

CALCITE



Trigonale

$$n_E = 1.486$$

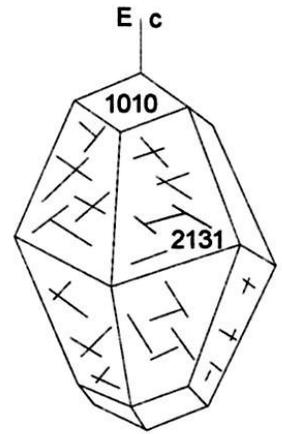
$$n_o = 1.658$$

$$n_E - n_o = 0.172$$

Segno ottico → (-)

Peso specifico = 2.72

Durezza = 3



È il carbonato più diffuso, costituente fondamentale in molte litologie sedimentarie (alabastri, calcari, travertini, calcareniti, marne.....), metamorfiche (marmi, calcescisti, calcefiri) ed anche magmatiche (carbonatiti).

Può presentarsi in cristalli granulari, di grana variabile da grossa a fine (**sparite**), o in microcristalli di dimensioni < 30 micron (**micrite**)

ABITO : individui granulari a grana variabile, da grossa a fine

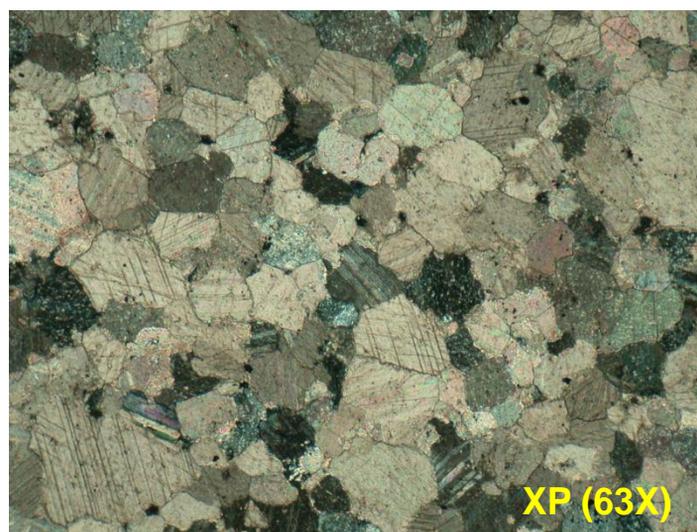
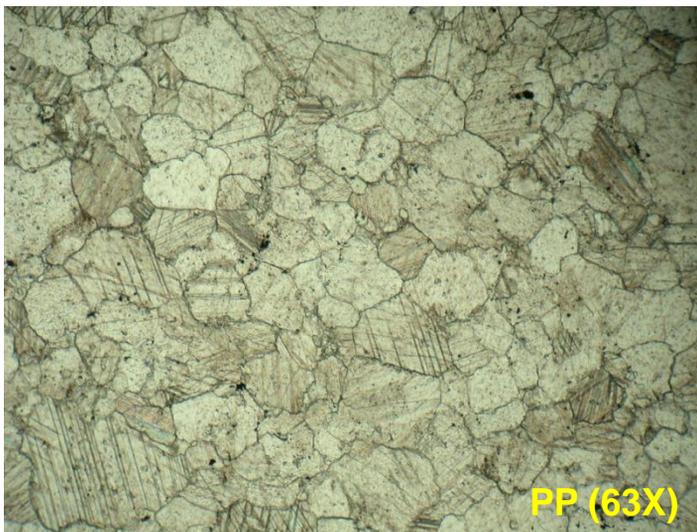
COLORE: incolore

RILIEVO: variabile a seconda dell'orientazione del cristallo

BIRIFRANGENZA: altissima con colori d'interferenza superiori al IV° ordine

SFALDATURA : perfetta romboedrica secondo {1010} con le tracce che si incontrano a $\approx 60^\circ$

GEMINAZIONI: polisintetica lamellare, i cristalli appaiono costituiti da un insieme di sottili lamelle che si incrociano sotto vari angoli



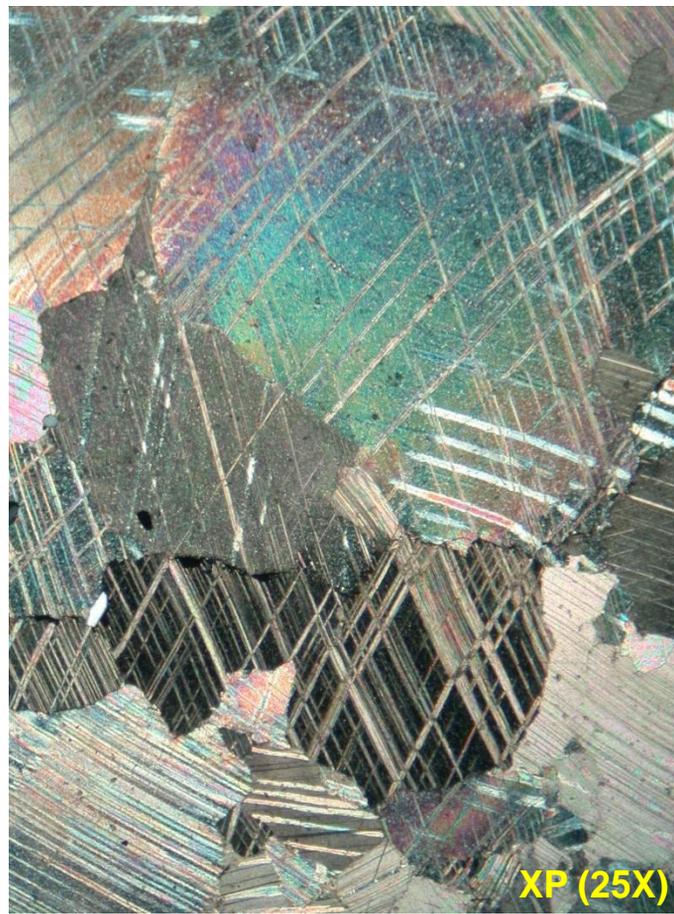
Marmo di contatto a grana fine e tessitura granoblastica-poligonale

ESTINZIONE: parallela secondo le diagonali dei rombi di sfaldatura. Le sezioni basali {0001} dovrebbero essere sempre estinte a Nicol //, ma non lo sono data l'elevata birifrangenza

SEGNO OTTICO: uniassico negativo, osservabile sulle sezioni basali {0001}

CARATTERI DIAGNOSTICI: altissima birifrangenza, rilievo variabile, incolore, otticamente negativa. Queste caratteristiche sono però comuni anche di altri carbonati, dai quali in s.s. è difficilmente distinguibile

PARAGENESI: è un minerale tipico di rocce sedimentarie, ma anche di rocce metamorfiche regionali e di contatto di natura calcarea o mista calcareo-silicatica (marmi, calcefiri, calcescisti). Può essere presente come minerale secondario in rocce magmatiche e come primario fondamentale in particolari rocce magmatiche (carbonatiti)



Marmo regionale (Facies anfibolitica di medio grado - Val Passiria)

VESUVIANA o Idocrasio



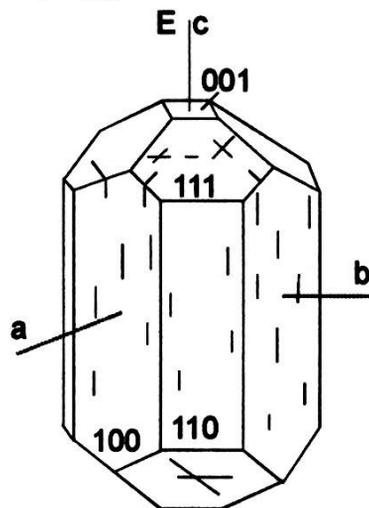
Sorosilicato Tetragonale

$$n_E = 1.700 - 1.746 \quad n_E - n_o = 0.001 - 0.009$$

$$n_o = 1.703 - 1.752$$

Segno ottico → (-)

Peso specifico = 3.33 - 3.43 Durezza = 6 - 7



ABITO : cristalli a contorni poligonali, ma anche in aggregati granulari
COLORE: in s.s. da incolore a giallo, grigio, bruno o verde ± pallidi. Negli individui policromi, tipica la disposizione dei diversi colori secondo zone concentriche o a chiazze

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: bassa, spesso con colori d'interferenza anomali sul blu o bruno

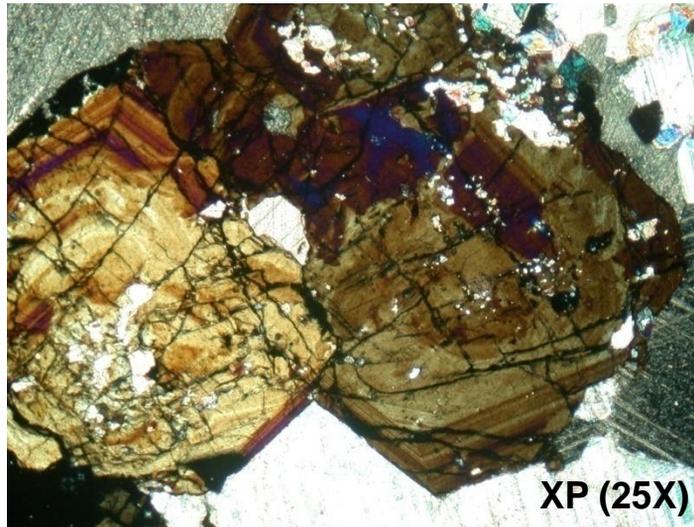
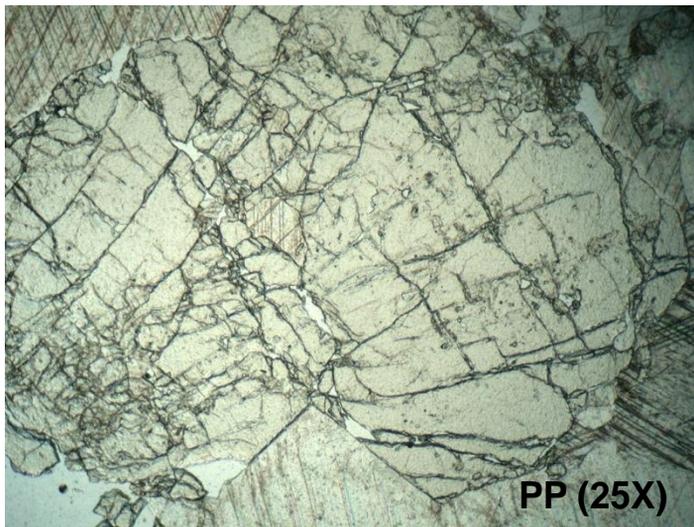
SFALDATURA : assente

ESTINZIONE: parallela

SEGNO OTTICO: negativo, talvolta con un'anomala biassicità negativa

CARATTERI DIAGNOSTICI: colore, habitus, zonatura

PARAGENESI: in contattiti di medio-alta temperatura da protoliti calcareo-silicatici (calcefiri, skarn), associata spesso a granati, epidoti, diopside wollastonite



Vesuviana in calcefiro

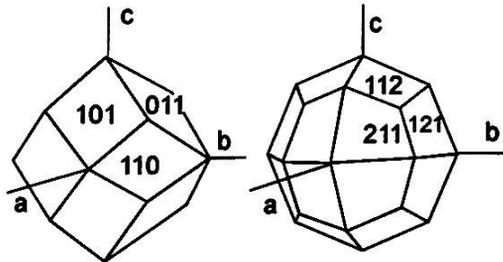
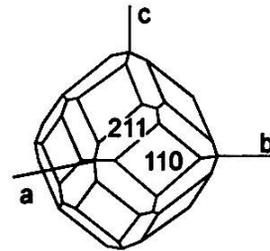
GRANATI

Formula generale	Piropo	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$	rosa
$X_3Y_2Si_3O_{12}$	Almandino	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$	rosso
	Spessartina	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	bruno
$X = Fe^{2+}, Mg, Ca, Mn$	Grossularia	$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	bruno
$Y = Al, Fe^{3+}, Ti, HREE$	Andradite	$Ca_3(Fe^{+3}, Ti)_2Si_3O_{12}$	giallo
	Uvarovite	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	verde

GRANATI $(Fe^{2+}, Mg, Ca, Mn)_3(Al, Fe^{3+}, Ti, REE)_2Si_3O_{12}$

Nesosilicati Cubici

	<i>Peso specifico</i>	<i>Indice di rifrazione</i>
Piropo	3.582	1.714
Almandino	4.318	1.830
Spessartina	4.190	1.800
Grossularia	3.594	1.734
Andradite	3.859	1.887
Uvarovite	3.830	1.865



Durezza = 6 - 7½

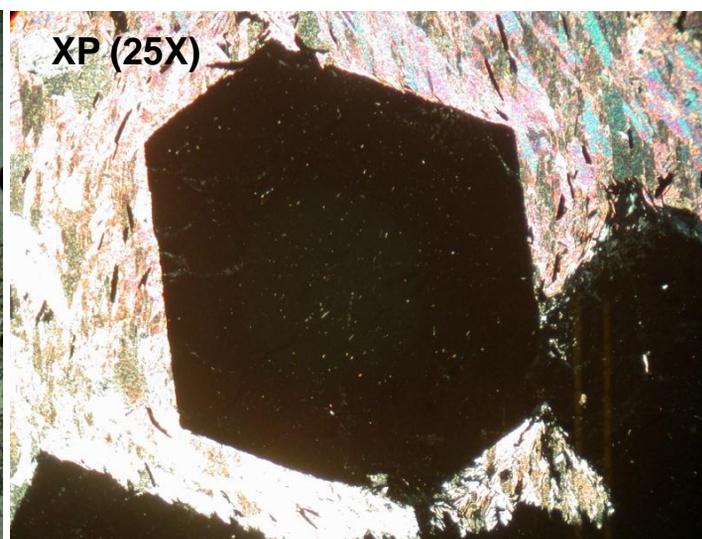
Caratteristici di rocce metamorfiche.

Possono trovarsi come accessori in altri tipi di: es: in graniti peralluminosi (S-type), nelle pegmatiti, nelle peridotiti di mantello.

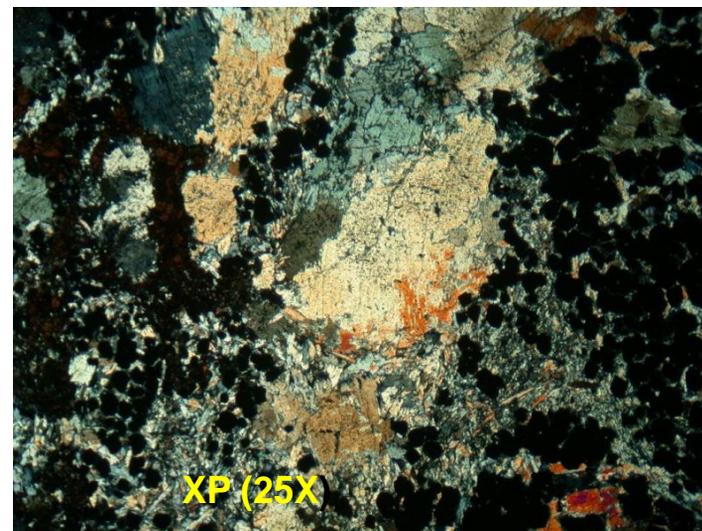
PIROPO :	in peridotiti; nelle eclogiti e serpentiniti
ALMANDINO :	è il più diffuso. Nelle metamorfiti regionali di basso-medio-alto grado metamorfico da protoliti di diversa natura (filladi, scisti, gneiss, anfiboliti, granuliti, eclogiti). Presente, anche se meno frequente, nelle metamorfiti di contatto da protoliti pelitici o a componente pelitica (cornubianiti)
SPESSARTINA :	nelle metamorfiti di contatto di natura calcareo-silicatica e con apporti metasomatici (skarn)
GROSSULARIA e ANDRADITE :	prevalentemente nelle metamorfiti di contatto (cornubianiti, marmi, skarn)
UVAROVITE :	nelle serpentiniti; marmi; skarn

GRANATI

- ABITO :** in s.s. cristalli forme poligonali o rotondeggianti
COLORE: da incolore a giallognolo, rosato, brunastro, verdolino;
comuni variazioni cromatiche dovute a variazioni composizionali;
superficie sagrinata
- RILIEVO:** molto alto
- BIRIFRANGENZA:** sempre estinti a Nicol incrociati
- SFALDATURA :** assente; frequenti irregolari fratture
- ALTERAZIONE:** generalmente in prodotti cloritici
- CARATTERI DIAGNOSTICI:** forma poligonale/rotondeggiante, rilievo molto alto,
mono-rifrangenti; comunemente ricchi di inclusioni (peciloblasti)
- PARAGENESI:** vedi tab. precedente



Porfiroblasto idiomorfo di granato in scisto a muscovite (facies scisti verdi)



Pirosseno onfacitico e minuti blasti di granato in eclogite del Massiccio di Voltri.

