# CLASSIFICAZIONE
# DELLE ROCCE MAGMATICHE E METAMORFICHE

UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia.

# LE ROCCE

Roccia:

- Aggregato naturale di fasi (cristalline e/o amorfe), particelle e solidi di vario tipo (di origine biologica, clastica) che ha subito una particolare storia termica e deformativa.
- Le rocce non sono esprimibili con una formula stechiometrica.
- Formano corpi definibili nello spazio.

La struttura e aspetto di una roccia dipende:

- Dalla composizione chimica (bulk)
- Dalla storia termica
- Dalla storia deformativa

Ne risulta una classificazione delle rocce in 3 grandi gruppi:

- Sedimentarie
  - Detritiche o clastiche
  - Chimiche
  - Organogene

- Ignee
  - Intrusive
    - Plutoniche
    - Ipoabissali o subvulcaniche
  - Superficiali
    - Effusive
    - Piroclastiche

- Metamorfiche
  - Para-derivate (da sedimenti)
  - Orto-derivate (da ignee)

# LE ROCCE MAGMATICHE E METAMORFICHE

Una roccia si caratterizza sulla base di:

- Composizione chimica totale (bulk)
- Numero e composizione delle fasi (minerali) componenti
- Rapporti tessiturali tra le fasi

La prima grande divisione classificativa è quella che divide le rocce in:
MAFICHE: Ricche in MAgnesio e FErro (rocce profonde e basaltiche)
FELSICHE: Ricche in FELdspato e SIlice (rocce della litosfera)

Tuttavia si preferisce classificare:

- Le rocce estrusive sulla base della composizione e della tessitura (genesi)
- Le rocce intrusive sulla base della composizione modale.

La moda = rapporto in peso delle fasi cristalline costituenti la roccia.

# Composition and Rock Type

MAFIC: Low $SiO_2$ concentration (darker)

Extrusive

Intrusive

FELSIC: High $SiO_2$ concentration (lighter)

# La classificazione delle rocce magmatiche intrusive

# Rocce Plutoniche

Questa classificazione deve essere usata solo se la roccia può essere considerata intrusiva, cioè se si assume che abbia subito un lento raffreddamento ed abbia pertanto una tessitura a grana relativamente grossa (> 3 mm) tale da permettere il riconoscimento dei singoli cristalli ad occhio nudo.

Esiste ovviamente una gradazione tra rocce plutoniche e vulcaniche e la Sottocommissione dello IUGS suggerisce che, se esiste un'incertezza sull'uso di una delle due classificazioni, deve essere utilizzata quella delle rocce plutoniche attribuendo al termine più appropriato il prefisso "micro".

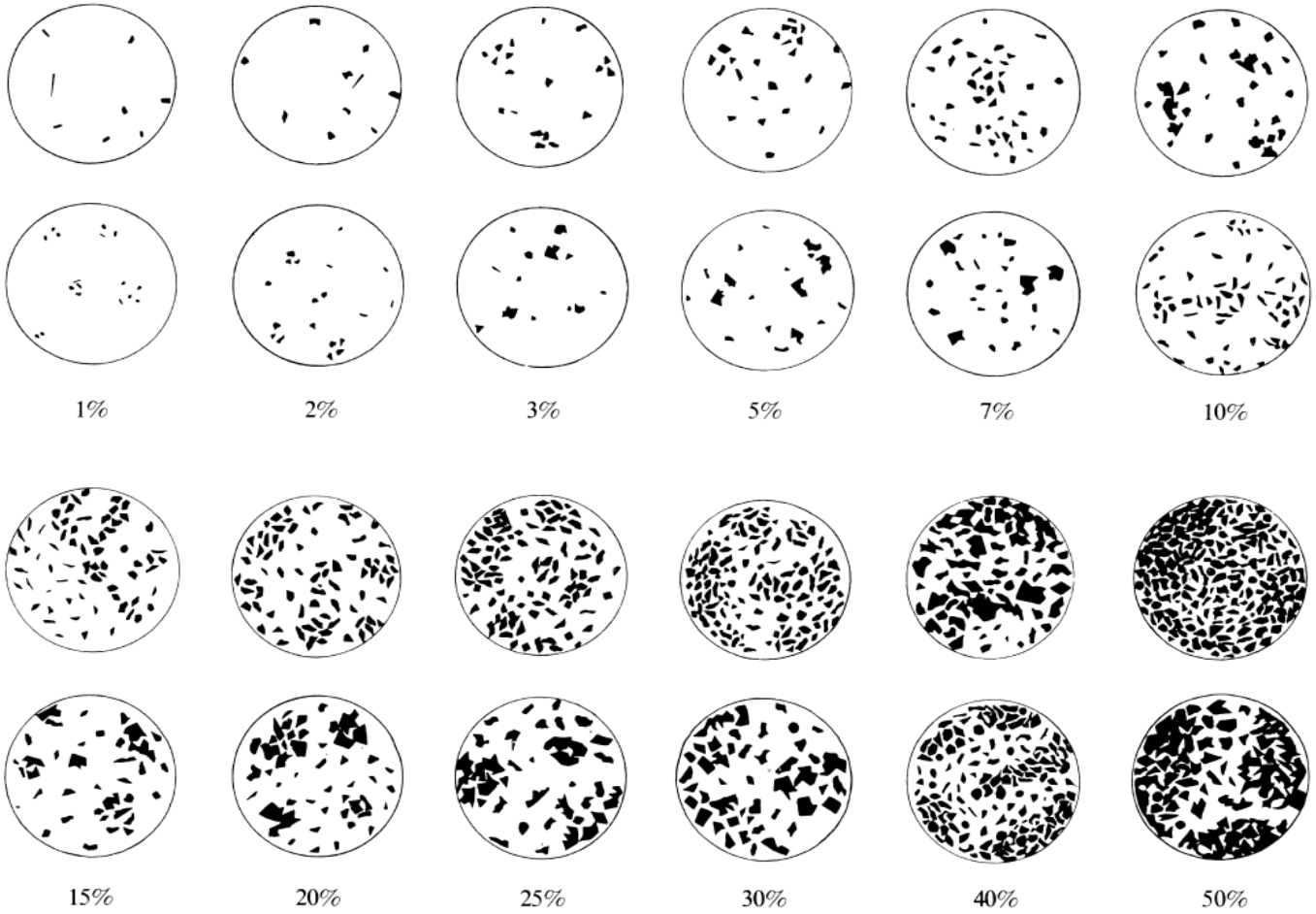
Ad esempio, il termine **microsienite** dovrebbe essere utilizzato per una roccia olocristallina formatasi in profondità anche se la maggior parte dei cristalli non può essere distinto ad occhio nudo.

**Classificazione delle rocce intrusive**

Delle migliaia di specie minerali presenti in natura solo alcune cristallizzano durante i processi magmatici:

- Olivina
- Pirosseno
- Anfibolo
- Mica
- Feldspati
- Quarzo
- Feldspatoidi
- Fe-Ti ossidi (magnetite, ilmenite)

- Solo il quarzo non forma soluzioni solide
- È abbastanza semplice riconoscere queste fasi nei campioni a mano e classificare una roccia.
- Le fasi che rappresentano una porzione minore della roccia non concorrono alla classificazione e si definiscono **accessorie**.




**2.1** Charts to aid the visual estimation of modal proportions of minerals in rocks. (From Terry RD, Chilingar GV.)

# Rocce Plutoniche

La classificazione si basa sulla composizione mineralogica o modale. I principali costituenti che devono essere valutati sono:

M: Minerali Femici o Mafici (Biotite, Pirosseni, Anfibolo, Olivina, Spinello, ...)

