

**Sulla base dei processi di formazione e delle condizioni fisiche che caratterizzano gli ambienti di formazione le rocce vengono classificate in :**

<b>ROCCE MAGMATICHE (IGNEE)</b>	<b>INTRUSIVE (plutoniche) EFFUSIVE (vulcaniche) IPOABISSALI (subvulcaniche)</b>
<b>ROCCE METAMORFICHE</b>	<b>REGIONALI (dinamo-metamorfiche) DI CONTATTO (termo-metamorfiche)</b>
<b>ROCCE SEDIMENTARIE</b>	<b>di origine CLASTICA di origine ORGANOGENA di origine CHIMICA</b>

**Per riconoscere una roccia magmatica o metamorfica, bisogna identificare:**

- 1) STRUTTURA** : caratteri meso-macroscopici, rilevabili ad occhio nudo su affioramento o su campione a mano
- 2) MINERALI** presenti e le loro abbondanze relative
- 3) TESSITURA** : caratteri microscopici rilevabili al microscopio ottico a luce polarizzata

# ROCCE MAGMATICHE

## OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE per il riconoscimento

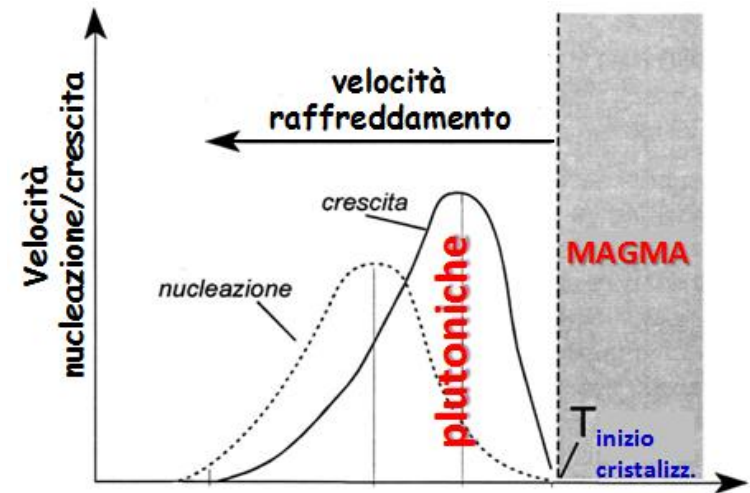
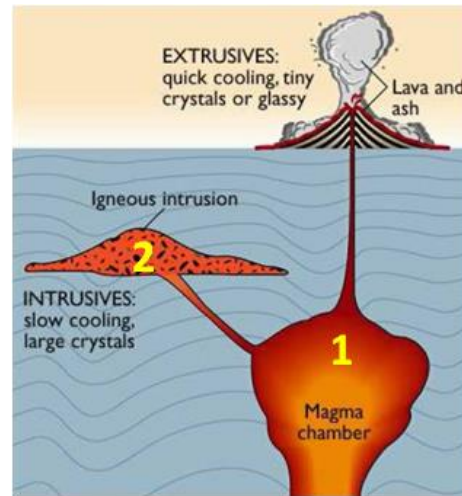
- ▶ STRUTTURA
- ▶ GRANA (dimensioni cristalli)
- ▶ COLORE (abbondanza minerali femici/sialici)
- ▶ MINERALI PRESENTI
- ▶ RAPPORTI QUANTITATIVI TRA I MINERALI
- ▶ DENSITA' (stima del peso campione in rapporto al volume)
- ▶ DUREZZA

Le rocce magmatiche sono definite :

<b>OLOCRISTALLINE</b> sia intrusive che effusive	tutta la roccia è costituita da cristalli <b>vetro assente</b>
<b>IPOCRISTALLINE (1) O IPOIALINE (2)</b> solo effusive	<b>variabile presenza di vetro</b> (1)subordinata (2)prevalente rispetto alle fasi cristalline - <i>vetro spesso difficile da riconoscere ad occhio nudo</i> -
<b>VETROSE</b> solo effusive	<b>Vetro molto abbondante,</b> tipica frattura concoide

## ROCCE MAGMATICHE INTRUSIVE

Cristallizzazione in  
camere magmatiche  
localizzate in profondità  
entro la crosta terrestre



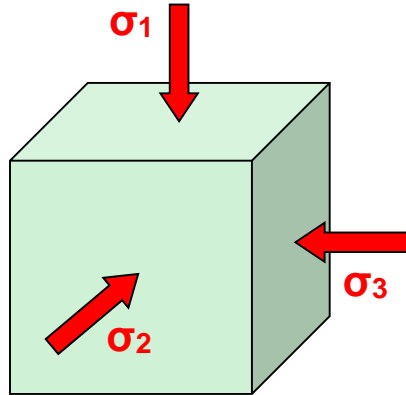
<b>Lenta diminuzione di temperatura</b> (bassa conduttività termica delle rocce incassanti)	<b>LENTO RAFFREDDAMENTO DEL MAGMA</b>
<b>La fase fluida rimane in soluzione nel magma</b> (grazie alla pressione, e favorisce la mobilità degli ioni)	<b>FAVORITA LA CRESCITA dei cristalli rispetto alla NUCLEAZIONE</b>



- ▶ Il magma cristallizza completamente (assenza di vetro)
- ▶ I cristalli raggiungono dimensioni rilevabili a occhio nudo (o con l'aiuto di una lente)

- il magma è sottoposto ad una la Pressione di tipo IDROSTATICO (= in tutte le direzioni)  
risultato: assenza di orientazioni preferenziali dei minerali.

→ **STRUTTURE ISOTROPE**

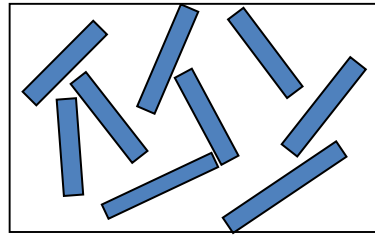
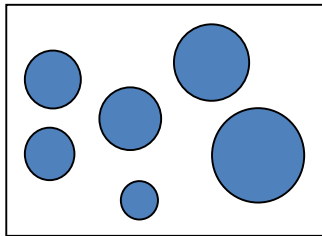


**PRESSIONE IDROSTATICA**

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$$

orientazione casuale dei minerali

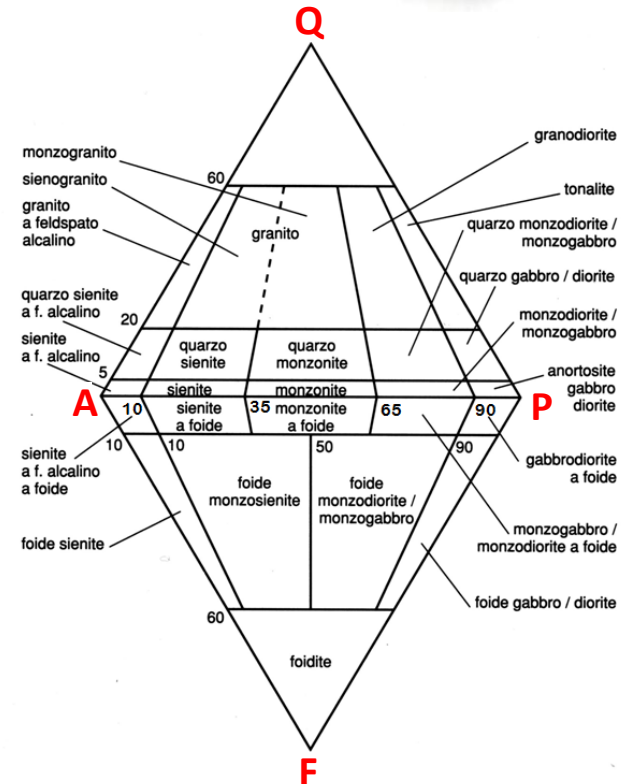
**Strutture isotrope**



► **CLASSIFICAZIONE MACRO-MICROSCOPICA:**

basata sulla % in VOLUME (% MODALE o MODA) dei minerali presenti

→ **DIAGRAMMI CLASSIFICATIVI MODALI**

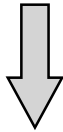


# ROCCE MAGMATICHE INTRUSIVE

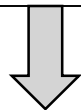
## OSSERVAZIONE MESO/MACROSCOPICA

Caratteri rilevabili ad occhio nudo  
su affioramento:  
omogeneità/eterogeneità statistica  
della roccia (SCALA meso-)

Caratteri rilevabili a occhio nudo  
su campione a mano (SCALA macro-)



**Assetto dei minerali costituenti**  
**Grana (dimensioni) dei minerali**  
**Distribuzione omogena/disomogena  
dei minerali**



**STRUTTURA**

## OSSERVAZIONE MICROSCOPICA

Caratteri rilevabili in sezione  
sottile al microscopio a luce  
polarizzata

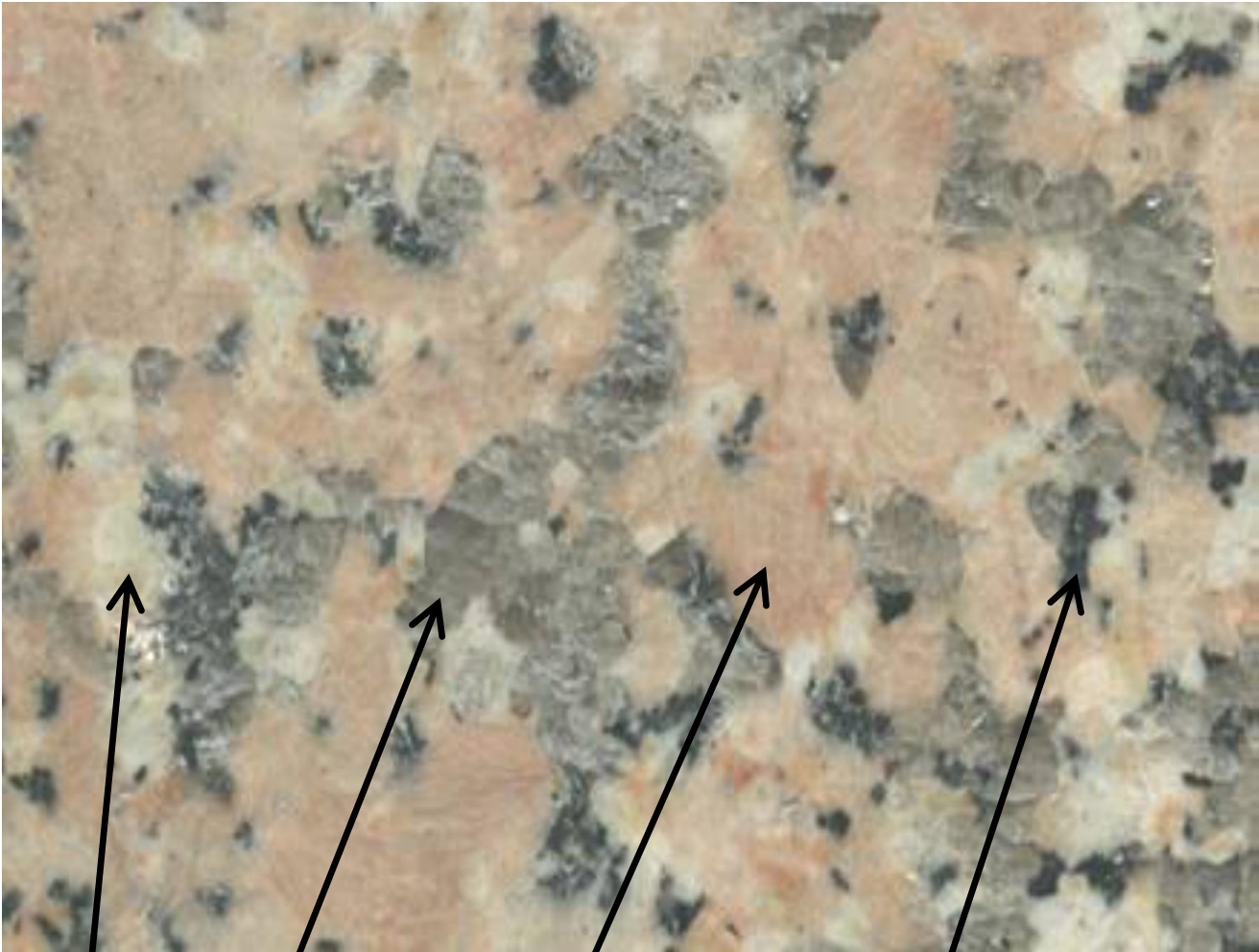


**FORMA dei minerali**  
**DISTRIBUZIONE dei minerali**  
**RELAZIONI SPAZIALI tra i minerali**



**TESSITURA (MICROSTRUTTURA)**

**GRANITO: INTRUSIVA formata da (in ordine decresc.) K-feldspato, quarzo, plagioclasio, Biotite**



**NB: K-feld non sempre è rosa !!**

plagioclasio

quarzo

K-feldspato

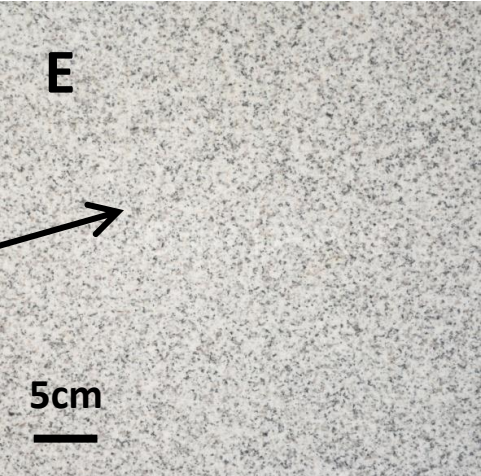
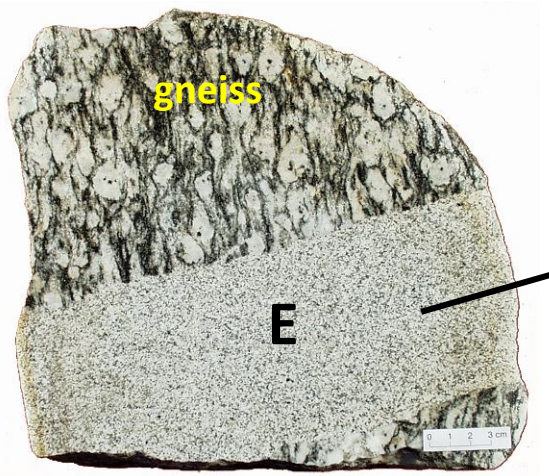
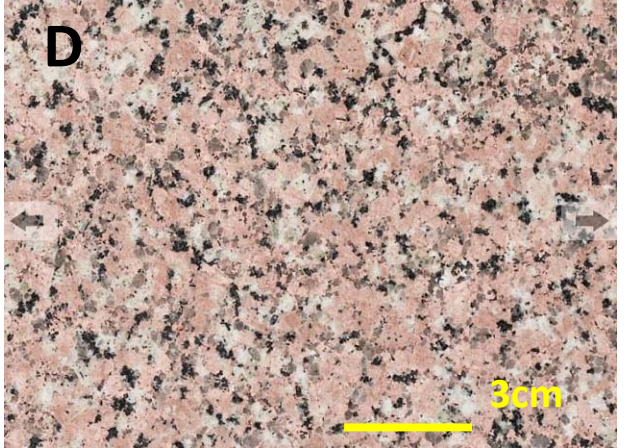
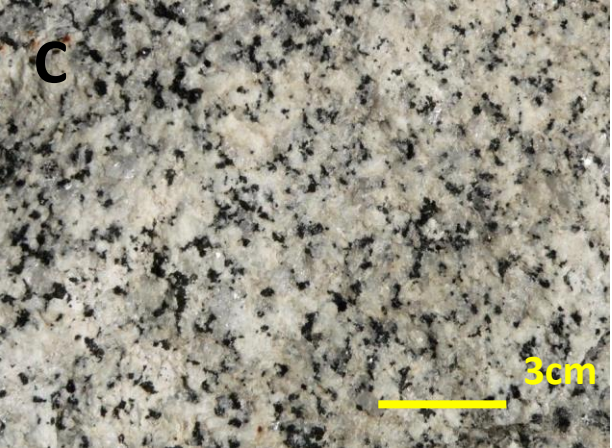
biotite



