



Prof. dr. sc. Dražen Balen

PETROLOGIJA

www.pmf.unizg.hr/geol/predmet/pet

preddiplomski studij
Znanosti o okolišu II godina

On-line predavanja prilagođena CoViD pandemiji

Background photo by Fusion Medical Animation on Unsplash

CILJ KOLEGIJA:

Savladavanje osnovnih znanja iz petrologije magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena potrebnih za postizanje titule prvostupnika na studiju znanosti o okolišu. Osposobljavanje u prepoznavanju, klasifikaciji i osnovnoj interpretaciji geneze najčešćih magmatskih, metamorfnih i sedimentnih stijena. Stječu se znanja potrebna za samostalan rad u kabinetu, laboratoriju, korištenje polarizacijskog mikroskopa, rad na terenu i osnove za praćenje nastave na diplomskom studiju. Na temelju poznavanja raznih stijenskih značajki, studenti će biti u stanju protumačiti procese aktivne u vrijeme nastanka stijene i interpretirati značajke nekadašnjih okoliša, kao i karakter izvornih predjela u kontekstu tektonike ploča. Studenti također stječu znanja o procesima koji utječu na konačni izgled stijena.

Terenska nastava

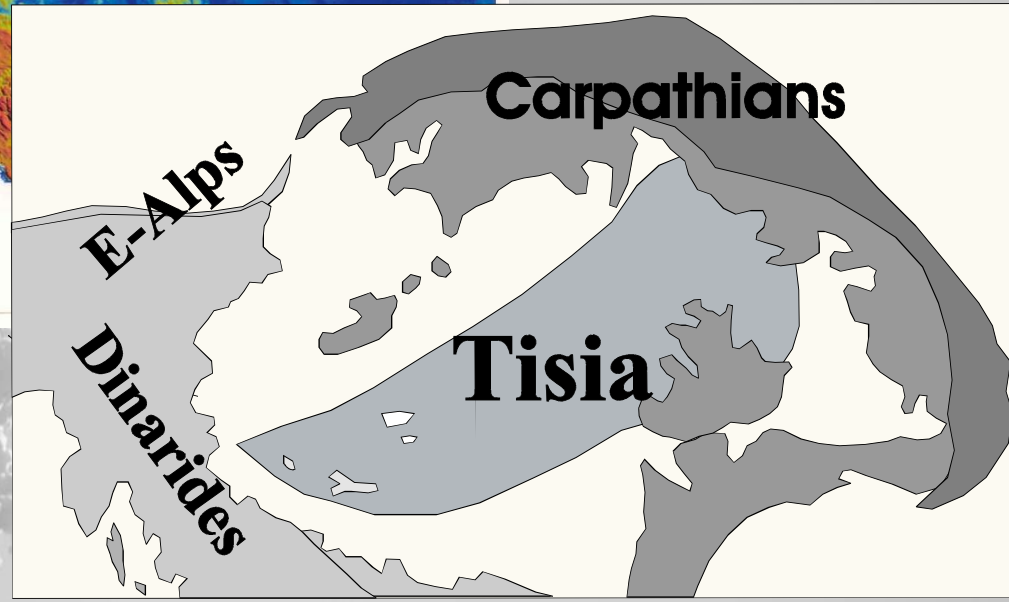
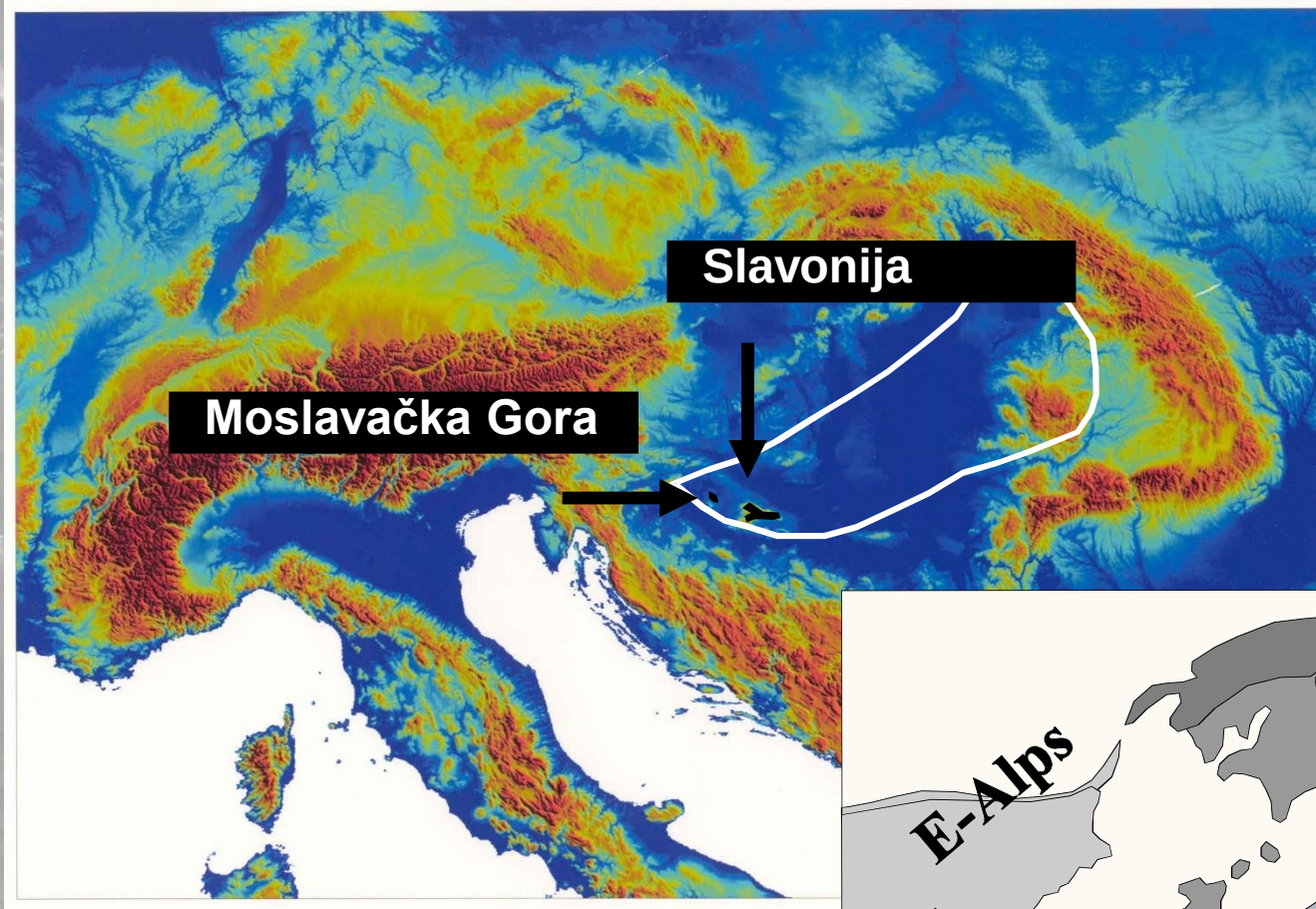
- ⇒ Hrvatsko zagorje, Moslavačka gora
- ⇒ slavonske planine (Psunj, Papuk, Krndija)

Što je petrologija i zašto je studirati?

- Jednostavno – studij stijena
- Grč.; *Petra* – stijena and *Logos* – pojam, misao, razum, objašnjenje
- Studij stijena je praktički izvor svih ideja o Zemljinoj prošlosti
- Poznavanje porijekla, starosti, rasprostiranja stijena pridonosi rješavanju velikog broja problema s kojima se susreće geologija a i prirodoslovlje općenito
- Npr. evolucija magme i procesi nastajanja kore, tektonika ploča, nastanak mineralnih ležišta, ...



Why, what, where?



Od čistog užitka do ispitnog roka

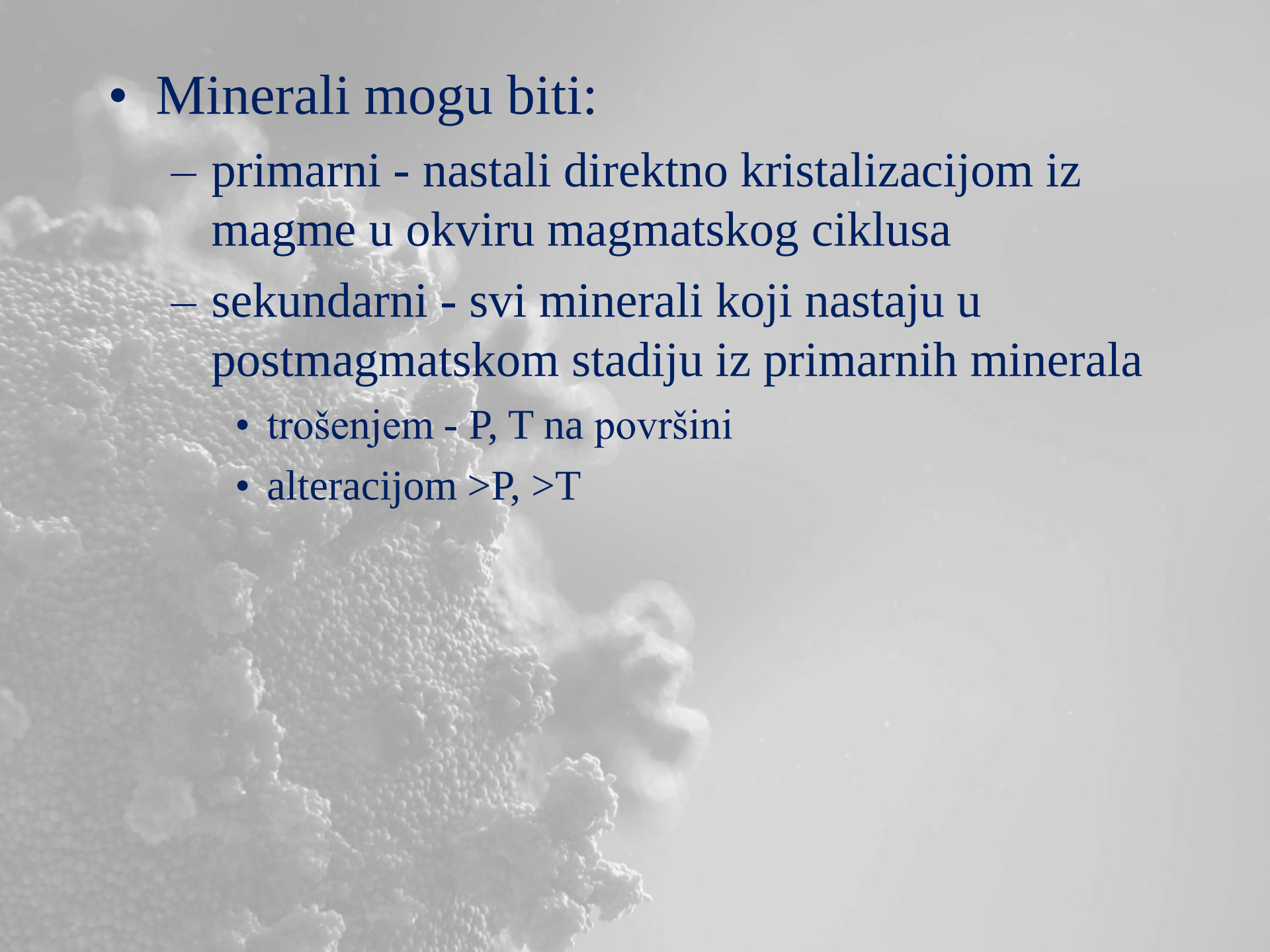


Magmatske stijene

- Magmatska stijena nastala skrutnjavanjem rastaljenog ili djelomično rastaljenog materijala kojeg nazivamo magma
- Metamorfna stijena je nastala iz bilo koje ranije postojeće stijene mineralnim, kemijskim i strukturnim promjenama u čvrstom stanju kao odgovor na promjene P, T, c u dubini Zemlje

Petrogeni minerali

- kristaliziraju iz magme
- Glavni (bitni) minerali - nastali procesom koji je dao stijenu, ima ih $>10\%$,
klasifikacija stijene
- Sporedni (značajni) minerali $< 10\%$,
određuju podvrstu stijene
- Akcesorni nastali specifičnim geološkim događajima ali NE iz primarnih minerala

- 
- Minerali mogu biti:
 - primarni - nastali direktno kristalizacijom iz magme u okviru magmatskog ciklusa
 - sekundarni - svi minerali koji nastaju u postmagmačkom stadiju iz primarnih minerala
 - trošenjem - P, T na površini
 - alteracijom >P, >T

Melanokratski minerali, mafitni, femski

Olivin $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$

Piroksen XYZ_2O_6

- rompski (orto-)
- monoklinski (klino-)

Amfibol $\text{A}_{0-1}\text{X}_2\text{Y}_5\text{Z}_8\text{O}_{22}(\text{OH, F, Cl})_2$

- rompski (orto-)
- monoklinski (klino-)

Biotit $\text{XY}_{2-3}\text{Z}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Flogopit

Leukokratski minerali, salski, felsični

Kvarc SiO_2

Feldspati (alk. feldspati i plagioklasi) - KAlSi_3O_8 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Feldspatoidi $\ll \text{SiO}_2$

Minerali

- Kristalizacija iz magme



Teksture i strukture magmatskih stijena

Tekstura - način na koji su minerali zauzeli prostor u stijeni
homogena, fluidalna, vezikularna, mandulasta, aglomerirana ...

Struktura - važna za određivanje uvjeta postanka (geneza) i za
klasifikaciju stijena

Izražena je:

- stupnjem kristaliniteta (holokristalina, hijalina, hipokristalina, hipohijalina)
- veličinom zrna (makrokristalina, afanitska, mikrokristalina, kriptokristalina)
- oblikom zrna (idiomorfna, hipidiomorfna, alotriomorfna)
- međusobnim odnosom i rasporedom minerala (zrnata, porfirna)

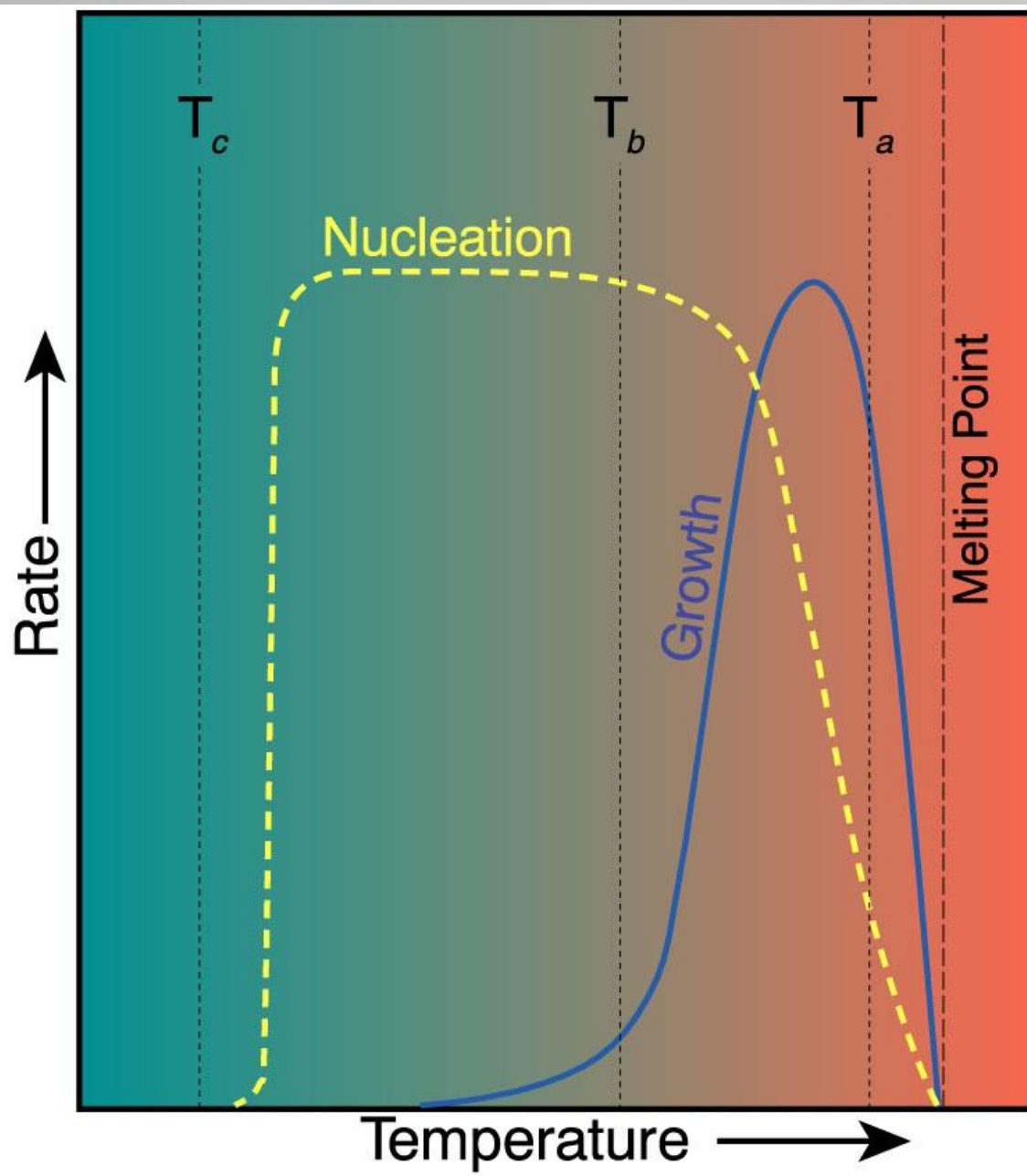
Magmatske strukture

Slika I-1 Grafički prikaz odnosa količine nukleacije i brzine rasta rasta kristala u funkciji temperature ispod točke tališta.

Hlađenje koje neznatno odmiče temperaturu (T_a) od tališta pogoduje brzom rastu i malom broju kristalizacijskih jezgara (nukleacija) te daje svega nekoliko krupnih zrna (efuziv).

Naglo hlađenje udaljava ravninu undercooling (T_b), tako da sporiji rast i brojna nukleacija daje sitnozrnati mineralni agragat (intruziv).

Vrlo naglo hlađenje daje malo ili ništa jezgara, nema rasta (T_c) i nastaje staklo.