CLORITI



Fillosilicati Monoclini

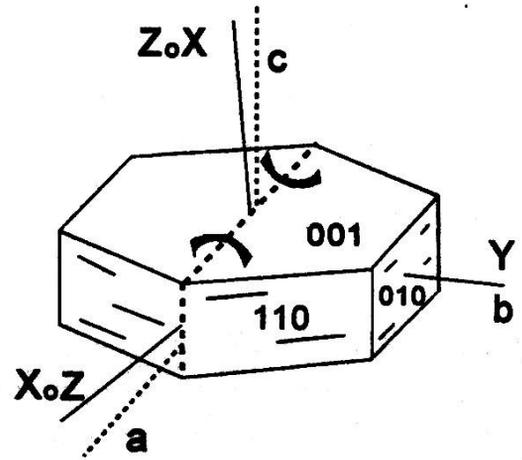
$$n_x = 1.570 - 1.670$$

$$n_z - n_x = 0.050 \text{ ca.}$$

$$n_y = 1.570 - 1.690$$

$$n_z = 1.570 - 1.690$$

$$2V_x = 20 - 120^\circ$$



Segno ottico → (+) Mg-cloriti (-) Fe-cloriti

Peso specifico = 2.60 - 3.30 **Durezza** = 2 - 3

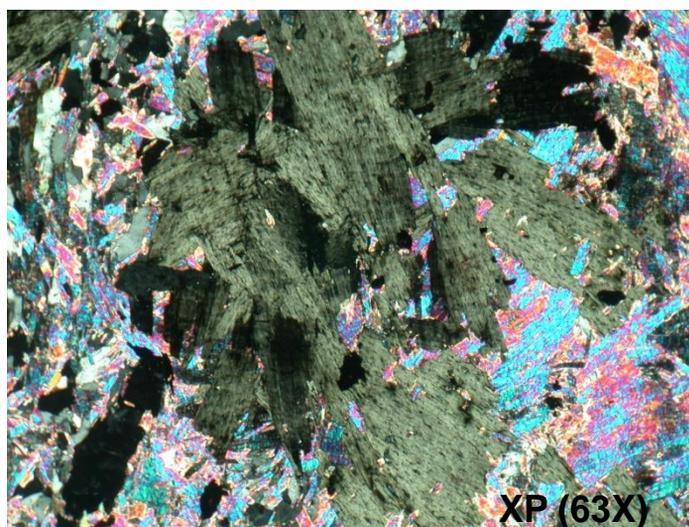
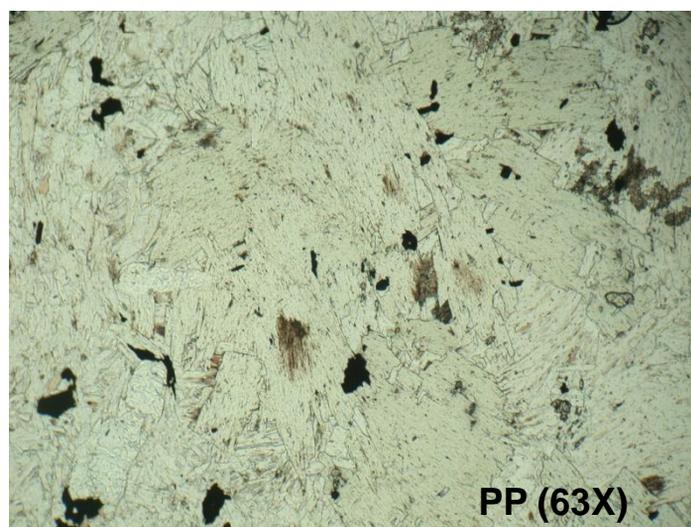
NB: le caratteristiche ottiche variano in funzione del rapporto Fe/Mg: le cloriti ricche in Fe hanno indici di rifrazione più elevati e pleocroismo più marcato rispetto alle Mg-cloriti

ABITO : molto variabile: da cristalli singoli tabulari ad aggregati paralleli o raggianti di cristalli lamellari e fibrosi

COLORE: da incolore a verde, con debole pleocroismo le varietà colorate: da incolore o verde molto pallido a verde/verde-bruno a grigio-verde.

RILIEVO: moderato

BIRIFRANGENZA: bassa, con colori d'interferenza spesso anomali sul blu-violaceo-grigiastro-bruno



Clorite e muscovite in fillade (facies scisti verdi)

CLORITI

BIRIFRANGENZA: bassa, con colori d'interferenza spesso anomali sul blu-violaceo-grigiastro-bruno

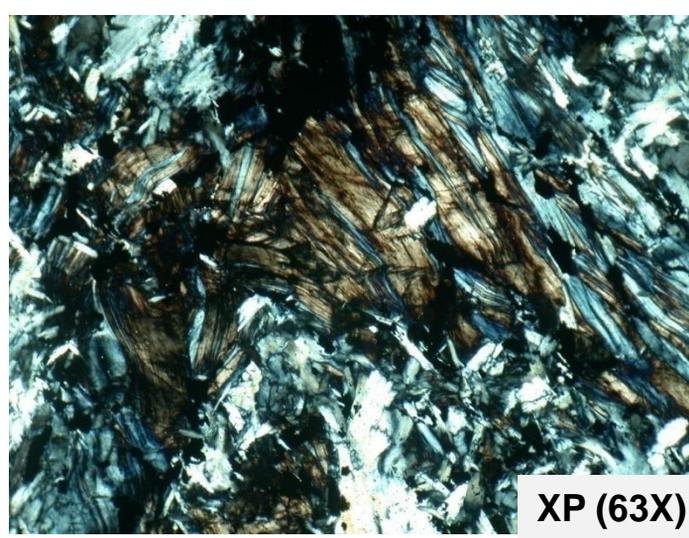
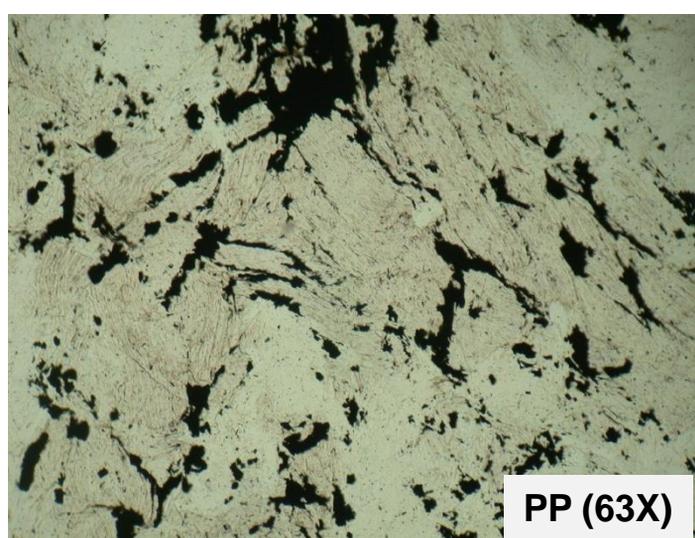
SFALDATURA : basale perfetta {001}

ESTINZIONE: parallela rispetto alla sfaldatura

SEGNO OTTICO: positivo nelle Mg-cloriti, negativo nelle Fe-cloriti

CARATTERI DIAGNOSTICI: aspetto micaceo, colore verde, colori d'interferenza bassi o anomali.

PARAGENESI: tipico minerale primario metamorfico, stabile nel basso grado (facies scisti verdi, da cui il nome); presente sia in protoliti argillosi/argilloso arenacei che magmatici basici. Minerale secondario nelle rocce magmatiche (prodotto di alterazione di minerali femici: biotite, pirosseni, anfiboli e granati). Comune anche in rocce sedimentarie.



Clorite e serpentino (varietà antigorite) in serpentinite (Stiria)

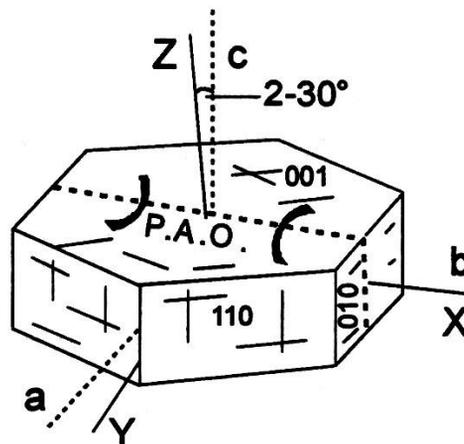
CLORITOIDE $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})(\text{OH})_4\text{Al}_3\text{O}_2[\text{SiO}_4]_2$

Nesosilicato Monoclino

$$n_x = 1.705 - 1.730 \quad n_z - n_x = 0.005 - 0.022$$

$$n_y = 1.708 - 1.734$$

$$n_z = 1.712 - 1.740 \quad 2V_z = 45 - 70^\circ$$



Segno ottico $\rightarrow (+)(-)$

Peso specifico = 3.46 - 3.80 Durezza = 6½

ABITO : tabulare o pseudo-esagonale, simile a quello delle miche
COLORE: da incolore a verde, con pleocroismo da giallo pallido-incolore a grigio-verdastro o verde ad azzurro violaceo.

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: bassa, con colori d'interferenza spesso mascherati dal colore del minerale, altrimenti anomali sul blu

SFALDATURA : perfetta secondo {001}, discreta secondo {110}, parting {010}

ESTINZIONE: variabile rispetto alle tracce di sfaldatura. $a^{\wedge}Y = 10-15^\circ$ misurabile sulle sezioni (010).

SEGNO OTTICO: nei termini più comuni è positivo con $2V_z = 45-70^\circ$, ma può essere anche negativo (dipende dalla composizione)

GEMINAZIONI: frequenti, sia semplici che multiple lamellari {001}

CARATTERI DIAGNOSTICI: assomiglia alle cloriti, ma si distingue per il rilievo molto più alto, per la sfaldatura anche in sezione basale e per le geminazioni.

PARAGENESI: minerale "indice" metamorfico, stabile nel basso grado del metamorfismo regionale (facies scisti verdi), da protoliti pelitici ricchi in Fe. La varietà ricca in Mn è detta ottrelite ed è ricca di inclusioni quarzoso-carboniose.



TREMOLITE - ACTINOLITE - FERROACTINOLITE



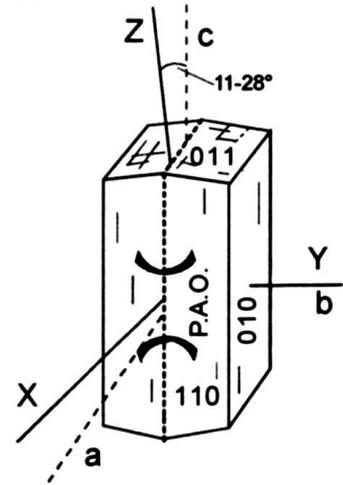
Inosilicati Monoclini

$$n_x = 1.599 - 1.688 \quad n_z - n_x = 0.017 - 0.027$$

$$n_y = 1.610 - 1.697$$

$$n_z = 1.620 - 1.705 \quad 2V_x = 62 - 86^\circ$$

Segno ottico $\rightarrow (-)$



Peso specifico = 2.99 - 3.48 Durezza = 5 - 6

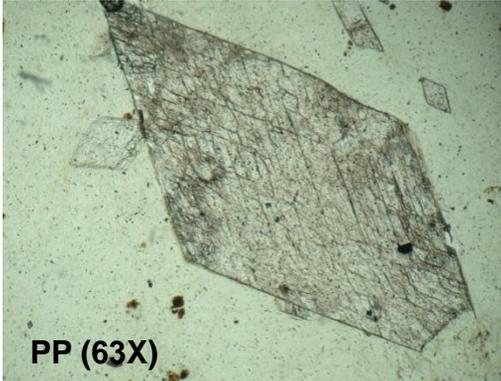
Tremolite $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ Actinolite $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$

Ferroactinolite $\text{Ca}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$

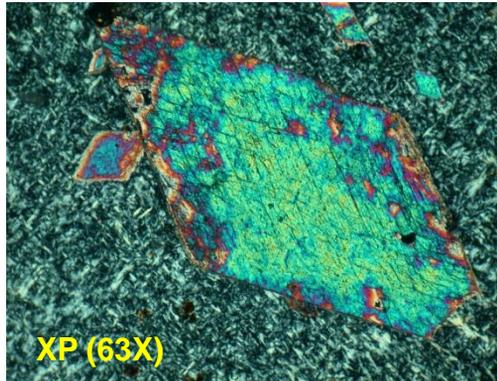
ABITO : cristalli prismatici e aggregati fibrosi

COLORE: tremolite: incolore o bianco-grigio, pleocroismo assente;
actinolite: verde, pleocroismo da giallo chiaro a giallo-verde chiaro a verde pallido; Fe-actinolite: verde scuro, pleocroismo da verde-giallo a verde a verde-azzurro

RILIEVO: abbastanza alto



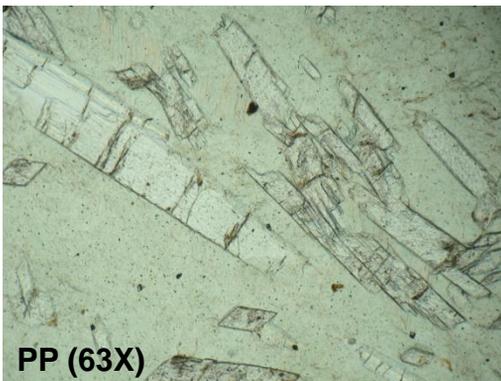
PP (63X)



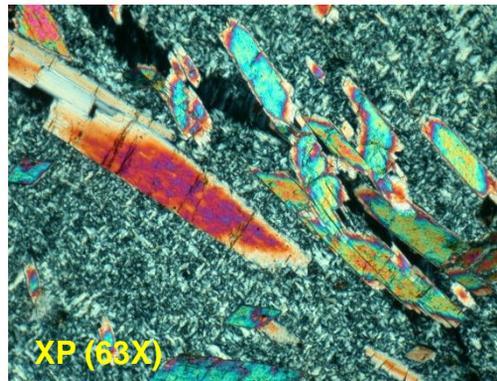
XP (63X)

Tremolite in
serpentinite
(il serpentino è
antigorite)

in sezione basale



PP (63X)



XP (63X)

in sezione
parallela a c

Tremolite – Actinolite – Fe-actinolite

BIRIFRANGENZA: da moderata a forte, colori d'interferenza max. del II° ordine

SFALDATURA : quella degli anfiboli

GEMINAZIONI: semplici e polisintetiche secondo {100}

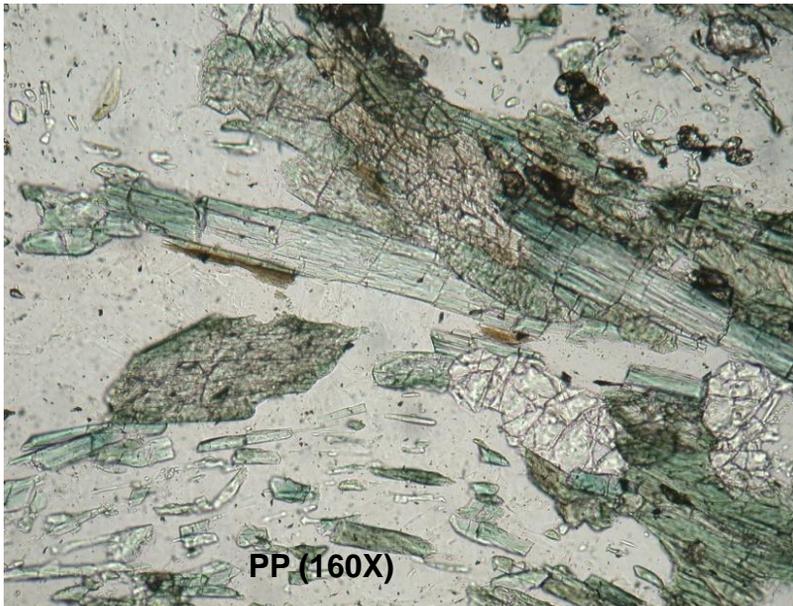
ESTINZIONE: inclinata; con angolo di estinzione $c^{\wedge}Z$ che aumenta leggermente con il rapporto Mg/Fe