Esempio:

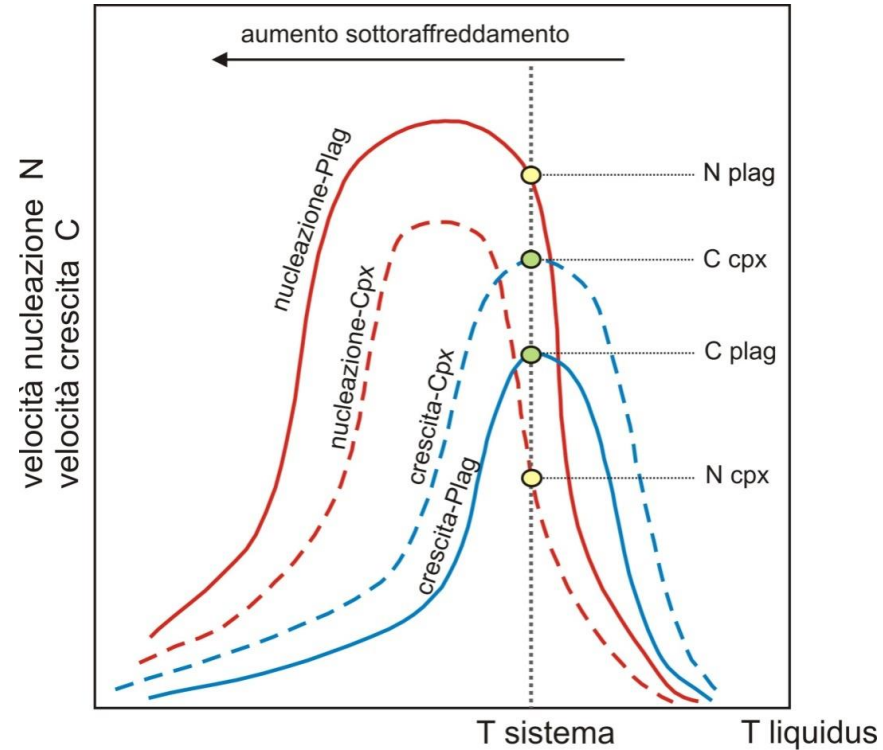
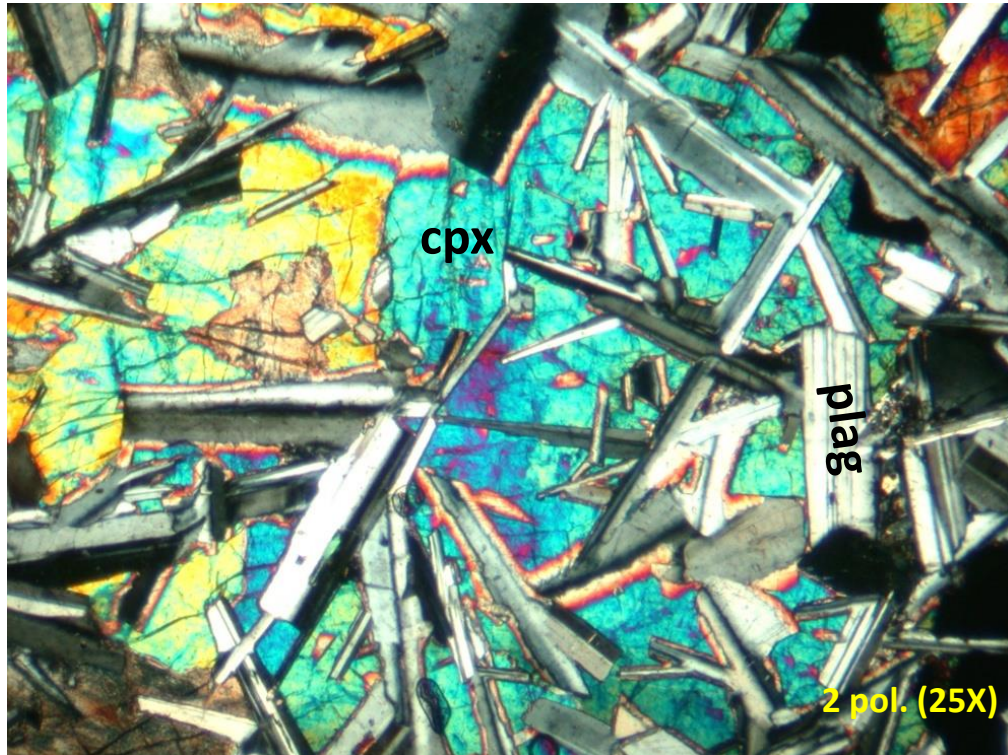
**STRUTTURA**

**Sono tutti GRANITI (costituiti da K-feld, qz, plag, <10% Biotite) ma hanno diverse STRUTTURE**



- A: granito a megacristalli di K-feldspato**
- B: granito rosso a porfirocristalli di K-feldpato**
- C: granito bianco a grana media**
- D: granito rosa a grana media**
- E: granito aplitico a grana fine**

## TESSITURA: Forma minerali + Relazioni spaziali tra i minerali



tessitura **OFITICA** : tipica di magmi basici intrusi in crosta poco profonda (corpi ipoabissali: sill, filoni, dicchi). Rocce dette DOLERITI.

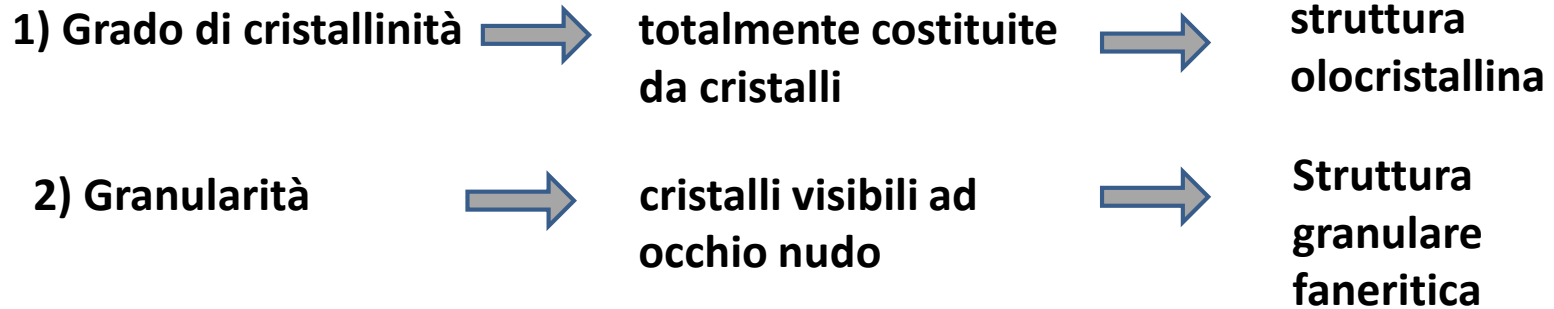
Cristallizzazione eutettica (contemporanea) di pirosseno e plagioclasio.

Diverse velocità di nucleazione e crescita dei 2 minerali: plagioclasio con  $>$  nucleazione e  $<$  crescita rispetto al pirosseno.

Risultato : numerosi , minuti e euedrali (ben formati) cristalli di plagioclasio inclusi in più grandi, anedrali (senza forma propria) cristalli di augite.



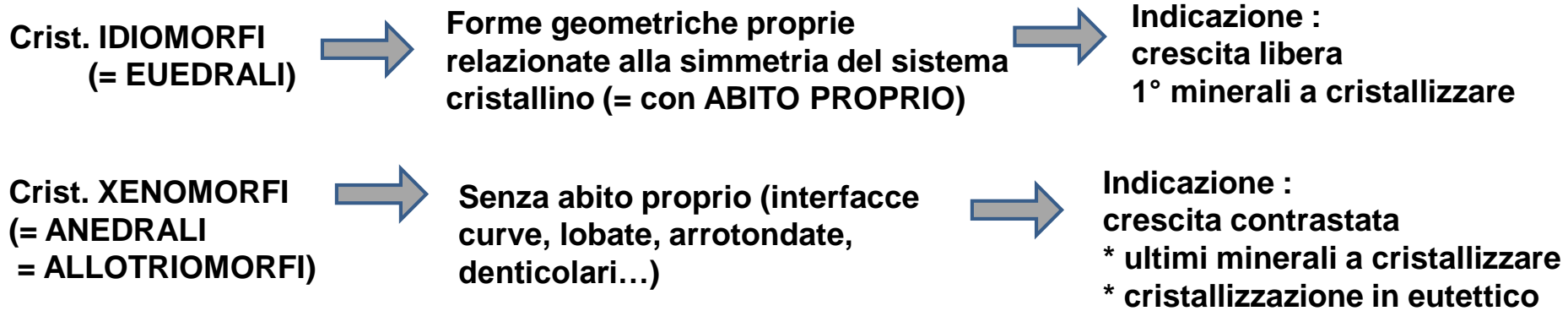
## CARATTERI STRUTTURALI DELLE ROCCE INTRUSIVE



## CARATTERI TESSITURALI DELLE ROCCE INTRUSIVE : GRANA

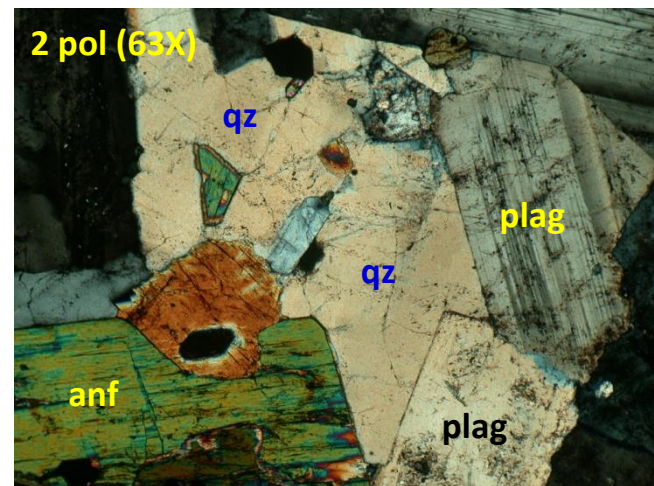
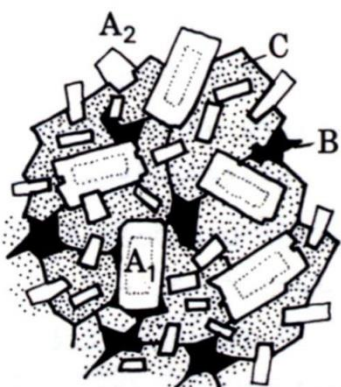
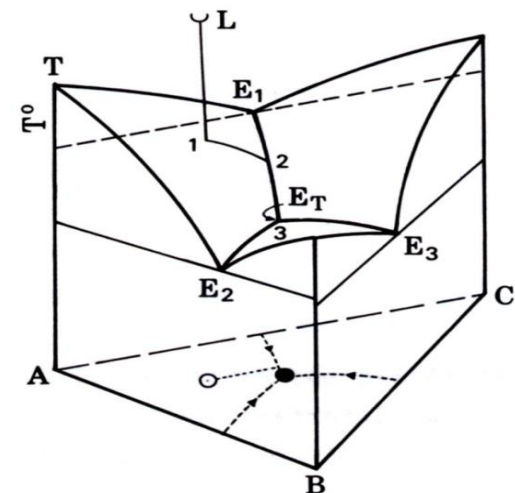
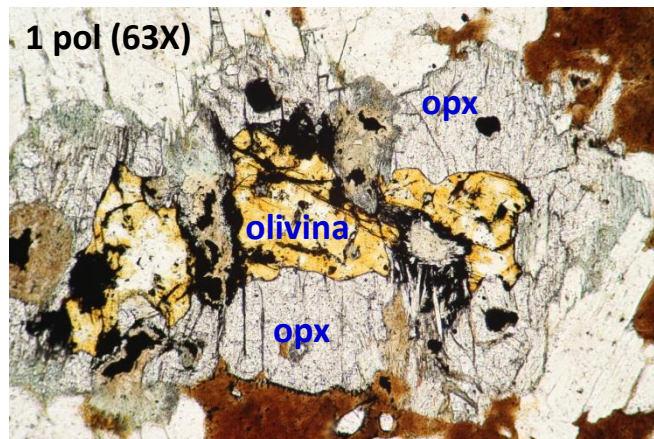
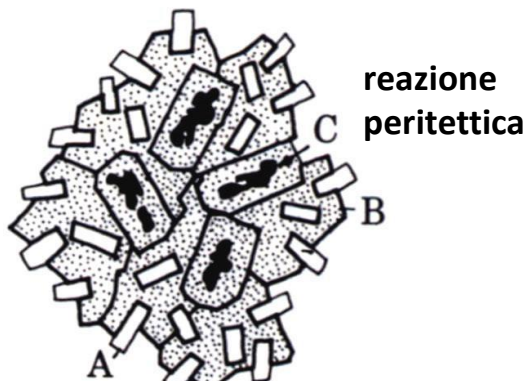
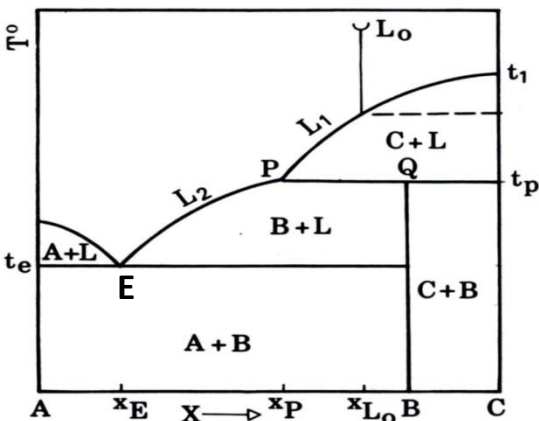
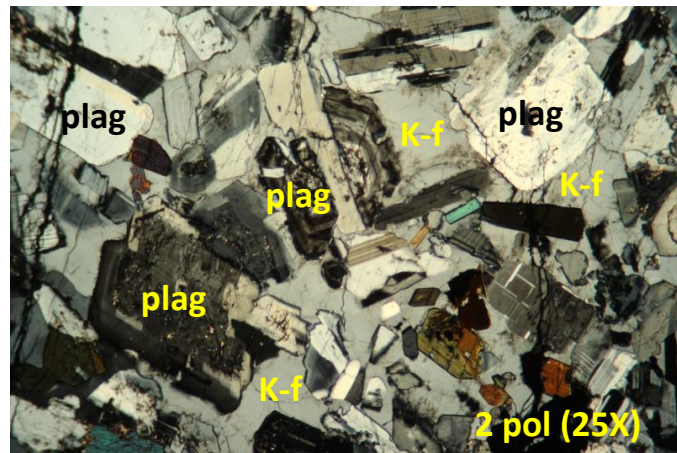
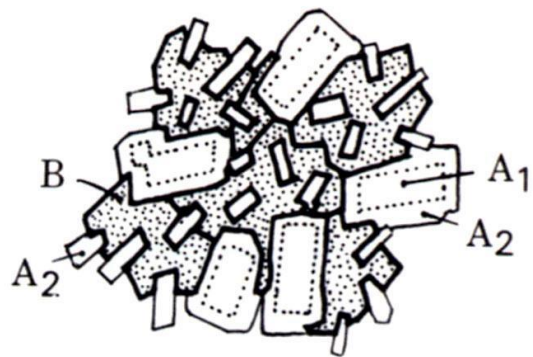
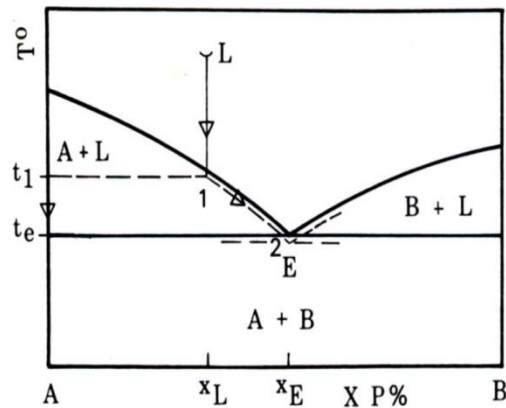
Grana	Dimensione cristalli	TESSITURA
fine	< 1 mm	Equigranulare : cristalli con = grana
media	1 – 5 mm	Eterogranulare : cristalli con ≠ grana
grossa	5 – 30 mm	Eterogranulare : cristalli di una specie molto più sviluppati degli altri
molto grossa	> 30 mm	