Intruziv

Žične

Efuziv



Zrnata struktura

Ofitska struktura

Porfirna struktura

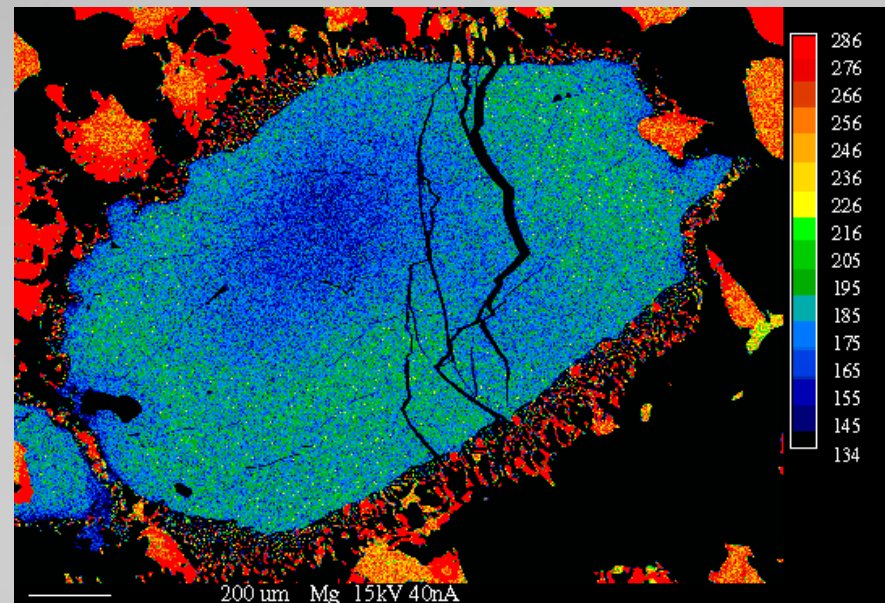
Intruzivne stijene

- idiomorfno zrnata
 - hipidiomorfno zrnata
 - alotriomorfno (ksenomorfno) zrnata
-
- gabro struktura
 - poikilitska struktura



- kelifitska struktura

- pertitska
- mirmekitska
- mikrografska



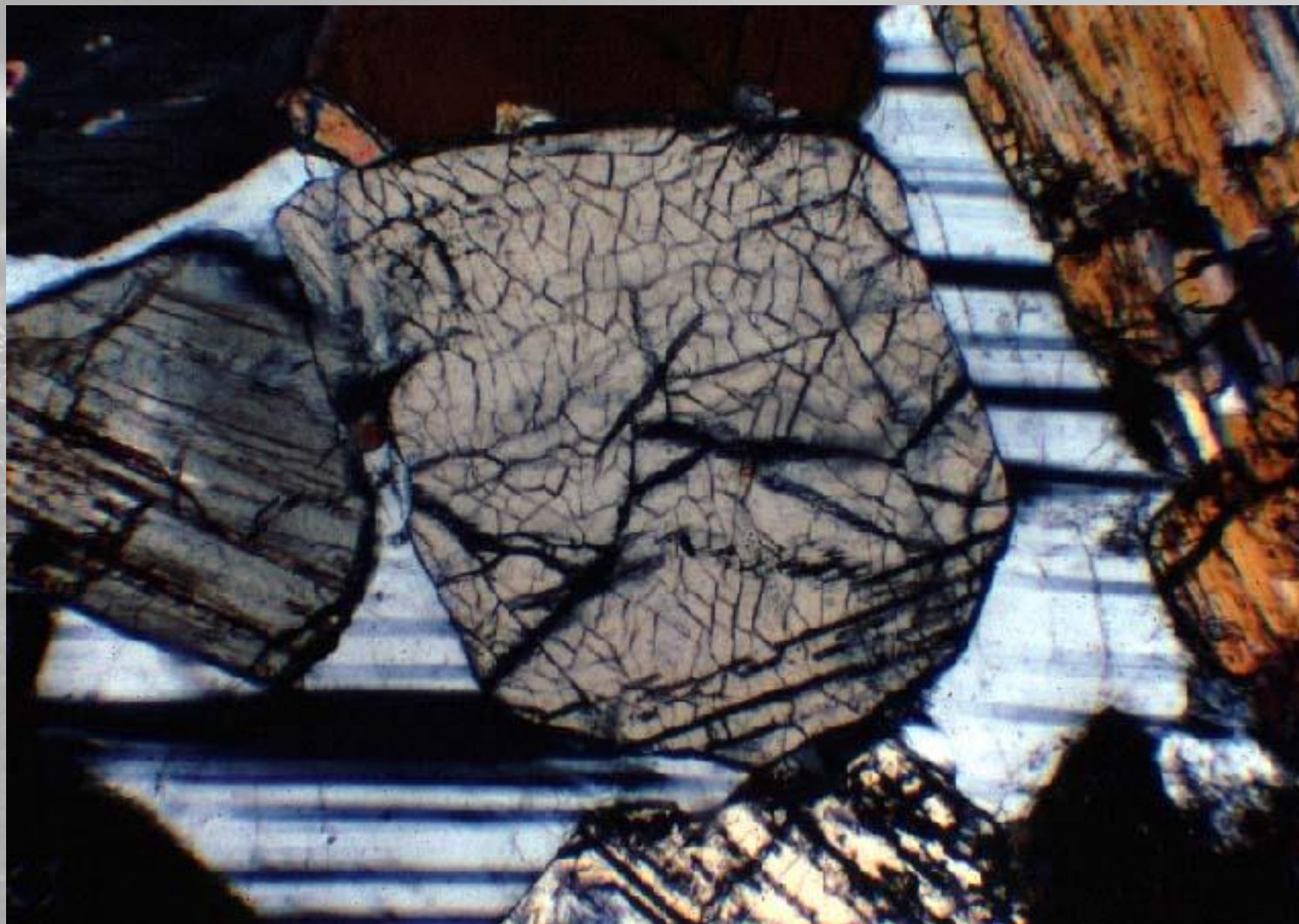
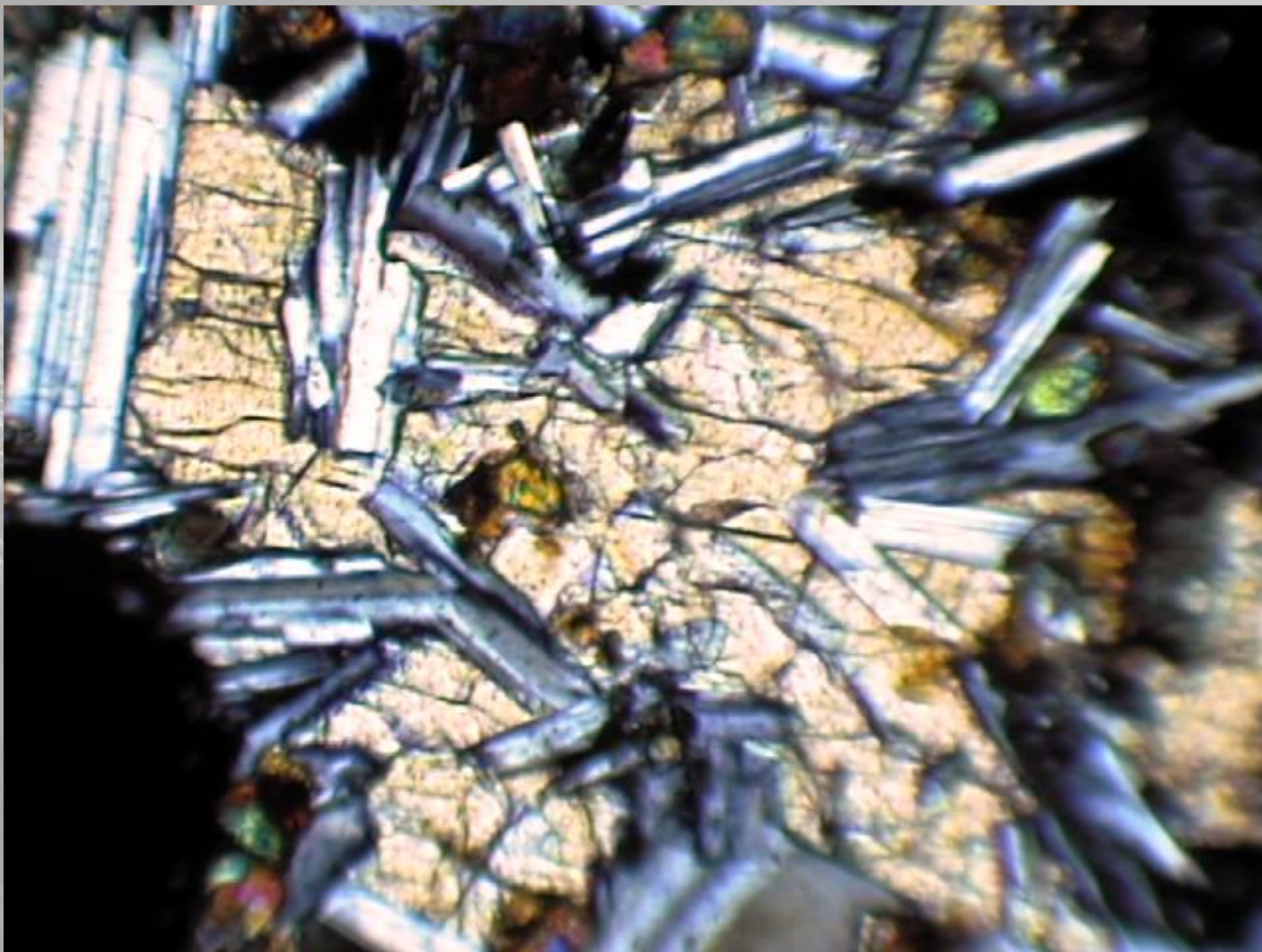
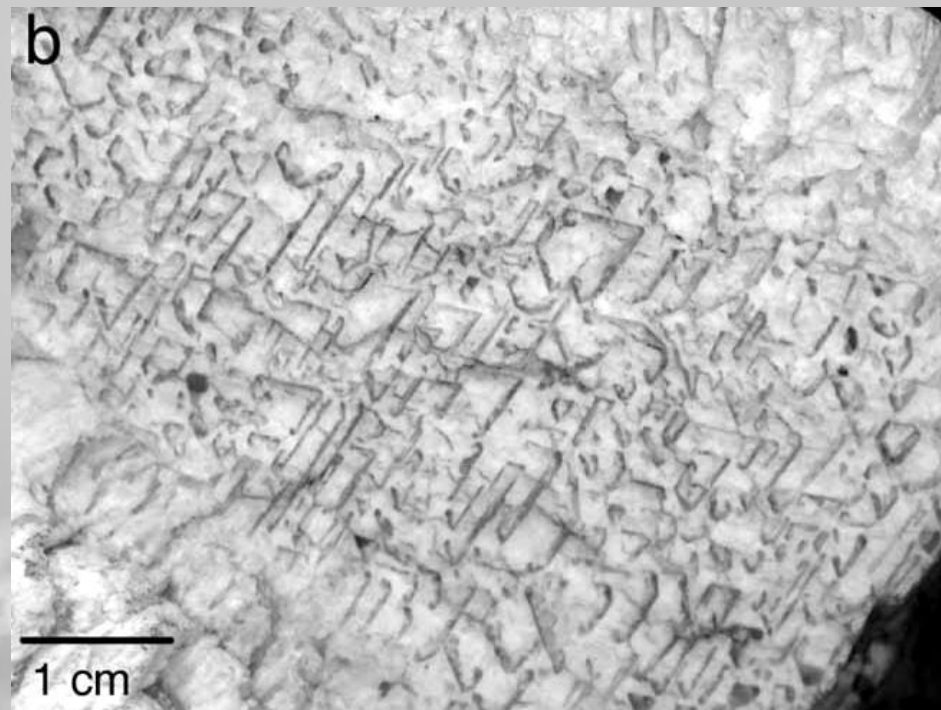
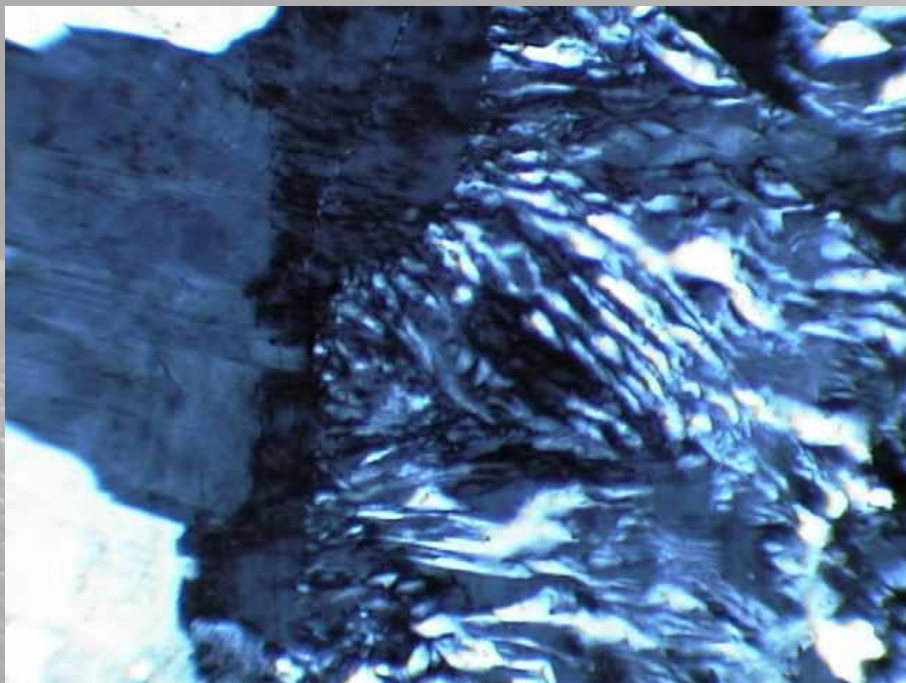


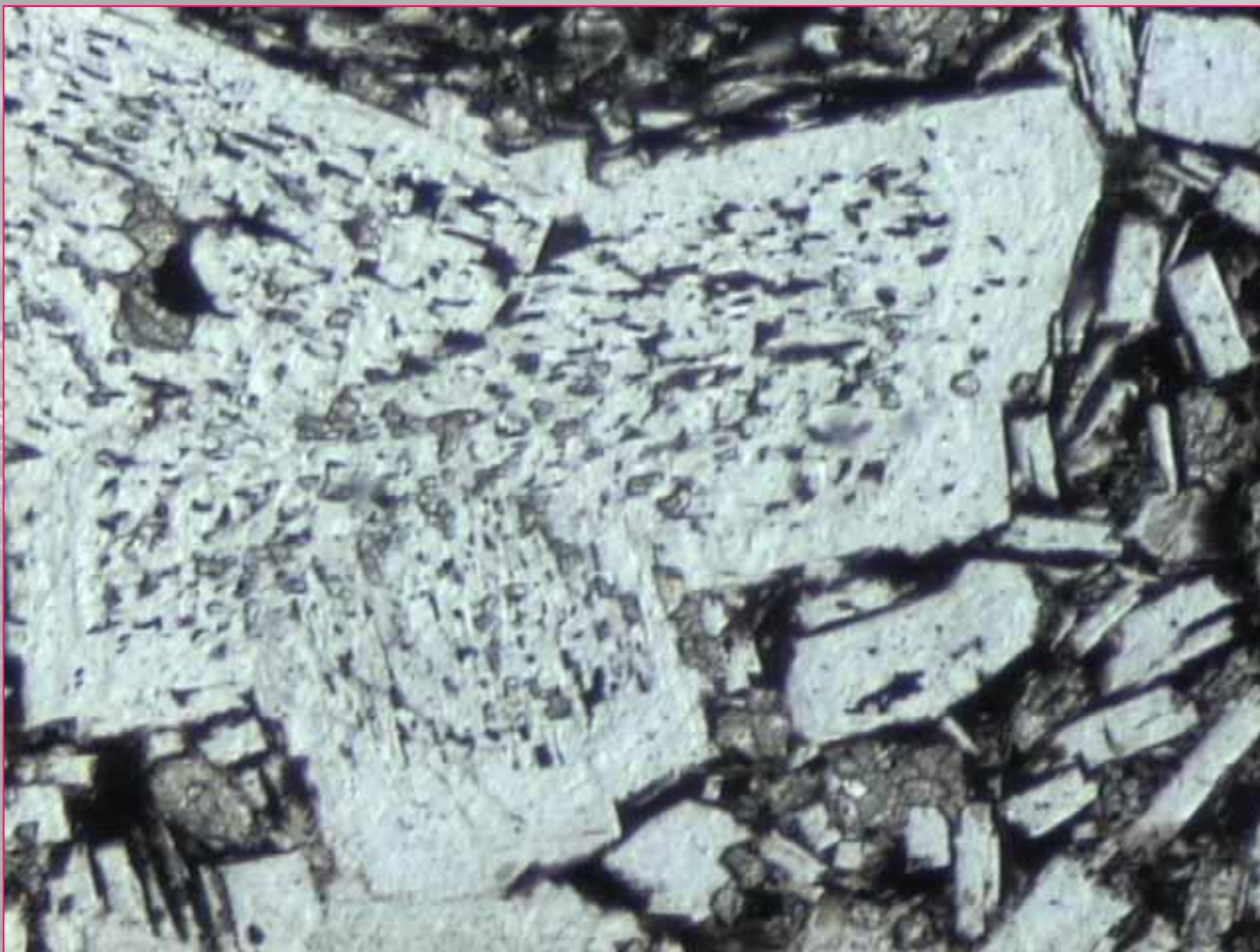
Figure I-3. Idiomorfan piroksen i intersticijski plagioklas čine intruzivnu holokristalinu zrnatu strukturu. Stillwater complex, Montana. Širina slike 5 mm. © John Winter and Prentice Hall.



