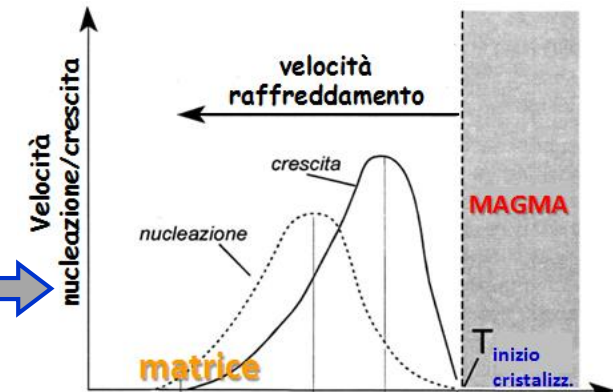
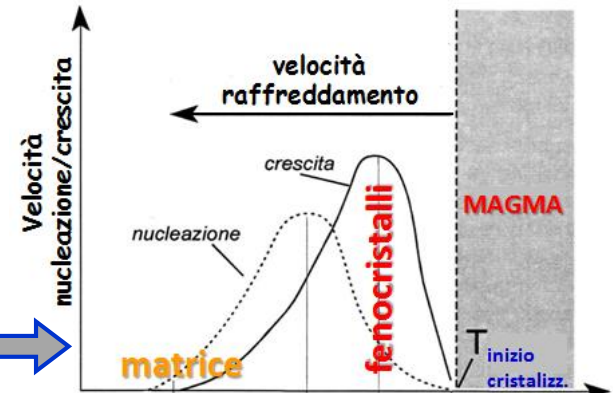
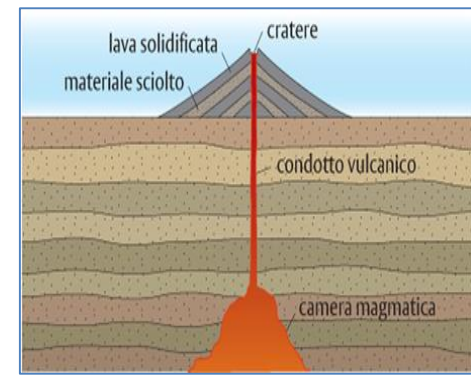


ROCCE MAGMATICHE EFFUSIVE

<p>Rapida diminuzione di P durante la risalita</p>	<p>DEGASSAMENTO</p>
<p>Rapida diminuzione di T a causa della forte dispersione di calore in ambiente subaereo o subacqueo</p>	<p>CRISTALLIZZAZIONE da totale a parziale con possibile presenza di VETRO</p>
<p>Rapida diminuzione di T a causa della forte dispersione di calore in ambiente subaereo o subacqueo</p>	<p>SALTO DIMENSIONALE tra FENOcristalli generati in profondità e massa di fondo (o MATRICE) formatasi in superficie per veloce raffreddamento</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Struttura PORFIRICA</p>
<p>Rapida diminuzione di T a causa della forte dispersione di calore in ambiente subaereo o subacqueo</p>	<p>La solidificazione del magma inizia al momento dell'effusione NO fenocristalli SOLO matrice</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Struttura AFIRICA Olo-ipocristallina o vetrosa</p>

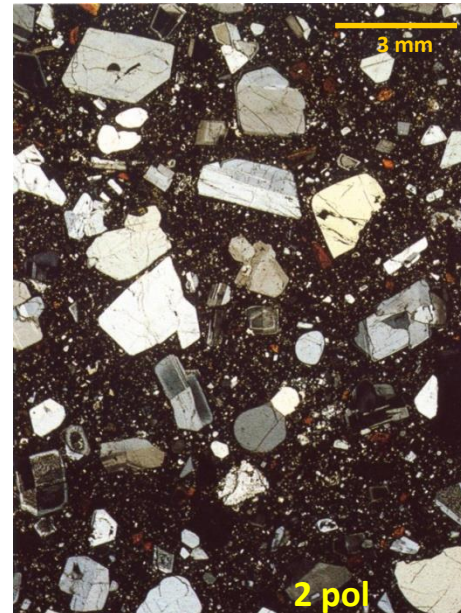
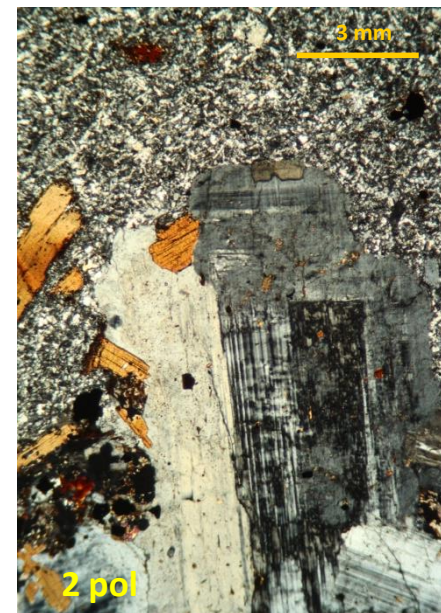
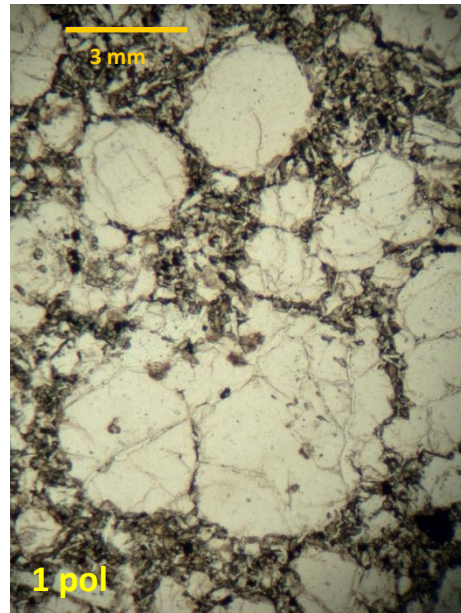
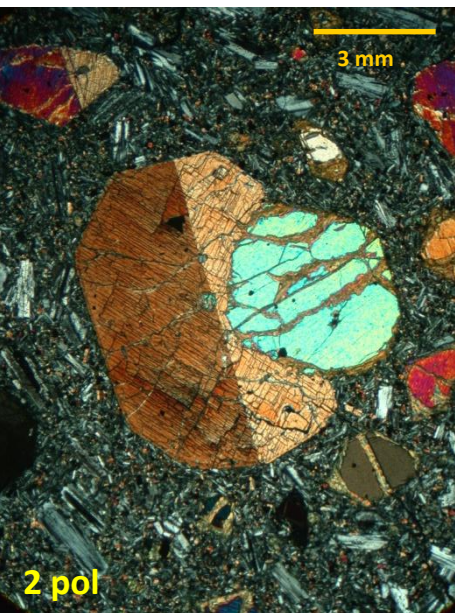
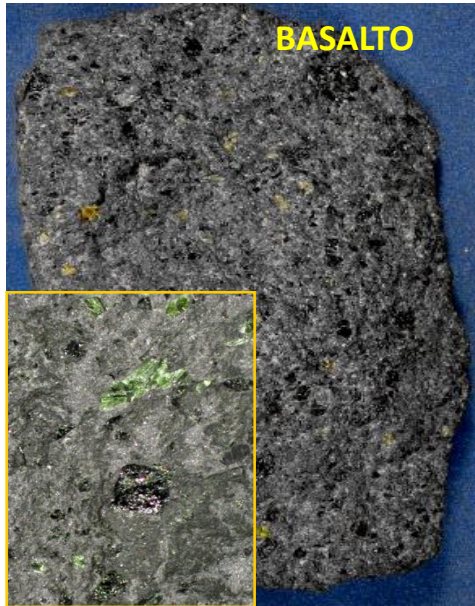


CLASSIFICAZIONE MACRO E MICROSCOPICA + PROBLEMATICI

➡ **COMPOSIZIONE CHIMICA** : elementi maggiori – diagrammi classificativi

➡ **NORMA C.I.P.W** = composizione mineralogica “virtuale” calcolata dalla composizione chimica

STRUTTURE PORFIRICHE



STRUTTURE AFIRICHE

BASALTO



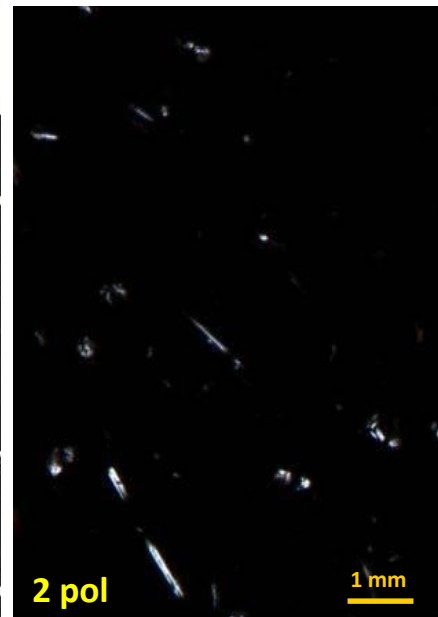
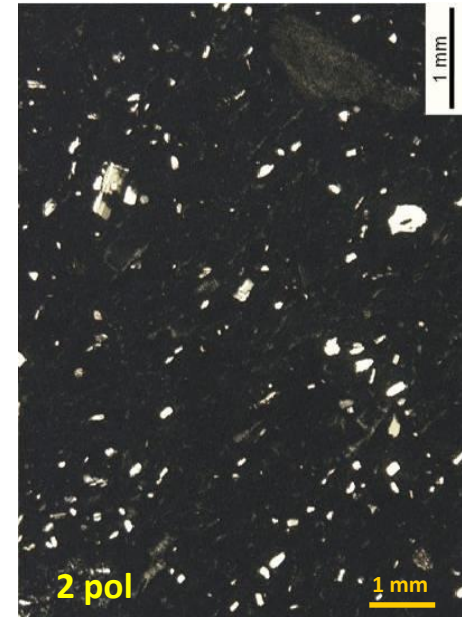
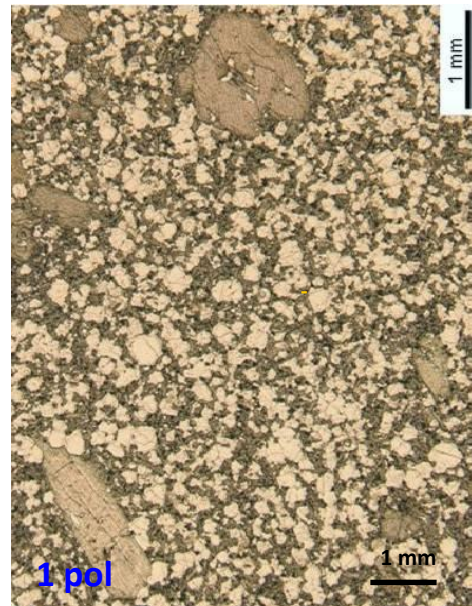
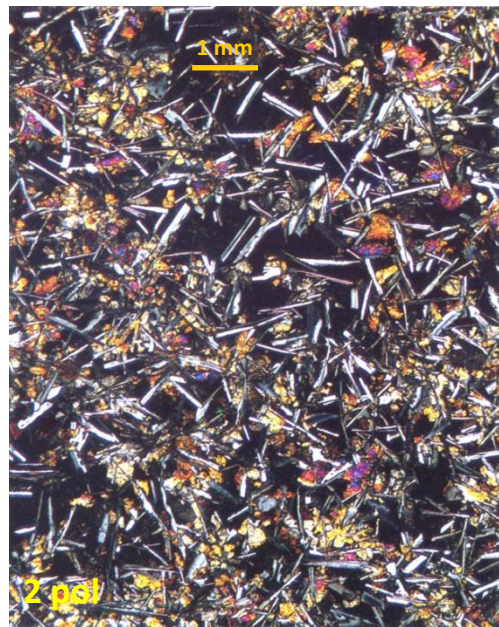
LEUCITITE

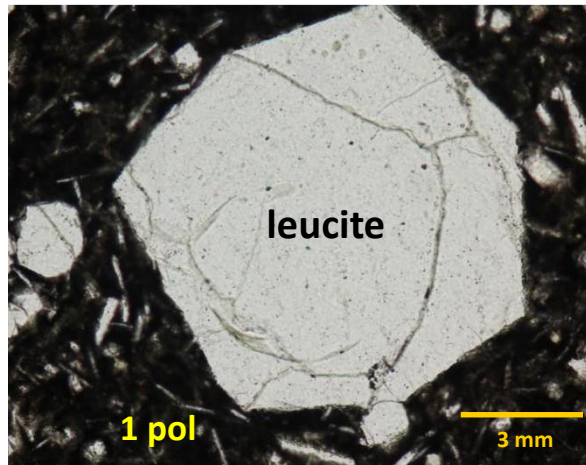
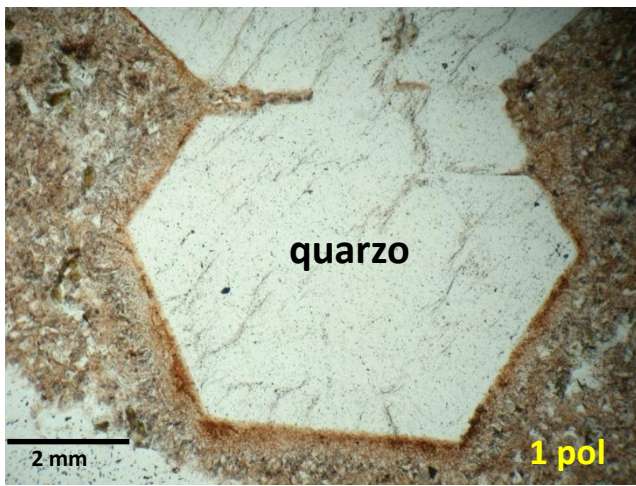


RIOLITE

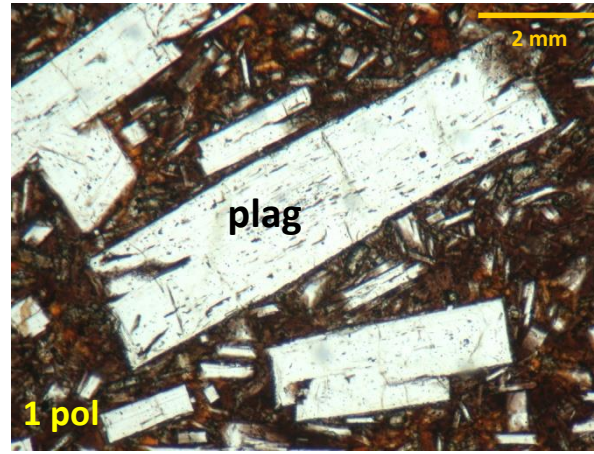
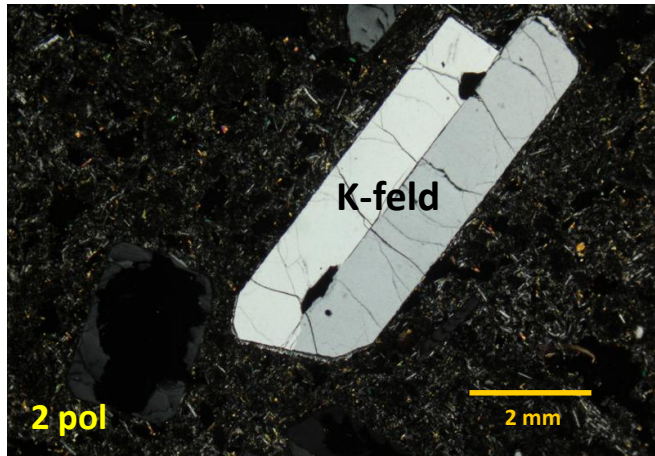


OSSIDIANA





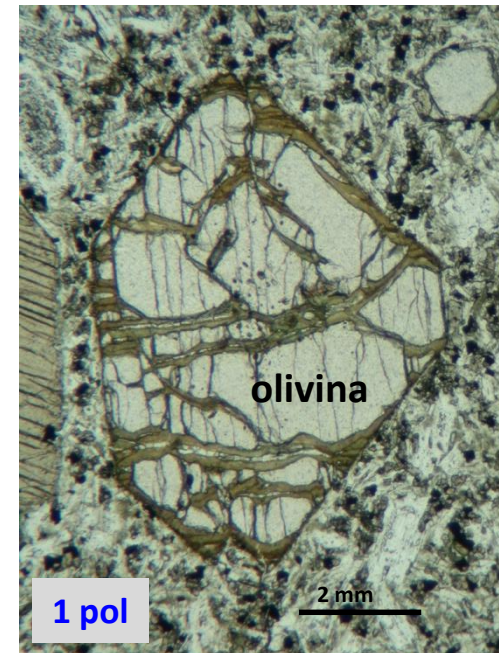
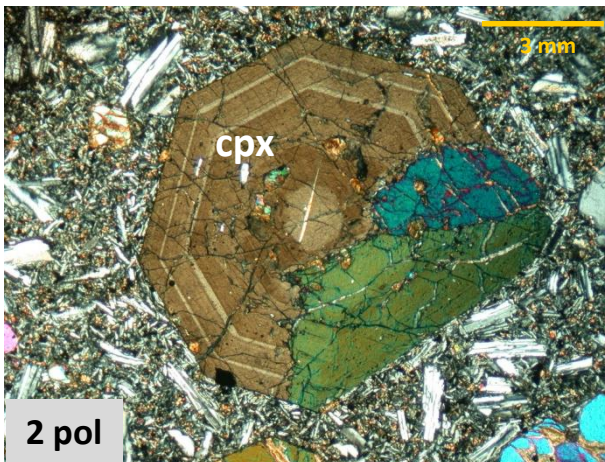
FENOCRISTALLI in lave PORFIRICHE



FENOCRISTALLI :
crescita libera (non contrastata)

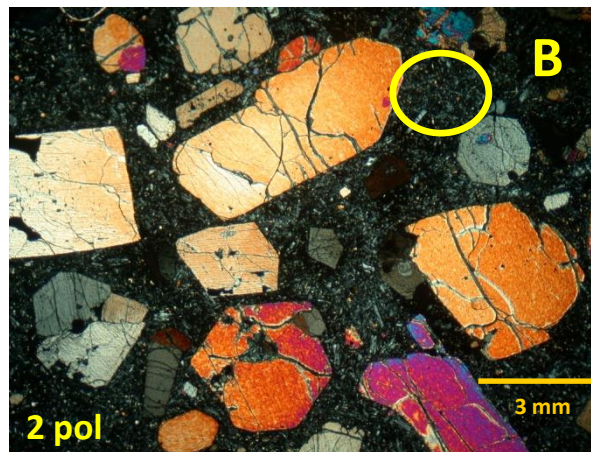
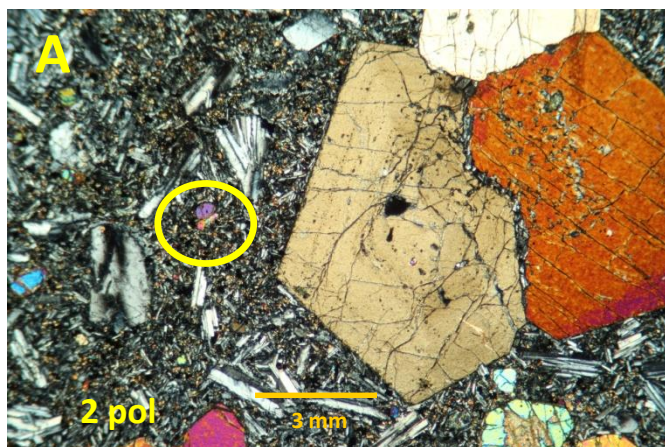


IDIOMORFI (euedrali)



MATRICE o PASTA DI FONDO : costituita da MICROLITI (<1mm)

In f.ne della grana: da microcristallina a criptocristallina (microliti otticamente irrisolvibili)

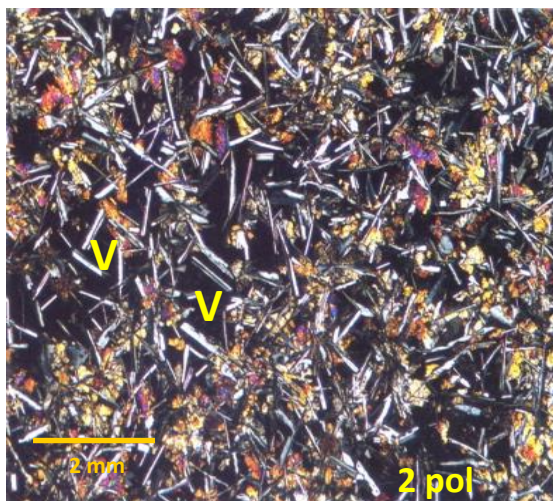


A: fenocristalli in matrice olocristallina microcristallina

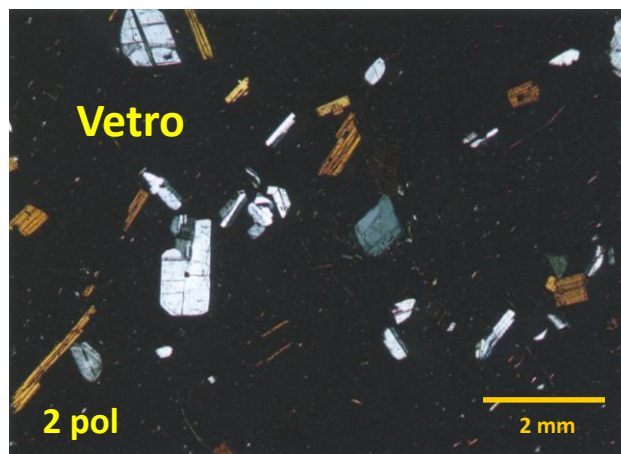
B: fenocristalli in matrice criptocristallina parzialmente vetrosa