SEGNO OTTICO: sempre negativi, ed alti

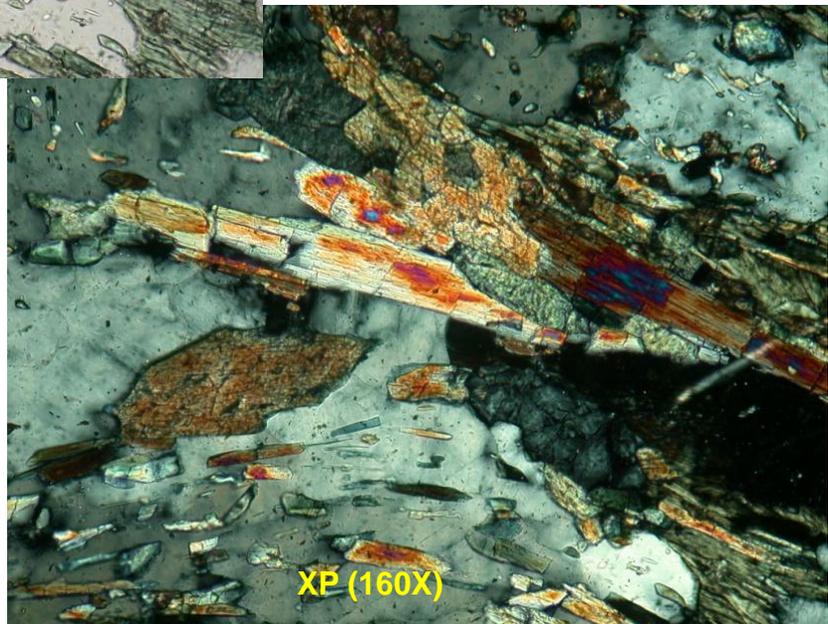
CARATTERI DIAGNOSTICI: quelli degli anfiboli; si distinguono dalle orneblende per il colore verde molto chiaro o assente ed il pleocroismo debole o assente.

PARAGENESI: tremolite ed actinolite sono presenti in metamorfiti di contatto da protoliti dolomitici impuri e nelle metamorfiti regionali di basso-medio grado da protoliti basici-ultrabasici.

La Fe-actinolite è rara, presente in rocce metamorfiche ferrifere.

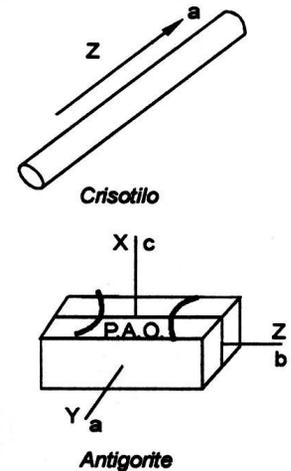


actinolite in prasinite



SERPENTINO**Fillosilicati Rombici e Monoclini**

	<i>Lizardite</i>	<i>Antigorite</i>	<i>Crisotilo</i>
$n_x =$	1.538 - 1.554	1.558 - 1.567	1.532 - 1.549
$n_y =$	-	1.566 ca.	-
$n_z =$	1.546 - 1.560	1.562 - 1.574	1.545 - 1.556
$n_z - n_x =$	0.006 - 0.008	0.004 - 0.007	0.013 - 0.017
$2V_x =$		37° - 61°	
Segno ottico →		(-)	
Peso specifico =		2.50 - 2.60	
Durezza =		2½ - 3½	



Sono fillosilicati rombici e monoclini, con habitus pseudoesagonale o lamellare o fibroso. I polimorfi di composizione $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ sono: **crisotilo**, **antigorite** (monoclini) e **lizardite** (rombici), indistinguibili al microscopio e molto difficilmente distinguibili con diffrattometria a RX.

ABITO : serpentino “lamellare” (antigorite in scaglie rettangolari e lizardite in lamelle pseudoesagonali); serpentino “fibroso” (crisotilo) . Come prodotto di alterazione di olivine e pirosseni forma strutture intrecciate di cristalli fibrosi.

COLORE: da incolore a verde pallido o verde giallognolo

RILIEVO: assente

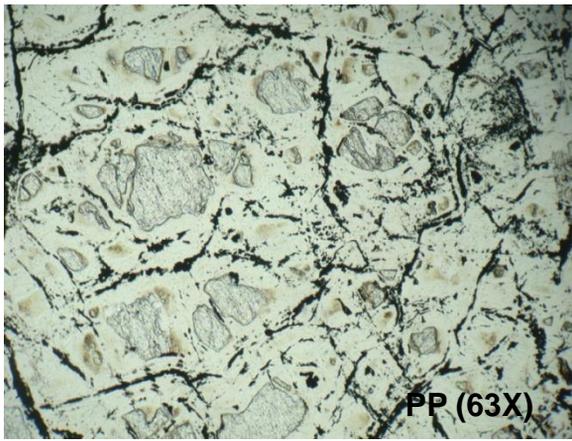
BIRIFRANGENZA: bassa, colori d'interferenza grigio-giallo del 1° ordine

SFALDATURA : basale perfetta nella lizardite e antigorite. Parallela all'asse a nel crisotilo

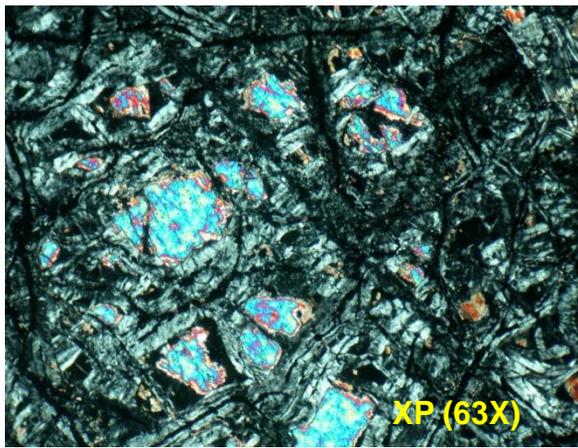
CARATTERI DIAGNOSTICI: la struttura ad intreccio degli aggregati fibrosi, incolore o colore verde chiaro, bassa birifrangenza.

PARAGENESI: come minerale secondario è il prodotto pseudomorfo di alterazione di olivine (e pirosseni). Come minerale primario è presente in metamorfiti regionali di basso grado, derivate da protoliti peridotitici; minerale fondamentale di serpentiniti e serpentinoscisti.

Note: La serpentizzazione segna spesso il passaggio tra il processo igneo e quello metamorfico (metamorfismo di bassa P e T variabile da bassa a media). La temperatura della serpentizzazione varia dai 100°C per la lizardite e crisotilo fino a temperature intorno a 500 °C per l'antigorite. Le tessiture aiutano ad identificare i polimorfi: 1) tessitura **pseudomorfa**, (“**mesh**” o **a maglie**), dove l'aspetto della roccia originale viene mantenuto e il polimorfo è **lizardite** 2) **non pseudomorfa** (**interpenetrating/interlocking**), con totale scomparsa del protolito peridotitico, dove il polimorfo dominante è **antigorite**. Il crisotilo è la varietà meno abbondante.

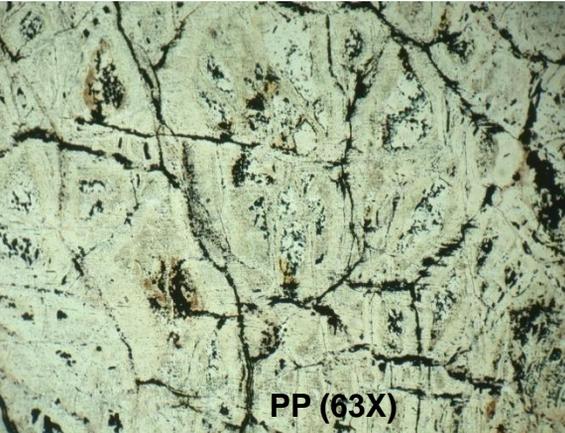


PP (63X)

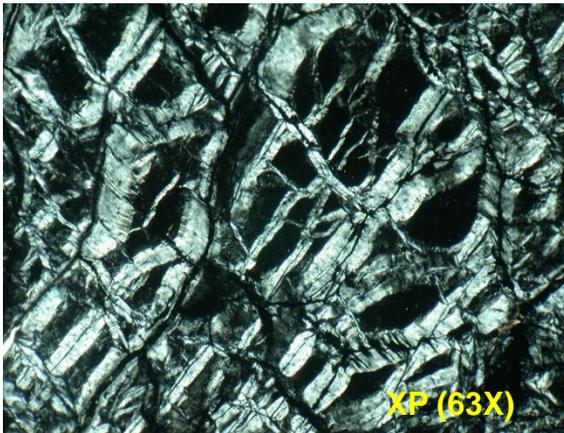


XP (63X)

Serpentinite (Pohorje, Slovenia): lizardite. Tessitura pseudomorfa a maglie (mesh texture, con relitti di olivina)

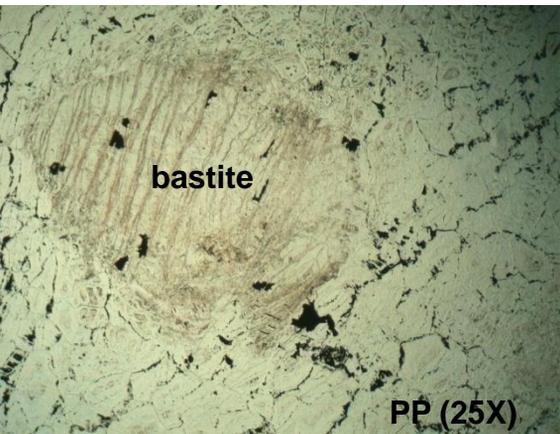


PP (63X)



XP (63X)

Serpentinite (Elba, Toscana): Lizardite. Tessitura pseudomorfa a maglie



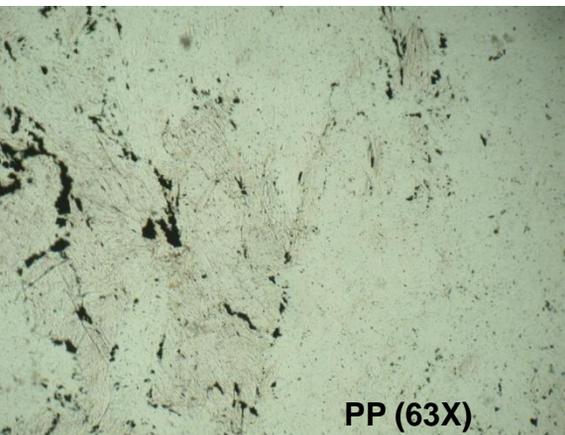
bastite

PP (25X)



XP (25X)

Serpentinite (Burgenland, Austria): pirosseno serpentinnizzato (tessitura pseudomorfa- **bastite** - lizardite+minor crisotilo) + lizardite attorno



PP (63X)



antigorite

clorite

XP (63X)

Serpentinite (Stiria, Austria): Tessitura non pseudomorfa (interpenetrating texture) formata da antigorite e minor clorite

TALCO

Fillosilicato Monoclino

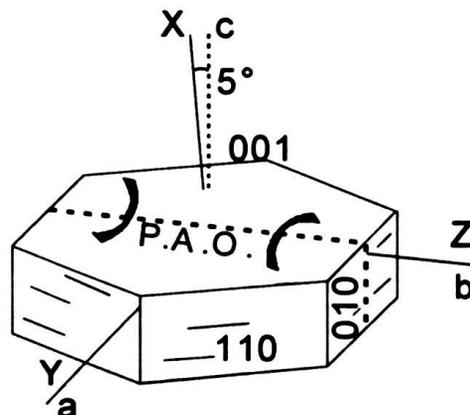
$$n_x = 1.539 - 1.550$$

$$n_z - n_x = 0.05 \text{ ca.}$$

$$n_y = 1.589 - 1.594$$

$$n_z = 1.589 - 1.600$$

$$2V_x = 0^\circ - 30^\circ$$

Segno ottico \rightarrow (-)

Peso specifico = 2.85 - 2.83 Durezza = 1

Macroscopicamente è di colore bianco-argenteo o verdolino, con lucentezza sericea o madreperlacea. Untuoso al tatto

ABITO : lamellare pseudoesagonale, generalmente in aggregati fibrosi a grana fine

COLORE: in s.s. incolore **RILIEVO**: assente o debole

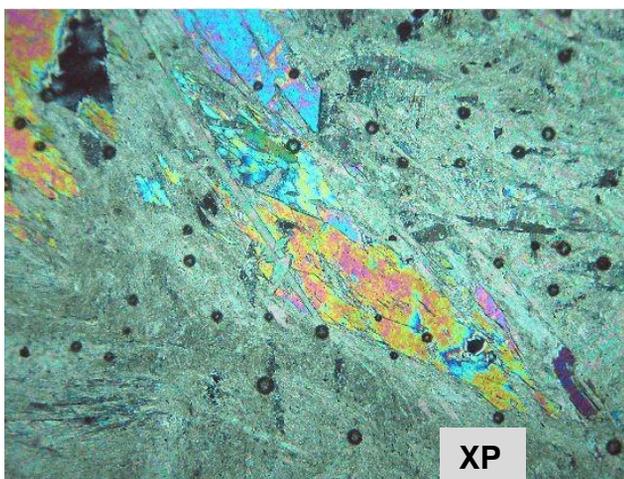
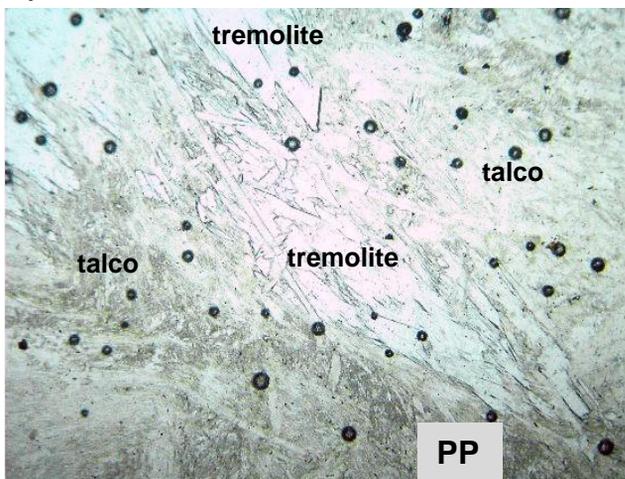
BIRIFRANGENZA: bassa con colori d'interferenza grigio del I° ordine in sezioni basali, molto elevata con colori d'interferenza massimi del III° ordine sulle sezioni prismatiche

SFALDATURA : perfetta basale (001)

ESTINZIONE: parallela rispetto alle tracce di sfaldatura. Allungamento +

CARATTERI DIAGNOSTICI: può essere scambiato per muscovite, ma si distingue per la più elevata birifrangenza, il 2V più piccolo e la diversa paragenesi.

PARAGENESI: Come minerale primario si trova nelle metamorfiti regionali di basso grado, spesso associato a serpentino ed altri minerali femici (es tremolite), derivate da protoliti magmatici femici-ultrafemici; talvolta costituisce il minerale fondante di litotipi metamorfici detti talcoscisti. Come minerale secondario, è il prodotto di alterazione di olivine, ortopirosseni ed alcuni anfiboli.