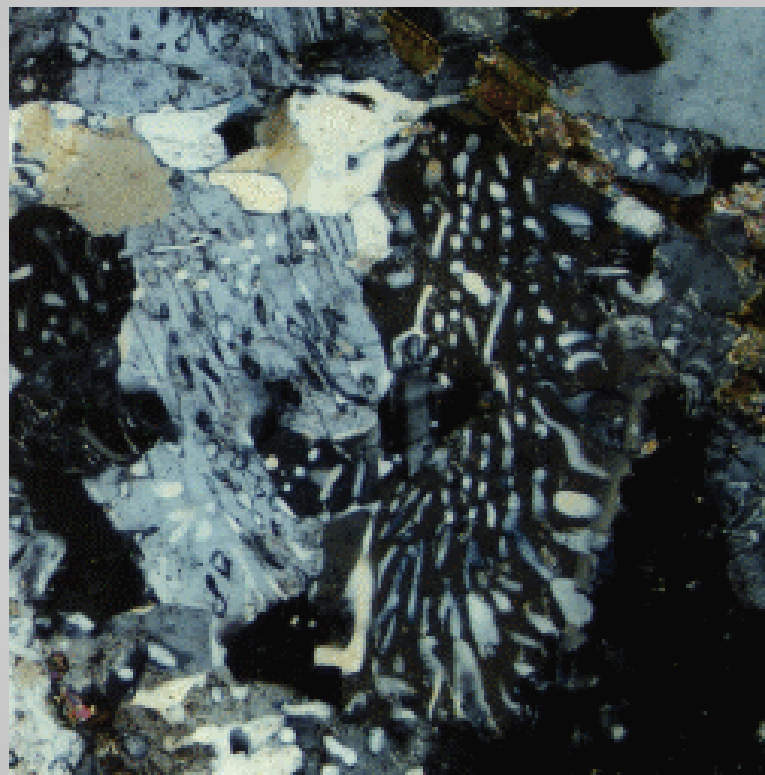
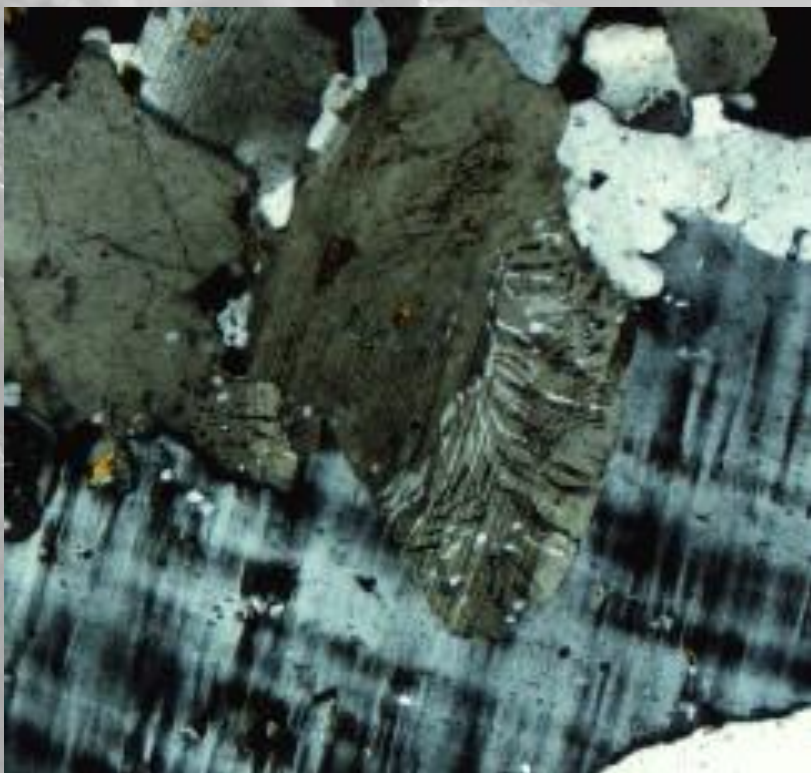
Slika I-4. Ofitska struktura. Piroksen uklapa isprepletene štapiće plagioklasa. Širina slike 1 mm. Skaergård intrusion, E. Greenland. © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-5. a. Granofirsko prorastanje kvarca i alkalnog feldspata. Golden Horn granite, WA. Širina slike 1mm. b. mikrografska struktura: kvarcni kristal (tamnije) prorasta s alkalnim feldspatom (svijetlo) Laramie Range, WY. © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-6. Poikilitiska, sitasta (sieve) struktura u fenokristalu plagioklasa. Rub i manja zrna bez uklopaka. Andesite, Mt. McLoughlin, OR. Širina slike 1 mm. © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-8. Mirmekit formiran u plagioklasu na granici prema K-feldspatu. © L. Collins.
<http://www.csun.edu/~vcgeo005>

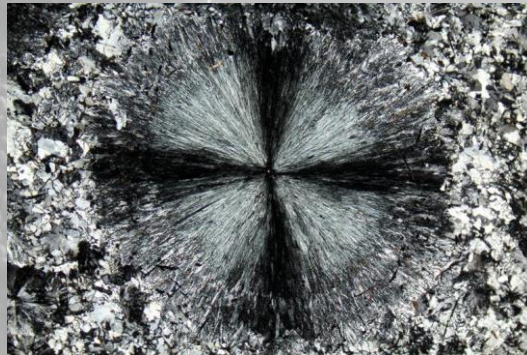
Efuzivne stijene

- holokristalina porfirna struktura
- vitrofirna
- ofitska

- sferulitska



wikipedia



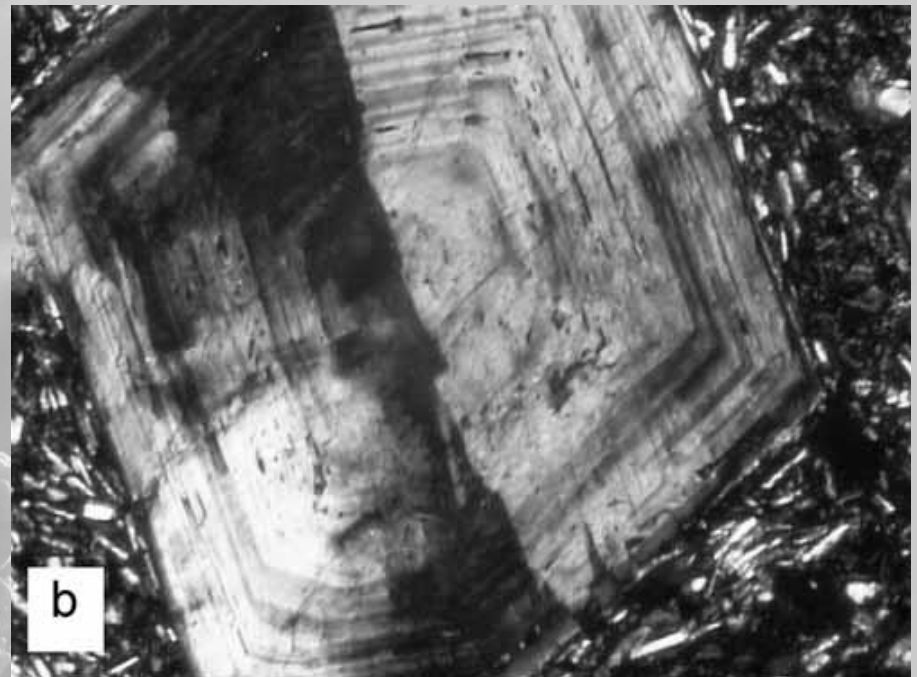
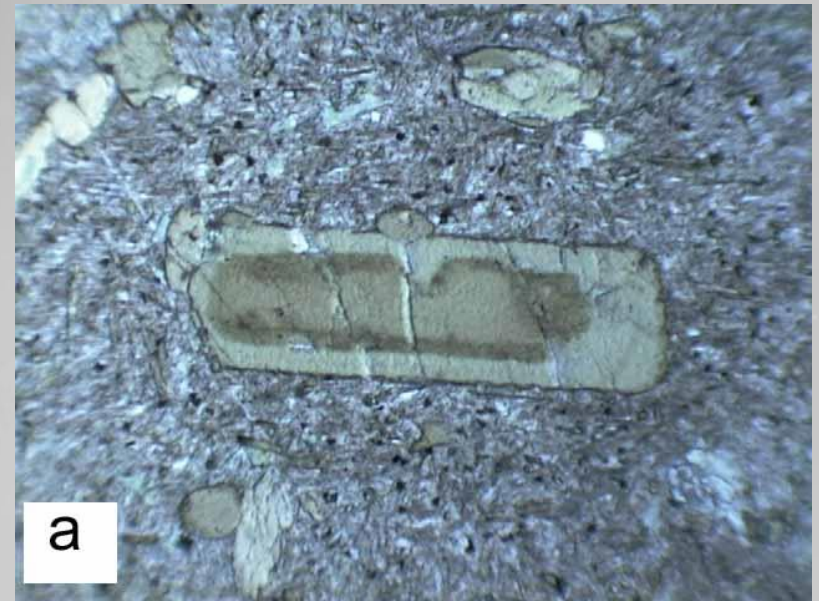
<http://www.alexstrekeisen.it>

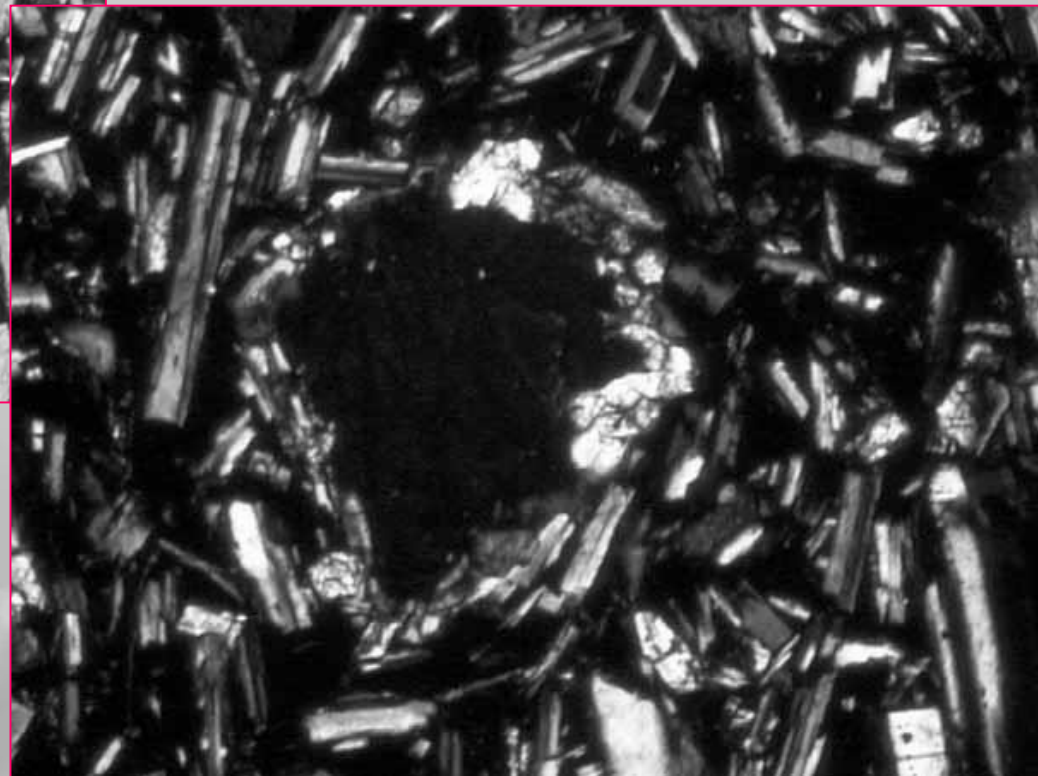
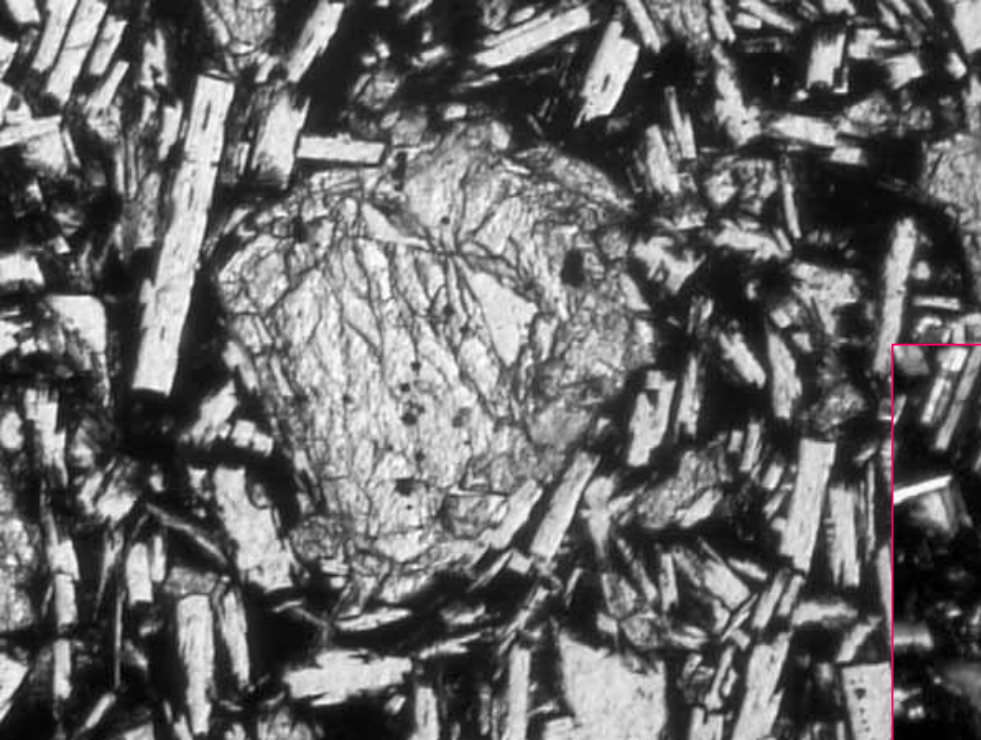
- perlitska
- hijalina



Efuzivne strukture

I-9. a. Zonalni fenokristal (utrusak) hornblende u sitno-kristaliziranoj osnovi. Širina slike 1 mm. b. Zonalni sraslac plagioklasa (Karlovarski sraslački zakon). Andezit, Crater Lake, OR. Širina slike 0.3 mm. © John Winter and Prentice Hall.

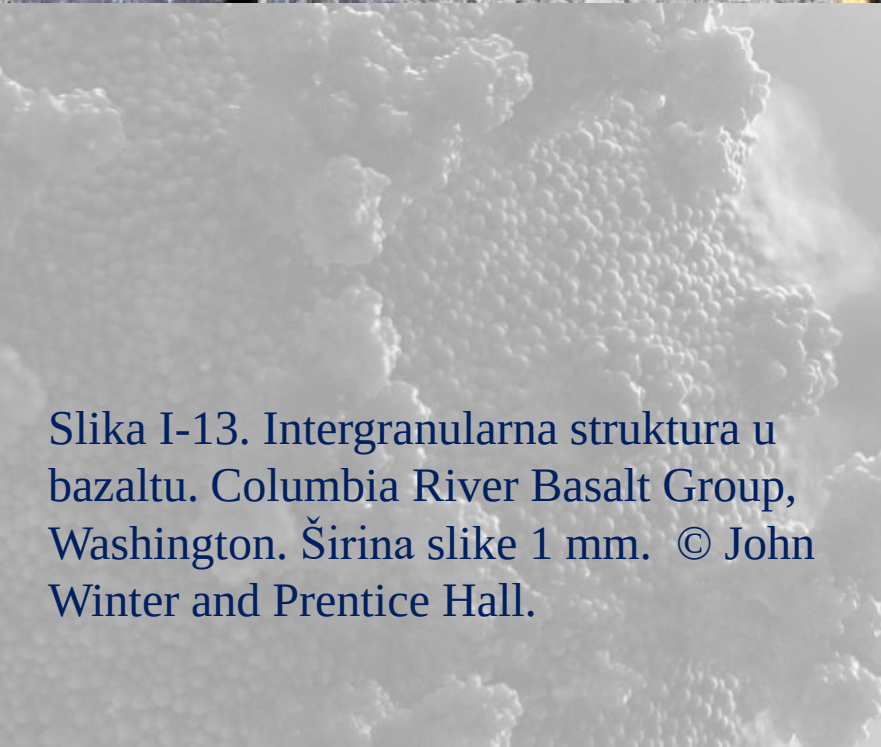




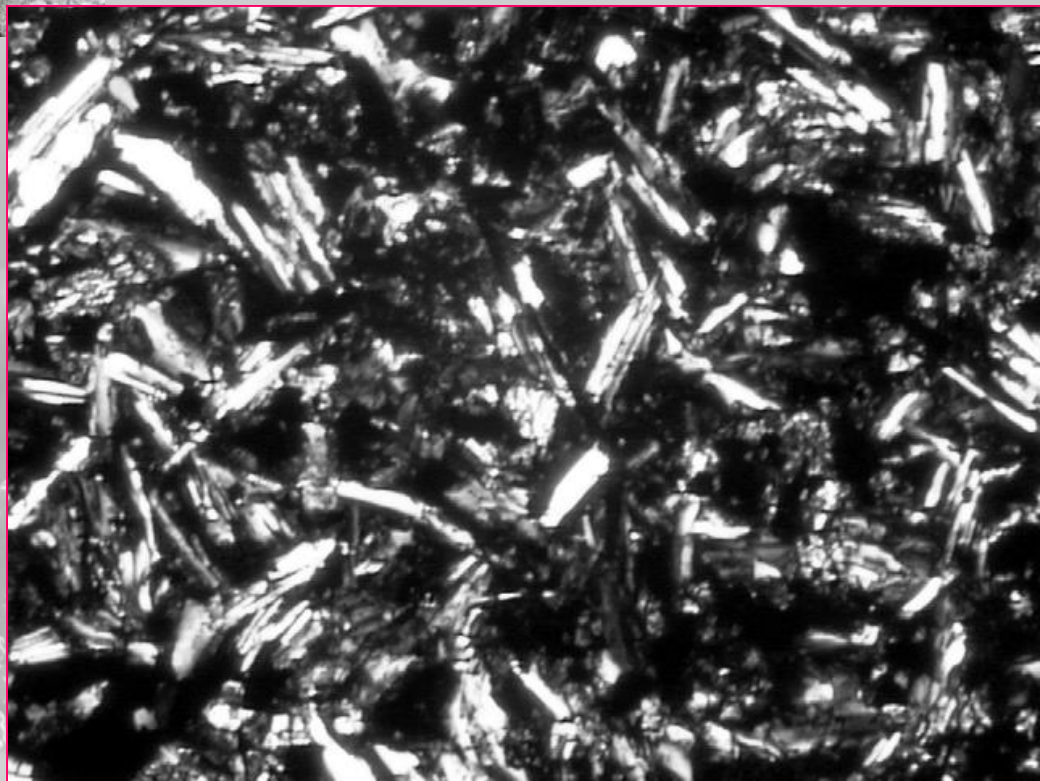
Slika I-11. Olivin okružen ortopiroksenom (a) N-; (b) N+, vidljiva korona od ortopiroksena. Bazalt-andezit, Mt. McLaughlin, Oregon. Širina slike ~ 5 mm. © John Winter and Prentice Hall.