In f.ne della quantità di vetro (crescente)

Olocristallina – ipocristallina – ipoialina – vetrosa (o ialina)
Tot cristallina – microliti > vetro – vetro > microliti – \approx tot vetro (V)



ipocristallina

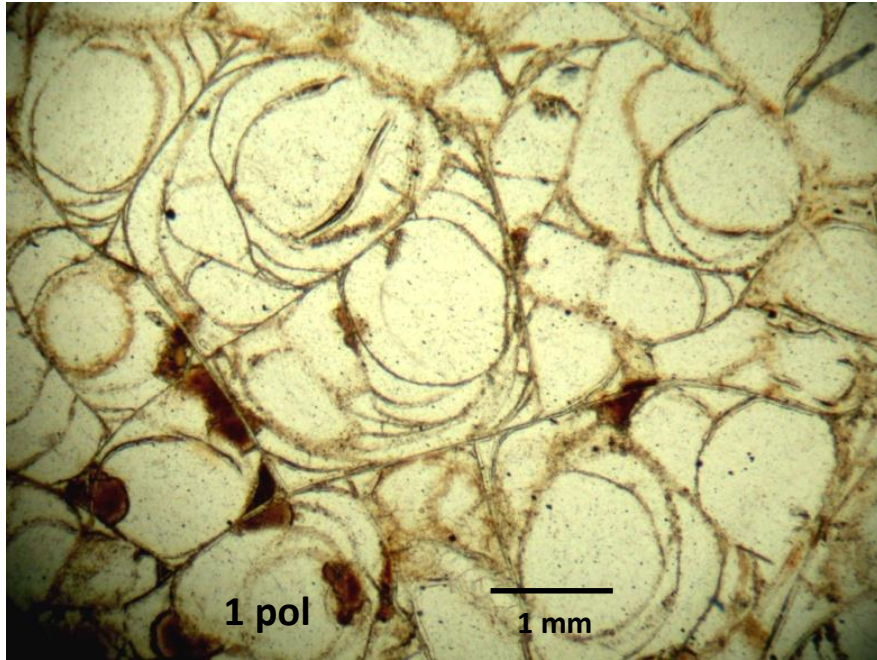


ipoialina

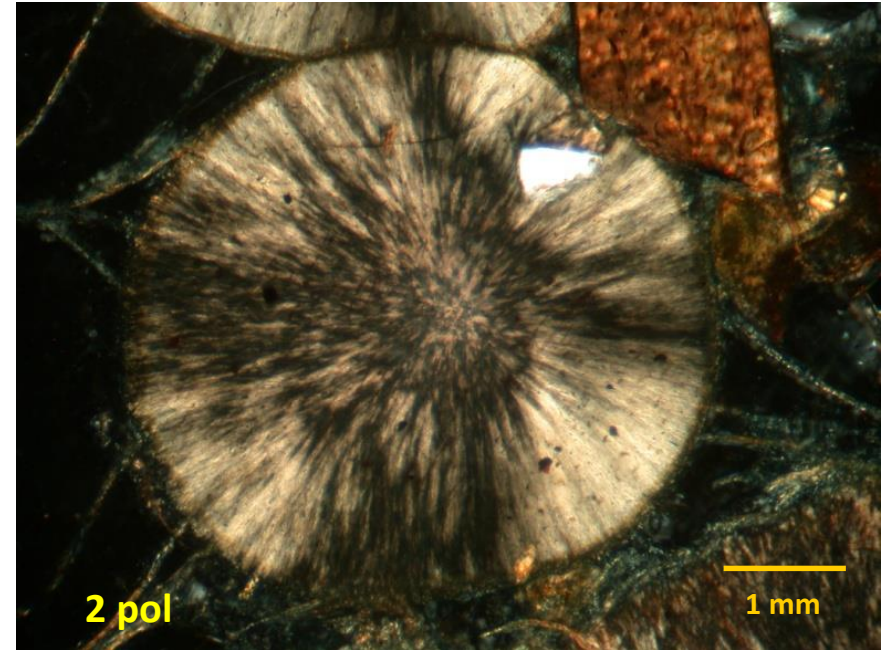


Cristalliti a crescita dendritica in vetro (raffreddamento molto rapido)

VETRO : microstrutture di raffreddamento e devetrificazione



Raffreddamento del vetro: microstruttura perlitica



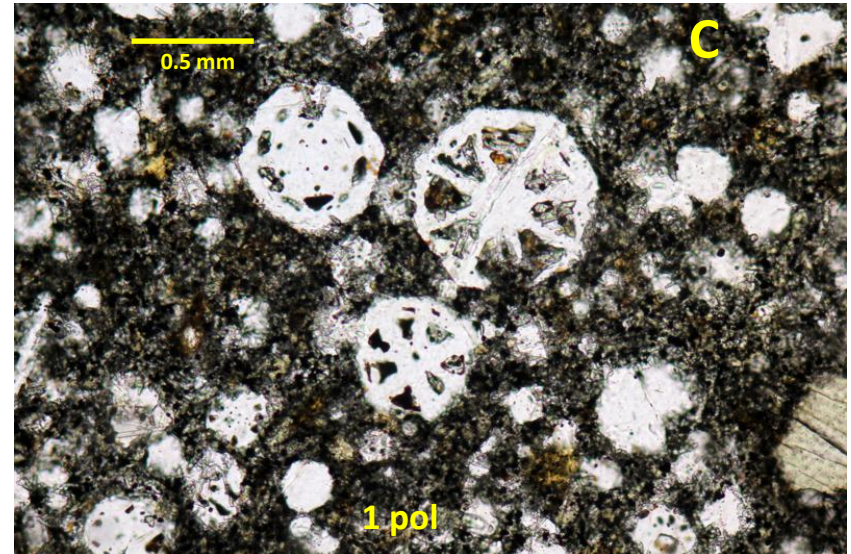
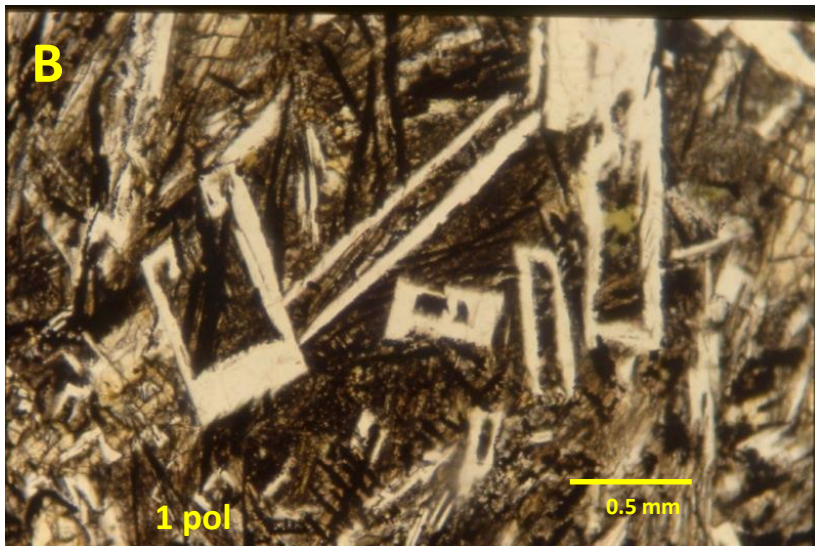
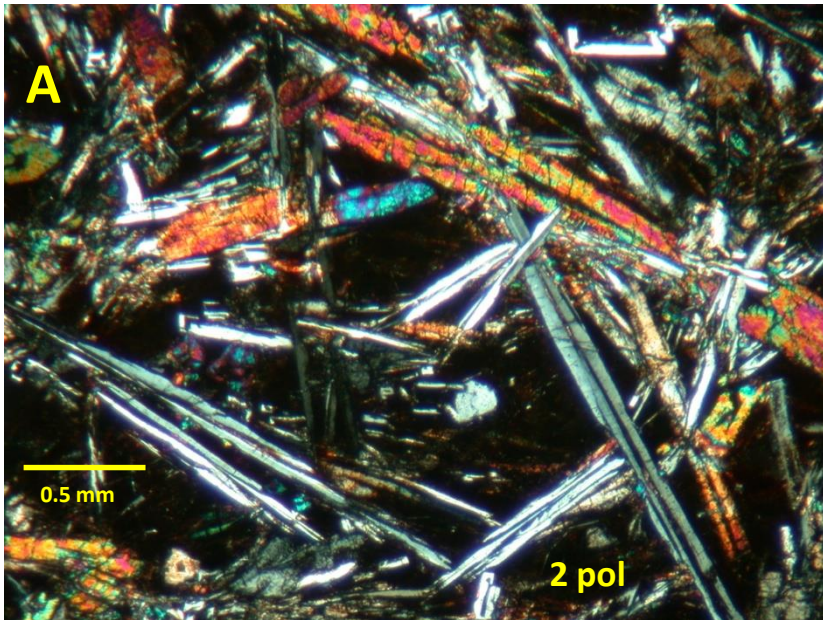
Devetrificazione del vetro: microstruttura sferulitica

Risultato di raffreddamento molto rapido (es, parti superficiali di una lava)

A : cristalli aghiformi di plagioclasio e pirosseno immersi in vetro

B: microliti scheletrici di plagioclasio in vetro

C: microliti scheletrici di leucite (“a ruota di carro”)



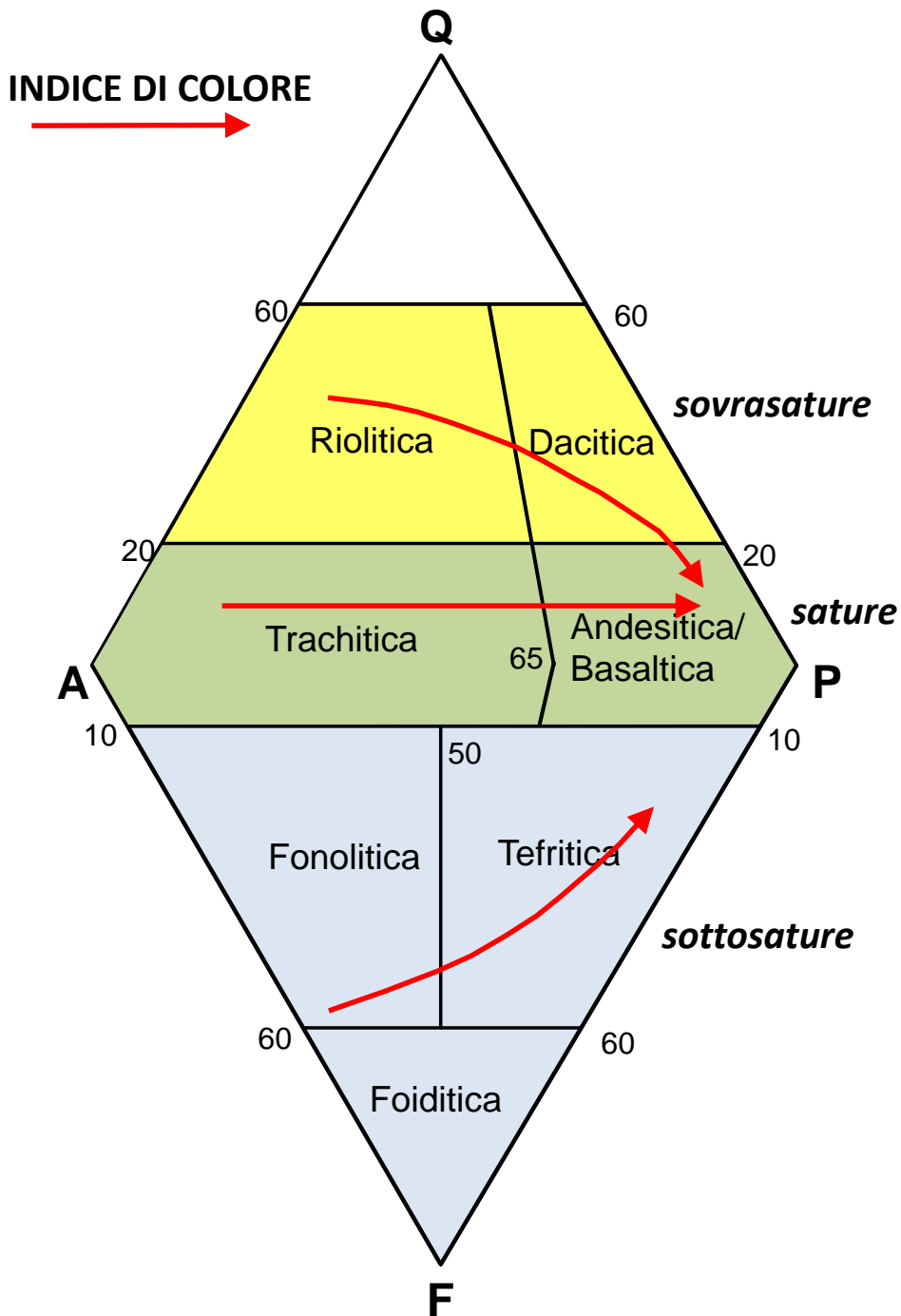
TESSITURE FLUIDALI : i minerali si formano quando la lava è in movimento, e ciò provoca un isorientamento dei microliti della matrice e anche degli eventuali fenocristalli. Si riscontra un lave fluide dove il fuso è poco polimerizzato (es, lave basaltiche e alcaline)



Tessitura PILOTASSITICA



Tessitura TRACHITICA



CLASSIFICAZIONE ROCCE VULCANICHE

DOPPIO TRIANGOLO

CLASSIFICAZIONE PRELIMINARE DI
 CAMPAGNA e CAMPIONE "A MANO"

Basata su:

- ▶ Presenza di fenocristalli
- ▶ Fenocristalli:
 tipo e rapporti sialici/femici
- ▶ Colore della matrice



indispensabile l'osservazione microscopica

CLASSIFICAZIONE IUGS DELLE ROCCE VULCANICHE SU BASE MINERALOGICA (= MODALE)

aumento modale
MINERALI FEMICI

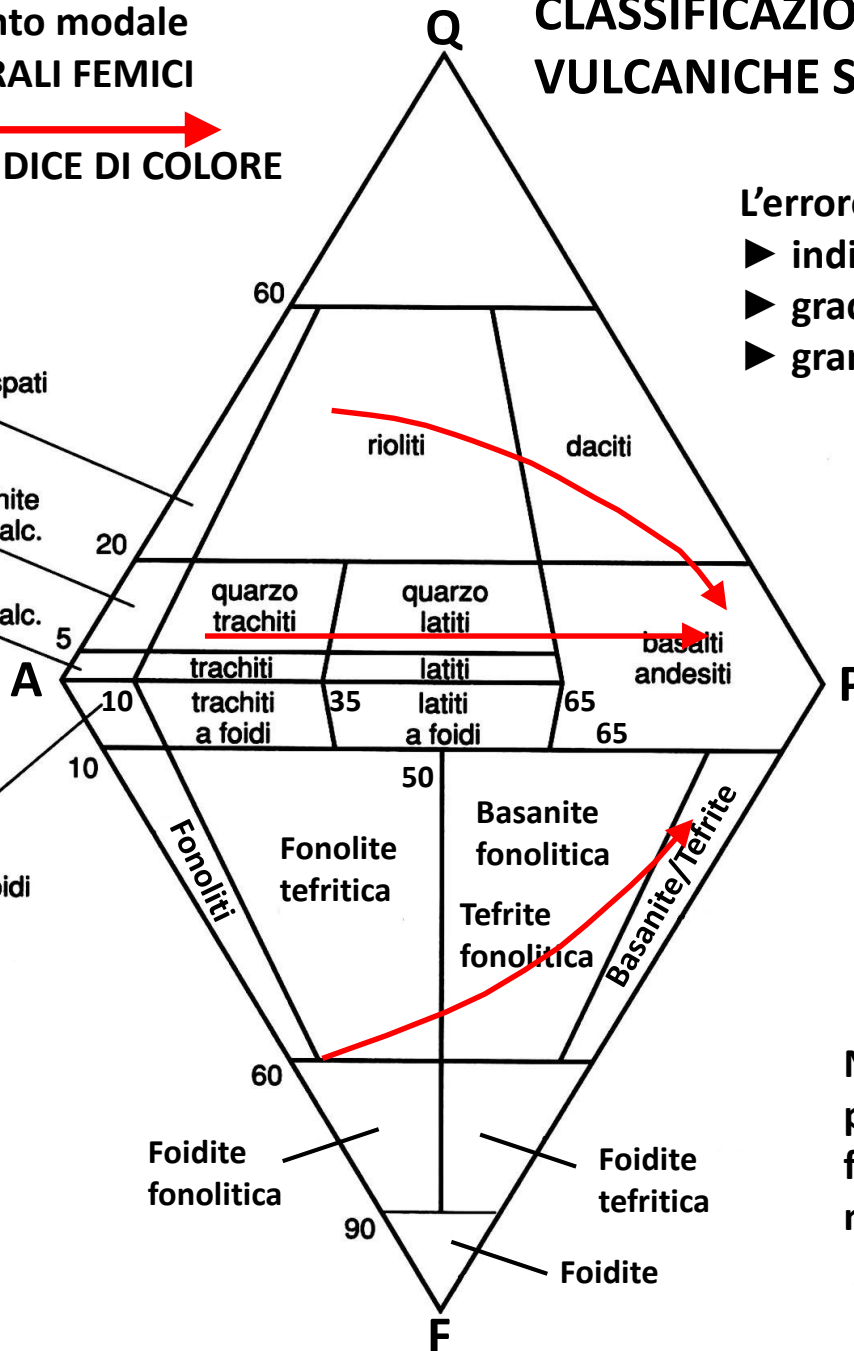
aumento INDICE DI COLORE

rioliti a feldspati
alcalini

quarzo trachite
a feldspato alc.

trachite
a feldspato alc.

trachiti
a feldspato
alcalino e foidi



L'errore nella classificazione modale dipende da:

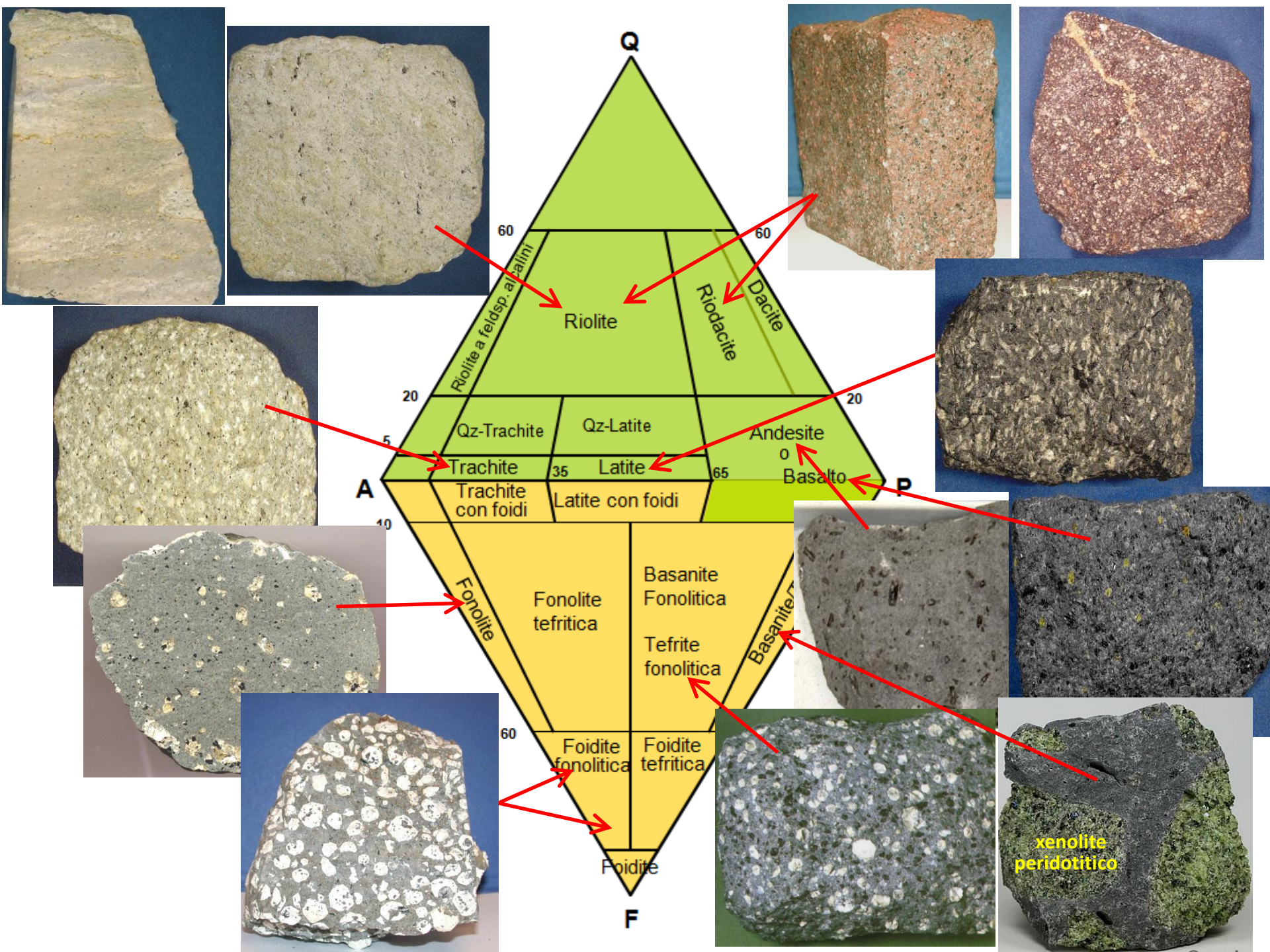
- ▶ indice porfirico (quantità modale di fenocristalli)
- ▶ grado di cristallinità (variabile presenza di vetro)
- ▶ grana dei minerali (da micro- a criptocristallina)

