

LEZIONI DI TECNOLOGIA CERAMICA

ITS NATTA Direttore Prof. I. Amboni
Via Europa, 15 - Bergamo
Tel. 035/798106

Dott. Giuseppe Pagliara
g.pagliara@pagliara.it

2. *NOZIONI DI BASE*

e

CERAMICA ARTISTICA



Pagliara
prodotti chimici spa



PAGLIARA PRODOTTI CHIMICI SPA

Via Don Comotti, 7 - 24050 LURANO (BG) ITALIA

Tel. +39 035 800050 r.a. - Fax. +39 035 800288-800133

Capitale Sociale Deliberato € 2.000.000,00 Versato € 1.600.000,00

C.F. P.IVA IT 01245920168 REA Bg N.185771 Registro Imprese Bg01245920168

www.pagliara.it - pagliara@pagliara.it - pagliaraprodottichimici@registerpec.it

Ceramica, mito storia e filosofia



Creazione di Adamo,
Andrea Pisano, 1334-1336

“Allora il Signore Dio plasmò l'uomo con polvere del suolo e soffiò nelle sue narici un alito di vita e l'uomo divenne un essere vivente”

Genesi 2,7

**LA
CERAMICA È
INDISTRUTTIBILE**

**PER L'ELEVATA RESISTENZA
MECCANICA E CHIMICA
A PARTE LA
FRAGILITÀ**

ETÀ DELLA PIETRA

Paleolitico	> 12.000 a.c.
Mesolitico	> 8.000 a.c.
Neolitico	> 3.000 a.c.

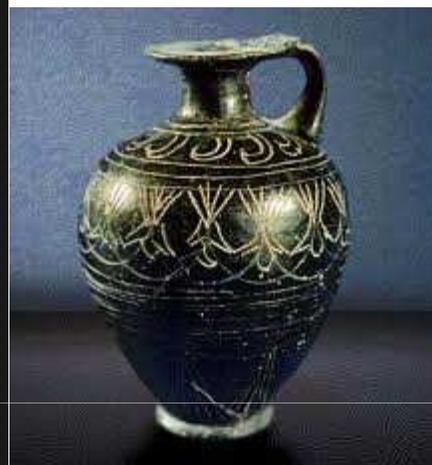
SCOPERTA DELLA CERAMICA

- **Mesolitico:** Argilla/Fango plastico
- **Neolitico:** Ceramica (~7.000 a.c.)
Tornio
Ceramica sigillata
Ceramica decorata con incisioni o riporti
- **Dal 1.000 a.c.:** Bucchero nero
Ceramica con figure geometriche
Ceramica con figure nere
Ceramica con figure rosse
Ceramica invetriata
Ceramica smaltata

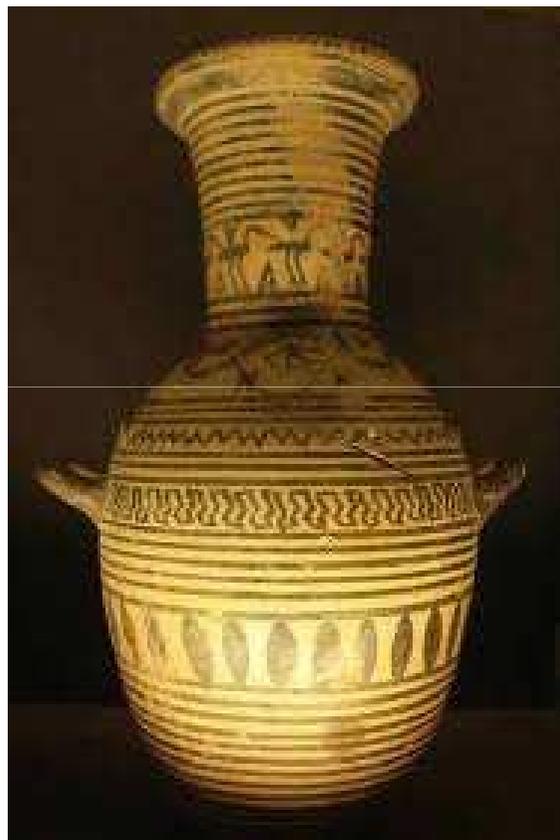


La ceramica dipinta venne esportata dall'Anatolia e dai territori della Mezzaluna Fertile Atene e in altre zone – Beozia, Etruria e nella Magna Grecia – dei grandi centri di produzione. verso l'Europa intorno al III millennio a.C., arrivando in Grecia dopo la fine della civiltà minoico-micenea.

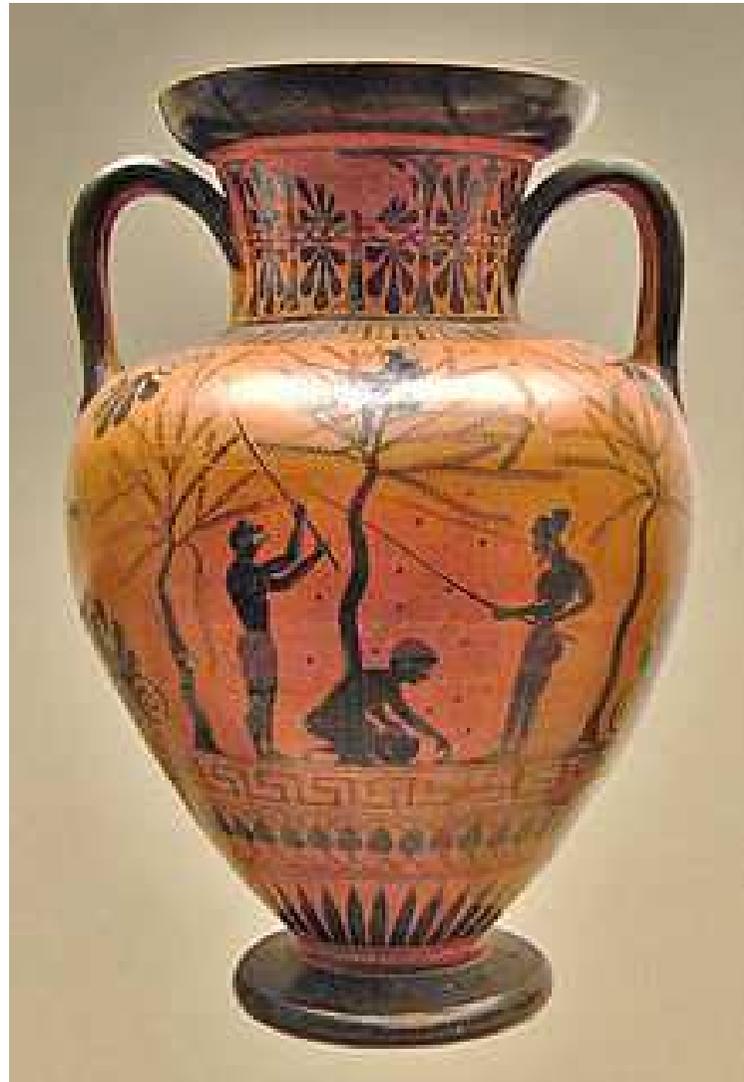
BUCCHERO - Esempi



CERAMICA FIGURE GEOMETRICHE



CERAMICA FIGURE NERE



CERAMICA FIGURE ROSSE

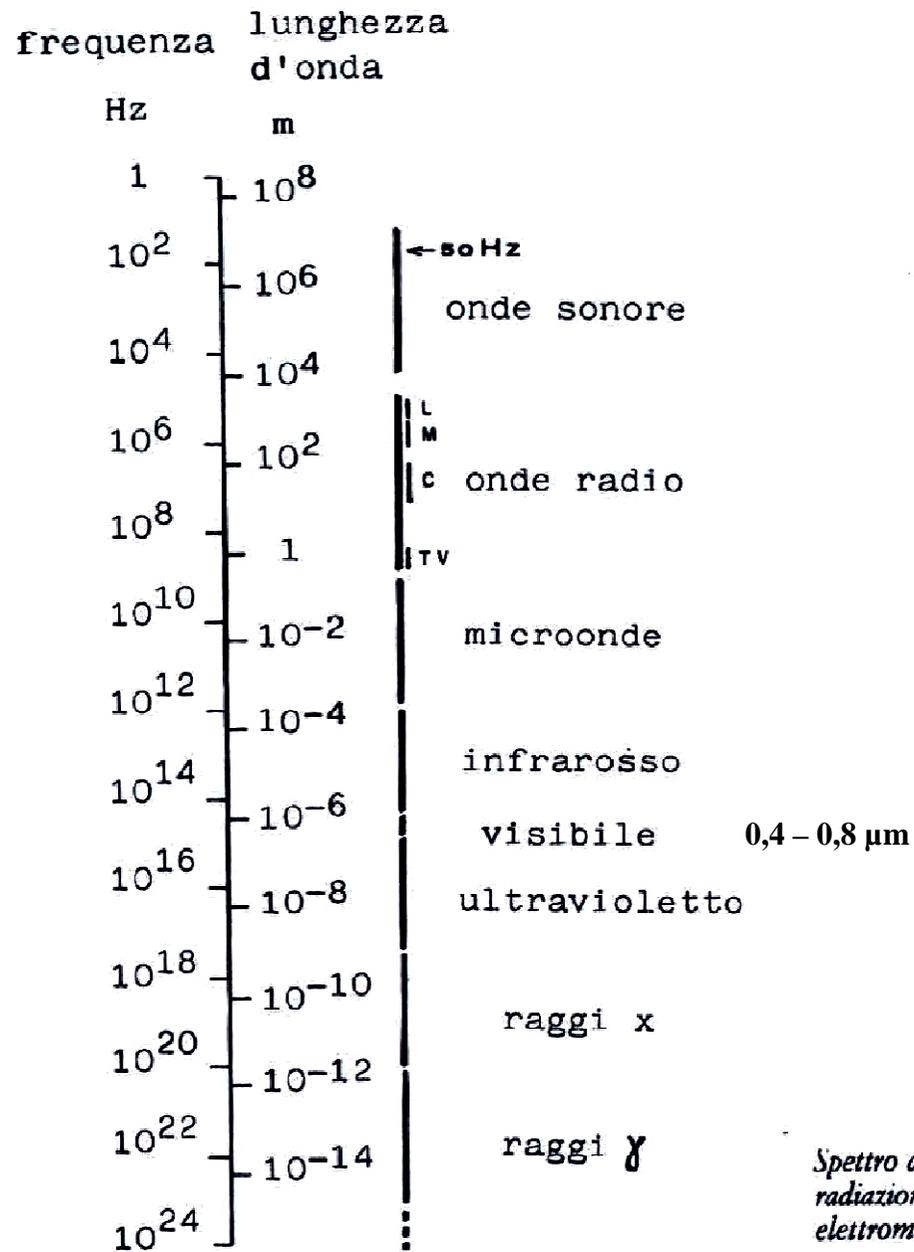


VASO DI EUFRONIO; Ø 50 cm; ~ 515 a.C.

- 1971 - RITROVATO DA TOMBAROLI IN UNA NECROPOLI ETRUSCA. DATAZIONE RESA POSSIBILE DALL'ISCRIZIONE "LEAGRO È BELLO". DA ALTRE FONTI È NOTO CHE LEAGRO ERA DEFINITO IL PIÙ BELL'UOMO DELLA GRECIA NEL 515 a.C.**
- 1972 - TRAMITE INTERMEDIARIO SVIZZERO, VENDUTO ILLEGALMENTE AL METROPOLITAN MUSEUM N.Y. PER UN MILIONE DI DOLLARI.**
- 2006 - RESTITUITO ALL'ITALIA.**
- 2007 - ESPOSTO AL MUSEO NAZIONALE DI VILLA GIULIA – ROMA.**
- 2014 - ESPOSTO A BOLOGNA PER UNA MOSTRA SUGLI ETRUSCHI.**

CERAMICA SIGILLATA



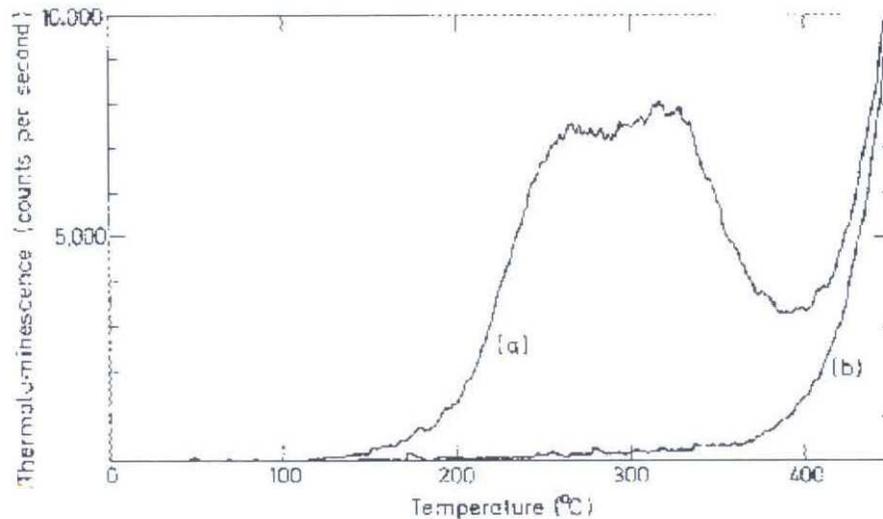
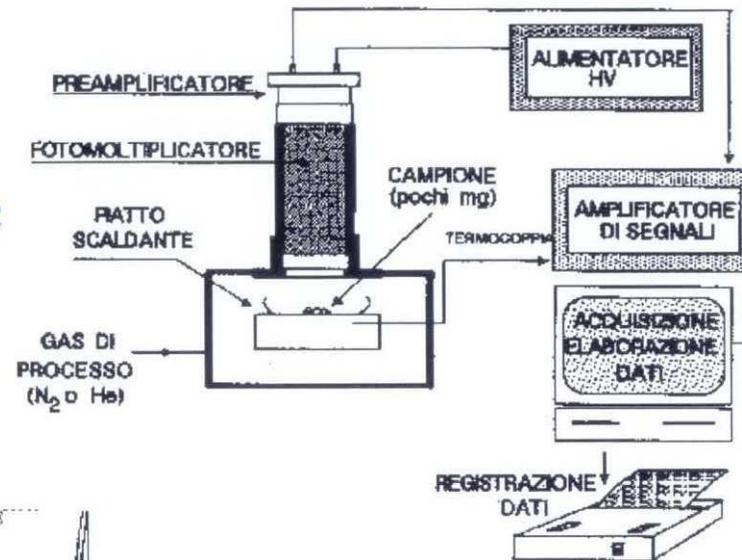


Spettro delle radiazioni elettromagnetiche.

Datazione mediante LUMINESCENZA

Misura di termoluminescenza (TL)

- **Apparato**
Il campione, polverizzato, viene riscaldato in gas inerte fino a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una rampa di $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{sec}$
- **Curva di emissione di una statua etrusca in terracotta**



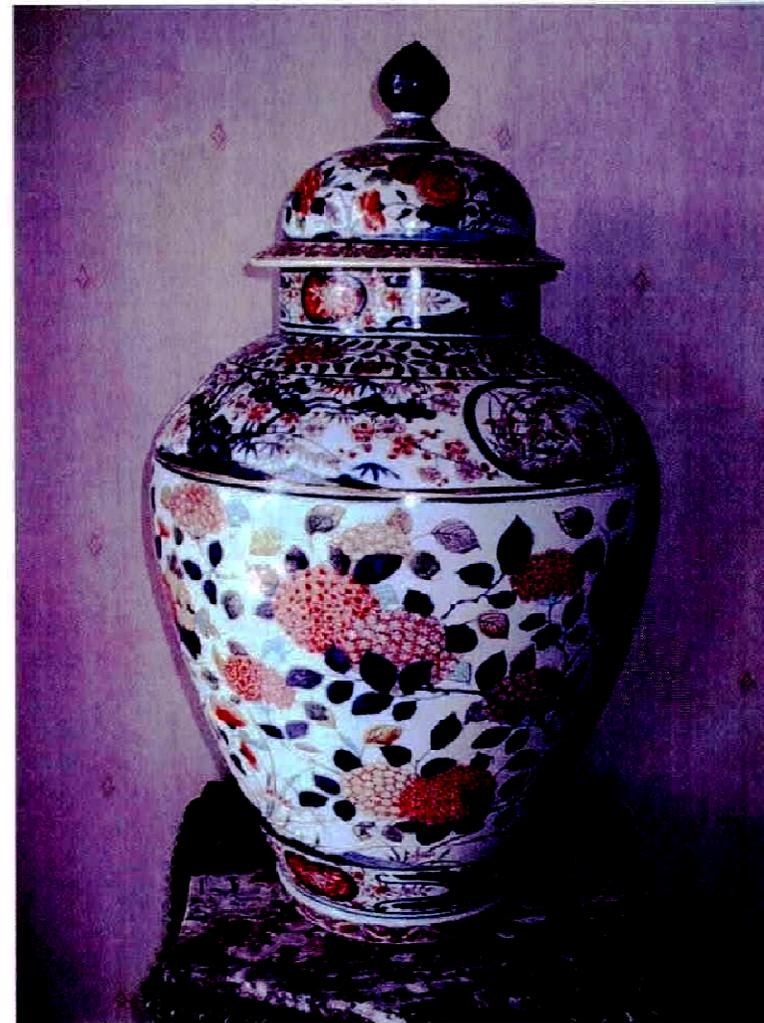
- Primo riscaldamento
- Secondo riscaldamento (spettro di corpo nero)

PORCELLANA

- Scoperta in Cina ~ 300 d.c.
- Marco Polo la porta a Venezia 1298
- In Toscana si inventa quella TENERA 1450
- In Germania BÖTTGER inventa
la porcellana dura Europea
poi per prima prodotta a Meissen 1710
- In Italia:
 - a Venezia 1720
 - a Doccia 1735
 - a Capodimonte 1740
 - a Vinovo 1765

I cinesi e il segreto della porcellana

- ❑ La produzione di porcellana si fonda sull'uso del "caolino", gli antichi cinesi riuscivano a rendere questo materiale particolarmente plastico aggiungendo urina
- ❑ L'impasto di caolino e urina subiva un processo di manipolazione attraverso l'uso di bufali che, calpestandolo, rendevano l'impasto plastico e resistente allo stesso tempo, tanto da poterla ridurre a spessori simili a quelli della carta senza romperla durante la lavorazione
- ❑ **Böttger**, riuscì a scoprire il segreto gelosamente custodito della porcellana nel 1709.

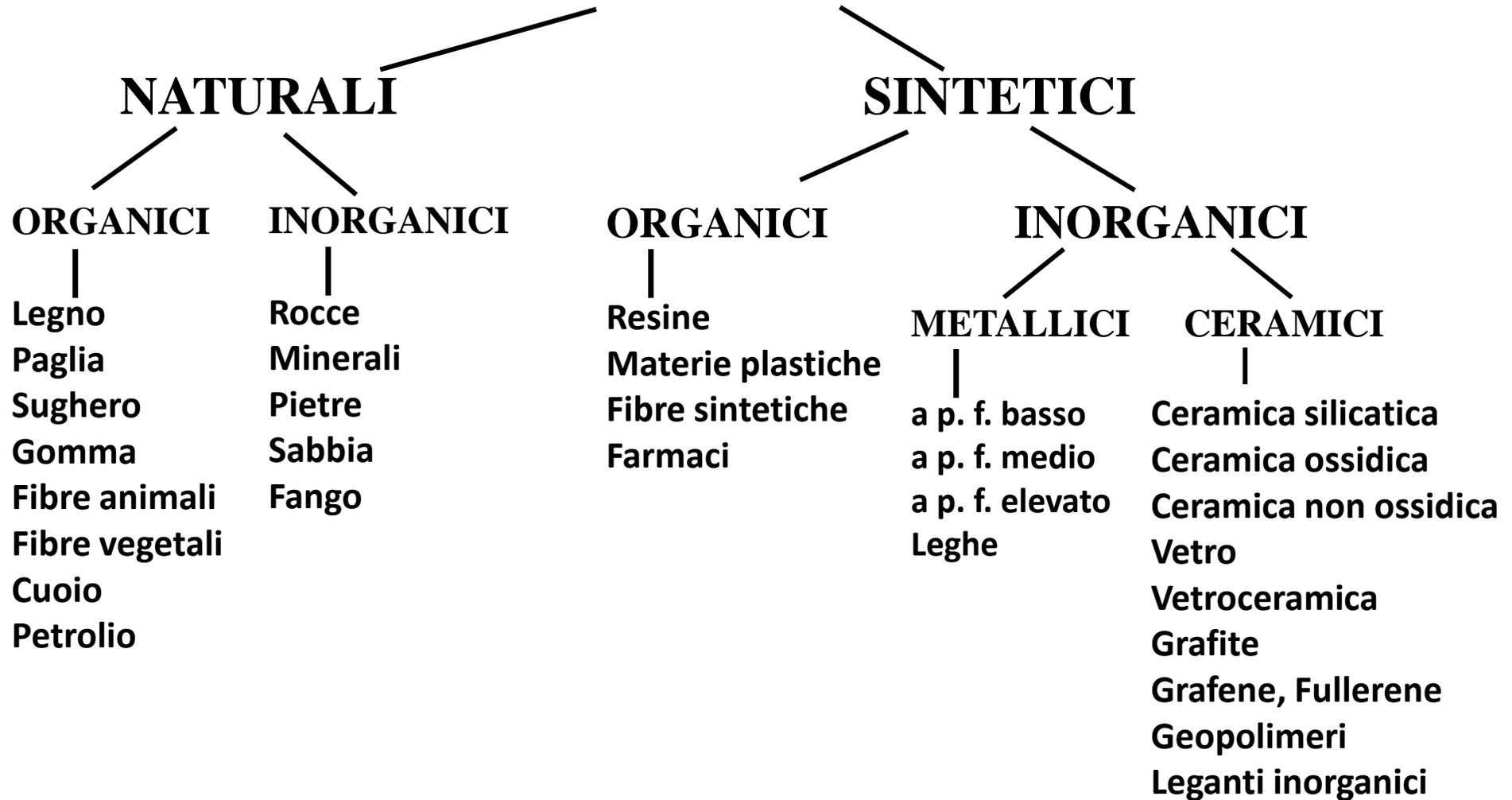


MATERIALI

ALIMENTARI: Per prodotti essenziali per vivere.

INDUSTRIALI: Per prodotti necessari per vivere meglio.

MATERIALI



CARATTERI DISTINTIVI

METALLI

Densità elevata

Punto di fusione
basso-medio-alto

Durezza media

Modulo elastico
medio-alto

Reattivi

Duttili

CERAMICHE

Densità media

Punto di fusione alto

Durezza elevata

Modulo elastico
molto-alto

Non reattivi

Fragili

POLIMERI

Densità bassa

Punto di fusione basso

Durezza bassa

Modulo elastico basso

Molto reattivi

Sia duttili che fragili

CERAMICHE

IN SENSO STRETTO: Da materie prime inorganiche non metalliche provviste di plasticità dell'impasto che consente la formatura prima della sinterizzazione ad alta temperatura ma inferiore a quella di fusione.

IN SENSO LATO: Da materie prime inorganiche non metalliche prive di plasticità, formate e densificate con procedimenti differenti.

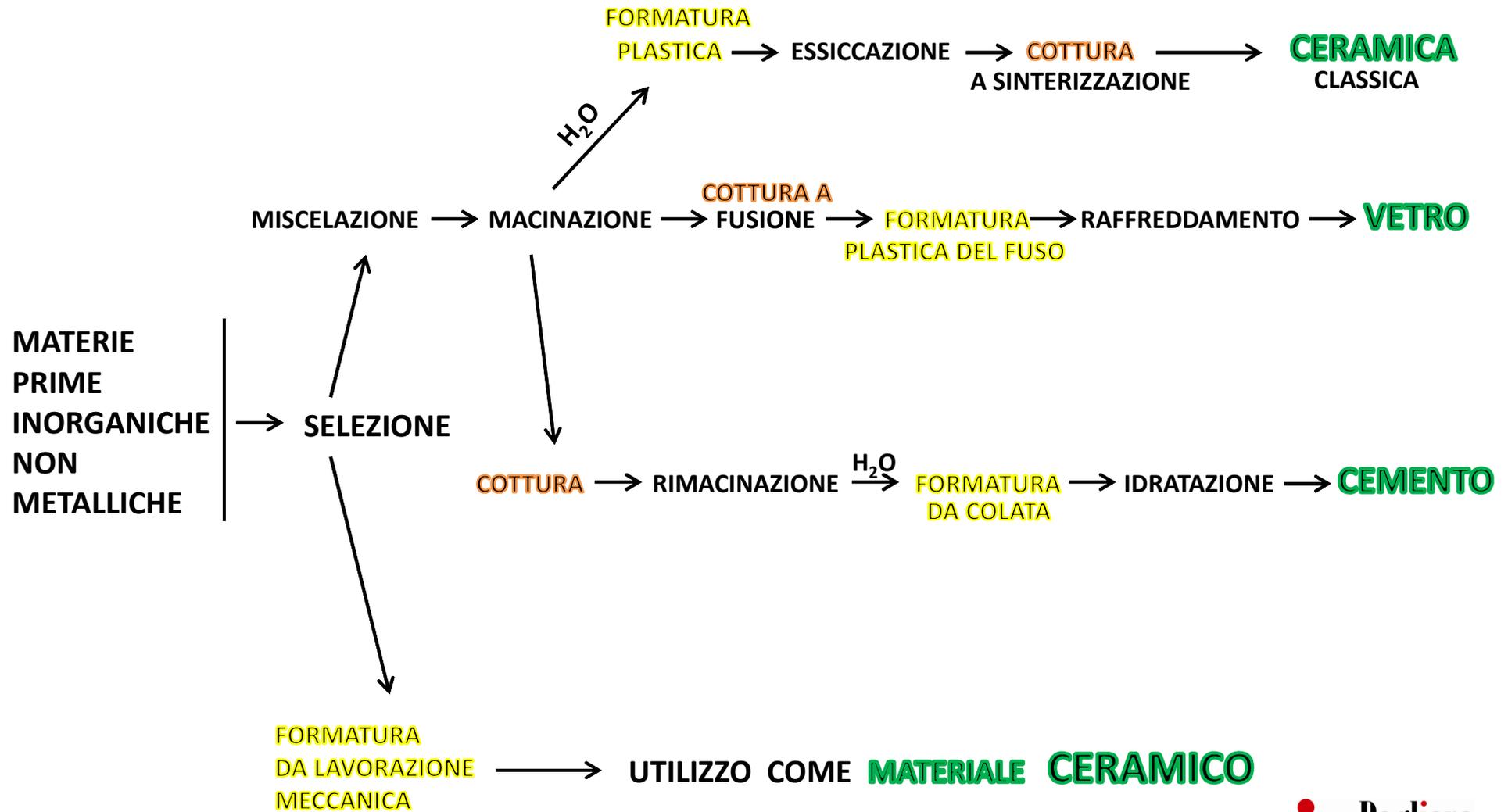
FORMULE CHIMICHE

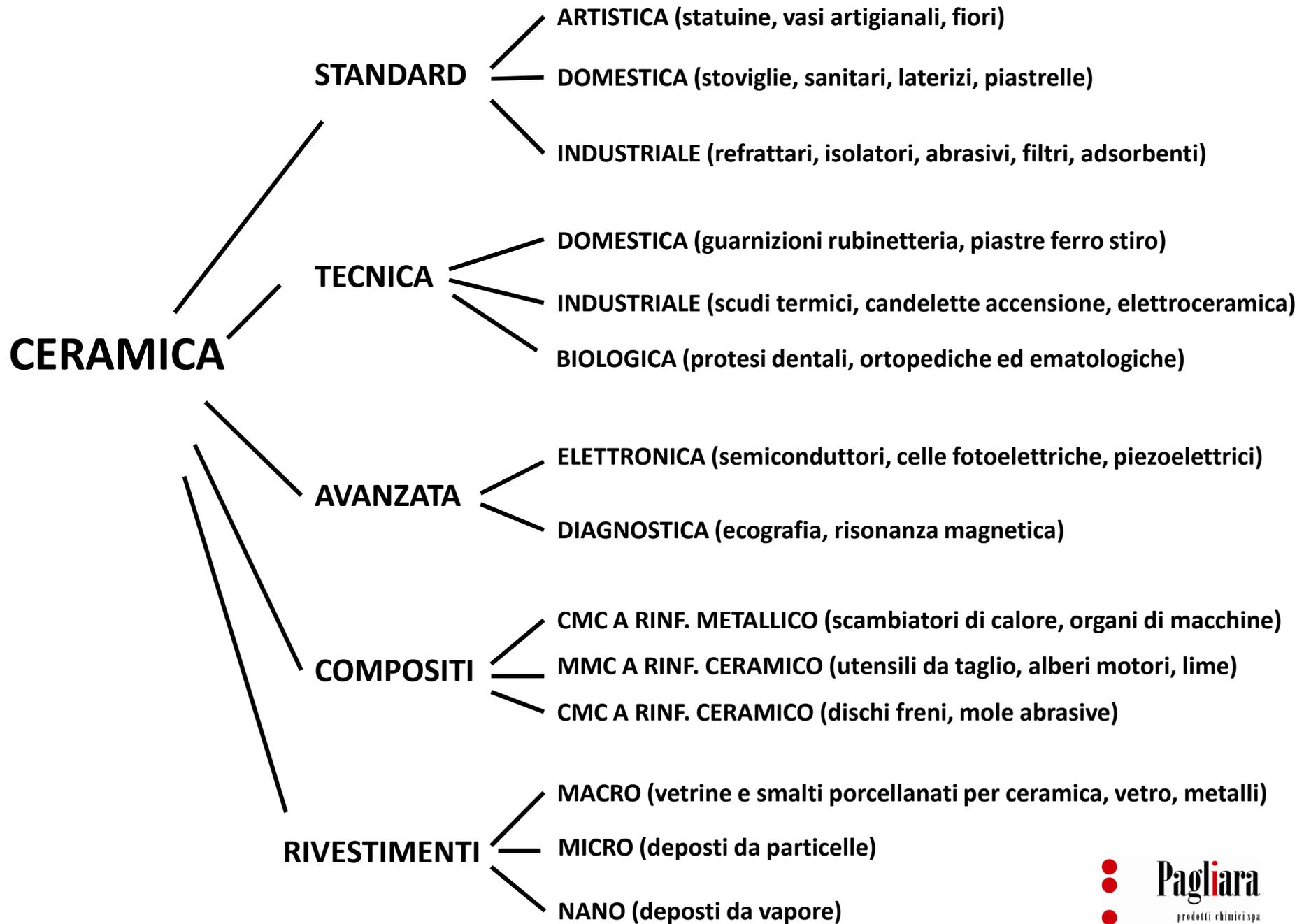
MATERIE PRIME

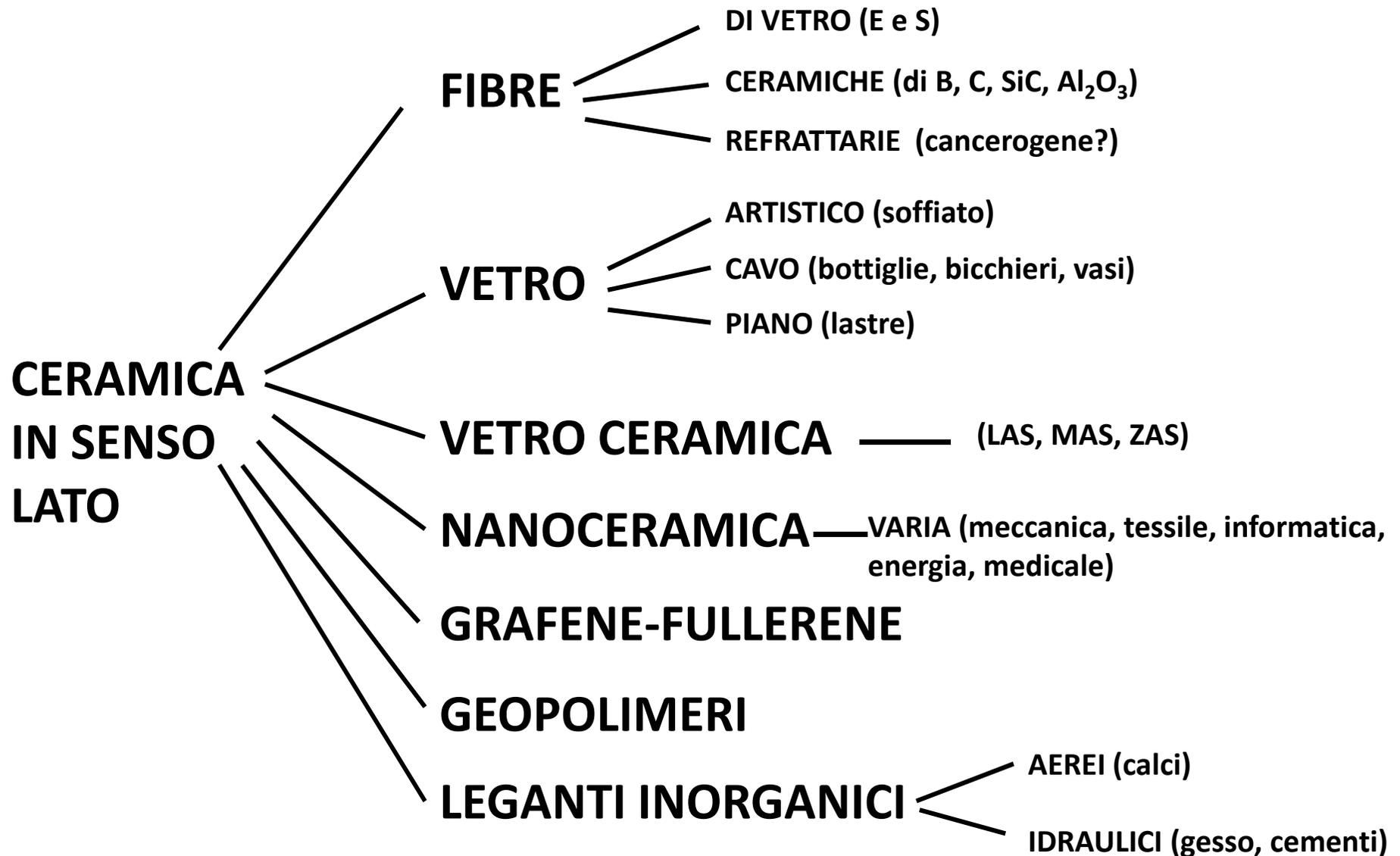
		p. f. °C							
CAOLINITE:	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$	(500)							
METACAOLINO:	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	(1100)							
MONTMORILLONITE:	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2$	(480)							
FELDSPATI	<table> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>ORTOCLASIO:</td> <td>$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$</td> <td>1150</td> </tr> <tr> <td>ALBITE:</td> <td>$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$</td> <td>1118</td> </tr> </table>	{	ORTOCLASIO:	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1150	ALBITE:	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1118	
{	ORTOCLASIO:		$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1150					
	ALBITE:	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1118						
FELDSPATOIDI	<table> <tr> <td rowspan="2">{</td> <td>ANORTITE:</td> <td>$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$</td> <td>1553</td> </tr> <tr> <td>NEFELINA:</td> <td>$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$</td> <td>1526</td> </tr> </table>	{	ANORTITE:	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	1553	NEFELINA:	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	1526	
{	ANORTITE:		$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	1553					
	NEFELINA:	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	1526						
SILLIMANITE/ANDALUSITE/CIANITE	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	1325							
QUARZO:	SiO_2	(870)							
FORSTERITE	$2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	1890							

(p.f.) = decomposizione o cambiamento di struttura cristallina

DIFFERENZE PRODUTTIVE DEI MATERIALI CERAMICI







N.B. – I leganti inorganici non saranno trattati in questo corso

DEFINIZIONI

MATERIALE CERAMICO = Qualunque materiale inorganico sintetico o naturale non metallico, duro, insolubile, resistente alle alte temperature ma fragile.