Q: Quarzo

A: Feldspati alkalini (K-feldspati)

P: Plagioclasio (Na-Ca) feldspati

F: Feldspatoidi

# Rocce Plutoniche

La classificazione si basa sulla composizione mineralogica o modale ed è divisa in tre parti:

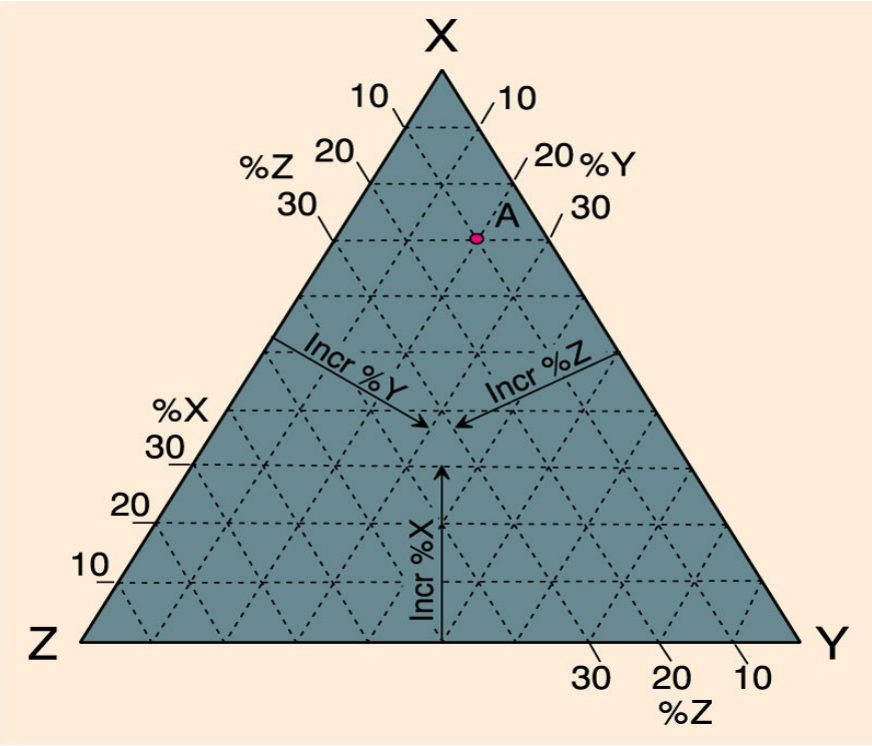
1) **Se M < 90 %** la roccia è classificata in funzione dei suoi minerali sialici (o felsici) utilizzando il **diagramma QAPF**;

2) **Se M ≥ 90 % la roccia è ultrafemica** (o ultramafica – attenzione può non essere ultrabasica!!) ed è classificata in base ai suoi minerali femici;

3) Se non è disponibile una composizione modale sufficientemente precisa, può essere utilizzata provvisoriamente la "**classificazione di campagna**".

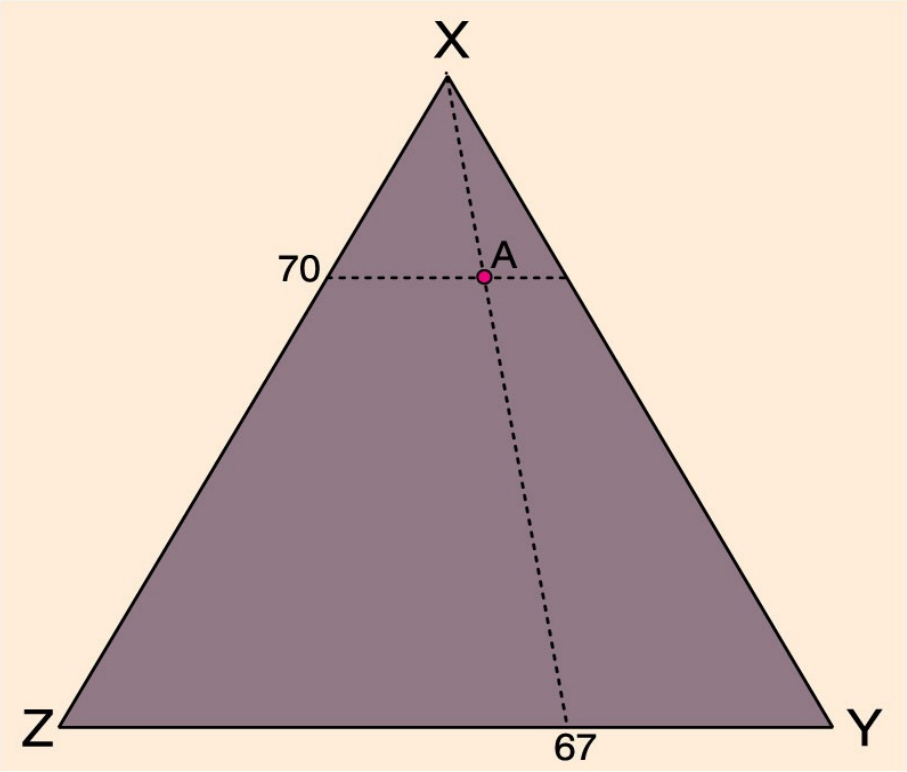
# I diagrammi triangolari

Bisogna prima di tutto ricalcolare le percentuali dei 3 end-member cosicchè la loro somma sia 100%




Metodo 1 per proiettare un punto di composizione: 70% X, 20% Y, e 10% Z in un diagramma triangolare

# I diagrammi triangolari

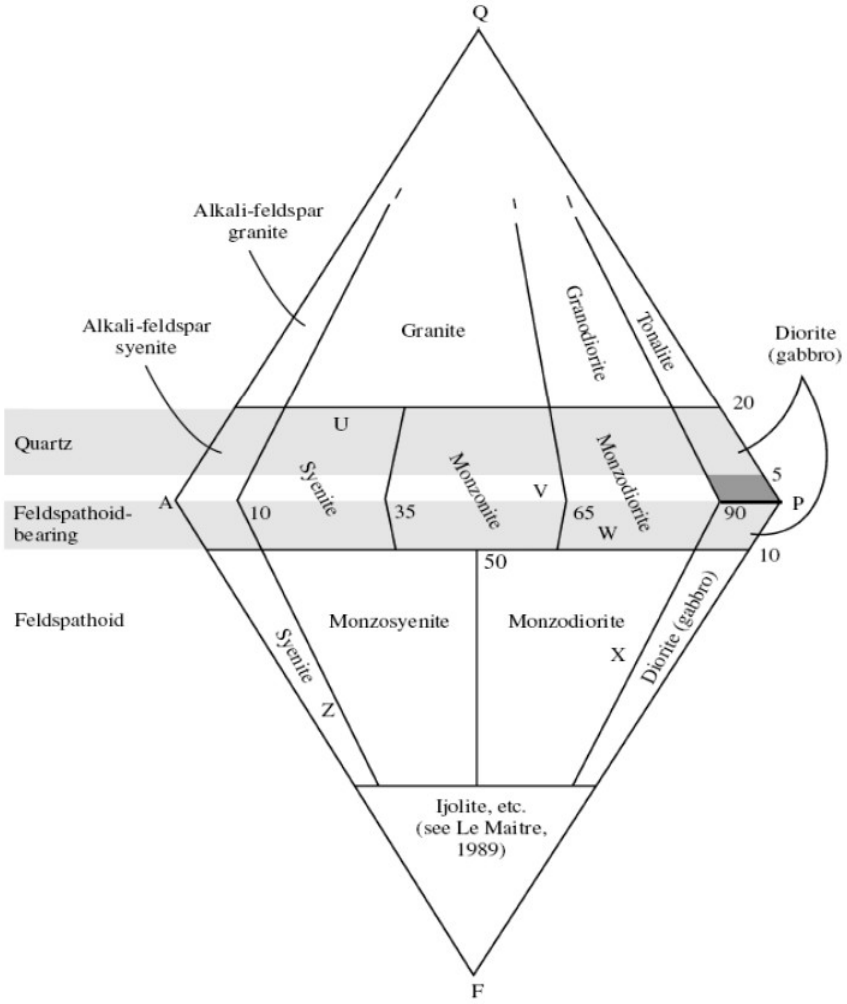



Metodo 2 per proiettare un punto di composizione: 70% X, 20% Y, e 10% Z in un diagramma triangolare

# M < 90 %

Le rocce intrusive si classificano nel doppio triangolo di Strekeisen sulla base del contenuto di:

Q: Quarzo
A: Feldspati alkalini (K-feldspati)
P: Plagioclasio (Na-Ca) feldspati
F: Feldspatoidi