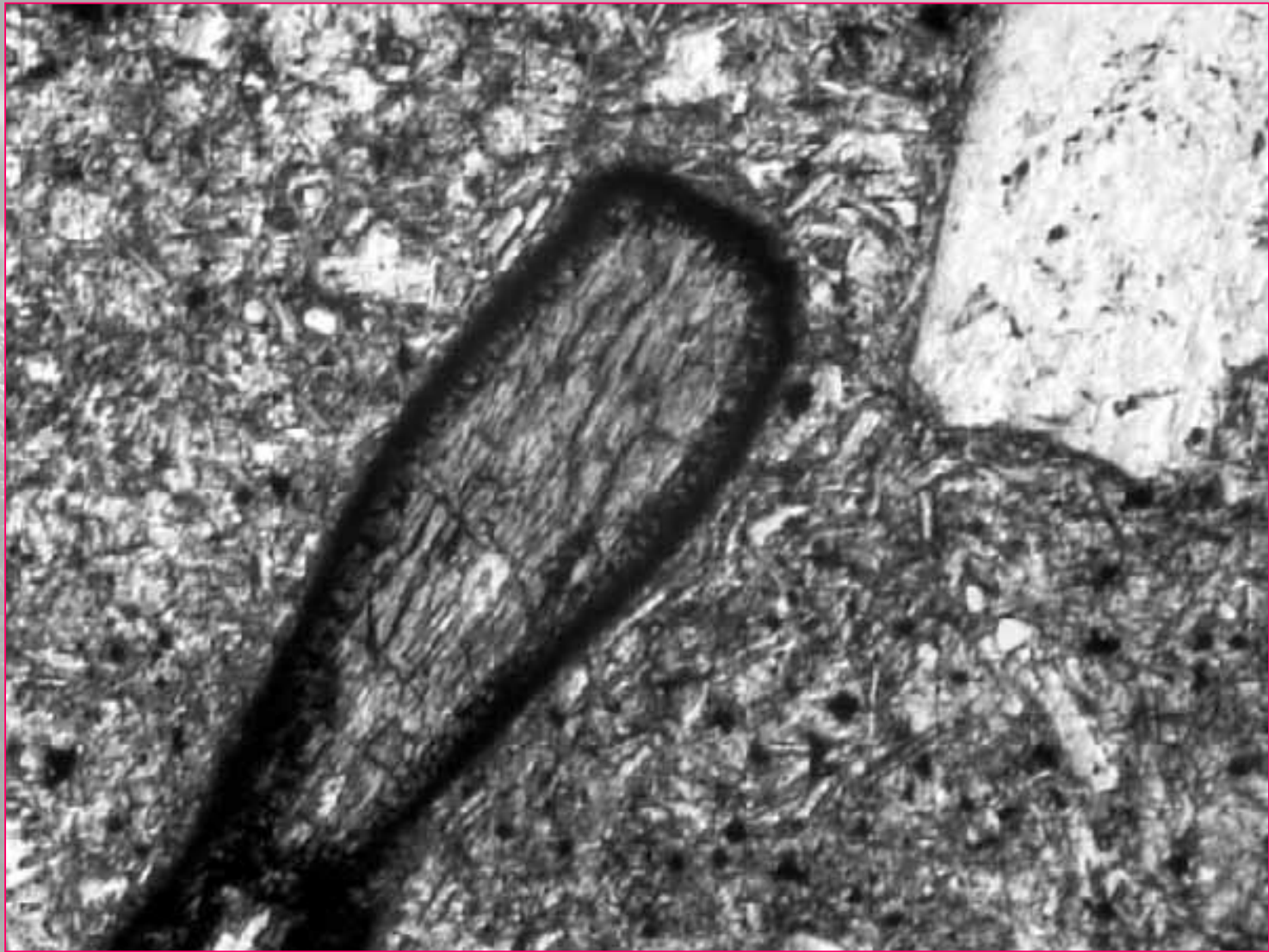


Slika I-12. Tragovi tečenja i deformacija (flow banding) u andezitu. Mt. Rainier, WA. © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-13. Intergranularna struktura u bazaltu. Columbia River Basalt Group, Washington. Širina slike 1 mm. © John Winter and Prentice Hall.

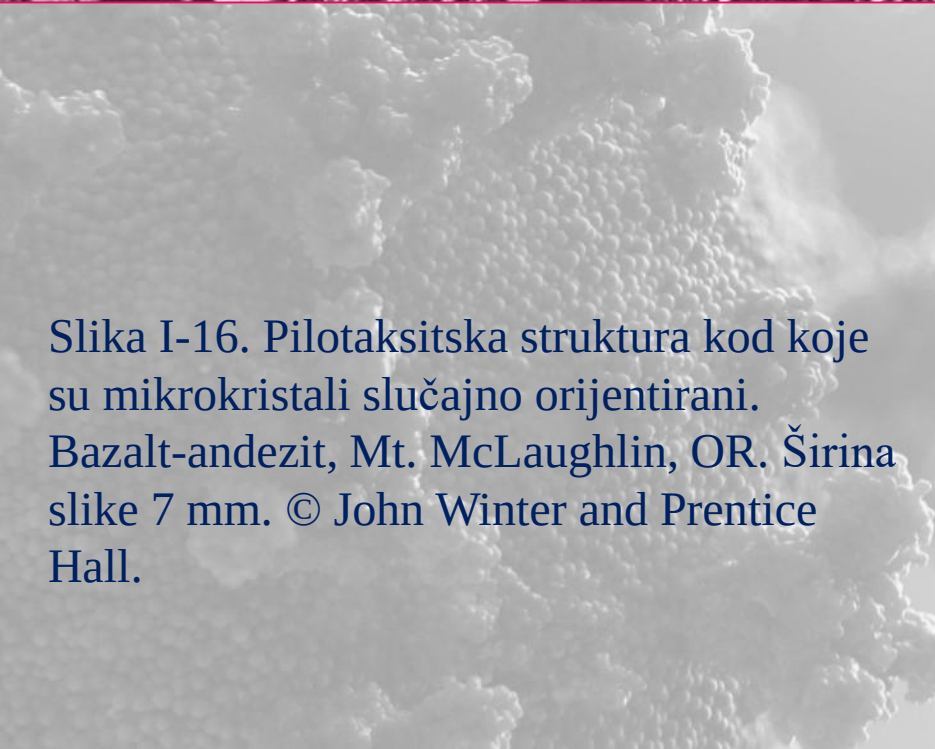




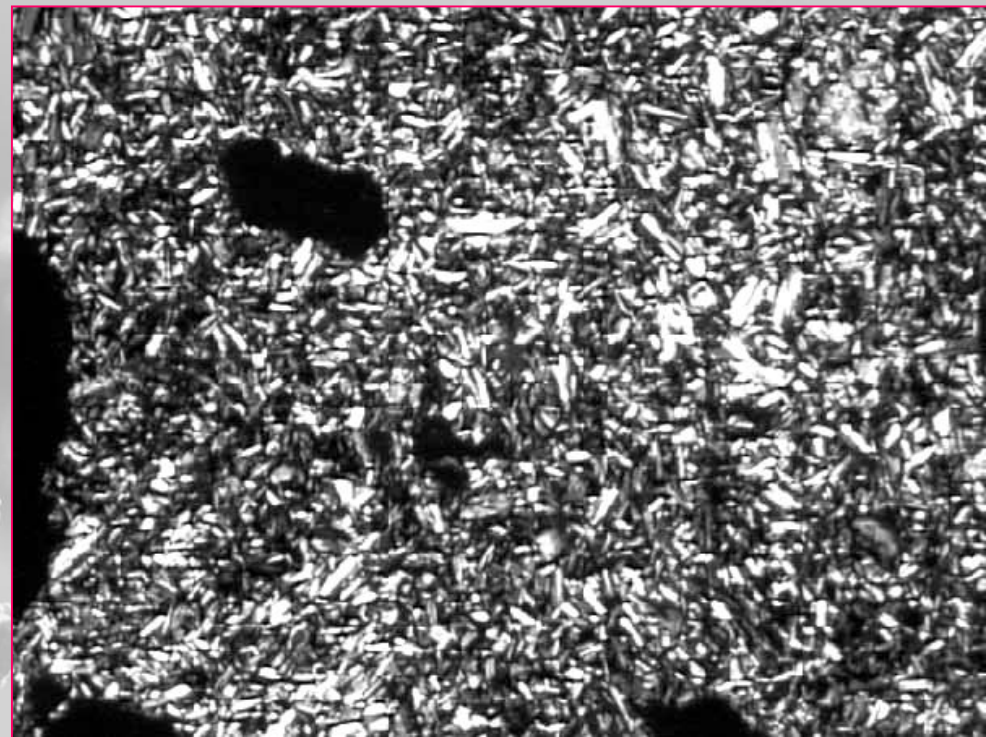
Slika I-14. Fenokristal hornblende s opacitskim rubom od Fe-oksida plus piroksen. Struktura nastala uslijed pada pritiska tijekom erupcije, andezit. Crater Lake, OR. Širina slike 1 mm. © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-15. Trahitna struktura kod koje su mikrokristali plagioklasa usmjereni uslijed tečenja lave i povijaju se oko fenokristala. (P). Trahit, Njemačka. Širina slike 1 mm. Prema MacKenzie et al. (1982). © John Winter and Prentice Hall.



Slika I-16. Pilotaksitska struktura kod koje su mikrokristali slučajno orijentirani. Bazalt-andezit, Mt. McLaughlin, OR. Širina slike 7 mm. © John Winter and Prentice Hall.



Kemijski sastav: Elementi

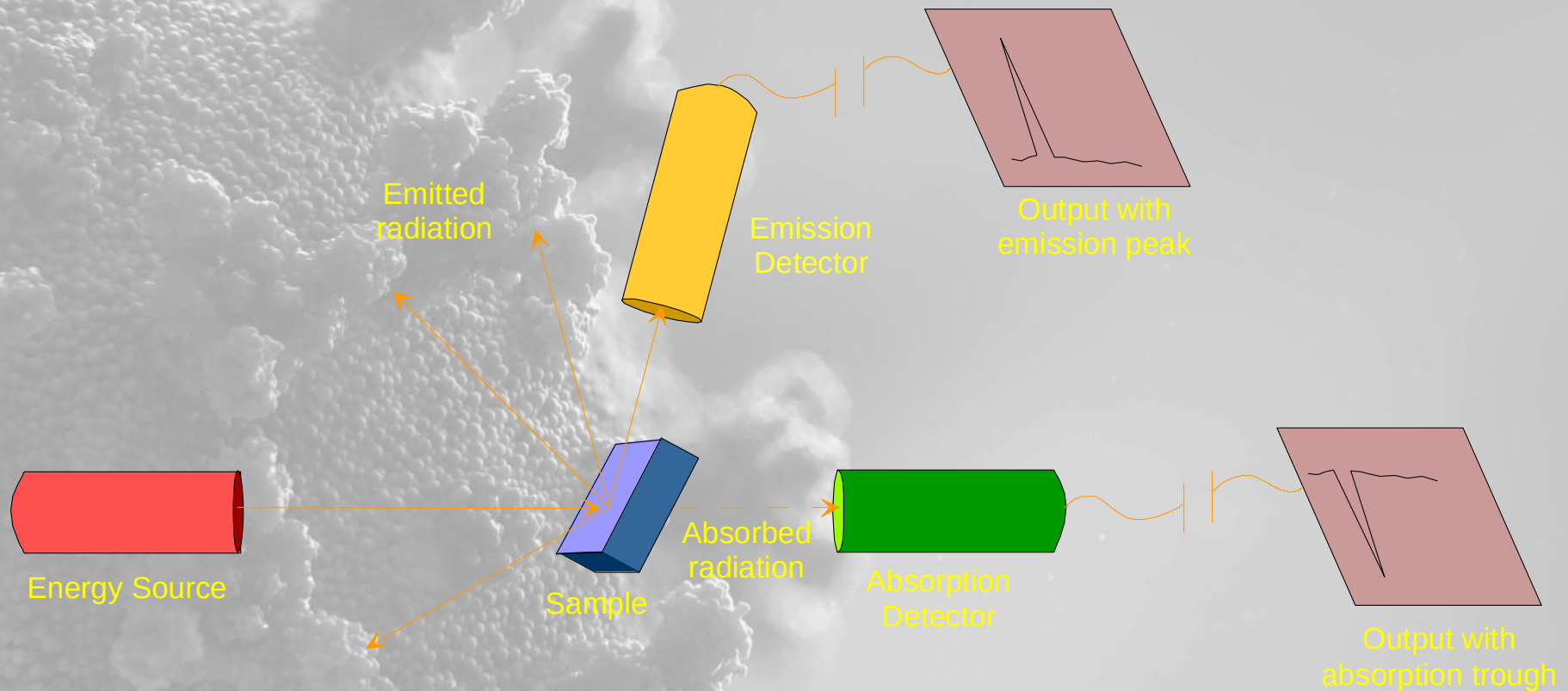
⇒ Geokemija magmatskih i metamorfnih stijena

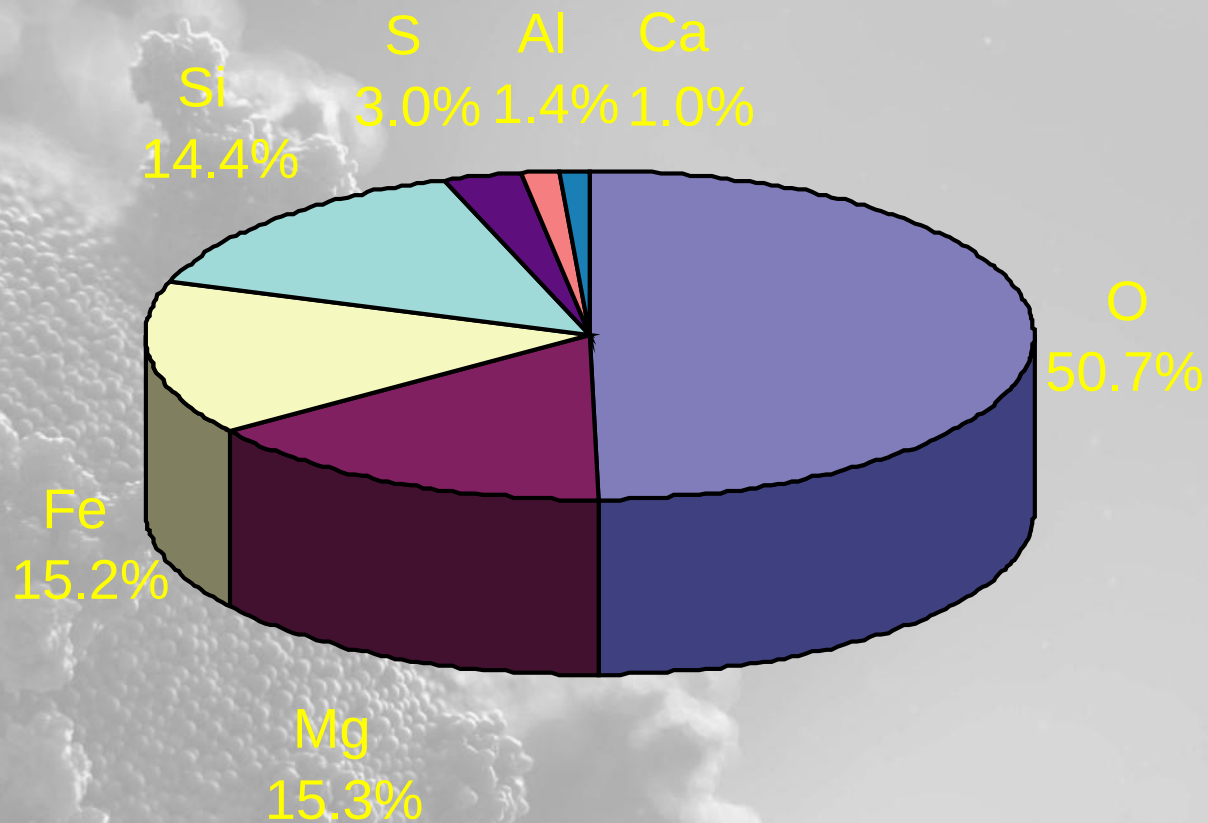
Magma - prirodna, homogena, kompleksna uglavnom silikatna taljevina koja se odlikuje svojim kemijskim sastavom, viskozitetom, gustoćom, temperaturom i tlakom

⇒ stijena

“Mokra kemija”: gravimetrija/volumetrija, klasične metode, spore

Moderne spektroskopske tehnike - fazne i elementne analize (AES, AAS, XRF, XRD)





Slika I-18. Relativna zastupljenost sedam najčešćih elemenata koji čine 97% mase Zemlje.
An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, by John Winter , Prentice Hall.