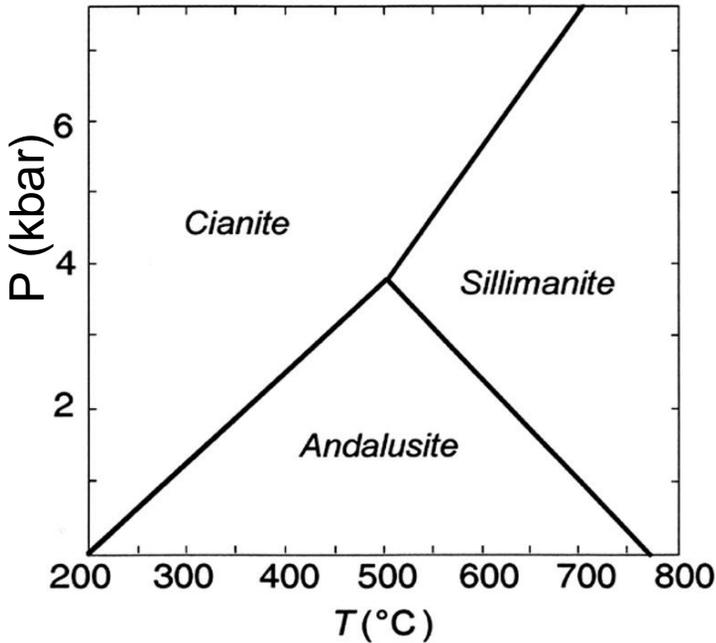


POLIMORFI Al_2SiO_5

ANDALUSITE

CIANITE

SILLIMANITE



Campi di stabilità dei polimorfi Al_2SiO_5 e punto triplo secondo Holdaway (1971).
Punto triplo a $T=500^\circ\text{C}$, $P=3.7\text{ Kb}$

NB: la comparsa dei polimorfi Al_2SiO_5 è legata a protoliti pelitici o pelitico-arenacei

ANDALUSITE:

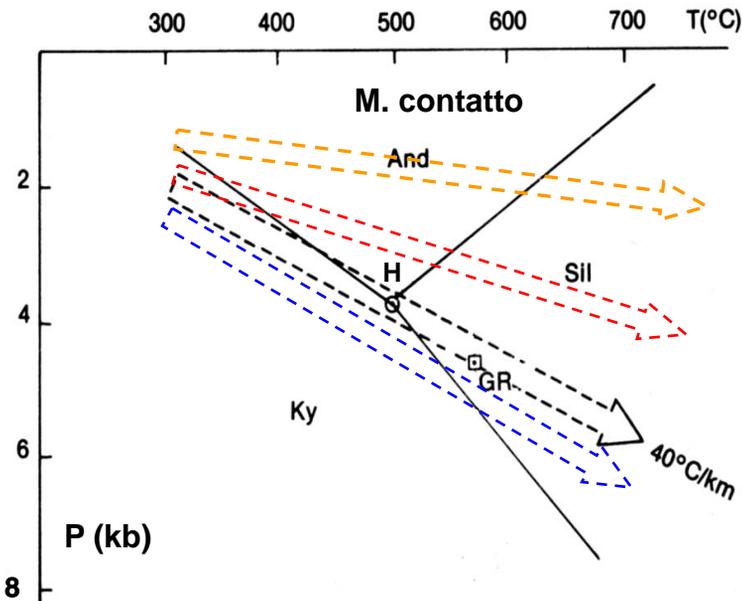
Metamorfiti di contatto
Metamorfiti regionali di alto gradiente termico

SILLIMANITE:

Metamorfiti regionali di medio e alto gradiente termico
Metamorfiti di contatto

CIANITE:

Metamorfiti regionali di medio e basso gradiente termico

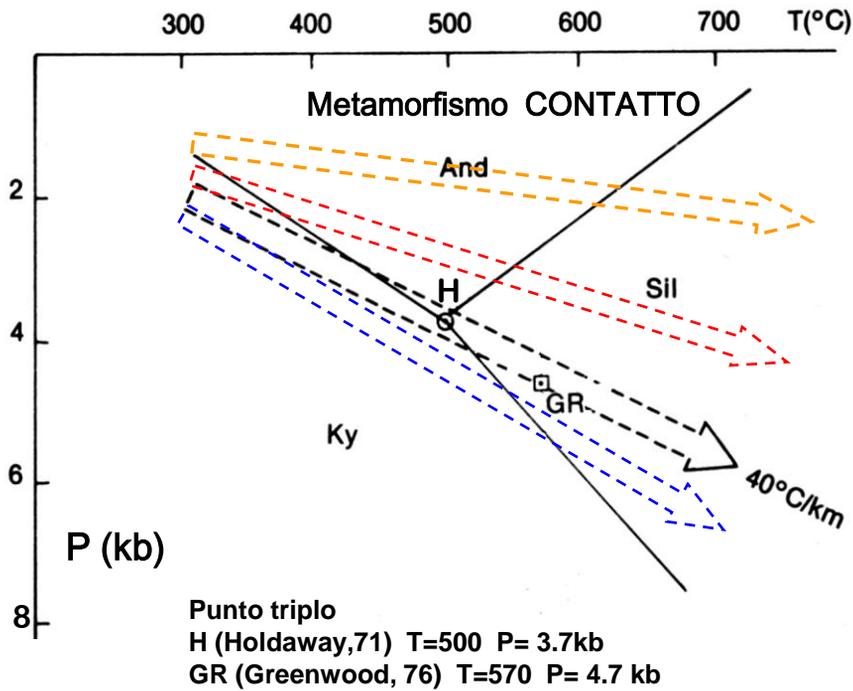


Campi di stabilità dei polimorfi Al_2SiO_5 e gradienti termici nel metamorfismo regionale e di contatto.

Il metamorfismo **regionale di alto gradiente termico** è individuato da gradienti termici $> 40^\circ\text{C/Km}$

Il metamorfismo di **contatto** da gradienti termici $> 75^\circ\text{C/Km}$ (freccia arancione).

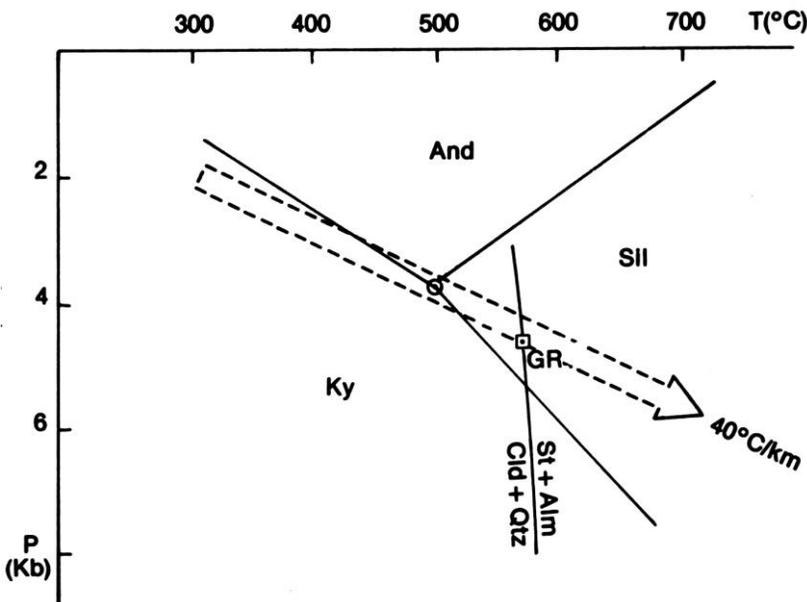
H = punto triplo da Holdaway (1971); GR = punto triplo a $T=570^\circ\text{C}$ $P=4.7\text{ kb}$ da Greenwood (1976)



Comparsa dei polimorfi Al_2SiO_5 per TEMPERATURA (= GRADO metamorfico) crescente nel metamorfismo regionale

Dalla collocazione P-T dei gradienti termici risulta la sequenza:

- ☐ Alto gradiente termico : andalusite → sillimanite
- ☐ Intermedio gradiente termico : cianite → sillimanite



Secondo la localizzazione H del punto triplo, la prima comparsa di sillimanite dovrebbe **precedere** la comparsa della staurolite, il che è in contasto con le osservazioni naturali.

Conseguentemente è stato proposto il punto GR, che è congruente con le naturali paragenesi metamorfiche

ANDALUSITE



Nesosilicato Rombico

$$n_x = 1.633 - 1.642$$

$$n_z - n_x = 0.009 - 0.012$$

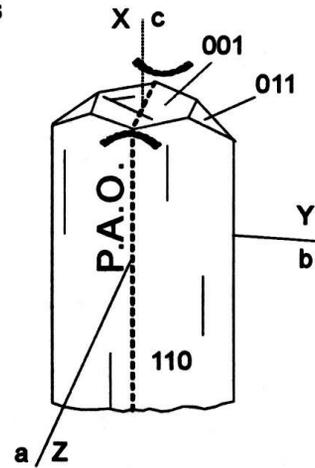
$$n_y = 1.639 - 1.644$$

$$n_z = 1.644 - 1.650$$

$$2V_\alpha = 73 - 86^\circ$$

Segno ottico → (-)

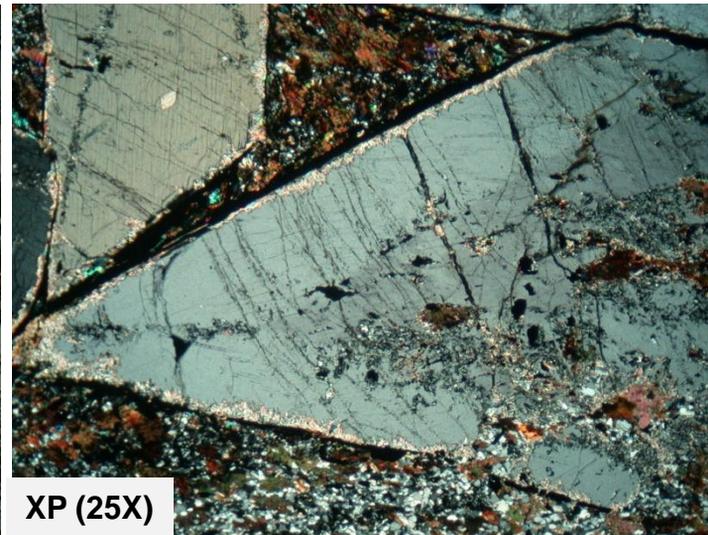
Peso specifico = 3.13 - 3.16 Durezza = 6½ - 7½



- ABITO :** prismatico allungato a contorno rettangolare in sezioni // a c; quadrato o a losanga in sezione basale. Spesso contiene inclusioni carboniose (varietà **chiastolite**) disposte a croce nelle sezioni basali e a clessidra nelle sezioni prismatiche (vedi figura sotto)
- COLORE:** generalmente incolore, talvolta con pleocroismo da incolore a rosa
- RILIEVO:** medio-alto
- BIRIFRANGENZA:** bassa, max. colori d'interferenza grigio-giallo del I° ord.



PP (25X)



XP (25X)

Porfiroblasto di andalusite in fillade

ANDALUSITE

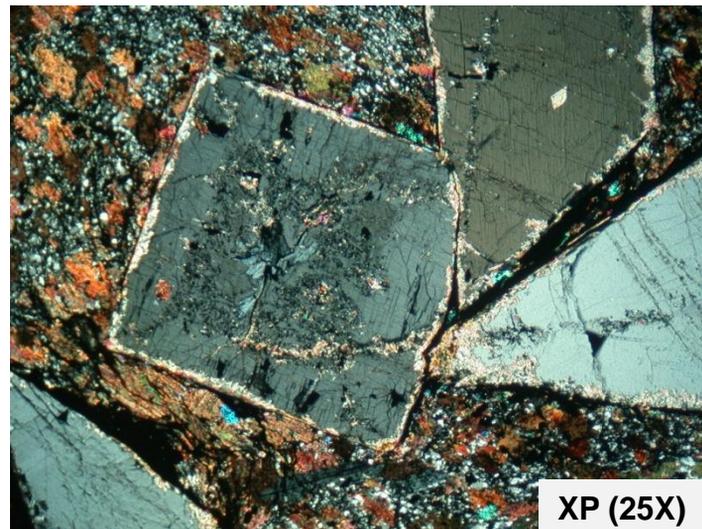
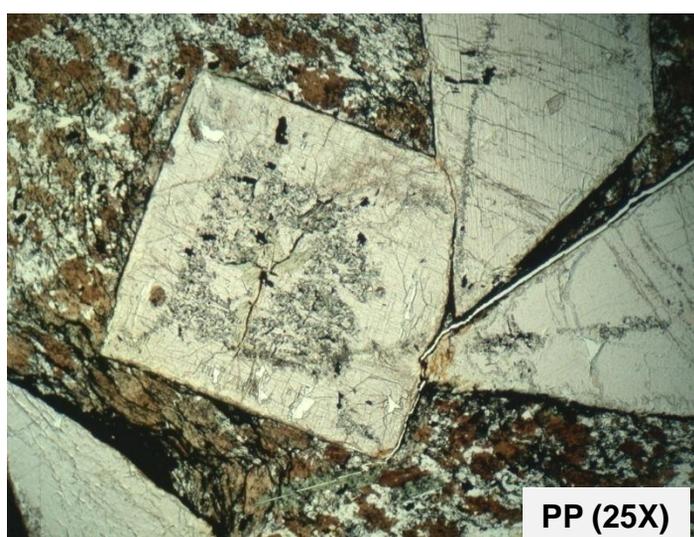
SFALDATURA : buona secondo $\{110\}$, ad andamento parallelo sulle sezioni // a c; si incrociano a circa 90° sulle sezioni basali (vedi figura sotto)

ESTINZIONE: retta rispetto alle tracce di sfaldatura e all'allungamento nelle sezioni prismatiche; lungo le diagonali dei quadrati definiti dalle sfaldature nelle sezioni basali. Allungamento negativo

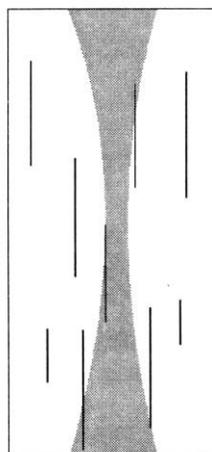
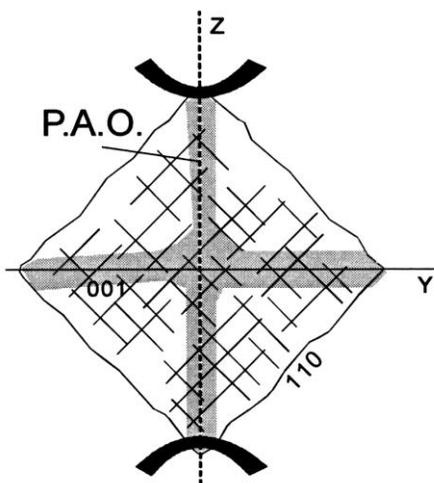
SEGNO OTICO: negativo, ampio ($2V\alpha \approx 80^\circ$)

CARATTERI DIAGNOSTICI: debole pleocroismo (che la distingue da cianite e sillimanite), estinzione retta, rilievo, bassa birifrangenza, abito quadrato/losanga in sezione basale e allungamento – (che la distinguono dai pirosseni rombici)

ALTERAZIONE: generalmente micacea (sericite)



Porfiroblasto di andalusite sezione basale, in fillade



PARAGENESI: polimorfo Al_2SiO_5 di bassa pressione
E' presente nelle metamorfiti di contatto; in quelle regionali di medio grado prodotte da metamorfismo di alto gradiente termico.
Da protoliti argillosi e argilloso-arenacei.