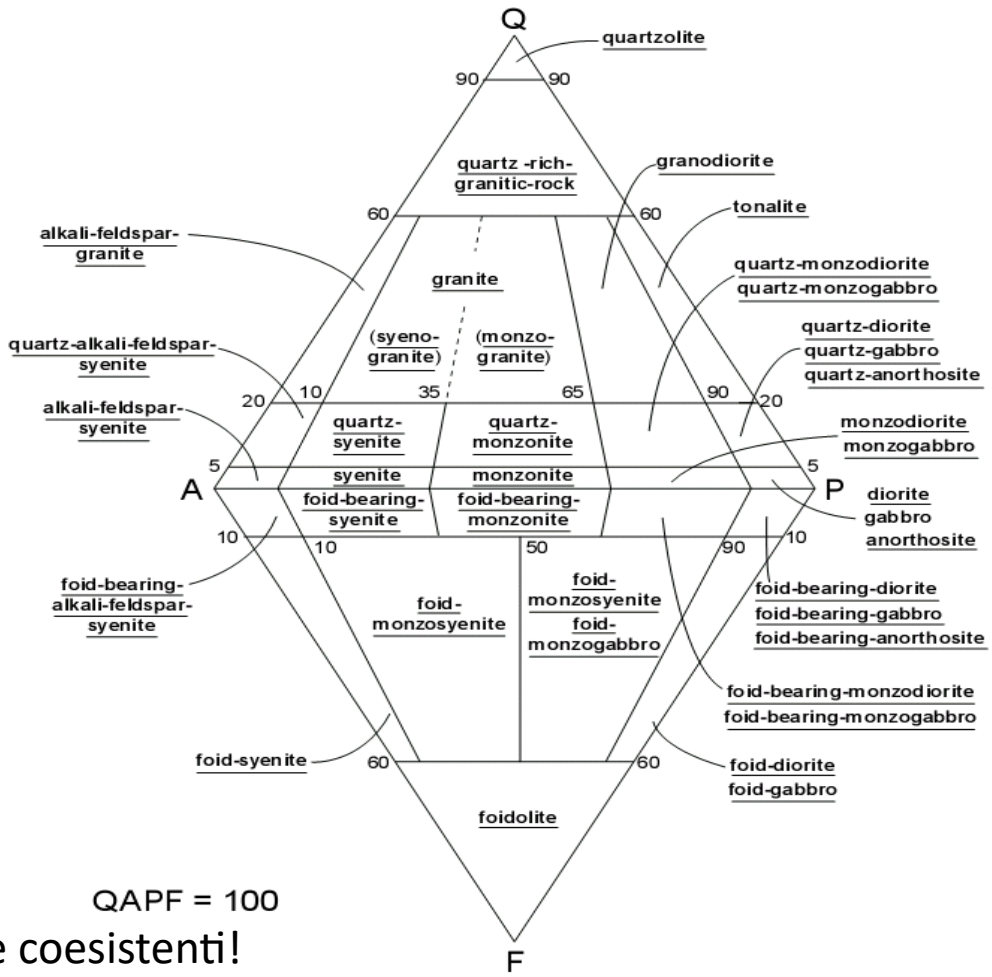


Riferito al contenuto in $SiO_2$:

Rocce sovrassature

Rocce sature

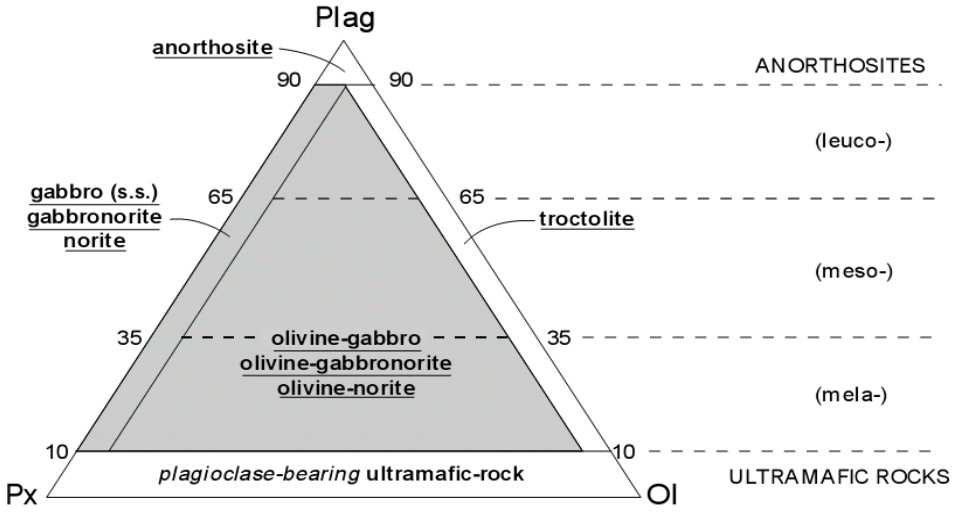
Rocce sottosature

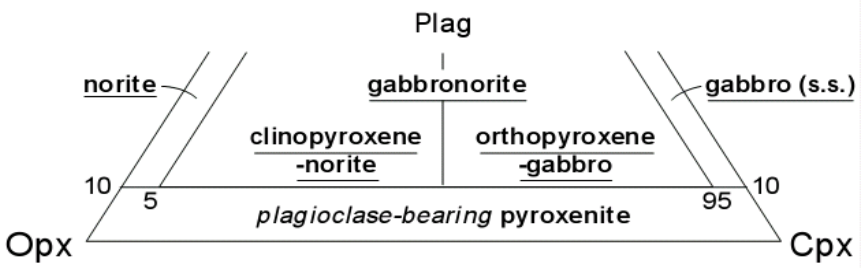



QAPF = 100

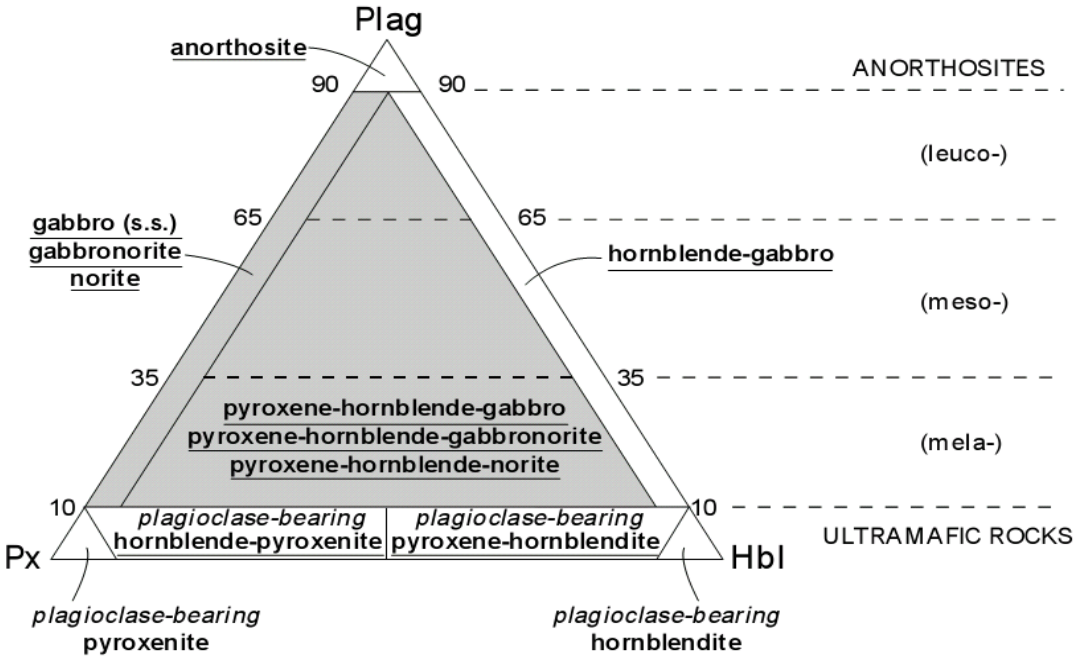
Ricorda: Q e F NON possono essere coesistenti!