MINORE quantità minerali riconoscibili
(presenza di vetro, dimensioni cristalline)



MAGGIORE
errore nella
classificazione

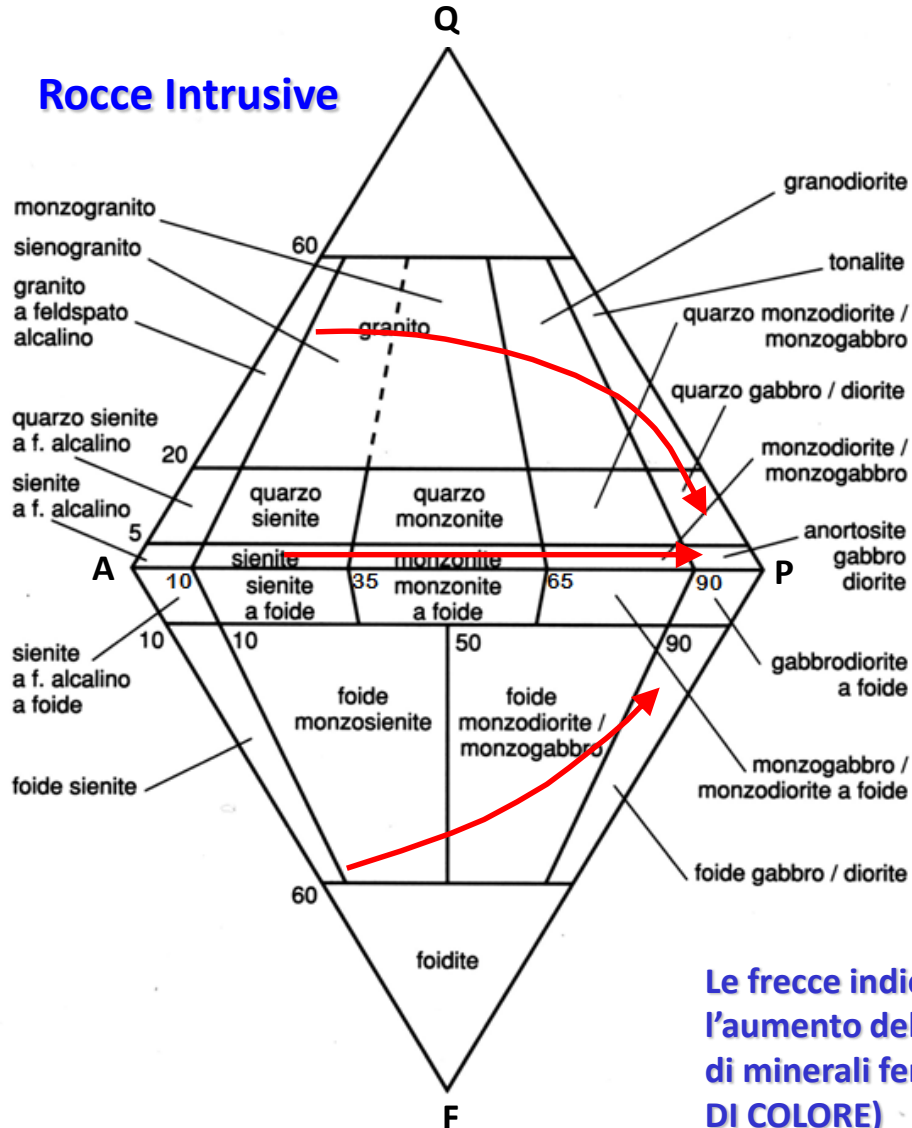
NB: contrariamente alle rocce plutoniche le rocce vulcaniche a foidi (sottosature in SiO_2) sono molto comuni



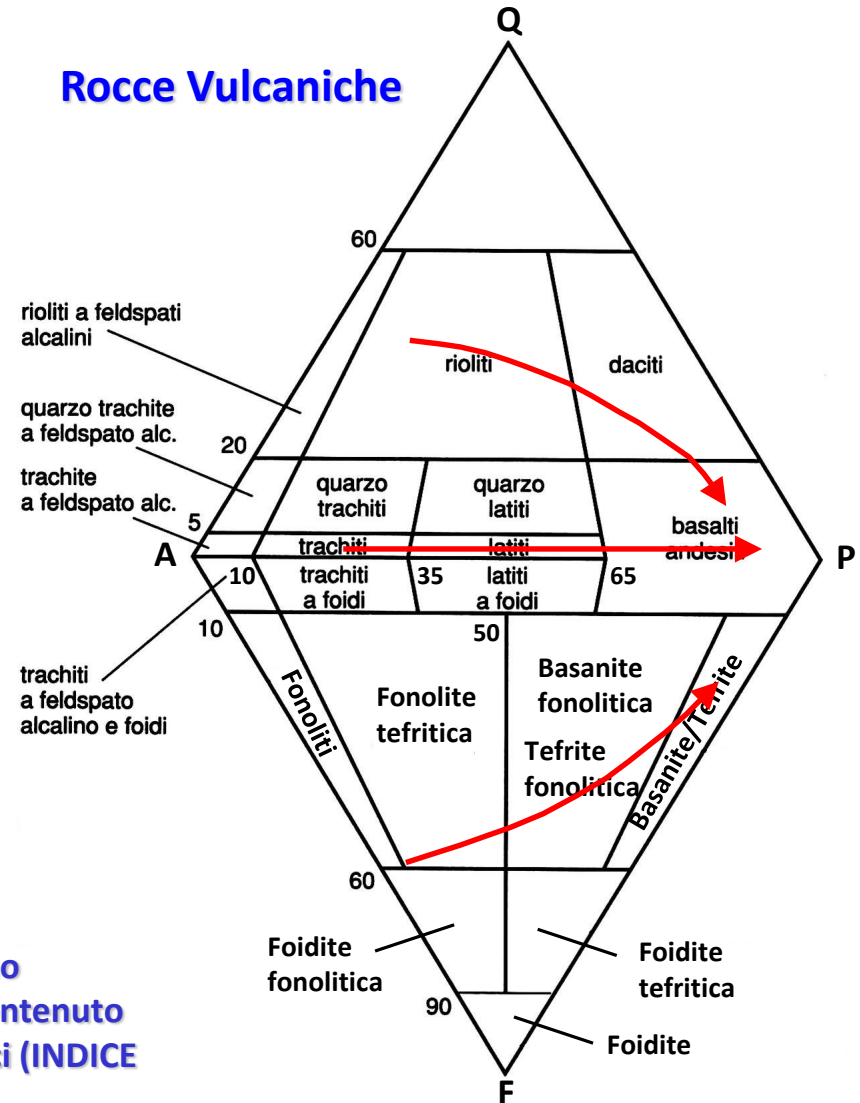
DIAGRAMMI IUGS CLASSIFICATIVI-MODALI

corrispondenza tra rocce intrusive e vulcaniche

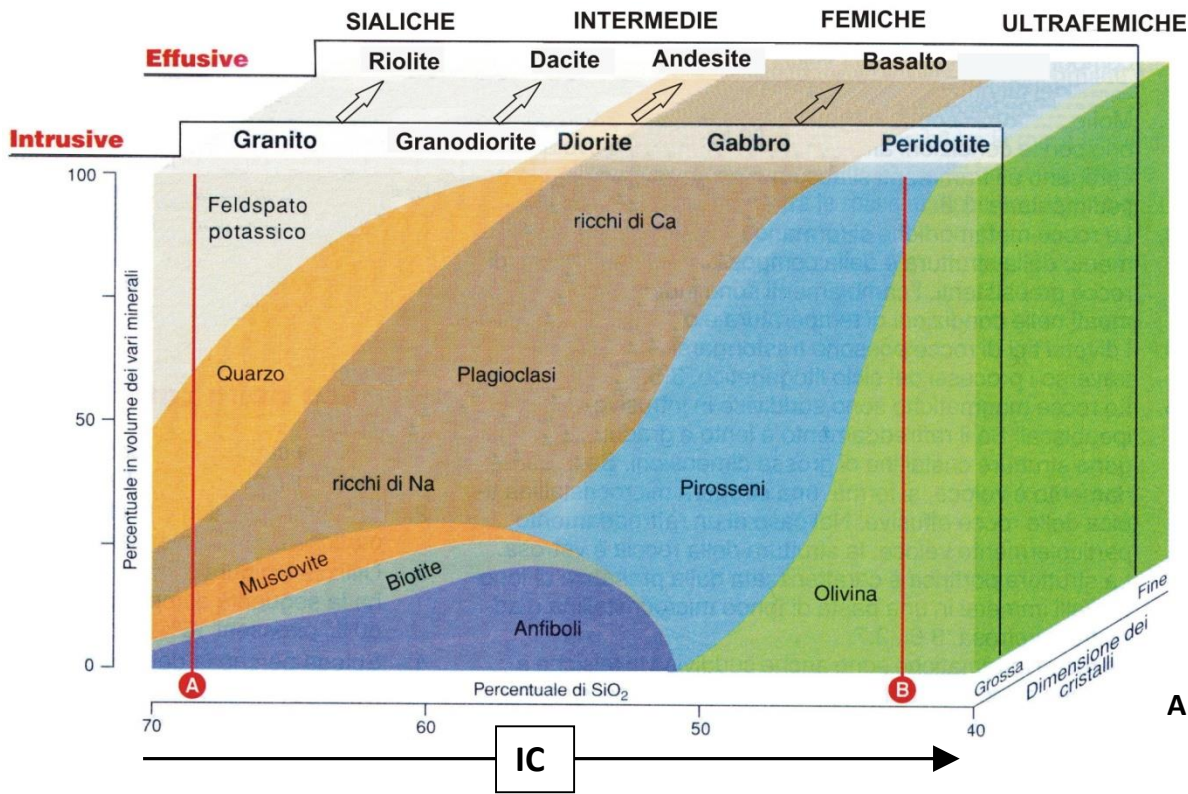
Rocce Intrusive



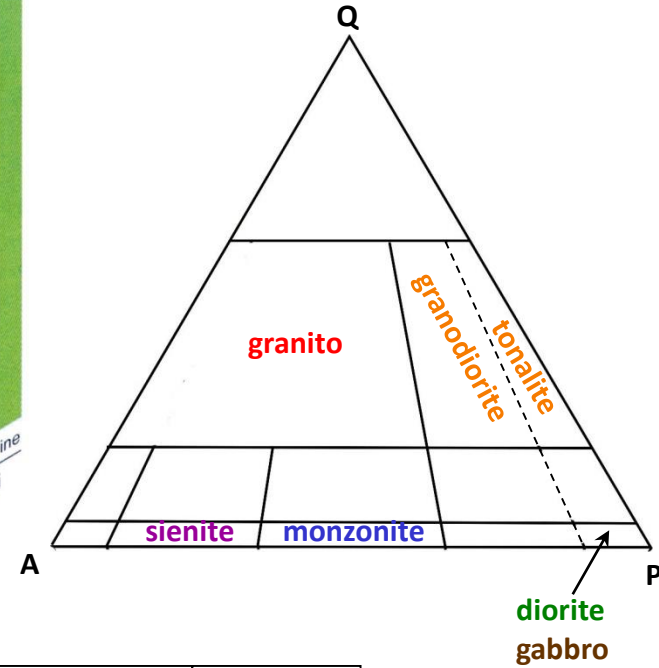
Rocce Vulcaniche



Le frecce indicano l'aumento del contenuto di minerali femici (INDICE DI COLORE)



Corrispondenza
intrusive-effusive
sature-sovrasature



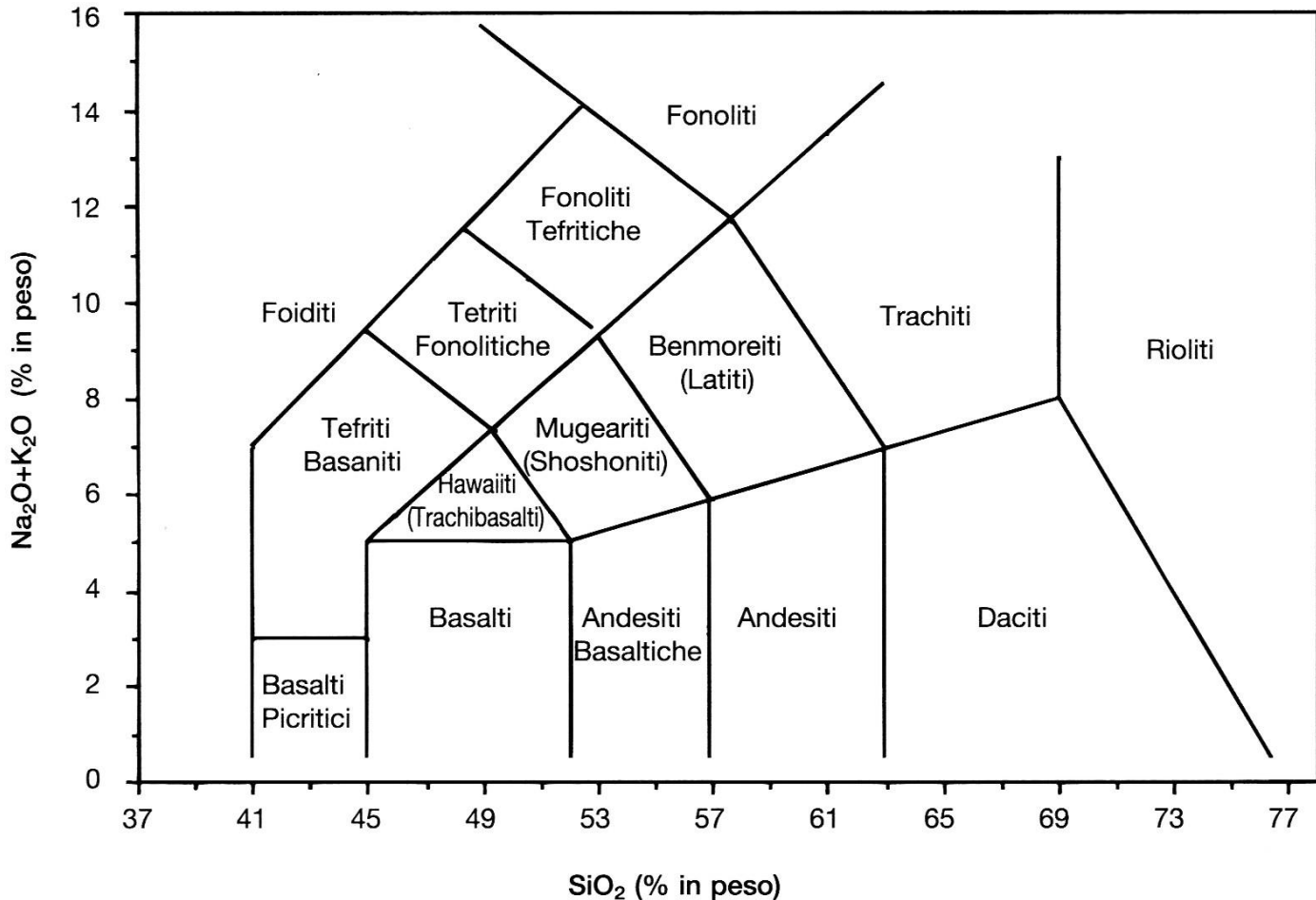
indice di colore	> 90	60 - 40	40 - 20			< 20
quarzo (P) vetro (V)	no //	no ≈ assente	molto scarso molto scarso	abbondante abbondante	scarso scarso	abbondante abb. ± qz
feldspati	< 10%	plagioclasio >> feldspato alcalino		plag. > felds.alc.	plag. ≈ felds.alc.	plagioclasio < feldspato alcalino
rocce vulcaniche		BASALTO	ANDESITE	RIODACITE DACITE	LATITE	TRACHITE RIOLITE
rocce plutoniche	peridotite pirossenite dunite	GABBRO	DIORITE	GRANODIOR. TONALITE	MONZONITE	SIENITE GRANITO

NB: la voce quarzo si riferisce alle rocce plutoniche (P) mentre nelle vulcaniche (V) essendo l'ultimo a cristallizzare, è rappresentato dal vetro

Schema classificativo delle rocce magmatiche senza foidi e corrispondenza tra le rocce plutoniche e vulcaniche

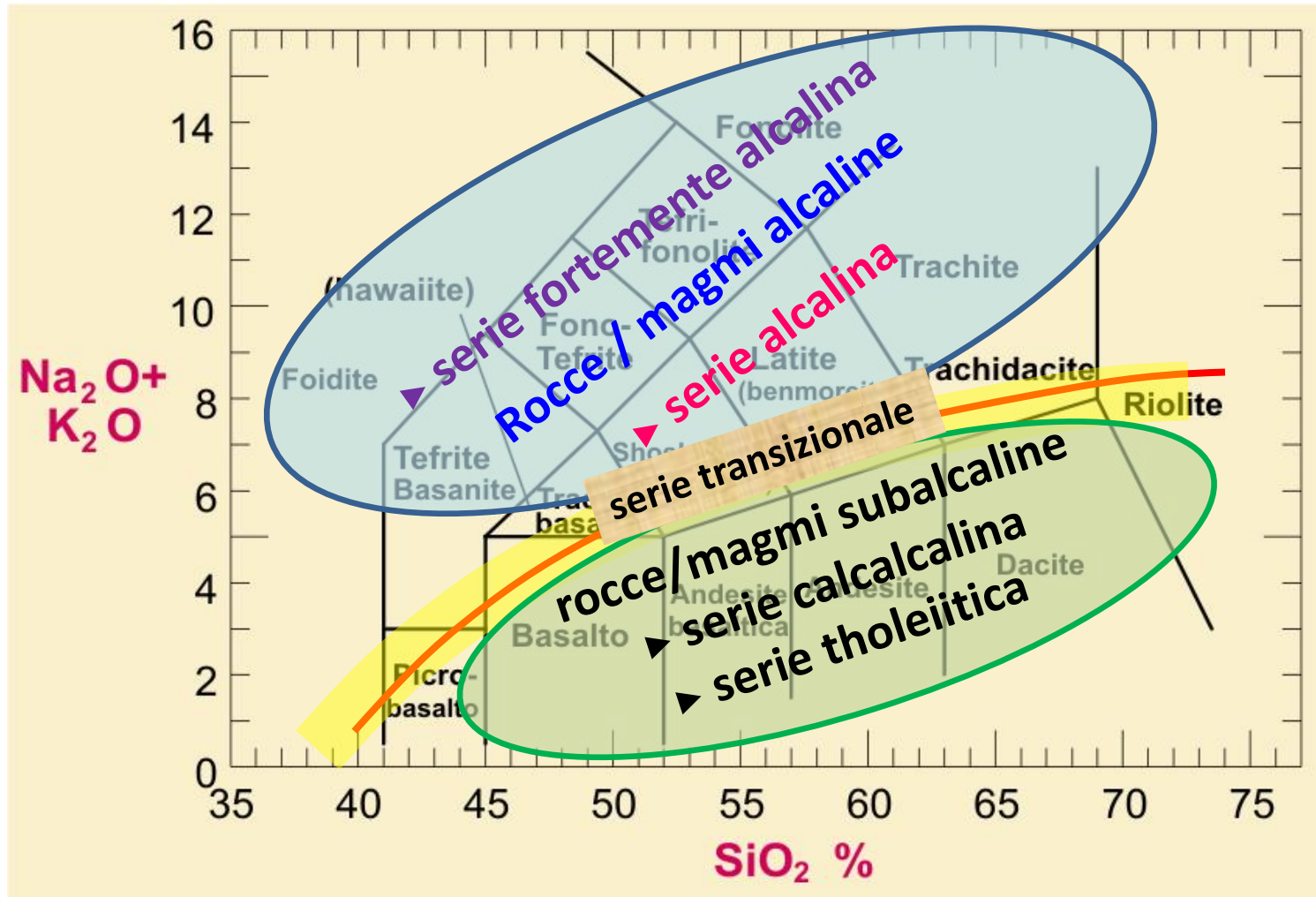
Su base mineralogica, utilizzando il microscopio, la classificazione può essere problematica (per presenza di vetro con una composizione molto variabile, e matrice non risolvibile al microscopio). Quindi per una corretta classificazione è necessaria l'analisi chimica

CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE VULCANICHE SU BASE CHIMICA DIAGRAMMA TAS (Total Alkali Silica)



CLASSIFICAZIONE CHIMICA DELLE ROCCE VULCANICHE

DIAGRAMMA TAS (Total Alkali Silica)

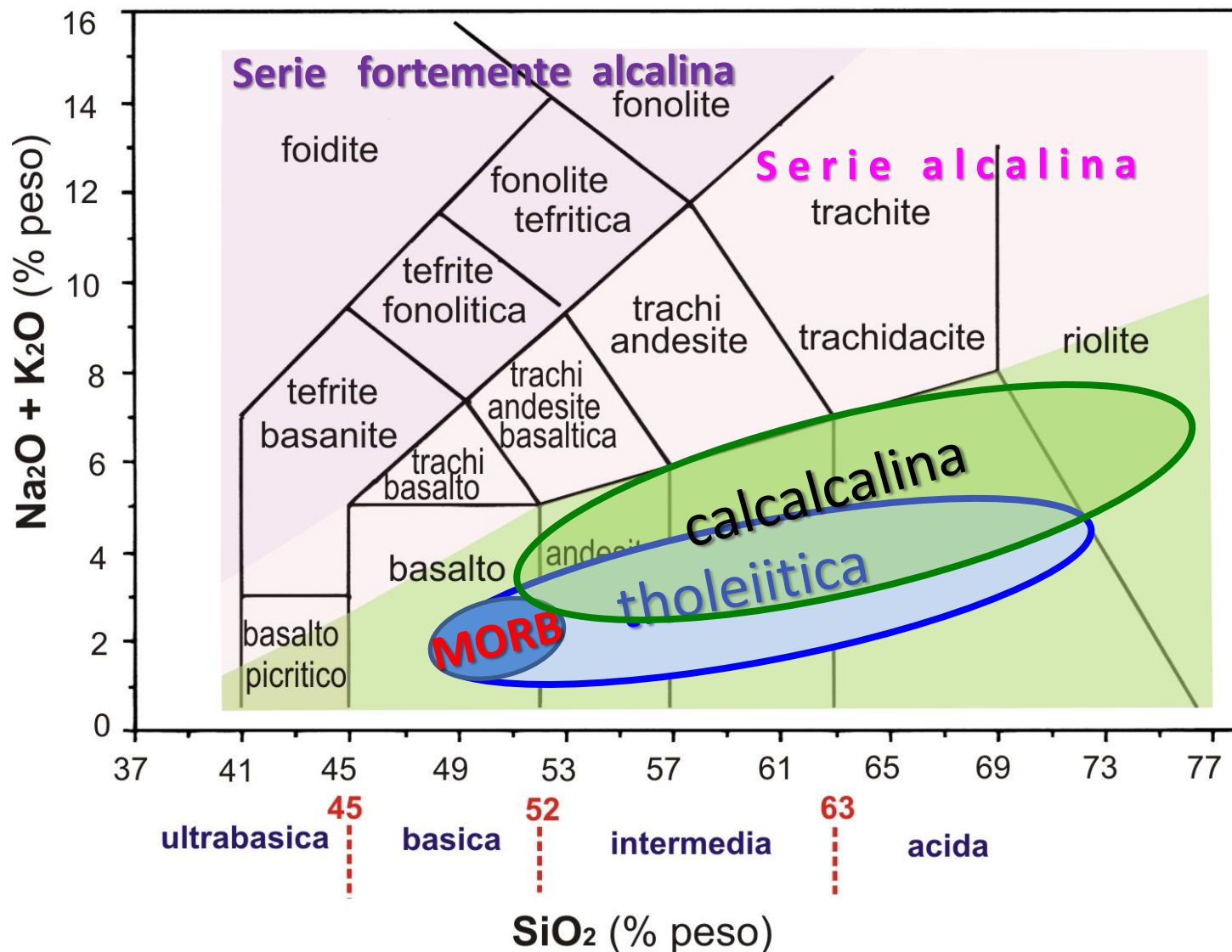


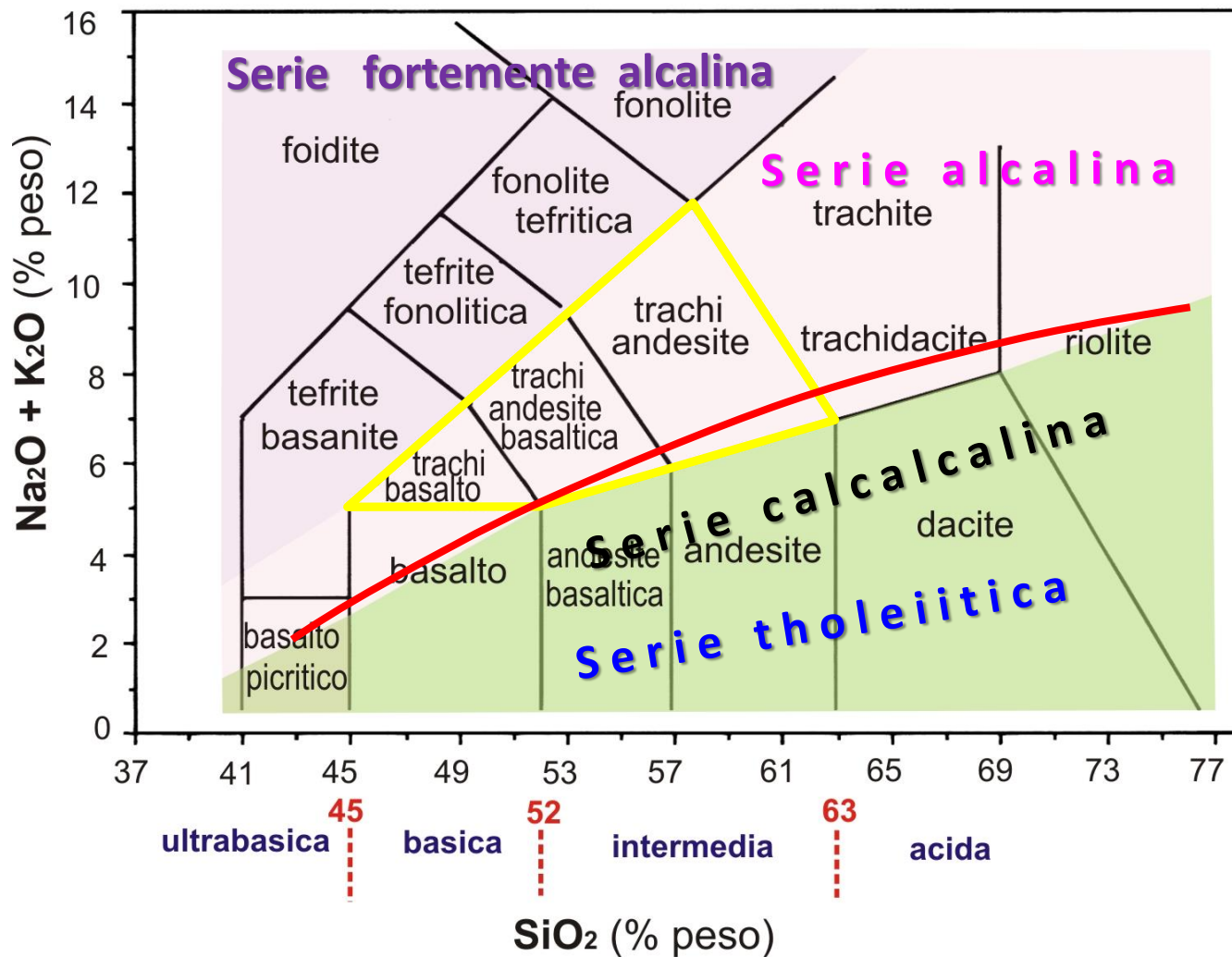
Divisione (linea da Irvine & Baragar, 1971) tra rocce subalcaline e alcaline

SERIE MAGMATICA : associazione di rocce cogenetiche prodotte dalla differenziazione di un magma capostipite (primitivo)

DIAGRAMMA TAS (Total Alkali Silica)

SERIE MAGMATICA : associazione di rocce cogenetiche prodotte dalla differenziazione di un magma capostipite (primitivo)



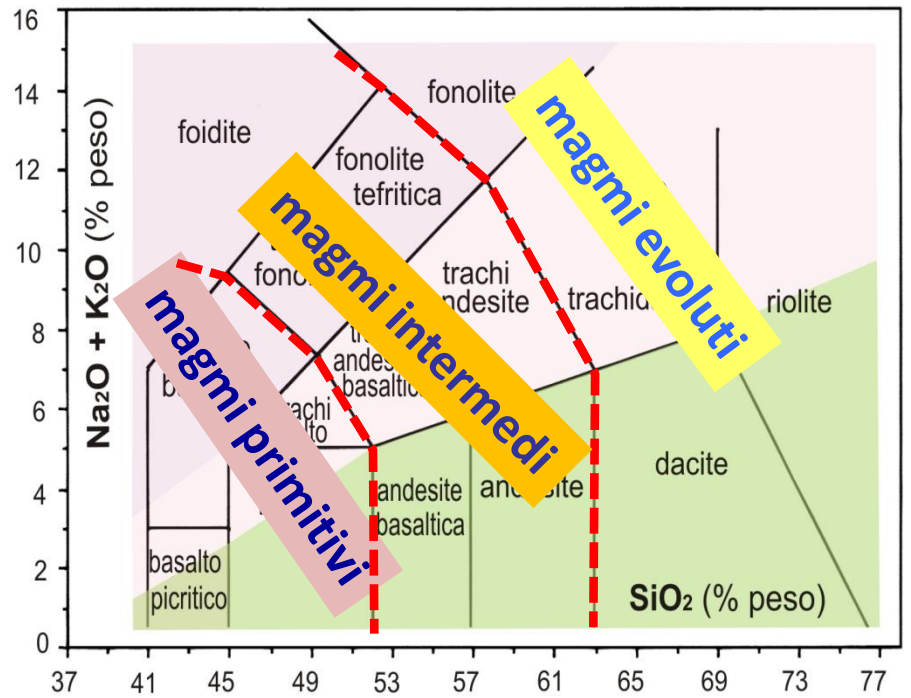
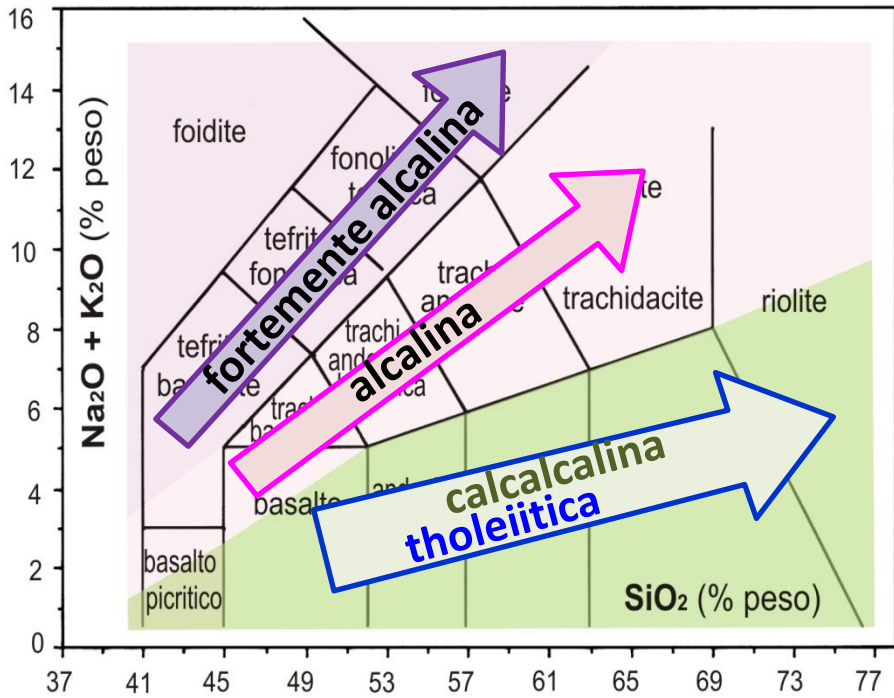


Ulteriori
suddivisioni della
serie alcalina per
 Na_2O e K_2O

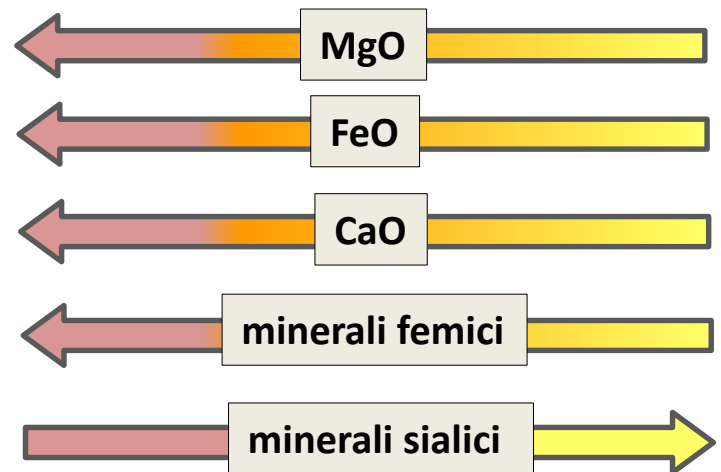
serie alcalina Na

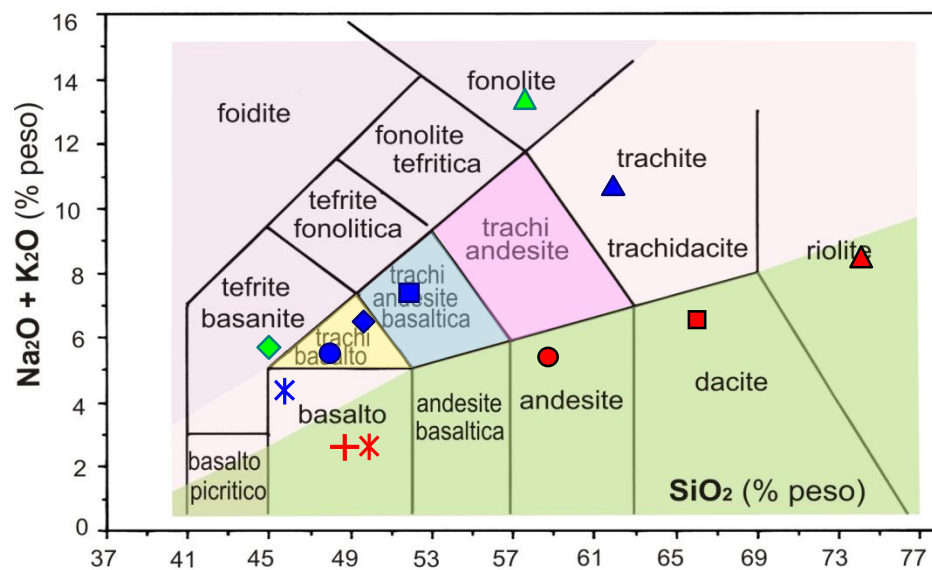
serie alcalina K

ulteriori suddivisioni	trachibasalto	trachi-andesite basaltica	trachi-andesite
$\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} \geq 2$	hawaiite	mugearite	benmoreite
$\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} \leq 2$	trachibasalto potassico	shoshonite	latite



Evoluzione delle serie: differenziazione magmatica per cristallizzazione frazionata





$\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} \geq 2$ serie Na	hawaiite	mugearite	benmoreite
$\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} \leq 2$ serie K	trachi-basalto potassico	shoshonite	latite

- + Basalto tipo N-MORB
 - * Basalto tholeiitico
 - Andesite
 - Dacite
 - ▲ Riolite
- } serie subalcalina

- * Basalto alcalino
 - ◆ Trachibasalto
 - Hawaiite
 - Mugearite
 - ▲ Trachite
- } serie alcalina

- ◆ Basanite
 - ▲ Fonolite
- } serie fortemente alcalina

	+	*	●	■	▲	*	●	◆	■	▲	◆	▲
	MORB	Thol.	And	Dacite	Riolite	AB	Haw	Trc-bs	Mug	Trach	Basan	Fonol
SiO ₂	49.08	49.84	58.70	66.18	73.95	45.72	48.12	49.99	51.76	62.48	45.19	57.43
TiO ₂	1.16	2.52	0.88	0.59	0.28	3.02	3.27	2.44	2.14	0.71	2.56	0.63
Al ₂ O ₃	16.00	14.08	17.24	16.20	13.48	14.80	15.95	16.98	17.12	17.04	14.98	19.46
Fe ₂ O ₃	1.34	3.06	3.31	2.47	1.50	4.13	5.01	3.75	5.00	3.05	4.01	2.85
FeO	8.67	8.61	4.09	2.04	1.13	9.26	7.46	6.28	6.00	2.34	7.64	2.07
MnO	0.17	0.16	0.14	0.09	0.06	0.20	0.19	0.16	0.27	0.15	0.16	0.17
MgO	9.73	8.52	3.37	1.81	0.40	7.85	5.66	5.25	3.28	0.95	8.70	1.09
CaO	11.23	10.40	6.88	4.40	1.16	10.57	8.02	8.03	6.29	2.39	10.40	2.78
Na ₂ O	2.45	2.15	3.53	3.86	3.61	3.02	4.02	4.02	4.85	5.58	3.62	7.96
K ₂ O	0.08	0.38	1.64	2.21	4.37	1.01	1.55	2.59	2.52	5.08	2.00	5.36
P ₂ O ₅	0.09	0.26	0.21	0.15	0.07	0.40	0.75	0.60	0.77	0.21	0.75	0.18
norma CIPW												
Q		2.14	12.49	23.29	33.19					5.10		
Or	0.48	2.27	9.70	13.05	25.80	5.95	9.16	15.31	14.89	30.04	11.58	31.65
Ab	20.69	18.20	29.83	32.65	30.50	20.50	34.02	29.38	41.01	47.25	8.45	35.97
An	32.44	27.62	26.38	20.35	5.28	23.86	20.89	20.39	17.52	6.41	18.41	1.54
Ne						2.74	0.01	2.53			11.69	17.01
Lc												
Di	18.41	17.97	5.13	0.37		20.98	11.20	12.45	7.01	3.25	22.31	7.25
Hy	10.67	21.98	9.52	5.23	1.46				0.84	1.68		
Ol	12.96					13.32	9.51	8.50	5.63		16.90	
Mt	1.94	4.44	4.80	3.59	2.18	5.99	7.26	5.44	7.25	4.43	2.12	4.13
Ilm	2.20	4.79	1.67	1.12	0.54	5.74	6.22	4.63	4.07	1.36	4.77	1.20
Ap	0.21	0.62	0.50	0.36	0.17	0.95	1.78	1.42	1.82	0.51	1.75	0.44

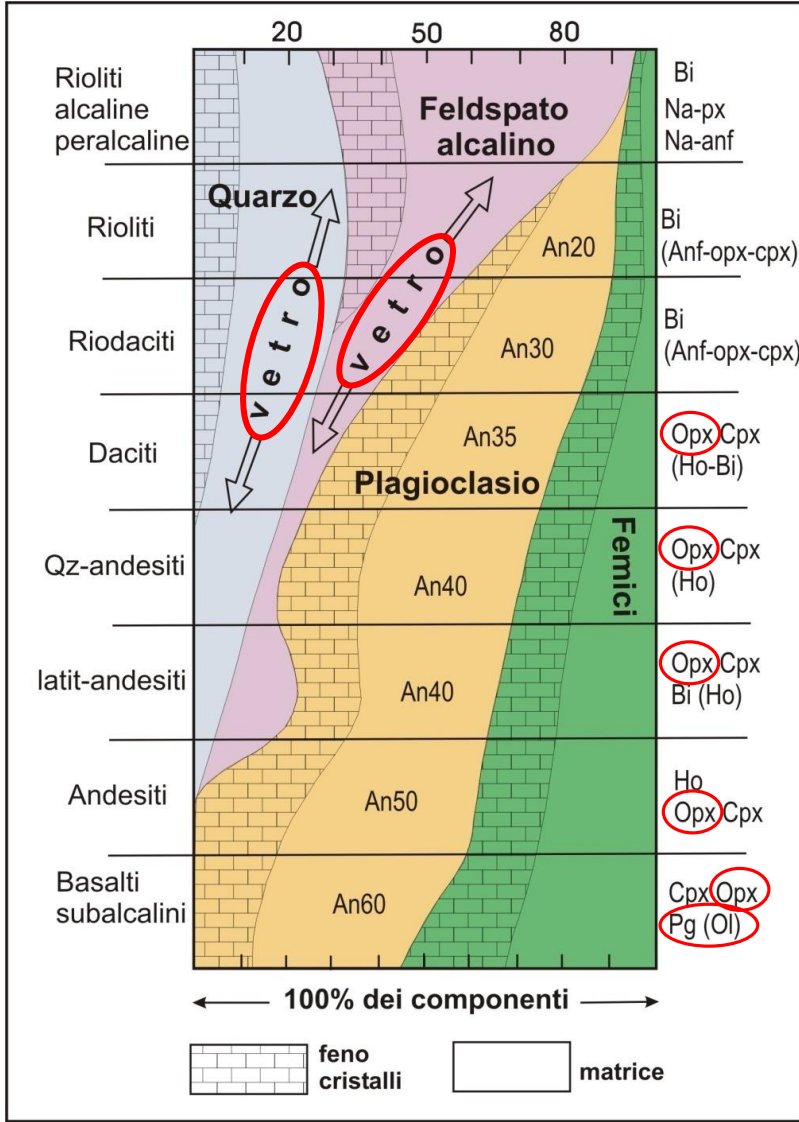
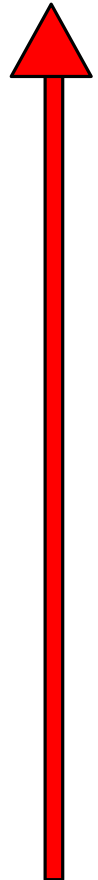
NORMA CIPW
= MINERALOGIA VIRTUALE
 della roccia espressa in peso%,
 calcolata dalla composizione
 chimica utilizzando minerali di
 composizione fissa.
 Fornisce un'immediata misura
 del grado di saturazione o
 sottosaturazione della roccia.