CERAMICA PROPRIAMENTE DETTA = Materiale argilloso polverizzato fine che viene prima formato grazie alla plasticità dell'impasto acquoso (idroplasticità) e poi densificato per cottura ad alta temperatura (sinterizzazione).

CERAMICHE TECNICHE = Materiale ceramico che per le sue specifiche caratteristiche strutturali viene utilizzato nel settore ingegneristico.

CERAMICHE AVANZATE = Materiale ceramico prodotto e formato con nuovi processi appositamente sviluppati per utilizzare le sue specifiche caratteristiche funzionali in tecnologie avanzate.

VETRO = Materiale che da uno stato di polvere incoerente viene prima fuso in una massa plastica e poi formato. Con il raffreddamento solidifica allo stato vetroso non cristallino, conservando la forma impressa.

VETROCERAMICA = Durante il raffreddamento si inoculano nel vetro dei centri di cristallizzazione che innescano la cristallizzazione ceramica del vetro.

NANOCERAMICA = Materiale ceramico avente almeno una dimensione a livello nanometrico (1 -100 nm).

LEGANTI IDRAULICI = Materiale marnoso che viene prima cotto ad alta temperatura, poi micronizzato e formato grazie alla sua idroplasticità. La densificazione avviene chimicamente attraverso la presa e l'indurimento idraulico.

MATERIE PRIME PER CERAMICHE

- COMPONENTE PLASTICO

ARGILLA, CAOLINO, MONTMORILLONITE, ILLITE, CLORITE

- INERTI O SMAGRENTI (ANTIRITIRO)

QUARZO, CHAMOTTE, TALCO, PIROFILLITE

- FONDENTI E VETRIFICANTI

FELDSPATO (ORTOCLASIO, ALBITE, ANORTITE), NEFELINA, ANDALUSITE

- ESPANDENTI

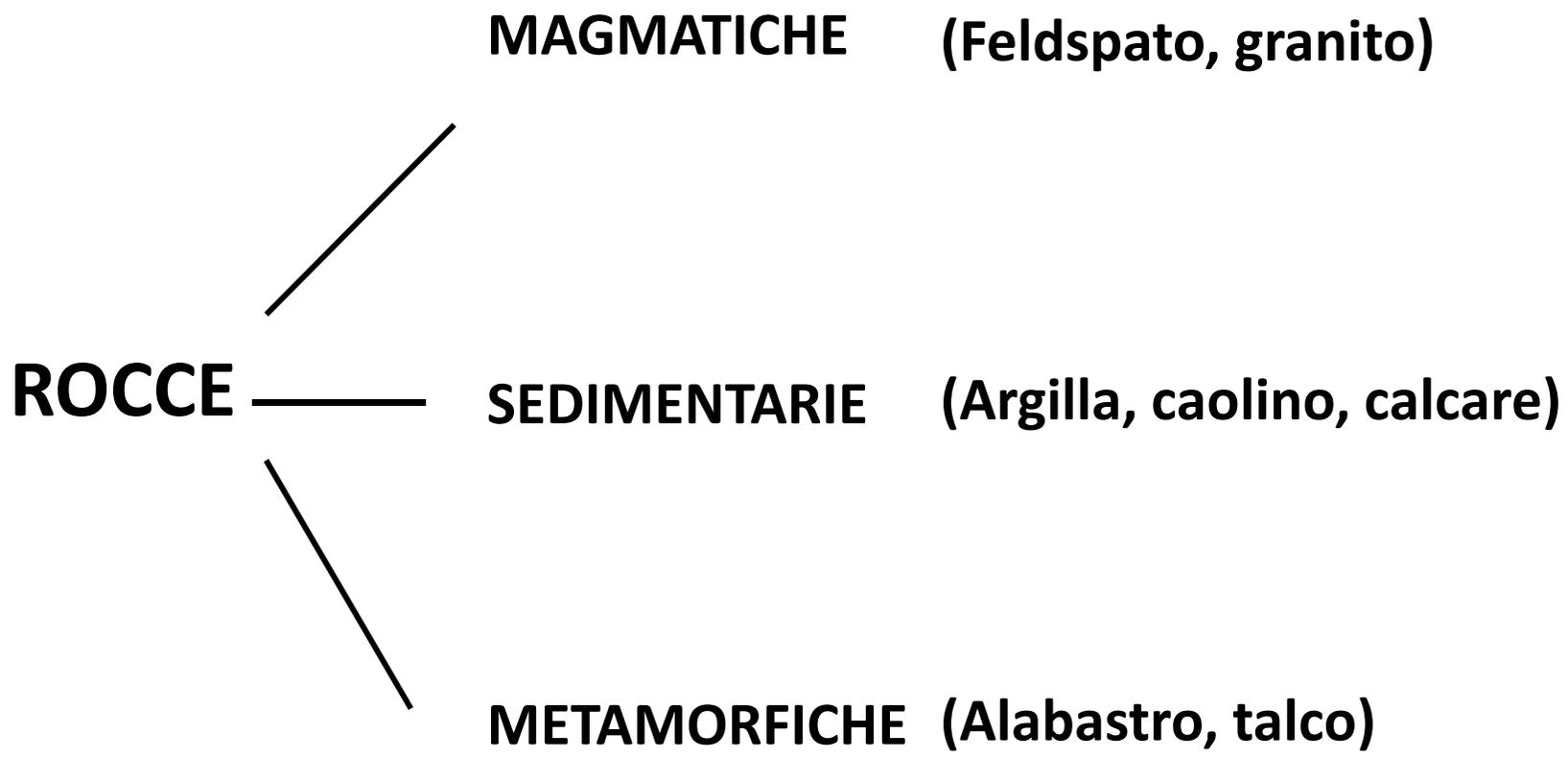
CaO, MgO e rispettivi carbonati

- AUSILIARI D'IMPASTO

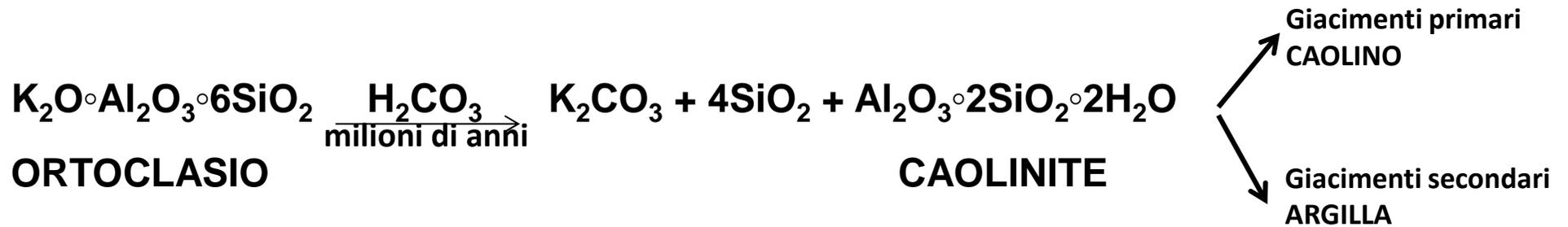
ACQUA, LEGANTI, DEFLOCCULANTI INORGANICI (Carbonato di sodio, silicato di sodio, fosfato di sodio), ORGANICI (disperdenti), FLOCCULANTI, PLASTIFICANTI

- AUSILIARI DI SINTERIZZAZIONE

MAGNESIO OSSIDO, CALCIO CARBONATO, DOLOMITE

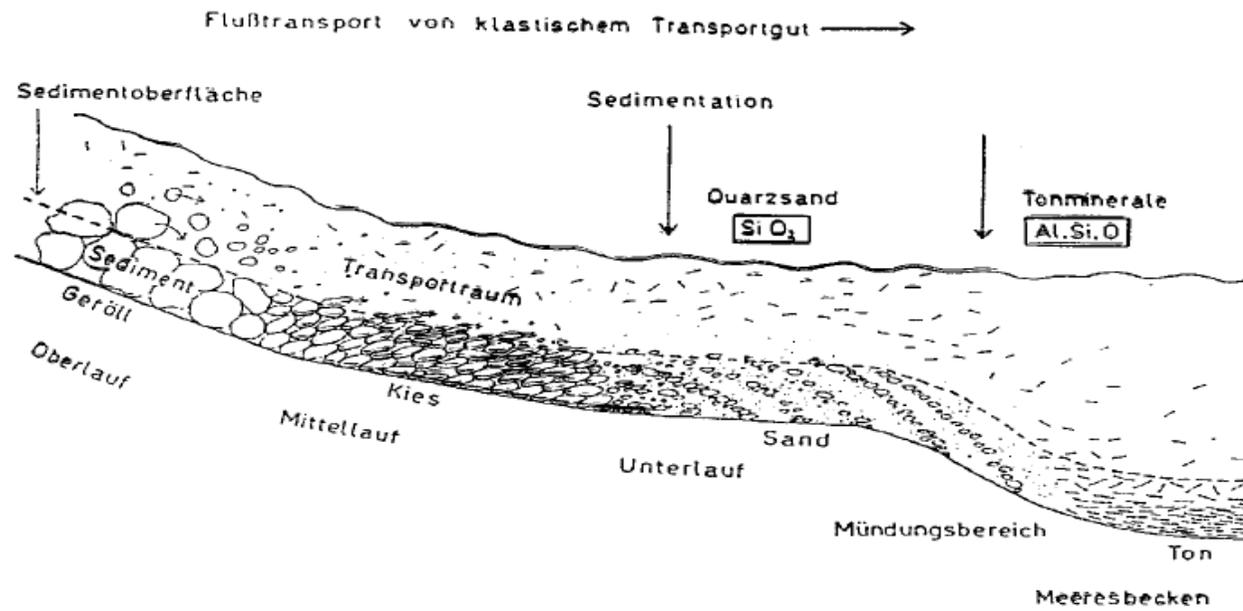
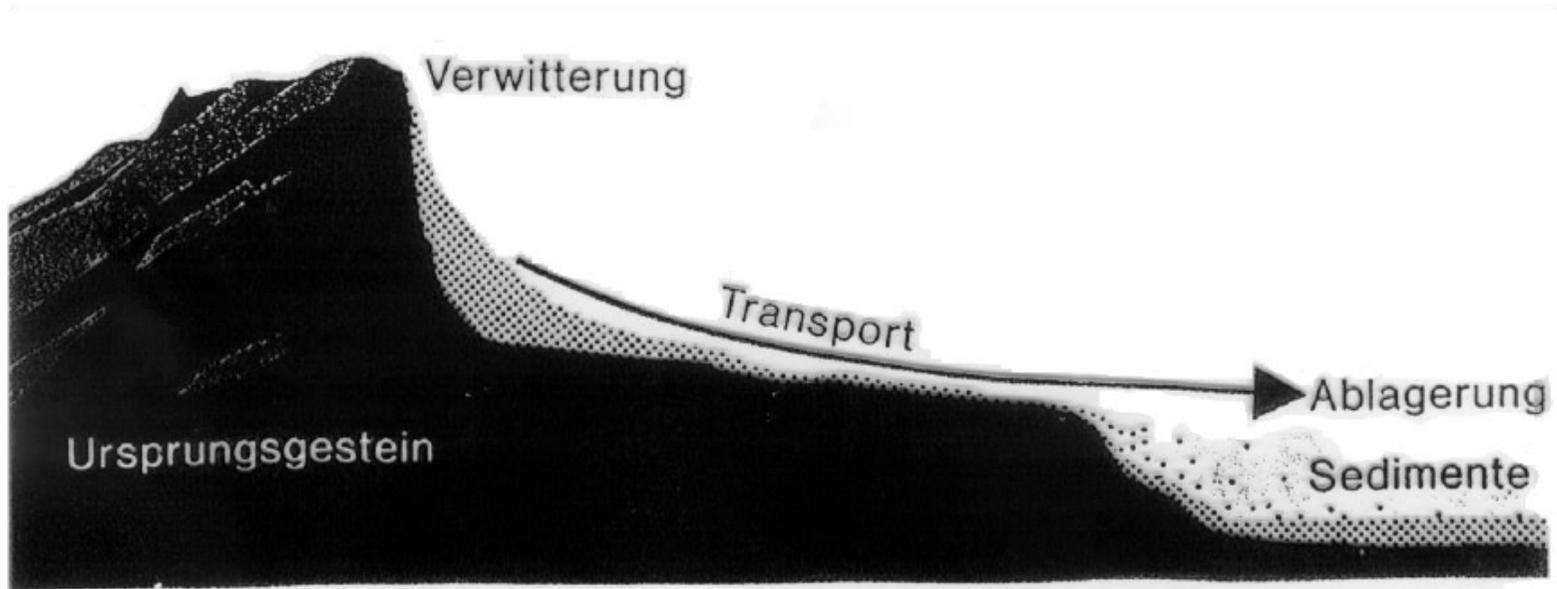


FELDSPATO → CAOLINO → ARGILLA



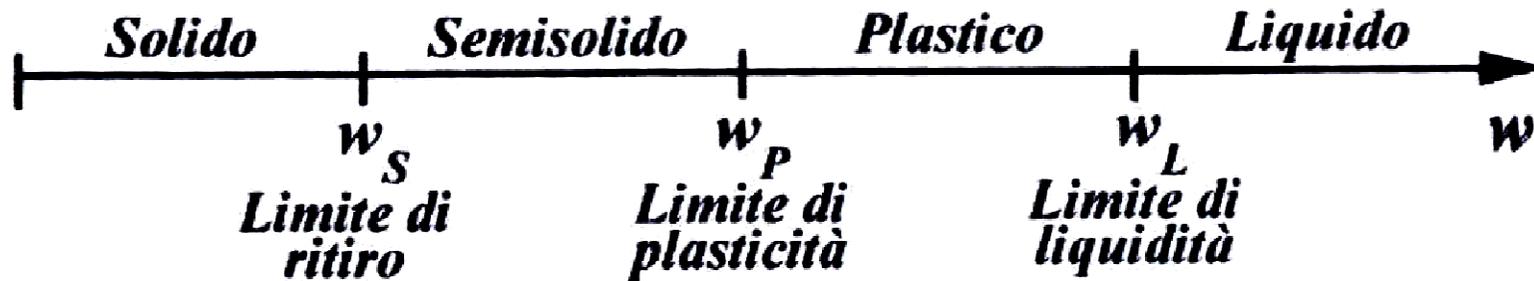
L'ARGILLA È IL COSTITUENTE BASE DELLA CERAMICA.

IL CAOLINO È IL COSTITUENTE BASE DELLA PORCELLANA INSIEME A FELDSPATO E QUARZO.



IDROPLASTICITÀ

Attitudine di un impasto acquoso ad essere modellato. La fluidificazione con acqua aumenta la lavorabilità ma anche il ritiro di essiccazione. A seconda del contenuto in acqua si definiscono i seguenti limiti (detti di Atterberg).



LIMITI DI ATTERBERG

LIMITE DI LIQUIDITÀ WL – Si determina con il cucchiaio di Casagrande e corrisponde al contenuto di acqua per il quale, nell'impasto posto nella ciotola, un solco tracciato con apposito utensile si chiude dopo 25 colpi. (Figura B)

LIMITE DI PLASTICITÀ WP – Si determina formando dei bastoncini di spessore 3,2 mm. Il contenuto di acqua corrispondente a quando, durante la formatura, iniziano a fessurarsi è il valore WP. (Figura A)

LIMITE DI RITIRO WS – È il valore del contenuto minimo di acqua al di sotto del quale non si ha ritiro di essiccazione.

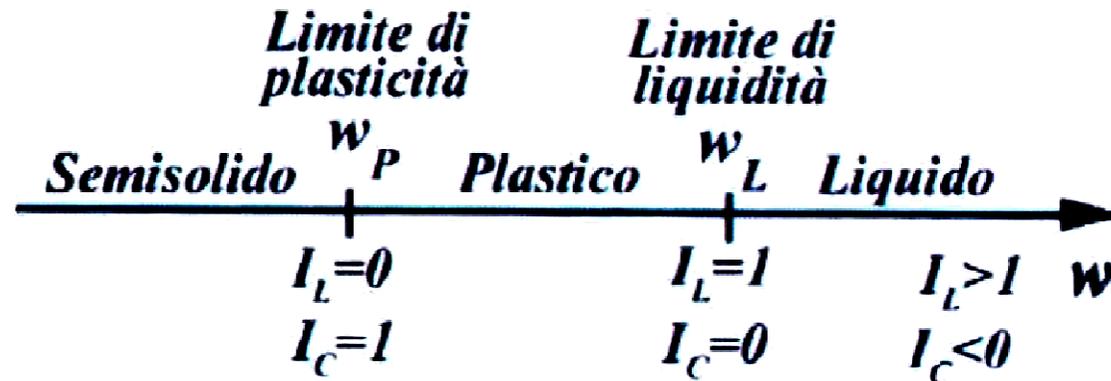
INDICI DI ATTERBERG

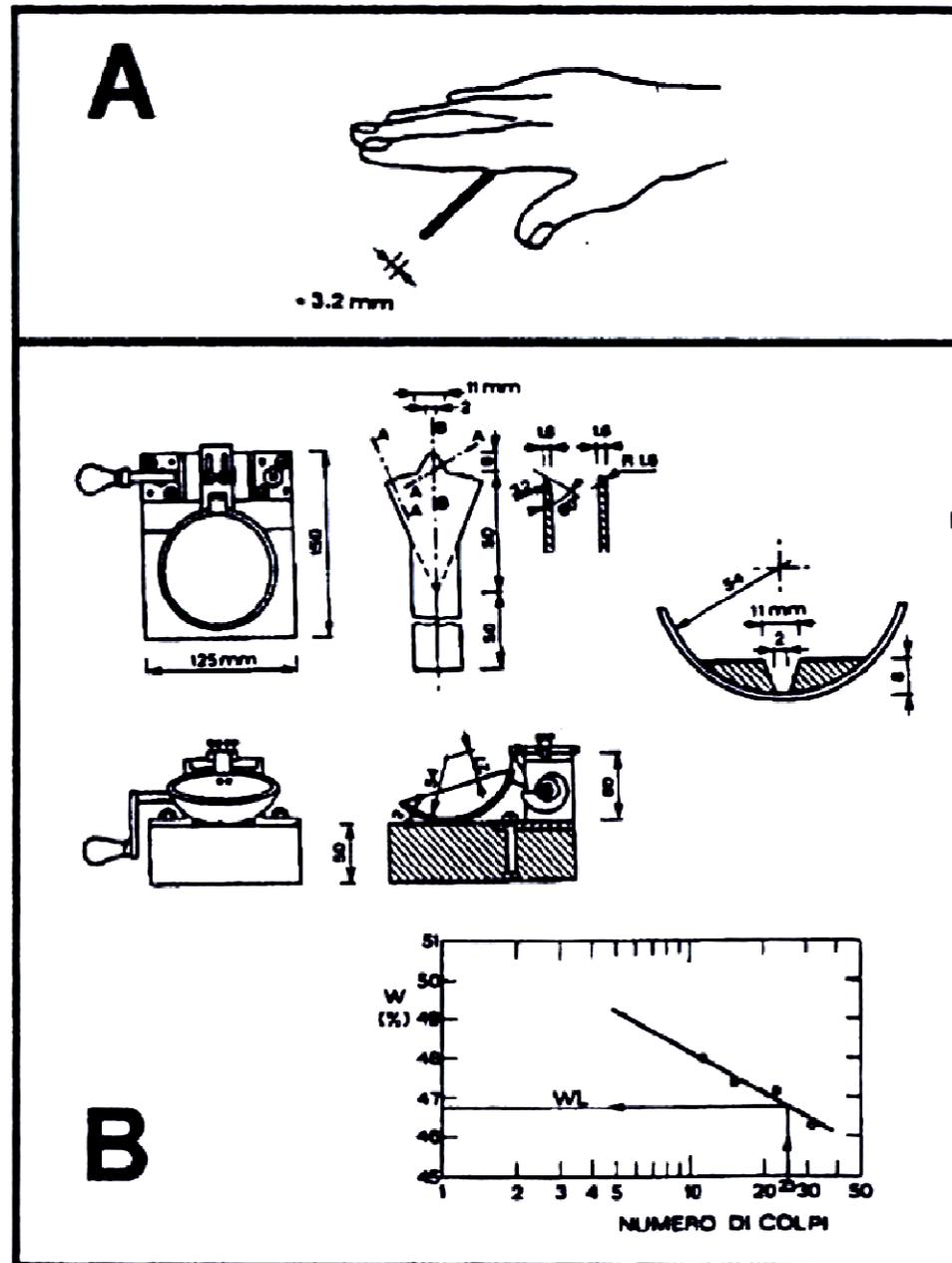
$$\text{INDICE DI PLASTICITÀ } I_p = W_L - W_p$$

$$\text{INDICE DI LIQUIDITÀ } I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{W - W_p}{I_p}$$

$$\text{INDICE DI CONSISTENZA } I_C = \frac{W_L - W}{W_L - W_p} = \frac{W_L - W}{I_p} = 1 - I_L$$

Ove W è il contenuto di acqua del provino





- Metodologia seguita per la determinazione dei limiti di Atterberg: A) limite plastico; B) limite liquido

PLASTICITÀ DELL'ARGILLA

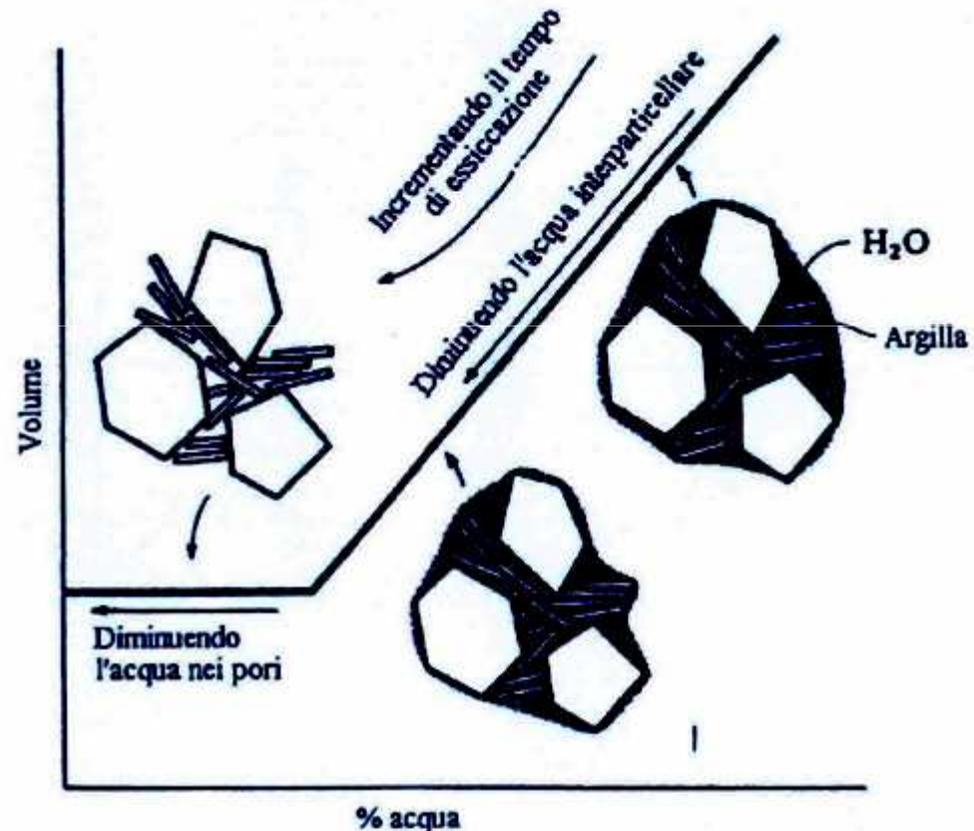
L'elevata plasticità dell'argilla deriva dalla caolinite che con acqua si idrata e rigonfia. Questo fenomeno richiede del tempo pertanto gli impasti argillosi devono maturare un certo tempo per raggiungere la migliore lavorabilità. Si cerca di utilizzare sempre il minimo di acqua per diminuire il ritiro in essiccazione. Le argille magre sono quelle a basso contenuto di caolinite e presentano bassa plasticità ma anche basso ritiro. Quelle grasse sono ad elevata plasticità ed elevato ritiro sia in essiccazione che in cottura, perciò spesso vengono smagrite con inerti come quarzo, feldspati, chamotte, cocchiopesto ecc.



Il cucchiaino di Casagrande

Essiccamento

- ❑ L'essiccamento consiste nella eliminazione dell'acqua contenuta nell'impasto prima della fase di cottura.
- ❑ L'alta percentuale di acqua e gli elevati spessori fanno di questa, una delle fasi più delicate di tutto il processo produttivo.
- ❑ Si possono avere fratture e deformazioni a causa degli stress che si originano a causa del ritiro della massa.



MATERIALI CERAMICI

SINTERIZZATI (POROSI)

CERAMICHE ARTISTICHE
FAENZE/MAIOLICHE
TERRAGLIE TENERE
TERRACOTTA
LATERIZI
PIASTRELLE
SANITARI
STOVIGLIE
REFRATTARI
CERAMICHE TECNICHE
CERAMICHE AVANZATE

GREIFICATI (BASSA POROSITÀ)

GRES
PORCELLANA
GRES PORCELLANATO
TERRAGLIE FORTI
VITREUS

VETRIFICATI (POROSITÀ ZERO)

AMORFI

VETRI SILICATICI
CRISTALLI AL Pb
VETRO PYREX
VETRO DI SILICE
VETRI OTTICI
VETRINE
SMALTI

RICRISTALLIZZATI

VETRO CERAMICA
LAS
MAS
ZAS

DENSIFICAZIONE DELLA CERAMICA

SINTERIZZAZIONE SOLIDA

Coalescenza di polveri per cottura a temperatura inferiore a quella di fusione. Se la temperatura è abbastanza elevata si ha anche la diffusione molecolare dalle particelle piccole alle grandi.

Si ottiene un solido a struttura porosa tipica della ceramica propriamente detta. La misura della porosità fornisce il grado di sinterizzazione.

VETRIFICAZIONE

Raffreddamento di un fuso con formazione di un solido a struttura compatta ma amorfa tipica del vetro. Porosità nulla.

GREIFICAZIONE = SINTERIZZAZIONE LIQUIDA

Sinterizzazione con parziale vetrificazione del componente fondente. Si ottiene una struttura compatta a bassa porosità tipica del gres e della porcellana.

DENSIFICAZIONE REATTIVA

Se le polveri reagiscono chimicamente con le fasi liquide come avviene per i leganti idraulici.

COTTURA

Durante la cottura si verificano diverse reazioni prima di arrivare alla densificazione:

- < 400°C** - Eliminazione di acqua e materie volatili varie.
- 400-600°C** - Disidratazione della caolinite a metacaolino:
$$\text{Al}_2\text{O}_3 \bullet 2\text{SiO}_2 \bullet 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \bullet 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- 800-100°C** - Decomposizione dei carbonati a ossidi con perdita di CO_2 . Fino a questo punto il ritiro è conseguente alla perdita di massa, oltre sarà dovuto alla formazione di prodotti a peso specifico maggiore.
- 1000-1200°C** - Reazione degli ossidi con quarzo e metacaolino con formazione di silicati e metasilicati di Calcio e Magnesio. Il metacaolino si decompone in mullite + silice: $3(\text{Al}_2\text{O}_3 \bullet 2\text{SiO}_2) \longrightarrow 2\text{SiO}_2 \bullet 3\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{SiO}_2$.
- 1200-1300°C** - Inizia la coalescenza delle particelle e la fusione dei feldspati il cui vetro va a occupare in parte la porosità interparticellare.
- 1300-1400°C** - Diffusione delle particelle più piccole verso quelle più grandi. Dopo la prevista sosta, inizia il raffreddamento. Se invece si prolunga la cottura partono delle reazioni che portano a prodotti più leggeri con diminuzione del ritiro.
- 1400°C** - Trasformazione del Quarzo (p. sp. 2,6) a Cristobalite (p. sp. 2,2) con diminuzione del ritiro per sovracottura.

FATTORI DI SINTERIZZAZIONE DELLE POLVERI CERAMICHE

1. FINEZZA DELLE POLVERI
2. COMPATTAZIONE DELLE POLVERI
3. TEMPERATURA DI COTTURA *(sempre inferiore a quella di fusione)*
4. DURATA DELLA COTTURA
5. PRESENZA DI AUSILIARI *(MgO, CaO, SnO₂, V₂O₃)*
6. REATTIVITÀ DEL MATERIALE ALLA SINTERIZZAZIONE

DENSIFICAZIONE CERAMICA

SINTERIZZAZIONE SOLIDA = COALESCENZA + DIFFUSIONE

COALESCENZA = SALDATURA DELLE PARTICELLE

DIFFUSIONE = TRASFERIMENTO DI MOLECOLE DA PARTICELLE PIÙ

PICCOLE ALLE PIÙ GRANDI (CERAMICA CLASSICA, TERRACOTTA, LATERIZI)

LA SINTERIZZAZIONE SOLIDA RESIDUA UNA CERTA POROSITÀ

DIPENDENTE DAL GRADO DI COTTURA.

GREIFICAZIONE = SINTERIZZAZIONE + FUSIONE VETROSA

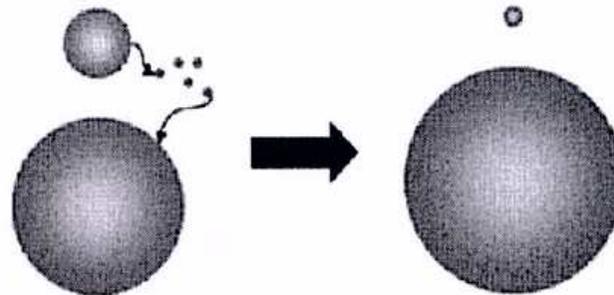
LA FASE VETROSA RIEMPIE LA POROSITÀ E PRODUCE MATERIALE

COMPATTO (PORCELLANA, GRES) A BASSISSIMA POROSITÀ.