# Classificazione modale delle rocce mafiche



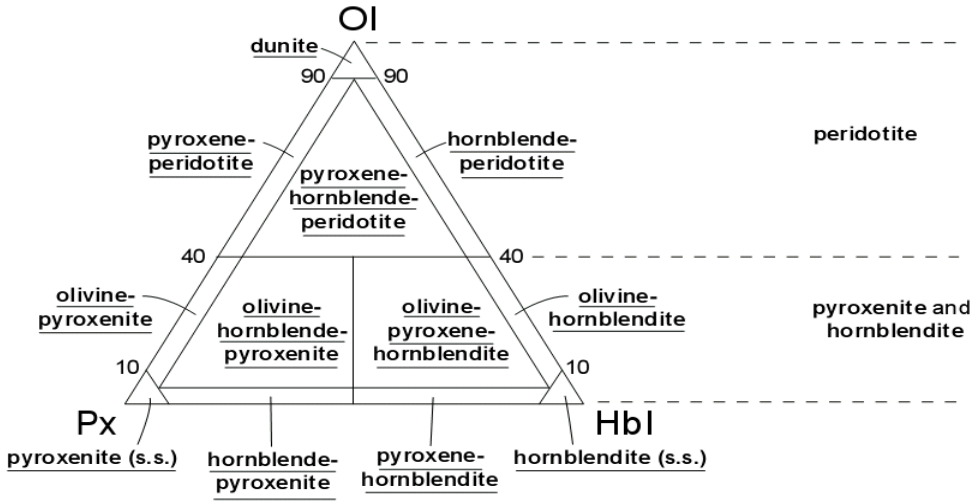



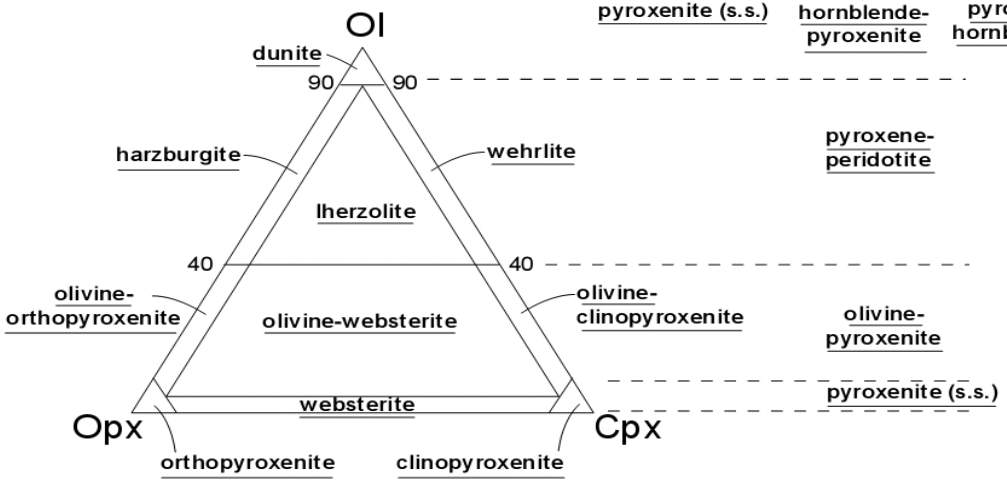
# Classificazione modale rocce mafiche



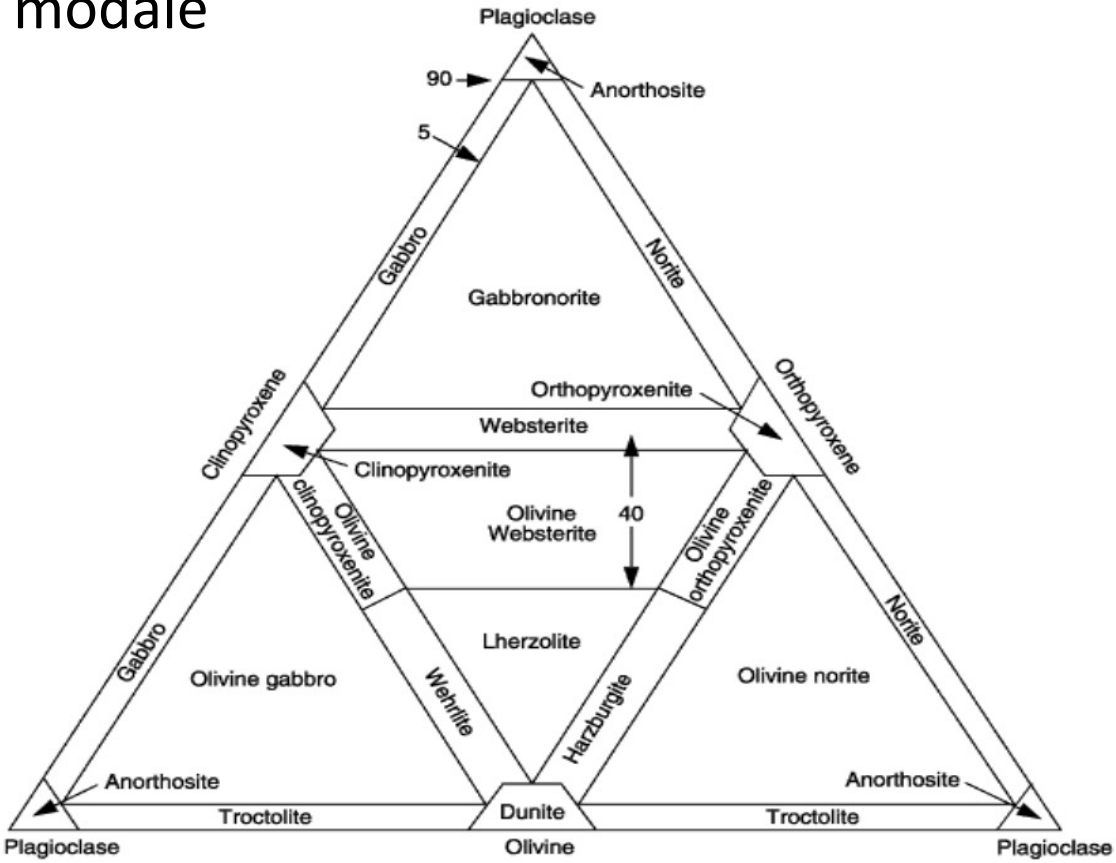
# Classificazione modale

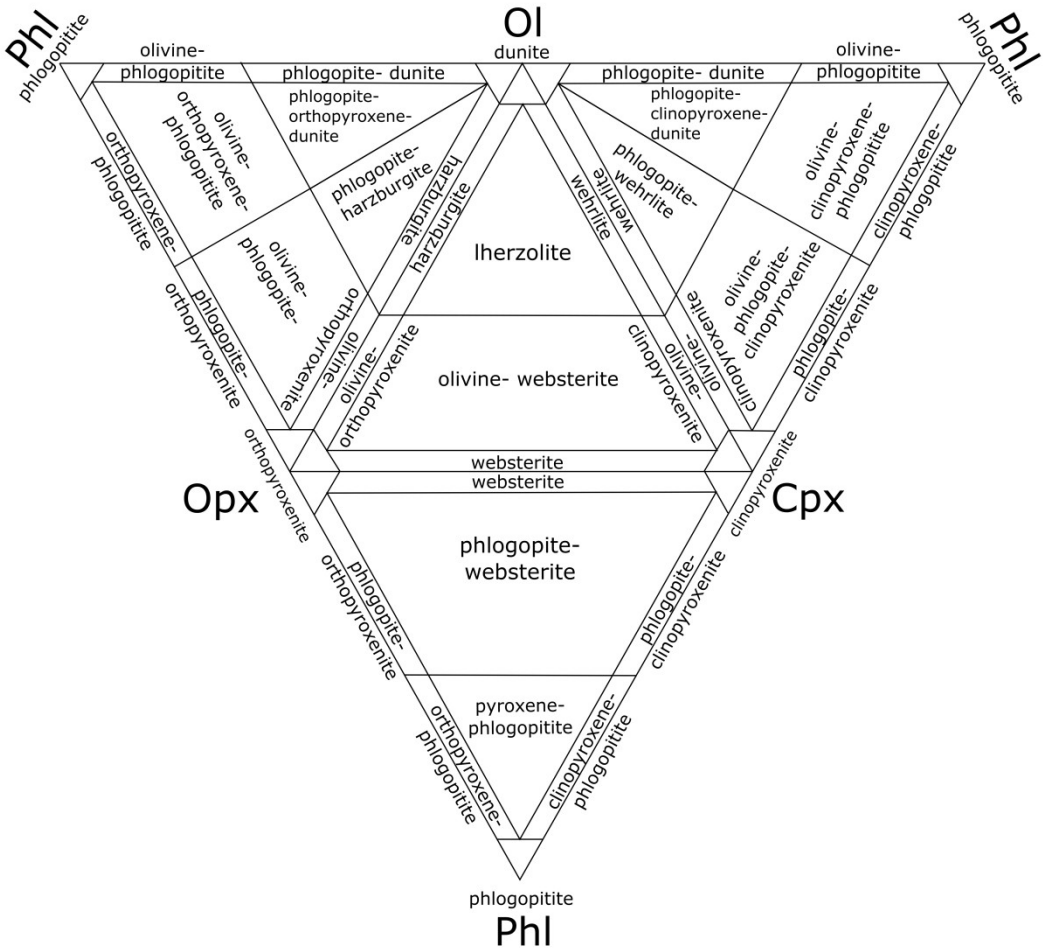
# Rocce ultramafiche



# Classificazione modale




Ol
dunite
Phl
phlogopitite
Phl
phlogopitite
Opx
Cpx
Phl
phlogopitite
olivine-
phlogopitite
phlogopite- dunite
phlogopite- dunite
olivine-
phlogopitite
phlogopite-
orthopyroxene-
dunite
phlogopite-
clinopyroxene-
dunite
olivine-
orthopyroxene-
phlogopitite
orthopyroxene-
phlogopitite
phlogopite-
harzburgite
harzburgite
harzburgite
wehrlite
wehrlite
phlogopite-
wehrlite
olivine-
clinopyroxene-
phlogopitite
clinopyroxene-
phlogopitite
lherzolite
olivine-
phlogopite-
orthopyroxenite
olivine-
phlogopite-
clinopyroxenite
olivine-
orthopyroxenite
olivine-
orthopyroxenite
olivine-
clinopyroxenite
olivine-
clinopyroxenite
olivine- websterite
phlogopite-
orthopyroxenite
phlogopite-
clinopyroxenite
orthopyroxenite
clinopyroxenite
websterite
websterite
phlogopite-
websterite
phlogopite-
orthopyroxenite
phlogopite-
clinopyroxenite
pyroxene-
phlogopitite
orthopyroxene-
phlogopitite
clinopyroxene-
phlogopitite

# La classificazione delle rocce magmatiche effusive

# Rocce Vulcaniche

Questa classificazione deve essere usata solo se la roccia può essere considerata effusiva, cioè se si assume che sia associata a vulcanismo e abbia una tessitura a grana relativamente fine dove i minerali non possono essere riconosciuti ad occhio nudo.