**MINERALI usati per
il calcolo della
Norma CIPW**

Minerale	Sigla	Formula	Peso molecolare
<i>Gruppo Sialico</i>			
Quarzo	Q	SiO ₂	60,08
Corindone	C	Al ₂ O ₃	101,96
Zircone	Z	ZrO ₂ SiO ₂	183,30
Ortoclasio	or	K ₂ OAl ₂ O ₃ 6SiO ₂	556,64
Albite	ab	Na ₂ OAl ₂ O ₃ 6SiO ₂	524,42
Anortite	an	CaOAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	278,20
Leucite	lc	K ₂ OAl ₂ O ₃ 4SiO ₂	436,48
Nefelina	ne	Na ₂ OAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	284,10
Kaliophilite	kp	K ₂ OAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	316,32
Alite	hl	NaCl	58,44
Thenardite	th	Na ₂ OSO ₃	142,04
Carbonato sodico	nc	Na ₂ OCO ₂	105,99
<i>Gruppo femico</i>			
Acmite	ac	Na ₂ OFe ₂ O ₃ 4SiO ₂	461,99
Metasilicato sodico	ns	Na ₂ OSiO ₂	122,06
Metasilicato potass.	ks	K ₂ OSiO ₂	154,28
Diopside	di	{ CaOMgO2SiO ₂ CaOFeO2SiO ₂	216,55 248,09
Wollastonite	wo	CaOSiO ₂	116,16
Iperstene	hy	{ MgOSiO ₂ FeOSiO ₂	100,39 131,93
Olivina	ol	{ 2MgOSiO ₂ 2FeOSiO ₂	140,70 203,78
Ortosilicato di Ca	cs	2CaOSiO ₂	172,24
Magnetite	mt	FeOFe ₂ O ₃	231,54
Cromite	cm	FeOCr ₂ O ₃	223,84
Ilmenite	il	FeOTiO ₂	151,75
Ematite	hm	Fe ₂ O ₃	159,69
Titanite	tn	CaOTiO ₂ SiO ₂	196,06
Perovskite	pf	CaOTiO ₂	135,98
Rutilo	ru	TiO ₂	79,90
Apatite	ap	3 (3CaOP ₂ O ₅) CaF ₂	1008,63
Fluorite	fr	CaF ₂	78,08
Pirite	pr	FeS ₂	119,98
Calcite	cc	CaOCO ₂	100,09

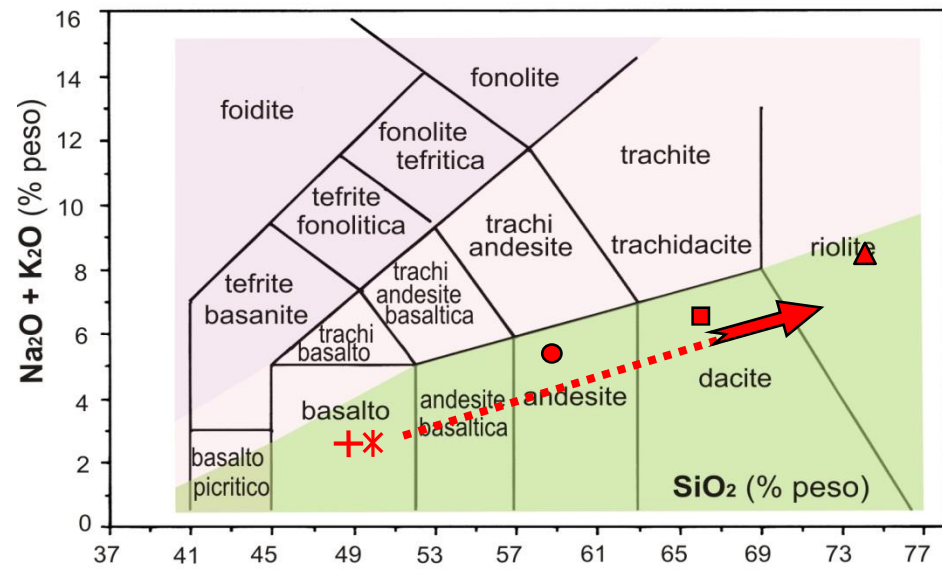
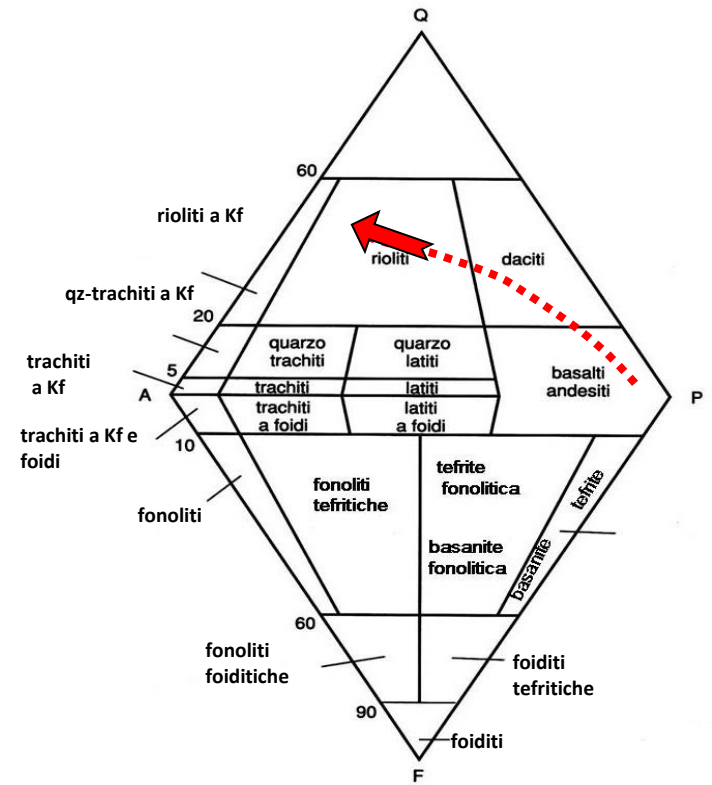
Schema mineralogico di rocce SUBALCALINE

indice porfirico IP posto arbitrariamente = 30



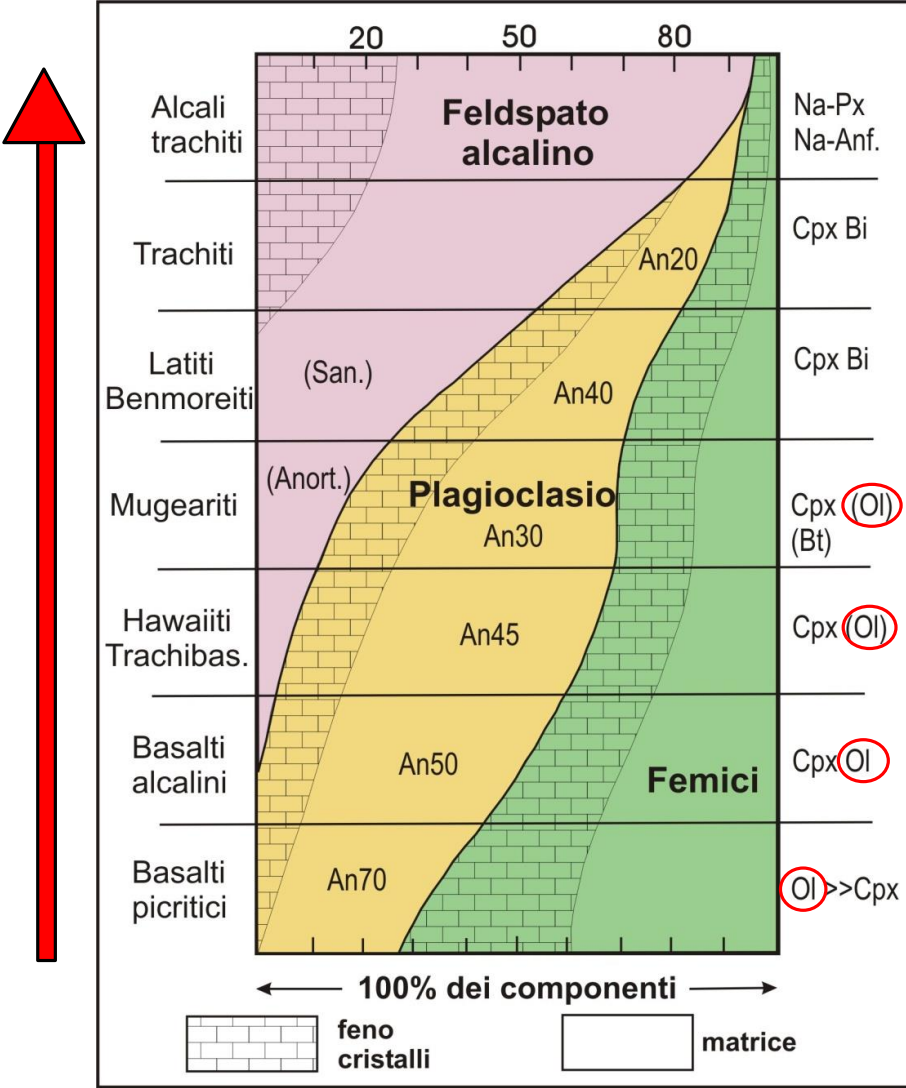
abbreviazioni minerali come nelle intrusive
Pg = pigeonite; Ho = anfibolo (orneblenda)

da D'Amico, Innocenti, Sassi (modificato)

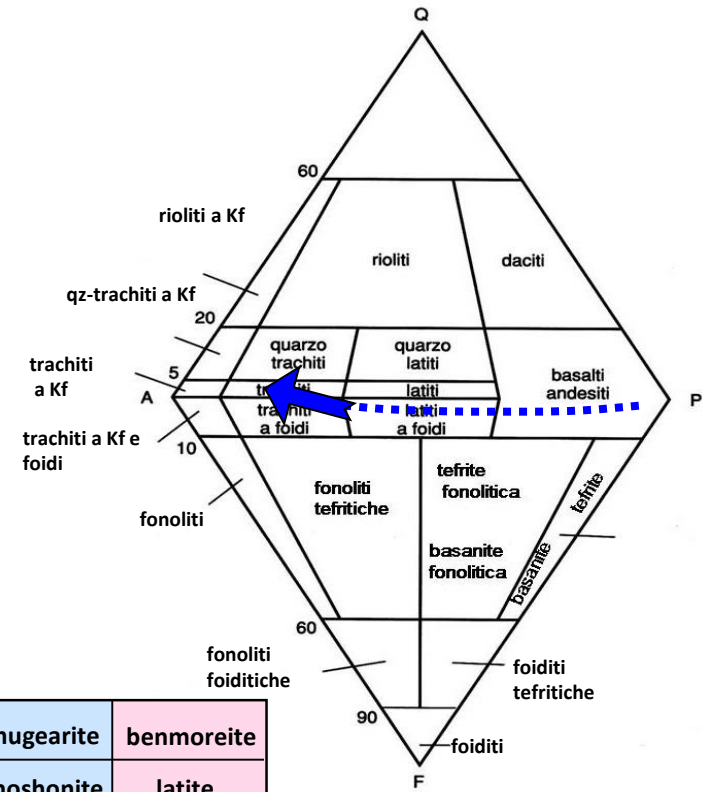


Schema mineralogico di rocce ALCALINE

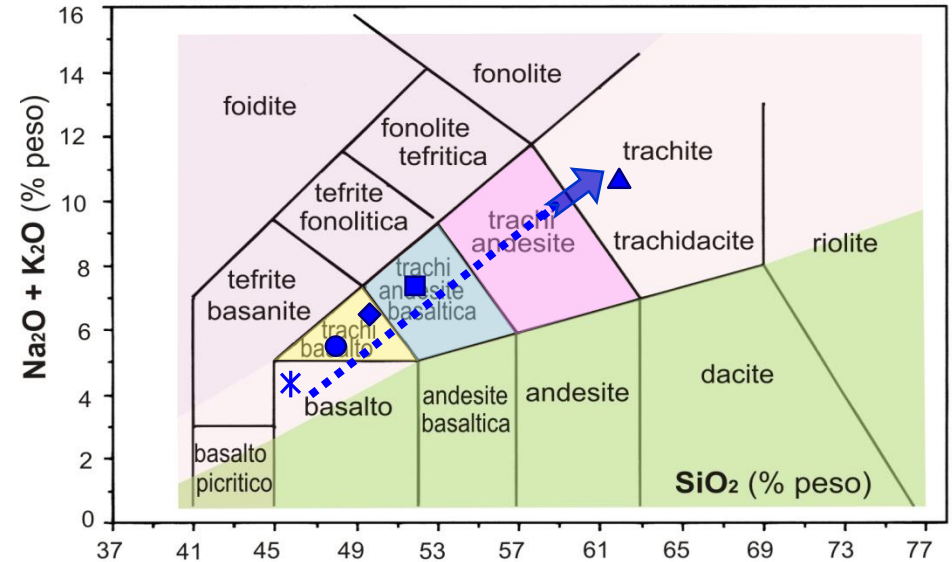
indice porfirico IP posto arbitrariamente = 30



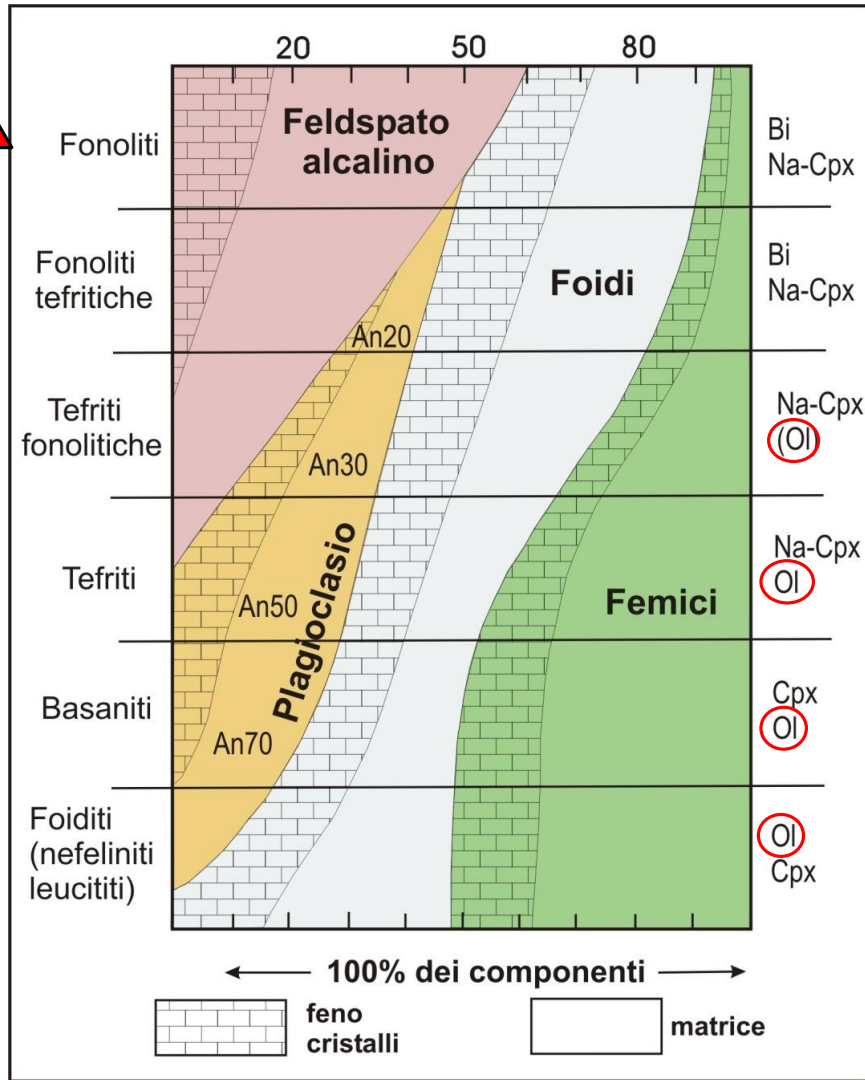
da D'Amico, Innocenti, Sassi (modificato)



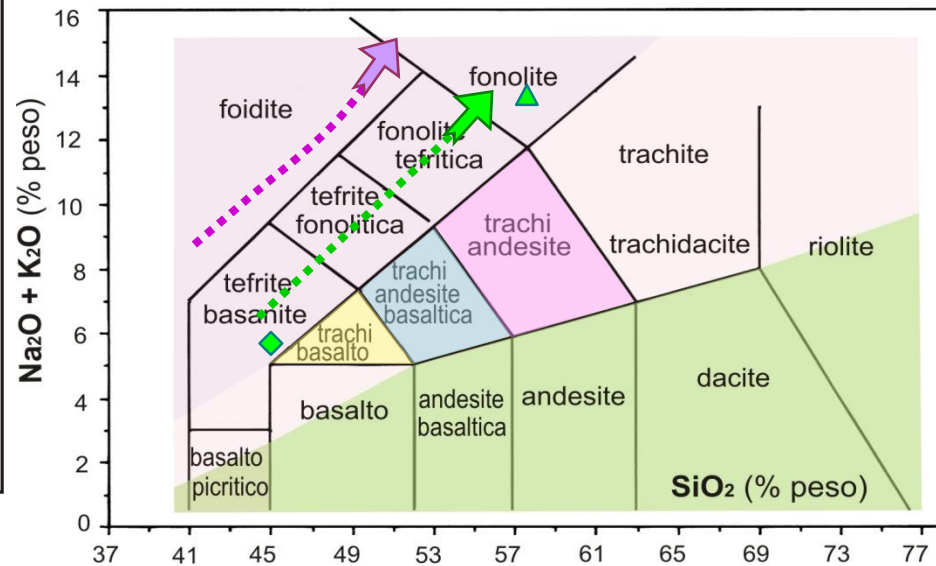
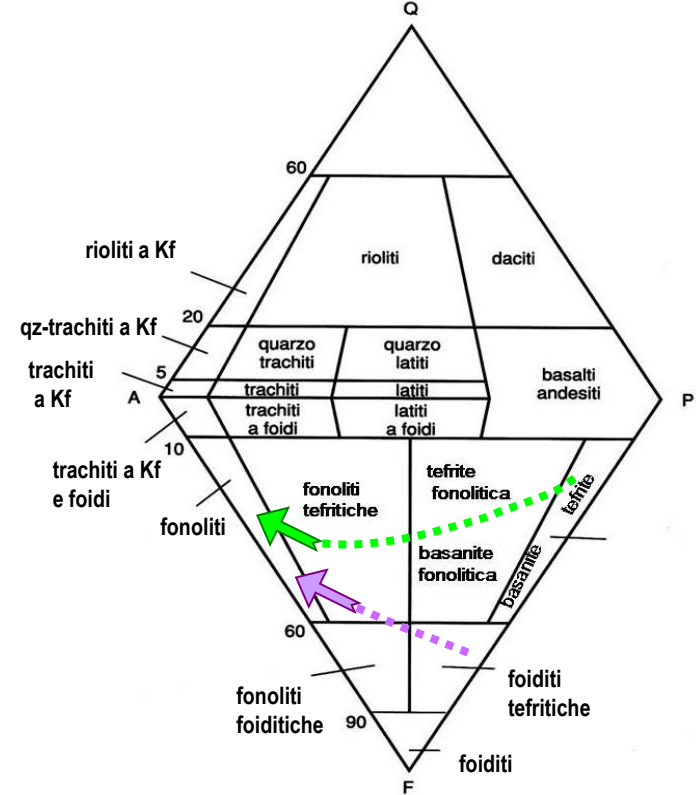
serie Na	hawaite	mugearite	benmoreite
serie K	trachibas. potassico	shoshonite	latite