Element	Wt % Oxide	Atom %
O		60.8
Si	59.3	21.2
Al	15.3	6.4
Fe	7.5	2.2
Ca	6.9	2.6
Mg	4.5	2.4
Na	2.8	1.9

Zastupljenost elemenata u
zemljinoj kori

Makro (major) elementi: > 1%

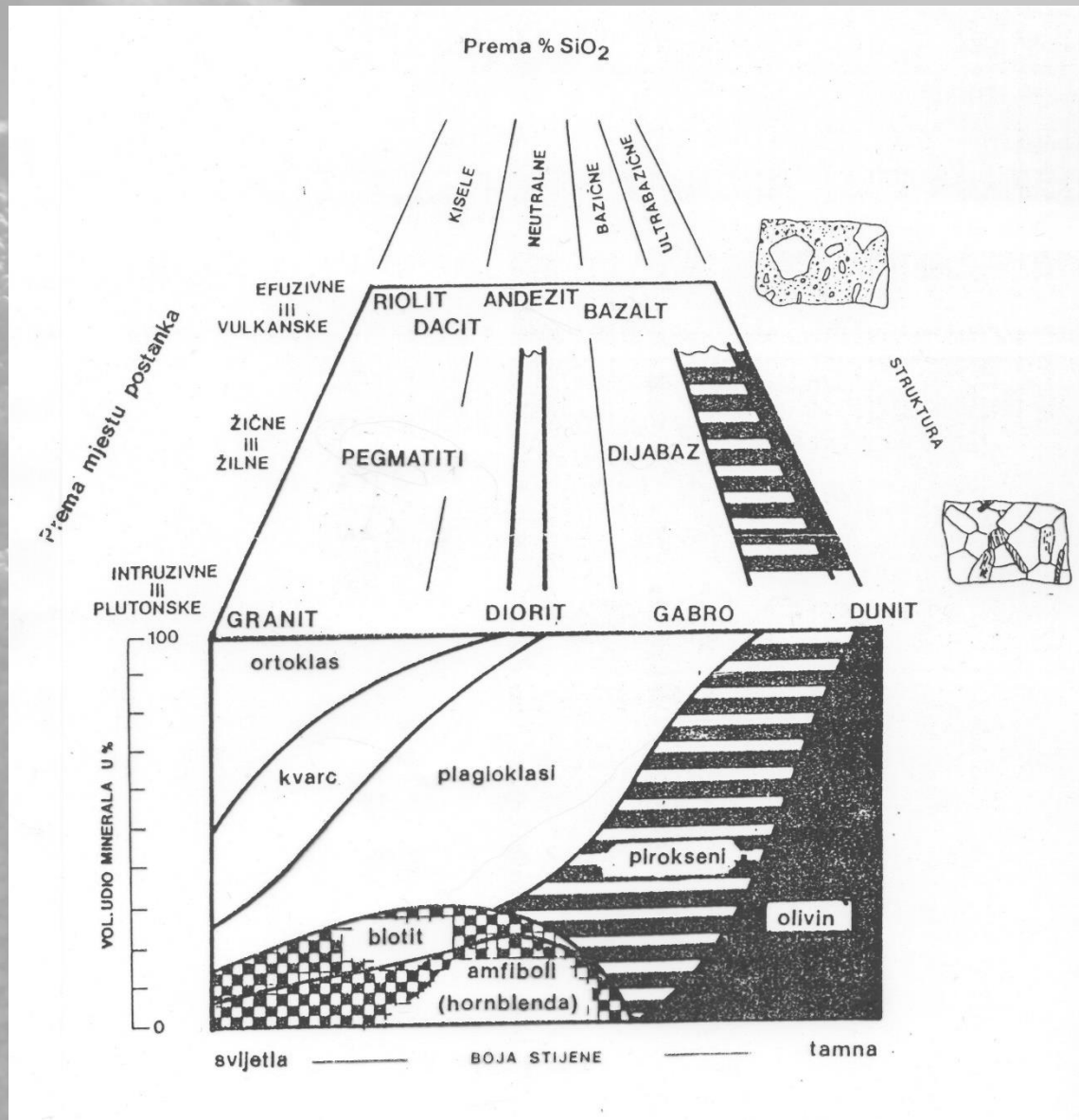
SiO_2 Al_2O_3 FeO^* MgO CaO Na_2O K_2O H_2O

Mikro (minor) elementi: 0.1 - 1%

TiO_2 MnO P_2O_5 CO_2

Elementi u tragovima (trace) < 0.1%

Udio SiO_2 u sastavu minerala



Mineral	tež. % SiO_2
albit	69
amfiboli	44-58 (30)
anortit	43
biotit	35-39
fajalit	30
forsterit	41
kvarc	100
leucit	54
ortoklas	64
pirokseni	46-57 (30)

Kemijska analiza stijene

	Peridotit	Bazalt	Andezit	Riolit
SiO ₂	42.26	49.20	57.94	72.82
TiO ₂	0.63	1.84	0.87	0.28
Al ₂ O ₃	4.23	15.74	17.02	13.27
Fe ₂ O ₃	3.61	3.79	3.27	1.48
FeO	6.58	7.13	4.04	1.11
MnO	0.41	0.20	0.14	0.06
MgO	31.24	6.73	3.33	0.39
CaO	5.05	9.47	6.79	1.14
Na ₂ O	0.49	2.91	3.48	3.55
K ₂ O	0.34	1.10	1.62	4.30
H ₂ O+	3.91	0.95	0.83	1.10
Total	98.75	99.06	99.3	99.50

CIPW Normativni sastav

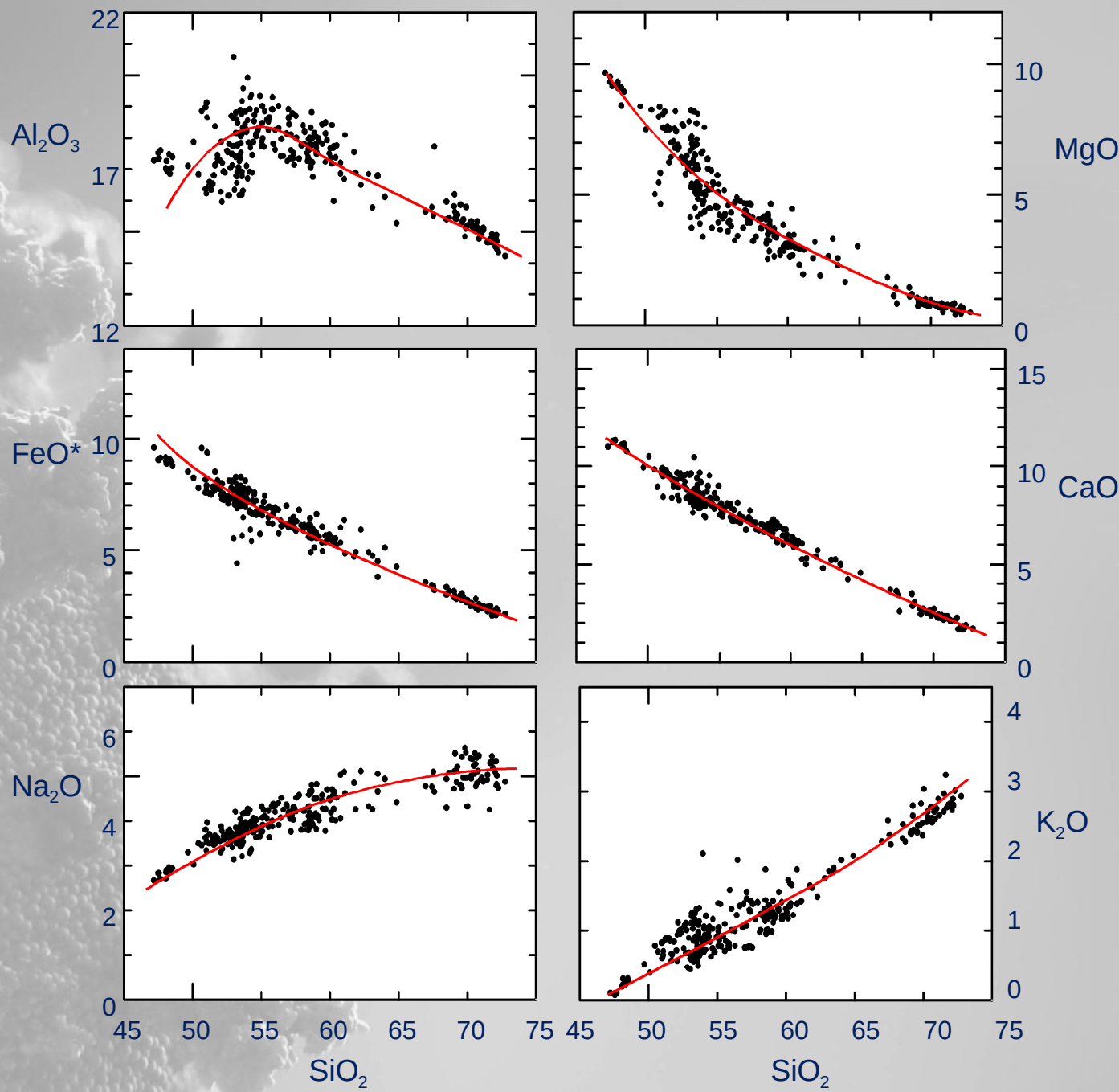
- Modalni - volumen opaženih minerala (%)
- Normativni - izračunati “idealizirani” sastav

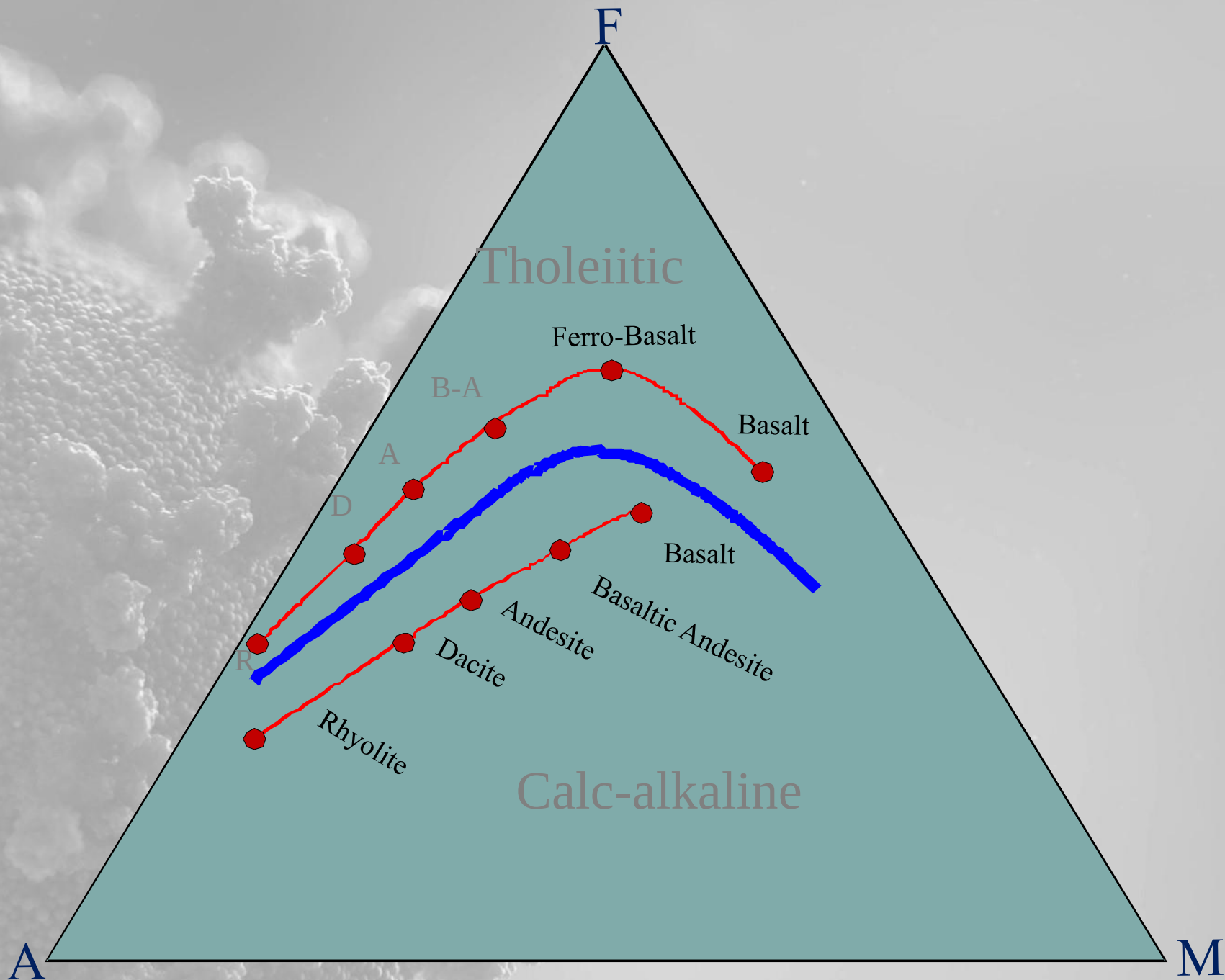
Varijacijski dijagrami

Kako prikazati kemijske podatke?

Bivarijantni (x-y) dijagrami

Harker dijagram





Magmatske serije

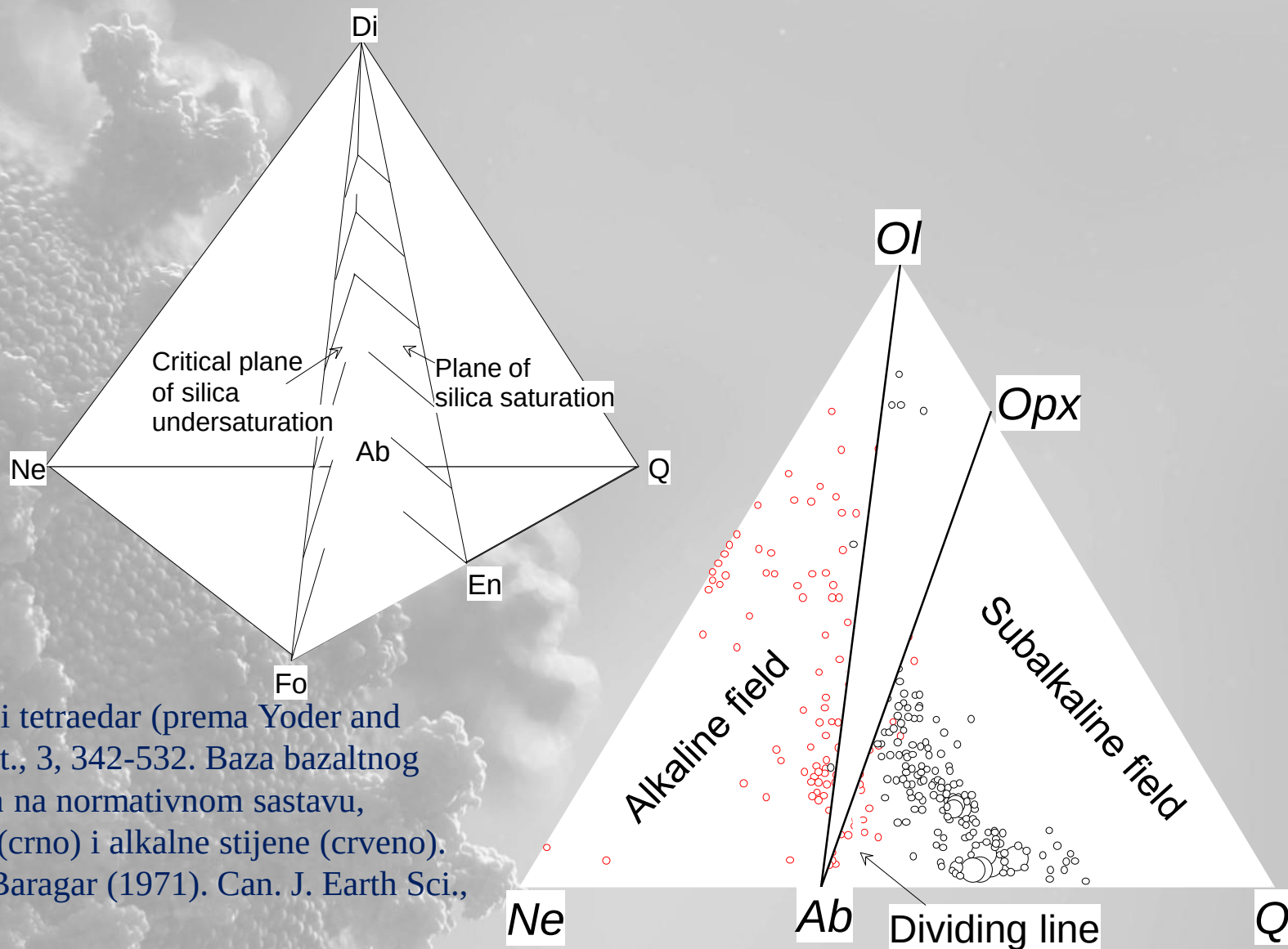
Može li se kemija iskoristiti za razlikovanje magmatskih serija (familija, tipova)?

Neki od kemijskih elemenata vrlo upotrebljivi za razlikovanje magmatskih grupa

- Ukupne alkalije ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)
- Silicij (SiO_2) i zasićenje silicijem saturation
- Aluminiј (Al_2O_3)

Bazaltni tetraedar i Ne-Ol-Q trokomponentni dijagram

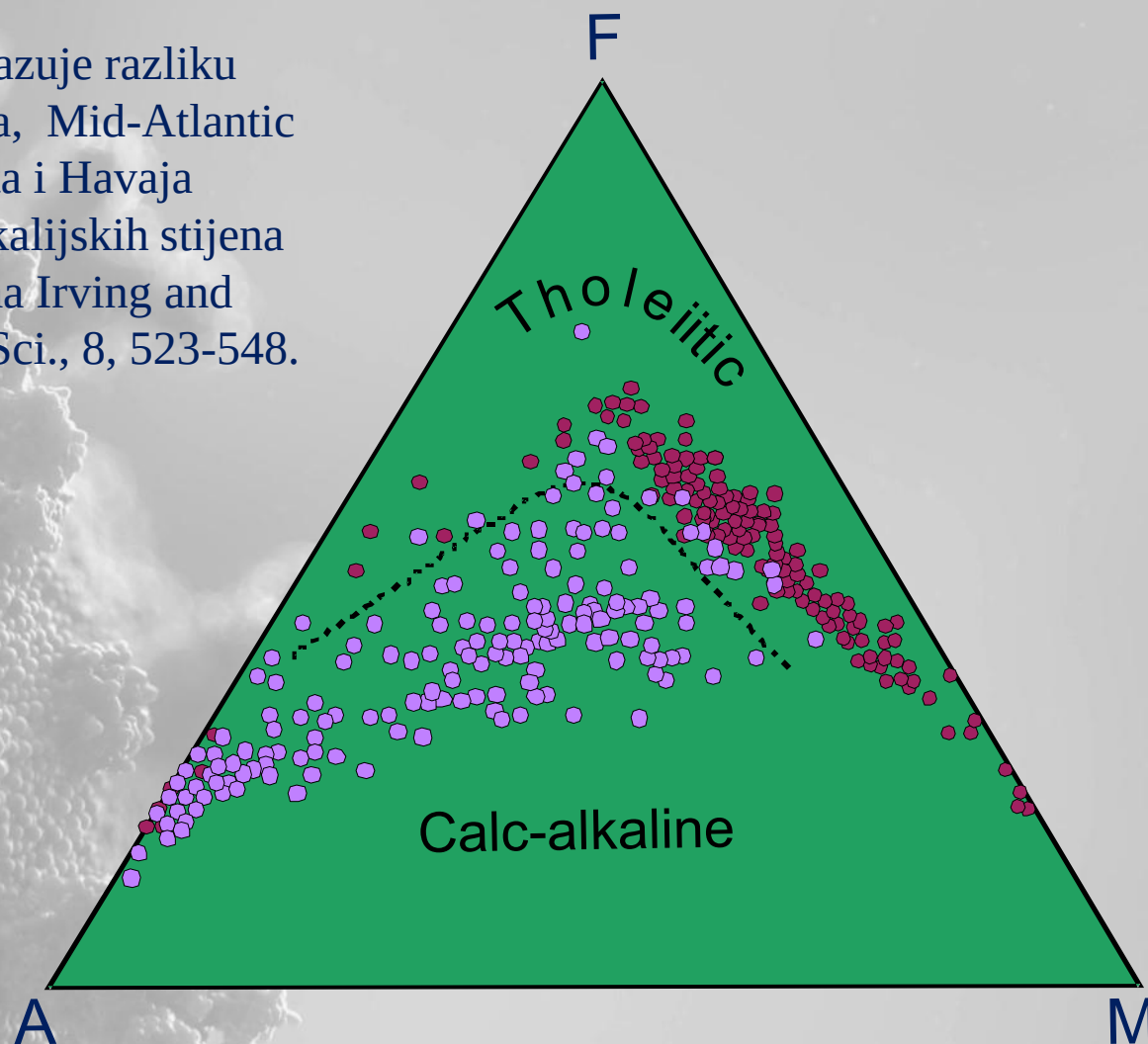
Alkalne i subalkalne magme



Slika I-21. Bazaltni tetraedar (prema Yoder and Tilley, 1962). J. Pet., 3, 342-532. Baza bazalnog tetraedra temeljena na normativnom sastavu, subalkalne stijene (crno) i alkalne stijene (crveno). Prema Irvine and Baragar (1971). Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.