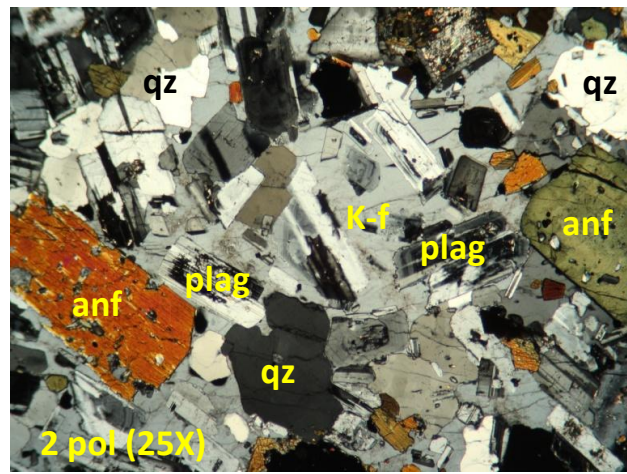
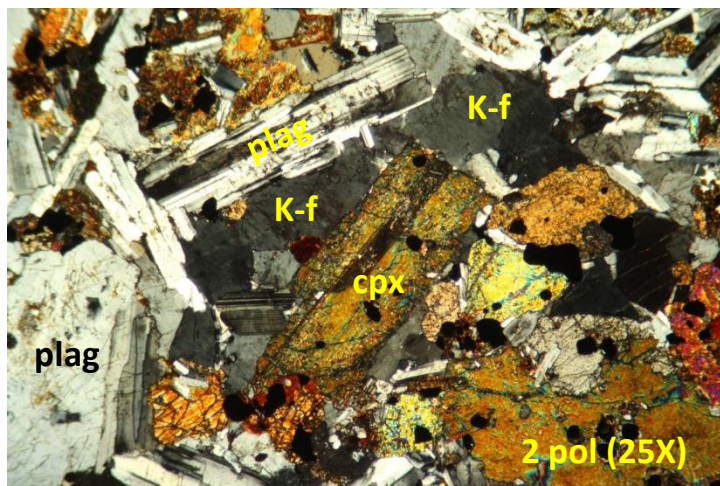
## CARATTERI TESSITURALI DELLE ROCCE INTRUSIVE : **FORMA**



FORMA crist.	CARATTERI	TESSITURA	INDICAZIONE
euedrale + subeuedrale + anedrale	minerali con forma propria + altri solo in parte + altri senza forma propria	<b>IPIDIOMORFA</b>	<b>cristallizzazione all'EQUILIBRIO</b> <b>sequenza di cristallizzazione</b>  ampio $\Delta T^\circ$ di cristallizzazione
anedrale o allotriomorfa	tutti i minerali hanno un abito irregolare	<b>AUTOALLOTRIOMORFA</b>	<b>cristallizzazione contemporanea</b>  piccolo $\Delta T^\circ$ di cristallizzazione: in/vicino a <b>eutettico</b>

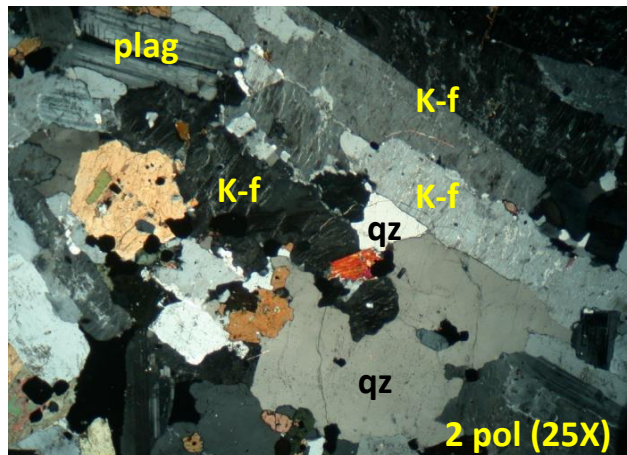
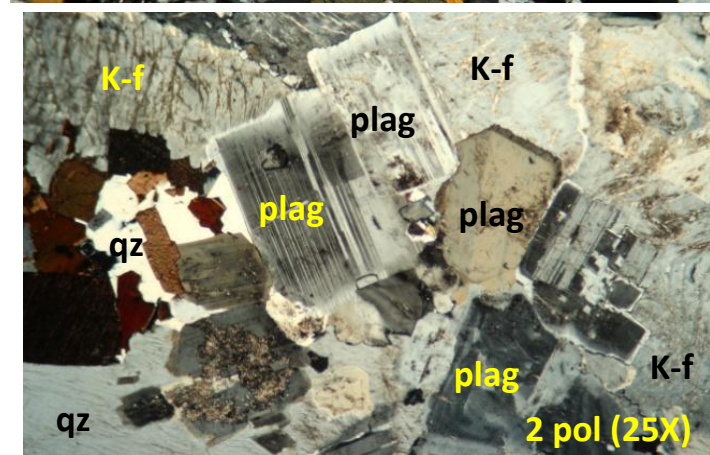
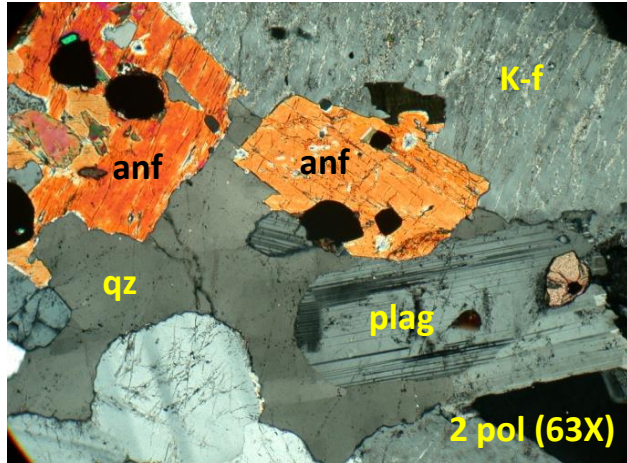
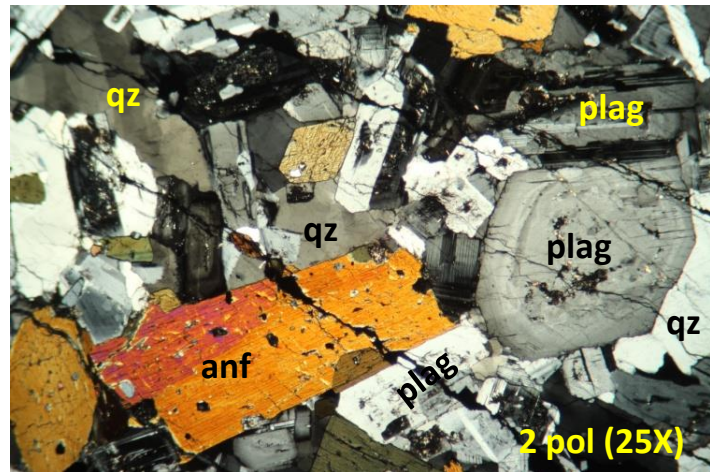
# Sequenza di cristallizzazione Tessitura IPIDIOMORFA



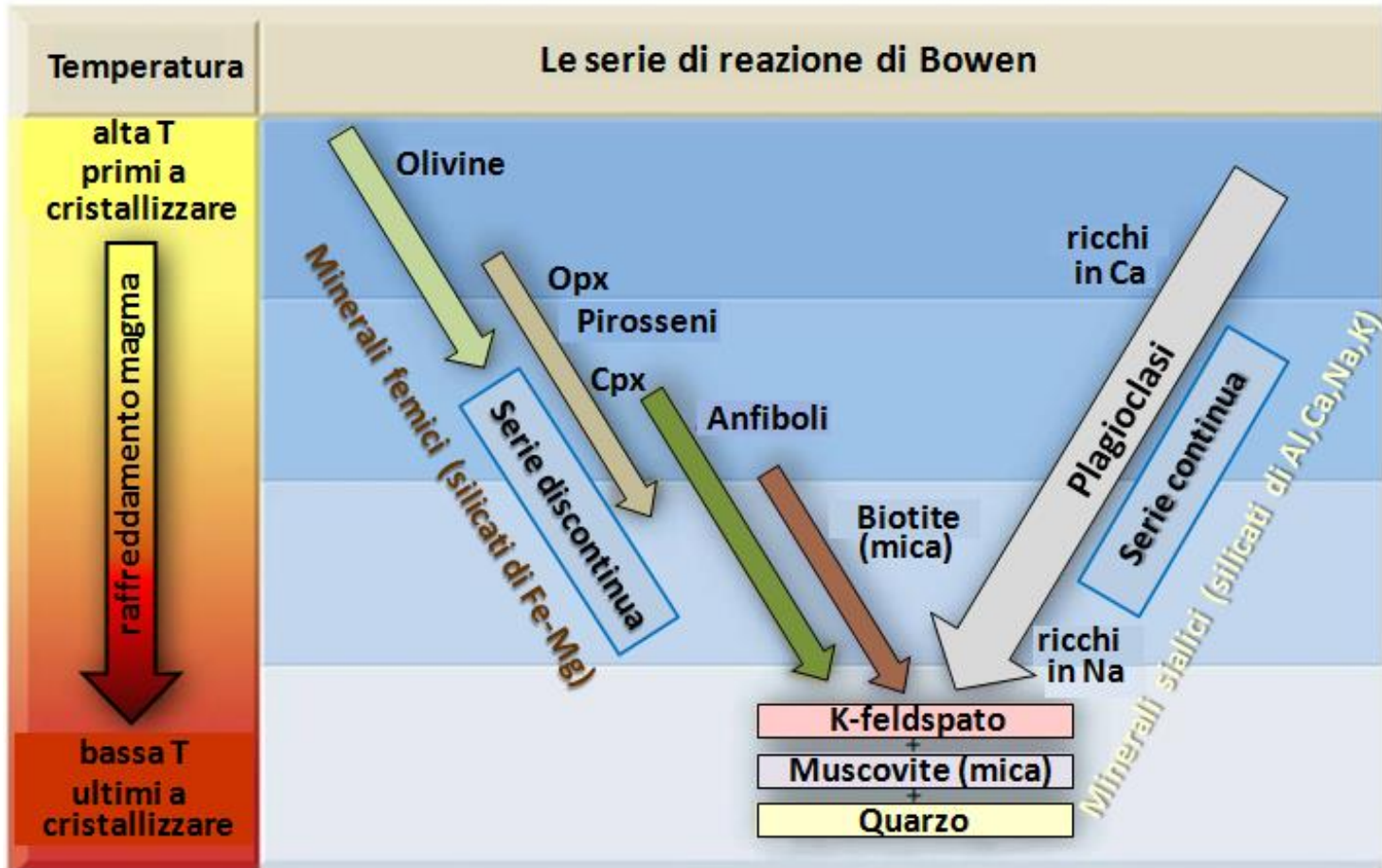


**Sequenza di  
cristallizzazione**

**Altri esempi  
di tessitura  
ipidiomorfa**

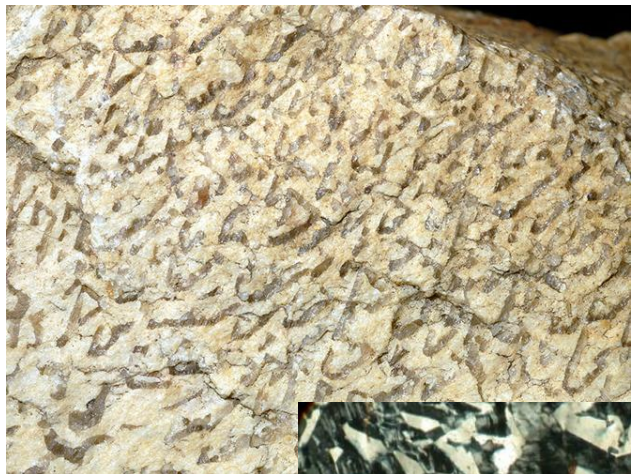
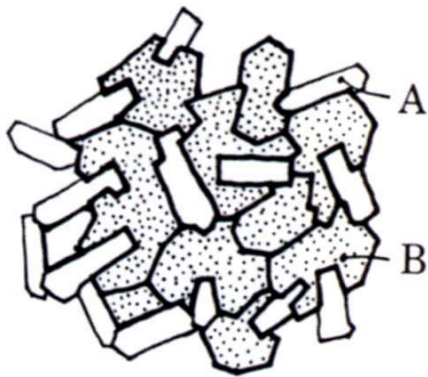
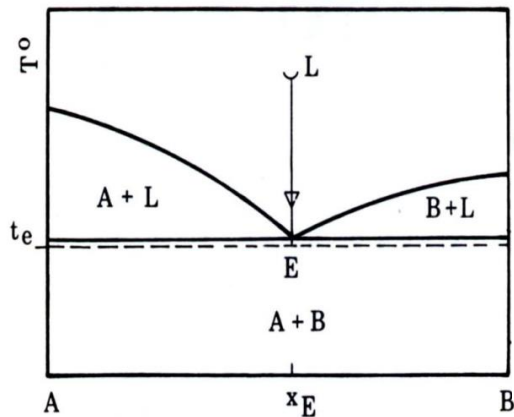