**VETRIFICAZIONE = FUSIONE VETROSA – PRODUCE
MATERIALE AMORFO (VETRO) A ZERO POROSITÀ**

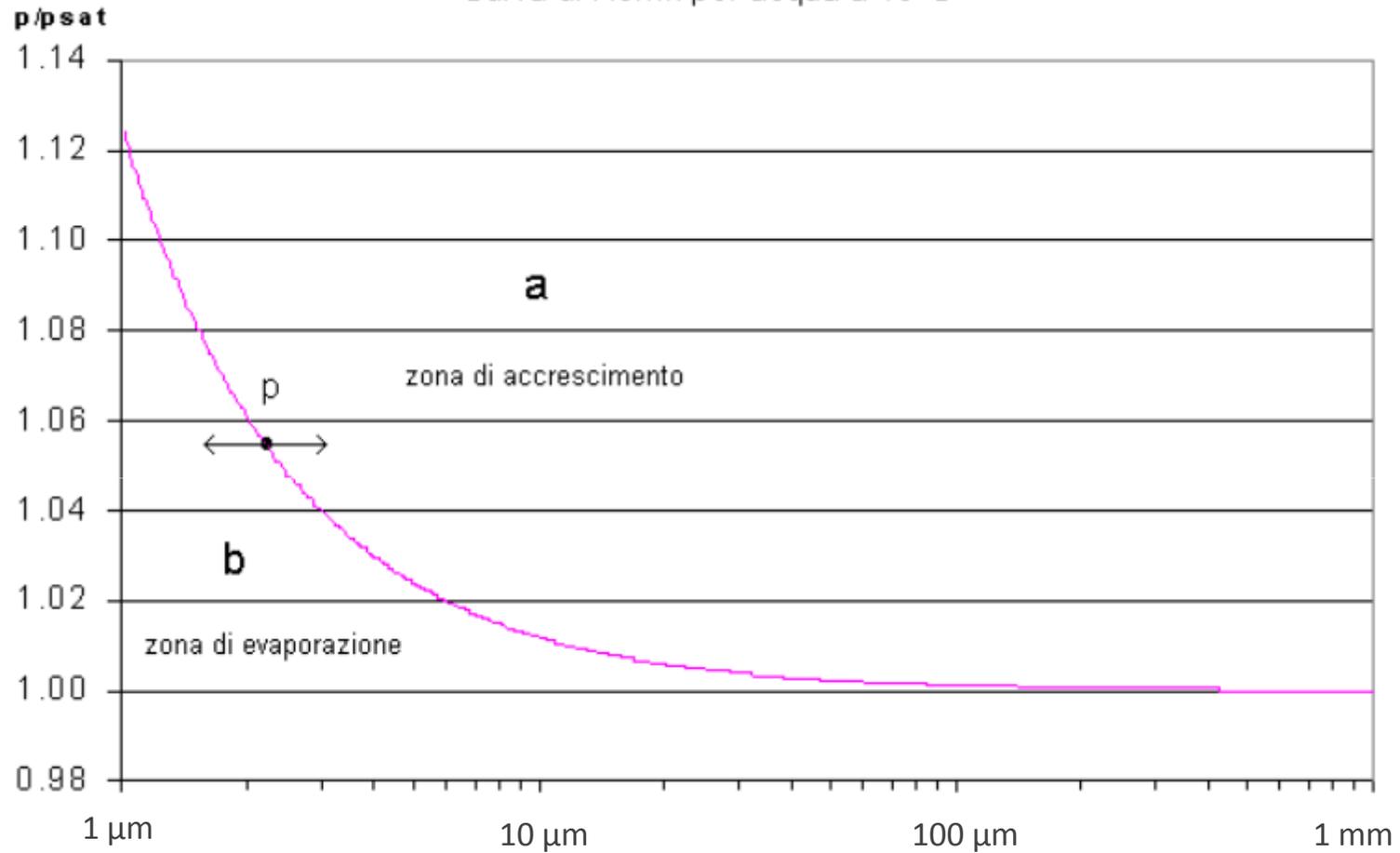
Equazione di kelvin

- Che ci dice che la tensione di vapore all'equilibrio aumenta al diminuire del raggio di curvatura; una goccia piccola di liquido possiede una tensione di vapore superiore a quella di una goccia più grande; ne segue che le due gocce se esposte al medesimo ambiente si trasformeranno, la goccia grande assorbirà quella piccola; Ostwald ripening

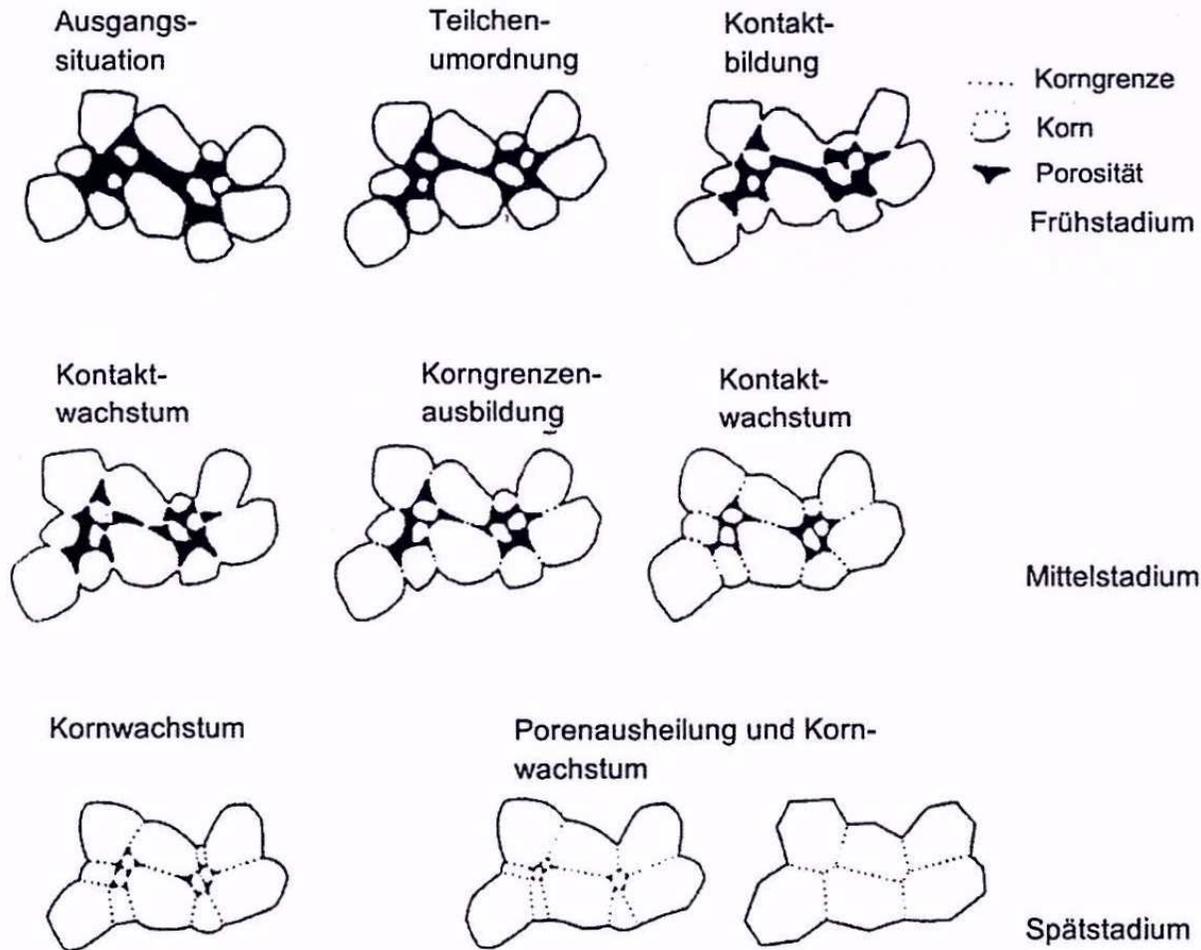


DIFFUSIONE VAPORE

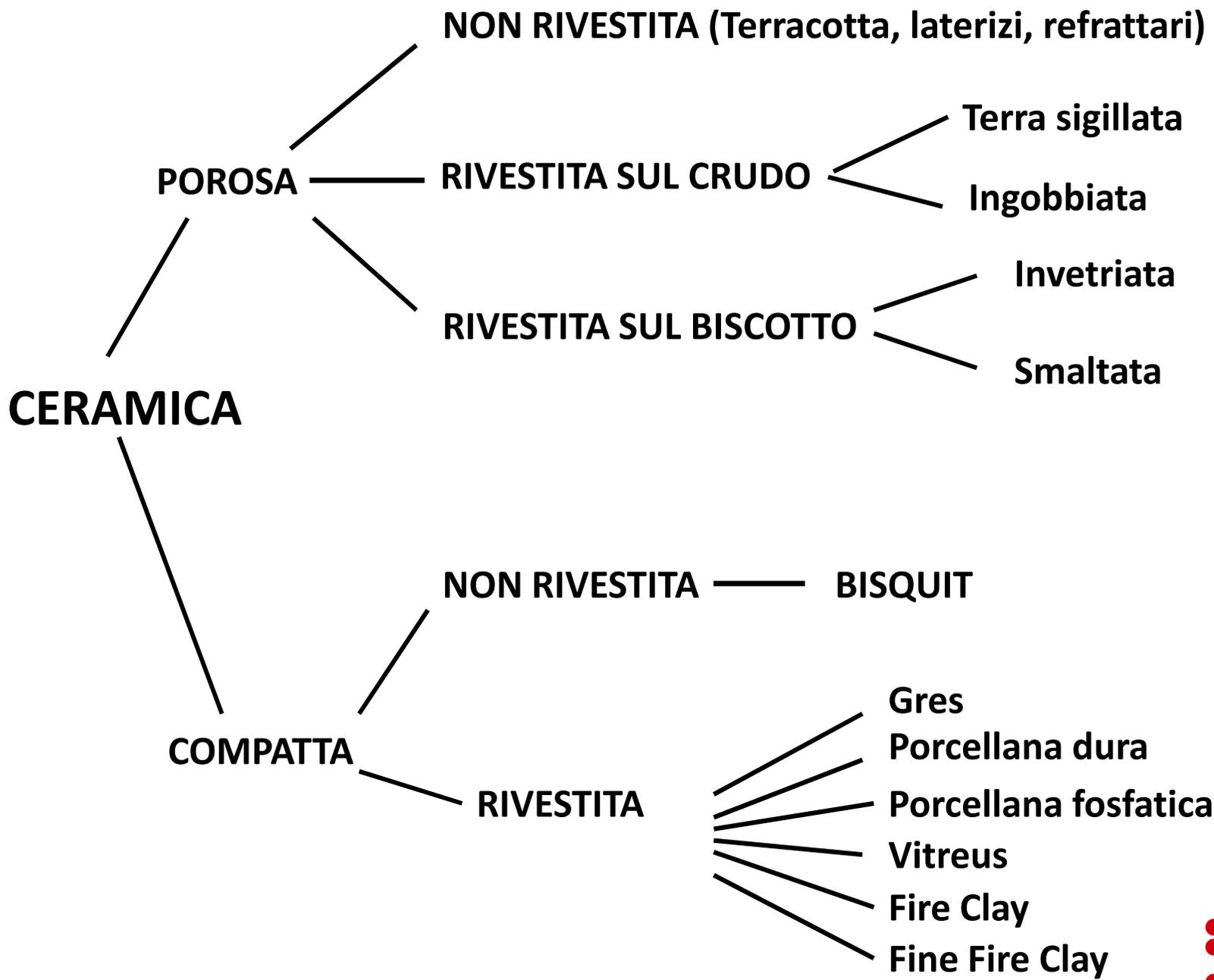
Curva di Kelvin per acqua a 10°C



SINTERIZZAZIONE SOLIDA CON COALESCENZA + DIFFUSIONE



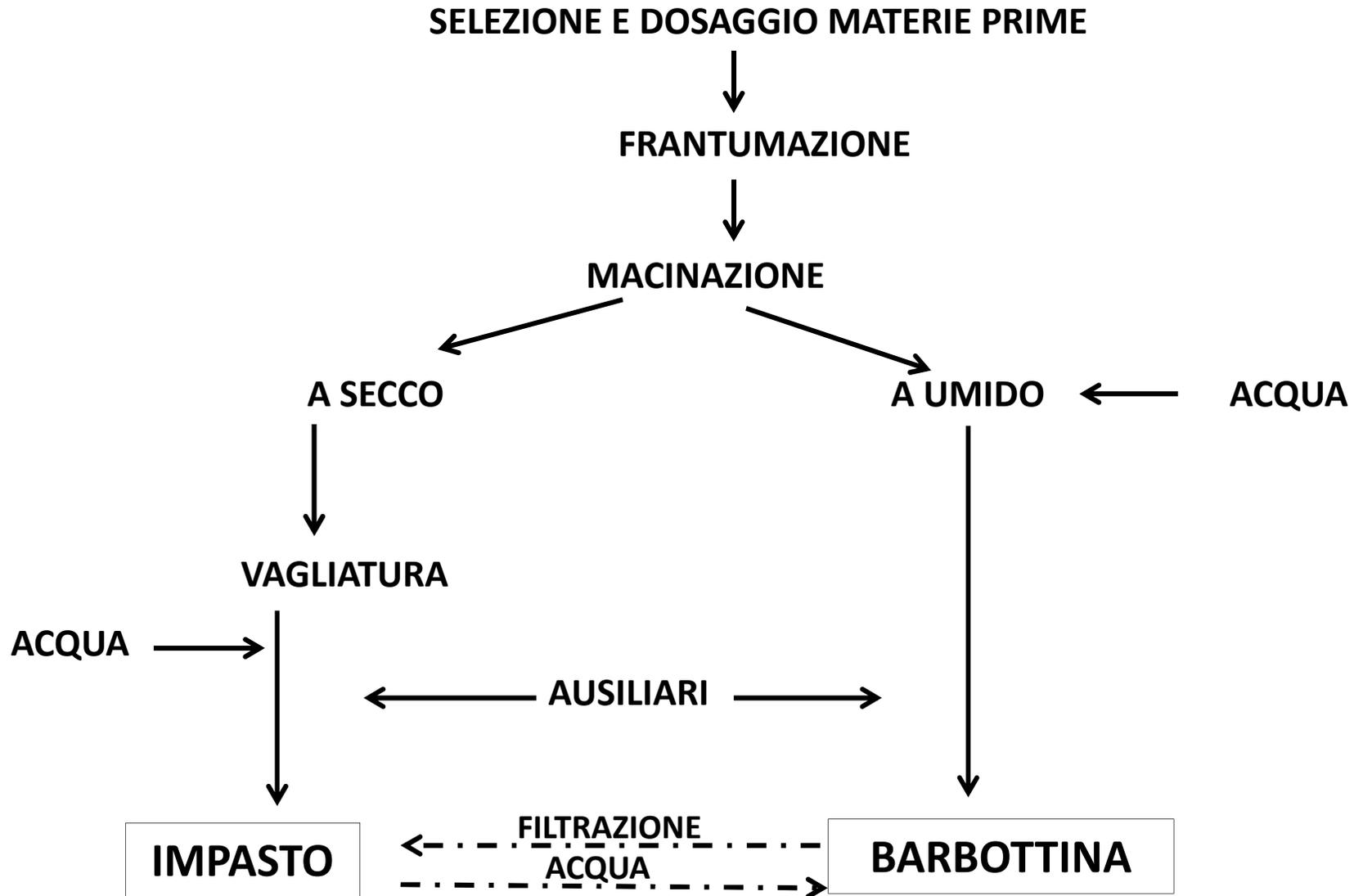
Kornwachstum während des Sinterprozesses

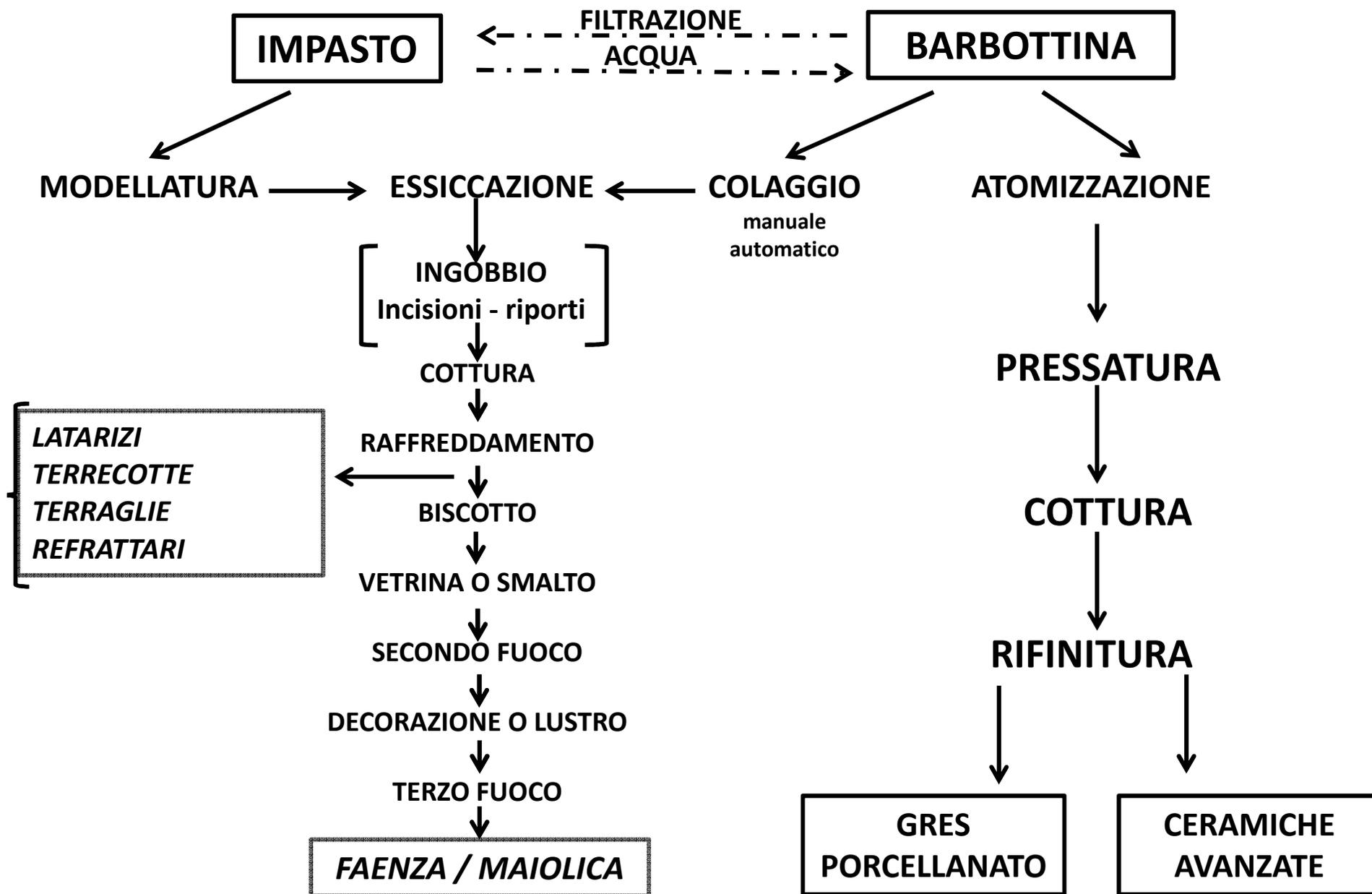


SCHEMA PRODUTTIVO DI BASE



SCHEMA DI PRODUZIONE CERAMICHE





Analisi chimica dei minerali argillosi

	p.c.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	F	TOT.
Caolinite (t)	13.9	46.5	39.6									100
Caolino di Zettlitz (i)	12.7	46.6	38.0	0.90		0.15	0.4	0.2	1.1	0.1		100.15
Argilla illitica di Mannesmann (Westerwald) (i)	4.76	71.0	19.2	1.11			0.84	0.24	2.25	0.19		99.59
Ortoclasio (t)		64.8	18.3						19.9			100
Feldsp. potassico Sud Africa (i)	0.3	66.9	18.2	0.10	0.01	0.1			11.2	3.0		99.81
Quarzo (t)		100.0										100
Quarzo Olandese (i)	0.2	99.6	0.2	0.05	0.05	0.05		0.1	0.05			100.30

(t) minerale teorico (i) minerale industriale

Composizioni mineralogiche di minerali feldspatici (calcolate)

	Ortoclasio o Microclino	Albite	Anortite	Nefelina	Quarzo	Caolinite	Varie
<i>Feldspati industriali</i>							
0305 Amberger, AKW (Baviera)	88	6			4		2
Alavus (Finlandia)	68	29	1,5				0,5
Tirschenreuter (Baviera)	38	10	2		44	3	3
Forshammar (Svezia)	29	31	2		34		4
HP Cornish Stone (Cornovaglia)	24	35	4		28	7	2
Lentrée, Dervio (Lago di Como)	13	51	3		30		3
Vibo Valentia (Calabria)	0,6	93	2,5		2,9		1

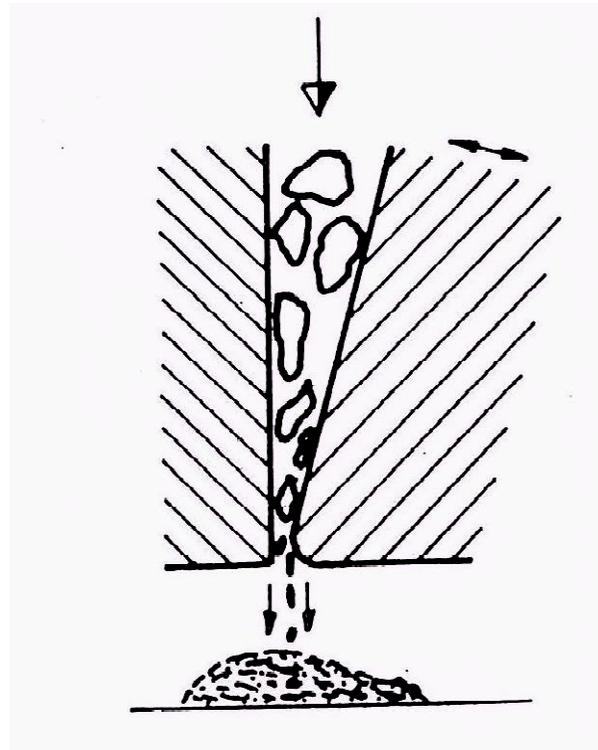
Analisi chimiche di minerali feldspatici

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.C.			
<i>Minerali teorici</i>											
Ortoclasio	64,7	18,4					16,9				
Albite	68,8	19,4				11,8					
Anortite	43,3	36,6		20,1							
Nefelina	42,3	35,9				21,8					
<i>Feldspati industriali</i>											
0305 Amberger, AKW (Baviera)	65,4	18,2	0,03	0,03	0,02	0,65	14,8	0,2	88	6	4
Alavus (Finlandia)	64,8	19,7	0,10	0,3	0,1	3,4	11,6	0,2	68	29	
Tirschenreuter (Baviera)	78,9	11,7	0,31	0,4	0,3	1,2	6,4	0,6	38	10	44
Forshammar (Svezia)	75,7	14,5	0,15	0,4	0,3	3,7	4,9	0,6	29	31	34
HP Cornish Stone (Cornovaglia)	72,2	16,1	0,23	2,0		4,1	4,1	1,4	24	35	28
Lentrée, Dervio (Lago di Como)	75,4	15,5	0,30	0,6		6,0	2,2	0,2	13	51	30
Vibo Valentia (Calabria)	68,5	19,2	0,17	0,4	0,2	11,0	0,1	0,2	0,6	93	2,9

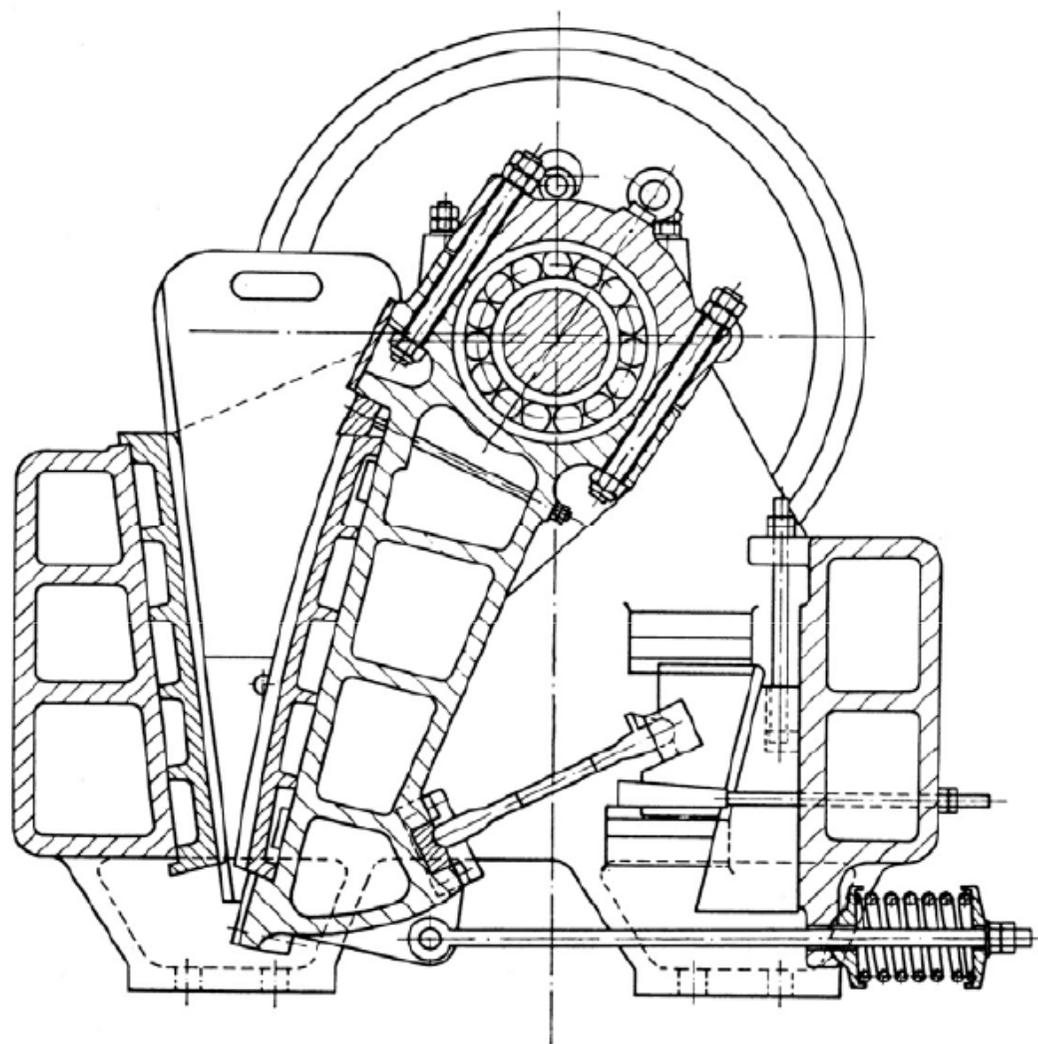
Nr.	Herkunft	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Glüh- verlust %
1	Deutschland <i>Siebengebirge</i> Wintermühlenhof	97,46	0,46		1,00	Spur	Spur	1,13
2	<i>Westerwald</i> Herschbach	97,94	0,92		0,19	Spur	Spur	0,18
3	<i>Vogelsberg</i> Rainrod	98,42	0,58		0,19	0,20	0,19	0,50
4	<i>Hessische Senke</i> Marienrode	97,30	0,65	0,84	0,45	Spur	Spur	0,39
5	<i>Süd-Hannover</i> Kattenbühl	98,30	0,17	0,64	0,69	0,07	Spur	0,15
6	<i>Sachsen</i> Glossen	98,39	0,64		0,32	0,20	Spur	0,25
7	Italien	97,90	0,36	0,64	0,06	Spur	Spur	0,85
8	Südafrika	94,20	0,29	1,72	0,76	2,01	Spur	--