CIANITE o Distene



= 2 forze
in relazione
alla durezza

Nesosilicato Triclinico

$$n_x = 1.710 - 1.718$$

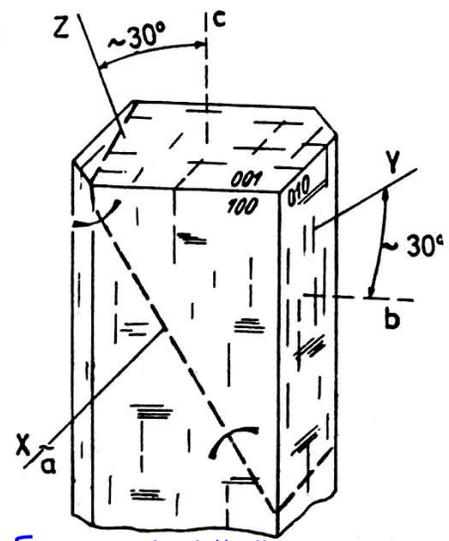
$$n_y = 1.719 - 1.724$$

$$n_z = 1.724 - 1.734$$

$$n_z - n_x = 0.012 - 0.016$$

$$2V_x = 78 - 83^\circ$$

Segno ottico → (-)



Peso specifico = 3.53 - 3.65

Durezza = 5½ - 7

{ 5 su sezioni // allungamento
7 su sezioni ⊥ allungamento

ABITO : cristalli di forma variabile (prismatici, listiformi, poligonali)

COLORE: da incolore a blu molto pallido, pleocroismo (incolore-blu pallido) generalmente non rilevabile in sezioni sottili di spessore standard.

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: medio-bassa, max. colori d'interferenza giallo/arancio-rosso del 1° ord.

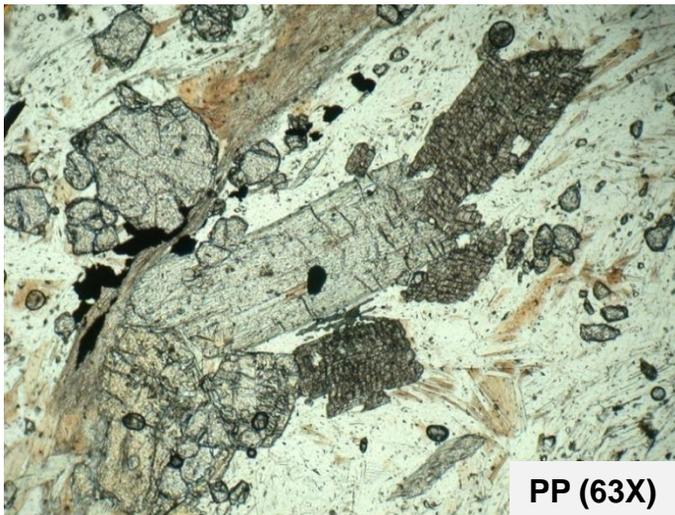
SFALDATURE : perfetta secondo {100}, buona secondo {010}; accentuata divisibilità (parting) secondo {001}

ESTINZIONE: variabile: da $c \wedge Z$ max = $\approx 30^\circ$ su (100), a quasi retta $c \wedge Z = 5-8^\circ$ su (010) e $a \wedge X = 0-3^\circ$ su (001)

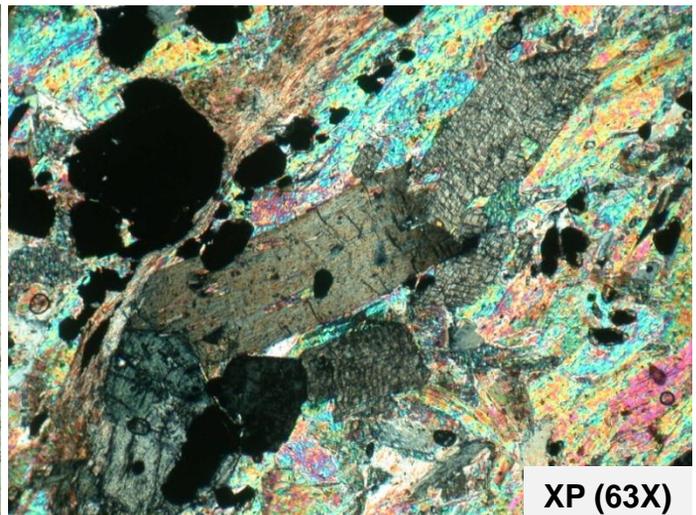
ALLUNGAMENTO: +

SEGNO OTTICO: negativo, ampio ($2V_x \approx 80^\circ$)

CARATTERI DIAGNOSTICI: alto rilievo, angolo di estinzione variabile, sistemi di sfaldatura, allungamento +



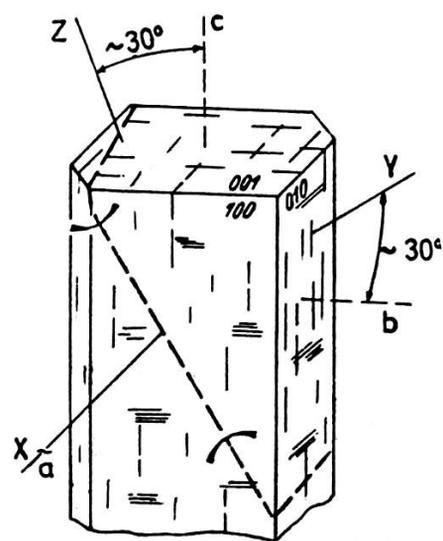
PP (63X)



XP (63X)

Cristalli di cianite in diversi piani cristallografici (in micascisto)

CIANITE o Distene



Nesosilicato Triclino

$$n_x = 1.710 - 1.718$$

$$n_y = 1.719 - 1.724$$

$$n_z = 1.724 - 1.734$$

$$n_z - n_x = 0.012 - 0.016$$

$$2V_x = 78 - 83^\circ$$

Segno ottico → (-)

Peso specifico = 3.53 - 3.65 Durezza = 5½ - 7

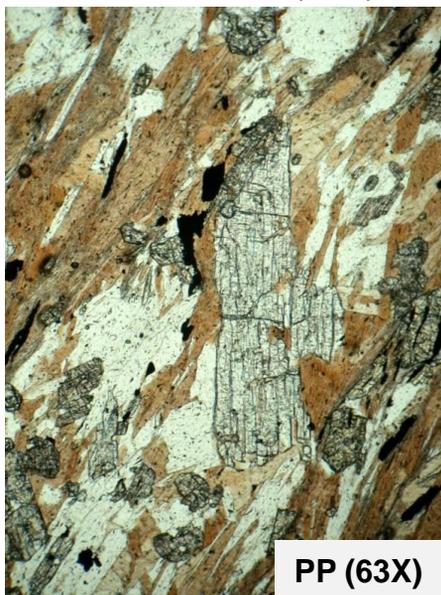
ESTINZIONE: variabile: da $c \wedge Z$ max = $\approx 30^\circ$ su (100), a quasi retta $c \wedge Z = 5-8^\circ$ su (010) e $a \wedge X = 0-3^\circ$ su (001)

ALTERAZIONE:

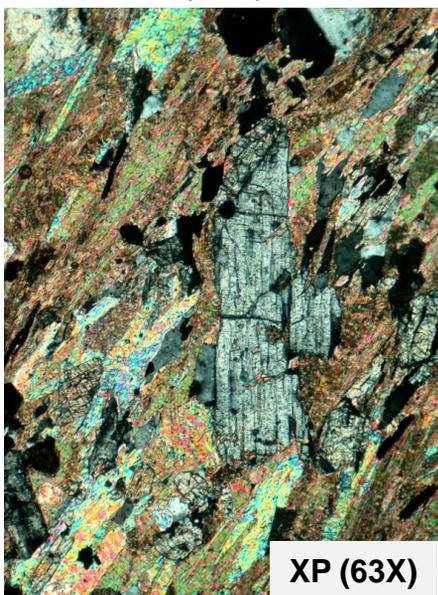
generalmente micacea (sericite)

PARAGENESI: polimorfo Al_2SiO_5 di alta P; da protoliti pelitici in scisti e paragneiss di basso-medio gradiente termico, e in granuliti di alta pressione.

Talvolta presente anche in eclogiti.

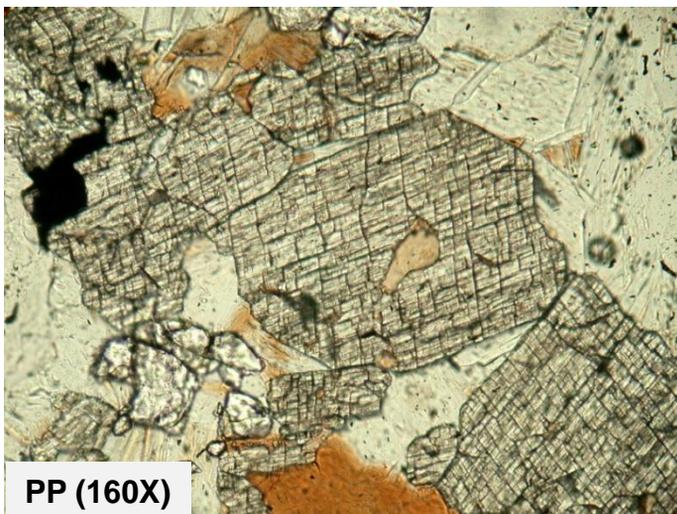


PP (63X)

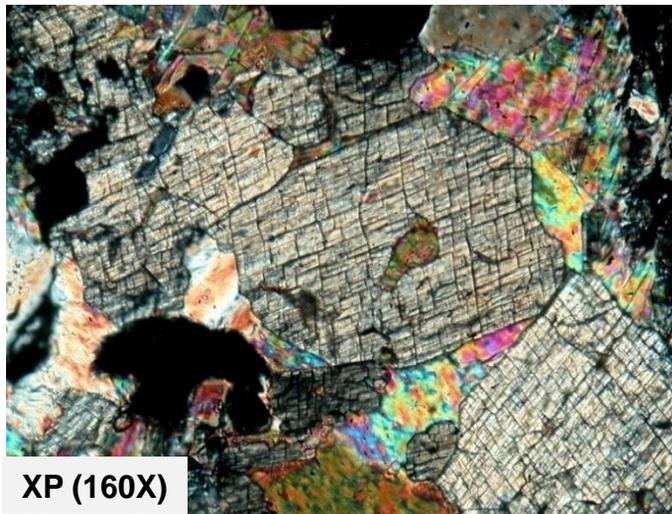


XP (63X)

Sopra: cianite in sezione 100; sotto in sezione 001 (in micascisto)



PP (160X)



XP (160X)

SILLIMANITE



Nesosilicato Rombico

$$n_x = 1.653 - 1.661$$

$$n_z - n_x = 0.018 - 0.022$$

$$n_y = 1.657 - 1.662$$

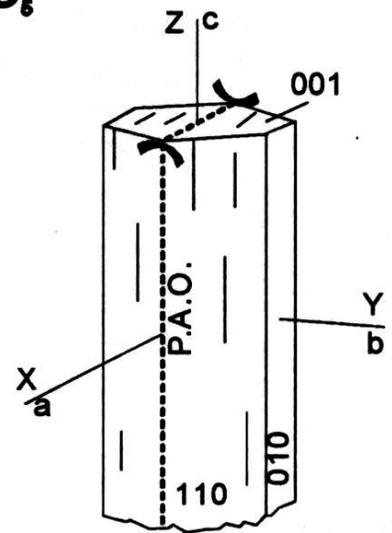
$$n_z = 1.672 - 1.683$$

$$2V_z = 21 - 30^\circ$$

Segno ottico \rightarrow (+)

Peso specifico = 3.23-3.27

Durezza = 6½ - 7½



ABITO : prismatico allungato in sezioni // c, quadrato o rombico in sezioni basali; spesso in aggregati fibrosi-aghiformi-aciculari (**fibrolite**);

COLORE: incolore **RILIEVO**: alto

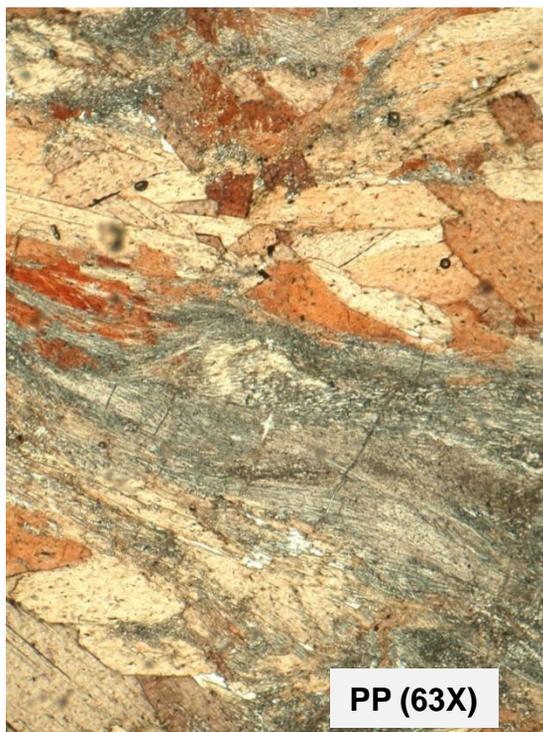
BIRIFRANGENZA: alta, colori max d'interferenza porpora-violetto del II° ordine sulle sezioni prismatiche

SFALDATURA : 1 solo sistema, buono secondo {010}. **ALLUNGAMENTO**: +

ESTINZIONE: retta rispetto alle tracce di sfaldatura e all'allungamento.

SEGNO OTTICO: positivo, $2V_y$ piccolo (20-30°) controllato sulle sezioni basali.

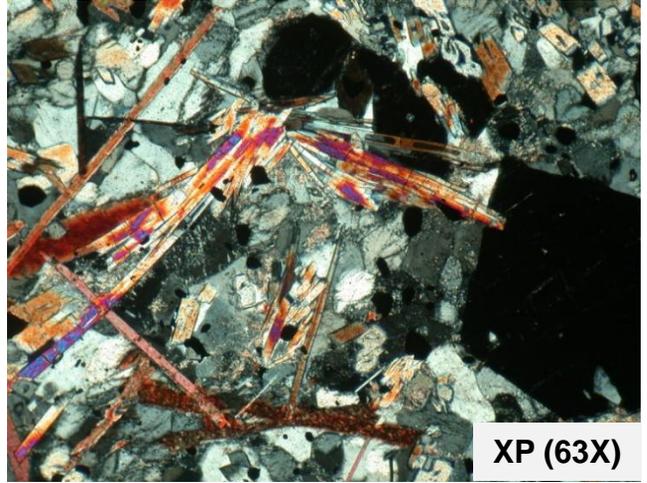
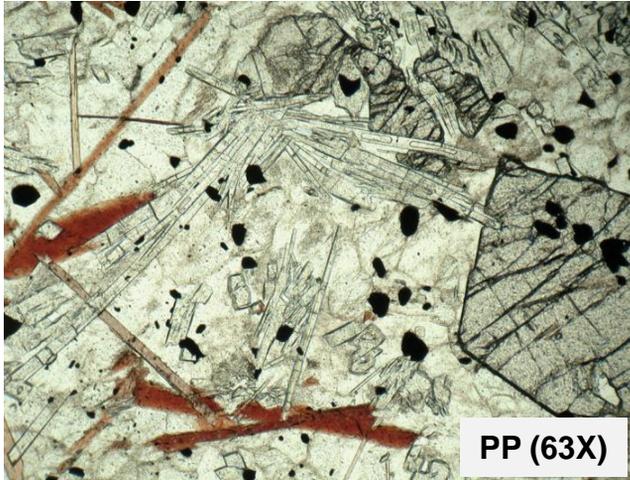
CARATTERI DIAGNOSTICI: l'abito aciculare nella varietà **fibrolite**, alti colori di interferenza, allungamento positivo, estinzione retta, piccolo $2V_y$.