Le tessiture rivelano la sequenza di cristallizzazione secondo la serie di Bowen

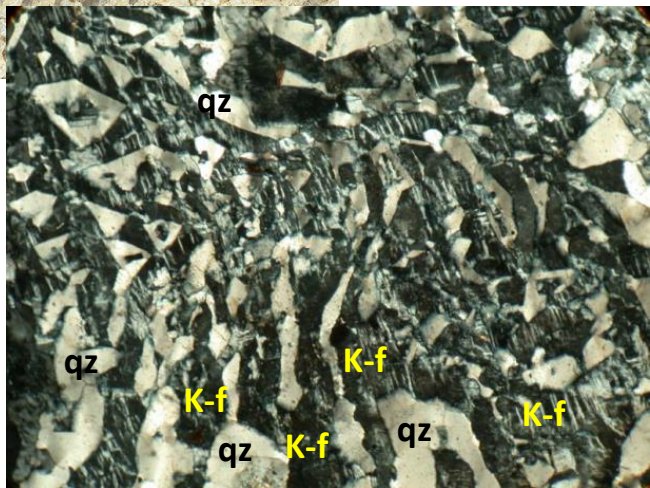


# Contemporaneità di cristallizzazione (EUTETTICO)

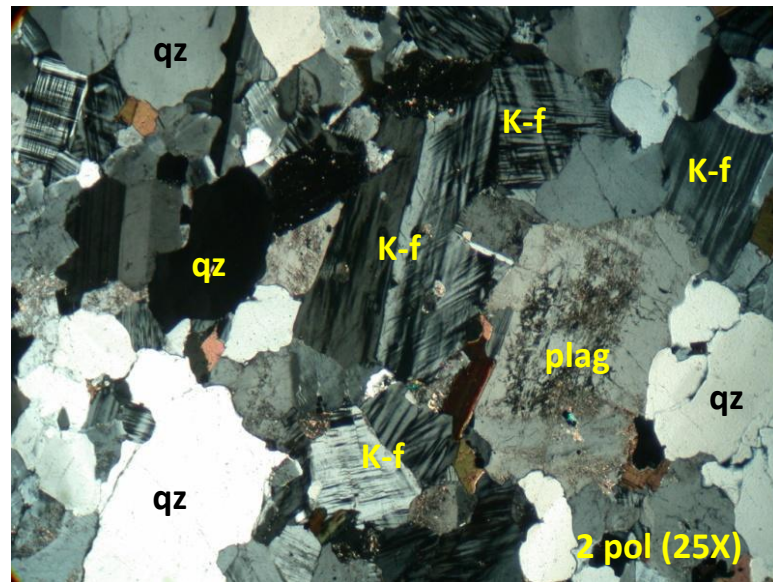
# Tessitura **AUTALLOTRIOMORFA**



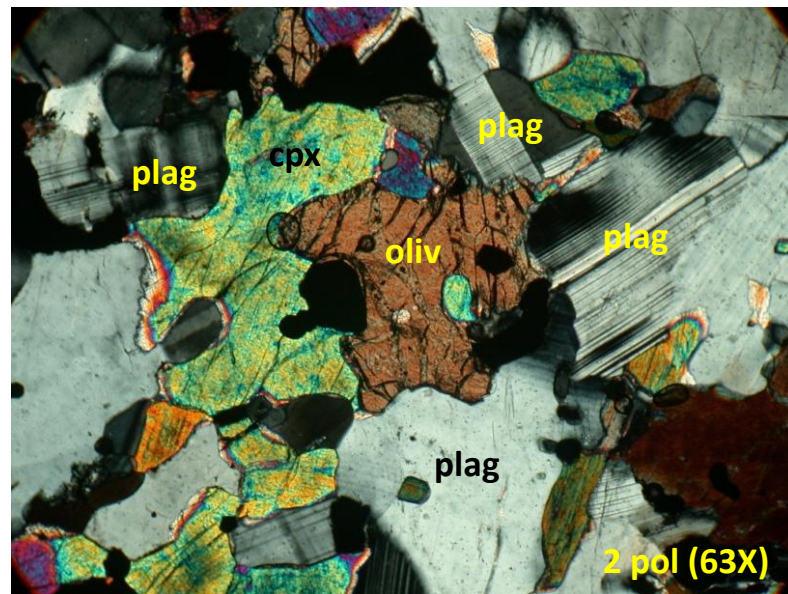
Granito grafico macro



2 pol (63X)



granito



Gabbro a olivina

**CRISTALLIZZAZIONE FRAZIONATA** : Le rocce formate per accumulo di cristalli = **CUMULITI** (rocce mono- o bimineraliche). Differenziazione gravitativa : accumulo di minerali sul fondo della camera magmatica o flottazione verso l'alto. Mentre crescono sono circondati dal liquido interstiziale  $\ell$

fase A = minerale di cumulo

$\ell$  = liquido intercumulo (interstiziale)

Diffusione (scambio) chimica tra  $\ell$  interstiziale e magma L

1° **(SE)**

Velocità di crescita di A < velocità di diffusione chimica tra  $\ell$  e L

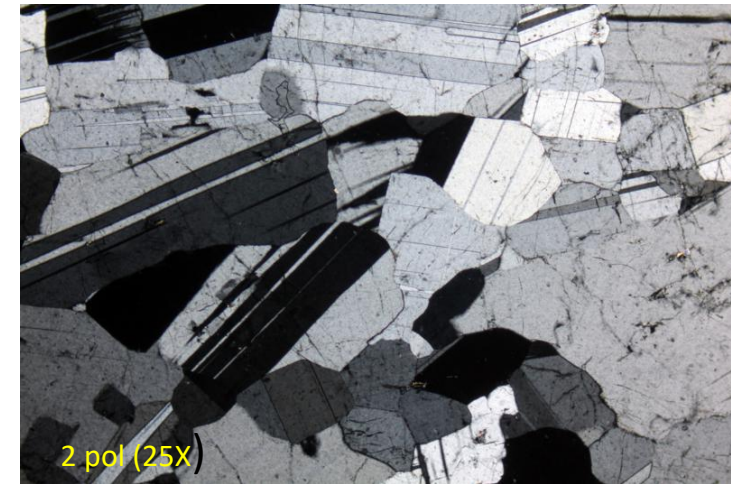


anortosite

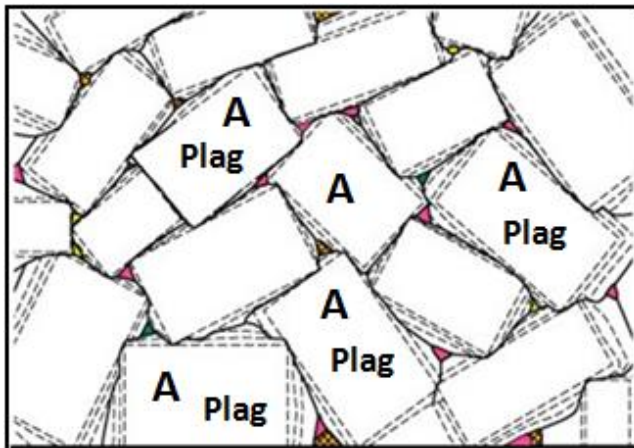
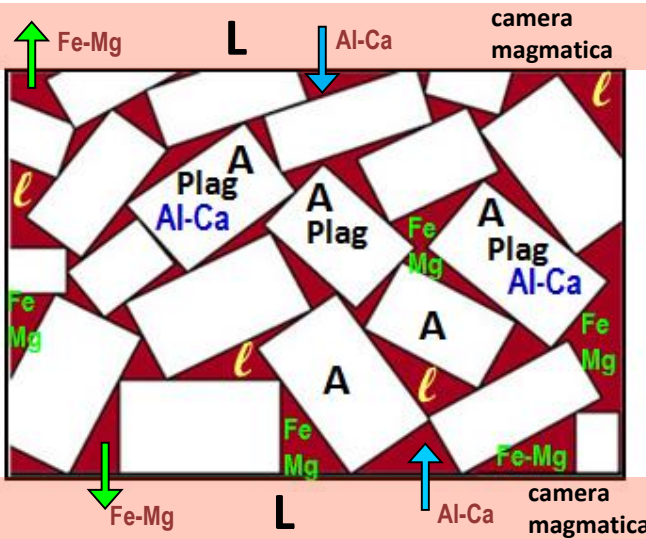
La fase A cresce fino a chiudere la porosità

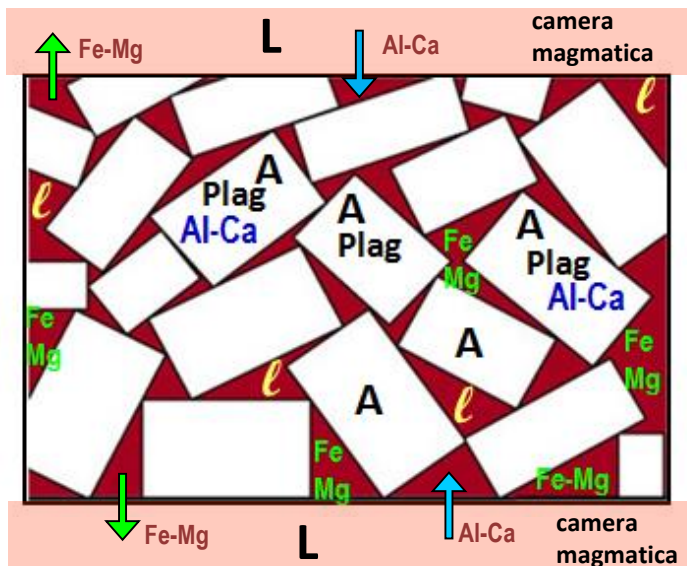
Processo = ADCUMULO  
rocce= ADCUMULATI

Es, Fase A plagioclasio  
Roccia anortosite



solo plagioclasio

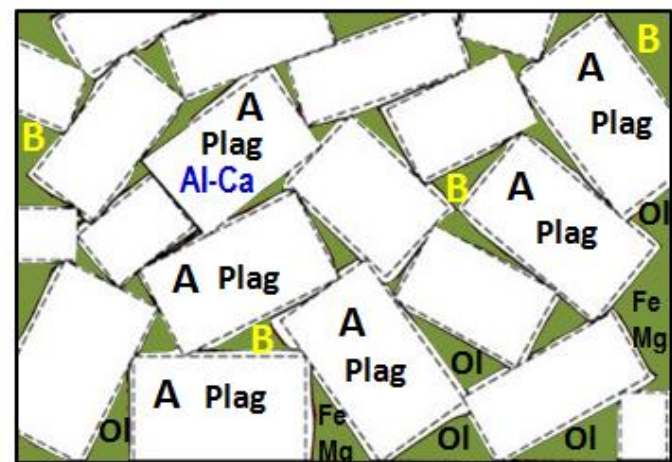
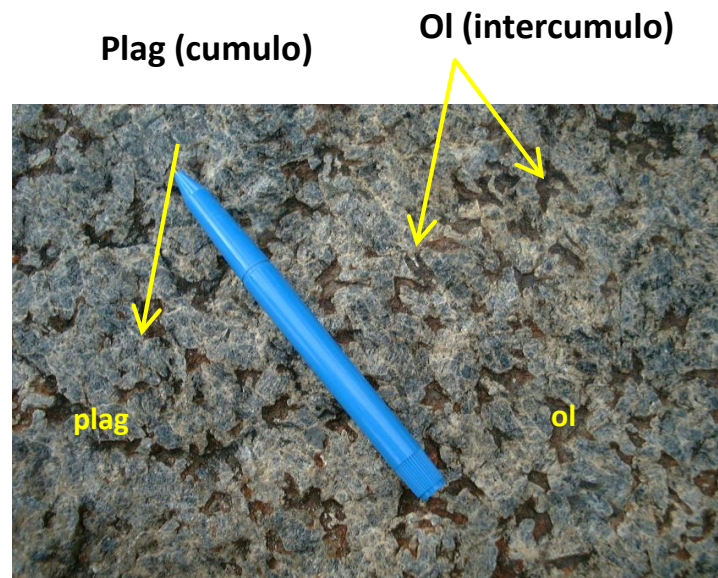




$l$  = liquido intercumulo  
 Diffusione (scambio) chimica tra  $l$  interstiziale e magma L