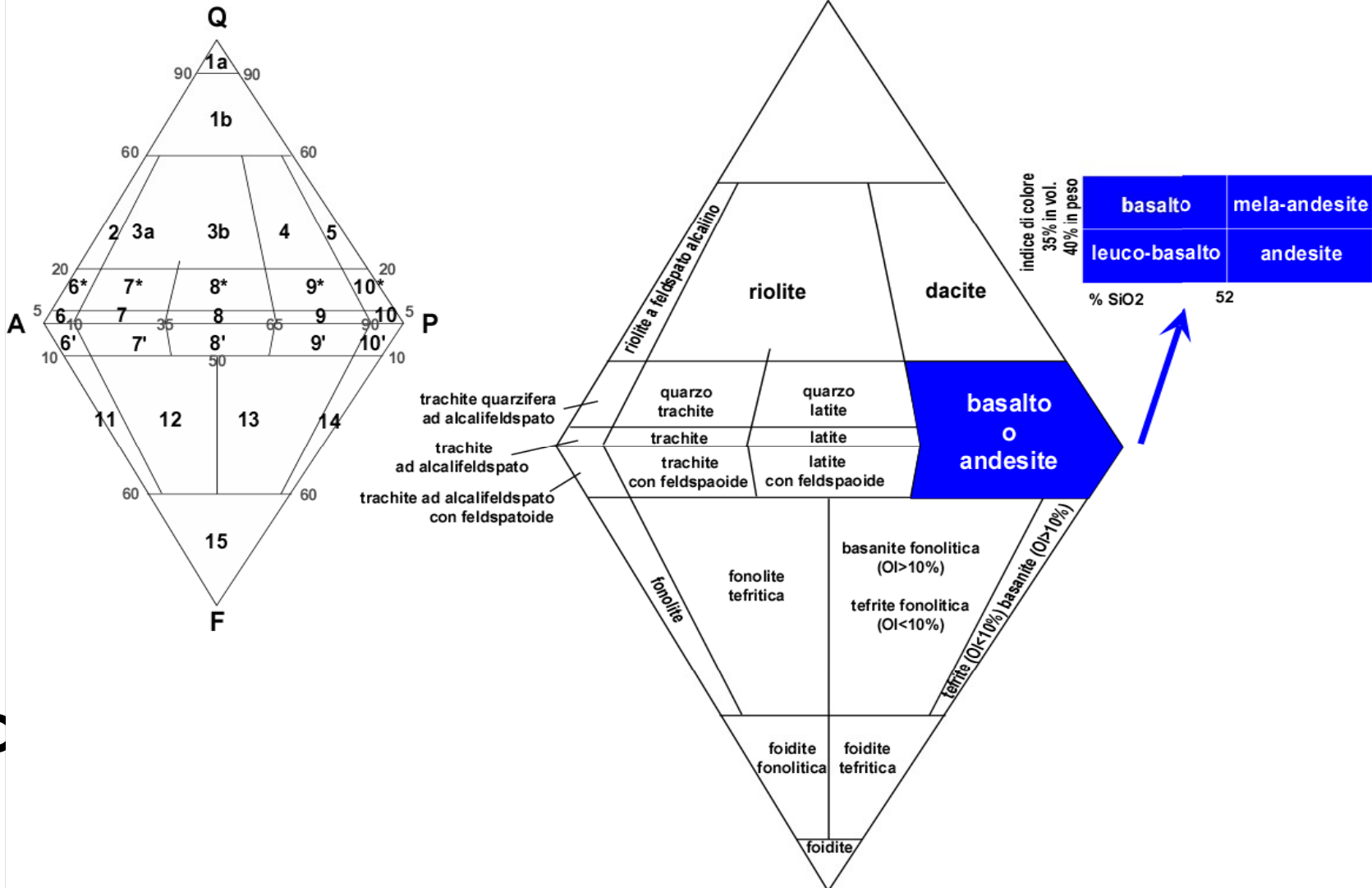
La classificazione è divisa in tre parti:

1) **Se può essere determinata la Moda e M < 90 %** la roccia è classificata in funzione dei suoi minerali sialici (o felsici) utilizzando il **diagramma QAPF**;

2) **Se la Moda non è disponibile, occorre avere la Composizione Chimica** è la roccia classificata in base al **diagramma TAS** (**T**otal **A**lkalies – **S**ilica);

3) Se non sono disponibili sia la composizione modale sia quella chimica, può essere utilizzata provvisoriamente la "**classificazione di campagna**" riportata in una diapositiva successiva.

# Roc


Q
A
P
F
1a
1b
2
3a
3b
4
5
6*
7*
8*
9*
10*
6
7
8
9
10
6'
7'
8'
9'
10'
11
12
13
14
15
90
60
20
5
10
35
65
50
riolite
dacite
riolite a feldspato alcalino
quarzo trachite
quarzo latite
trachite
latite
trachite con feldspaoide
latite con feldspaoide
trachite quarzifera ad alcalifeldspato
trachite ad alcalifeldspato
trachite ad alcalifeldspato con feldspatoide
basalto o andesite
fonolite
fonolite tefritica
basanite fonolitica (Ol>10%)
tefrite fonolitica (Ol<10%)
tefrite (Ol<10%) basanite (Ol>10%)
foidite fonolitica
foidite tefritica
foidite
indice di colore
35% in vol.
40% in peso
basalto
mela-andesite
leuco-basalto
andesite
% SiO2
52

La classificazione delle rocce effusive è SEMPRE meglio sia fatta sulla base della composizione chimica!