AFM dijagram: dalje dijeli subalkalne magme na toleitnu i kalcijsko-alkalijsku seriju

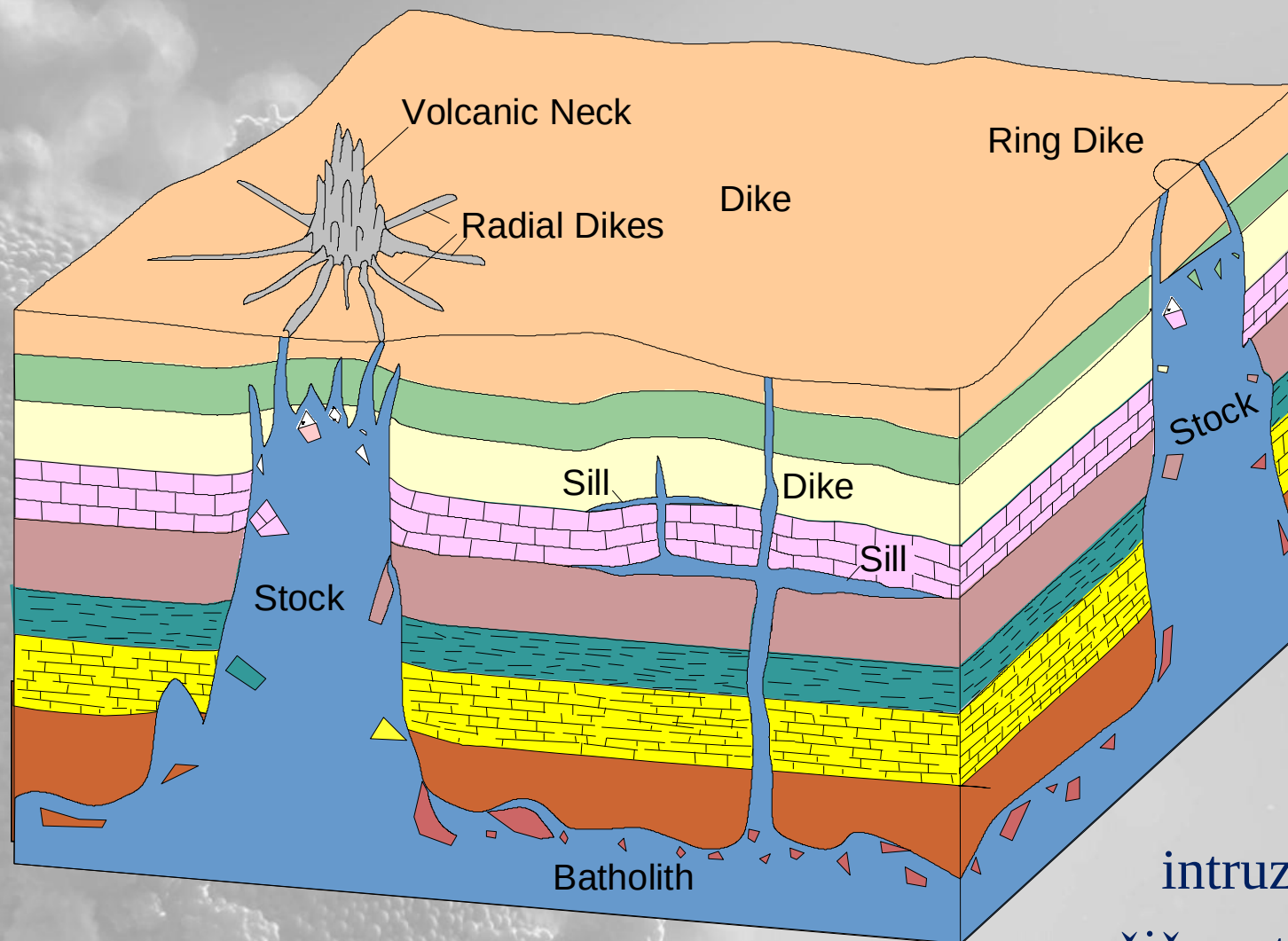
Slika I-22. AFM dijagram pokazuje razliku između toleitnih stijena Islanda, Mid-Atlantic Ridge, Columbia River Basalta i Havaja (crveni krugovi) i kalcijsko-alkalijskih stijena Cascad-a (rozi krugovi). Prema Irving and Baragar (1971). Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.



Istraživanja širom svijeta pokazuju značajne razlike između te tri serije

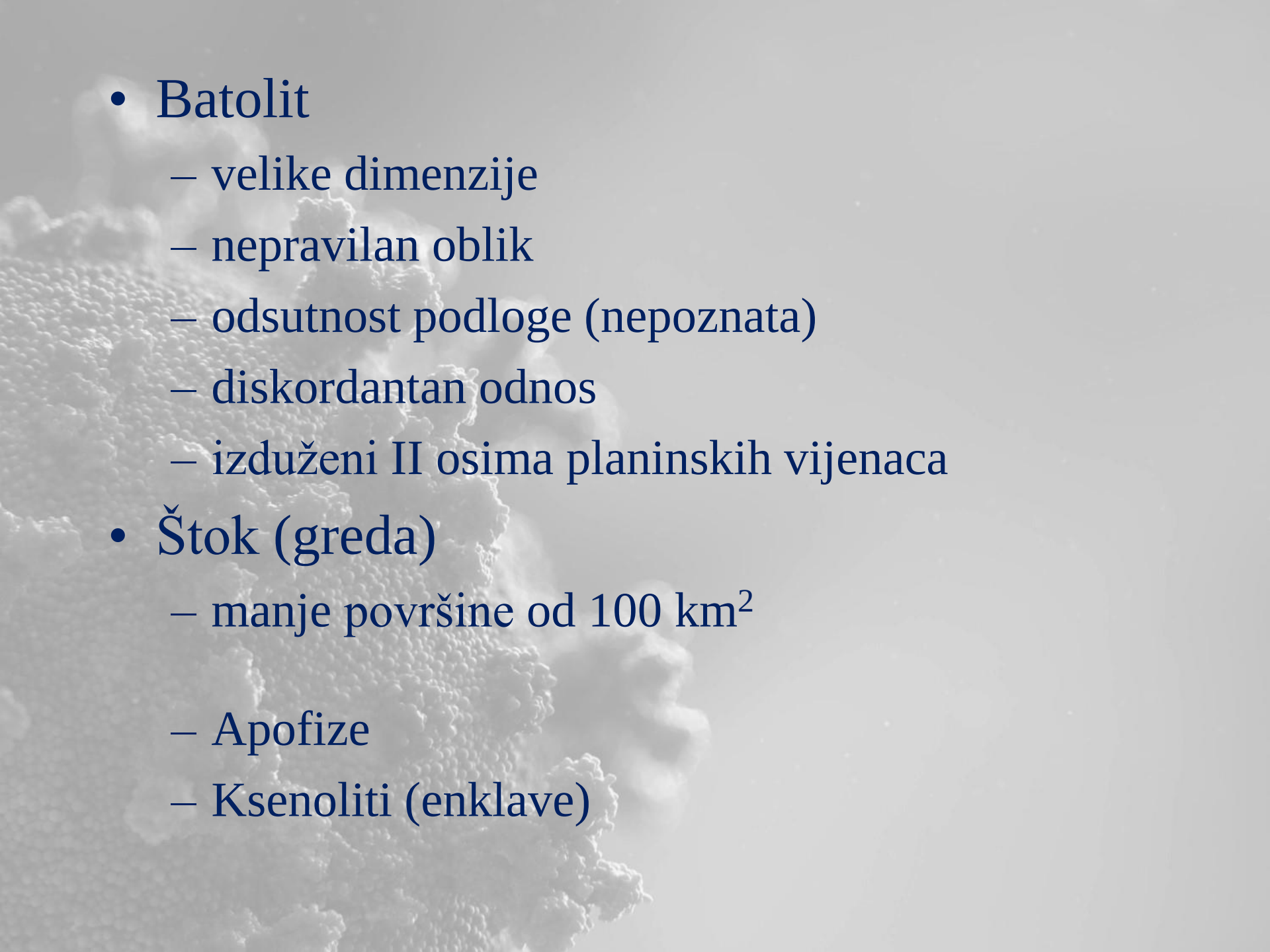
Karakteristična serija	Rub ploče		Unutar ploče	
	Konvergent.	Divergent.	Oceanske	Kontinent.
Alkalijska	da		da	da
Toleitna	da	da	da	da
Kalcijsko-alkal.	da			

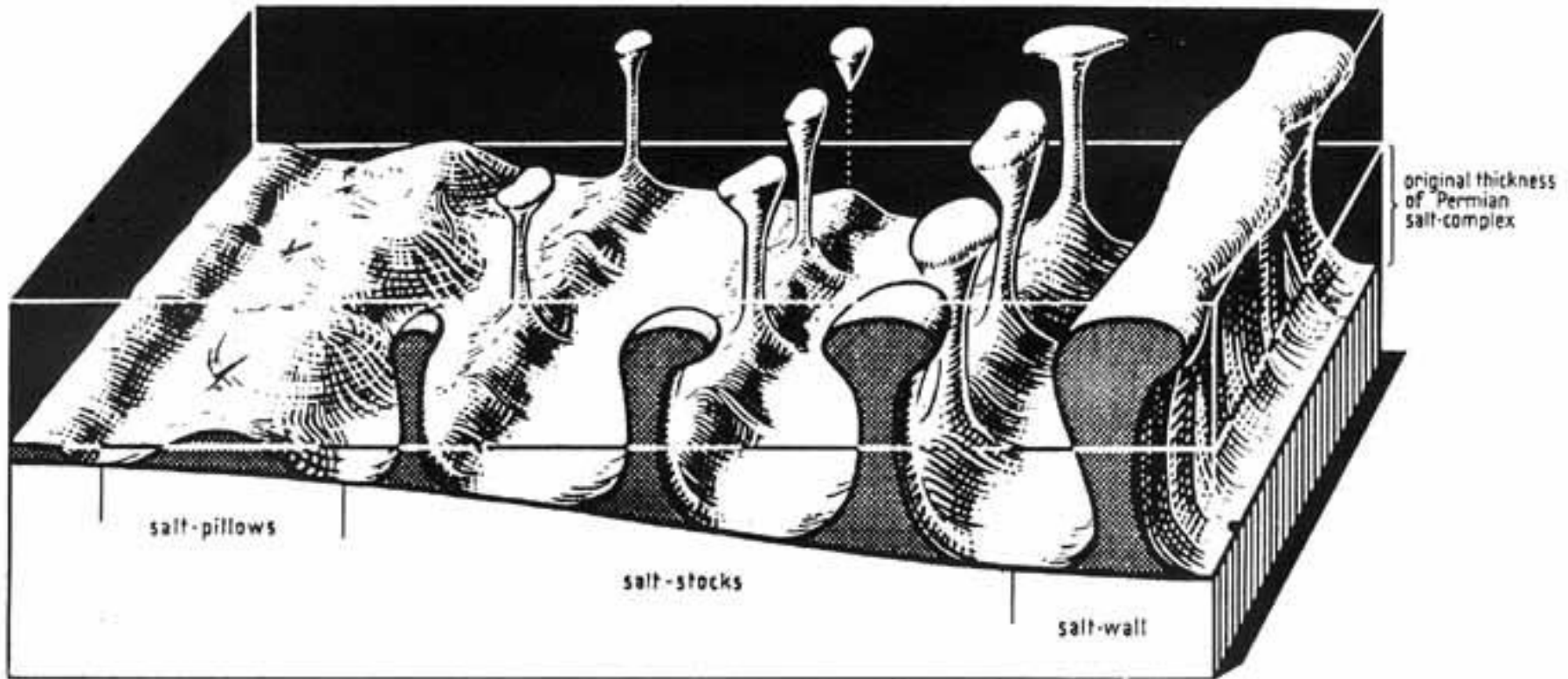
Načini pojavljanja magmatskih stijena



intruzivi
žične stijene
efuzivi

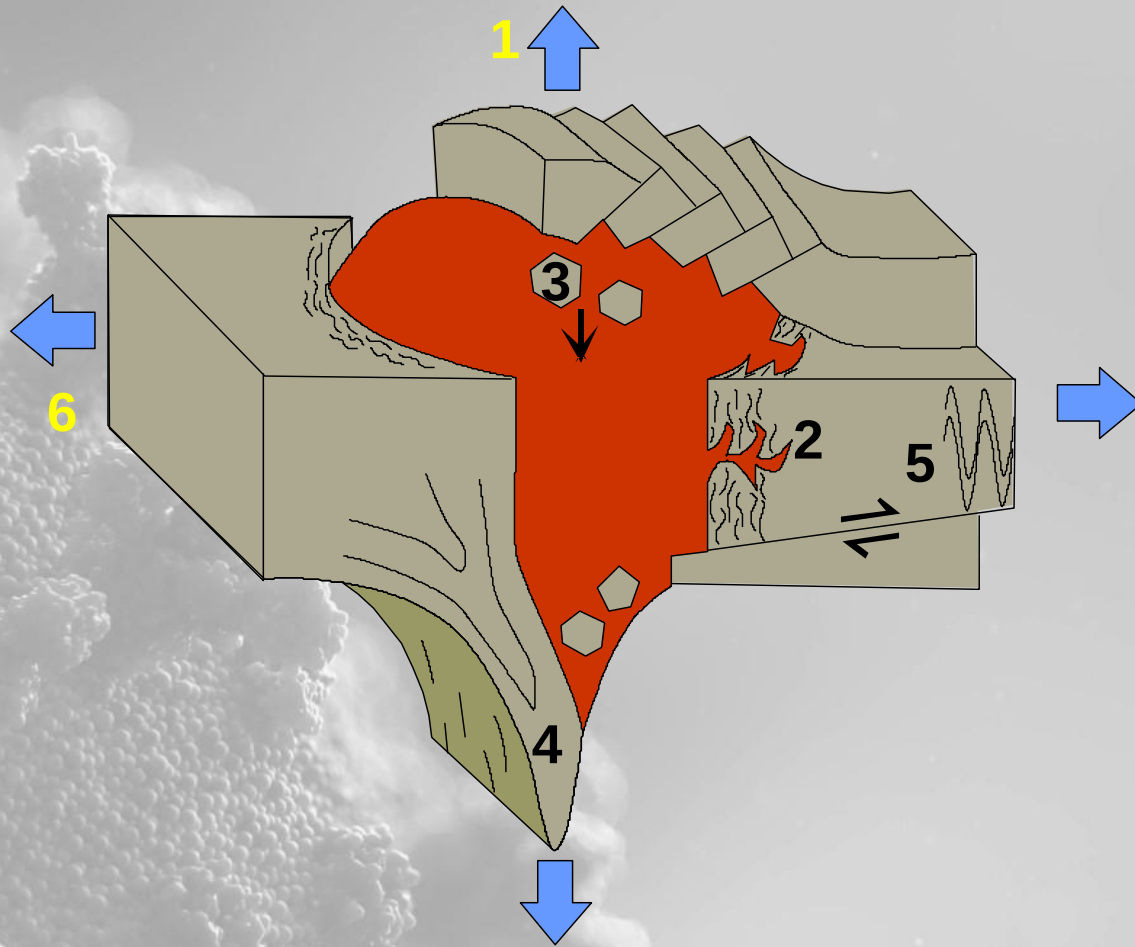
Slika II-1. Shematski blok dijagram nekih od intruziva.

- 
- Batolit
 - velike dimenzije
 - неправи lan oblik
 - odsutnost podloge (nepoznata)
 - diskordantan odnos
 - izduženi II osima planinskih vijenaca
 - Štok (greda)
 - manje površine od 100 km²
 - Apofize
 - Ksenoliti (enklave)

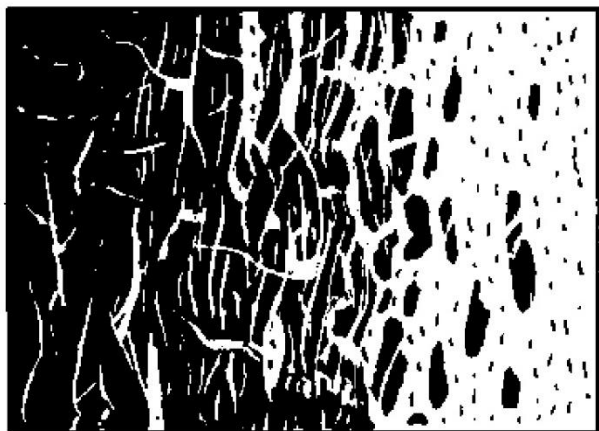


Slika II-7. Blok dijagram solnih dijapira ispod površine, sjeverna Njemačka. Prema Trusheim (1960), Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 44, 1519-1540 © AAPG.