ANALISI DI DIVERSI QUARZI

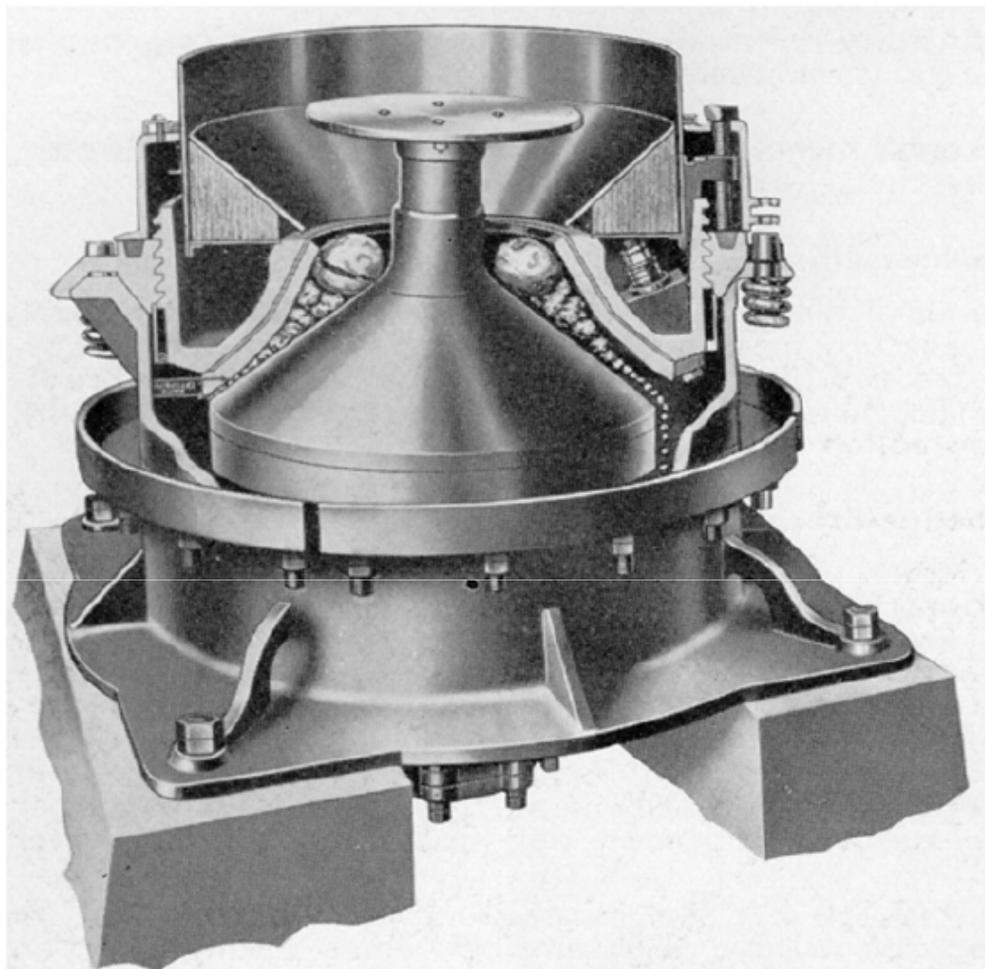
FRANTUMAZIONE CON FRANTOIO A MASCELLE



*Schema frantoio a
mascelle*

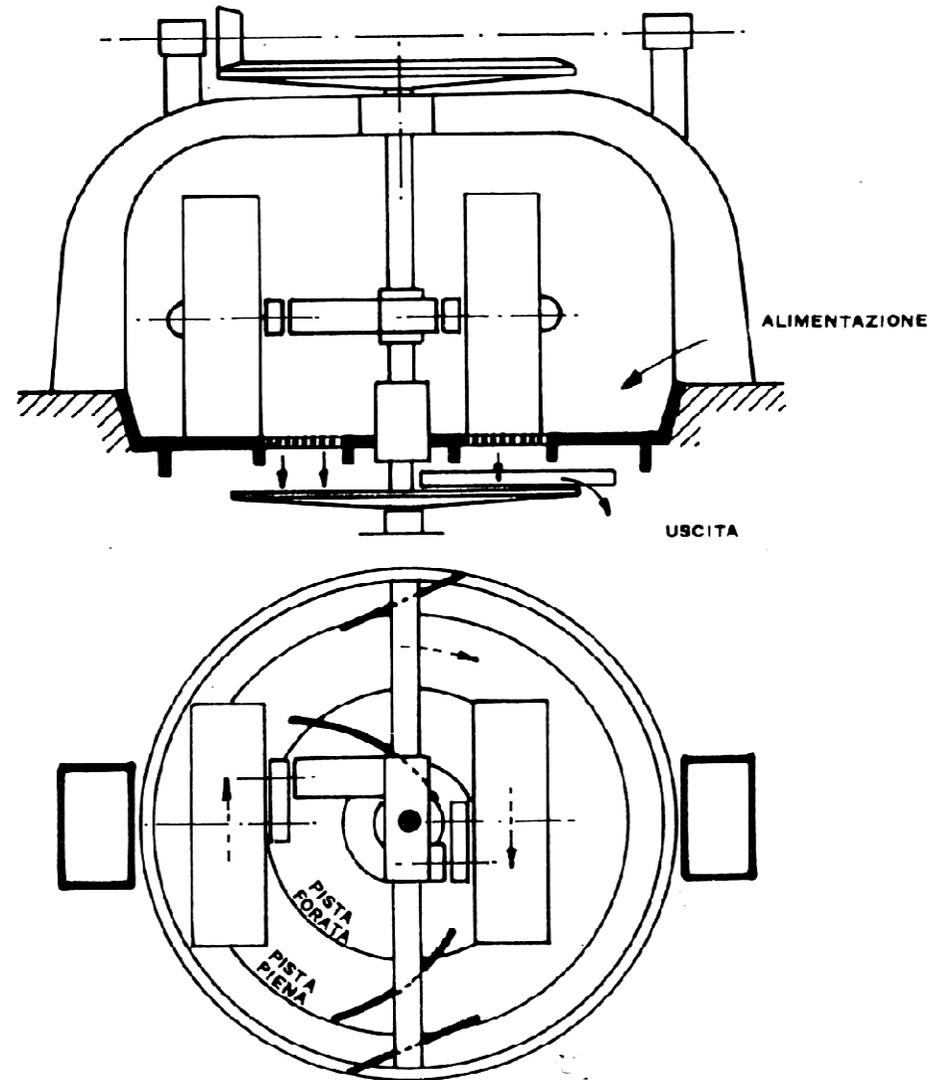


FRANTOIO A MASCELLE

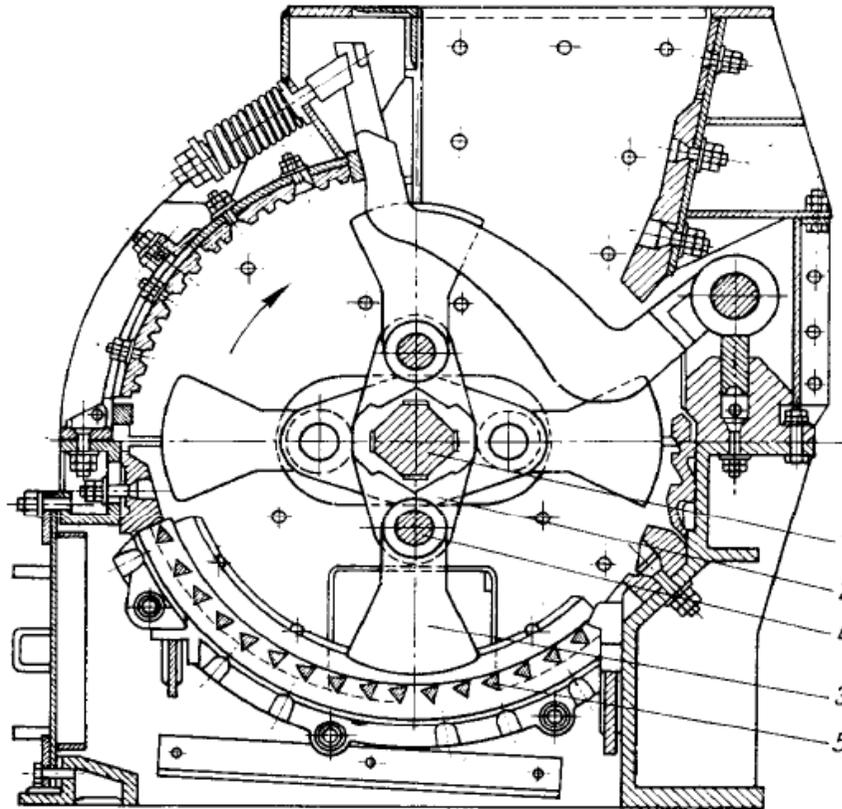


FRANTUMATORE CONICO

MACINAZIONE CON MOLAZZA

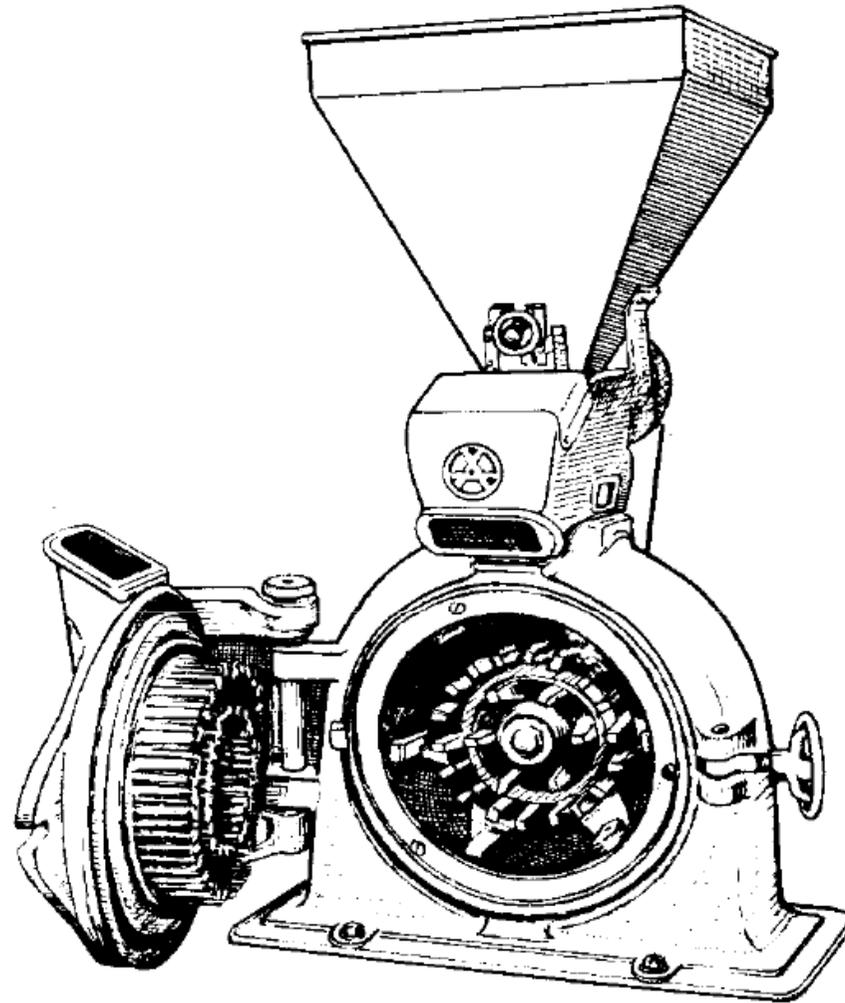


Schema di molazza

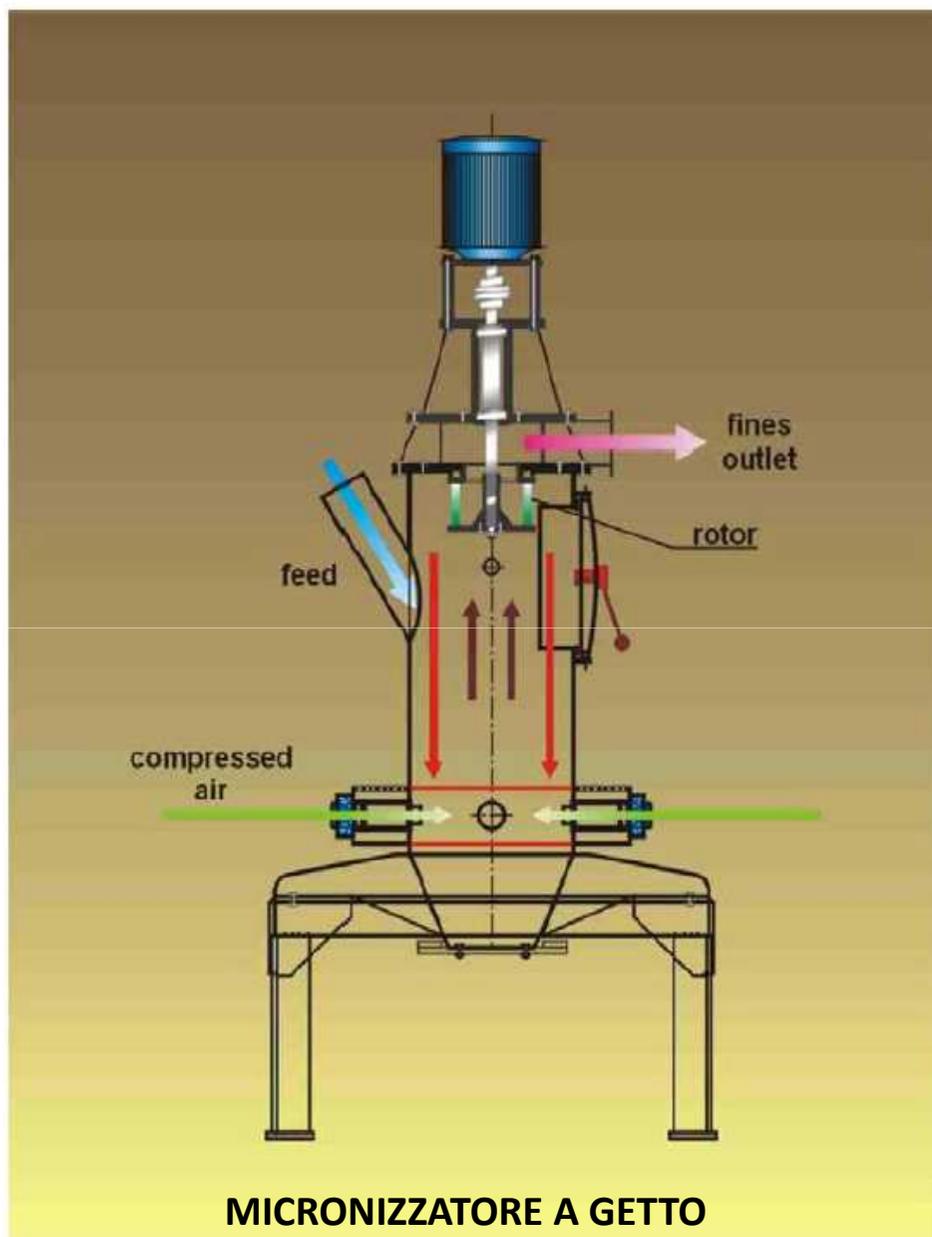


- (1) Welle
- (2) Rotor
- (3) Hämmer
- (4) Bolzen
- (5) Rost

MULINO A MARTELLI

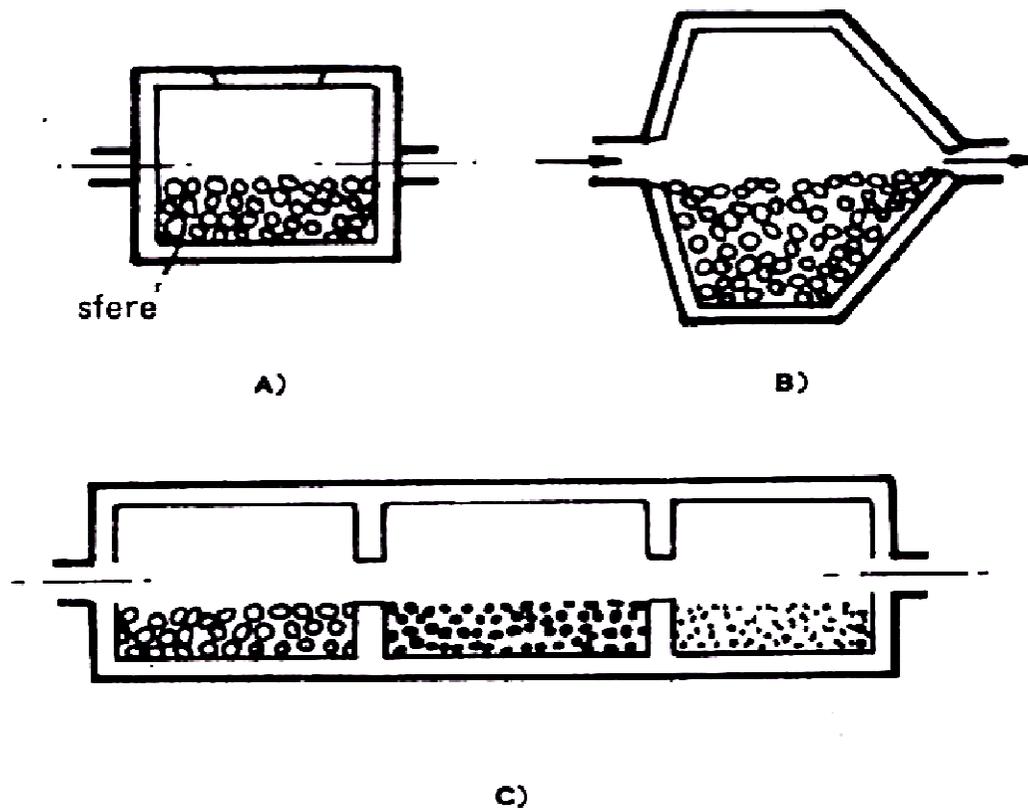


MULINO A DISCHI BATTENTI



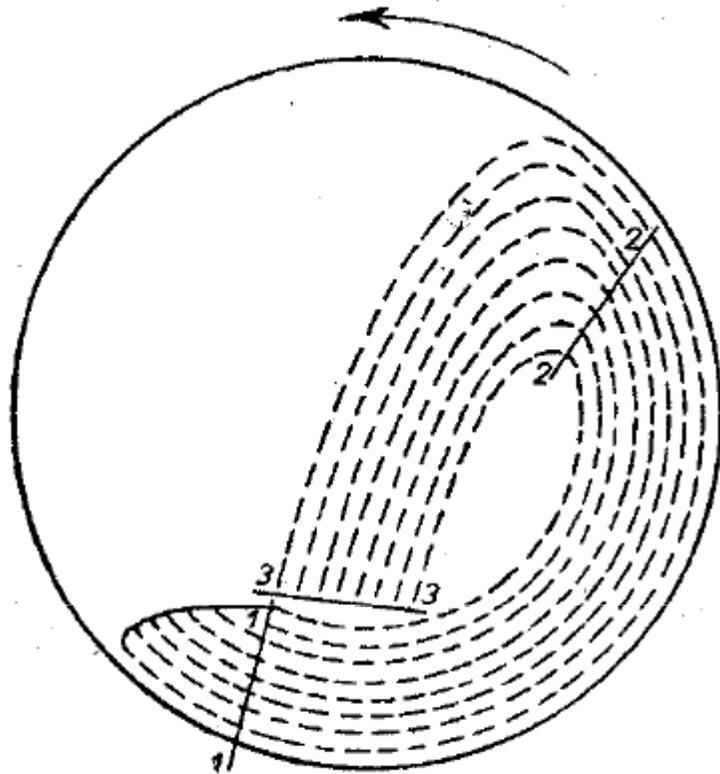
Comex SA

MACINAZIONE CON MULINO A PALLE

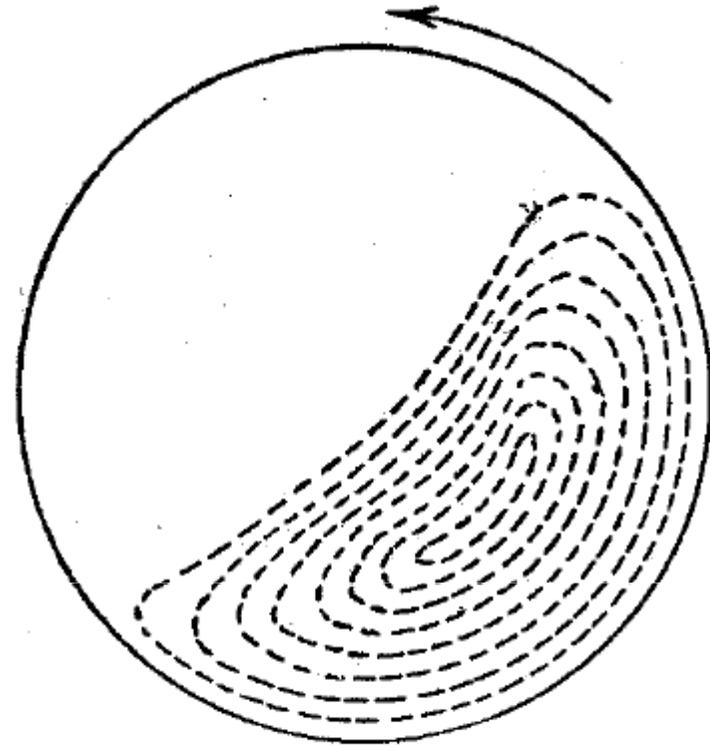


A) : FUNZIONAMENTO INTERMITTENTE
B)-C) : " " " " CONTINUO

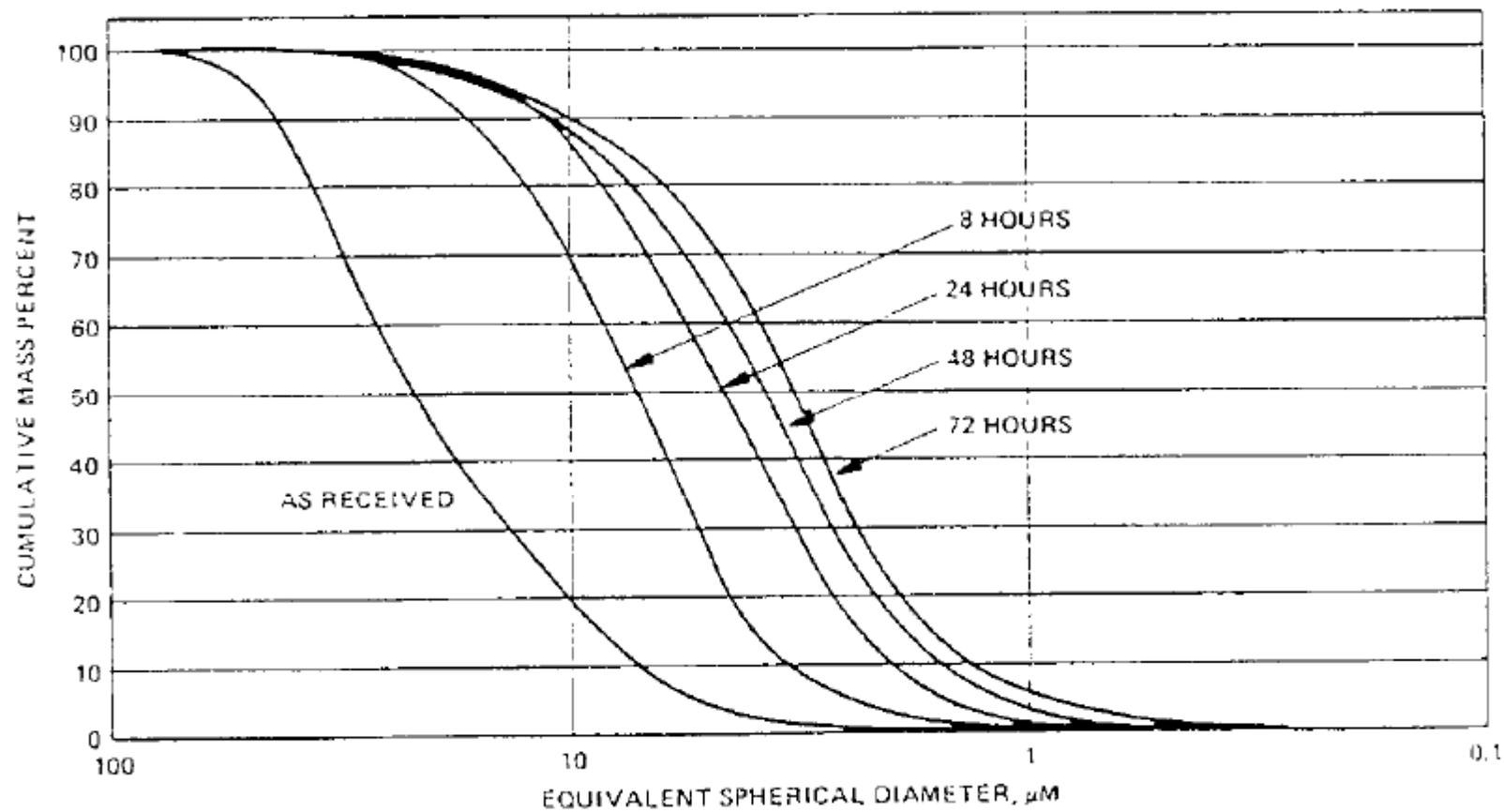
Mulini a palle



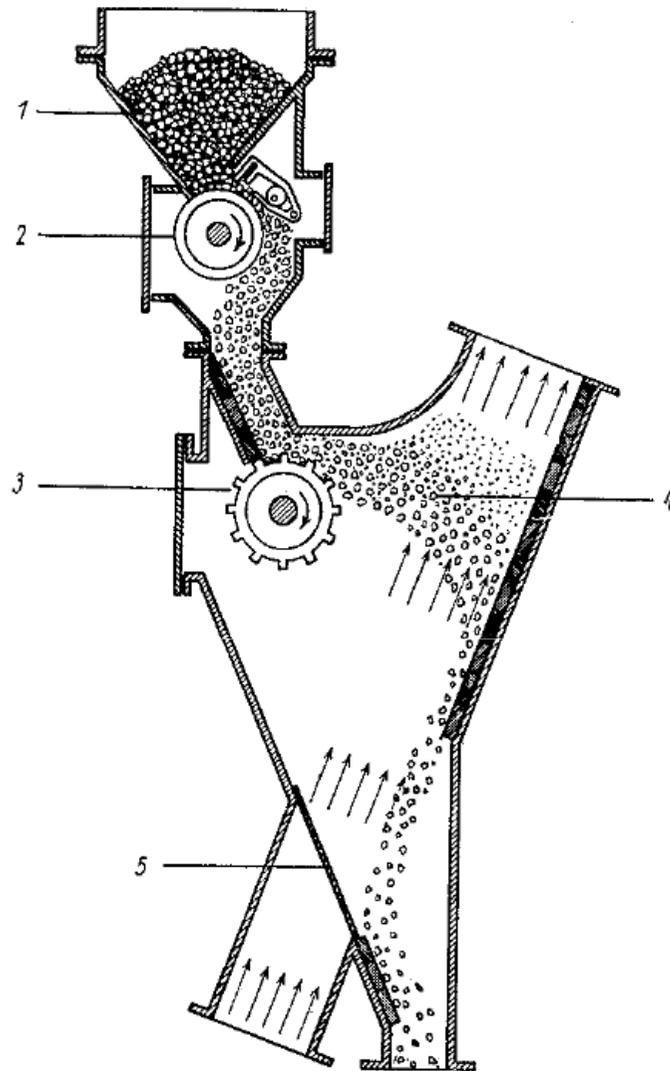
Kataraktwirkung



Kaskadenwirkung



GRANULOMETRIA DEL QUARZO IN FUNZIONE DEL TEMPO DI MACINAZIONE



- (1) Aufgabebunker
- (2) Dosierwalze
- (3) Streuwalze
- (4) Sichtraum
- (5) Siebboden

SEPARAZIONE GRANULOMETRICA PER VENTILAZIONE

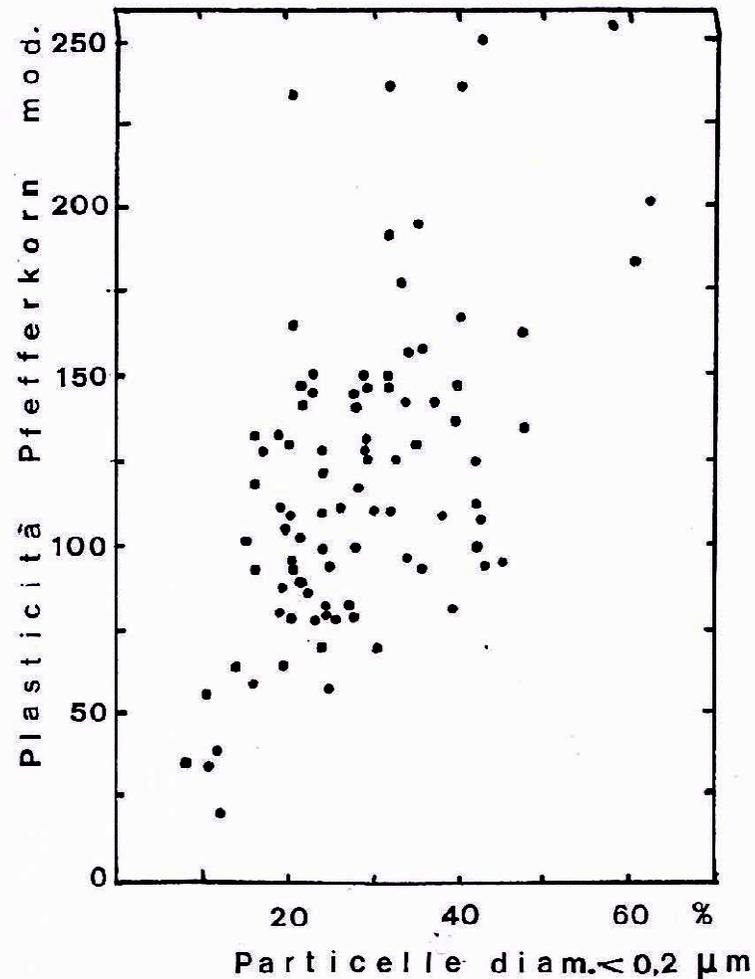
Sieve Size Information

DIN-Meshes per		Sieve Aperture per		USA Standard	Tyler	British Standard	AFNOR	DIN-Meshes per		Sieve Aperture per		USA Standard	Tyler	British Standard	AFNOR	
cm	cm²	µm	Inch	Mesh		Mod.		cm	cm²	µm	Inch	Mesh		Mod.		
		1		(12500)												
(5000)		2.5	.0001	(5000)						589	.0232					
(1000)		5	.0002	(2500)						590	.0232	30	28			
(500)		10	.0004	(1250)						599	.0236				25	
(250)	(60000)	20	.0008	625				10	100	600	.0236					
		37	.0014	400						630	.0248					29
		40	.0016							699	.0275				22	
		43	.0017		325	17				701	.0276		24			
130	(16900)	44	.0017	325						710	.0280	25				
		50	.0020			18		8	64	750	.0295					
120	(14400)	53	.0021	270	270	300				800	.0315					30
100	10000	60	.0023		250					833	.0328	20	20			
		61	.0024							840	.0331					
		62	.0024	230						853	.0036				18	
		63	.0025				19			991	.0390		16			
		66	.0026			240		6	36	1000	.0394	18				31
		74	.0029	200	200					1003	.0395				16	
80	6400	75	.0029							1168	.0460		14			
		76	.0030			200				1190	.0469	16				
		80	.0032				20	5	25	1200	.0472					
		88	.0035	170						1204	.0474			14		
		89	.0035		170	170				1250	.0492					32
70	4900	90	.0036							1397	.0550		12			
60	3600	100	.0039				21			1405	.0553			12		
		104	.0041		150	150				1410	.0555	14				
		105	.0041	140				4	16	1500	.0590					
50	2500	120	.0047							1600	.0630					33
		124	.0049		115	120				1651	.0650		10			
		125	.0049	120			22			1676	.0660				10	
		147	.0058		100					1680	.0661	12				
		149	.0059	100						1981	.0780		9			
40	1600	150	.0059					3	9	2000	.0787	10				34
		152	.0060			100				2057	.0810				8	
		160	.0063				23			2362	.0930		8			
		175	.0069		80					2380	.0937	8				
		177	.0070	80						2411	.0949				7	
		178	.0070			85		2.4	6	2500	.0985					35
30	900	200	.0079							2794	.1100		7			
		208	.0082		65					2812	.1107				6	
		210	.0083	70						2830	.1110	7				
		211	.0083			72		2	4	3000	.1180					
		246	.0097		60					3150	.1240					36
24	576	250	.0098	60			25			3327	.1310		6			
		251	.0099			60				3360	.1320	6				
		295	.0116		48	52				3962	.1560		5			
		297	.0117	50				1.5		4000	.1570	5				37
20	400	300	.0118							4699	.1850		4			
		315	.0123				26			4760	.1870	4				
		350	.0138	45				1.2	1.5	5000	.1970					38
		351	.0138		42					5613	.2210		3.5			
		353	.0139			44				5660	.2230	3.5				
16	256	400	.0158				27	1	1	6000	.2300					
		417	.0164		35					6300	.2480					
		420	.0165	40						6680	.2630		3			39
(14)	(196)	422	.0166			36				6730	.2650	3				
		495	.0195							7925	.3120		2.5			
12	144	500	.0197	35		30	28			8000	.3150	2.5				40

Classificazione dei vagli

Dimensioni della maglia in μm	Setacci DIN tedeschi maglie/cm ²	Setacci ASTM americani mesh	Setacci ital. (UNI 2332) (apertura della maglia in mm)
80			0,080
88	4,900	170	0,090
90			0,100
100			
102	3,600		
105		140	0,106
106			
120	2,500		
125		120	0,125
140		100	
150	1,600		0,150
160			0,160
177		80	
180			0,180
200	900	70	0,200
210			
212			0,212
250	576	60	0,250
297		50	
300	400		0,300
315			0,315
350		45	
355			0,355
385	256		
400			0,400
420		40	
425			0,425
490	144		
500		35	0,500
540	121		
590		30	
600	100		0,600
630			0,630
710		25	0,710
750	49		0,750
800			0,800
840		20	
850			0,850
1000		18	
1020	36		
1180			1,180
1190		16	
1200	25		
1250			1,250

RELAZIONE TRA PLASTICITÀ E DIMENSIONE DELLE PARTICELLE ARGILLOSE





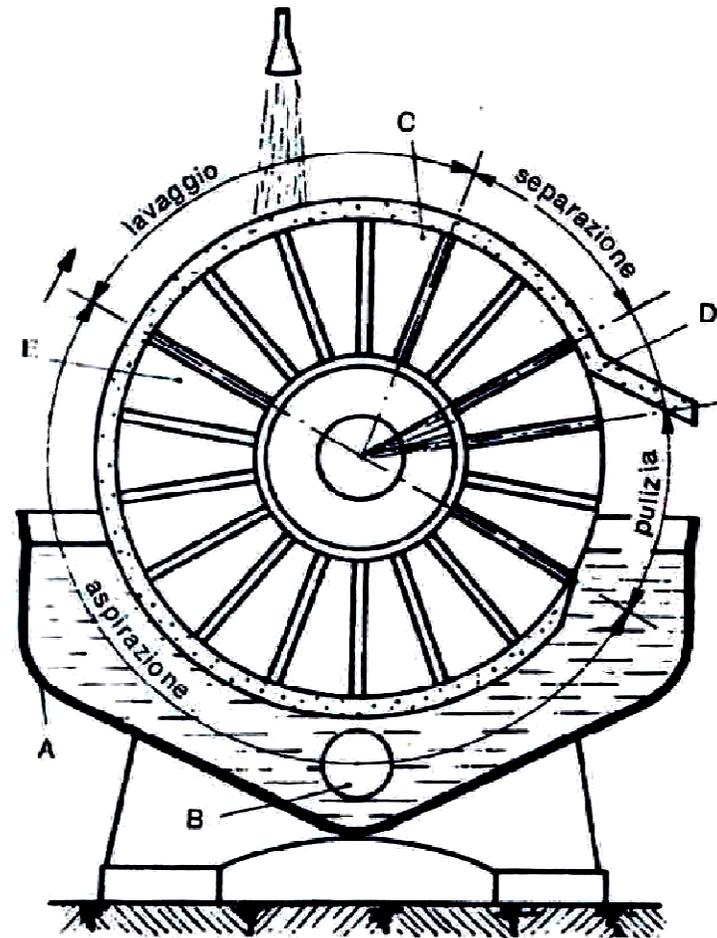
PLASTICIMETRO PFEFFERKORN

Composizione delle paste ceramiche

	Maiolica	Terraglia dolce		Terraglia forte		Gres	Vitreous china		Porcellana			
									fosfatica	feldspatica		
Argilla	100	40	44	25	23	30-70	12	12				
Caolino				30	31		31	31	24	50	60	53
Quarzo		20	22	35	37	30-60	25	18	3	25	20	20
Feldspato Na				4		5-25	16	28				
Feldspato K							16			25	20	23
Cornish stone ¹									25			
Cenere d'ossa									48			
Dolomia		40	14		3							
Calcare			20									
Rottame				6	6			11				4

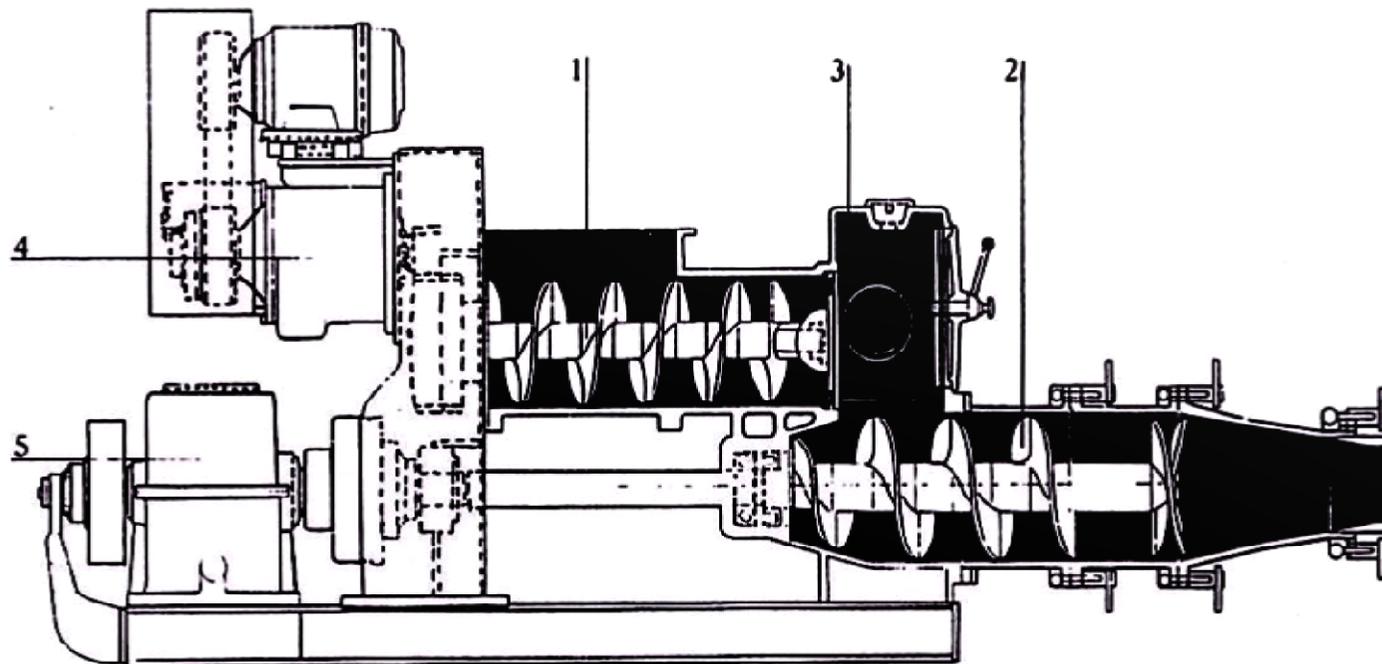
¹ Cornish stone = Pietra della Cornovaglia costituita da feldspato Na/K : Quarzo : Caolino = 8 : 2 : 1

FILTRAGGIO BARBOTTINA



Filtro continuo a tamburo, detto Oliver. A = vasca di raccolta torbida; B = agitatore torbida; C = setto del tamburo in aspirazione (fase di lavaggio); D = pannello; E = setto del tamburo in aspirazione (fase di filtrazione).