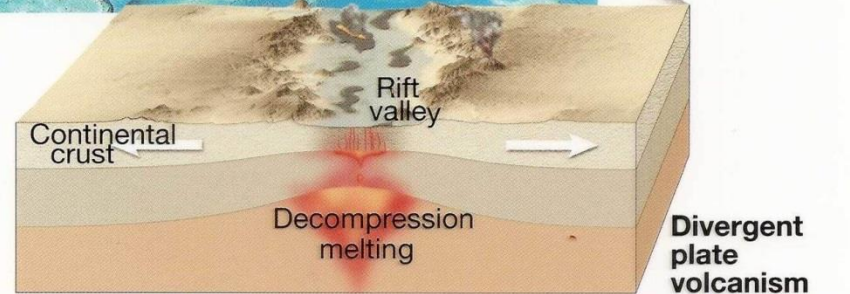
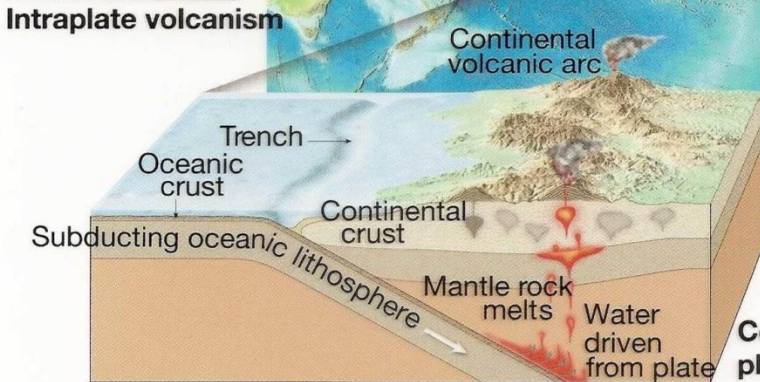
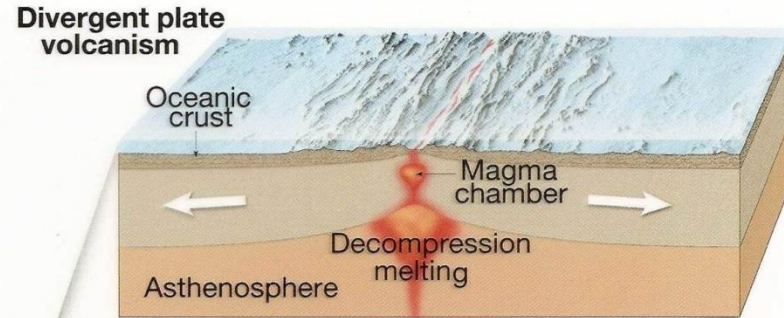
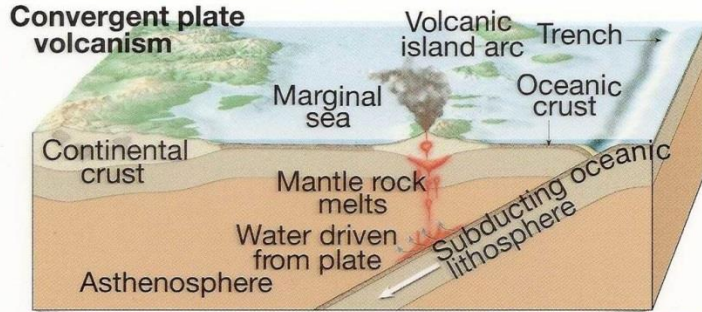
Schema mineralogico di rocce **FORTEMENTE ALCALINE SOTTOSATURE** indice porfirico IP posto arbitrariamente = 30



da D'Amico, Innocenti, Sassi (modificato)



Quadro riassuntivo: magmatismo - tettonica a placche



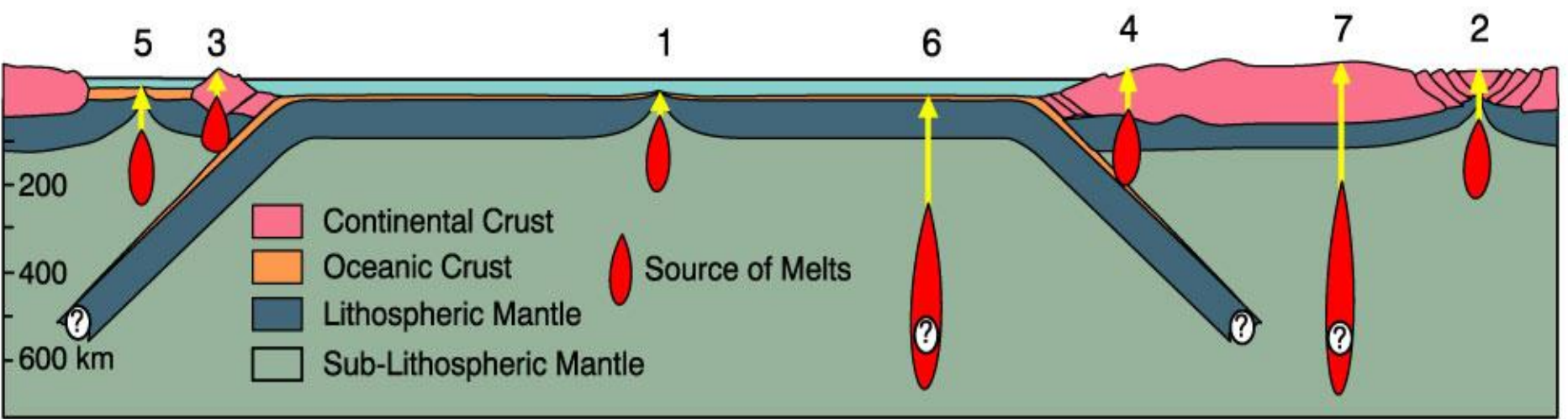
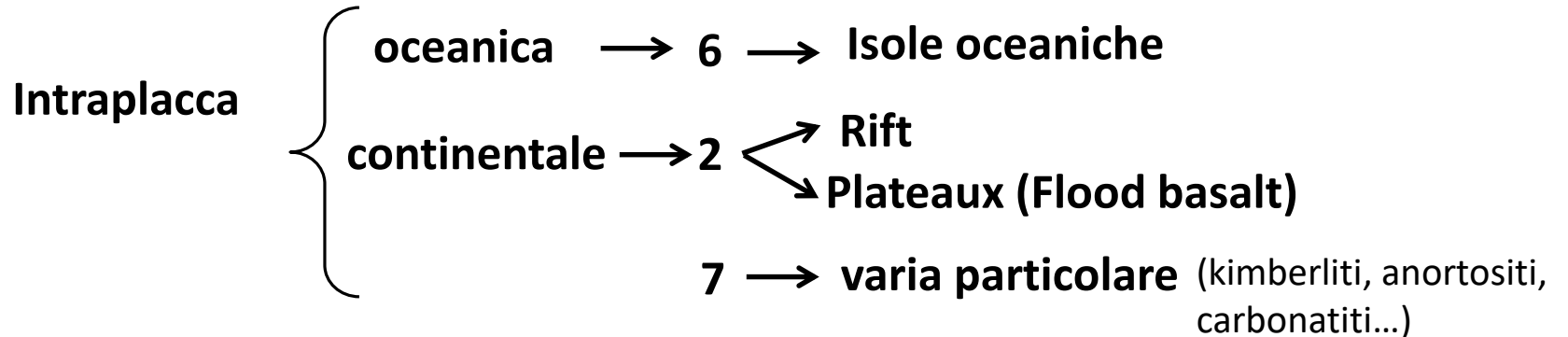
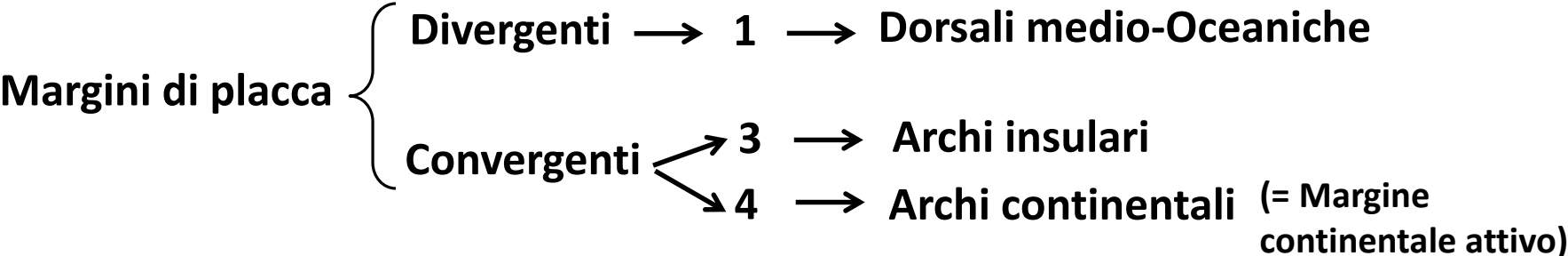
MAGMATISMO & GEODINAMICA

- ▶ Le diverse condizioni geodinamiche favoriscono la formazione **di magmi basaltici primari** (= prodotti dalla fusione del mantello) chimicamente distinti (cause: tipo di mantello-sorgente litosferico/astenosferico, eterogeneità del mantello litosferico, gradi di fusione parziale del mantello ...)
- ▶ La facilità con cui i magmi primari risalgono in superficie dipende dal contesto tettonico (estensivo vs. compressivo, tipo e spessore della crosta..).
- ▶ I magmi possono ristagnare in camere magmatiche intracrostali per tempi \pm lunghi , dove cristallizzano parzialmente e di conseguenza cambiano di composizione (= **differenziazione magmatica**) e si evolvono verso composizioni più ricche in SiO_2
- ▶ **Dalla differenziazione dei magmi primari si producono associazioni di rocce cogenetiche con caratteri geochimici che mantengono "l'impronta" del magma genitore, definite**

SERIE MAGMATICHE

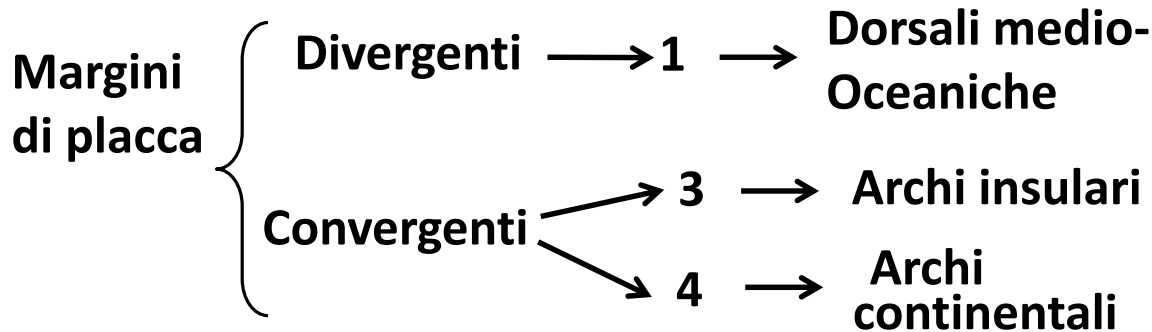
- ▶ Poiché esistono diverse serie di rocce magmatiche, ognuna generata in un definito ambiente geodinamico, **le rocce diventano i traccianti dell'ambiente geodinamico**

QUADRO RIASSUNTIVO TETTONICA DELLE PLACCHE-GENESI DEI MAGMI



TETTONICA DELLE PLACCHE

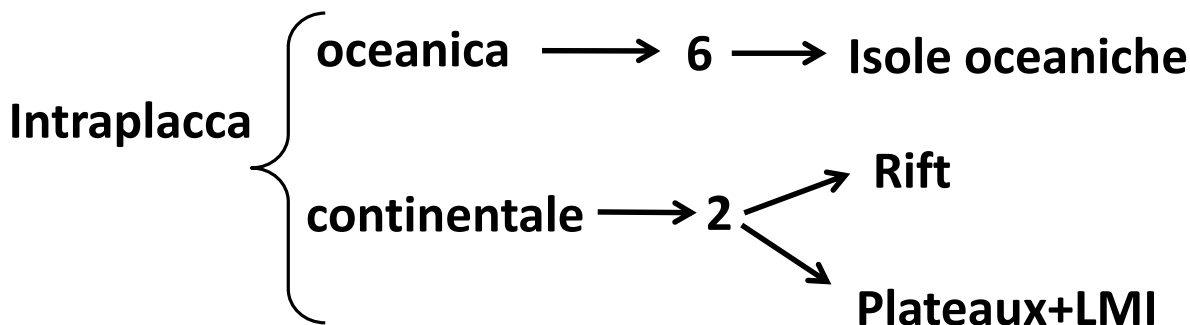
SERIE MAGMATICHE



Tholeiitico (MORB)

Tholeiitico di arco - Calcalcalino

Tholeiitico di arco - Calcalcalino shoshonitico

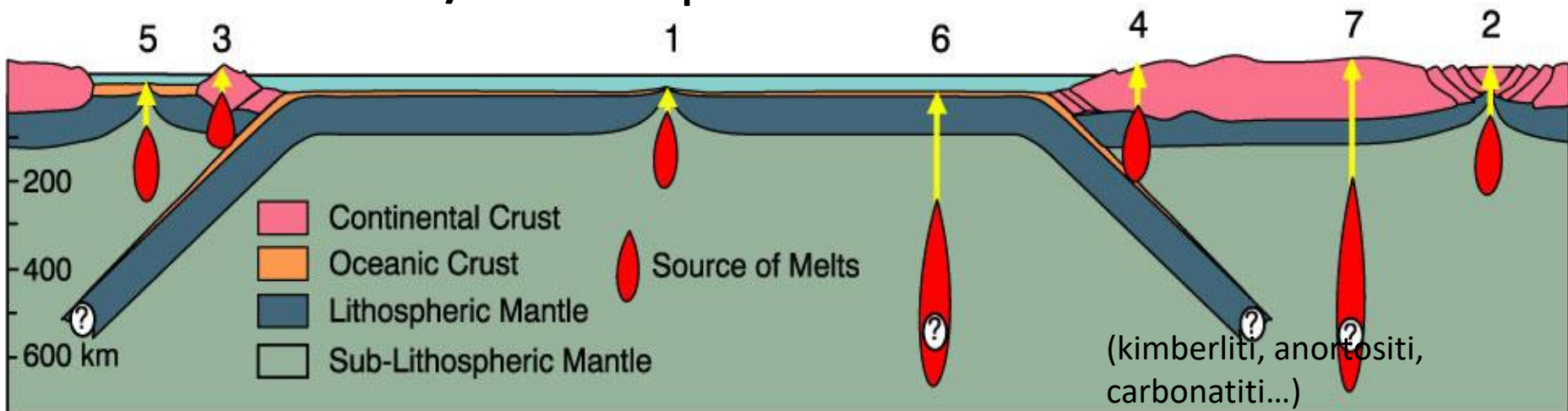


Alcalino (Na) -Tholeiitico

Alcalino-fort.alcalino (Na-K) Transizionali

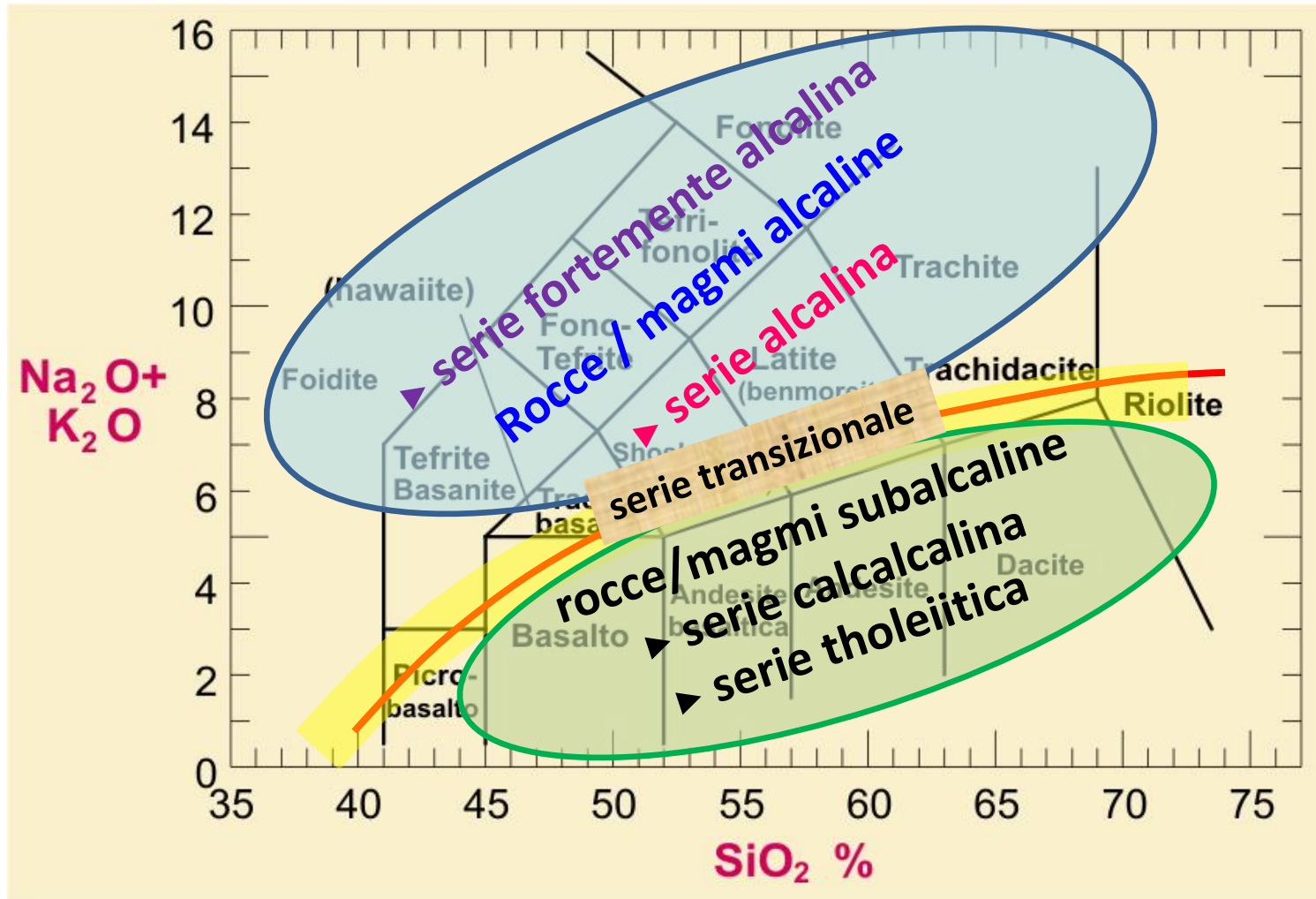
Tholeiitico

7 → varia particolare

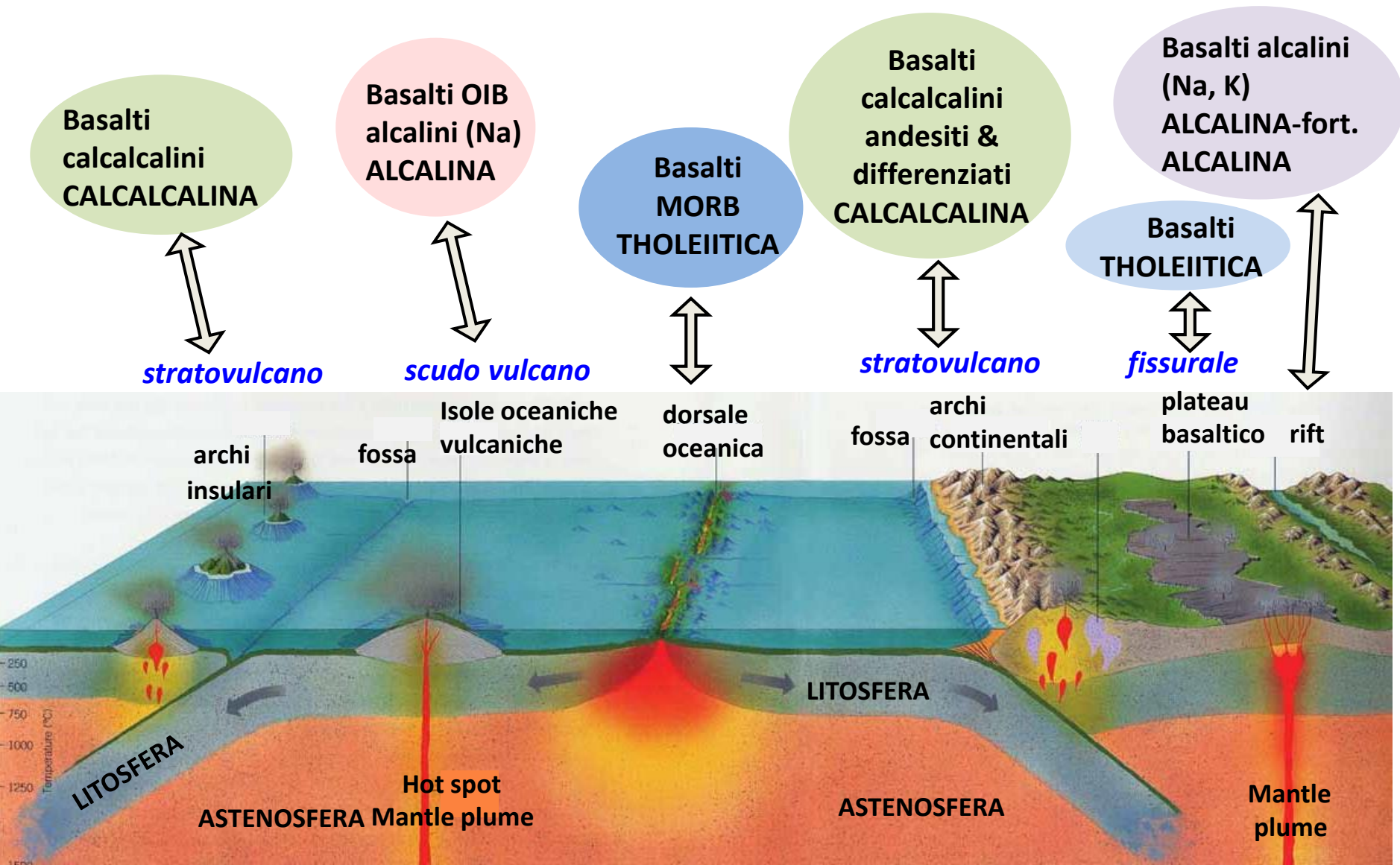


CLASSIFICAZIONE CHIMICA DELLE ROCCE VULCANICHE

DIAGRAMMA TAS (Total Alkali Silica)