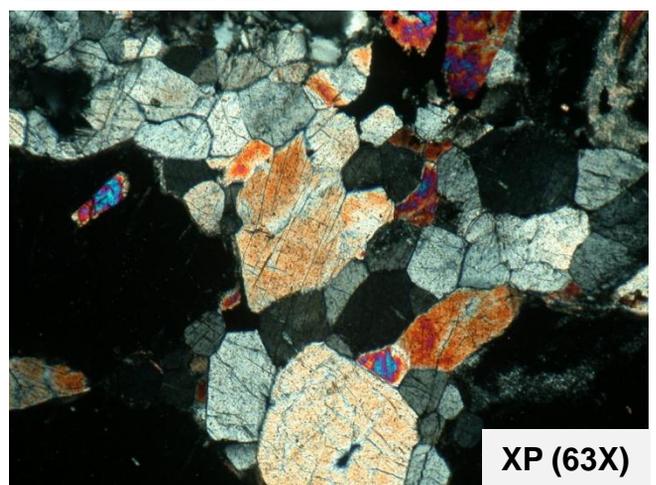
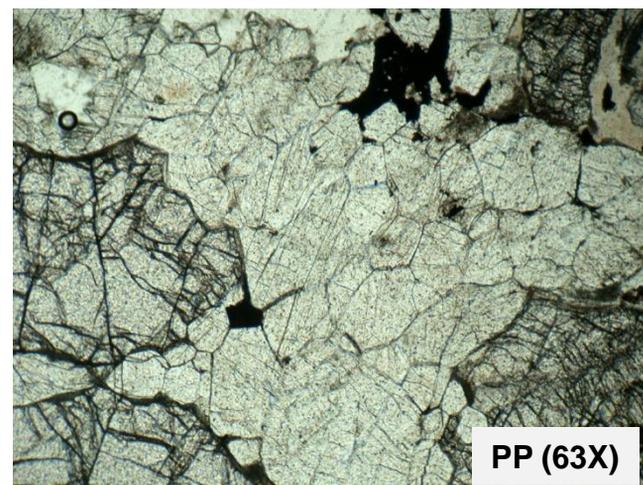
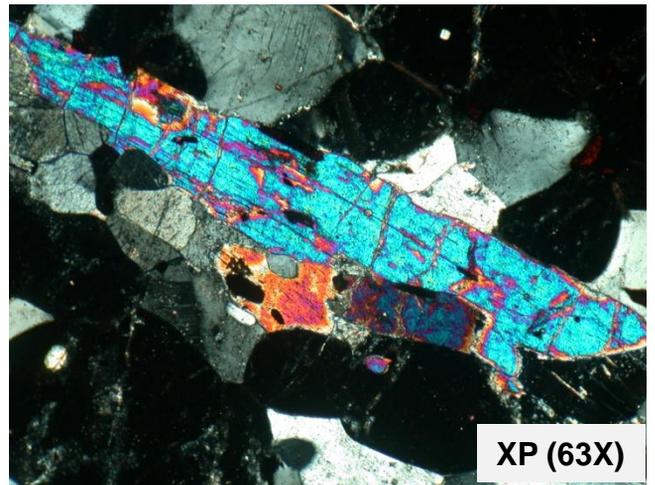
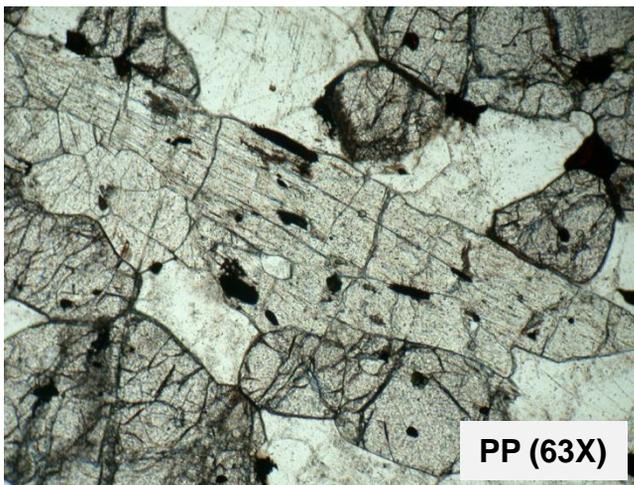
Fibrolite in paragneiss (facies anfibolitica di alto grado, Formazione Kinzigitica, Zona Ivrea-Verbano)

SILLIMANITE

PARAGENESI: polimorfo Al_2SiO_5 di media-alta temperatura ; presente tipicamente nelle metamorfiti di alto grado metamorfico, regionali e di contatto. Nelle metamorfiti regionali in facies anfibolitica di alto grado è tipicamente presente come fibrolite; nella facies granulitica in cristalli prismatici. Da protoliti argillosi e argilloso-arenacei.



Sillimanite aghiforme in paragneiss in facies anfibolitica di alto grado (Kinzigite, zona Ivrea-Verbano)



Sillimanite prismatica in granulite metapelitica: in sezione parallela a c (al centro) ed in sezione basale (sotto) (Formazione kinzigitica, setti all'interno del Complesso Basico Ivrea-Verbano)

EPIDOTI

SOROSILICATI – ROMBICI e MONOCLINI

formula generale



X = Ca, Ce, La, Y, Th, Fe²⁺, Mn²⁺, Mn³⁺

Y = Al, Fe³⁺, Mn³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Ti

Z = Si

I termini più comuni sono:

ZOISITE



rombico

CLINOZOISITE



monoclino

EPIDOTO



monoclino

PIEMONTITE



monoclino

ALLANITE (Ca, Ce, La, Mn, Y, Th)₂(Fe³⁺, Fe²⁺, Ti)(Al, Fe³⁺)₂ [SiO₄][Si₂O₇](O, OH)
(Ortite)

monoclino

In sezione sottile si presentano o in cristalli singoli con abito prismatico allungato secondo l'asse b, o in aggregati granulari. Caratteristica è la zonatura nei cristalli (variazione composizionale) che si traduce in una variazione dei colori d'interferenza. Colore, schema del pleocroismo, tipo di estinzione, colori d'interferenza e segno ottico servono a distinguere i diversi epidoti. Il rilievo è alto, simile a quello dei pirosseni.

	metamorfiti		magmatiti
Allanite	(X)	X	(graniti/graniti alcalini)
Epidoto	X	(X)	(rocce granitoidi)
Zoisite	X	((X))	(prodotti di alterazione
Clinozoisite	X	((X))	dei plagioclasii)
Piemontite	X		

ZOISITE $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}^{3+},\text{Mn}^{3+})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7](\text{O,OH})$

Sorosilicato Rombico

$n_x = 1.685 - 1.705$

$n_y = 1.688 - 1.710$

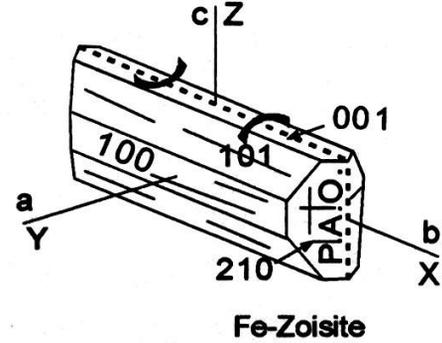
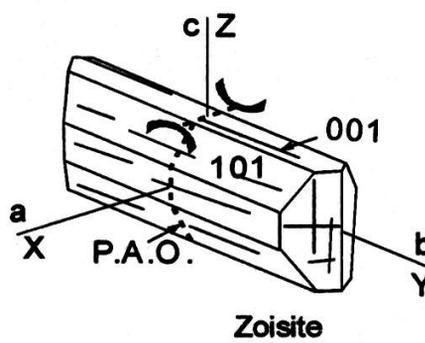
$n_z = 1.697 - 1.725$

$n_z - n_x = 0.003 - 0.008$

$2V_z = 0 - 69^\circ$

Segno ottico $\rightarrow (+)$

Peso specifico = 3.15 - 3.37 Durezza = 6 - 7



ABITO : cristalli singoli allungati o aggregati granulari

COLORE: incolore.

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: la Fe-zoisite ha colori d'interferenza grigio del 1° ordine [PAO (100)]; i termini meno ferriferi [PAO (010)] hanno colori d'interferenza anomali sull'azzurro bluastro

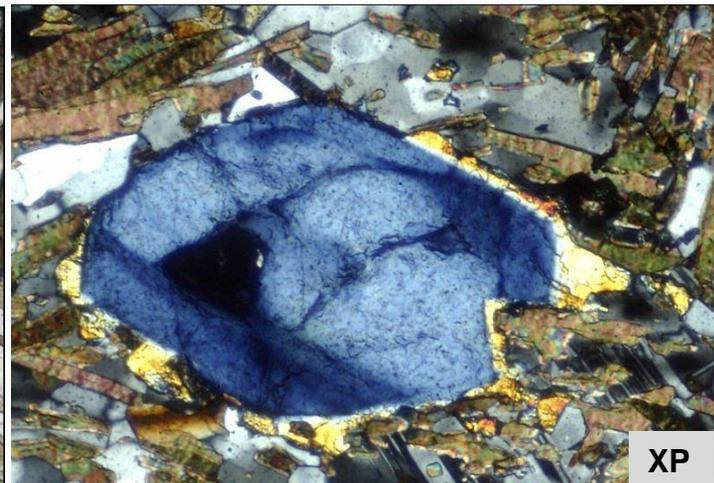
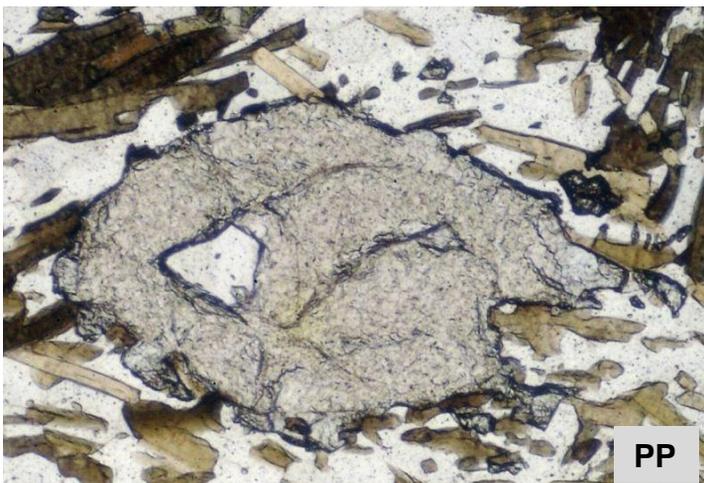
SFALDATURA : perfetta secondo {100}, imperfetta secondo {001}

ESTINZIONE: parallela rispetto all'allungamento e alle tracce di sfaldatura

SEGNO OTTICO: positivo.

CARATTERI DIAGNOSTICI: incolore, estinzione retta, colori d'interferenza anomali

PARAGENESI: minerale tipico delle metamorfiti regionali di basso-medio grado da protoliti calcarei, calcari impuri, magmatiti basiche



Zoisite con sottile bordo di clinozoisite

CLINOZOISITE



Sorosilicato Monoclino

$$n_x = 1.670 - 1.718$$

$$n_y = 1.670 - 1.725$$

$$n_z = 1.690 - 1.734$$

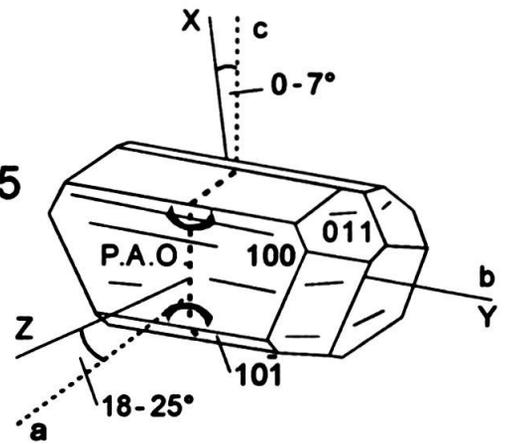
$$n_z - n_x = 0.004 - 0.015$$

$$2V_z = 14 - 90^\circ$$

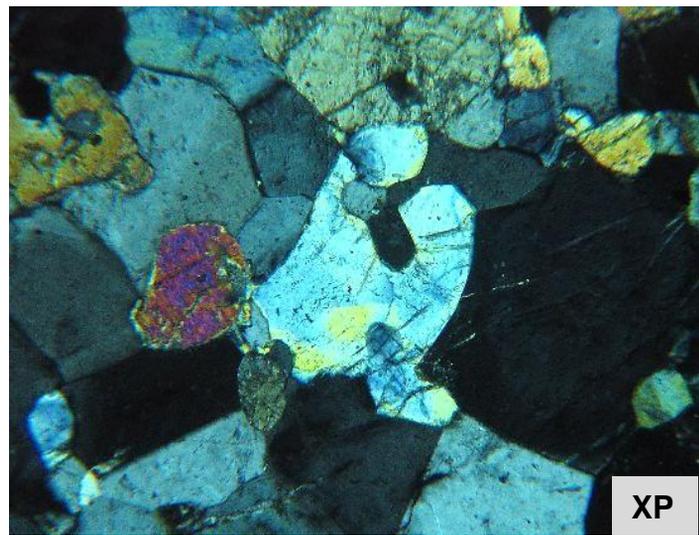
Segno ottico $\rightarrow (+)$

Peso specifico = 3.21 - 3.38

Durezza = $6\frac{1}{2}$

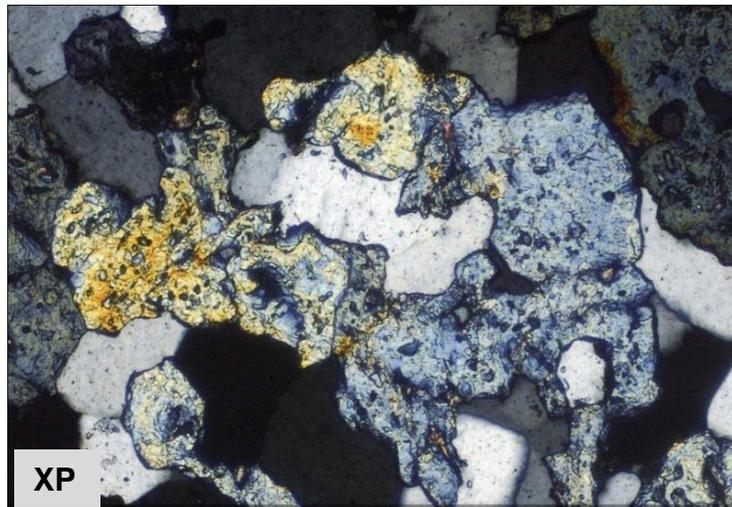


CARATTERI DIAGNOSTICI: molto simile alla zoisite, si distingue da questa per l'estinzione inclinata e dall'epidoto per l'assenza di colore



PARAGENESI:

minerale tipico di rocce metamorfiche di medio-basso grado derivate da calcari impuri e rocce magmatiche basiche



EPIDOTO



Sorosilicato Monoclino

$$n_x = 1.715 - 1.751$$

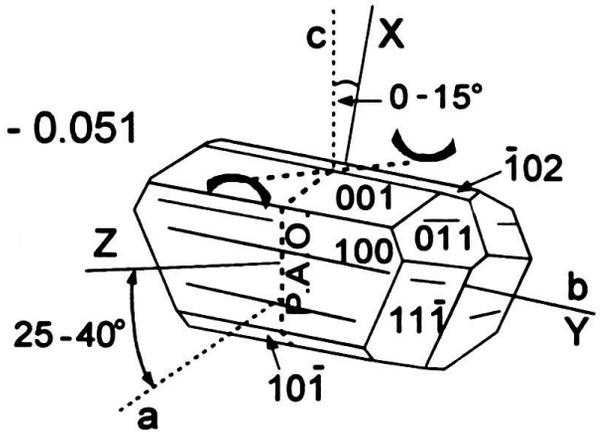
$$n_y = 1.725 - 1.784$$

$$n_z = 1.734 - 1.797$$

$$n_z - n_x = 0.015 - 0.051$$

$$2V_x = 64^\circ - 90^\circ$$

Segno ottico → (-)



Peso specifico = 3.38 - 3.49 Durezza = 6

ABITO : cristalli singoli allungati o aggregati granulari

COLORE: da incolore a verde pallido; pleocroismo debole da incolore o verde pallido a giallo-verde a verde-giallo.