PREPARAZIONE DELL'IMPASTO PER LA MODELLATURA



Impastatrice degasatrice: 1) camera di immissione argilla; 3) camera a vuoto; 2) camera di compressione che sospinge l'argilla verso la bocca di uscita munita di filiera.

MODELLATURA DI CERAMICA E PORCELLANA

DA IMPASTO

A MANO LIBERA

A COLOMBINO

A TORNIO

A CALIBRATURA (semindustriale)

AL ROLLER (industriale)

ESTRUSIONE (semi-industriale)

PRESSATURA UMIDA

DA BARBOTTINA

COLAGGIO MANUALE (SLIP CASTING)

COLAGGIO AUTOMATICO

ASPERSIONE (caduta) (FLOW COATING)

DA ATOMIZZATO

PRESSATURA A SECCO UNIASSIALE

PRESSATURA A SECCO ISOSTATICA

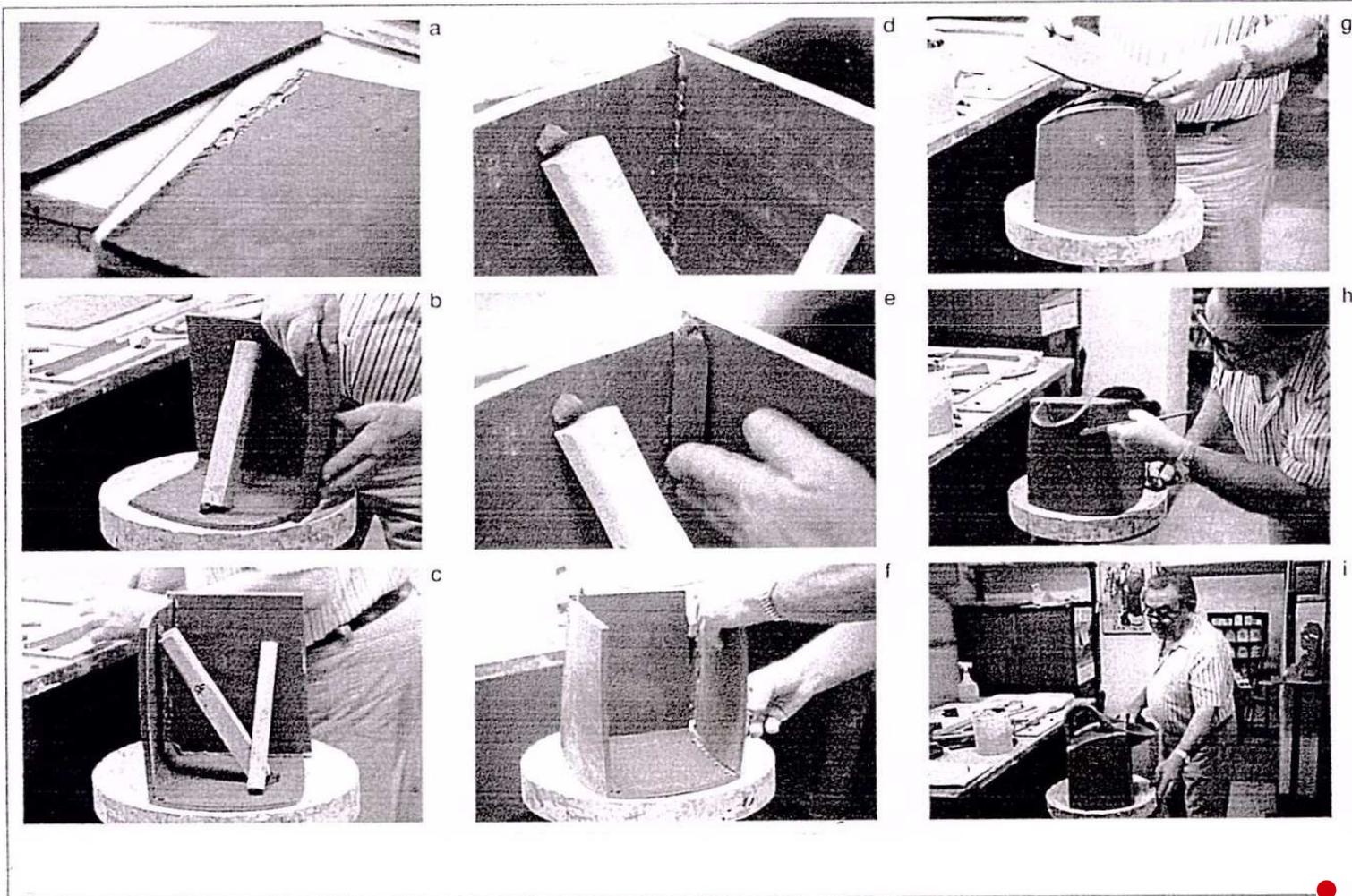
CONTENUTO DI ACQUA PER FORMATURA (circa)

BARBOTTINA PER CADUTA A VELO	30%
BARBOTTINA PER COLAGGIO	25%
IMPASTO PER TORNIO	20%
IMPASTO PER MODELLATURA A MANO	18%
IMPASTO PER ESTRUSIONE	15%
PASTA UMIDA PER PRESSA	7%
ATOMIZZATO PER PRESSA	2%

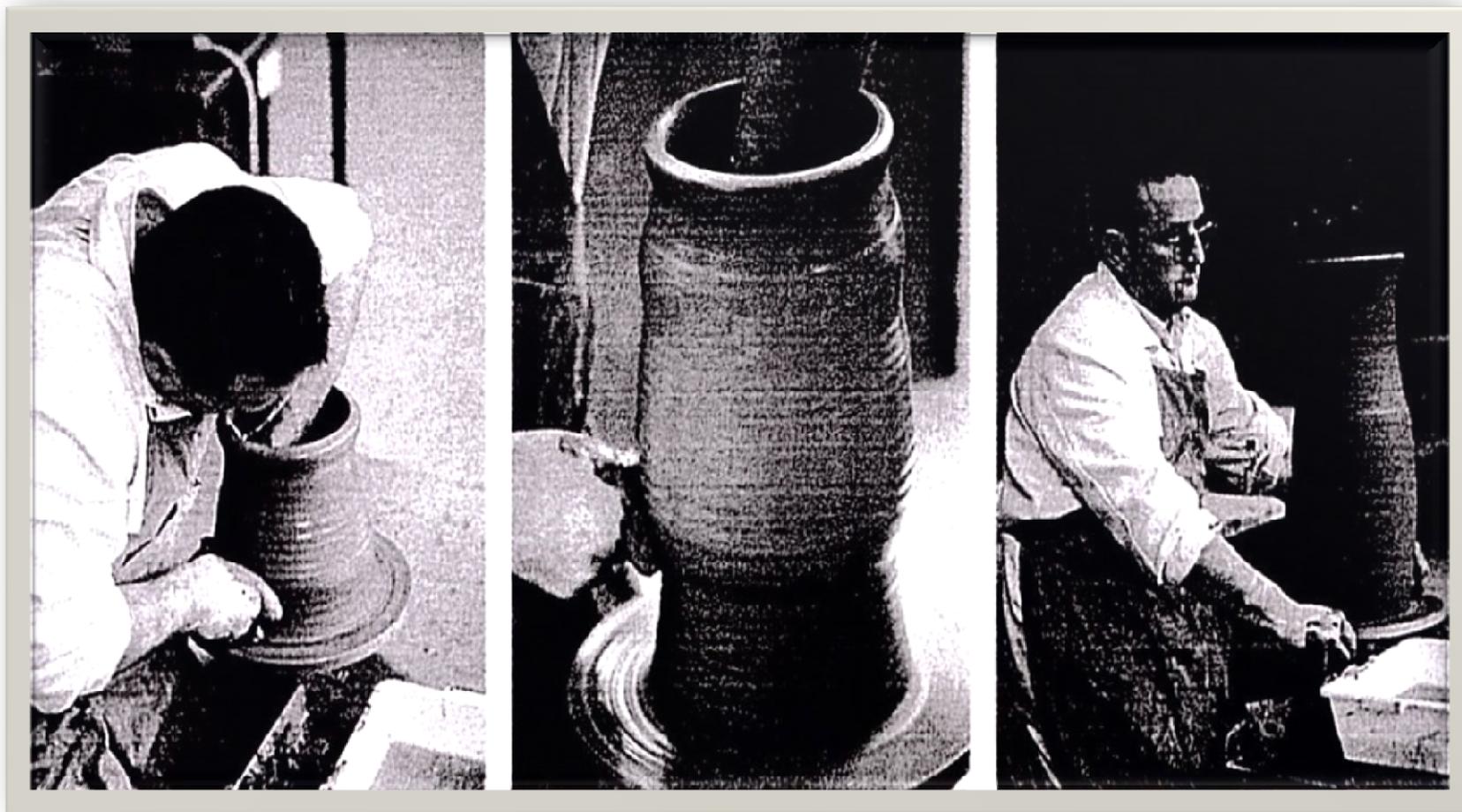
MODELLATURA A COLOMBINO



PROCEDIMENTO DI MODELLATURA A LASTRA

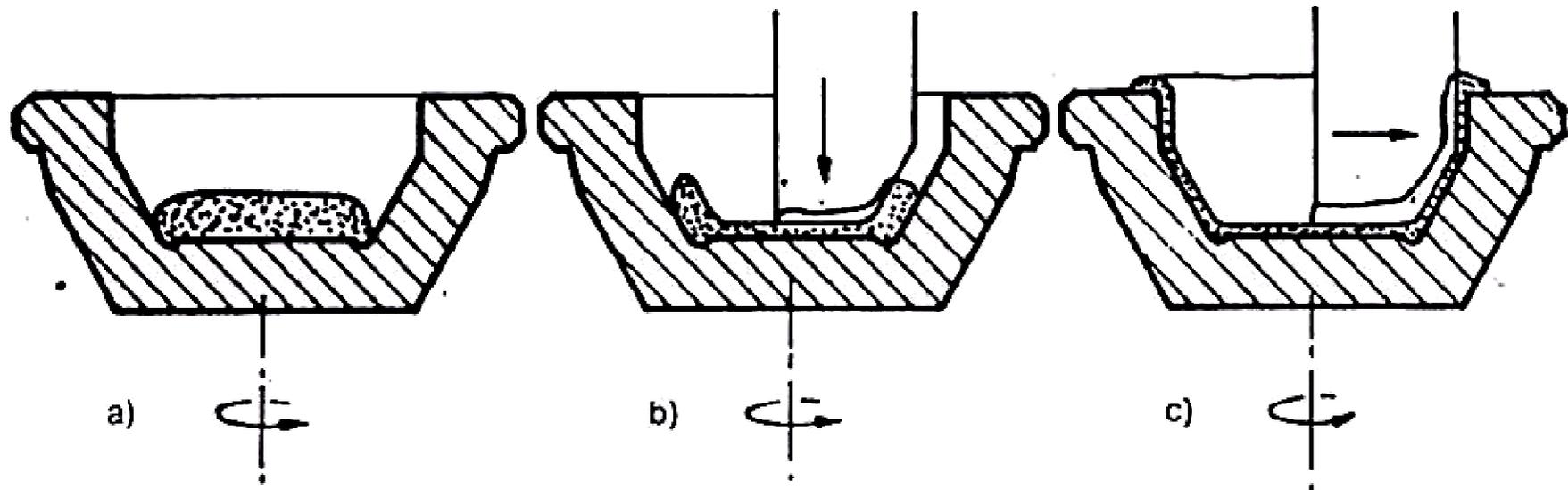


MODELLATURA AL TORNIO





MODELLATURA PER CALIBRATURA



Formatura per calibratura « alla palla ».

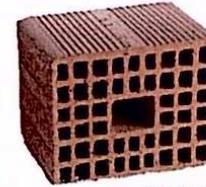
Tecniche di formatura industriale

Tecniche di formatura

ESTRUSIONE
(forme simmetriche)



Laterizi



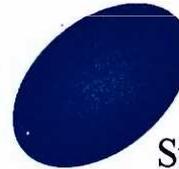
PRESSATURA
UNIASSIALE
(forme rettangolari)



Piastrelle



PRESSATURA
ISOSTATICA
(forme rotondeggianti)



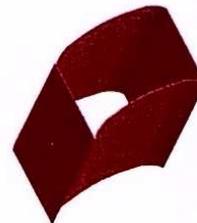
Stoviglie



STAMPATURA
(forme asimmetriche)

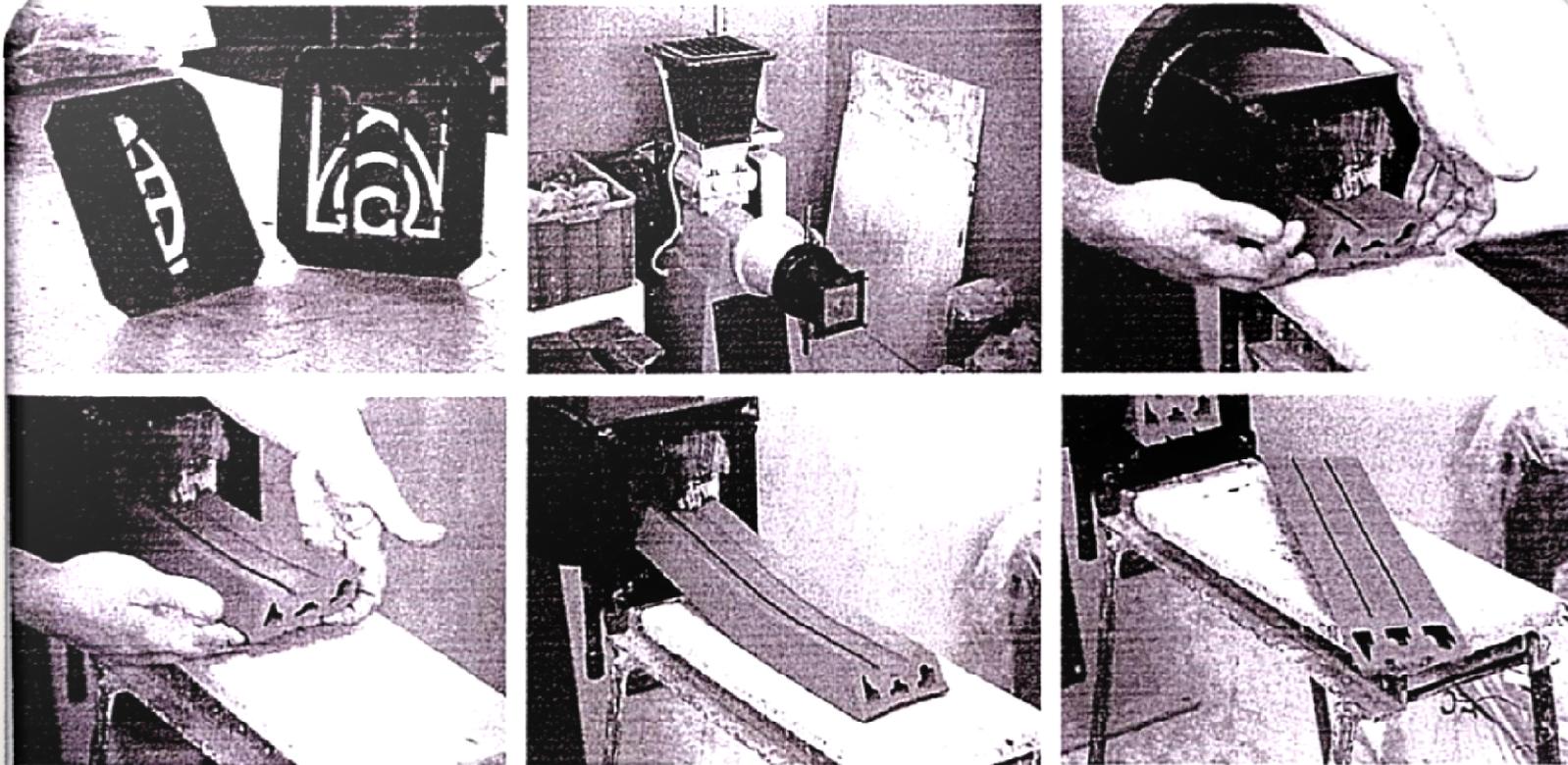


COLAGGIO
(forme complesse)



Sanitari

FORMATURA A ESTRUSIONE



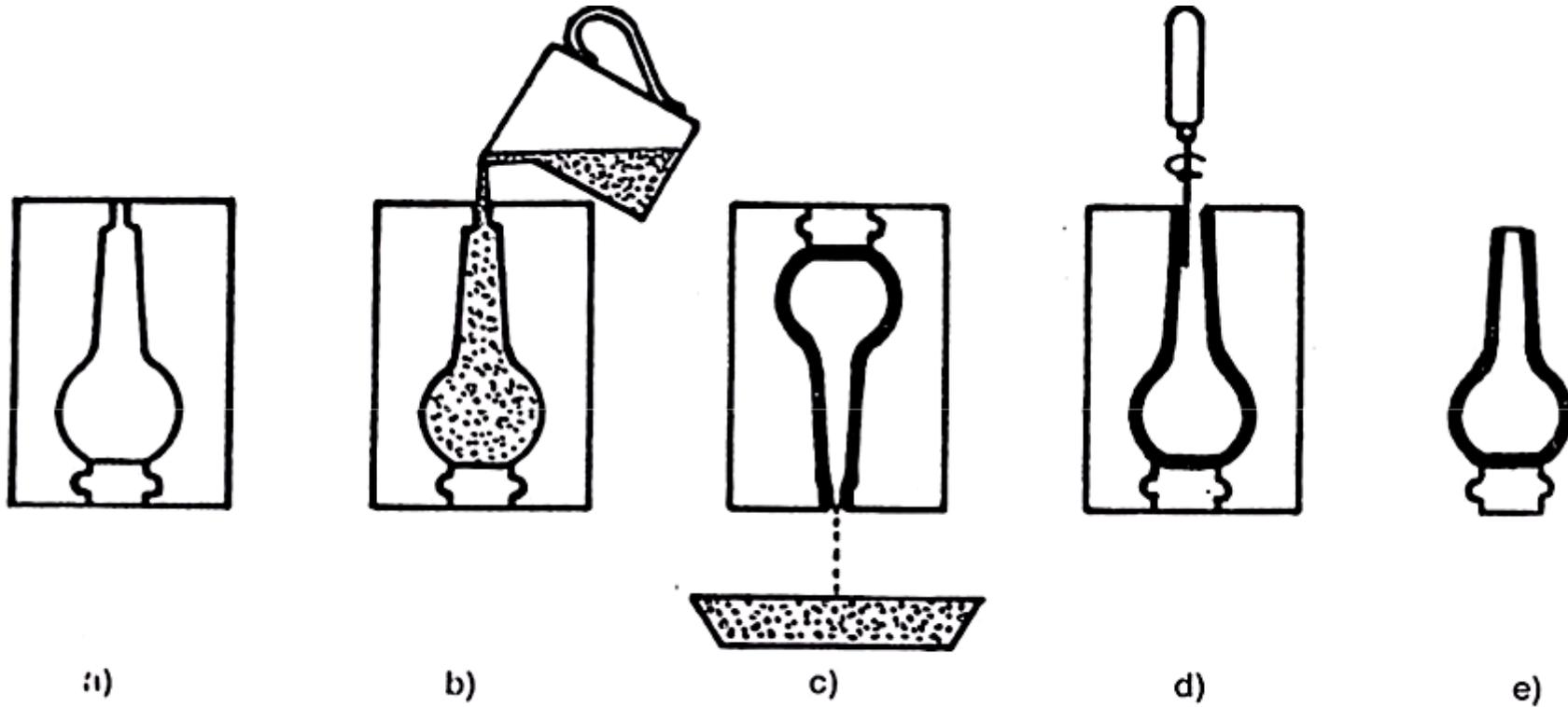
Estrusione.

BARBOTTINA PER COLAGGIO

È l'impasto fluido di materie prime in polvere fine sospese in acqua con l'eventuale aggiunta di un deflocculante sospensivo inorganico (Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , $Na_2P_3O_4$) o organico come:

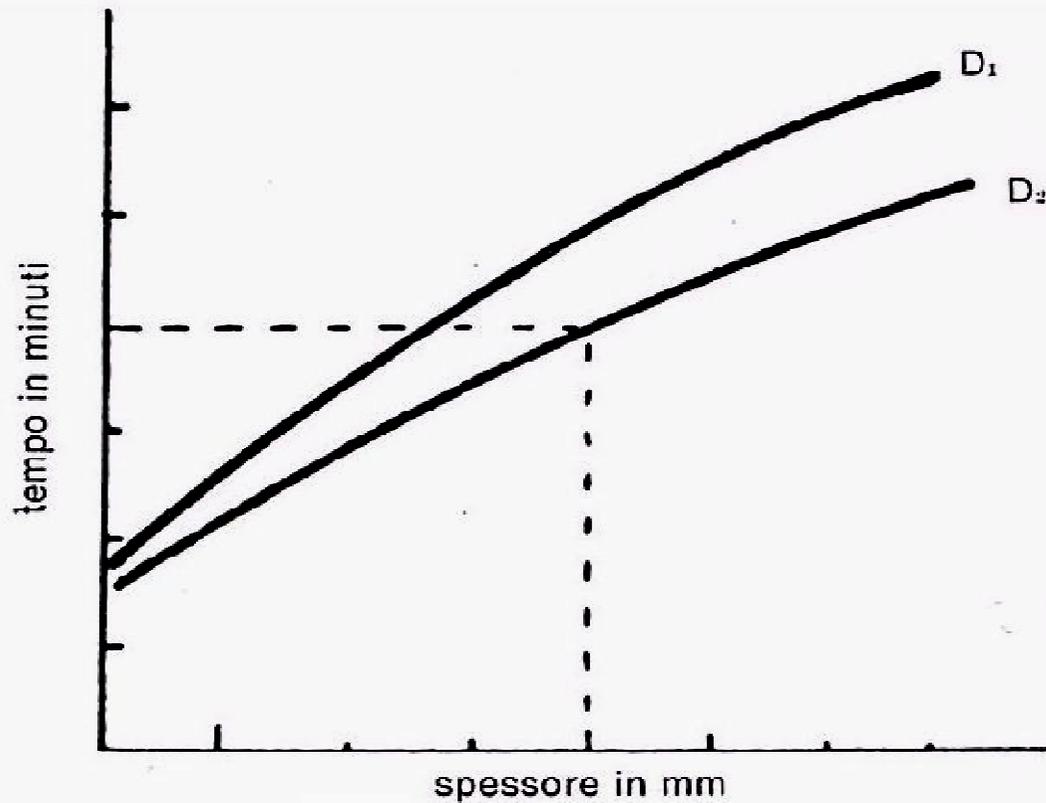
- *Acidi umici e derivati*
- *Tannato di sodio, Gallato e pirogallato di sodio*
- *Poliacrilati*
- *Ossalati*
- *Alchil-naftalen-solfonati*

COLAGGIO SUL CAVO



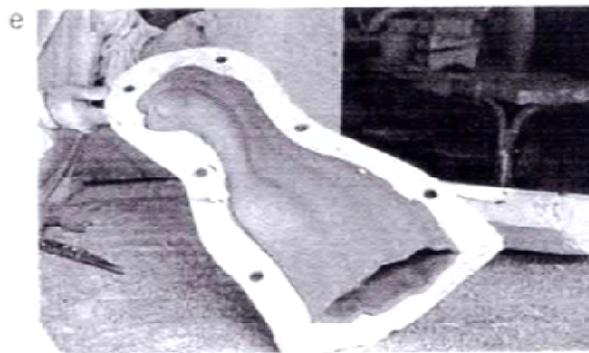
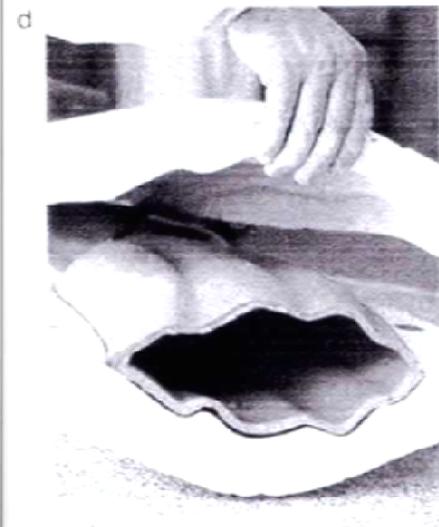
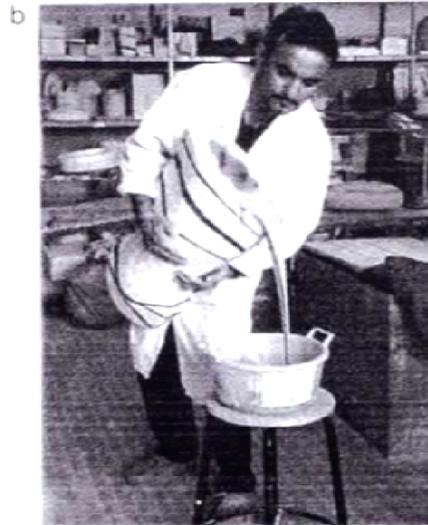
Formatura per colaggio « sul cavo ».

DIPENDENZA DELLO SPESSORE DAL TEMPO



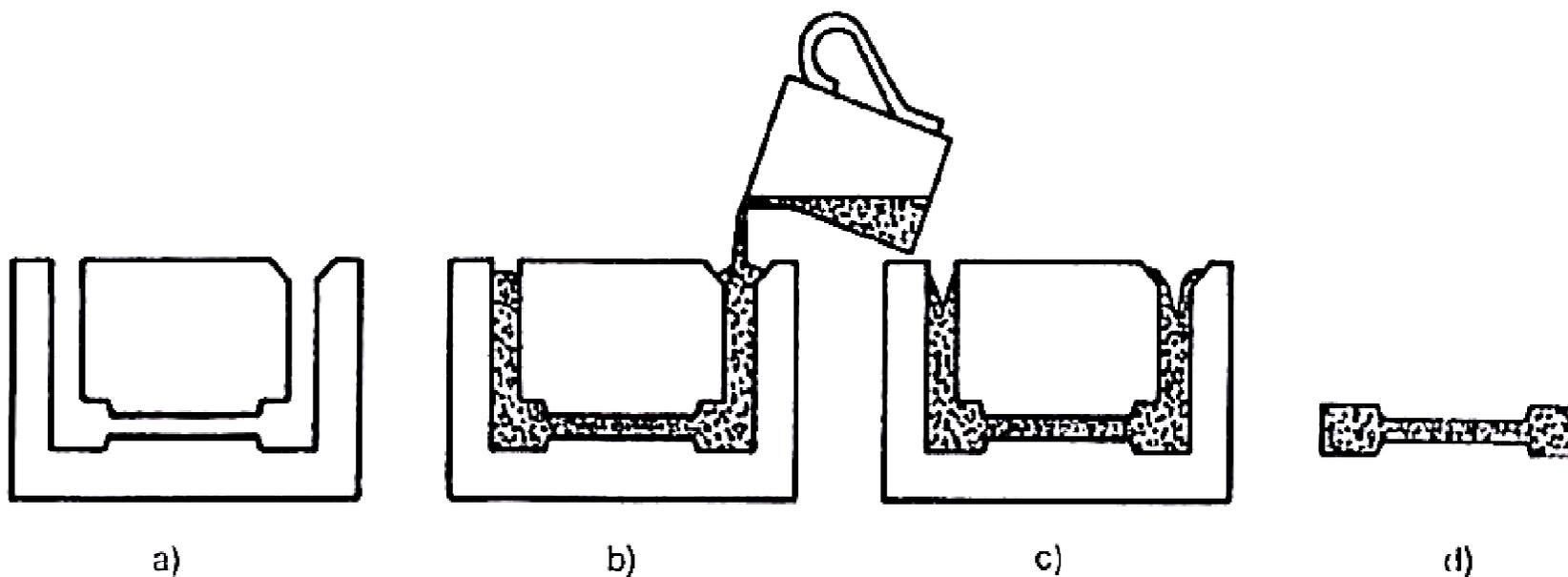
Formatura per colaggio: relazione fra spessore e tempo, per una determinata densità D .

COLAGGIO SUL CAVO



Colaggio a vuoto.

COLAGGIO SUL PIENO



Formatura per colaggio « sul pieno ».

CREAZIONE DELLO STAMPO



Uno stampo in gesso.