Divisione (linea da Irvine & Baragar,1971) tra rocce subalcaline e alcaline



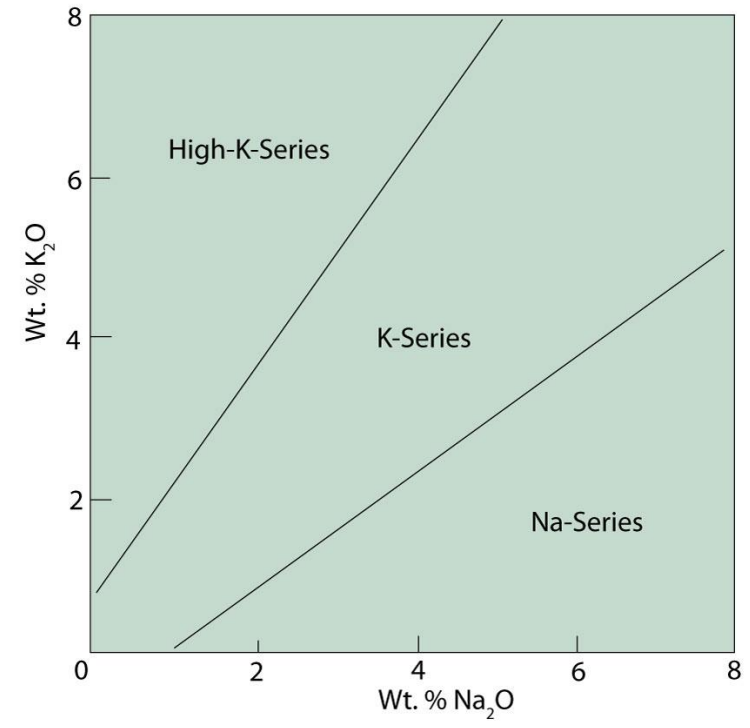
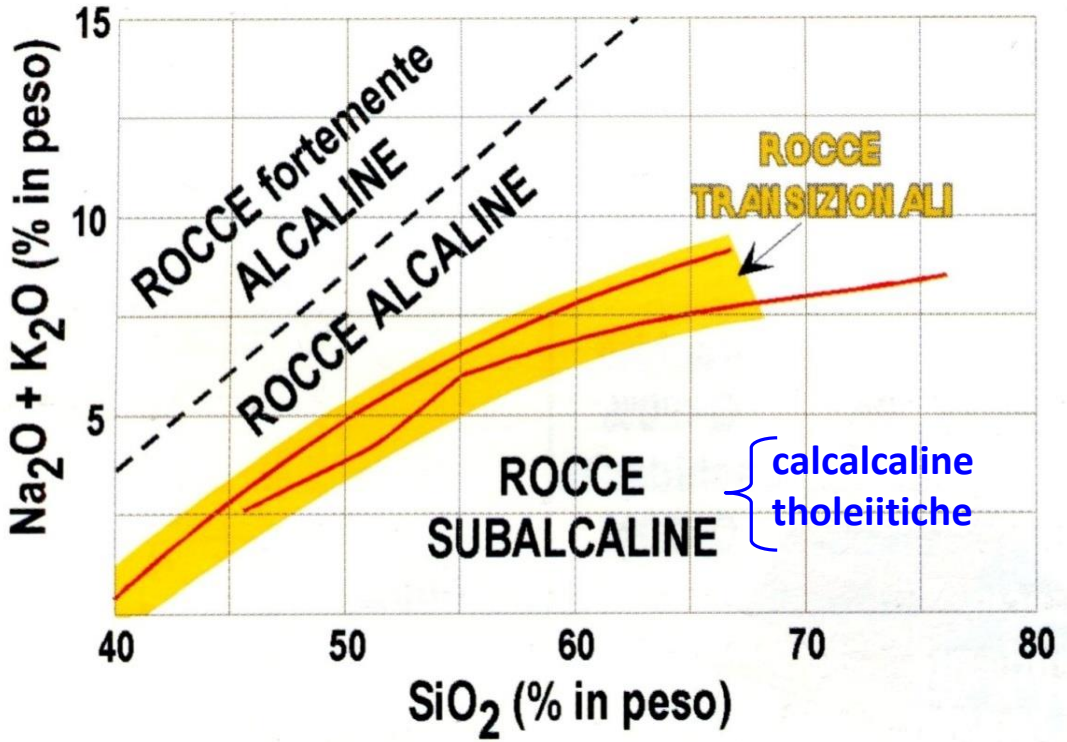
**SERIE
MAGMATICHE**

ALKALINE (Na, K, ultra-K)

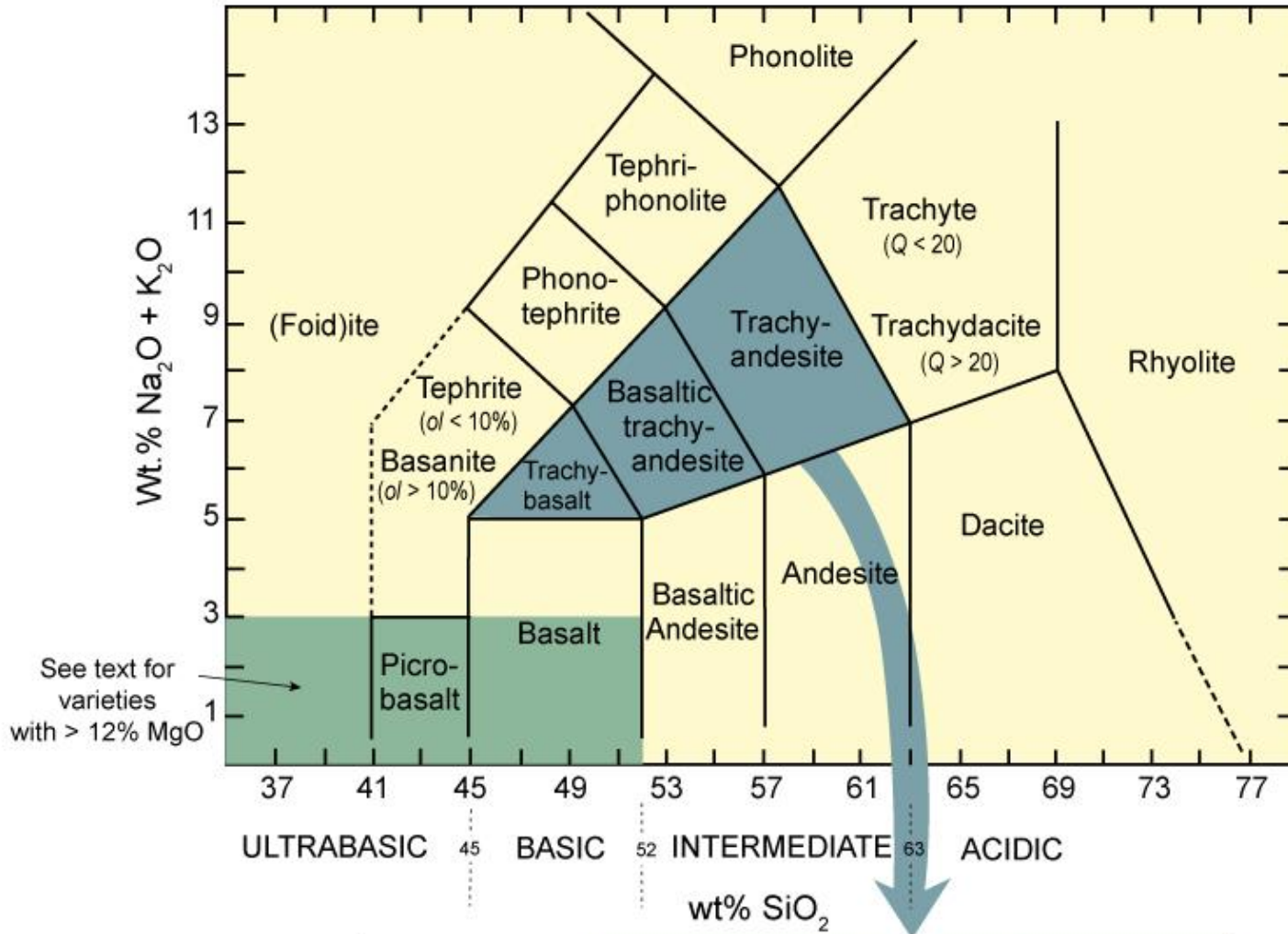
TRANSIZIONALI

SUBALKALINE (Tholeiitica, Calcalalina)

Come distinguere le diverse SERIE ?
Composizioni chimiche elementi maggiori



CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE VULCANICHE SU BASE CHIMICA

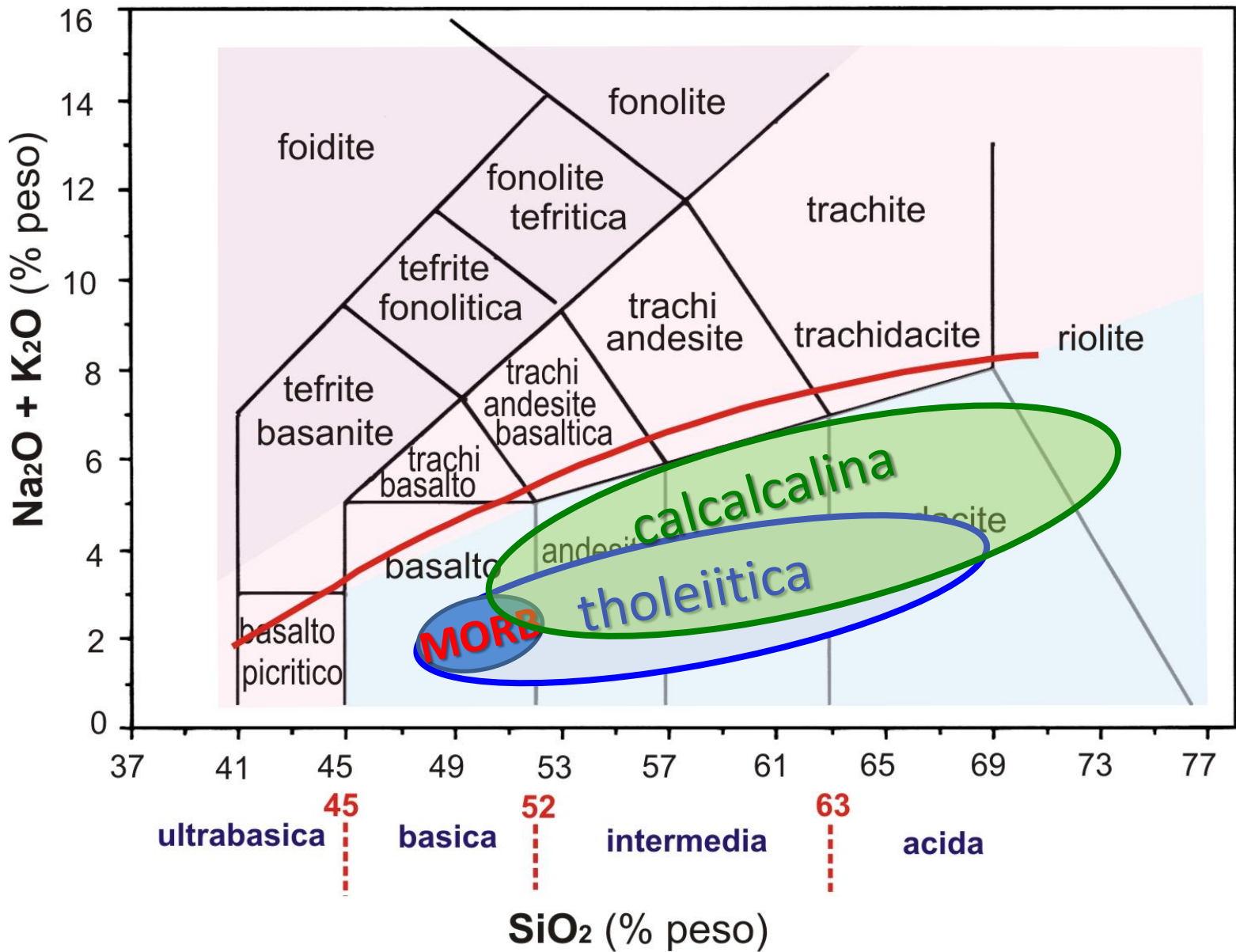


Le Bas et al. 1986

serie Na

serie K

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



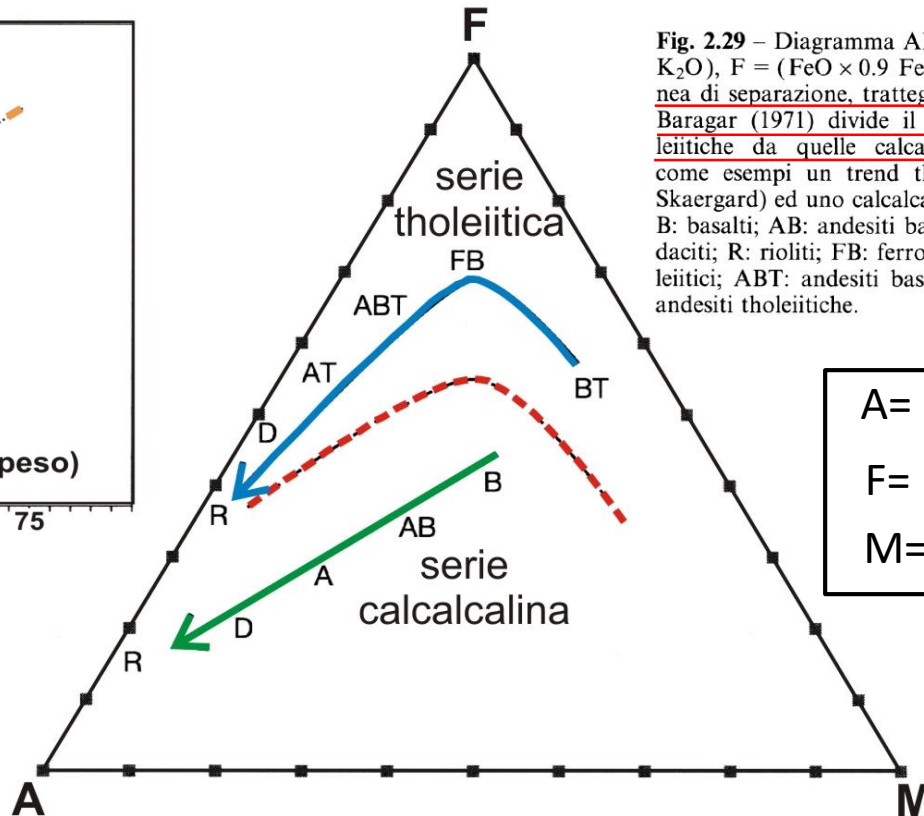
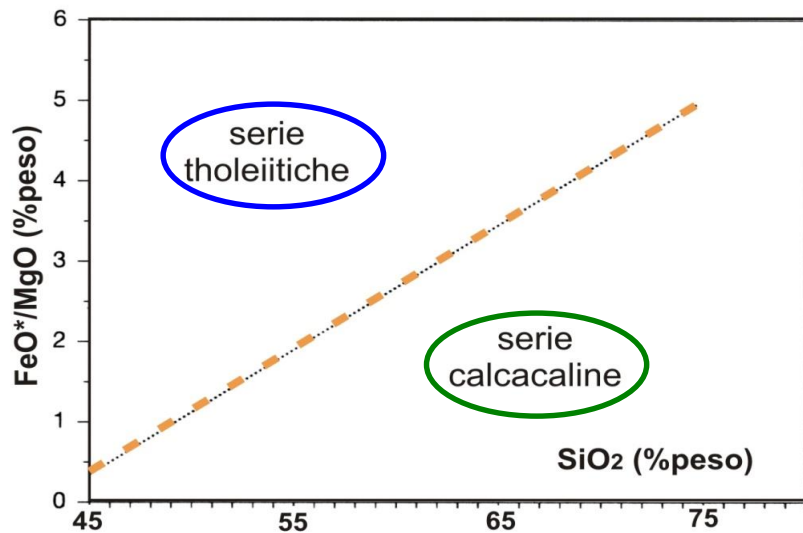
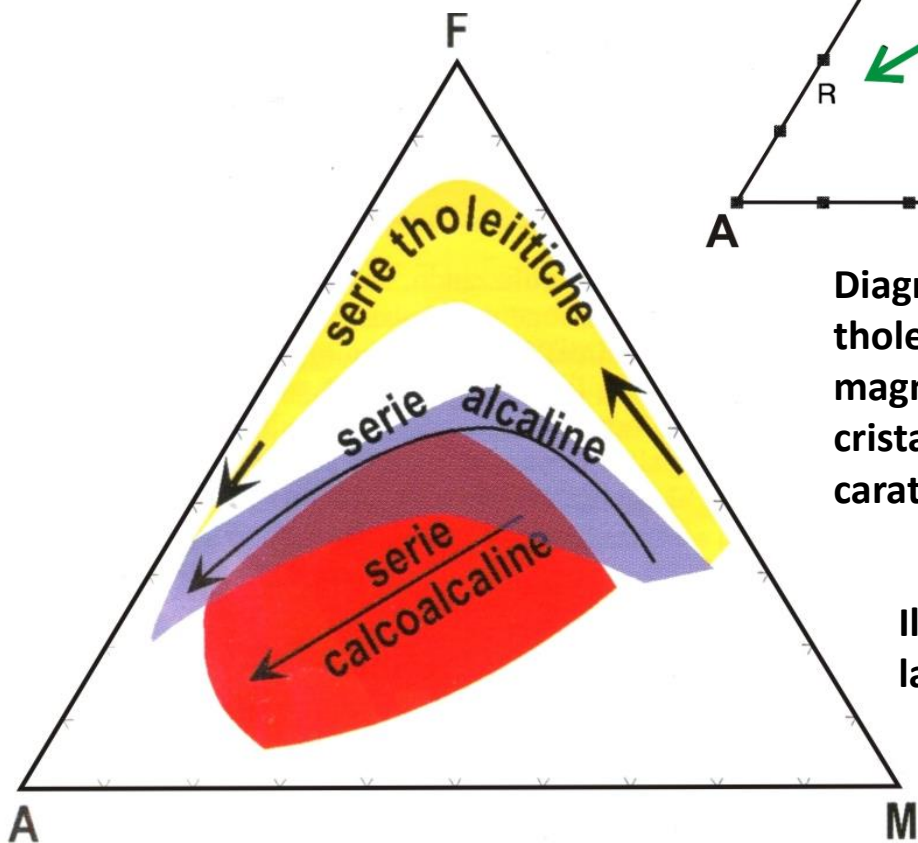


Fig. 2.29 – Diagramma AFM dove $A = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, $F = (\text{FeO} \times 0.9 \text{ Fe}_2\text{O}_3)$, $M = \text{MgO}$. La linea di separazione, tratteggiata, tratta da Irvine e Baragar (1971) divide il campo delle serie tholeiitiche da quelle calcalcaline. Sono riportati come esempi un trend tholeiitico (intrusione di Skaergard) ed uno calcalcalino.
 B: basalti; AB: andesiti basaltiche; A: andesiti; D: daciti; R: rioliti; FB: ferrobasalti; BT: basalti tholeiitici; ABT: andesiti basaltiche tholeiitiche; AT: andesiti tholeiitiche.