Načini pojavljivanja magmatskih stijena



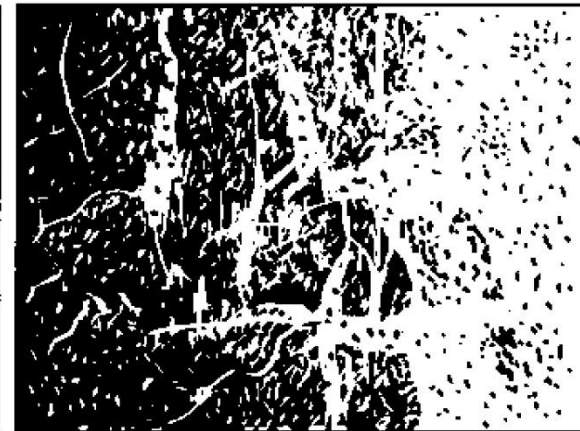
Slika II-2. Prikaz utiskivanja plutona. 1- boranje i izdizanje krovine; 2- asimilacija stijena na kontaktu, parcijalno taljenje, taljenje u pojedinim zonama; 3- uklapanje ksenolita; 4- deformacija rubnih djelova okolnih stijena (ductile rock deformation); 5- bočni pomak stijenci boranjem ili rasjedanjem; 6- (i 1)- utiskivanje u ekstenzijski okoliš. Prema Paterson et al. (1991), Contact Metamorphism. Rev. in Mineralogy, 26, pp. 105-206. © Min. Soc. Amer.



a. Injected



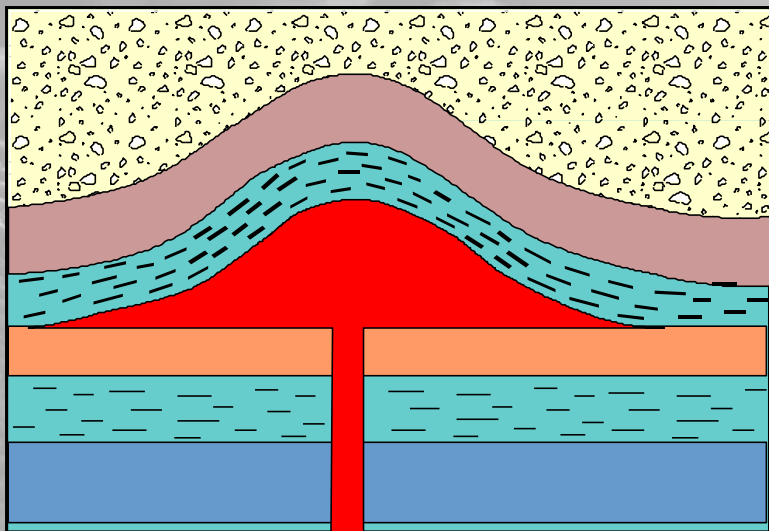
b. Permeated



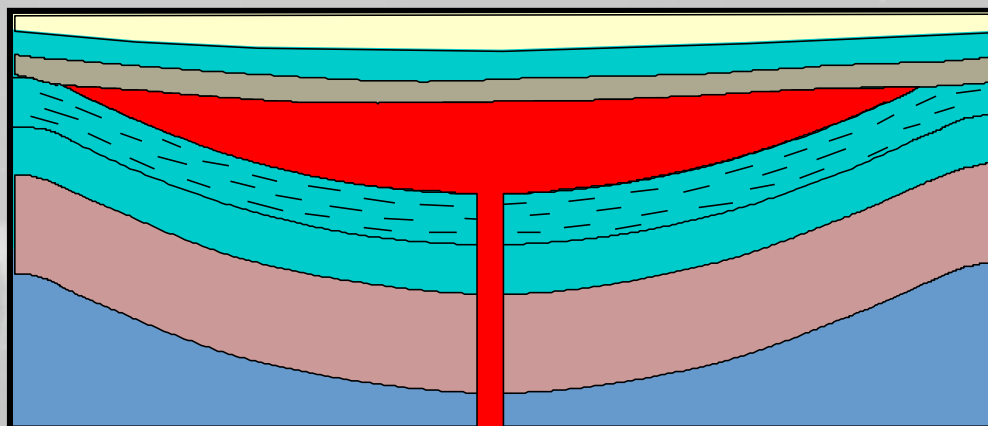
c. Combination

Slika II-3. Postupni prijelaz između homogene magmatske stijene (bijelo) i okolne stijene (tamno). Prema Compton (1962), Manual of Field Geology. © R. Compton.

Načini pojavljivanja magmatskih stijena



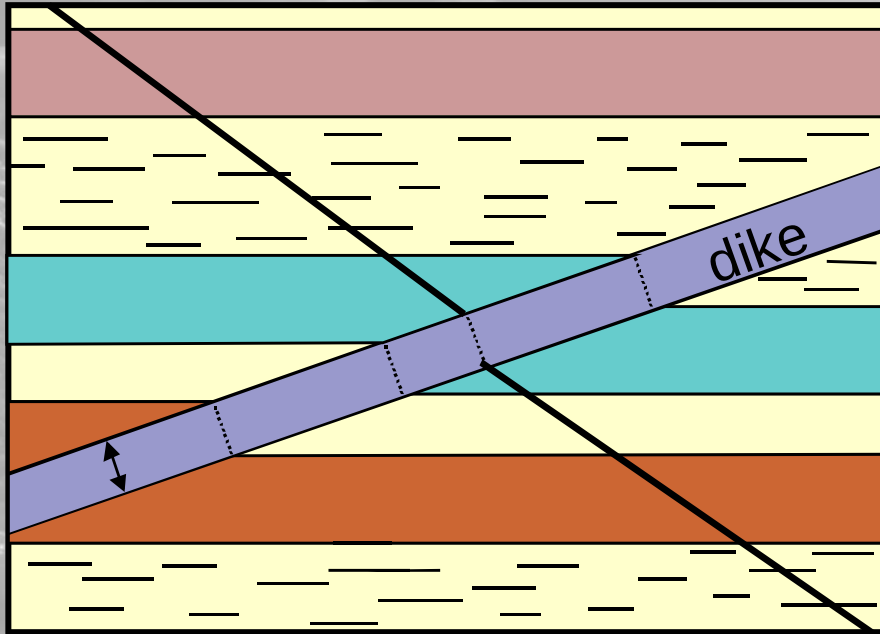
a



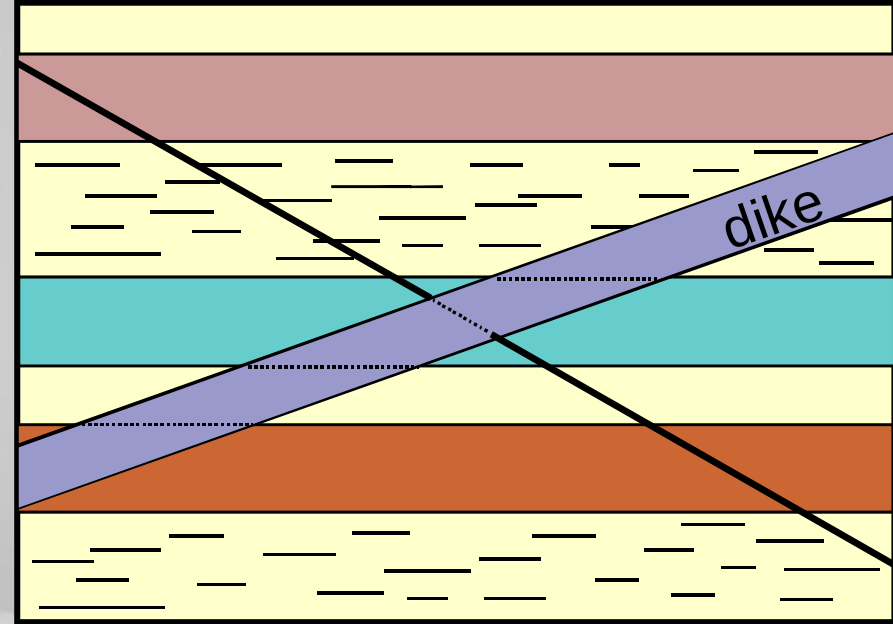
b

Slika II-9. Oblici konkordantnih plutonskih tijela. a. Lakolit, gljivasta forma, veličinom između sila i štoka (nekoliko km²), ravna podina zakrivljena krovina. b. Lopolit intrudirao u bazen, tanjurasto tijelo, konkordantno, stratificirano s bazičnim donjim dijelom . Skala nije jednaka za oba plutona, lopolit je obično znatno veći. © John Winter and Prentice Hall.

Načini pojavljanja magmatskih stijena



a



b

Slika II-10. Pločasta magmatska tijela unutar uslojenih sedimenata.

dajk (žica) remeti slojeve, diskordantan odnos.

Sil konkordantan odnos, ulaganje II slojnoj plohi. © John Winter and Prentice Hall.

Dajk (žica)



- Dajkovi bazalta u granitu (Djedovica, Slavonija)

Efuzivi, površinske efuzije, tokovi, vulkani

- Centralni izljev
- Pukotine
- Slijev - velike površine, male debljine, ovisi o sastavu lave
 - **kisele**
 - **bazične**

PAHOEHOE lava

- fluidne, niski viskozitet, čvoraste, nalik užetu, unutarnje cijevi, fire fountain, pukotine

AA lava

- manje pokretne, viši viskozitet, deblji tokovi, manje plinova i para
- ili eruptira kao aa ili evoluirala iz pahoehoe, fire fountain

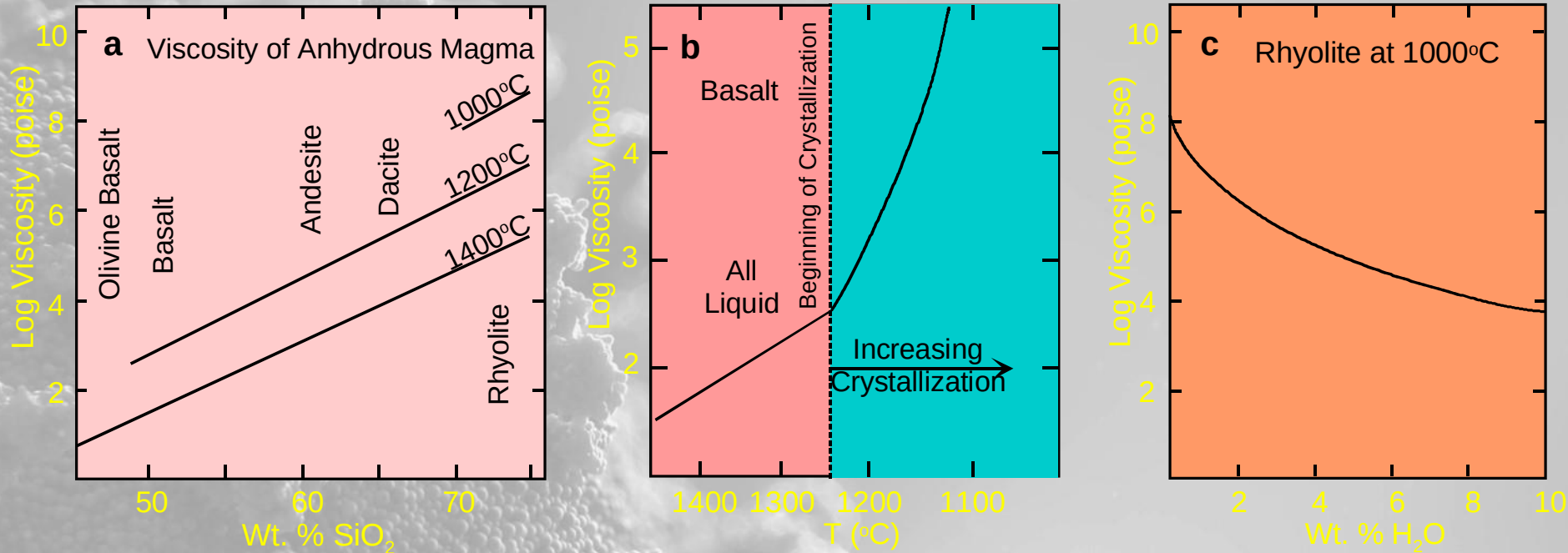
Blok lava

- glatka u usporedbi s aa lavom, nepravilna površina, reljef do nekoliko m, visok viskozitet i naglo istjecanje



Slika II-13. “Vatrena fontana” (fire fountain) i tok lave, Hawaii

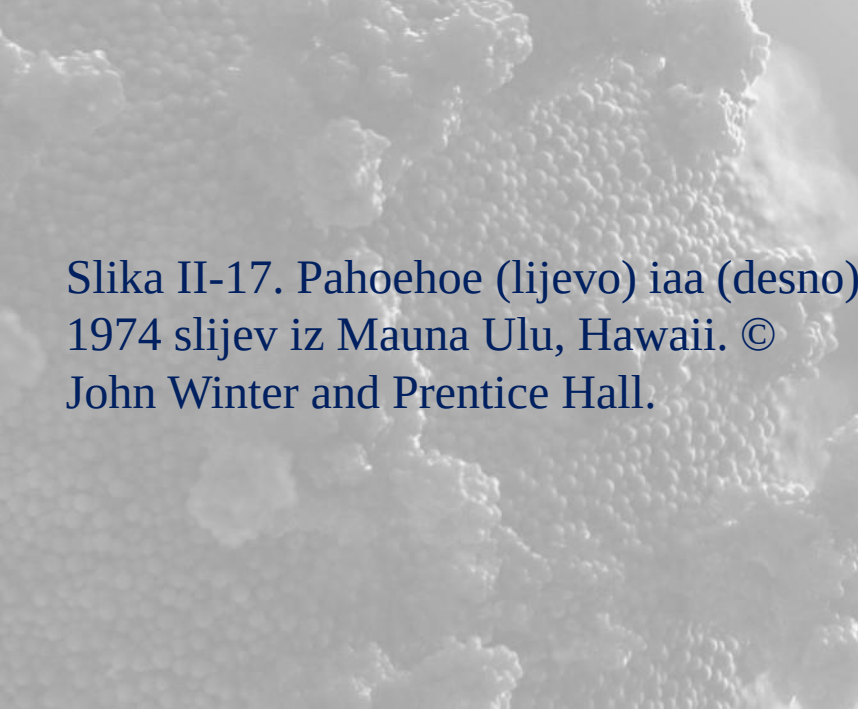
Viskozitet



Slika II-15. a. Izračunati viskoziteti bezvodne silikatne taljevine pri tlaku od 1 atmosfere - Bottinga and Weill (1972), Hess (1989), Origin of Igneous Rocks. Harvard University Press. b. Varijacije u viskozitetu bazalta tijekom kristalizacije (prema Murase and McBirney, 1973), Geol. Soc. Amer. Bull., 84, 3563-3592. Varijacije u viskozitetu riolita pri 1000°C s povećanjem sadržaja H_2O (prema Shaw, 1965, Amer. J. Sci., 263, 120-153).



Slika II-16. Površina aa lave
nalikuje užetu, 1996 flows,
Kalapana area, Hawaii. © John
Winter and Prentice Hall.



Slika II-17. Pahoehoe (lijevo) iaa (desno)
1974 slijev iz Mauna Ulu, Hawaii. ©
John Winter and Prentice Hall.



Riolitna lava

- visok sadržaj SiO_2 , stakla
- visok viskozitet, tokovi lave
- da bi uopće mogle teći potrebne su visoke temperature

Jastučasta lava (pillow)

- jastučasti oblik, 10 cm - 6 m, bazaltnog sastava
- submarinske efuzije, reakcija s hladnom morskom vodom, koncentrična građa (sitnozrnata jezgra + staklasti rub)
- alteracije minerala (klinopiroksen, plagioklas $\Rightarrow$ klorit, albit)
- srednjeoceanski hrptovi
- najzastupljeniji tip lave, pokriva 70 % zemljine površine



Slika II-18. Pillow lava.
Fotografija Gordon Tribble i U.S.
Geological Survey

Vulkani



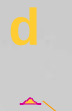
Shield Volcano: Mauna Loa, HI



Composite Volcano:
Mt. Rainier, WA.

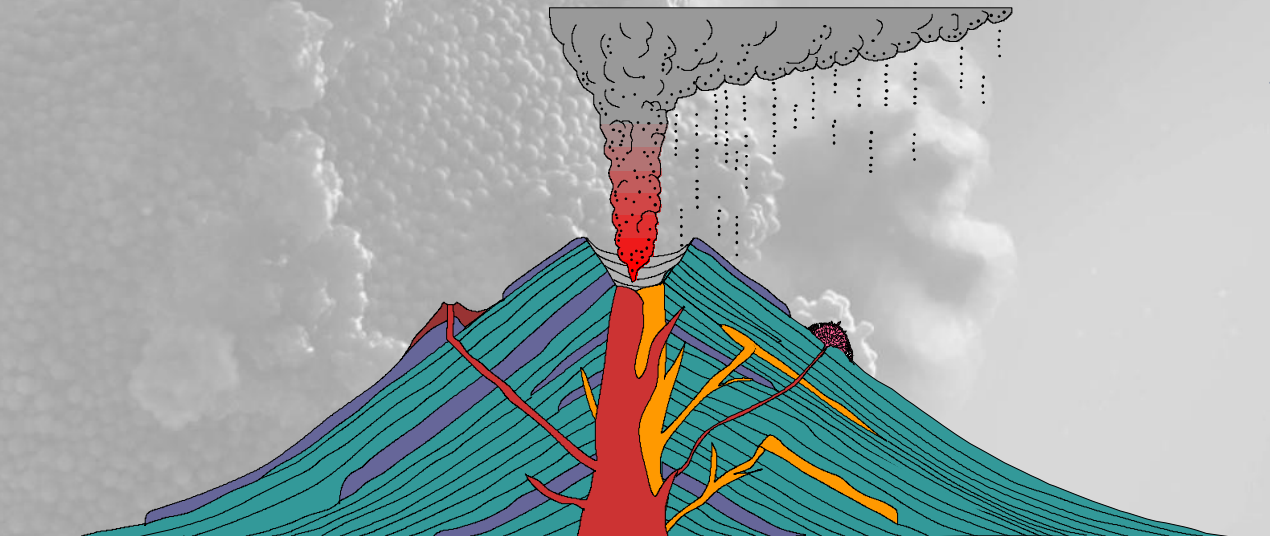


Dome:
Lassen Peak, CA



Cinder Cone:
Sunset Crater, AZ

Slika II-20.
Tipovi
vulkana s
centralnim
izljevom (svi
prikazani na
istoj skali).