ESSICCAMENTO PER EVAPORAZIONE DAL PEZZO FORMATO

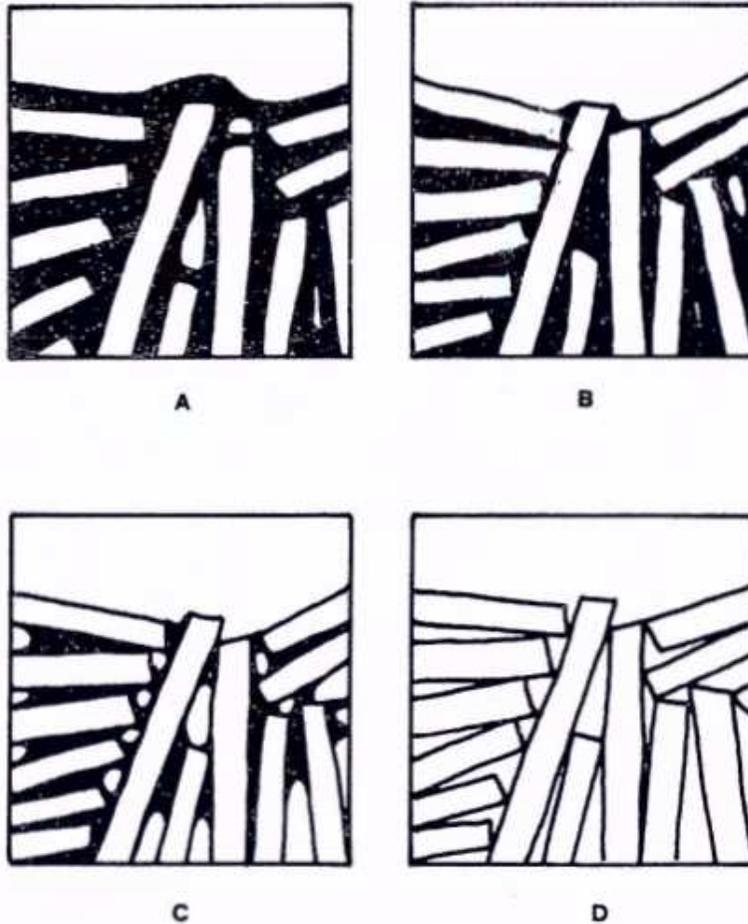
- 1. DELL'ACQUA LIBERA INTERPARTICELLARE CON
CONSEQUENTE RITIRO DEL CRUDO.**
- 2. DELL'ACQUA DI BAGNAMENTO SUPERFICIALE DELLE
PARTICELLE.**
- 3. DELL'ACQUA TRATTENUTA DALLA POROSITÀ DELLE
PARTICELLE**

NOTA:

**L'ACQUA COMBINATA È ALLONTANABILE SOLO PER
TRATTAMENTO TERMICO A TEMPERATURA PIUTTOSTO ALTA.**

**SE L'EVAPORAZIONE NON È UNIFORME NEL PEZZO NASCONO
TENSIONI INTERNE CON POSSIBILI FESSURAZIONI E CRETTE.**

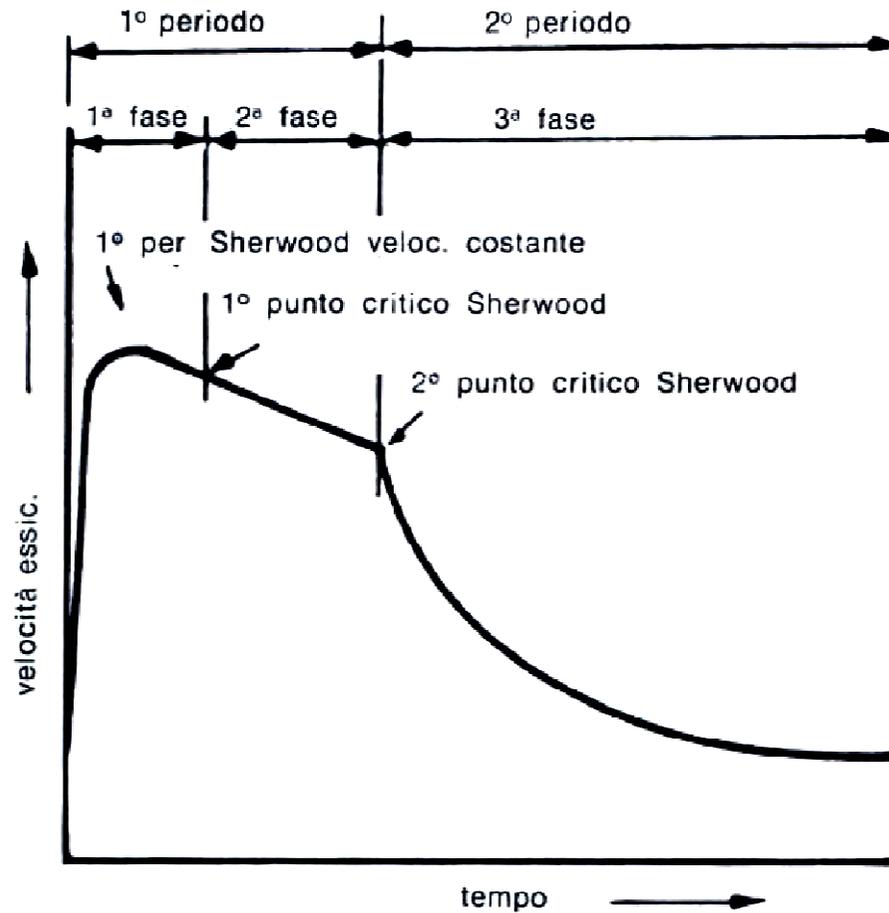
ESSICCAZIONE



- a) Fase iniziale, le particelle sono separate dall'acqua libera.
- b) L'acqua libera è diminuita e le particelle si toccano.
- c) L'acqua libera è evaporata e rimane solo quella che avvolge le particelle.
- d) Evapora l'acqua interna che riempiva la porosità delle particelle.

Schematizzazione delle successive fasi dell'essiccazione (da Norton)

ESSICCAZIONE DEI PEZZI FORMATI



1ª fase = acqua libera superficiale

2ª fase = acqua di bagnamento granuli

3ª fase = acqua interna dei granuli

Rappresentazione grafica delle varie fasi del processo di evaporazione dell'acqua, secondo Sherwood.

FORMAZIONE DELLA POROSITÀ DA ESSICCAMENTO

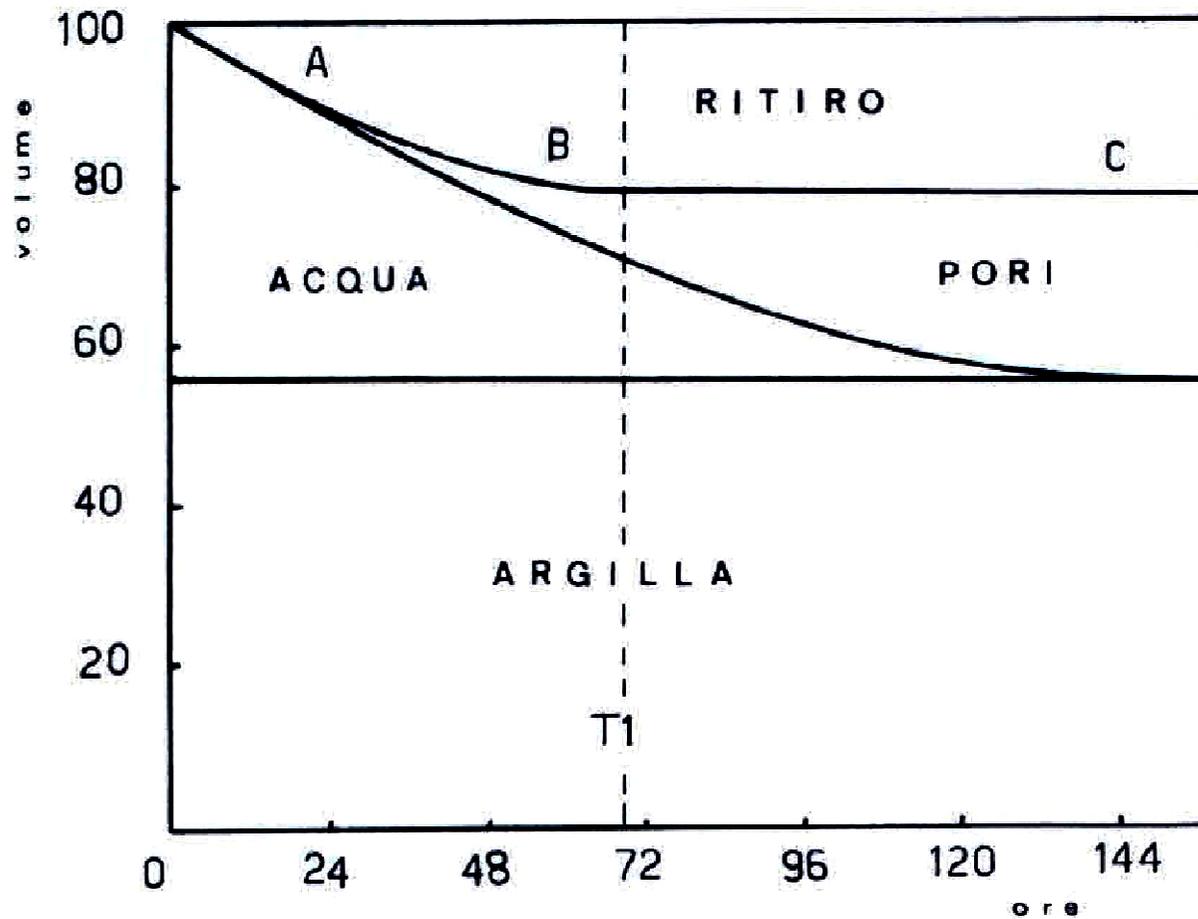
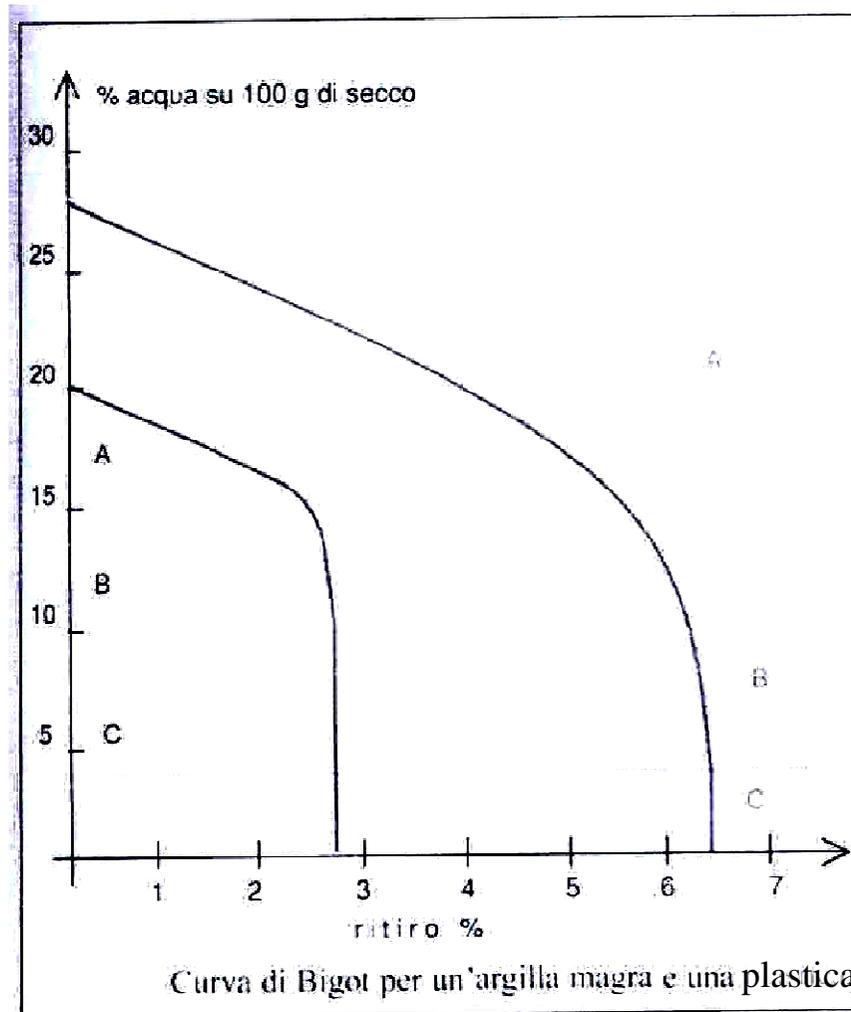


Diagramma di essiccamento di Bourry.

RITIRO DEL CRUDO

L'ESSICCAMENTO



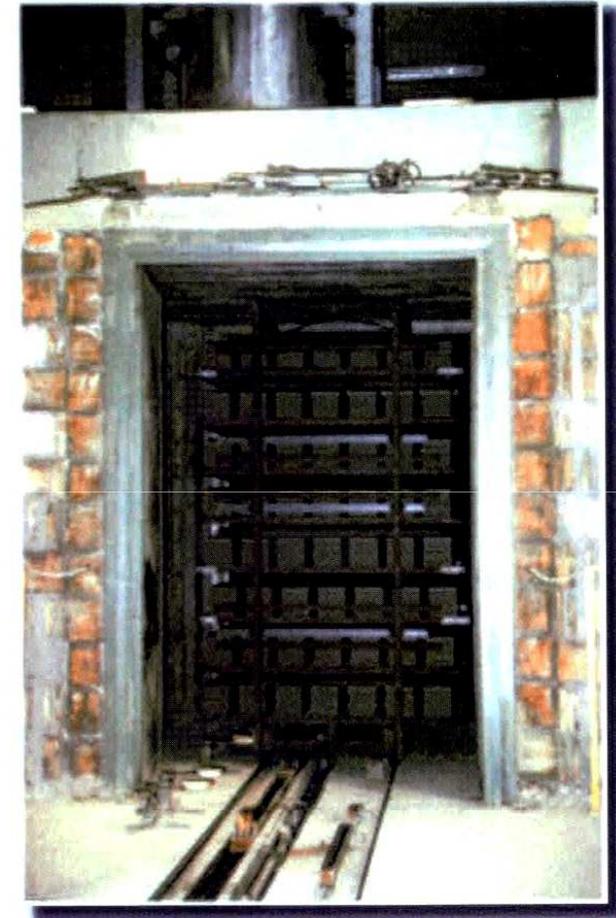
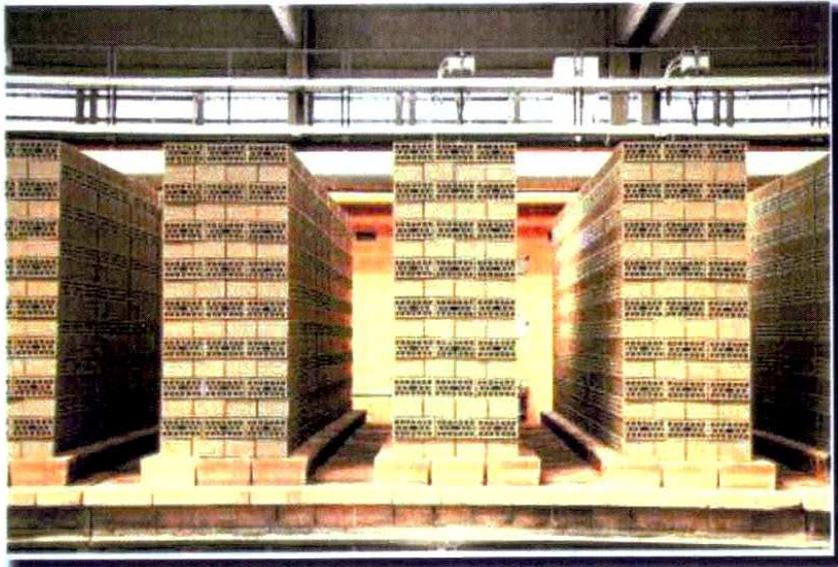
ESSICCAZIONE ALL'ARIA



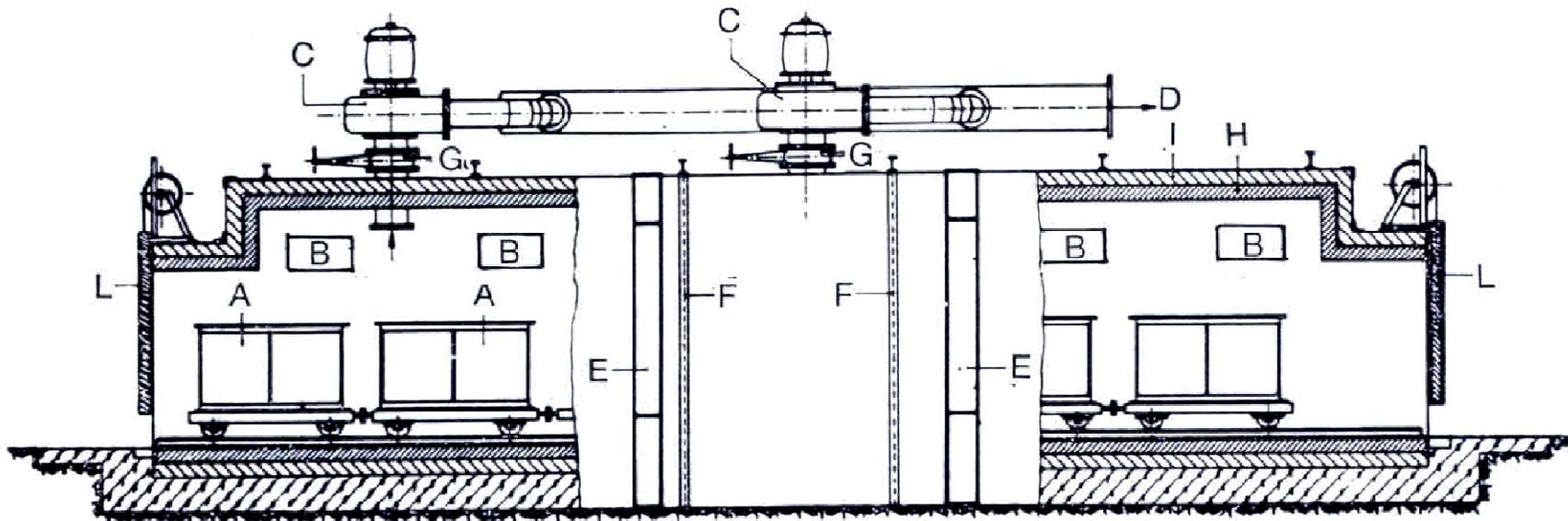
Vasi, posti ad essiccare in una bottega artigiana.

Impianti di essiccazione

- ▶ Sono camere climatizzate con controllo accurato della temperatura e dell'umidità
- ▶ In generale, in impianti di grande produzione, si utilizzano essiccamento a galleria, continui. L'essiccamento avviene mediante un flusso d'aria in controcorrente oppure a ventilazione trasversale.



ESSICCATOIO A TUNNEL



Essiccatoio a tunnel. A = carrello; B = bocche d'aria calda; C = ventilatori centrifughi; D = scarico aria umida; E = giunti di dilatazione; F = incastellatura di ferri a doppio T; G = valvole di regolazione; H = muratura di mattoni; I = ricoprimento isolante; L = portelli di chiusura ingresso ed uscita.

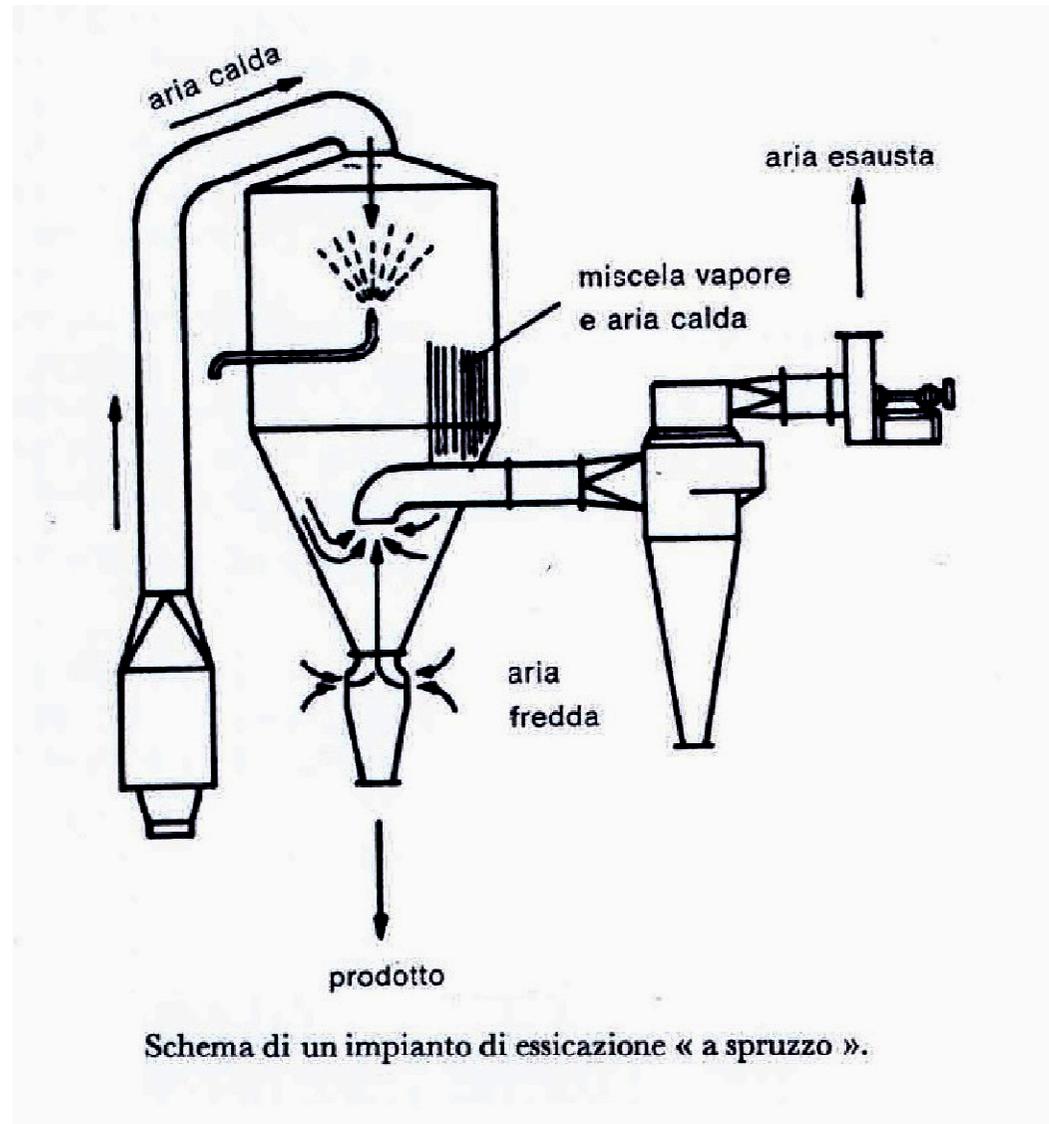
BARBOTTINA DA ATOMIZZARE PER LA PRODUZIONE DI MASSE DA STAMPAGGIO A SECCO

In questo caso la formulazione delle materie prime ceramiche spesso comprende leganti organici per accrescere la solidità del pezzo stampato al verde.

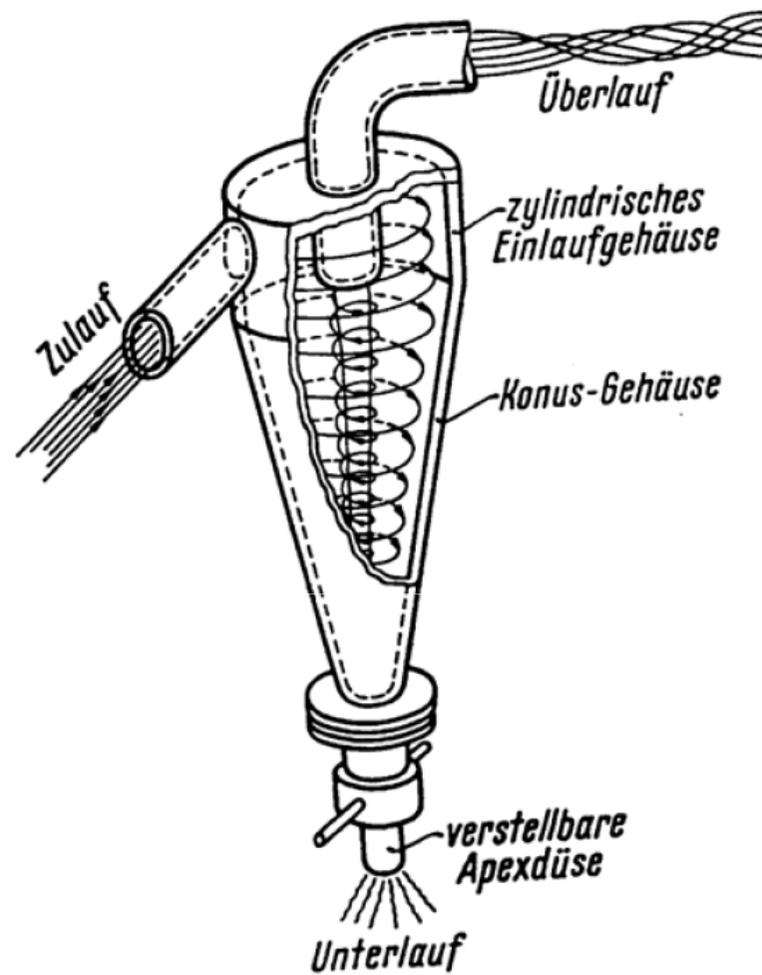
Nel processo a monopressione, si atomizza anche lo smalto che viene spolverato sulla massa ceramica per procedere successivamente ad una monocottura.

Lo stampaggio delle polveri atomizzate è a secco con presse unidirezionali o isostatiche.

ATOMIZZATORE

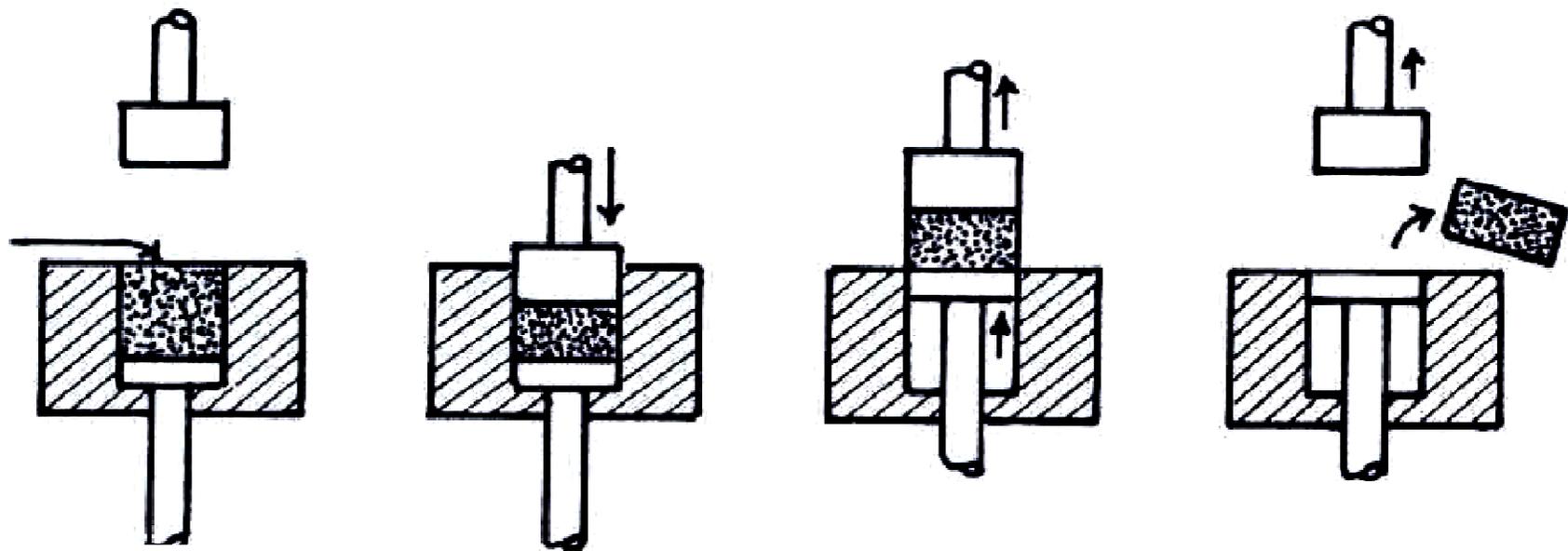


Schema di un impianto di essiccazione « a spruzzo ».



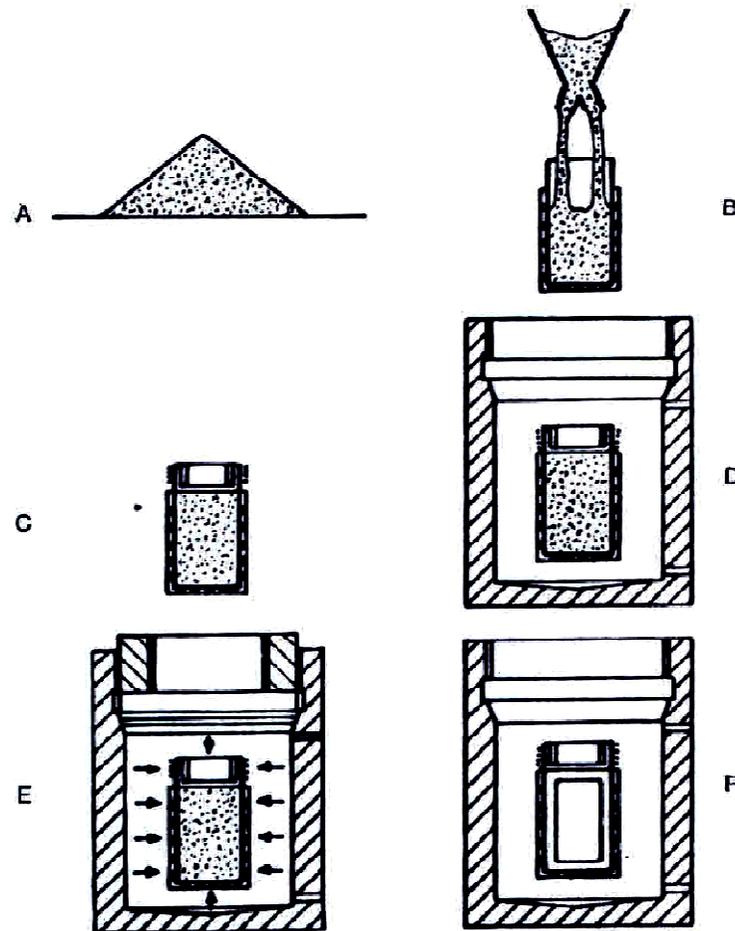
FUNZIONAMENTO DI UN CICLONE

FORMATURA CON PRESSA MONOASSIALE A SECCO



Rappresentazione schematica delle varie fasi della pressatura.

FORMATURA CON PRESSA ISOSTATICA



Rappresentazione schematica delle varie fasi della formatura con pressa isostatica, secondo Papan. A = polvere di partenza; B = riempimento dello stampo flessibile; C = chiusura ermetica dello stampo; D = messa in pressione dello stampo nel l'apposito contenitore; E = regolazione della pressione d'esercizio; F = manufatto formato.

MOTIVI DEL RITIRO IN COTTURA

- Perdita di massa, per es. di H₂O per la disidratazione o di CO₂ per la decomposizione dei carbonati.
- Reazioni e trasformazioni che portano a prodotti a maggiore densità.
- Collasso porosità interna ed esterna dei granuli.
- Coalescenza delle particelle durante la sinterizzazione con diminuzione della porosità.
- Diffusione molecolare dalle particelle minori alla maggiori.
- Sviluppo progressivo della fase vetrosa che va a diminuire i pori.