COMPOSIZIONE CHIMICA TOTALE

La composizione di una roccia si esprime in modo diverso a seconda della concentrazione degli elementi considerati.

Gli elementi **maggiori** (>1% in peso) e **minori** (0.1-1%) si esprimono come percentuale in peso dei relativi ossidi.
L'idrogeno come $H_2O^-$ (acqua igroscopica) e $H_2O^+$ (acqua di cristallizzazione) come i maggiori.

La composizione degli elementi **in traccia** (<0.1%) si esprime come parti per milione (ppm) del singolo elemento.

**Table 2.1** Whole-Rock Chemical Composition of Basalt from the Columbia River Plateau, Sample BCR-1[a]

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 54.06 | Ag | 27* | Er | 3.63 | Nd | 28.8 | Tb | 1.05 |
| $TiO_2$ | 2.24 | As | 650 | Eu | 1.95 | Ni | (13) | Te | (4.9*) |
| $Al_2O_3$ | 13.64 | Au | (0.66*) | F | 490 | Pb | (13.6) | Th | 5.98 |
| $Fe_2O_3$ | 3.59 | Ba | 681 | Ga | 22 | Pr | 6.8 | Tl | 0.3 |
| FeO | 8.88 | Be | (1.6) | Gd | 6.68 | Rb | 47.2 | Tm | 0.56 |
| MnO | 0.18 | Bi | 47* | Ge | 1.5 | Re | 0.84 | U | 1.75 |
| MgO | 3.48 | Br | (72*) | Hf | 4.95 | Rh | (0.23*) | V | 407 |
| CaO | 6.95 | Cd | 130* | Hg | (7.9*) | S | 410 | W | (0.44) |
| $Na_2O$ | 3.27 | Ce | 53.7 | Ho | 1.26 | Sb | 0.62 | Y | 38 |
| $K_2O$ | 1.69 | Cl | 59 | In | 92* | Sc | 32.6 | Yb | 3.38 |
| $P_2O_5$ | 0.36 | Co | 37 | La | 24.9 | Se | (88*) | Zn | 129.5 |
| $H_2O^+$ | 0.75 | Cr | (16) | Li | 12.9 | Sm | 6.59 | Zr | 190 |
| $H_2O^-$ | 0.81 | Cs | 0.96 | Lu | 0.51 | Sn | (2.7) | | |
| $CO_2$ | 0.03 | Cu | (19) | Mo | (1.6) | Sr | 330 | | |
| LOI | 1.67 | Dy | 6.34 | Nb | (14) | Ta | 0.81 | | |
| Total | 99.93 | | | | | | | | |

[a]Major element oxides in wt.%. Less certain values in parentheses. *, Trace element concentration in parts per billion (ppb); all other trace elements in parts per million (ppm).
Data from Govindaraju (1989).

# COMPOSIZIONE CHIMICA TOTALE

Le variazioni composizionali sono in prima approssimazione correlate al contenuto in silice.

Sulla base del contenuto in silice si distingue:

- Acide: $SiO_2$ >65%
- Intermedie: 52%<$SiO_2$<65%
- Basiche: 43%<$SiO_2$<52%
- Ultrabasiche: $SiO_2$ <43%

- La rappresentazione composizionale si basa sull'uso di diagrammi binari, ternari e tetraedrici.

# Rocce Vulcaniche
# Classificazione TAS

Prima di utilizzare questa classificazione occorre accertarsi che:

1) L'analisi della roccia mostri valori di $H_2O$ < 2.0 % e di $CO_2$ < 0.5 % a meno che non si tratti di rocce classificabili come **picriti**, **komatiiti**, **meimechiti** o **boniniti**;

2) Le analisi devono essere ricalcolate a 100 % senza $H_2O$ e $CO_2$;

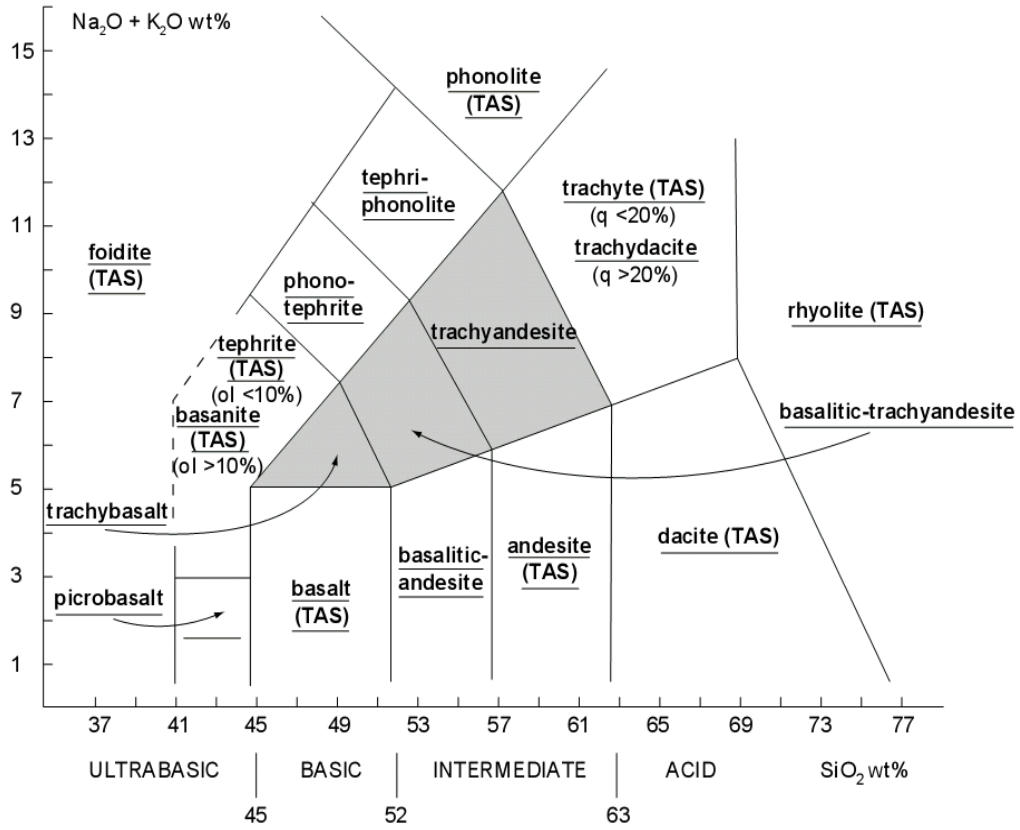
3) Se deve essere calcolata la norma CIPW per definire la roccia, si deve utilizzare i valori di FeO ed $F_2O_3$ analizzati se disponibili. In caso contrario si consiglia di utilizzare il metodo di Le Maitre (1976) per determinare FeO ed $F_2O_3$ dalle analisi di FeO o $F_2O_3$ espressi come Fe totale.

Le Maitre (1976):

$FeO / (FeO+Fe_2O_3) = 0.93 – 0.0042\ SiO_2 – 0.022\ (Na_2O+K_2O)$ per rocce vulcaniche

$FeO / (FeO+Fe_2O_3) = 0.88 – 0.0016\ SiO_2 – 0.027\ (Na_2O+K_2O)$ per rocce plutoniche

# Diagramma TAS (Total Alkali vs Silica)




| Further subdivisions of shaded fields | trachybasalt | basaltic-trachyandesite | trachyandesite |
|---|---|---|---|
| $Na_2O - 2.0 \geq K_2O$ | hawaiite | mugearite | benmoreite |
| $Na_2O - 2.0 \leq K_2O$ | potassic-trachybasalt | shoshonite | latite (TAS) |

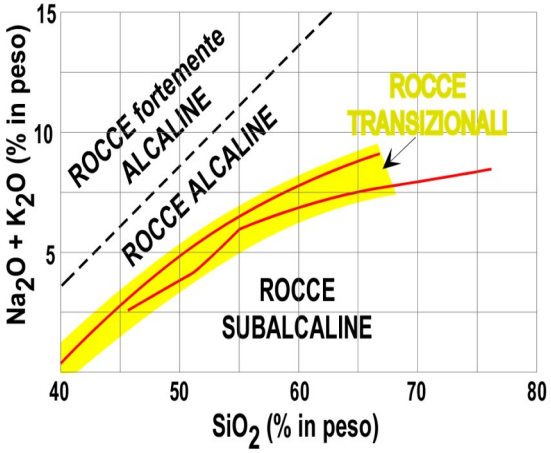
# Alcalinità

È assieme al contenuto in silice un parametro petrochimico basilare.