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: da moderata a forte, colori d'interferenza variabili molto vivaci, che variano all'interno dei singoli cristalli

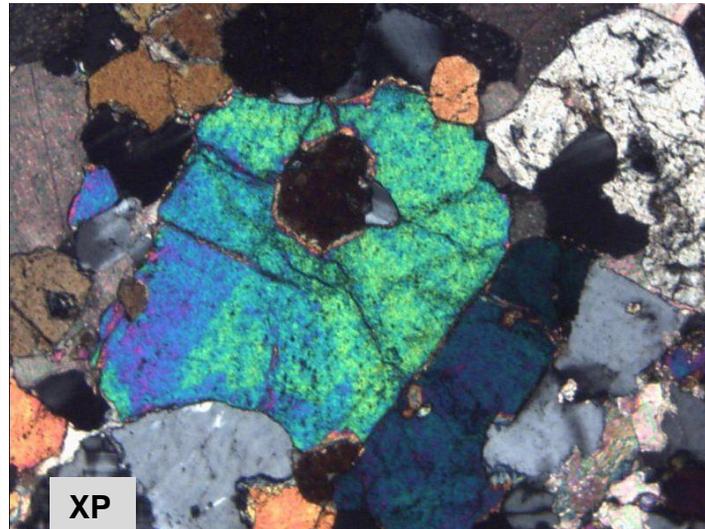
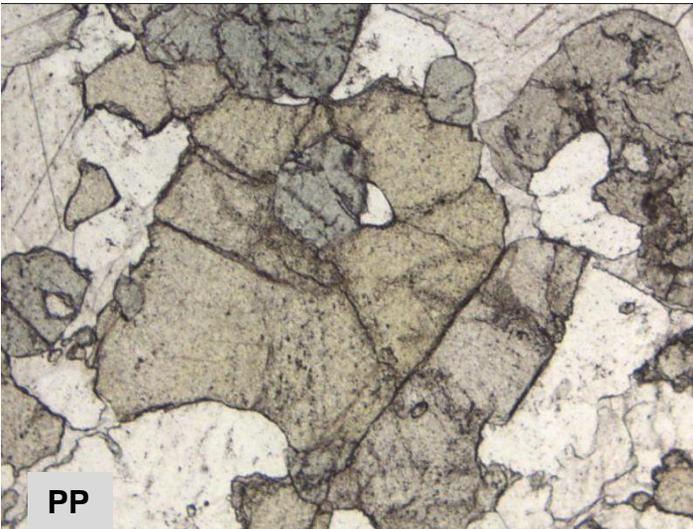
SFALDATURA : perfetta secondo {100}

ESTINZIONE: inclinata

SEGNO OTTICO: negativo

CARATTERI DIAGNOSTICI: si distingue dalla zoisite/clinozoisite per il colore il pleocroismo e i colori d'interferenza

PARAGENESI: minerale tipico delle metamorfiti di basso-medio grado da protoliti calcarei, calcari impuri, magmatiti basiche. Presente anche nelle metamorfiti di contatto.



CORDIERITE $(\text{Mg,Fe})_2(\text{Si}_5\text{Al}_4\text{O}_{18}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Ciclosilicato Rombico

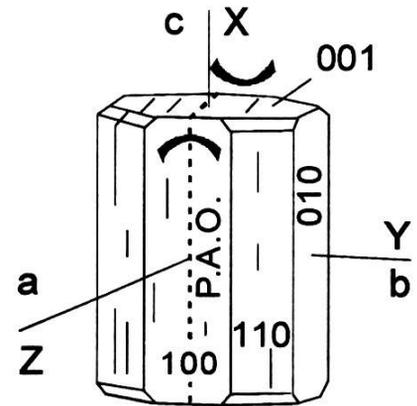
$$n_x = 1.527 - 1.560 \quad n_z - n_x = 0.008 - 0.018$$

$$n_y = 1.532 - 1.574$$

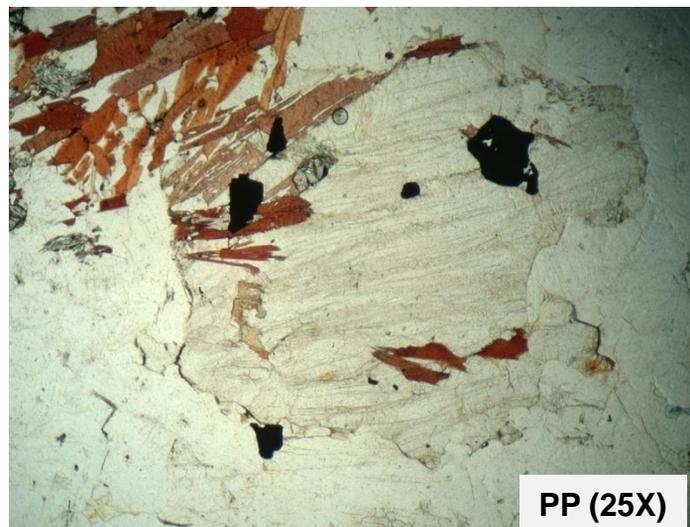
$$n_z = 1.537 - 1.578 \quad 2V_x = 35 - 106^\circ$$

Segno ottico $\rightarrow (-)(+)$

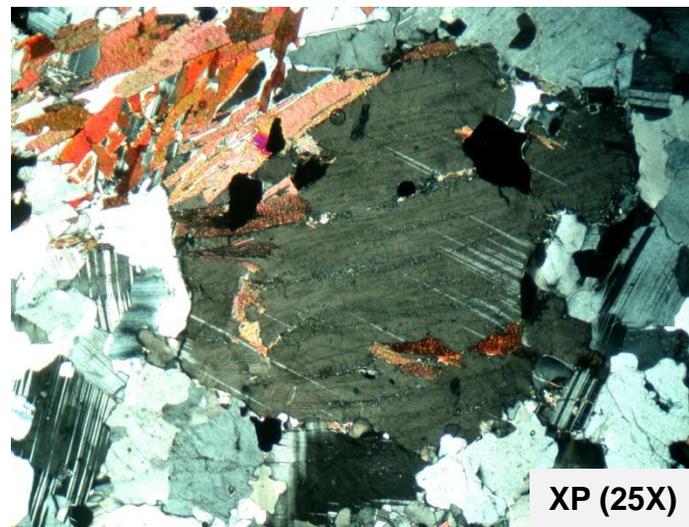
Peso specifico = 2.53 - 2.78 Durezza = 7



- ABITO :** cristalli granulari anedrali oppure prismatici tozzi o pseudoesagonali
COLORE: incolore. Se alterata è giallognola
RILIEVO: assente
BIRIFRANGENZA: bassa, con colori d'interferenza grigio-bianchi del 1° ordine
SFALDATURA : distinta secondo {010}
ESTINZIONE: retta, non sempre determinabile. **Allungamento –**
SEGNO OTTICO: generalmente negativo, ma qualche volta anche positivo.
GEMINAZIONI: frequenti, sia semplici che polisintetiche-lamellari, con lamelle tra di loro parallele o incrociate con angoli di 30°, 60°, 90°; frequenti le geminazioni polisintetiche a sviluppo ciclico oppure concentrico, stellato, radiale.



PP (25X)



XP (25X)

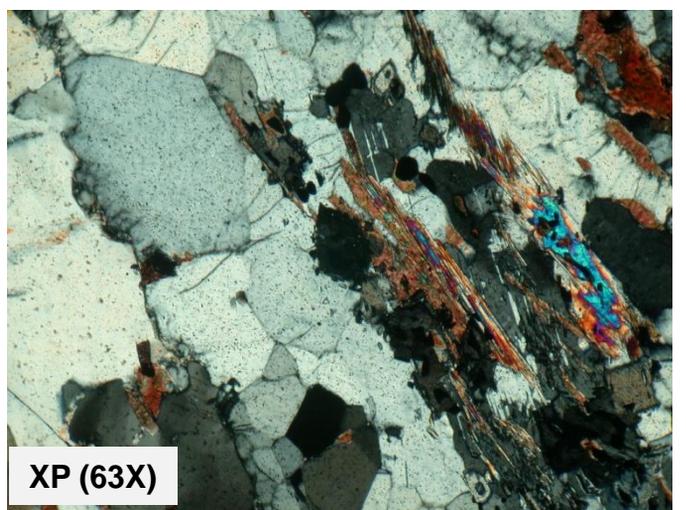
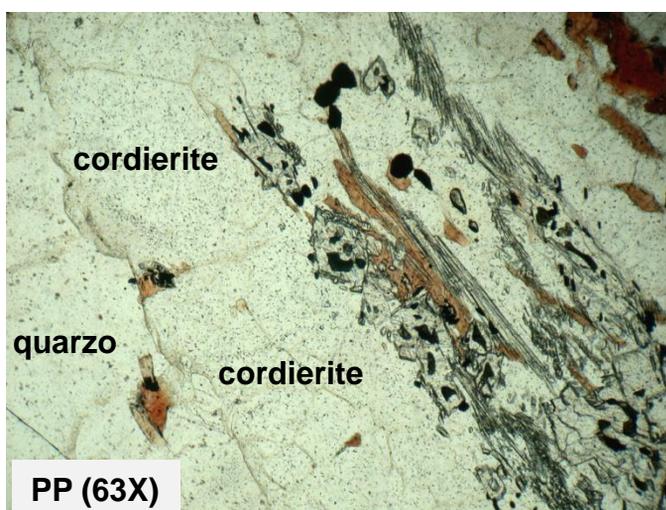
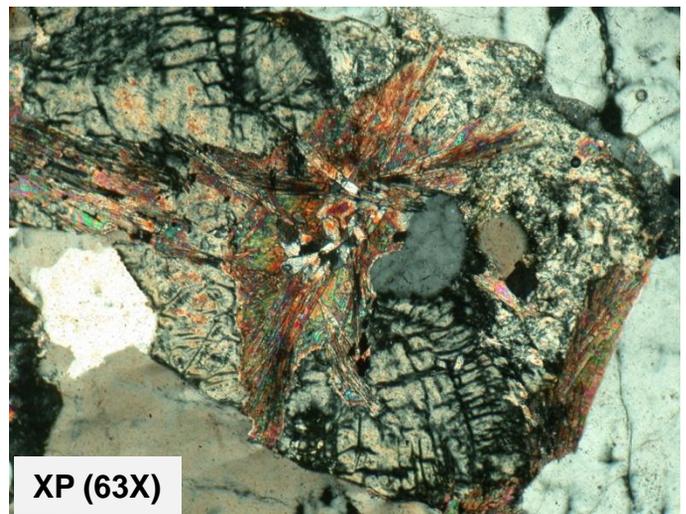
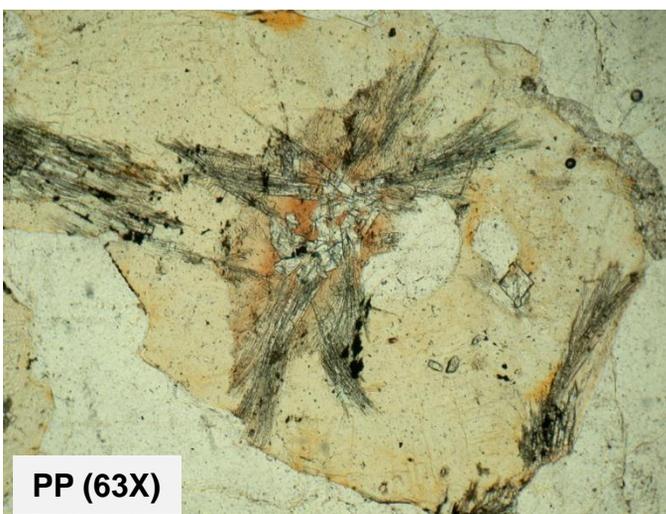
Cordierite in paragneiss a gt-sill-bt in facies anfibolitica di alto grado (Kinzigite, zona Ivrea-Verbano)

CORDIERITE

ALTERAZIONE: frequente in prodotti micacei, cloritici, talco, (si dice **pinitizzazione** della cordierite) che conferiscono un tipico giallognolo e spesso aiutano nell'identificazione del minerale

CARATTERI DIAGNOSTICI: può essere scambiata per feldspato alcalino o quarzo o plagioclasio (per le geminazioni polisintetiche). Aiuta nel riconoscimento l'alterazione ed il fatto che i cristalli sono generalmente ricchi di inclusioni (quarzo, fibre sillimanitiche, ecc..) tra cui zirconi circondati da un'aureola giallognola (aureola policroica).

PARAGENESI: minerale "indice" del medio grado del metamorfismo regionale (facies anfibolitica) da protoliti pelitici/pelitico-arenacei. Stabile a temperature medio-alte e pressione variabile medio-bassa (le Fe-cordieriti sono stabili a pressioni molto basse, le Mg-cordieriti a pressioni medie). Presente anche nelle metamorfiti di contatto.



Sopra: cordierite pinitizzata che include fibrolite. Sotto: minuti blasti poligonali di cordierite con fibrolite. In paragneiss a gt-sill-bt in facies anfibolitica di alto grado (Formazione Kinzigitica, Ivrea-Verbano)

STAUROLITE



Nesosilicato Monoclinico Pseudorombico

$$n_x = 1.736 - 1.747$$

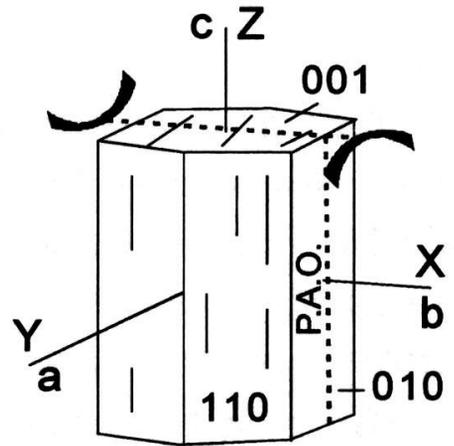
$$n_y = 1.742 - 1.753$$

$$n_z = 1.748 - 1.761$$

$$n_z - n_x = 0.011 - 0.013$$

$$2V_z = 80^\circ - 90^\circ$$

Segno ottico → (+)



Peso specifico = 3.74 - 3.83 Durezza = 7½

ABITO: generalmente in cristalli a grana grossa, idiomorfi, con habitus prismatico, dal contorno rettangolare, a rombo o a esagono. Spesso contiene numerose minute inclusioni di altri minerali (peciloblasti)

COLORE: giallo oro pallido; pleocroismo distinto specie nelle sezioni // asse c da incolore-giallo pallido a giallo oro

RILIEVO: alto

BIRIFRANGENZA: bassa, colori d'interferenza massimi gialli del 1° ordine, mascherati dal colore proprio del minerale

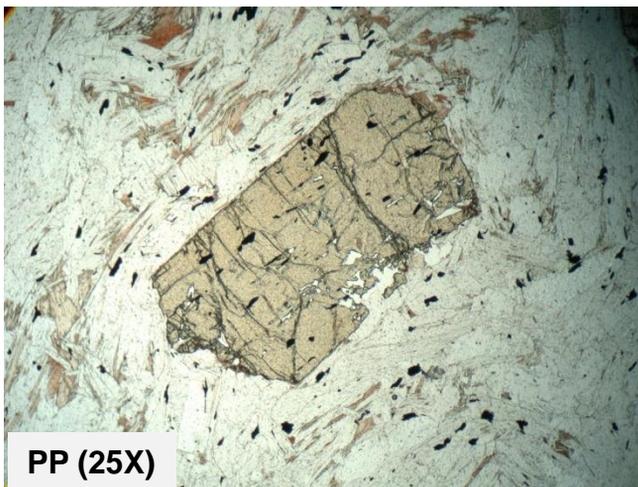
SFALDATURA: molto poco evidente ed imperfetta (010)

ESTINZIONE: parallela rispetto ai lati dei cristalli prismatici. **Allungamento +**

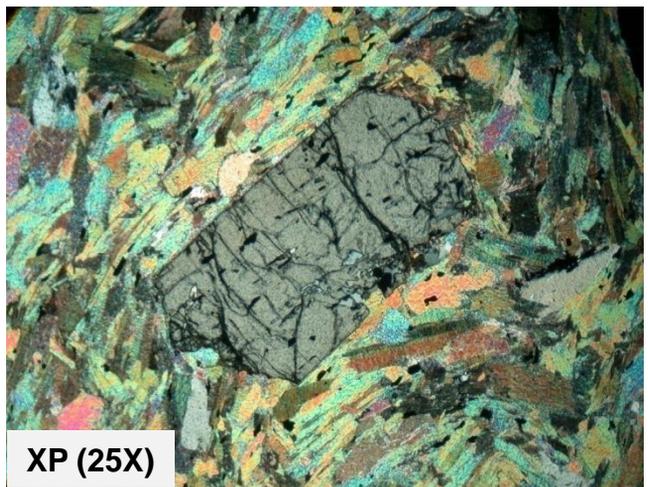
GEMINAZIONI: a croce retta o obliqua **ALTERAZIONE:** in sericite e cloriti