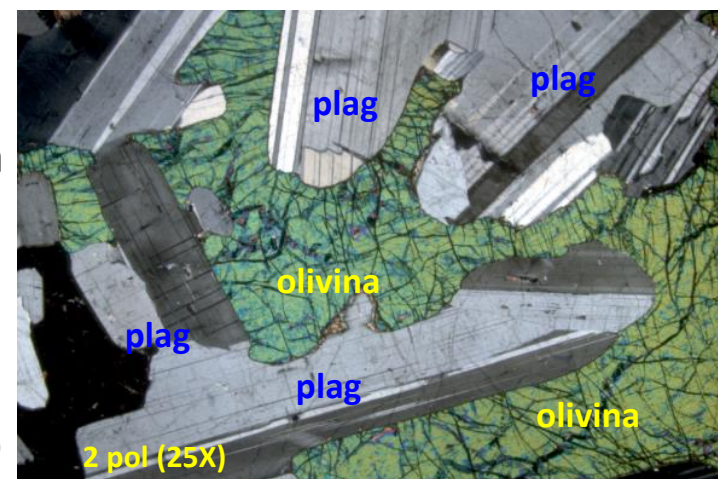
2° (SE)

Velocità di crescita di A > velocità di diffusione chimica tra  $l$  e L



$l$  liquido intercumulo "intrappolato" cristallizza come fase B costituita da elementi non entrati in fase A

processo = ORTOCUMULO  
 rocce = ORTOCUMULATI



plagioclasio (fase A di cumulo) + olivina (fase B, intercumulo)

Fase A = fase di cumulo idiomorfa

Fase B = fase di intercumulo anedrale interstiziale



Sulla base del chimismo vengono definite :

## CLASSIFICAZIONE ROCCE INTRUSIVE

	← <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">FeO + MgO</span> →			
	ultrabasiche	Basiche	Intermedie	Acide
	<u>ultrafemiche</u>	<u>Iposiliciche</u>	<u>Mesosiliciche</u>	<u>Persiliciche</u>
SiO <sub>2</sub> (wt%)	45	52	65	73
(Mg, Fe); (Si,Al)	<u>Fe M iche</u>		<u>Si Al iche</u>	
M Indice di colore	"scurissime" <u>Ultramafiche</u>	"scure" <u>melanocratiche</u> o <u>mafiche</u>	"intermedie" <u>mesocratiche</u>	"chiare" <u>leucocratiche</u>
M	90 – 100	50 – 90 %	30 – 50 %	0 – 30 %

Il **COLORE** delle rocce è fondamentale per il riconoscimento e la classificazione; dipende da:

- ▶ abbondanza e tipo di minerali fondamentali presenti (rapporto femici/sialici)
- ▶ dalle loro dimensioni (<grana cristalli più scura è la roccia; es, gabbro-basalto)

### M = INDICE DI COLORE

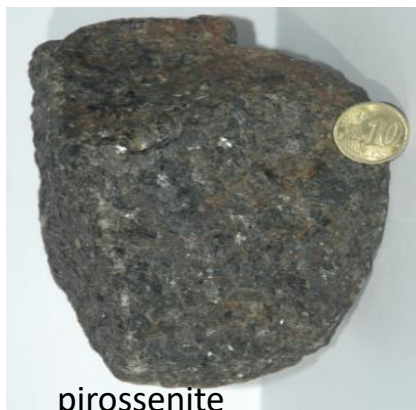
Somma volumetrica di tutti i minerali scuri = femici (olivine, pirosseni, anfiboli, biotite+ ossidi) rapportata in % al totale dei minerali presenti nella roccia

Parametro fondamentale per il riconoscimento delle rocce plutoniche, dove la % dei minerali è stimabile già sul campione a mano;

E' indicativo anche per le rocce effusive, dove molto spesso il riconoscimento e la quantità dei minerali può essere stimata solo al microscopio.

← **FeO + MgO** →

	ultrabasiche ultrafemiche	Basiche Iposiliciche	Intermedie Mesosiliciche	Acide Persiliciche
SiO <sub>2</sub> (wt%)	45	52	65	73
(Mg, Fe); (Si,Al)	Fe M iche		Si Al iche	
M Indice di colore	"scurissime" Ultramafiche	"scure" melanocratiche o mafiche	"intermedie" mesocratiche	"chiare" leucocratiche
M	90 – 100	50 – 90 %	30 – 50 %	0 – 30 %



pirossenite



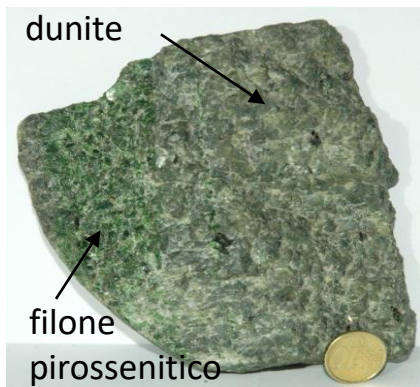
gabbro



sienite



granito



dunite

filone

pirossenitico



diorite



monzonite



tonalite

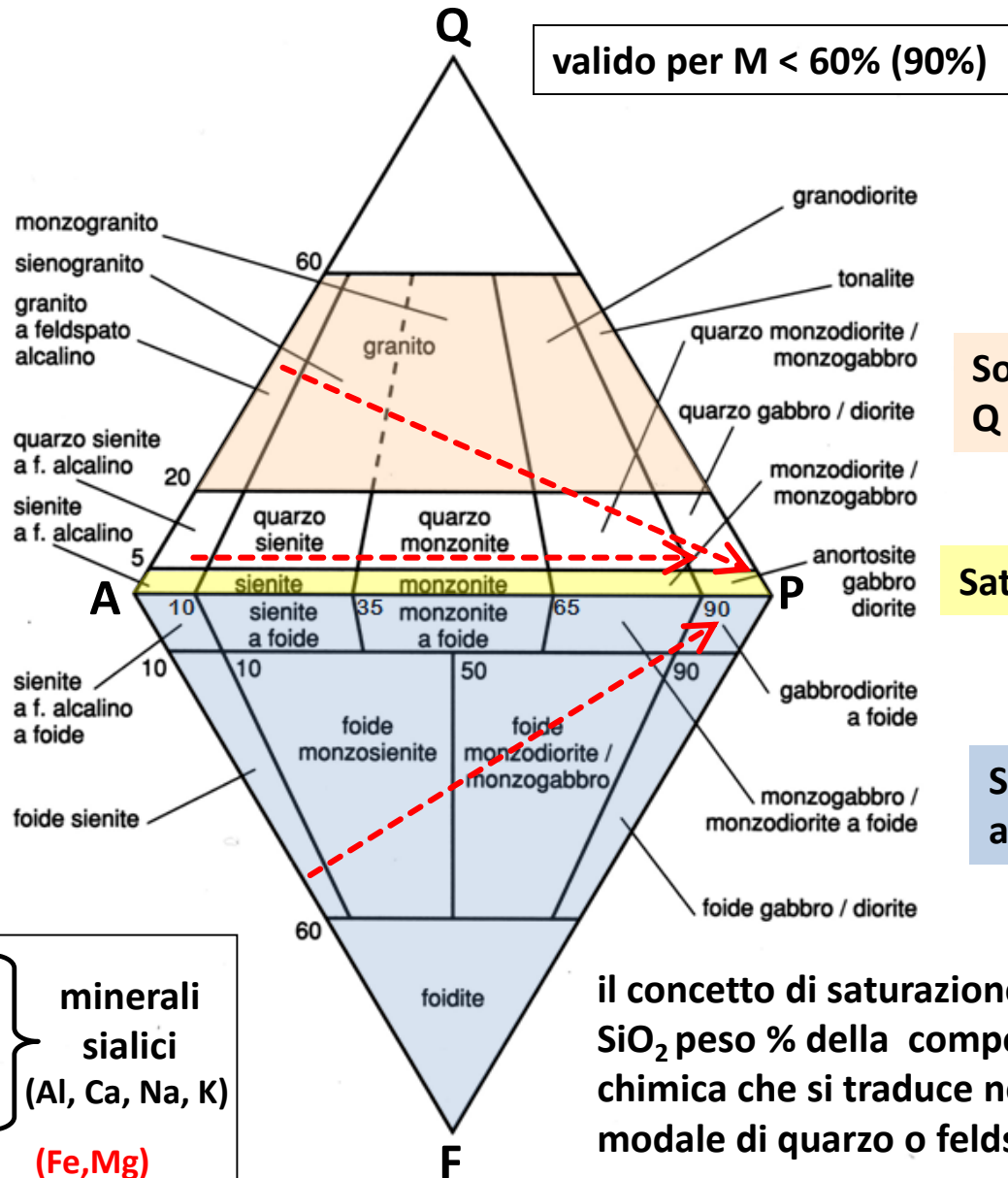
# CLASSIFICAZIONE IUGS delle ROCCE INTRUSIVE

basata sulla % in volume dei minerali presenti (**MODA o % MODALE**)

procedura:

- stima di tutti i minerali presenti  $M+A+P+Q/F = 100$
- si riportano a 100 solo i minerali sialici

M crescente



Sovrasature  
Q > 20%

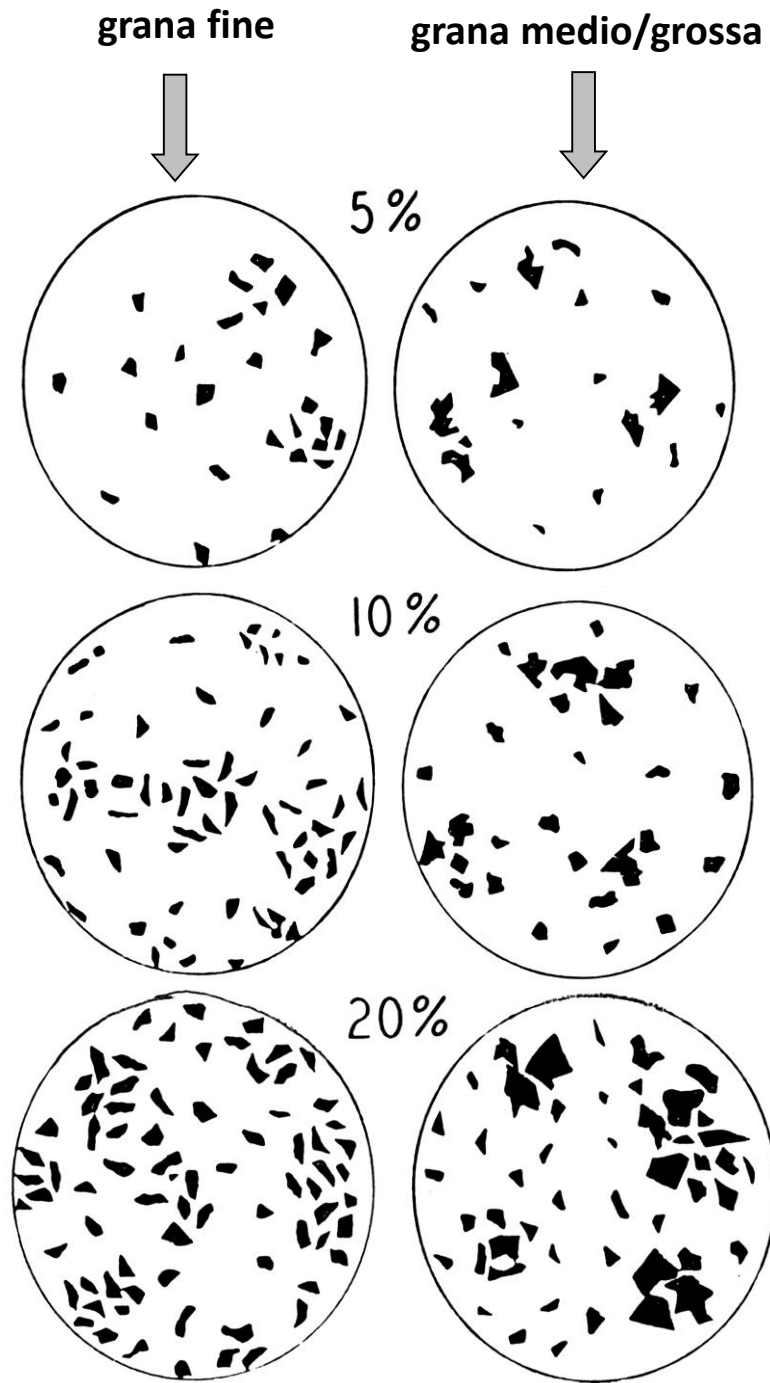
Sature Q=0-5%

Sottosature  
a foidi

Q = quarzo	} minerali sialici (Al, Ca, Na, K)
A= feldspati alcalini	
P = plagioclasti	
F = feldspatoidi	
M= minerali FEMICI	} (Fe, Mg)

il concetto di saturazione è riferito a SiO<sub>2</sub> peso % della composizione chimica che si traduce nella presenza modale di quarzo o feldspatoidi