N.B. Un eccesso di cottura produce una diminuzione del ritiro per formazione ad alta temperatura di prodotti a più basso peso specifico (per es. quarzo p. sp. 2,6 → cristobalite p. sp. 2,2)

COMPORAMENTO TIPICO DI UN'ARGILLA IN COTTURA

a = disidratazione

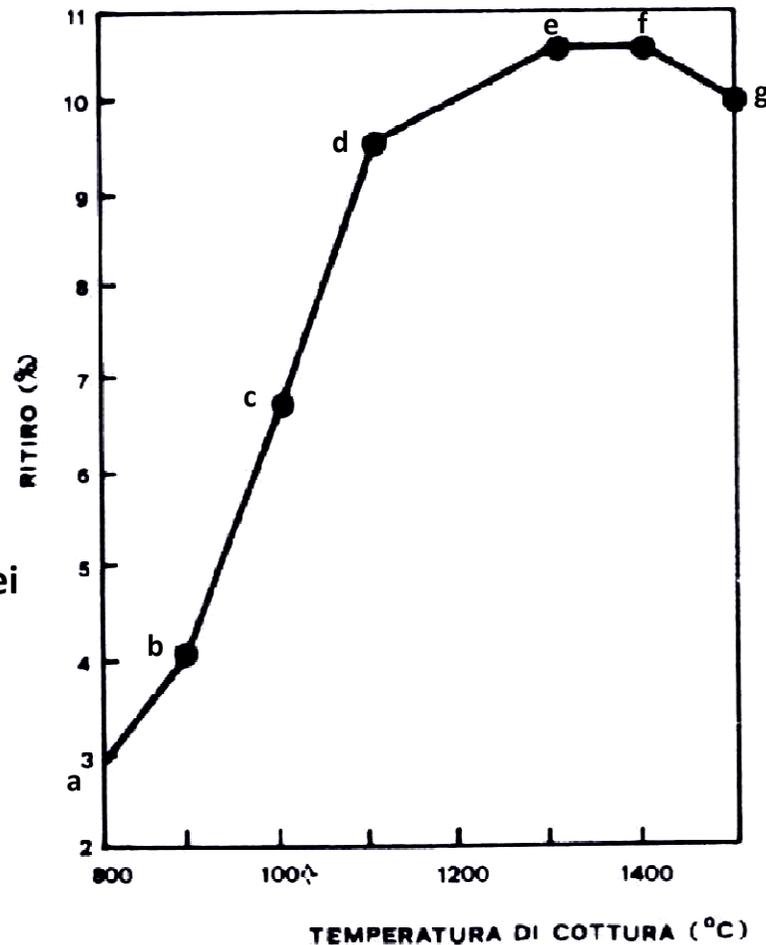
b = caolino a metacaolino

c = dec. Carbonati a CaO
d = mullite + SiO₂ } silicato

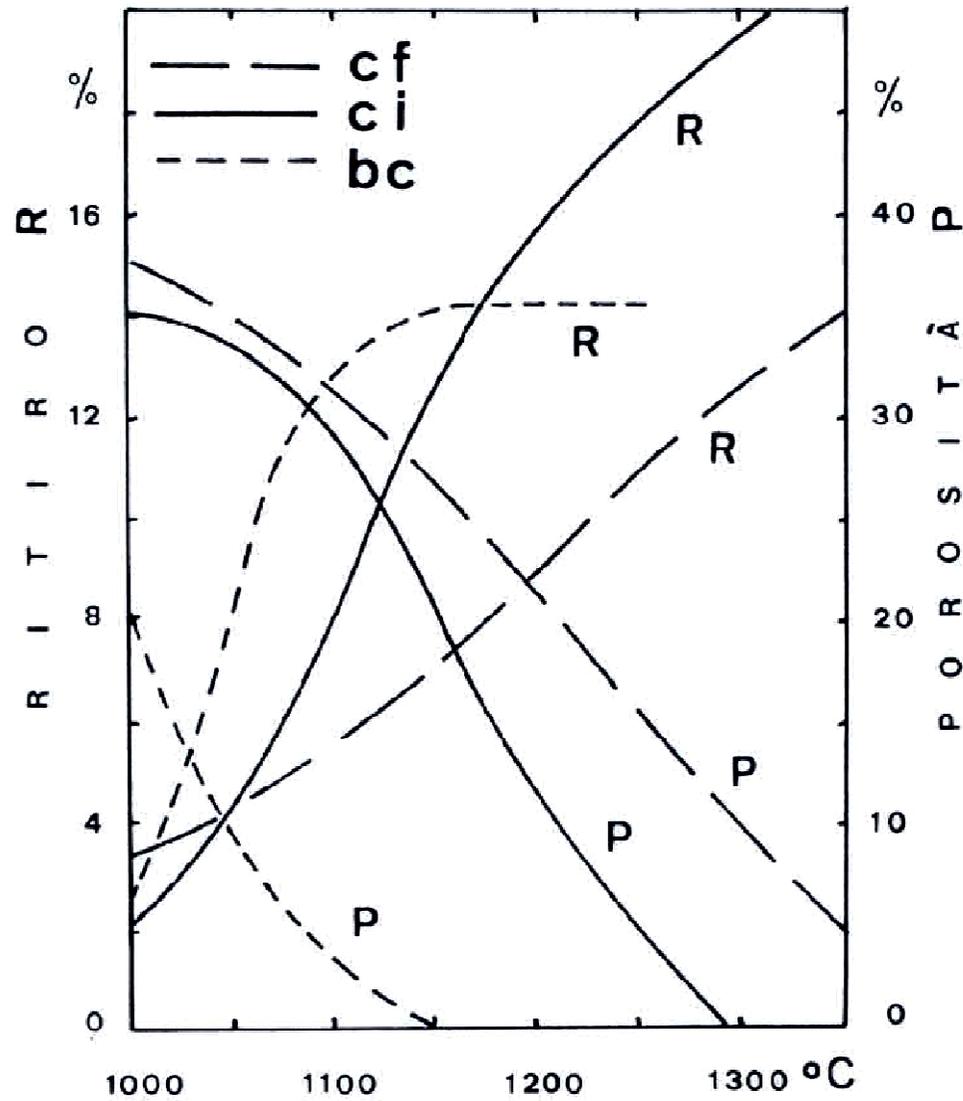
e = formaz. Silicati, collasso porosità interna

f = collasso porosità esterna = sinterizzazione e diffusione con crescita cristalli, sparizione dei cristalli piccoli.

g = formazione di prodotti a più basso p. sp.
(Quarzo 2,6 g/ml → cristobalite 2,2 g/ml)
e riduzione del ritiro per sovracottura.



Comportamento tipico di un'argilla in cottura.



Ritiro-Temperatura (R) e Porosità-Temperatura (P) di minerali argillosi vari.

cf = caolino francese
 ci = caolino inglese
 bc = ball-clay inglese

Temperatura di cottura delle ceramiche da tavola

	cottura di biscotto	cottura di vernice
Porcellana classica	900°-1000°C	1380°-1410°C
Porcellana d'ossa	1150°-1250°	1050°-1100°
Vitreous China (bicottura)	1150°-1250°	1050°-1100°
Vitreous China (monocottura)	1200°-1250°C	
Gres (bicottura)	1200°-1270°	1050°-1100°
Gres (monocottura)	1200°-1270°C	
Terraglia forte	1150°-1250°	1050°-1150°
Terraglia tenera	950°-1100°	900°-1000°
Faenza	950°-1000°	900°- 950°
Terracotta	900°-1000°	

La porcellana cotta direttamente a 1400°C senza smalto si chiama "BISCUIT".

Caratteristiche della porcellana.

1° *Composizione:*

Sostanza argillosa	40 -60%
Quarzo	20-35%
Feldspato	20-25%

2° *Temperatura di cottura*

Biscotto	°C	900
Vernice	»	1350-1450

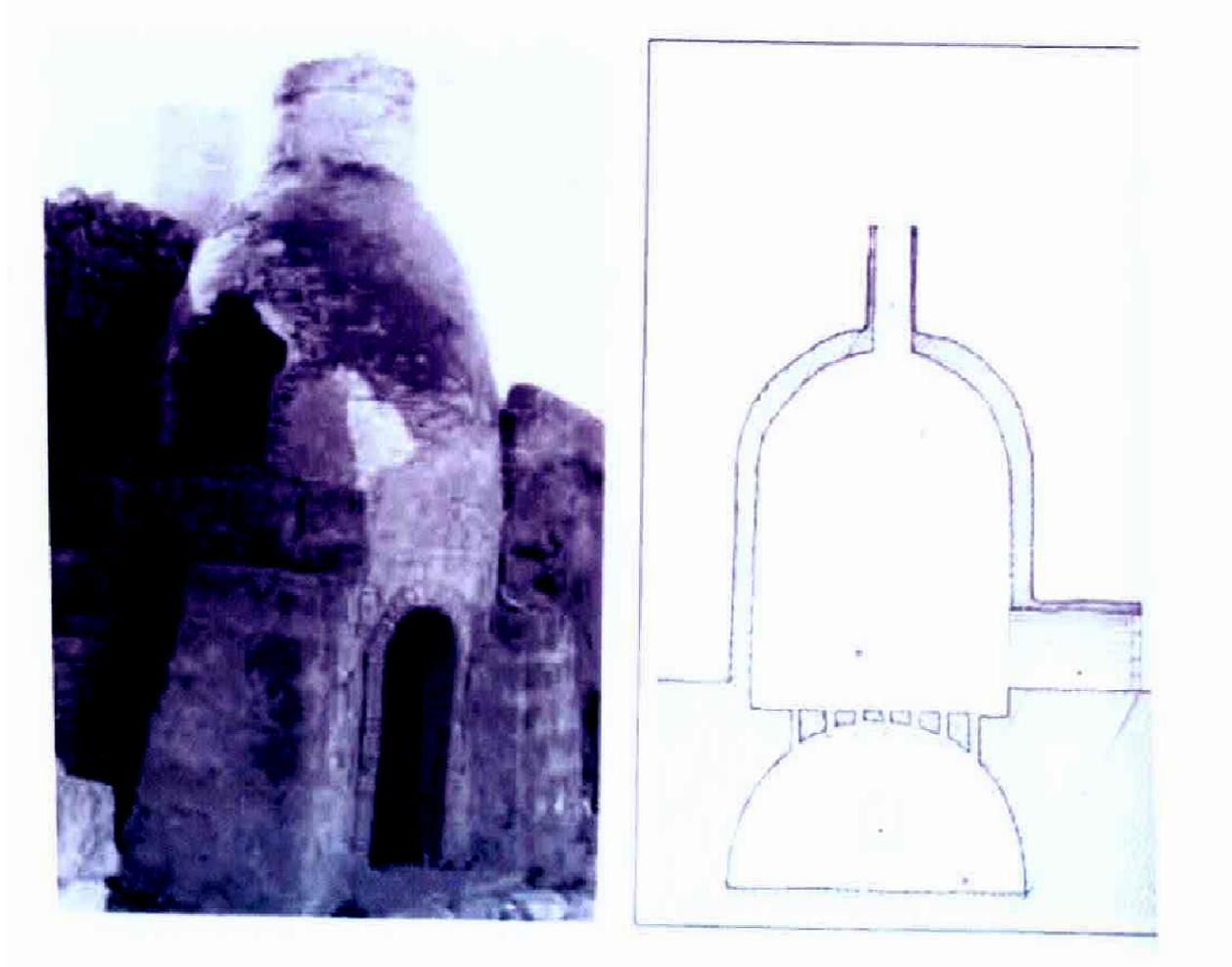
3° *Caratteristiche fisiche:*

a) Peso specifico		2,4-2,5
b) Modulo di elasticità		6000-9000
c) Resistenza alla compressione	kg/cm ²	5000-8000
d) » alla trazione	»	150-500
e) » alla pressione	»	400-900
f) » alla torsione	»	400-600
g) Resilienza	»	1,8-2,2
h) Durezza		7-8
i) Coefficiente di dilatazione		3,5-4,5 × 10 ⁻⁶
l) Conducibilità termica		0,7-0,9

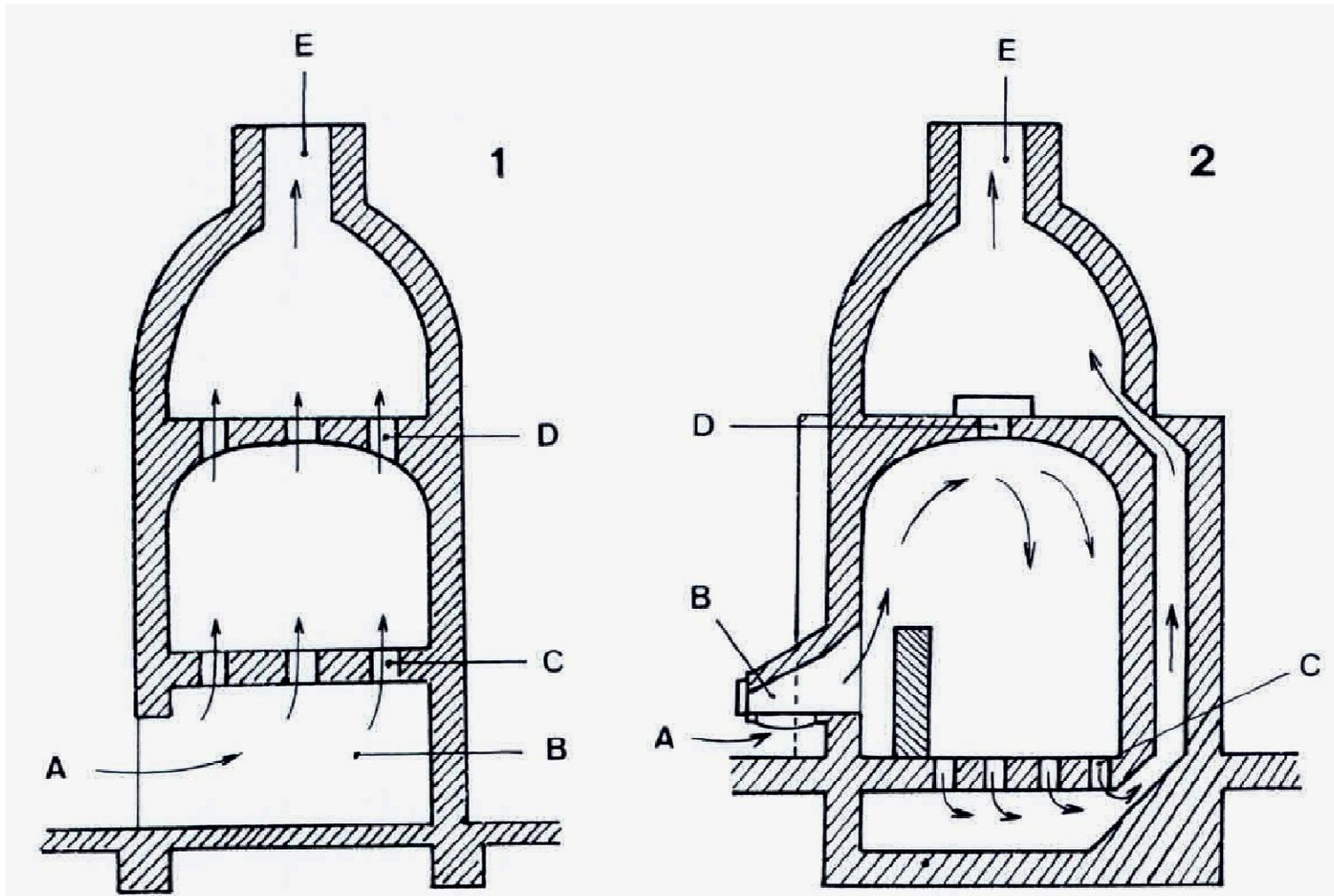
COMPOSIZIONE DELLE PORCELLANE TRADIZIONALI

Type	China Clay	Ball Clay	Feld-Spar	Flint (SiO ₂)	Other
Hard Porcelain	40	10	25	25	
Electrical Insulators	28	10	35	25	2 talc
Sanitary Ware	30	20	34	18	
Semi-vitreous Whiteware	23	30	25	21	
Bone China	25	-	15	22	38 bone ash
Hotel China	31	10	22	35	2 CaCO ₃
Dental Porcelain	5	-	95	-	

FORNO PRIMITIVO A FIAMMA DIRETTA

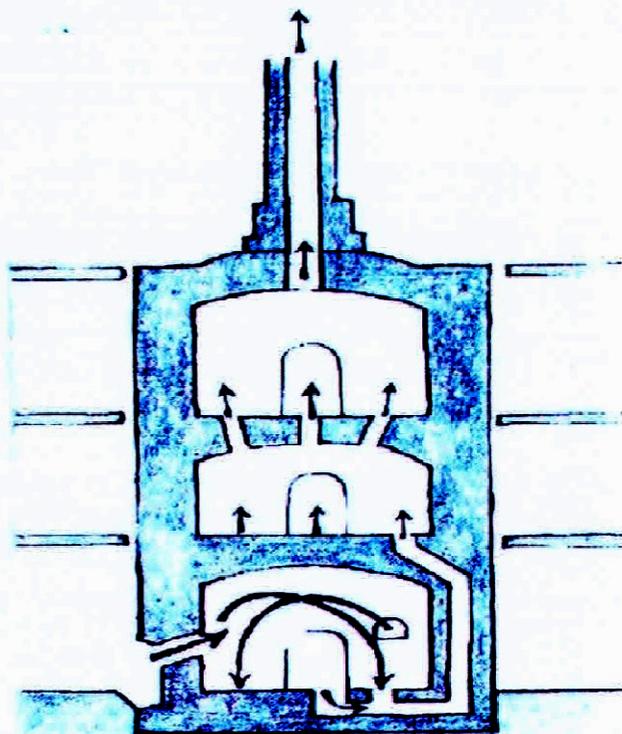


FORNI A CARBONE



*Forno a fiamma diritta (1) e forno a fiamma rovesciata (2).
A. Entrata d'aria B. Focolaio C. Fori per le fiamme D. Fori superiori per
le fiamme E. Camino*

Forni ceramici tradizionali

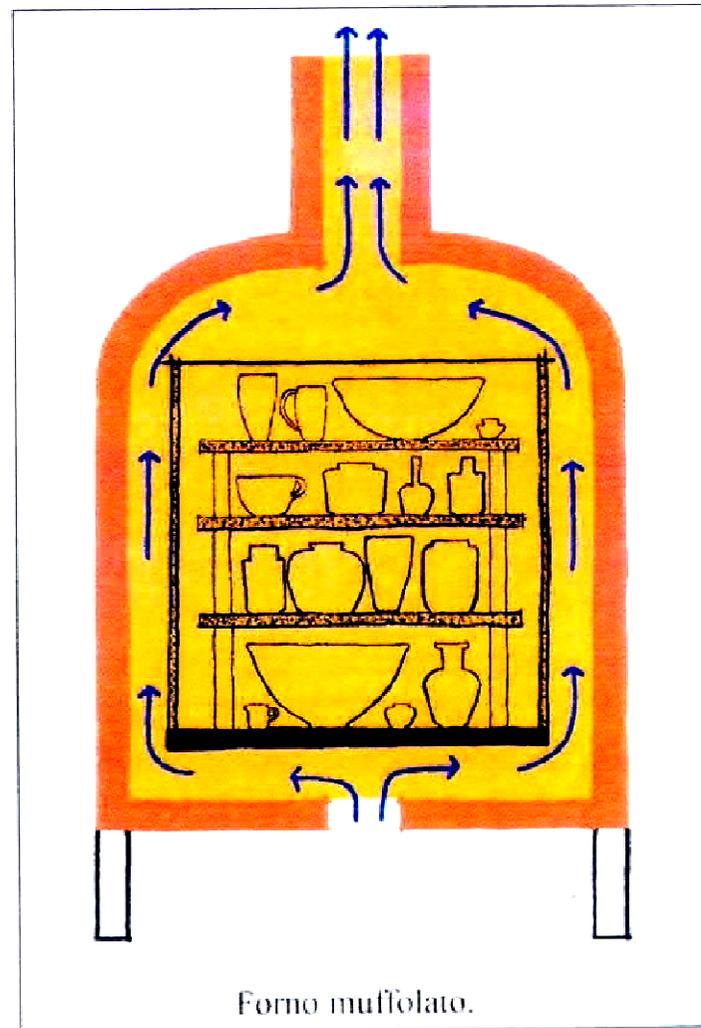


- Nel forno a **tiraggio orizzontale** un tramezzo impedisce alla cenere e ad altre impurità di penetrare nella camera. Il calore si distribuisce molto uniformemente



- Nel forno a **tiraggio discendente** le fiamme ridiscendono verso il basso. In figura i piani superiori sono utilizzati per cotture a più basse temperature (smaltatura, terzo fuoco)

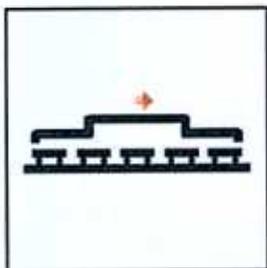
FORNO MUFFOLATO





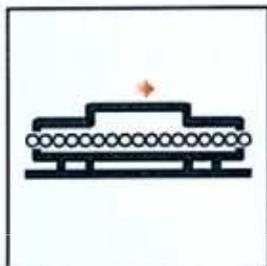
MODERNO FORNO ELETTRICO T MAX 1300°C

Principali tipi di forni continui utilizzati nel comparto ceramico



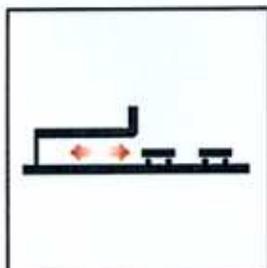
FORNO A TUNNEL

prodotto in movimento su carri
“fuoco fermo”
temperatura costante
ciclo: velocità dei carri



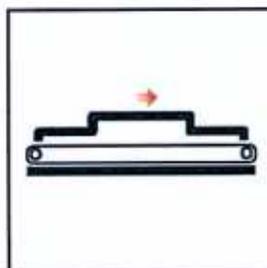
FORNO A RULLI

prodotto in movimento su rulli
“fuoco fermo”
temperatura costante
ciclo: velocità dei rulli



FORNO SHUTTLE

prodotto fermo
“fuoco variabile”
temperatura variabile
ciclo: on/off bruciatori



FORNI SPECIALI

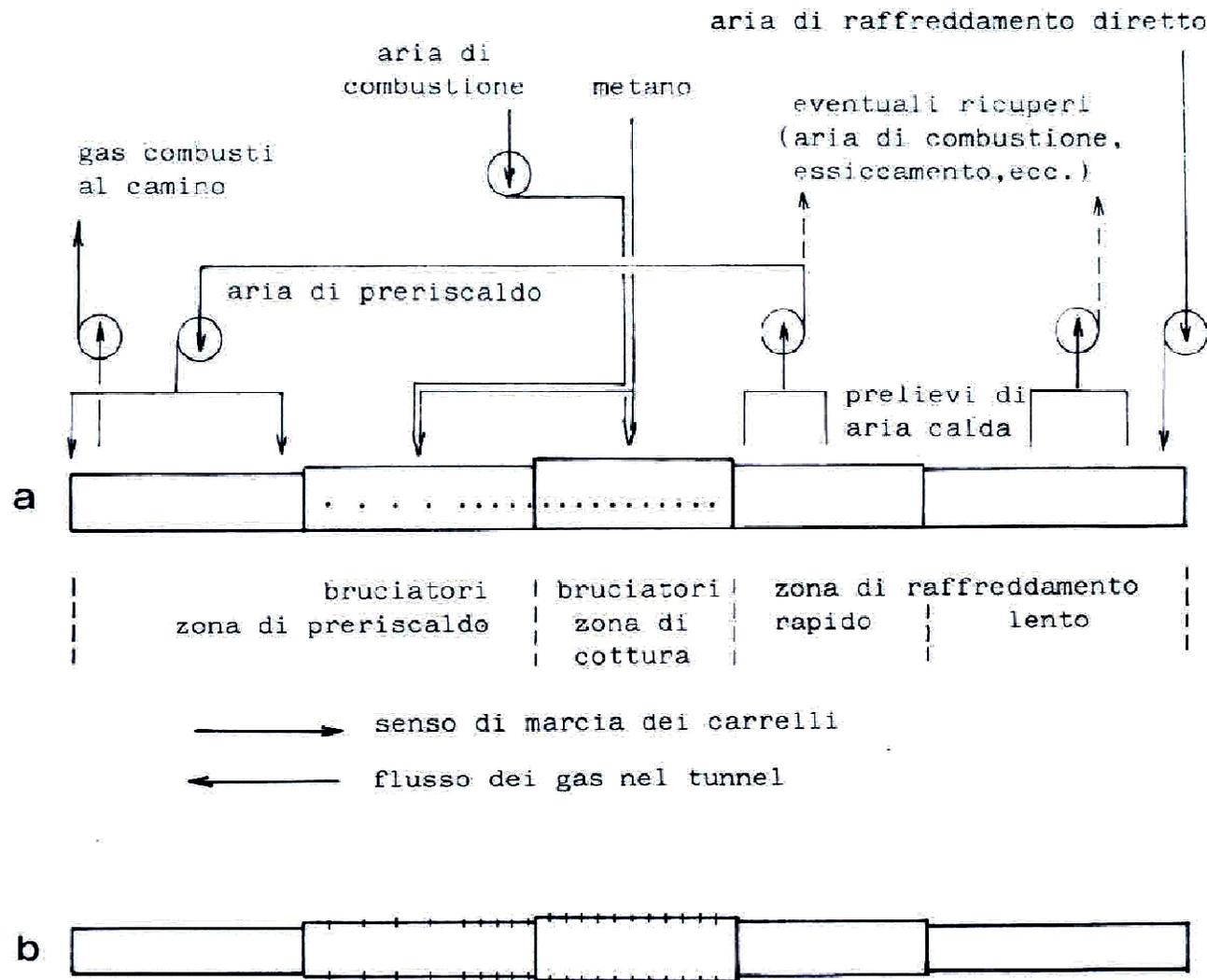
forni a nastro trasportatore
forni multicanale
forni per cottura smalti

FORNI A MICROONDE

Sono di normale impiego per la rapida essiccazione dall'umidità.

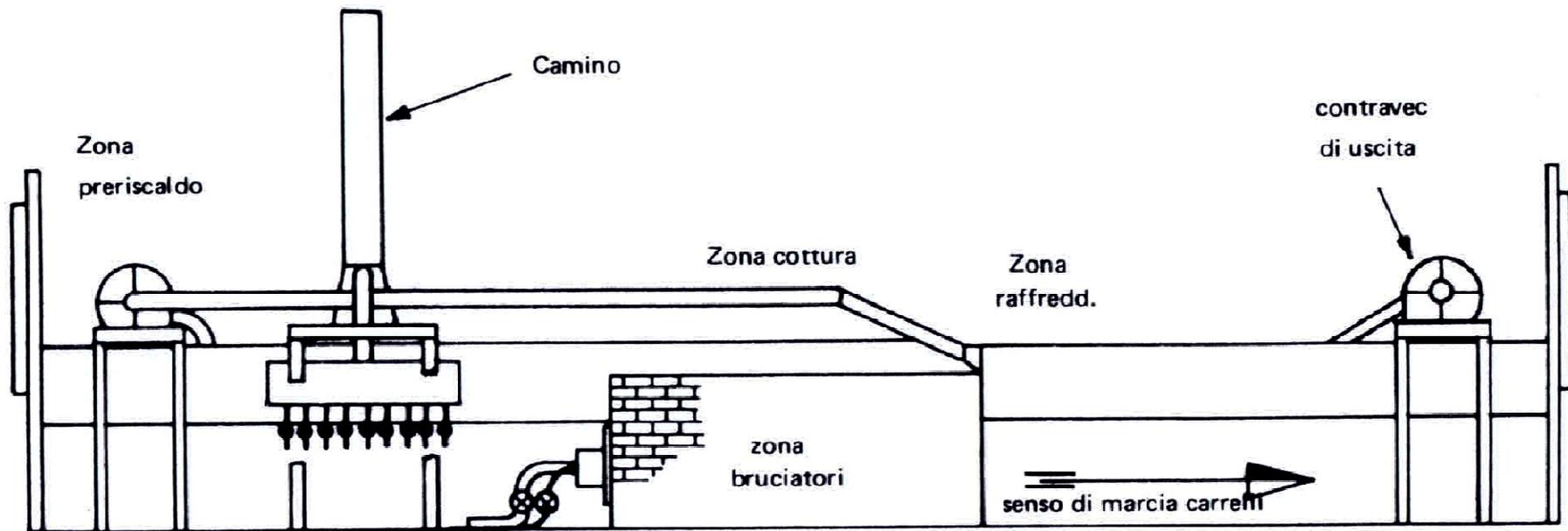
Invece per la cottura, nonostante i vantaggi teorici, non hanno avuto successo perché i prodotti ceramici secchi sono trasparenti alle microonde.

FORNO A TUNNEL



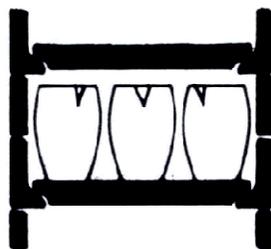
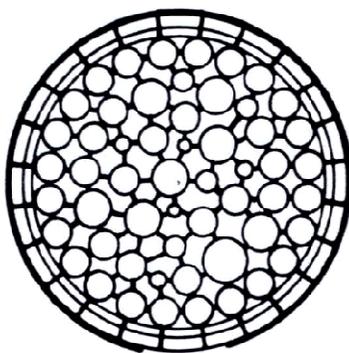
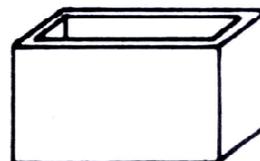
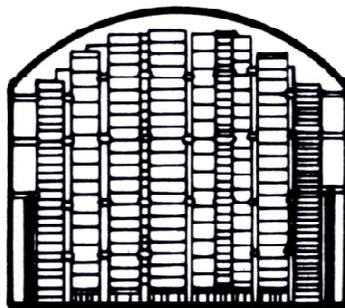
Flusso dei gas in un forno a tunnel visto di lato (a) e visto in pianta (b).