CARATTERI DIAGNOSTICI: colore, pleocroismo, habitus

PARAGENESI: E' un minerale "indice" del metamorfismo regionale di medio grado; presente nelle para-metamorfiti di derivazione pelitica



PP (25X)



XP (25X)

Staurolite in scisto a Gt+Mu+Bt in facies anfibolitica di medio grado (Val Pissiria)

GLAUCOFANE



Inosilicato Monoclino

$$n_x = 1.594 - 1.630$$

$$n_z - n_x = 0.023 - 0.020$$

$$n_y = 1.612 - 1.650$$

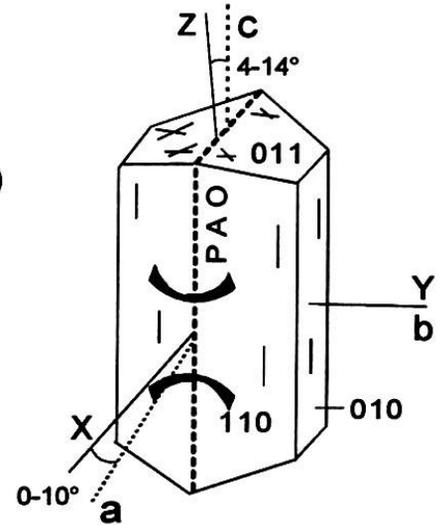
$$n_z = 1.618 - 1.652$$

$$2V_x = 0 - 50^\circ$$

Segno ottico $\rightarrow (-)$

Peso specifico = 3.05 - 3.15

Durezza = 6



ABITO: prismatico allungato, sezioni basali a losanga

COLORE: blu pallido-violetto, medio pleocroismo da incolore-azzurino a blu mare

RILIEVO: elevato

BIRIFRANGENZA: media, colori di interferenza mascherati dal colore proprio del minerale

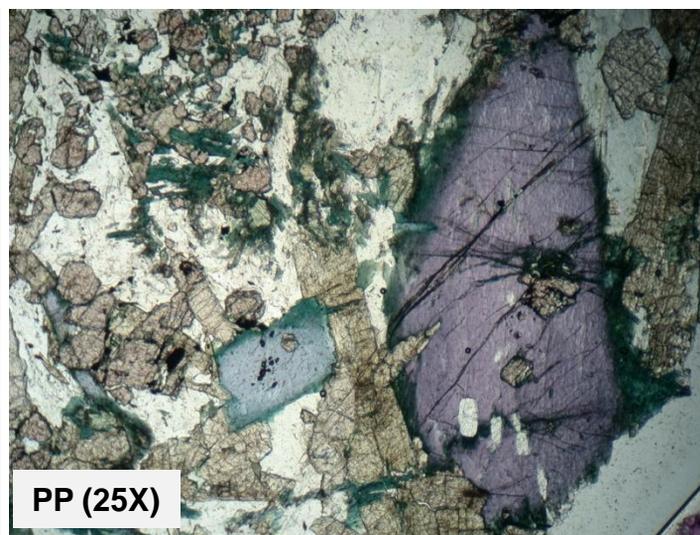
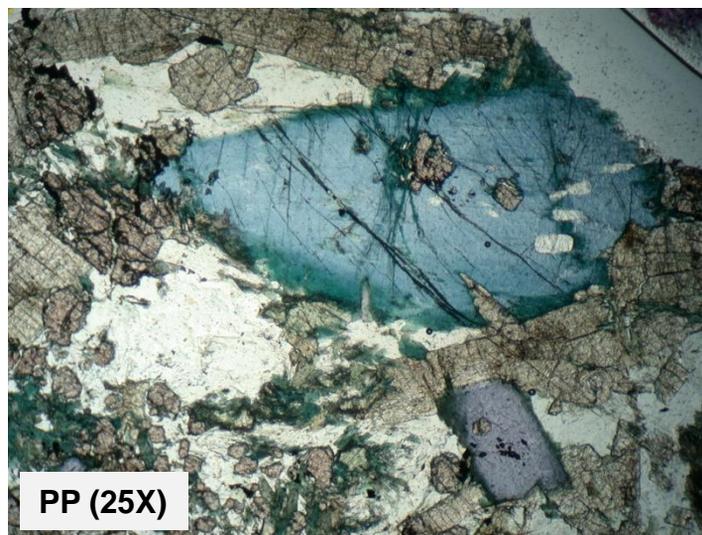
ESTINZIONE: inclinata, $c^{\wedge}Z$ max = 4 - 14° su (010). **ALLUNGAMENTO +**

SFALDATURE: come gli altri anfiboli

CARATTERI DIAGNOSTICI: colore, pleocroismo, piccolo angolo di estinzione.

Macroscopicamente è riconoscibile per il colore blu intenso

PARAGENESI: è presente solo in rocce metamorfiche basiche della "facies degli scisti blu" (alta P, bassa T°), che prende il nome proprio dal colore conferito a queste rocce dal glaucofane.

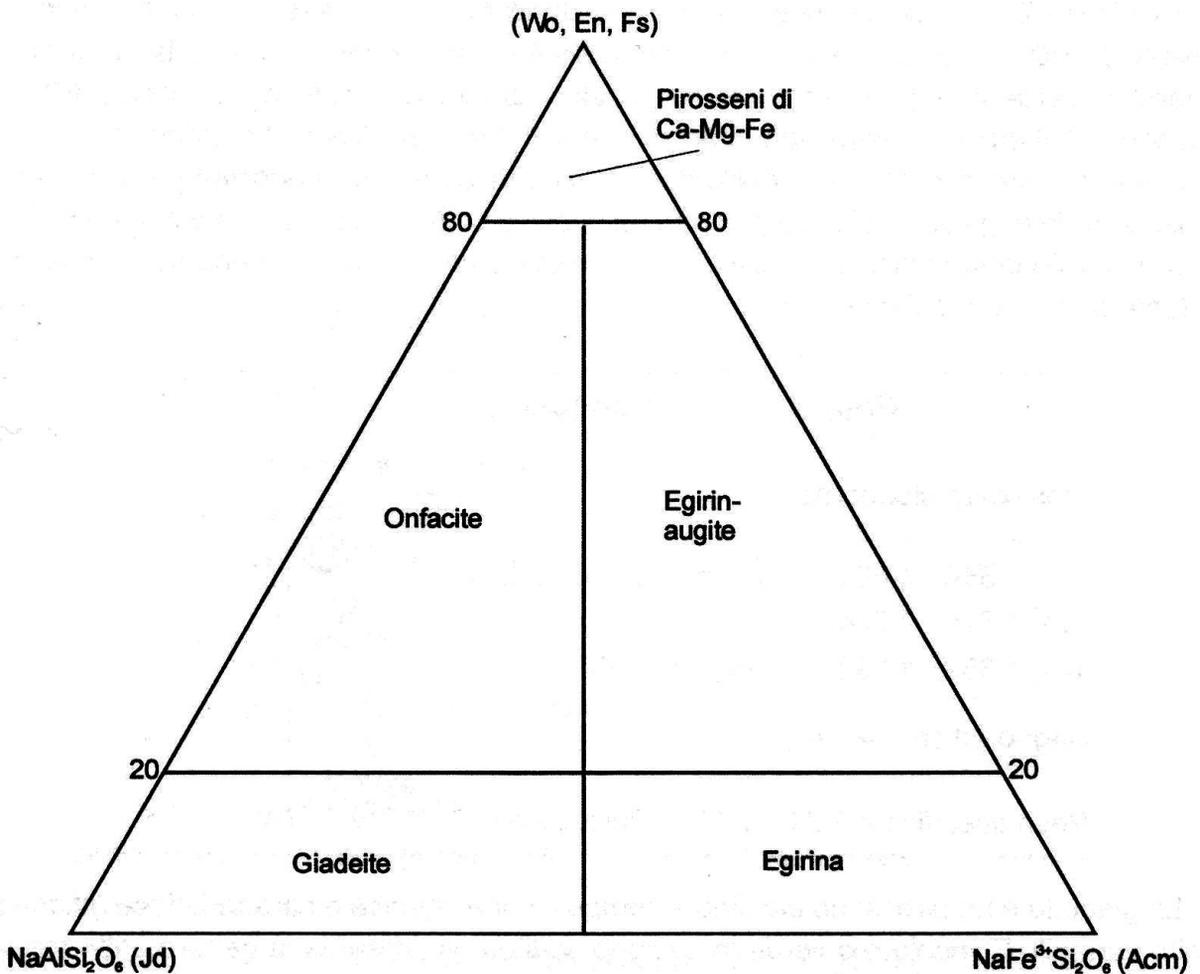


Pleocroismo del glaucofane in metabasite in facies scisti blu

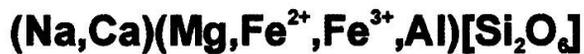
PIROSSENI ALCALINI

Pirosseni monoclini contenenti metalli alcalini come componente principale. La classificazione composizionale è basata sul contenuto molare del componente giadeitico (Jd), acmitico (Acm) ed enstatite+ferrosilite+wollastonite.

Si distinguono 4 termini principali : **egirina**, **egirinaugite**, **onfacite**, **giadeite**



ONFACITE



Inosilicato Monoclino

$$n_x = 1.662 - 1.701$$

$$n_z - n_x = 0.012 - 0.028$$

$$n_y = 1.670 - 1.712$$

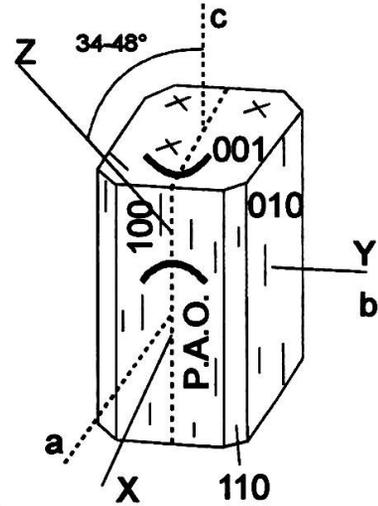
$$n_z = 1.685 - 1.723$$

$$2V_z = 56 - 84^\circ$$

Segno ottico $\rightarrow (+)$

Peso specifico = 3.16-3.46

Durezza = 5-6

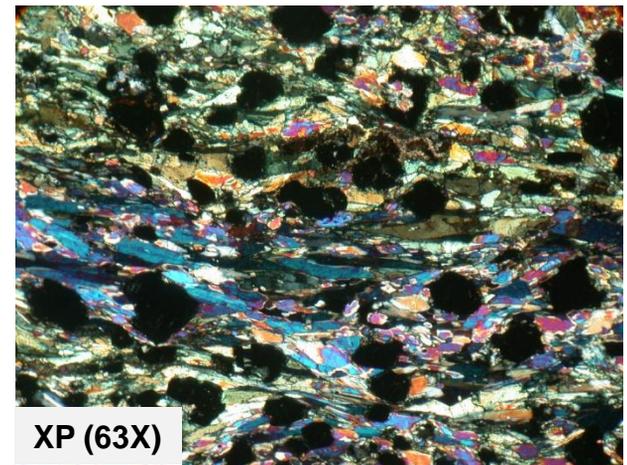
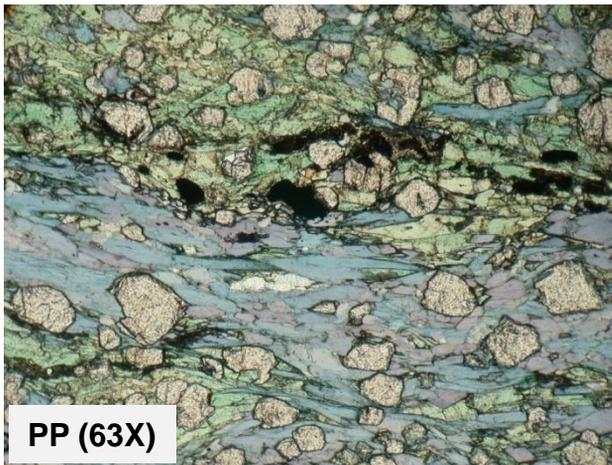
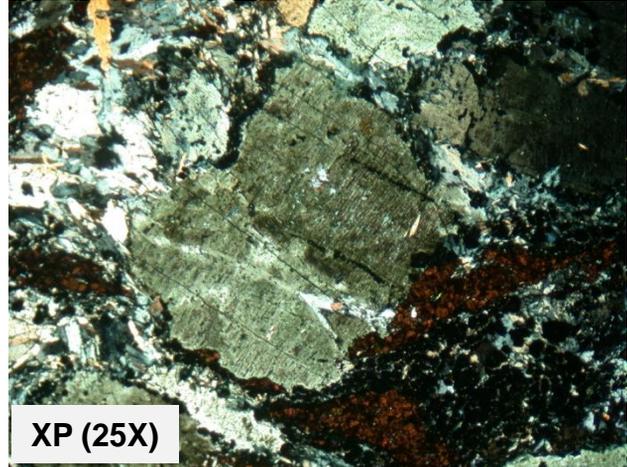
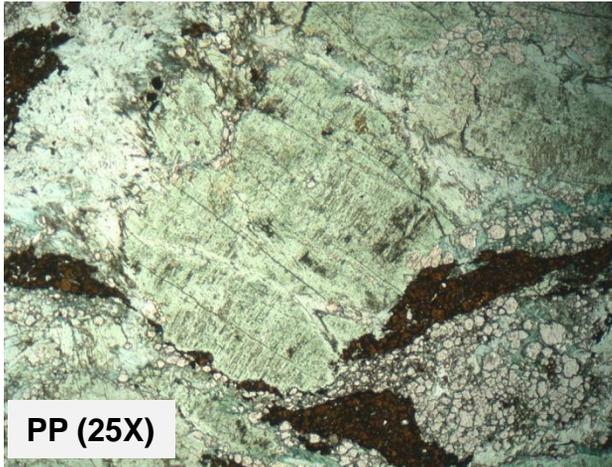


COLORE: verde tenue, pleocroismo molto leggero da incolore a verde molto pallido

ESTINZIONE: inclinata, $c^{\wedge}Z = 34^\circ - 48^\circ$ **ALLUNGAMENTO +**

FIGURA DI INTERFERENZA: biassico +, $2V_y$ alto

PARAGENESI: presente nelle metamorfiti basiche di altissima P e bassa T° (eclogiti)



Onfacite in metagabbri eclogitici, associata a glaucofane (sotto, Passo del Faiallo).
Unità di Voltri, Liguria

GIADEITE**Inosilicato Monoclino**

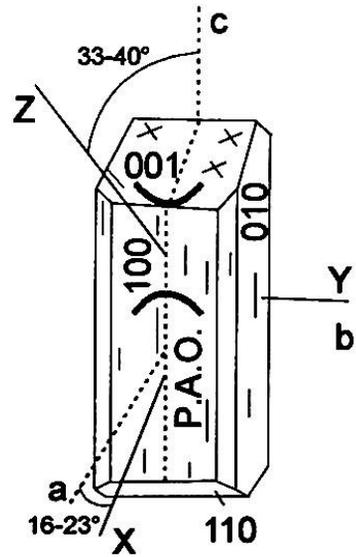
$n_x = 1.640 - 1.681$

$n_z - n_x = 0.006 - 0.021$

$n_y = 1.645 - 1.684$

$n_z = 1.652 - 1.692$

$2V_z = 60 - 96^\circ$

Segno ottico $\rightarrow (+)$ **Peso specifico = 3.24 - 3.43****Durezza = 6**

E' incolore o verde in s.s., debole pleocroismo; è simile all'onfacite, ma ha indici di rifrazione e birifrangenza più bassi.

Minerale presente in rocce metamorfiche di alta P e bassa T° (scisti blu)