Stime modali dei minerali femici



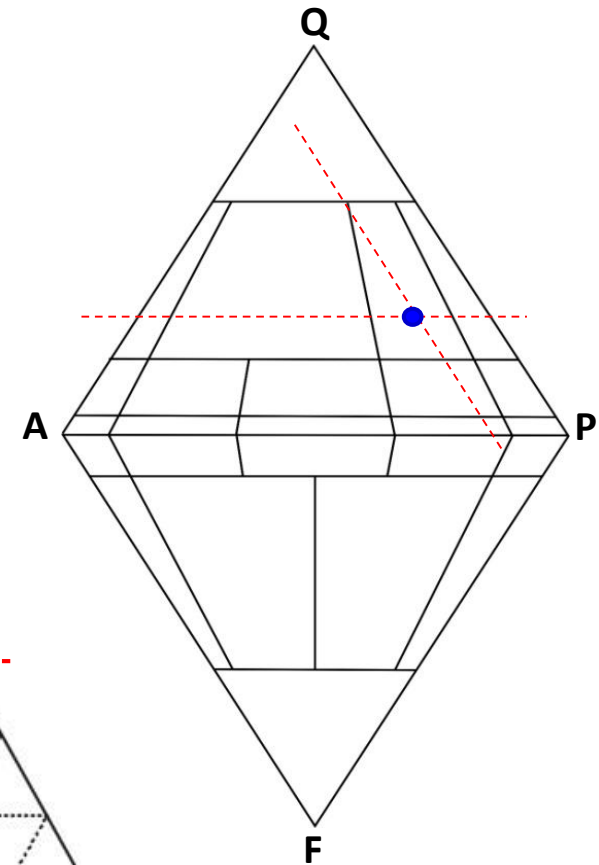
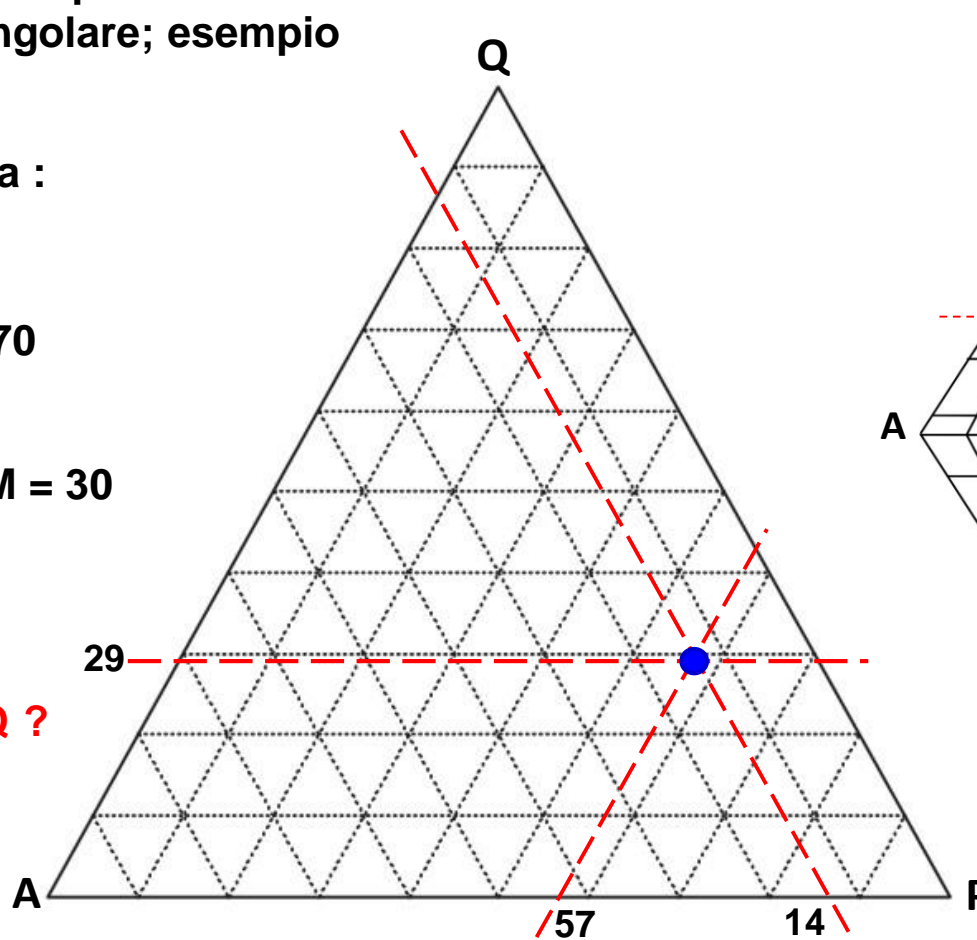
# come inserire una composizione nel diagramma triangolare; esempio

roccia è costituita da :

Q = 20 vol%  
A = 10 vol%  
P = 40 vol%  
Bi = 5 vol%  
Anf = 25 vol%

} = 70  
} = M = 30

Qual'è il punto rappresentativo nel diagramma APQ ?



- si ricalcolano a 100 Qz, A, P :
- $Q_{QAP} = Qz/(Qz+A+P) = 20/70*100 = 29$
- $A_{QAP} = A/(Qz+A+P) = 10/70*100 = 14$
- $P_{QAP} = P/(Qz+A+P) = 40/70*100 = 57$
- si riportano nel diagramma ternario i valori di  $Q_{QAP}$ ,  $A_{QAP}$ ,  $P_{QAP}$

- La composizione cade nel campo delle **GRANODIORITI**



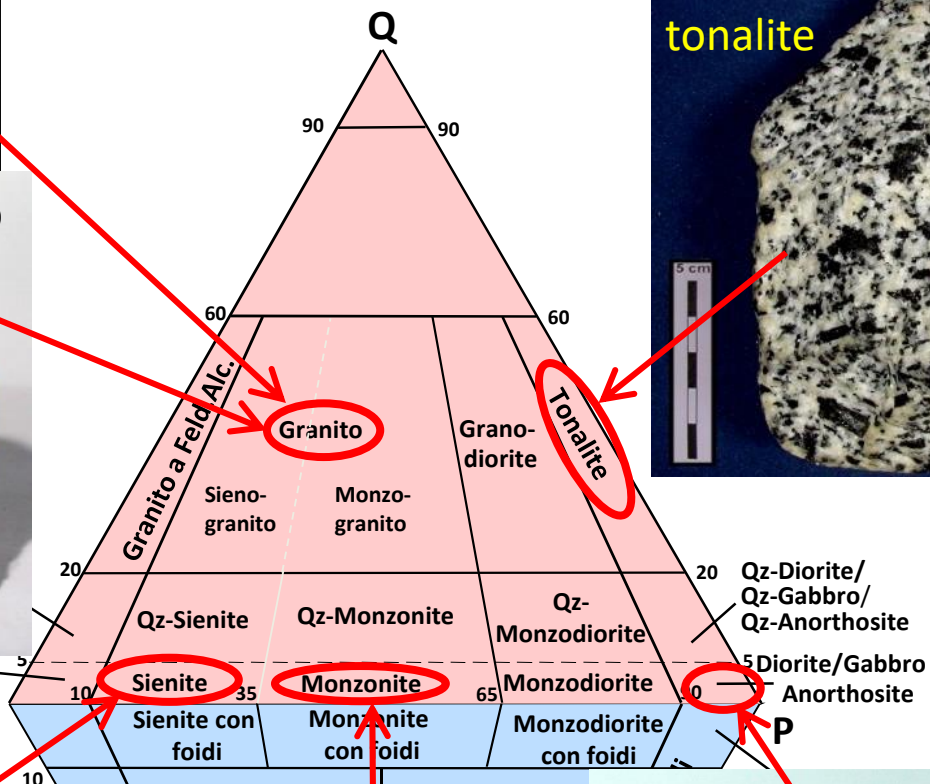
granito



granito



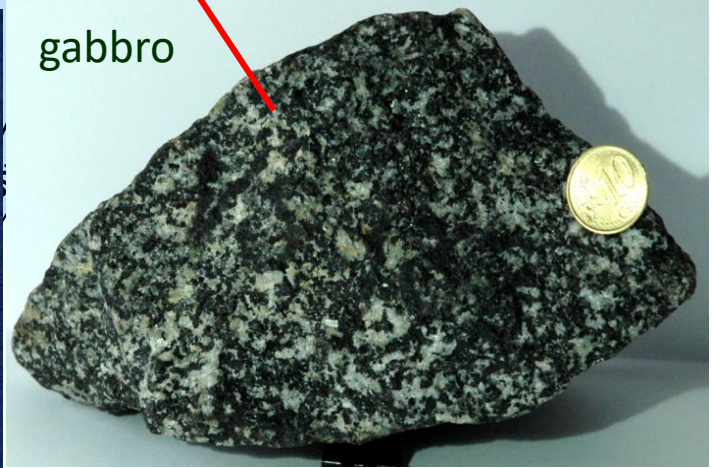
tonalite



sienite



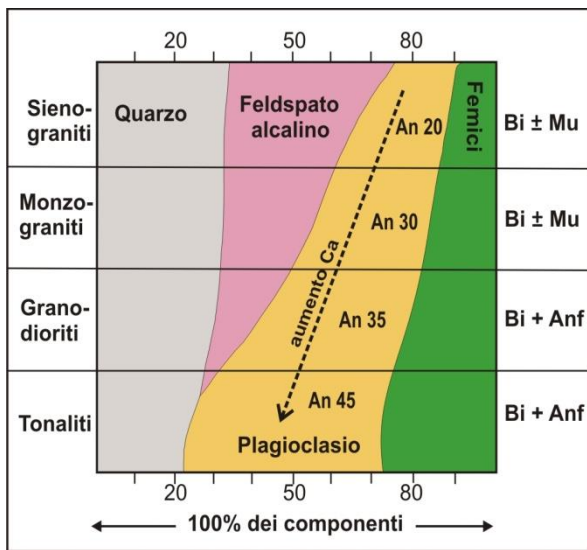
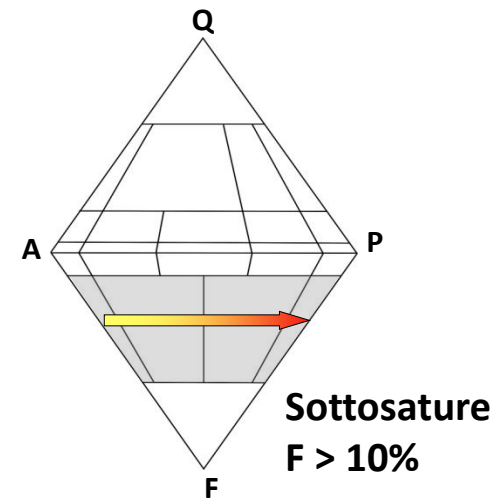
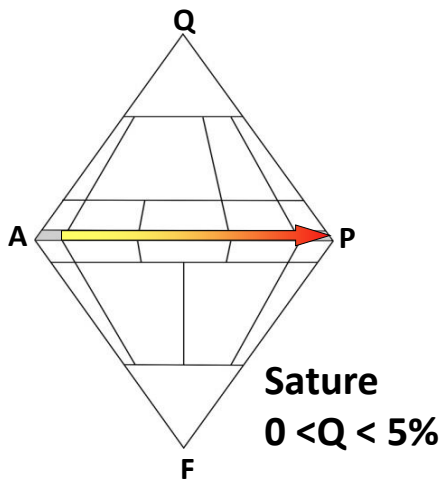
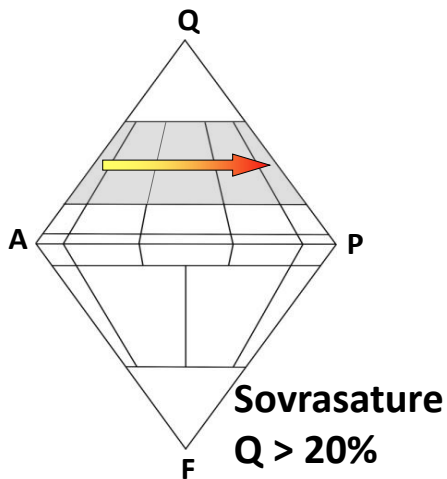
monzonite



gabbro

F

# PARAGENESI MINERALOGICA



An = % peso del componente  
 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  nel plagioclasio

Bi = biotite

Mu = muscovite

Anf = anfibolo

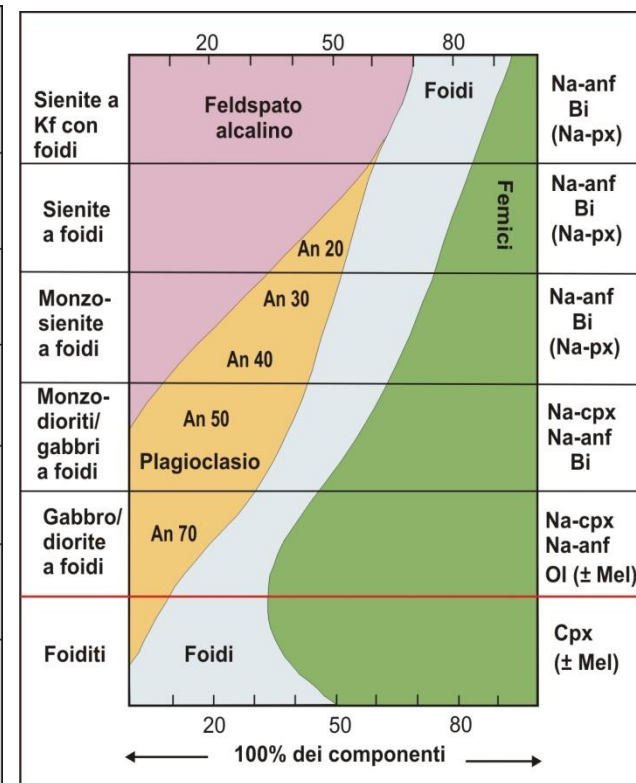
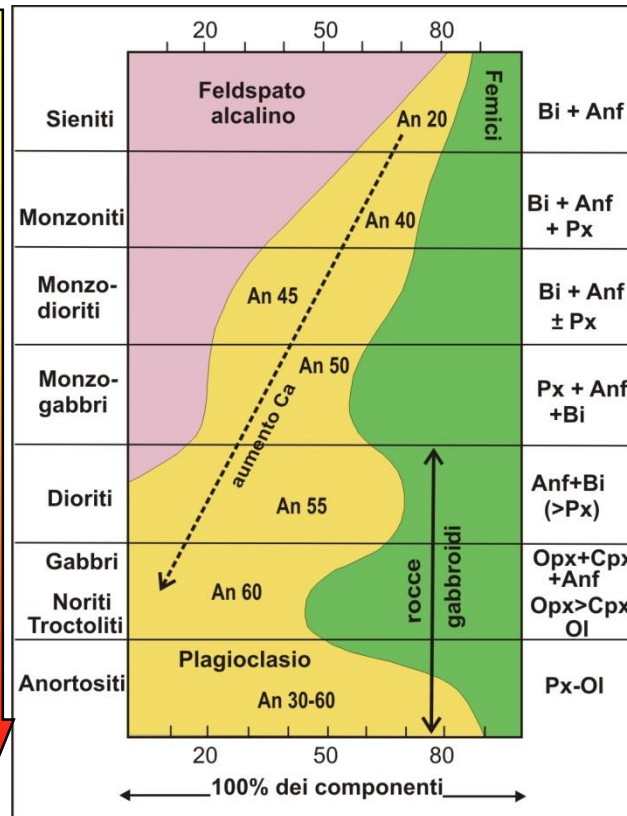
Px = pirosseni

