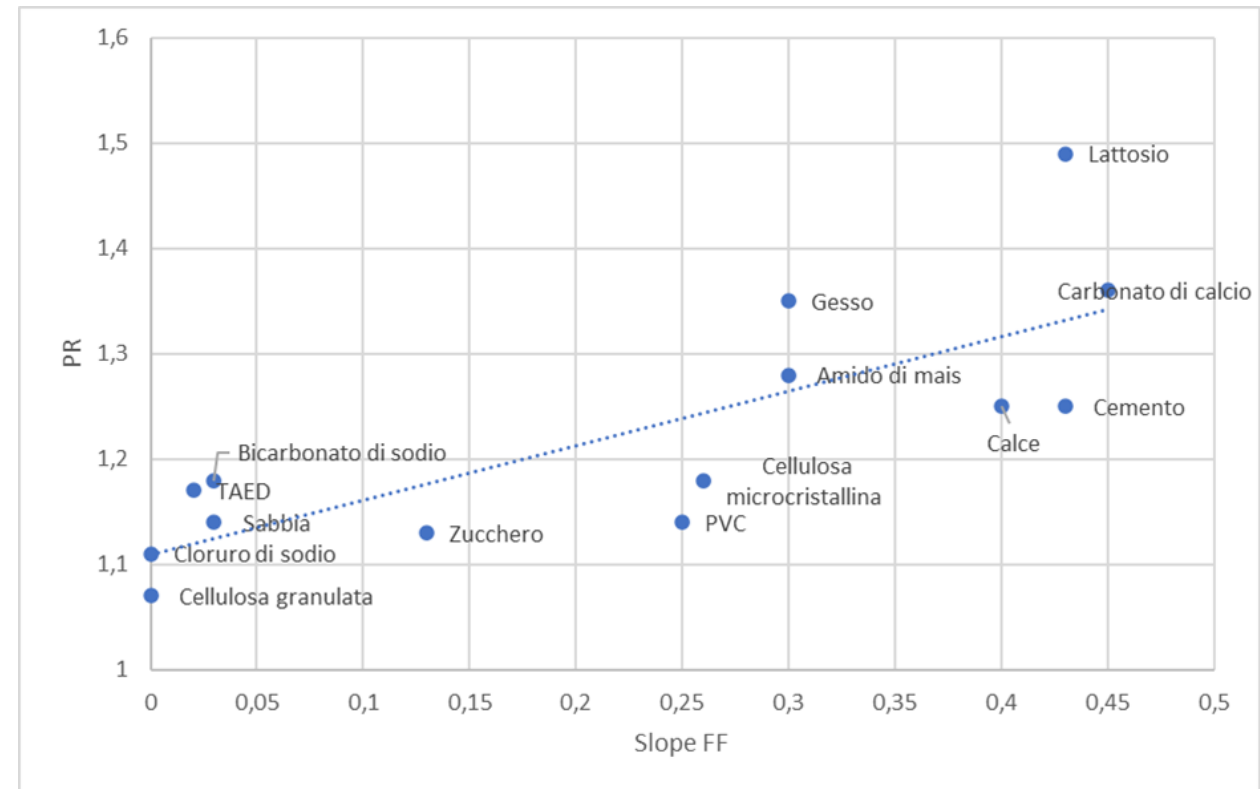
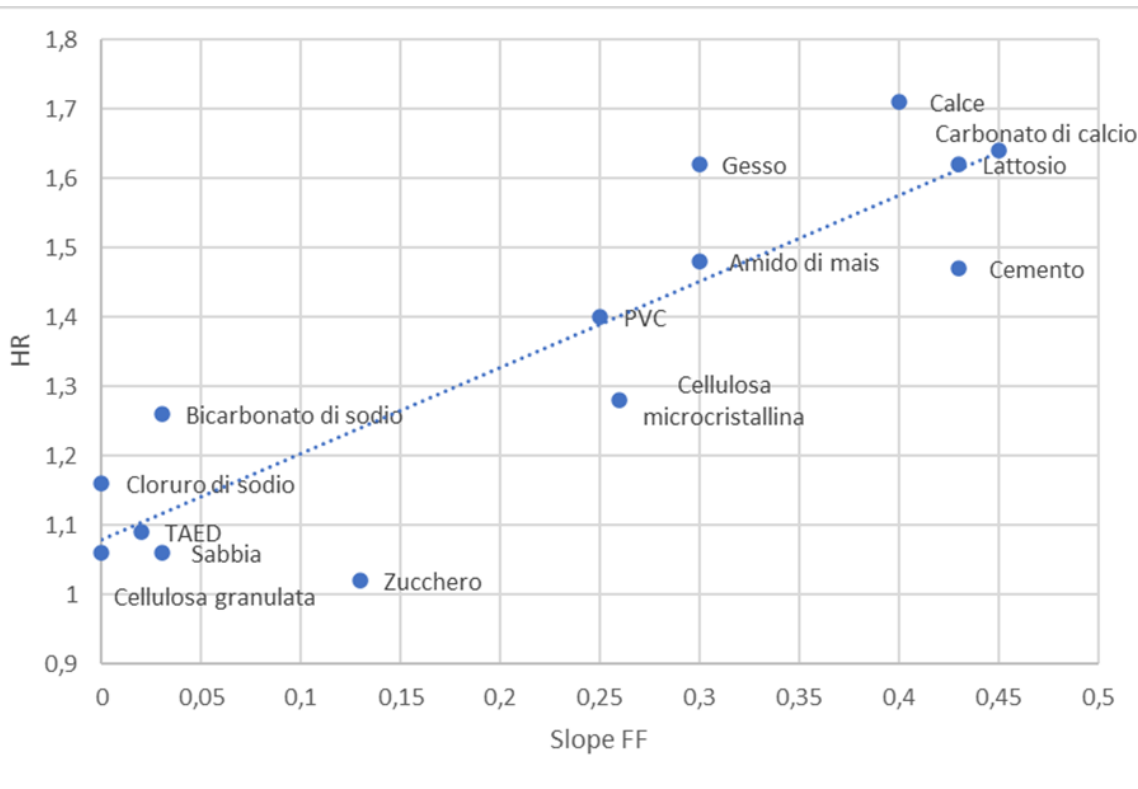




La linea gialla (lattosio) una polvere molto coesiva, la linea arancione (PVC) una polvere coesiva, la linea blu (zucchero) una polvere a flusso facilitato e la linea grigia (sabbia) una polvere a flusso libero.



## Confronto tra HR e PR con una variabile presa dalla cella di shear, la slope FF



- Lo svuotamento della tazza (cup) a volte era difficile con il lattosio e la cellulosa microcristallina a causa della formazione di un granulo solido.
- La preparazione dei campioni con il lattosio ed altre polveri fini e coesive, richiedeva maggiore tempo per i vari metodi
- L'introduzione della Powder Flow Tester ha velocizzato i tempi di studio delle polveri

- Si è capito che le polveri che impaccano hanno una densità aerata sempre superiore a quella battuta e angoli di riposo inferiori a  $45^\circ$
- La densità aerata permette di ottenere un grado di impaccamento più elevato
- La cellulosa granulata, il cloruro di sodio, la sabbia, lo zucchero, il bicarbonato di sodio e il TAED sono polveri a flusso libero e dotate di ottima scorrevolezza
- Il cemento, l'amido di mais, il carbonato di calcio, il PVC, la calce, la cellulosa microcristallina, il gesso e il lattosio sono polveri perlopiù poco scorrevoli e coesive.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!