Si definiscono sulla base di limiti empirici nel diagramma TAS in serie subalcaline ed alcaline

Alle rocce subalcaline appartengono le serie tholeiitica e calcalcalina

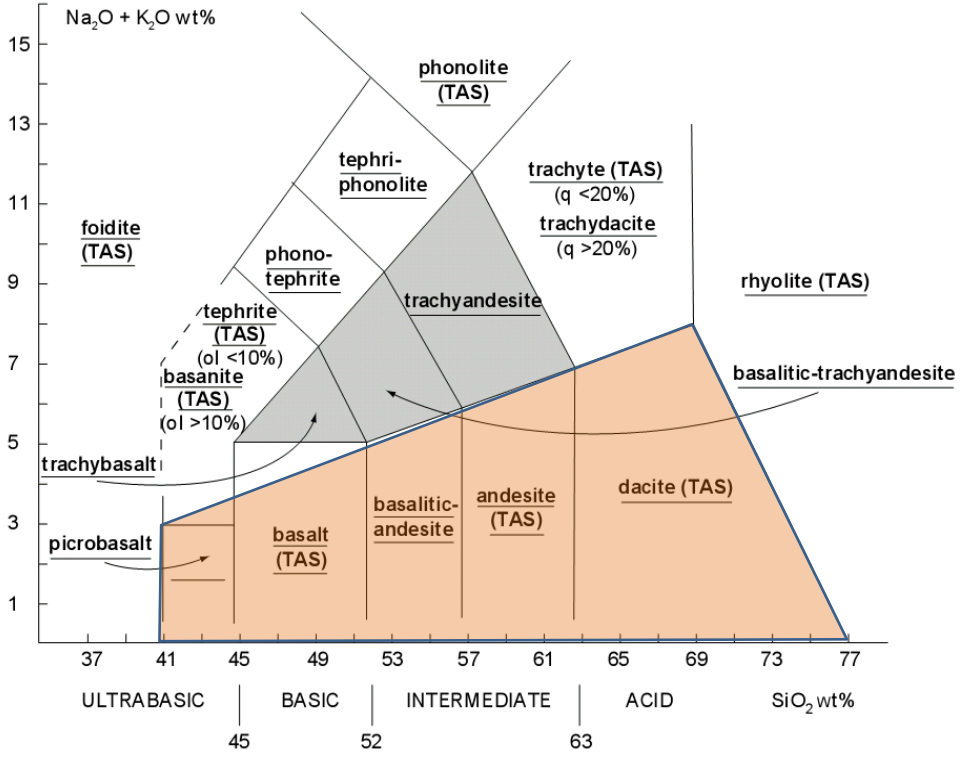
Nel campo alcalino si distinguono le alcalino-sodiche dalle alcalino-potassiche.




*Da Morbidelli, Le Rocce...*

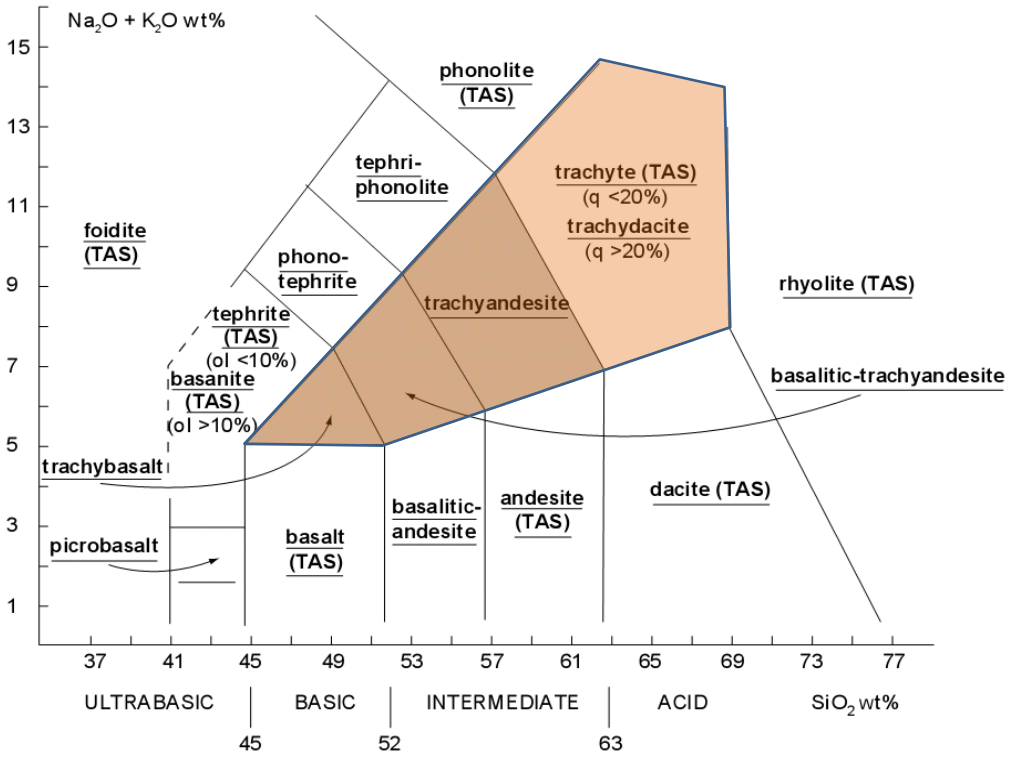
# ROCCE SUBALCALINE

| Serie tholeiitica | Serie calcoalcalina |
|---|---|
| picrite tholeiitica | basalto ricco in allumina |
| olivin tholeiite | andesite ricca in allumina |
| tholeiite | dacite |
| quarzo tholeiite | riolite |
| andesite tholeiitica (islandite) | |
| dacite | |
| riolite | |



# ROCCE ALCALINE

| Serie sodica | Serie potassica |
|---|---|
| basalto alcalino | basanite- tefrite |
| basanite - tefrite | trachibasalto K |
| hawaiite | latite |
| mugearite | trachite potassica |
| benmoreite | fonolite leucitica |
| trachite | |
| fonolite | |



# La classificazione delle rocce metamorfiche

# NOMENCLATURA DELLE ROCCE METAMORFICHE

Struttura granulare dominata da minerali felsici

Bande di minerali felsici e minerali mafici alternati

Presenza di piani di scistosità lungo cui la roccia si rompe

Fig. 3.22 - Schema di flusso per la denominazione delle rocce metamorfiche (proposta provvisoria della SCMR, adattata da Mazzoli et al., 1991).

# NOMENCLATURA DELLE ROCCE METAMORFICHE

Esistono molteplici caratteri sui quali può essere basata la denominazione delle Rocce Metamorfiche:

1) La natura del protolito: si usa in tal caso il prefisso meta- dinanzi al nome del protolito (esempi: meta-granito, meta-grovacca);

2) I caratteri strutturali (esempi: scisto, gneiss);

3) La composizione chimica (esempio: metamorfite basica ricca in Ti);

4) La composizione mineralogica modale (intesa in termini quantitativi di tutti i minerali presenti);

5) La facies metamorfica.

# Rocce metamorfiche foliate

*Ardesia*: una roccia metamorfica compatta, a grana molto fine, con un clivaggio ben sviluppato. Le superfici scistose fresche sono opache.