SCHEMA DI FORNO A TUNNEL

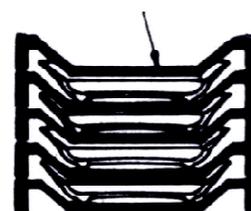


Schema di forno a tunnel

SISTEMI DI INFORNAMENTO

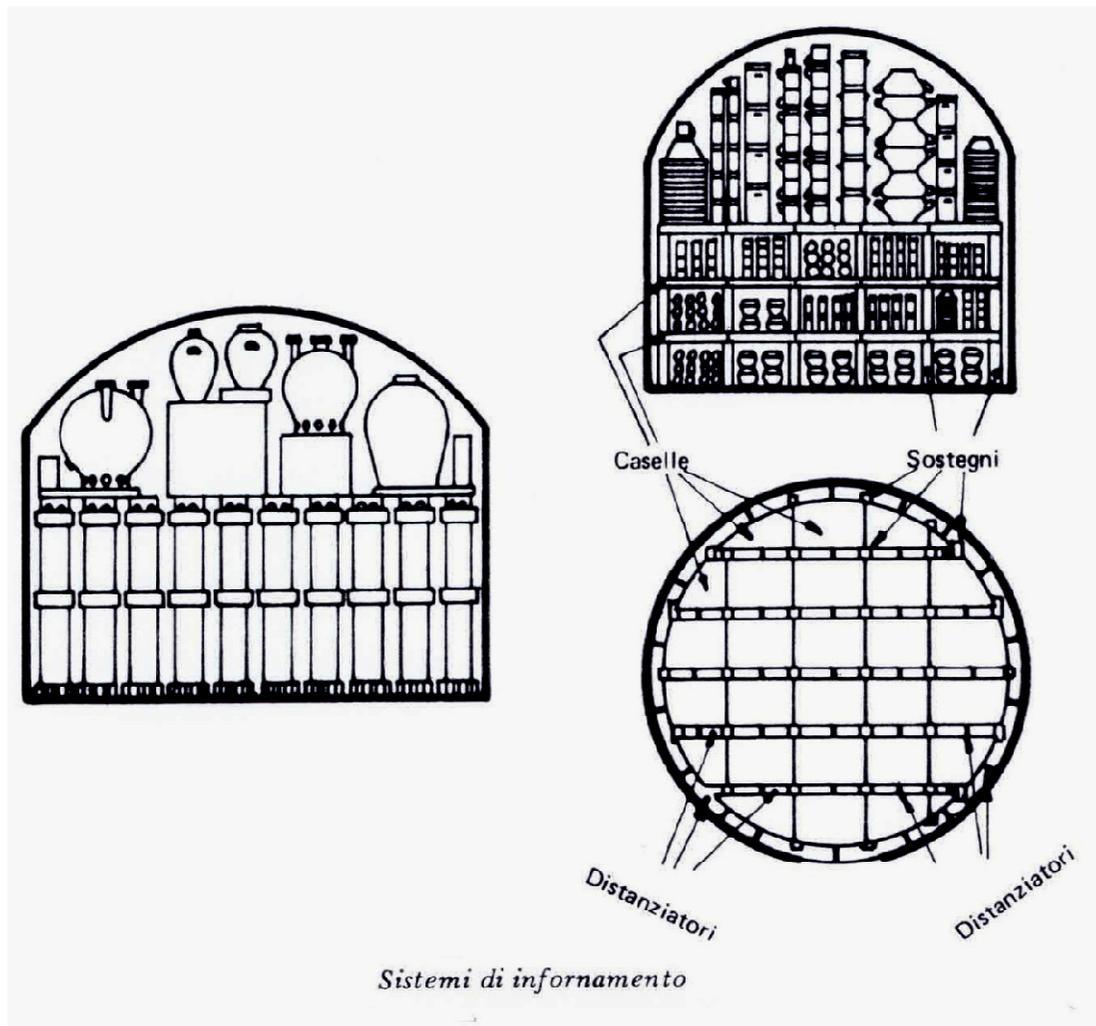


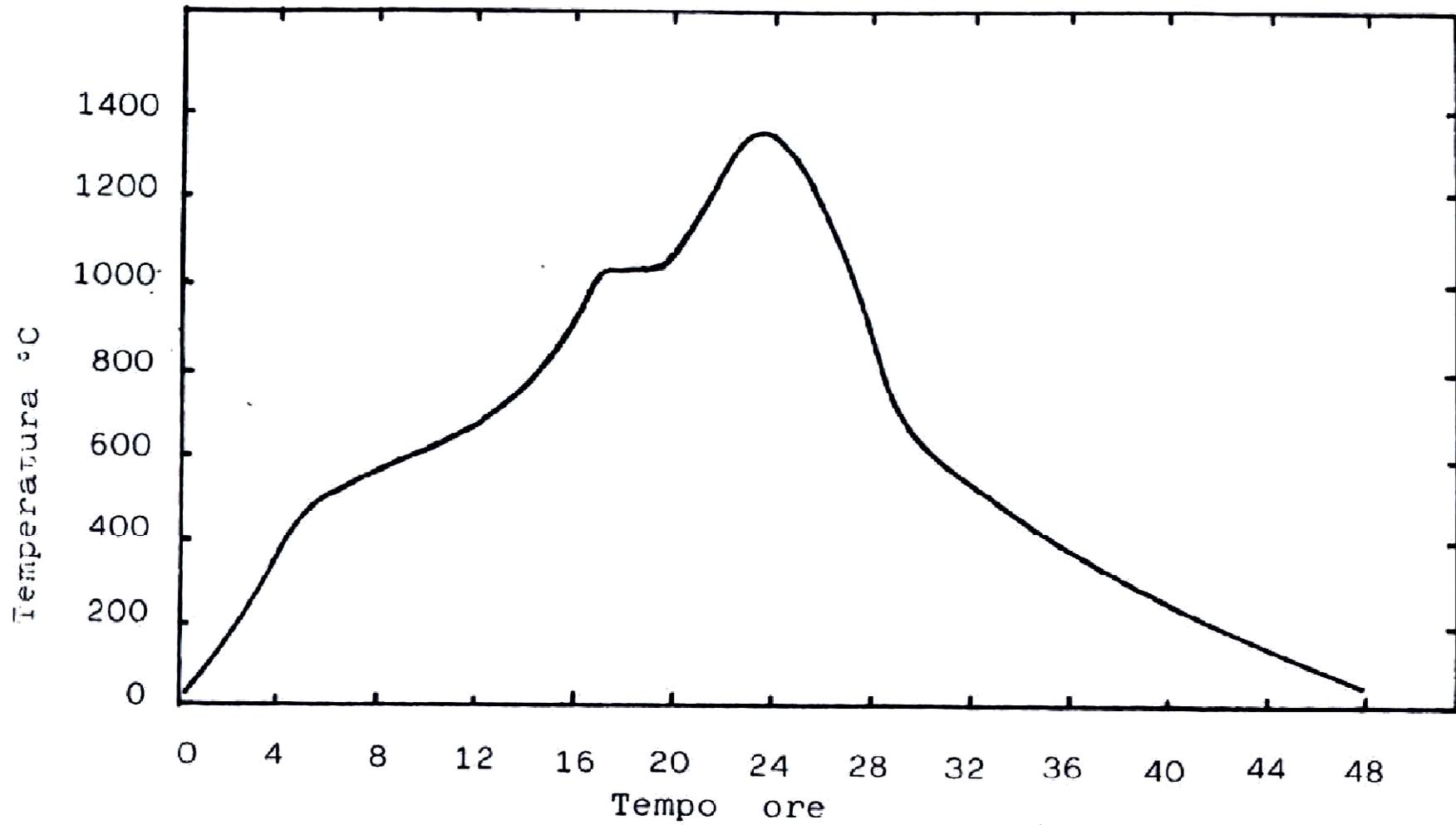
Porta pezzi
(porcellana)



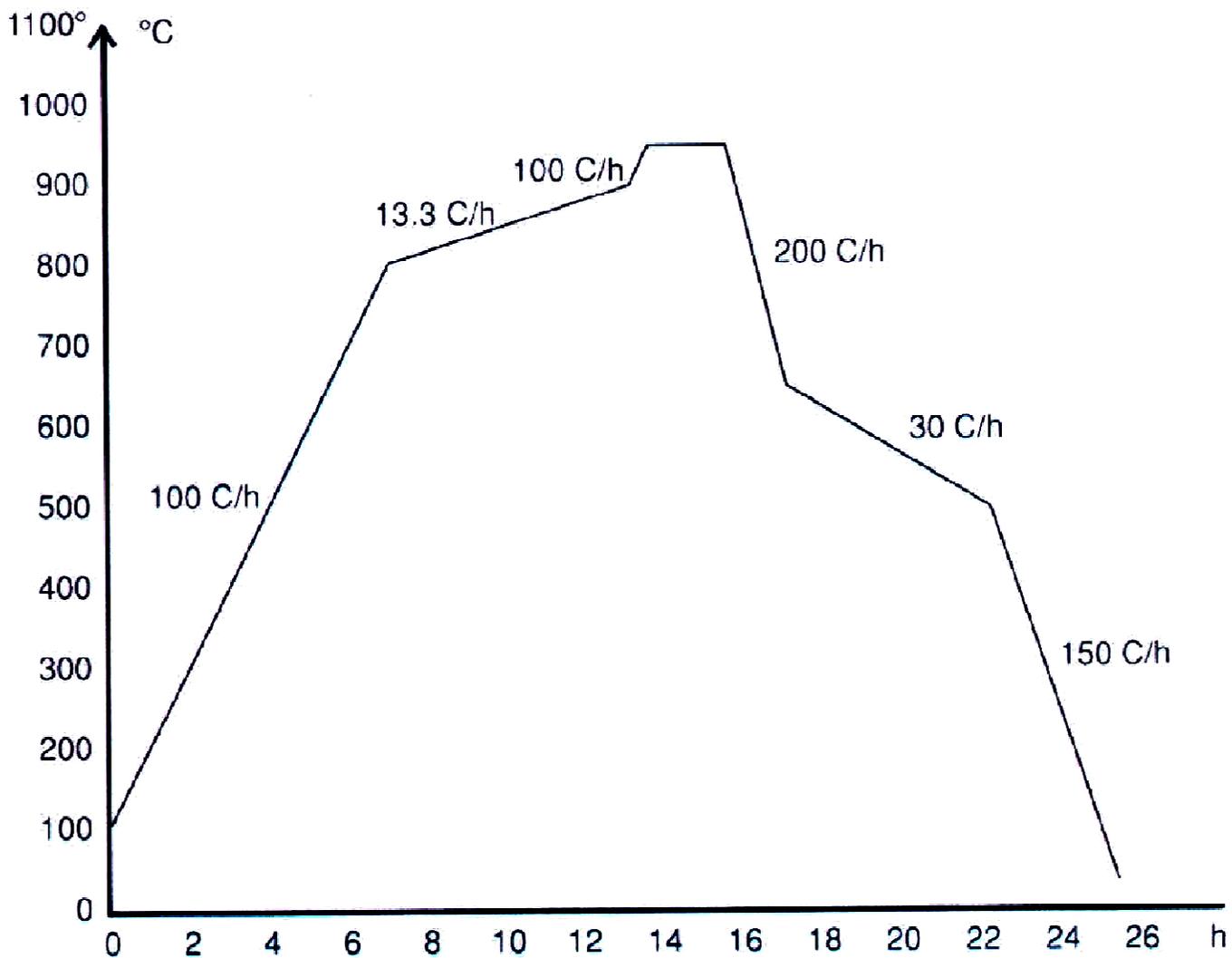
Sistemi di infornamento

SISTEMI DI INFORNAMENTO

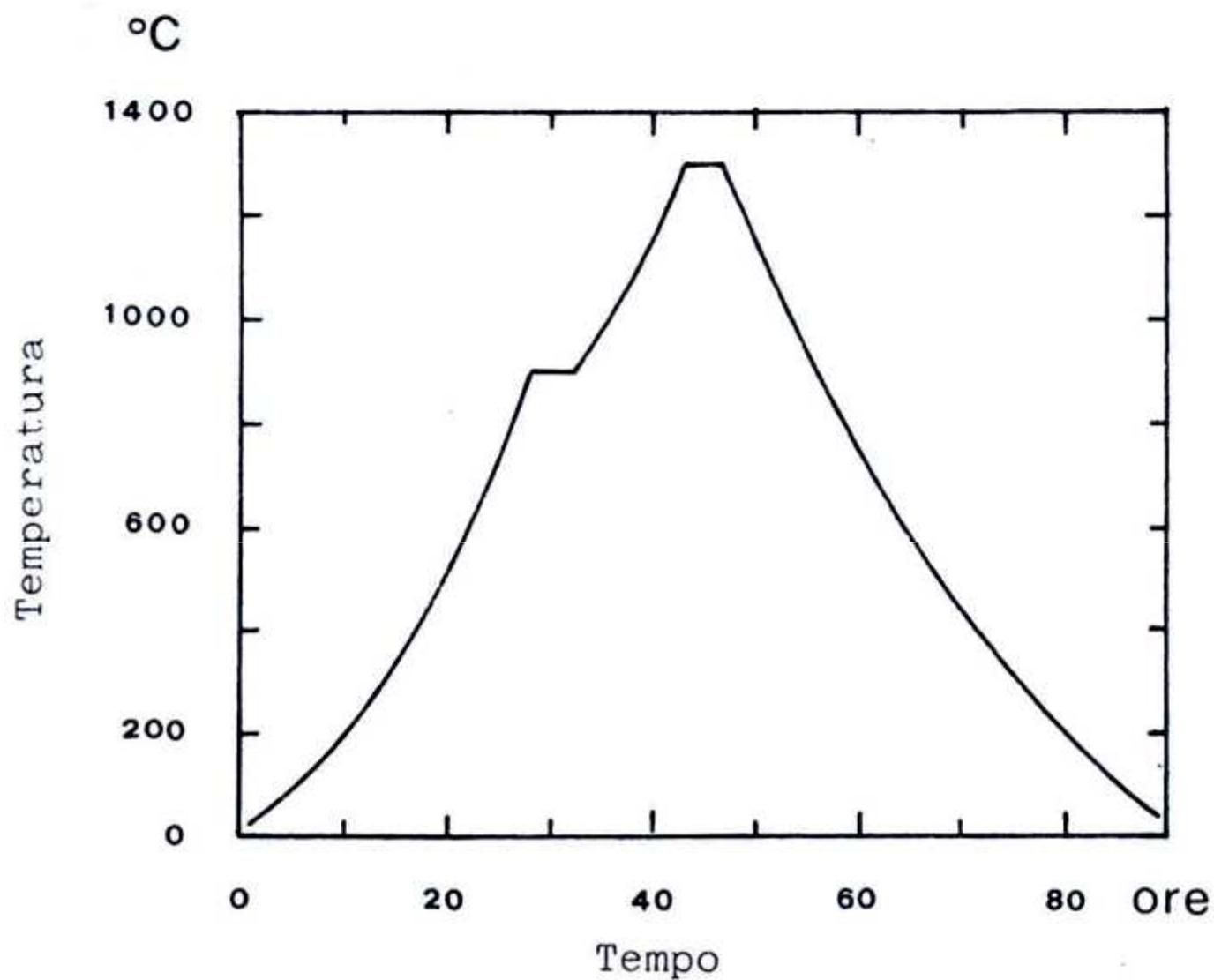




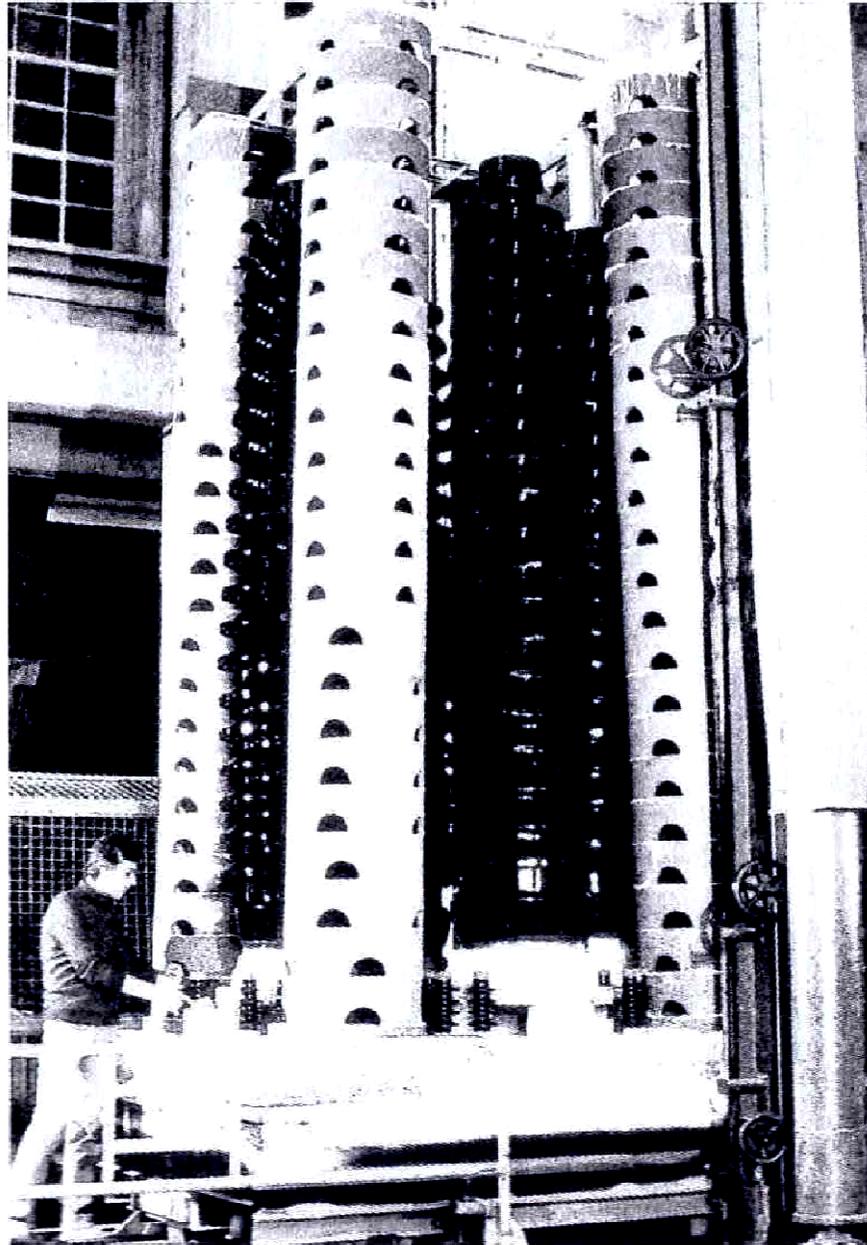
Ciclo di cottura di una porcellana in forno a tunnel.



Ciclo termico riguardante la cottura di faenza in un forno artigiano.



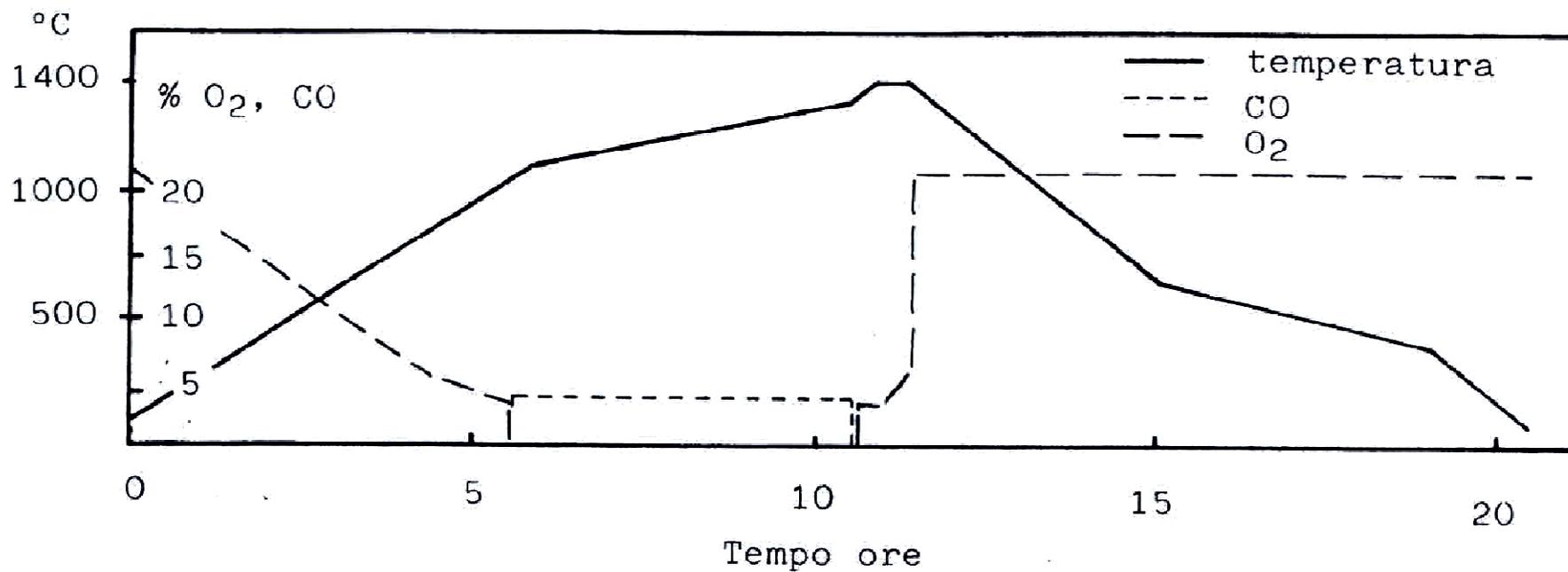
*Curva di cottura di isolatori di porcellana in forno a camera a suola mobile.
(da R. Lenz 1975)*



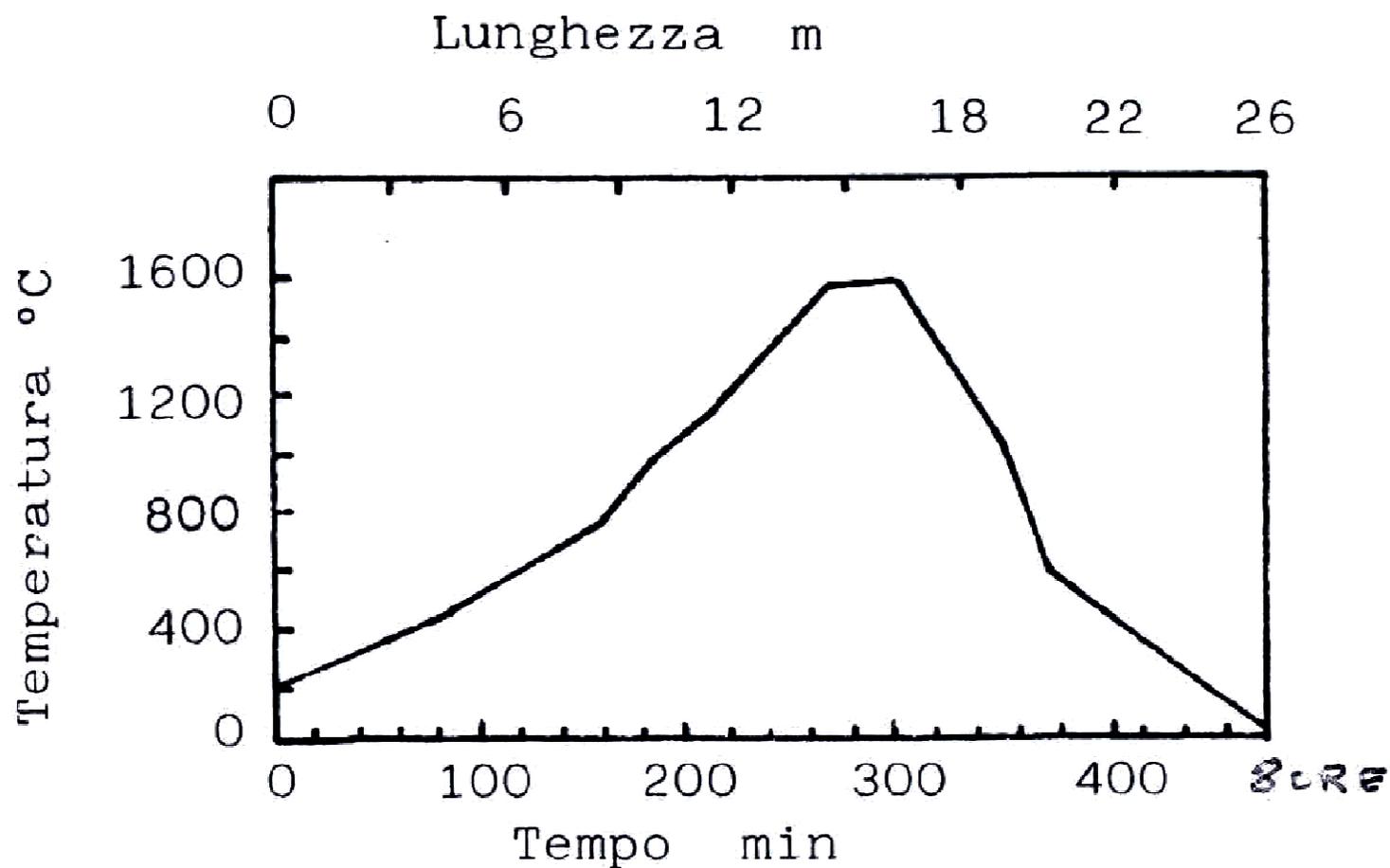
COTTURA RAPIDA

La cottura lenta di 24÷48 ore era ritenuta necessaria per tenere sotto controllo le variazioni termiche dimensionali dei pezzi che possono causare tensioni interne nella ceramica fino a rottura. Ora si è riusciti a diminuire i tempi di cottura fino a 16 minuti agendo su diversi fattori:

- 1. Micronizzazione delle polveri così da aumentare la reattività alla sinterizzazione**
- 2. Migliorare le formulazioni minimizzando il coefficiente di dilatazione termica**
- 3. Diminuire lo spessore dei pezzi**
- 4. Uniformare meglio la temperatura nel forno con idonea ventilazione**
- 5. Diminuire la capacità termica del forno**
- 6. Rendere i carrelli più snelli con supporti refrattari più leggeri**
- 7. Eventualmente eliminare i carrelli per adoperare esclusivamente forni a rulli.**



Ciclo di cottura rapida di una porcellana e controllo dell'atmosfera in un forno intermittente a carrelli (da Heimsoth).



Curva di cottura di substrati per elettronica a 1600°C in forno a rulli (da Heimsoth).

Colore dovuto all'irraggiamento dei corpi incandescenti: La seguente tabella dà i colori dovuti alla temperatura degli oggetti in cottura:

Rosso nascente	=	525°-550° C
» cupo	=	650°-700° C
» vivo	=	800°-850° C
» chiaro	=	900°-950° C
Arancio cupo	=	1000°-1050° C
» vivo	=	1100°-1150° C
Bianco nascente	=	1200°-1250° C
» vivo	=	1300°-1350° C

CONI SEGER

Sono costituiti da miscele di silicati formulate in modo tale da avere punti di fusione che aumentano gradatamente, per ogni composizione, da 600 a 2000 °C.

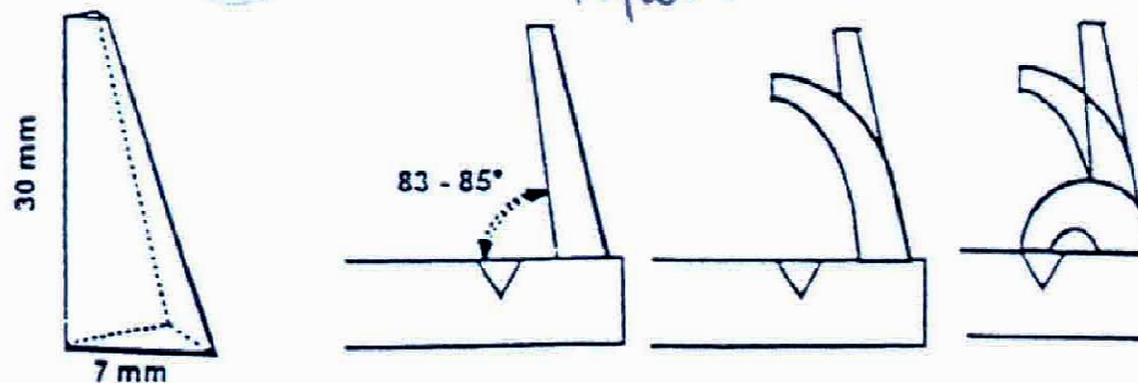
Sono foggiate a forma di piramide tronca e vengono utilizzati per sapere quando la cottura è giunta a compimento: a quel punto infatti essi rammoliscono e si incurvano. Rispetto ad altri strumenti di misura, hanno il vantaggio di tener conto non solo della temperatura, ma anche di tutte le altre variabili (tempo e velocità di cottura).



REFRATTARIETA' LIBERA

Per temperatura di refrattarietà libera si intende la temperatura alla quale una piccola piramide del refrattario dà origine ad una quantità di liquido tale da inflettersi sotto il proprio peso sino a portare la punta a toccare il piano di base

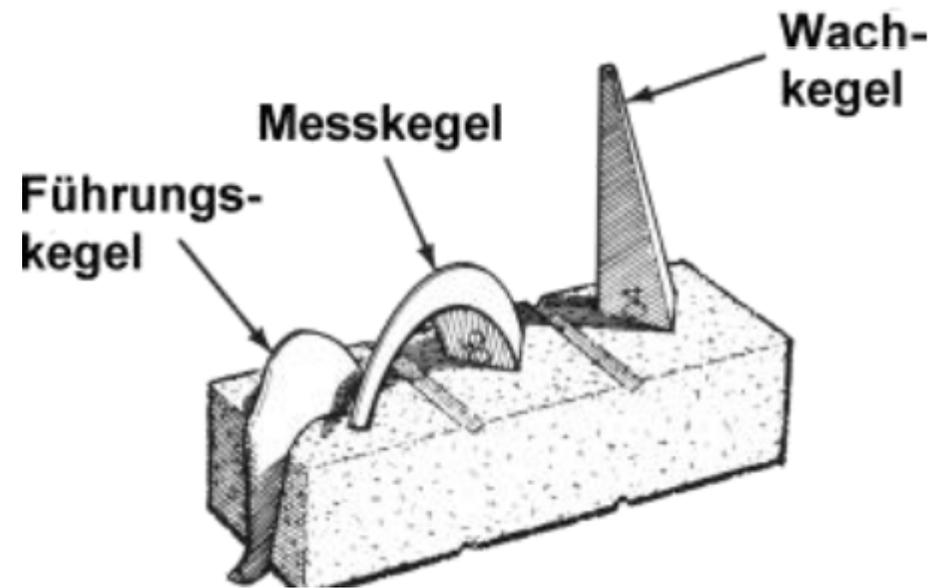
Coni Seger: miscele di caolinite e allumina



CONI SEGER

NUMERO	Temperatura (°C)	NUMERO	Temperatura (°C)	NUMERO	Temperatura (°C)
022	580	02 ^a	1070	19	1495
021	620	01 ^a	1090	20	1515
020	635	1 ^a	1105	23	1560
019	655	2 ^a	1125	26	1585
018	675	3 ^a	1140	27	1605
017	695	4 ^a	1160	28	1635
016	720	5 ^a	1175	29	1655
015 ^a	740	6 ^a	1195	30	1680
014 ^a	780	7	1215	31	1695
013 ^a	840	8	1240	32	1710
012 ^a	860	9	1255	33	1730
011 ^a	880	10	1280	34	1755
010 ^a	900	11	1300	35	1780
09 ^a	920	12	1330	36	1805
08 ^a	930	13	1360	37	1830
07 ^a	950	14	1380	38	1855
06 ^a	970	15	1400	39	1875
05 ^a	990	16	1425	40	1900
04 ^a	1015	17	1445	41	1940
03 ^a	1040	18	1470	42	1980





CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DEI FORNI

1. Termistori a semiconduttore ceramico NTC	fino	a	550°C
2. Termistori a termoresistenza di Platino	fino	a	850°C
3a. Termocoppia tipo K: NiCr/NiAl	fino	a	1260°C
3b. Termocoppia tipo N: Nicrosil (Ni+Cr+Si)/Nichel	fino	a	1300°C
3c. Termocoppia tipo S: Pt+10% Rh/Pt	fino	a	1700°C
4a. Pirometri a spirale di tungsteno da 1000°C	fino	a	3000°C
4b. Pirometri a irraggiamento da 1000°C	fino	a	3000°C

RIFINITURA DELLA CERAMICA E PORCELLANA

Per migliorare l'aspetto, le prestazioni, l'estetica secondo il proprio estro o necessità, la ceramica viene rifinita con carteggiatura, lucidata con stecche di legno, resa brillante con vetrine o colorata con smalti.

Queste operazioni vengono definite sotto la voce di decorazione.

DECORAZIONE A ESSICCAZIONE QUASI TERMINATA SI APPLICA A DUREZZA CUOIO

- APPLICAZIONE DI ANSE E ALTRI PARTICOLARI
- GRAFFIATURE, INTARSI E INCISIONI
- CARTEGGIATURA E LUCIDATURA CON STECCHIE DI LEGNO
- RIPORTI ED APPLICAZIONI IN RILIEVO
- TERRA SIGILLATA = PATINA SIGILLANTE DI ARGILLA FINISSIMA
- INGOBBIO = PATINA CERAMICA COLORATA



IMPASTO A DUREZZA CUOIO

Si comporta come cuoio al taglio e all'incisione e non presenta ulteriore ritiro all'essiccamento. Corrisponde quindi a una fase dell'essiccamento nella quale si eseguono varie operazioni di ritocco, finitura e decorazione.

DECORAZIONE SUL COTTO (APPLICAZIONE E COTTURA AL SECONDO FUOCO)

- INVETRIATURA

- SMALTATURA

Bibliografia

- Cipriano Piccolpasso, *I tre libri dell'arte del vasajo : nei quali si tratta non solo la pratica, ma brevemente tutti i segreti di essa cosa che persino al di d'oggi e stata sempre tenuta nascosta*, del cav. Cipriano Piccolpassi Durantino, Roma, dallo Stabilimento tipografico, 1857.
- T. Emiliani, E. Emiliani, *Tecnologia dei Processi Ceramici*, Società Editrice Ceramurgia s.r.l., Faenza, novembre 1982
- Daniela Di Castro e Roberto Valeriani, *Il valore delle porcellane europee*, Umberto Allemandi Editore, 1985
- *Enciclopedia Italiana Grolier*, Grolier Hachette International, 1994
- G.P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnologia Ceramica "Le Materie Prime"*, vol.1, Faenza, Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A., gennaio 1999
- G.P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnologia Ceramica "Le Lavorazioni"*, vol.2, Faenza, Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A., settembre 1999
- G.P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnologia Ceramica "Le Tipologie"*, vol.3, Faenza, Gruppo Editoriale Faenza Editrice S.p.A., aprile 2001
- Maggipinto Antonello et al, *Educare con la ceramica. Tecniche, esperienze e spunti operativi*, Ediz. Junior, 2001 (<http://www.edizionijunior.com/schedalibro.asp?ID=4243>)
- Amedeo Benedetti, "Vetro, terracotta e ceramica", in *Bibliografia Artigianato. La manualistica artigiana del Novecento: pubblicazioni su arti e mestieri in Italia dall'Unità ad oggi*, Genova, Erga, 2004, pp. 350–367. ISBN 88-8163-358-2
- Andrea Ciaroni, *Maioliche del Quattrocento a Pesaro. Frammenti di Storia dell'arte ceramica dalla bottega dei Fedeli*, Firenze, edizioni Centro Di, 2004. ISBN 88-7038-404-7 Maioliche del Quattrocento a Pesaro: frammenti di storia dell'arte ceramica... - Andrea Ciaroni - Google Libri (http://books.google.it/books?id=zlyME_UK01kC&printsec=frontcover)
- *La ceramica in Italia quando l'Italia non c'era* (<http://www.edipuglia.it/volume.php?id=489>), Edipuglia (<http://www.edipuglia.it>) 2006
- *Le classi ceramiche. situazione degli studi. Atti della 10ª Giornata di Archeometria della Ceramica* (<http://www.edipuglia.it/volume.php?id=601>), Edipuglia (<http://www.edipuglia.it>) 2009
- *La porcellana di Venezia nel '700*, Marsilio Editore, 1998

Sitografia

A. Licciulli – Prof. Unile – *SINGOLE VOCI*

Wikipedia – *SINGOLE VOCI*