opx = ortopirosseni

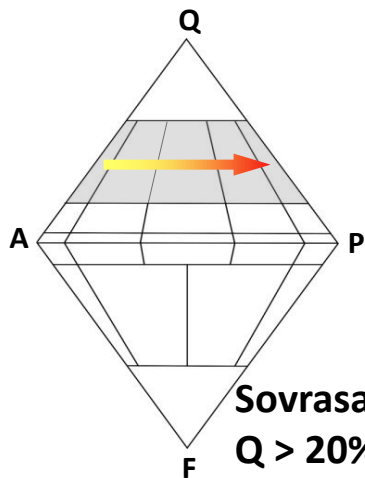
cpx = clinopirosseni

Ol = olivina

Mel = melilite



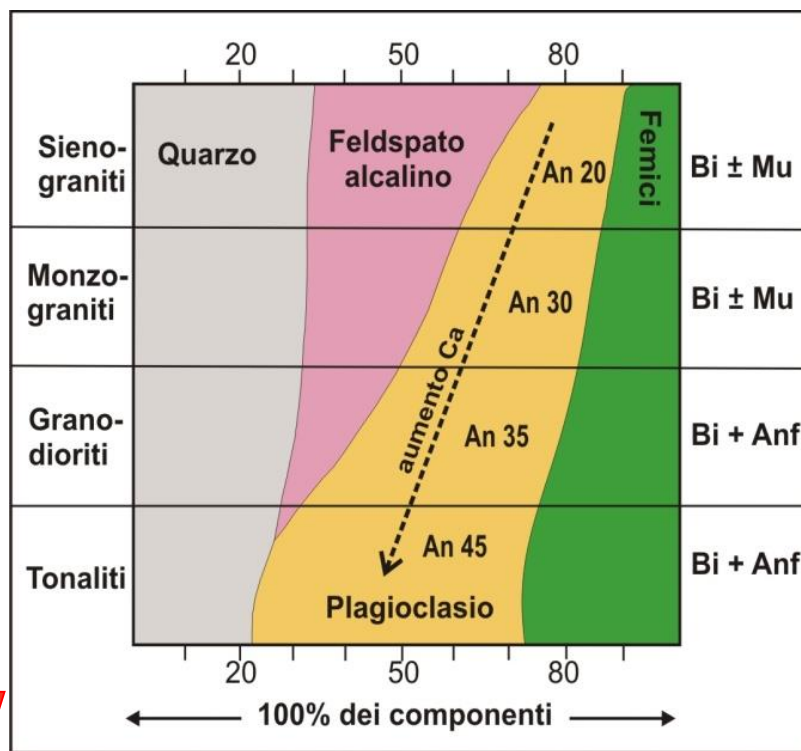
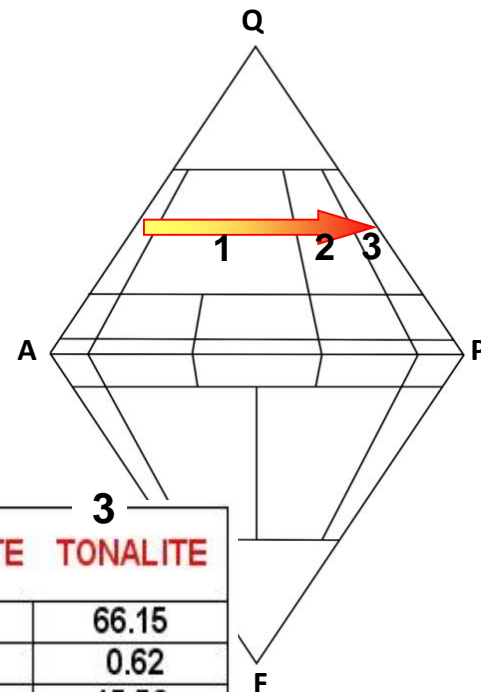
da D'Amico, Innocenti, Sassi (modificati)



Sovrasature  
Q > 20%

## PARAGENESI E COMPOSIZIONI CHIMICHE DELLE ROCCE INTRUSIVE SOVRASATURE

La composizione chimica riflette  
la composizione mineralogica



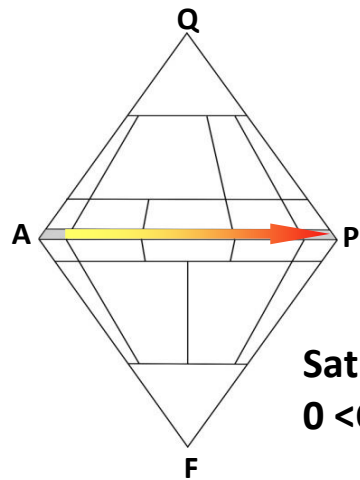
An = % peso del componente  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  nel plagioclasio

	1	2	3
	GRANITO	GRANODIORITE	TONALITE
SiO <sub>2</sub>	70.41	66.88	66.15
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.57	0.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.38	15.66	15.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.04	1.33	1.36
FeO	1.93	2.59	3.42
MnO	0.06	0.07	0.08
MgO	0.81	1.57	1.94
CaO	1.97	3.56	4.65
Na <sub>2</sub> O	3.23	3.84	3.90
K <sub>2</sub> O	4.95	3.07	1.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.21	0.21
L.O.I.	0.55	0.65	0.65

L.O.I. = loss on ignition o P.F. = perdita al fuoco = perdita totale in peso del campione = % totale delle sostanze volatili (riscaldamento campione a ~1000°C). E' la somma dell'H<sub>2</sub>O igroscopica o di umidità (perdita in peso de lcampione scaldato a 110°C) e dell' H<sub>2</sub>O di costituzione, cioè legata ai minerali idrati (perdita in peso del campione scaldato a 1000°C)

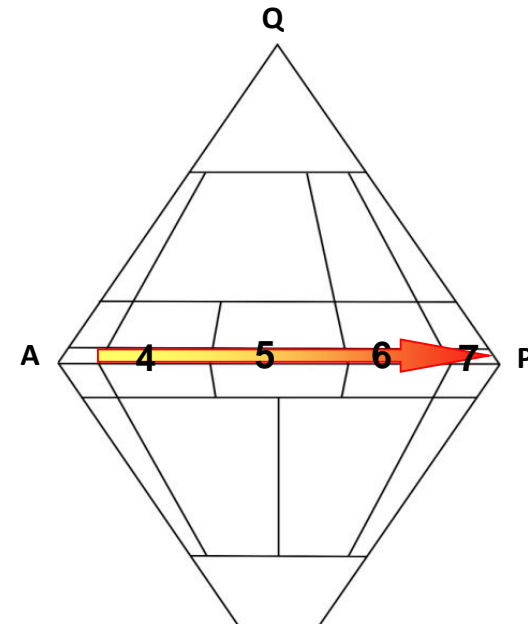


# PARAGENESI E COMPOSIZIONI CHIMICHE DELLE ROCCE INTRUSIVE SATURE



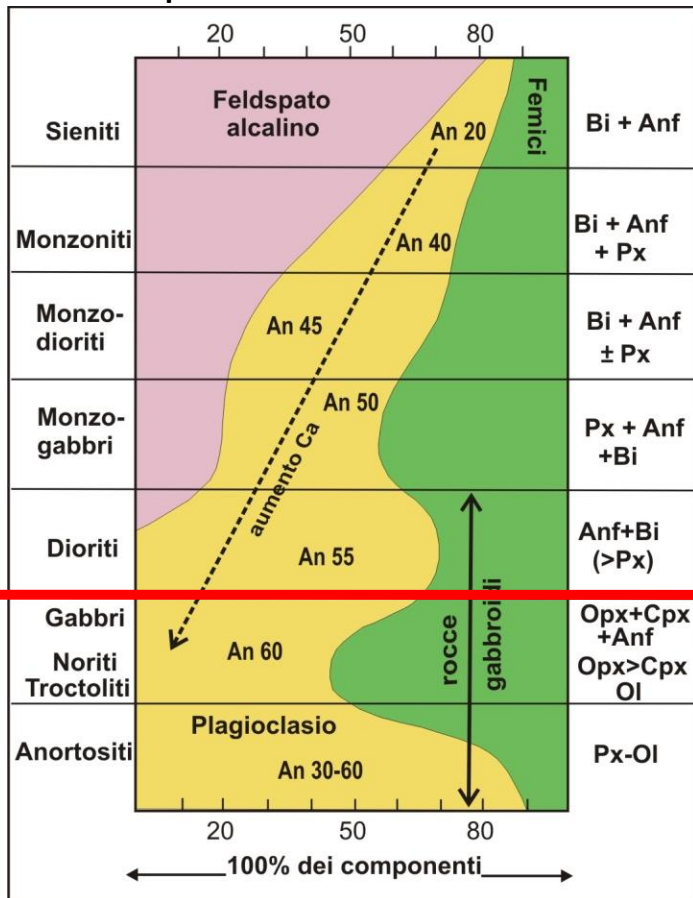
Sature  
0 < Q < 5%

La composizione chimica riflette  
la composizione mineralogica



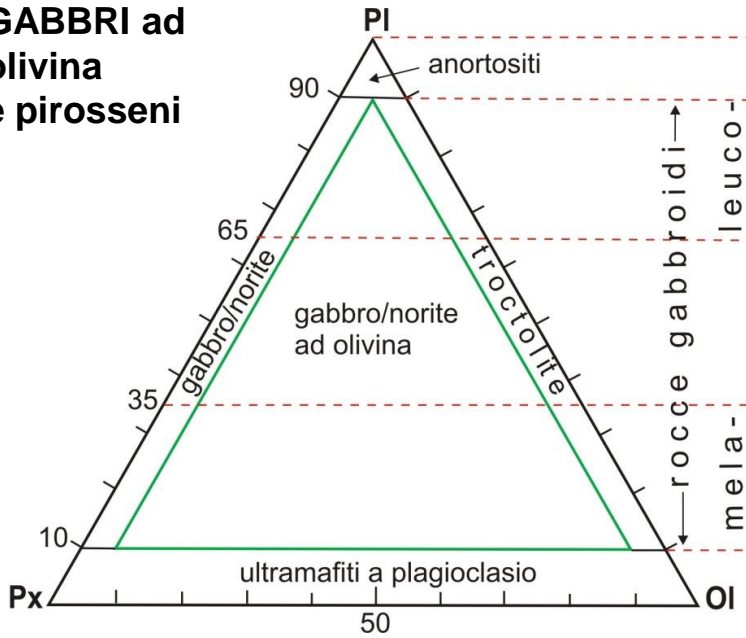
	4	5	6	7
	SIENITE	MONZONITE	MONZODIORITE	DIORITE
SiO <sub>2</sub>	59.41	55.36	54.66	51.86
TiO <sub>2</sub>	0.83	0.57	1.09	1.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.12	16.58	16.98	16.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.19	2.57	3.26	2.73
FeO	2.83	4.58	5.38	6.97
MnO	0.08	0.13	0.14	0.18
MgO	2.02	3.67	3.95	6.12
CaO	4.06	6.76	6.99	8.40
Na <sub>2</sub> O	3.92	3.51	3.76	3.36
K <sub>2</sub> O	6.53	4.68	2.76	1.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.38	0.44	0.43	0.35
L.O.I.	0.63	0.60	0.60	0.80

( Composizioni chimiche da Nockolds, Knox,  
Chinner, 1979, Petrology for students)

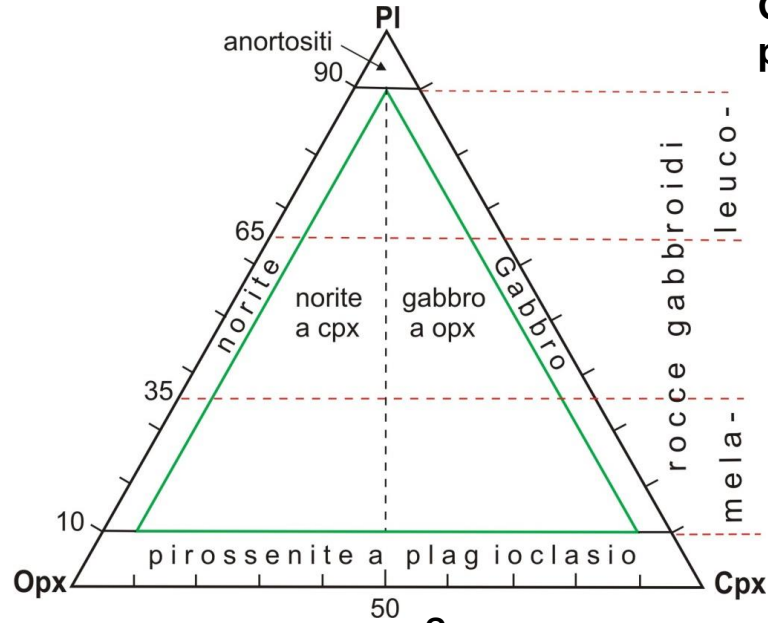


# CLASSIFICAZIONE IUGS delle ROCCE GABBROIDI

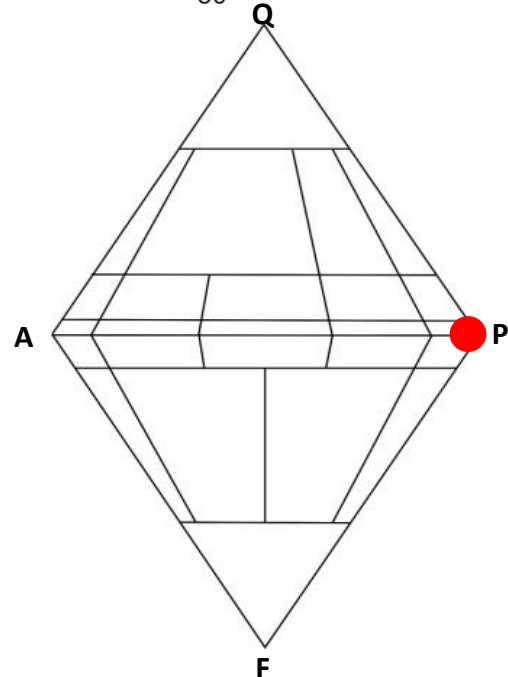
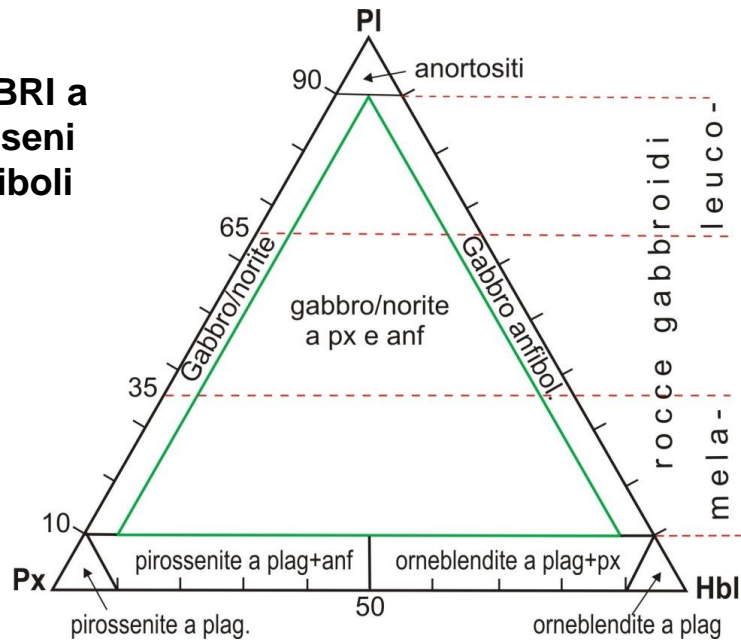
**GABBRI ad olivina e pirosseni**