*Fillade*: una roccia con scistosità in cui i fillosilicati molto fini (sericite/fengite e/o clorite), raramente grossi abbastanza da essere visibili, impartiscono una lucentezza setosa alla superficie della foliazione. Le filladi con entrambe foliazione e lineazione sono molto comuni.

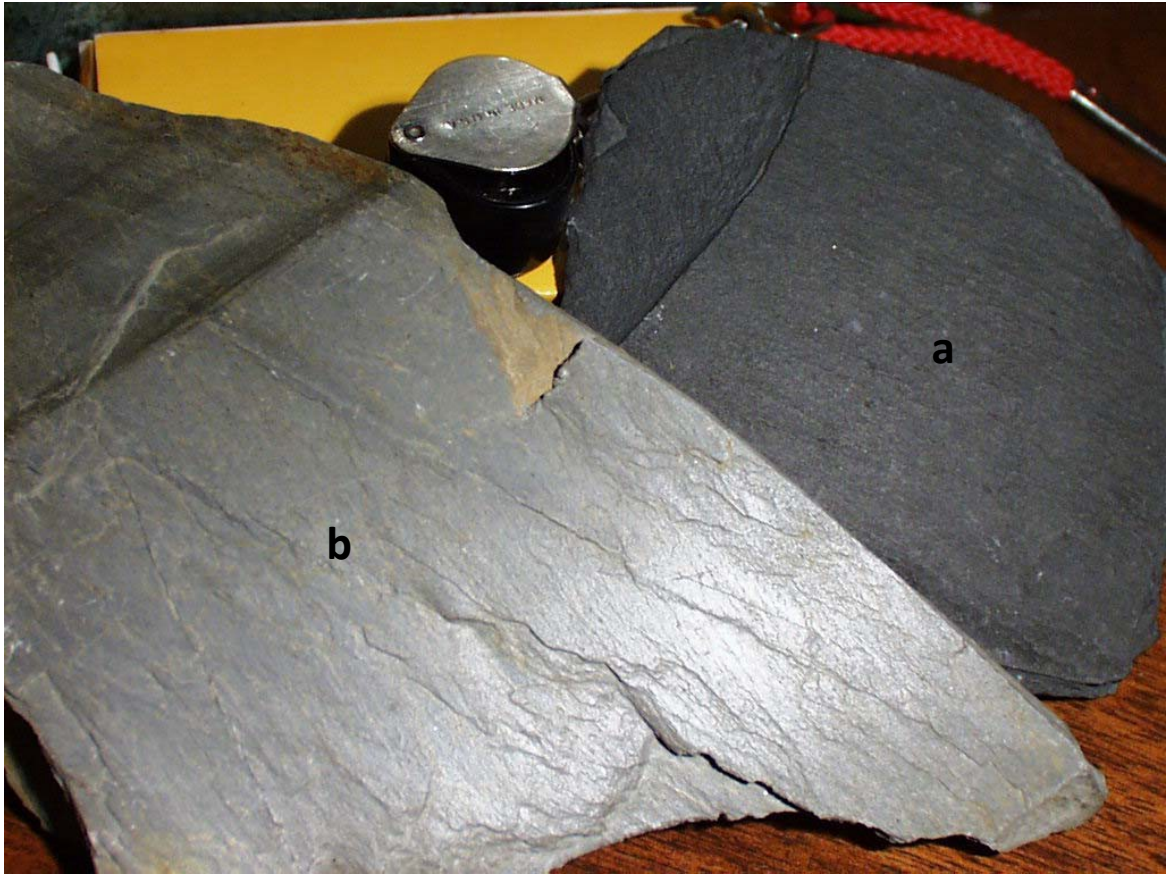



Figura 22-1. Esempi di rocce metamorfiche foliate. a.Ardesia. b.Fillade. Notare la differenza del riflesso sulle superfici di foliazione tra a e b: la fillade è caratterizzata da una lucentezza setosa. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall

# Rocce metamorfiche foliate

*Scisto*: una roccia metamorfica che mostra scistosità. Scisto è un termine ampio per questa definizione e ardesie e filladi sono dei tipi di scisti. In senso comune, gli scisti sono rocce metamorfiche in cui i minerali foliati sono grossi abbastanza da essere visibili facilmente nel campione a mano.

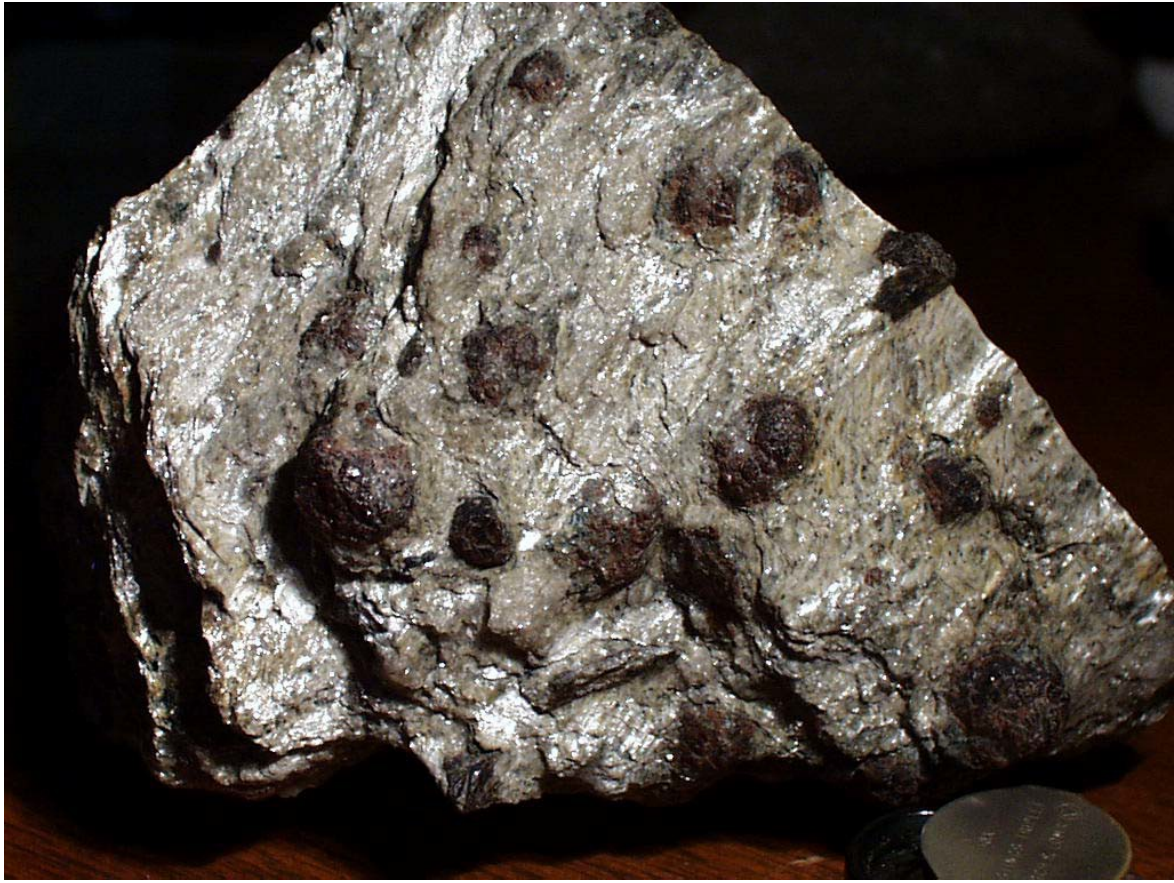


Figura 22-1c. Scisto a granato e muscovite. I cristalli di Muscovite sono visibili, di colore argento, I granati appaiono come porfiroblasti grossi e scuri. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.

# Rocce metamorfiche foliate

*Gneiss*: una roccia metamorfica che ha una struttura gneissica. Gli Gneiss sono tipicamente stratificate o a bande, generalemente con strati alternati di minerali felsici e femici. Gneiss possono essere lineati ma devono anche contenere segregazioni ricche in minerali felsici e concentrazioni ricche di minerali femici.

Figura 22-1d. Gneiss Quarzo-feldspatici con una startificazione evidente. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.