Diagrammi utilizzati per distinguere le serie tholeiitiche dalle calcalcaline. La formazione di magnetite (Fe_3O_4) già negli stadi iniziali della cristallizzazione è responsabile del trend piatto che caratterizza la serie calcalcalina

Il campo della serie alcalina è intermedio tra la tholeiitica e calcalcalina

Esempi : serie tholeiitica vs. serie calcalkalina

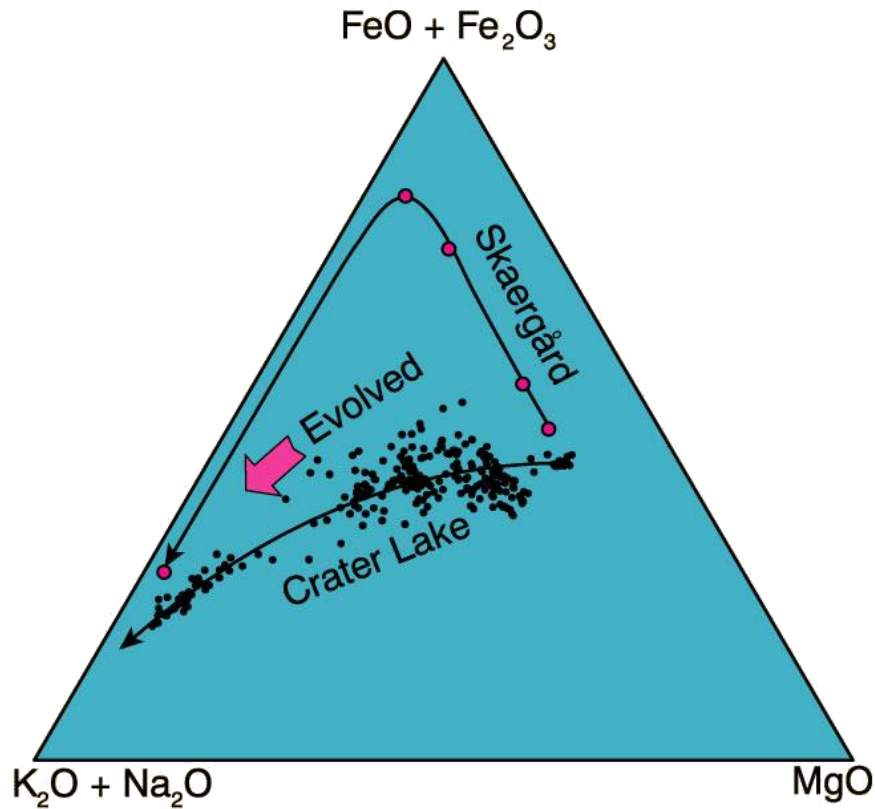
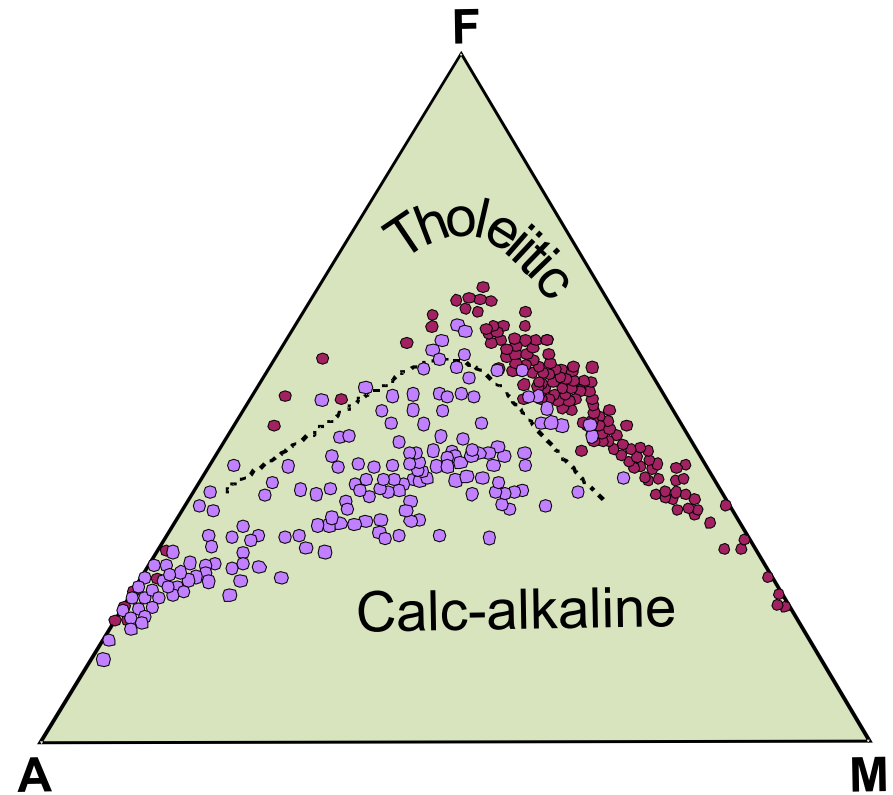
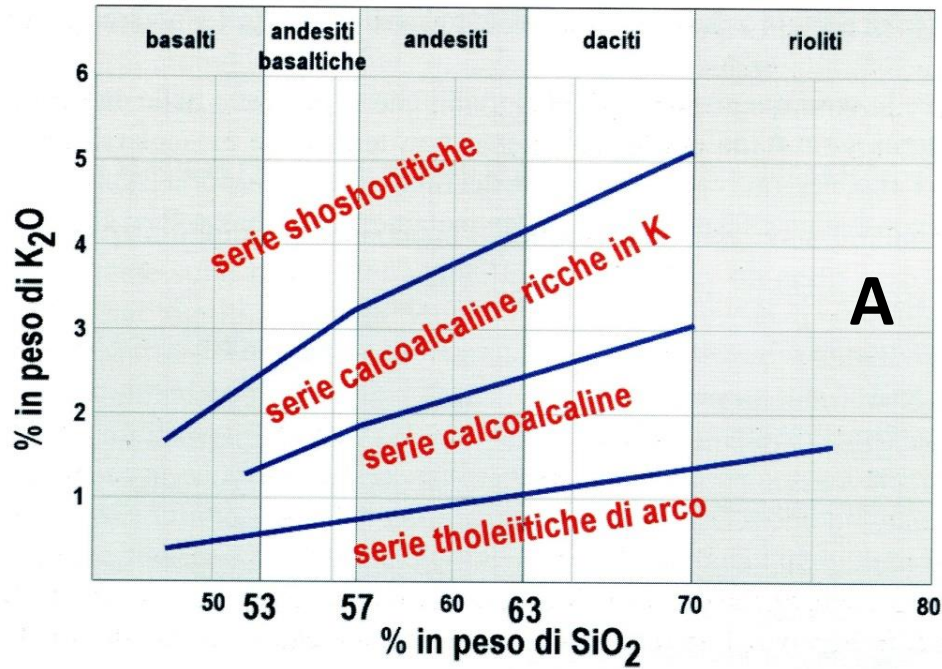


Diagramma AFM con confronto tra il trend tholeiitico dello Skaergård (Large Mafic Intrusion, rocce plutoniche; intraplacca continentale) e quello calcalkalino di arco continentale (subduzione) di Crater Lake Cascades (Oregon, USA). Da Winter 2001



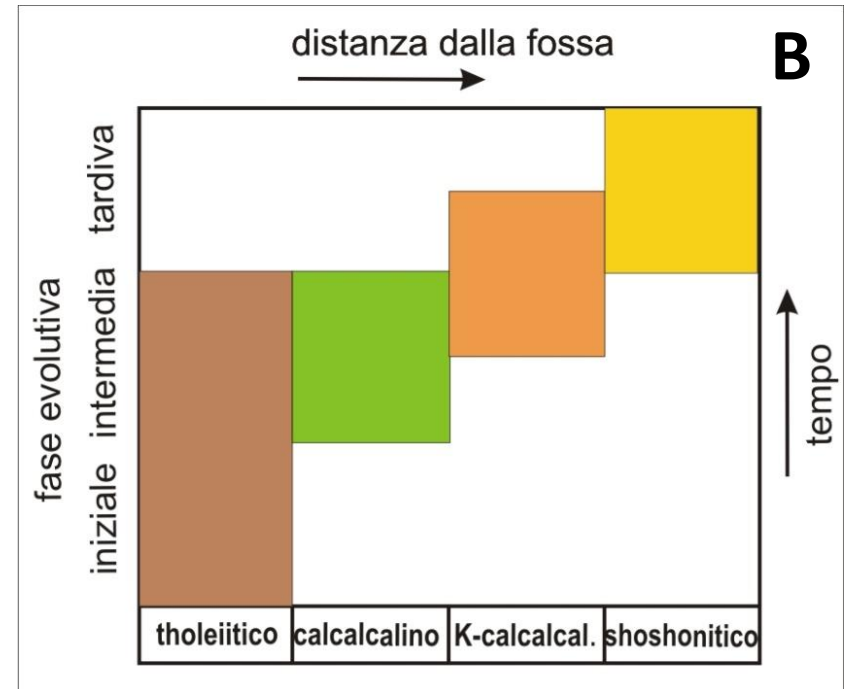
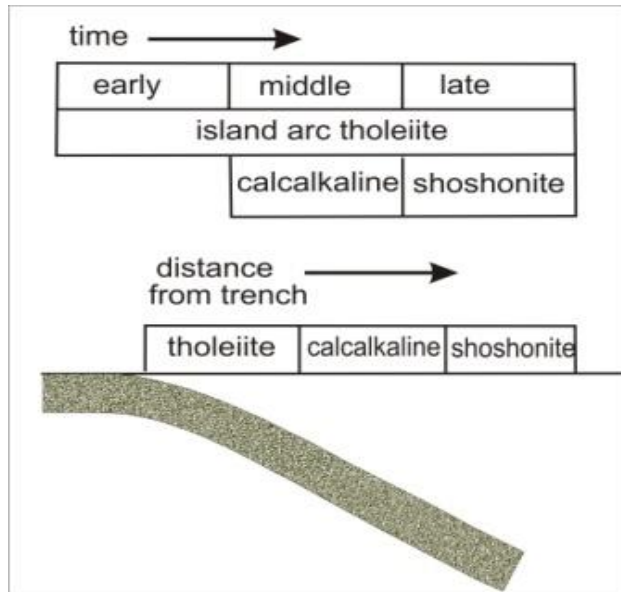
Distinzione tra rocce tholeiitiche di vari ambienti (circoli marroni: da Islanda, dorsale medio-Atlantica; e Columbia River-Flood Basalt, intraplacca continentale) e calcalkaline di arco continentale (Cascades, Oregon, USA; circoli viola). (da Irvine and Baragar (1971), tratto da Winter, 2001)

Variazioni spazio-temporali del magmatismo orogenico – ambiente collisionale subduzione



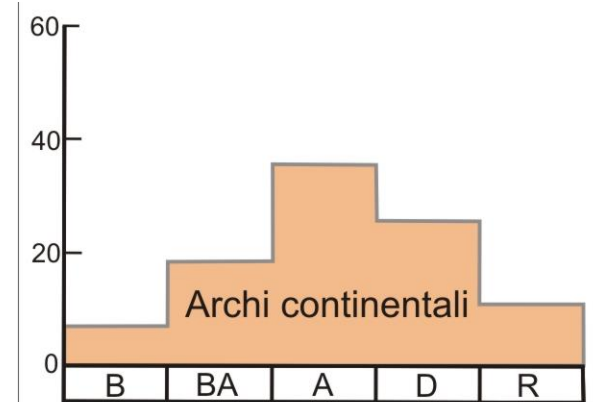
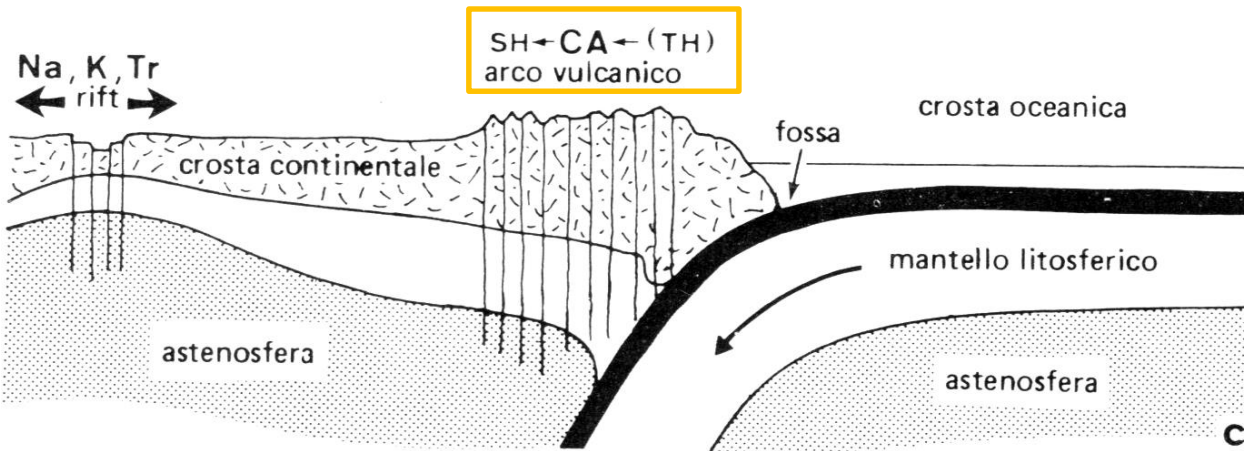
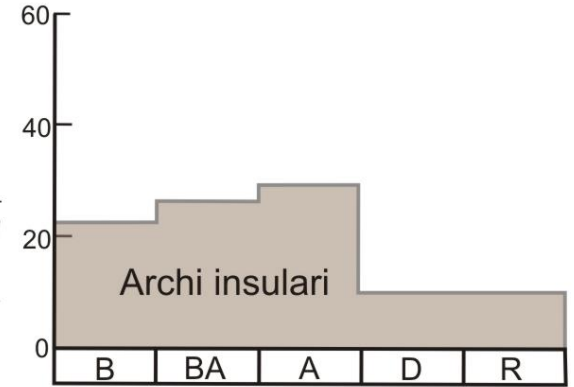
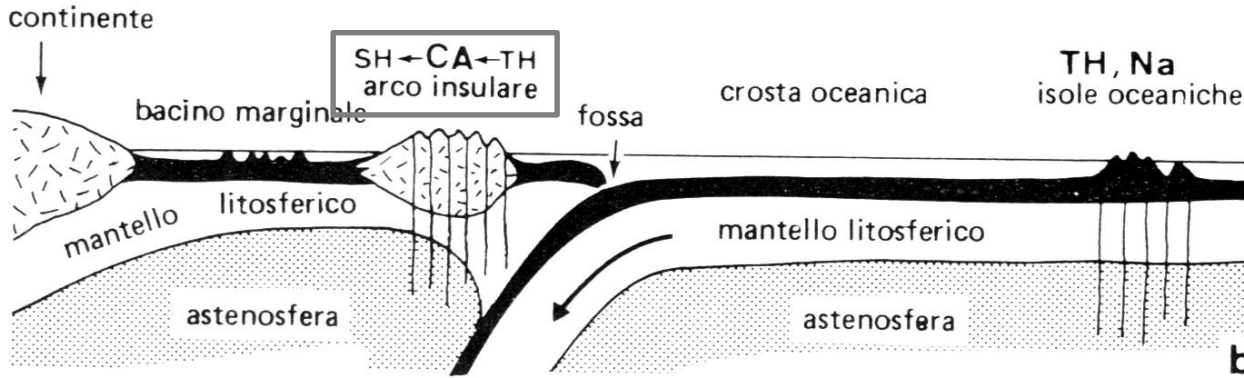
Le rocce della **serie CALCALCALINA**, presenti solo nei regimi collisionali, vengono distinte in 4 subserie (A)

Le 4 sub-serie testimoniano l'evoluzione spazio-temporale del magmatismo collisionale (fig.B).



Variazioni spazio-temporali del magmatismo orogenico – ambiente collisionale

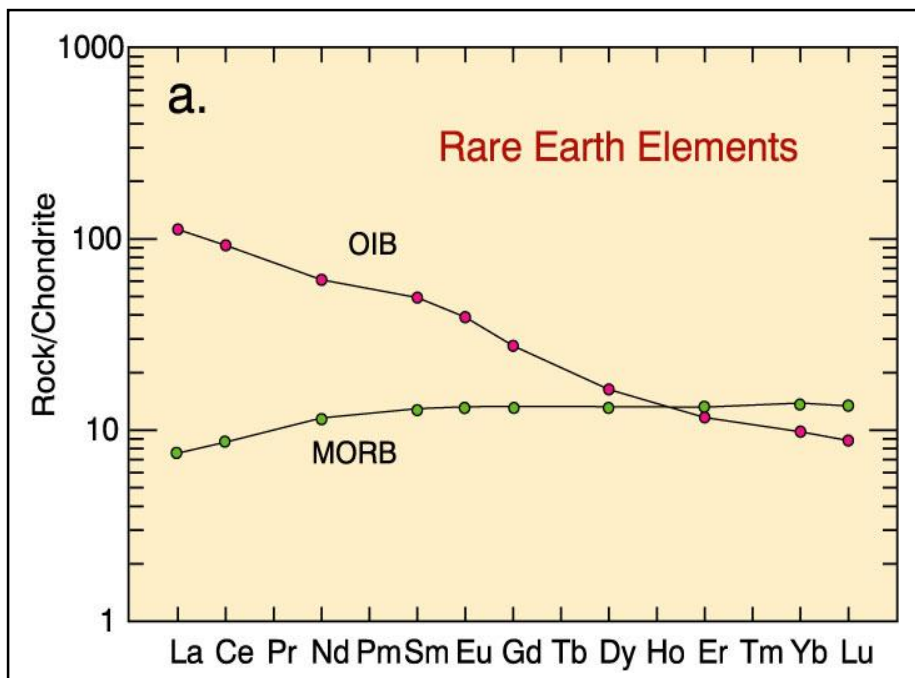
Istogrammi di frequenza delle diverse litologie nelle Ande e negli archi insulari del Pacifico SW.



Elementi maggiori : indispensabili per la classificazione delle rocce

Elementi in traccia e isotopi : indispensabili per la petrologia (genesi delle rocce)

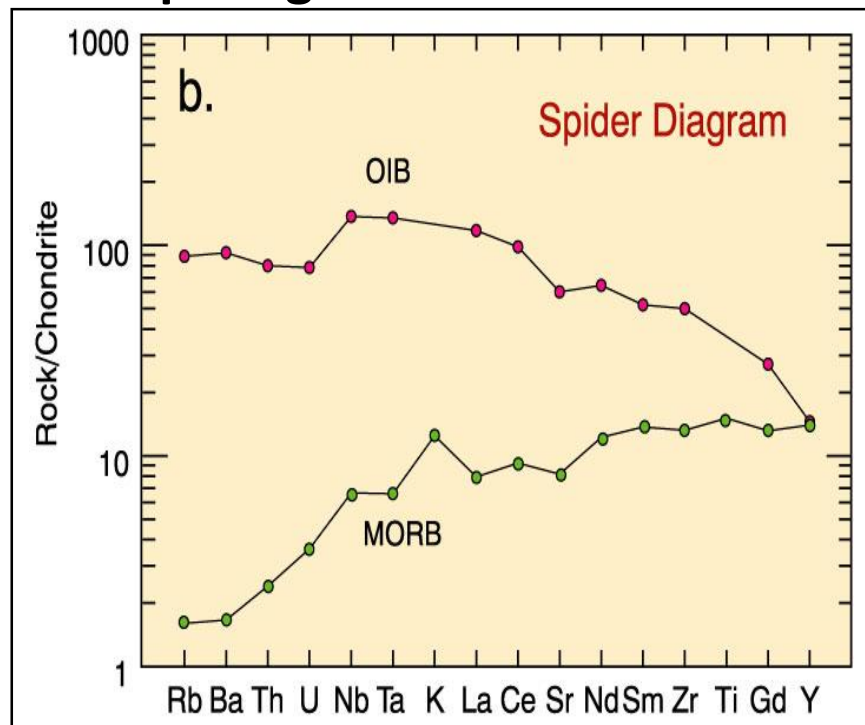
REE- for basalts



← increasing incompatibility

Figure 10.14a. REE diagram for a typical alkaline **ocean island basalt (OIB)** and **tholeiitic mid-ocean ridge basalt (MORB)**. From Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall. Data from Sun and McDonough (1989).

spidergram for basalts



← increasing incompatibility

Figure 10.14b. Spider diagram for a typical alkaline **ocean island basalt (OIB)** and **tholeiitic mid-ocean ridge basalt (MORB)**. From Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall. Data from Sun and McDonough (1989).