**GABBRI a pirosseni**

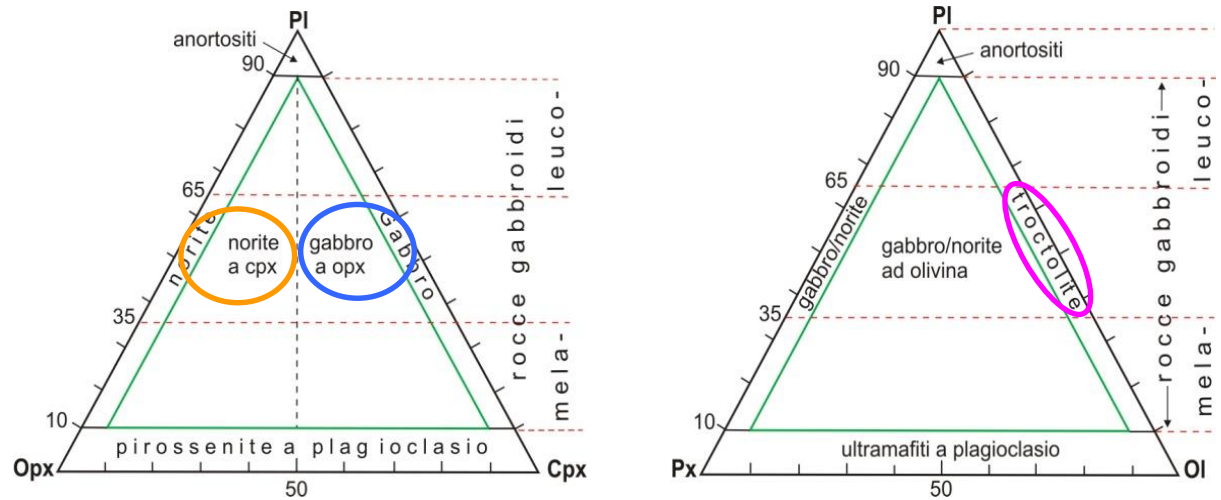


**GABBRI a pirosseni e anfiboli**

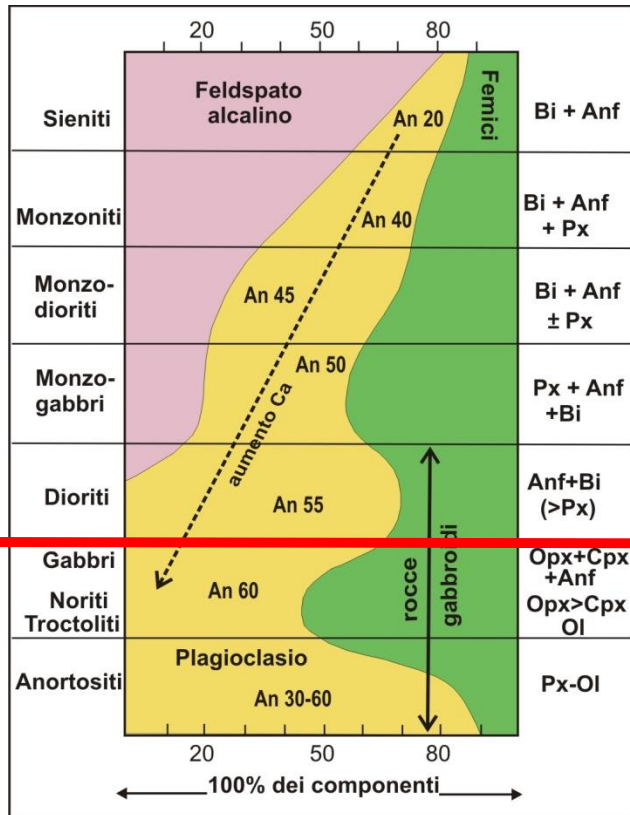


# PARAGENESI E COMPOSIZIONI CHIMICHE DELLE ROCCE GABBRICHE

La composizione chimica riflette la composizione mineralogica



	<b>GABBRO</b> (opx+cpx)	<b>NORITE</b> (opx)	<b>TROCTOLITE</b> (ol)
SiO <sub>2</sub>	48.36	50.28	43.84
TiO <sub>2</sub>	1.32	0.89	0.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.84	17.67	13.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.55	1.30	2.20
FeO	7.92	7.96	9.24
MnO	0.18	0.14	0.13
MgO	8.06	9.27	19.71
CaO	11.07	9.72	8.10
Na <sub>2</sub> O	2.26	1.96	1.33
K <sub>2</sub> O	0.56	0.63	0.58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.24	0.21	0.18
L.O.I.	0.64	0.47	0.50



An = % peso del componente CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> nel plagioclasio

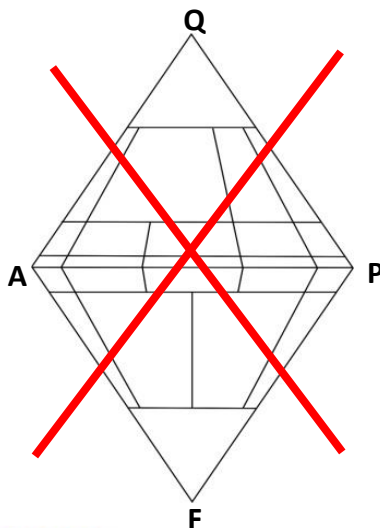
( Composizioni chimiche da Nockolds, Knox, Chinner, 1979, Petrology for students)

# CLASSIFICAZIONE IUGS

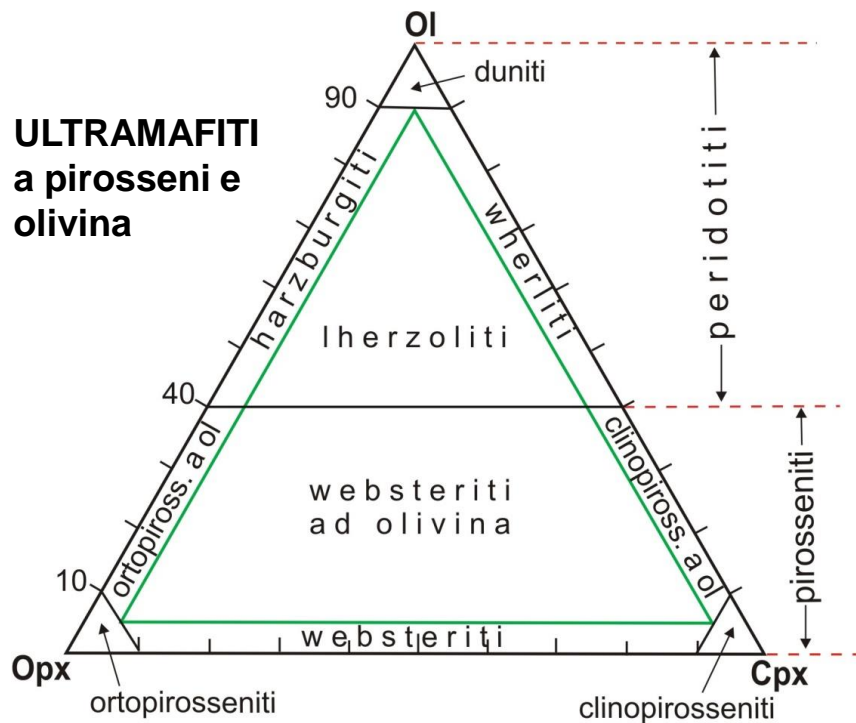
## DELLE ROCCE

### ULTRAFEMICHE

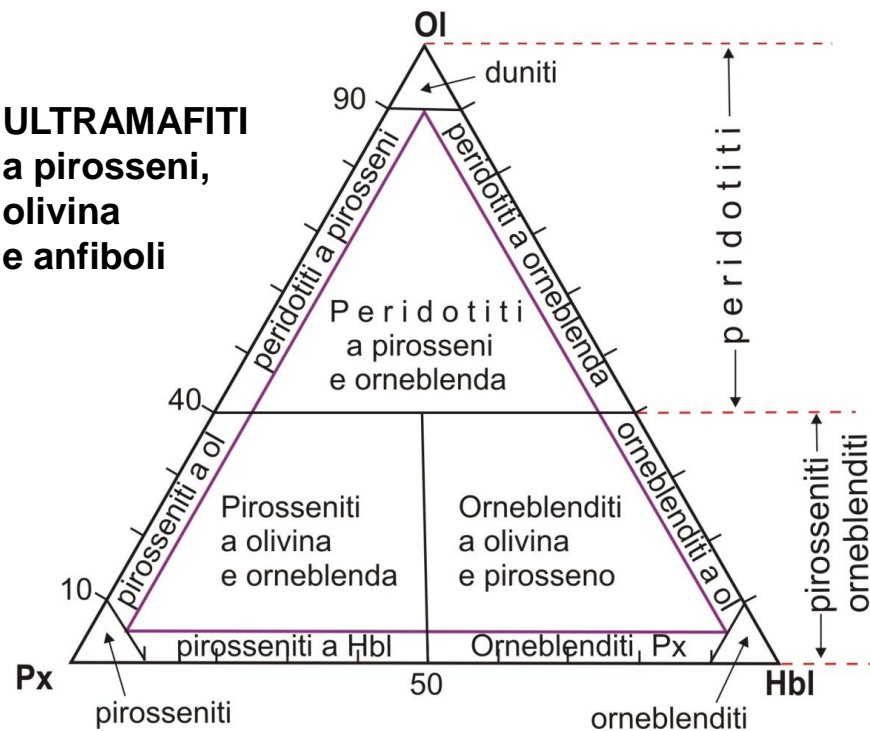
(M > 90%)



### ULTRAMAFITI a pirosseni e olivina

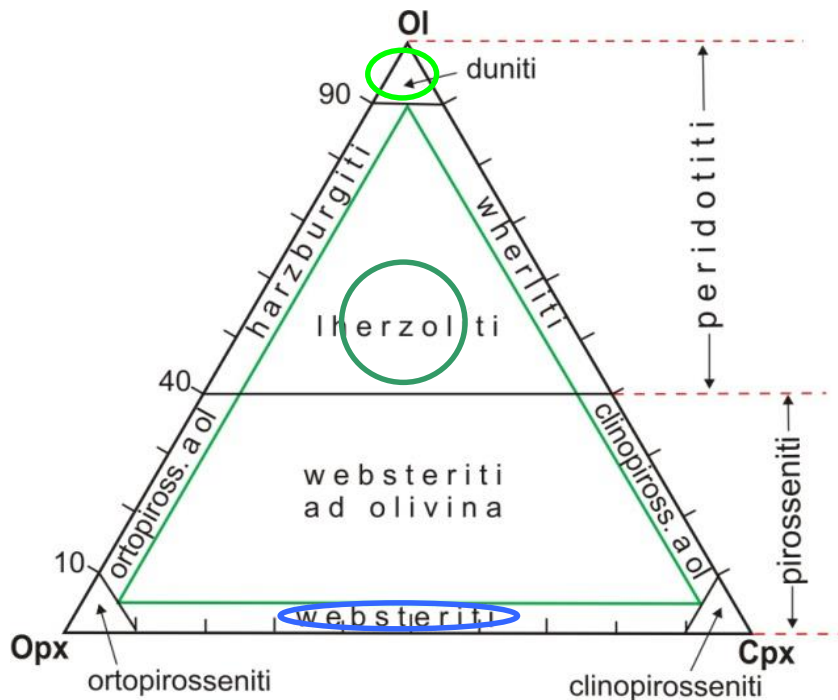


### ULTRAMAFITI a pirosseni, olivina e anfiboli



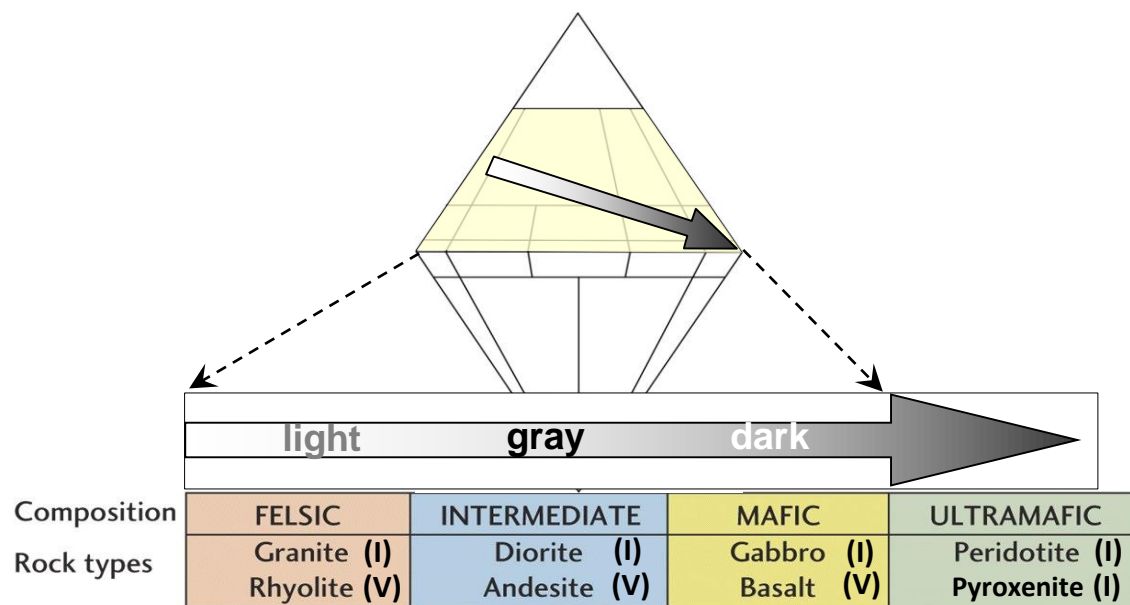
# PARAGENESI E COMPOSIZIONI CHIMICHE DELLE ROCCE ULTRAFEMICHE

La composizione chimica riflette la composizione mineralogica



	PERIDOTITE	DUNITE	PIROSSENITE
SiO <sub>2</sub>	43.54	40.16	50.50
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.20	0.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.99	0.84	4.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.51	1.88	2.44
FeO	9.84	11.87	7.37
MnO	0.21	0.21	0.13
MgO	34.02	43.16	21.17
CaO	3.46	0.75	12.00
Na <sub>2</sub> O	0.56	0.31	0.45
K <sub>2</sub> O	0.25	0.14	0.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.04	0.09
L.O.I.	0.76	0.44	0.47

( Composizioni chimiche da Nockolds, Knox, Chinner, 1979, Petrology for students)



I = intrusiva  
V = vulcanica