Vulkanska kupa
Krater
Grotlo
Dimnjak
Parazitski vulkani
Magmatsko ognjište

- Štitasti (shield) vulkan
 - fluidni slijev lave, relativno niski, velike površine, h/d omjer nizak
- Stratovulkan (složena kupa, composite)
 - iznjene slijevova i naslaga piroklastičnog materijala
- Piroklastični vulkan (cinder)
 - izgrađen od piroklastičnog materijala (litoklast, kristaloklast, vitroklast)
 - vrlo strmi, h/d omjer visok

Pepeo - < 4 mm

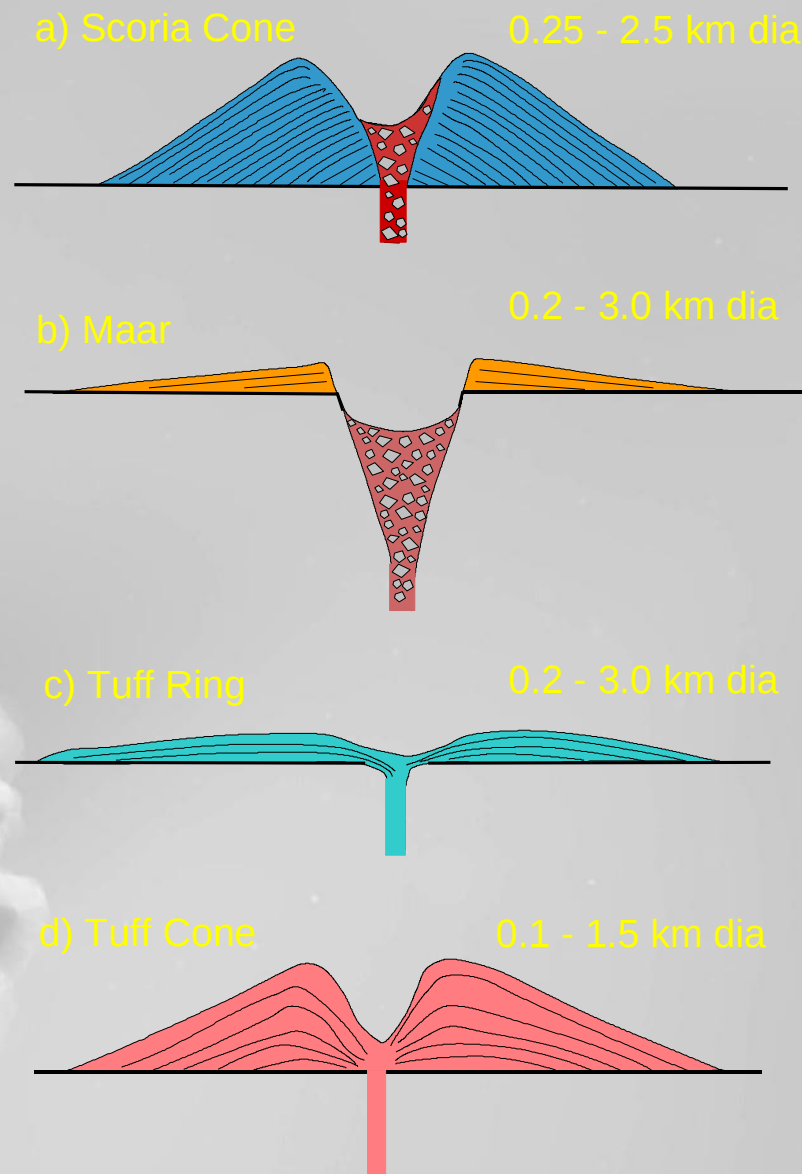
Lapili - 4 do 32 mm

Bombe - > 32 mm

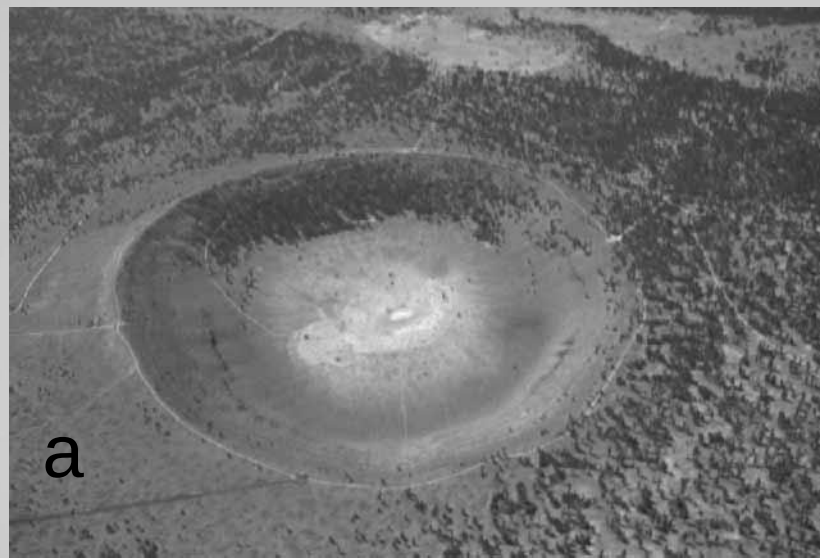
Slika II-22. Presjeci manjih ekspozivnih vulkana. Prema Wohletz and Sheridan (1983), Amer. J. Sci, 283, 385-413.



Scoria - je vezikularna staklasta lava bazaltnog do andezitnog sastava nastala izbacivanjem tijekom eksplozivne erupcije.



Slika II-23. a. Maar: Hole-in-the-Ground, Oregon (slika USGS). b. Tuff prsten: Diamond Head, Oahu, Hawaii (slika Michael Garcia). c. Scoria cone, Surtsey, Iceland, 1996 (© slika Bob and Barbara Decker).



Prema karakteru eksplozivnosti:

- Hawaii i Stromboli

bazični sastav, 1200 °C, brzina toka lave 8-10 m/s, protežu se do 80 km, neeksplozivan

- Etna i Vezuv

andezitni do bazični sastav, viskozne, spore, ~ 1000 °C, začepljenje dimnjaka dovodi do eksplozije, izbacuju kruti materijal (bombe, lapili), kratki i debeli tokovi

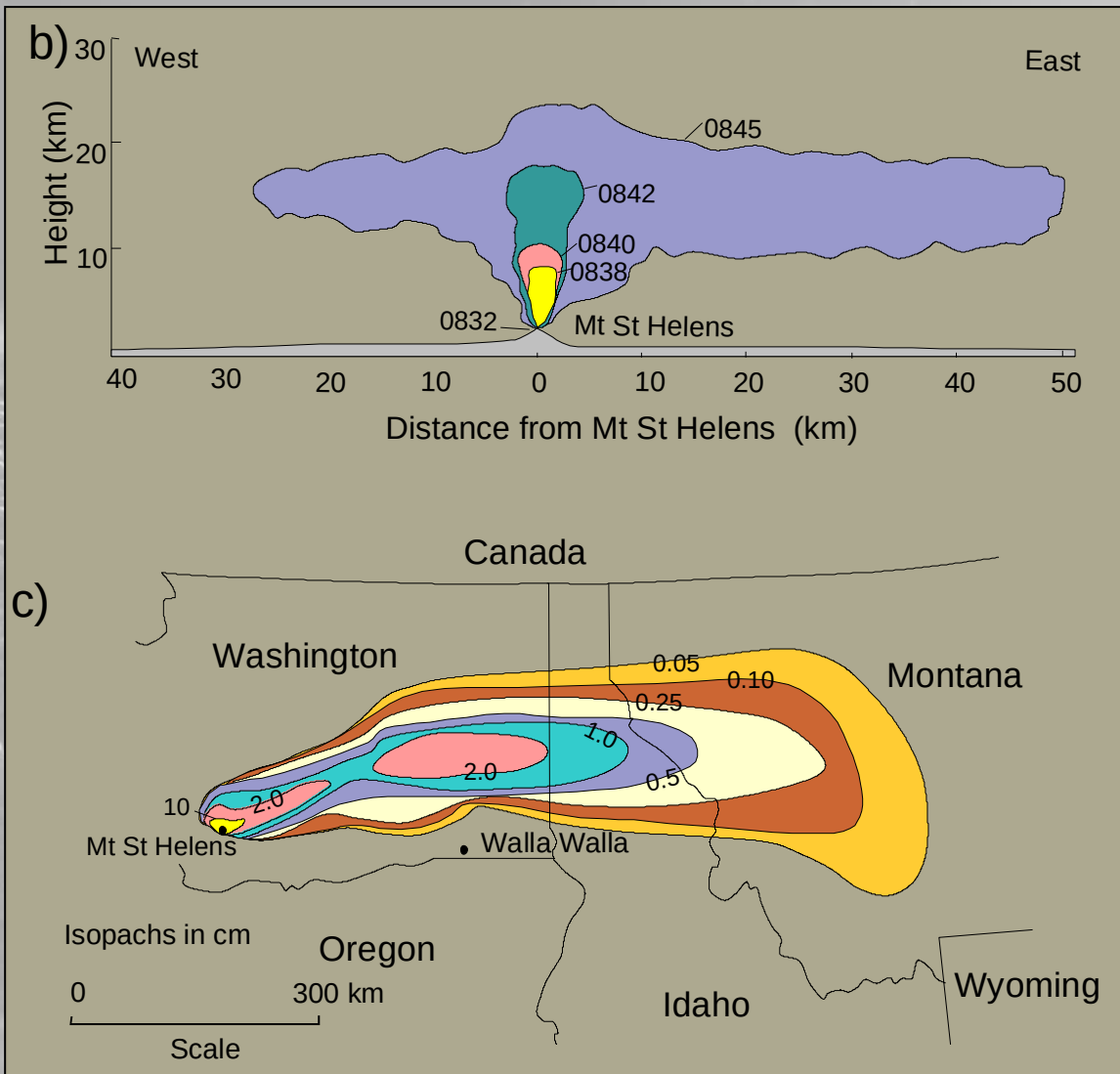
- Pele

- andezitni, vrlo visok viskozitet, 800 °C, skrutnjavanje u dimnjaku, kolosalne eksplozije (krutina + plin)

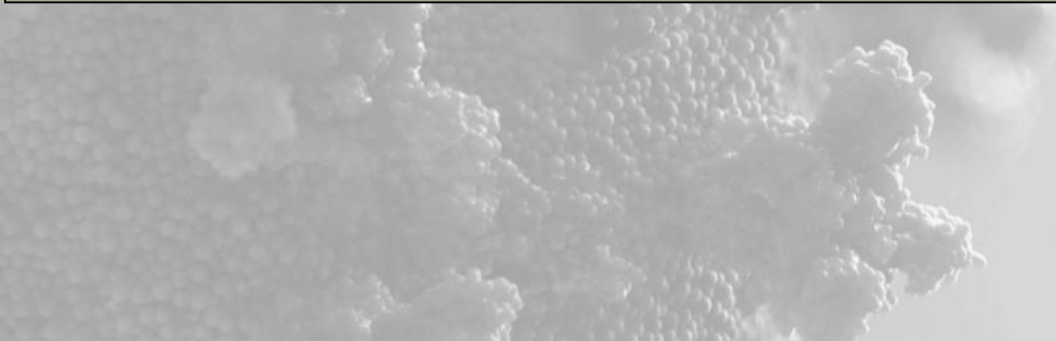
- Krakatoa

- kiseli, vrlo visok viskozitet, eksplozije, velike količine krutine,

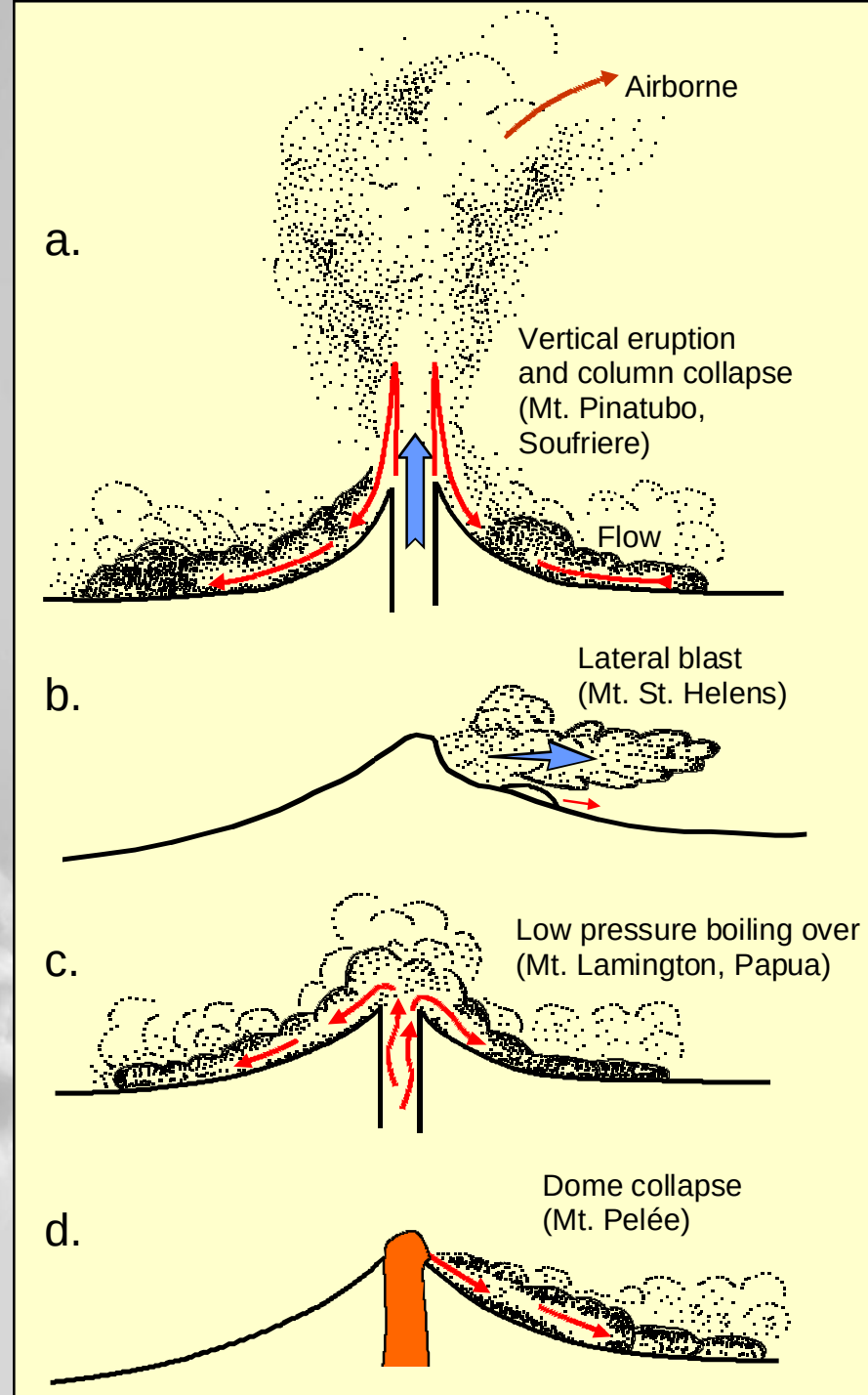
KALDERA



Slika II-25. Oblak pepela i njegovo rasprostiranje nakon erupcije Mt. St. Helens 1980. a. Mt. St. Helens vertikalni stup pepela, Svibanj 18, 1980 (slika USGS). b. Razvoj oblaka pepela u prvih 13 minuta. c. Debljina naslaga pepela (u cm). Prema Sarna-Wojcicki et al. (1981) in The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. USGS Prof. Pap., 1250, 557-600.



Slika II-27. Tipovi nastanka piroklastičnih naslaga (pyroclastic flow). Prema MacDonald (1972), Volcanoes. Prentice-Hall, Inc., Fisher and Schminke (1984), Pyroclastic Rocks. Springer-Verlag. Berlin. a. kolaps vertikalne eksplozije ili Plinijevog stupca, materijal pada natrag i kreće se duž površine. b. Bočna eksplozija, Mt. St. Helens in 1980. c. Ključanje "Boiling-over" magme bogate plinom. d. Gravitacijski kolaps vruće dome (Sl. II-28).



Slika II-29. Presjek kroz ignimbrit pokazuje u bazi kaotične naslage (basal surge deposit), u sredini tokove piroklastičnog materijala (flow deposit), i u gornjem dijelu pokrov pepela (ash fall). Roze predstavlja plovuĉac (pumice), tamno predstavlja fragmente stijena (gušći). Prema Sparks et al. (1973) Geology, 1, 115-118. Geol. Soc. America

Vitroklast
Litoklast
Kristaloklast



LUČENJE

pločasto
kockasto

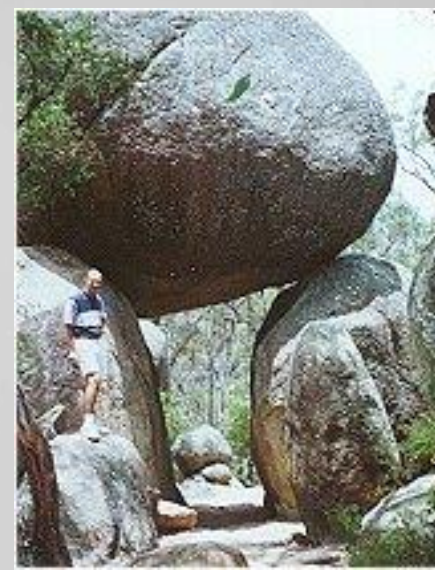
prizmatsko
kuglasto

nepravilno

a



Slika II-30. a. Yellowstone National Park, Wyoming, USA
prizmatsko lučenje ; b. kuglasto lučenje Girraween National
Park Australija





↑ Kuglasto lučenje
Garjavica, Moslavačka gora



← Prizmatsko lučenje
Rupnica, Voćin, Slavonija

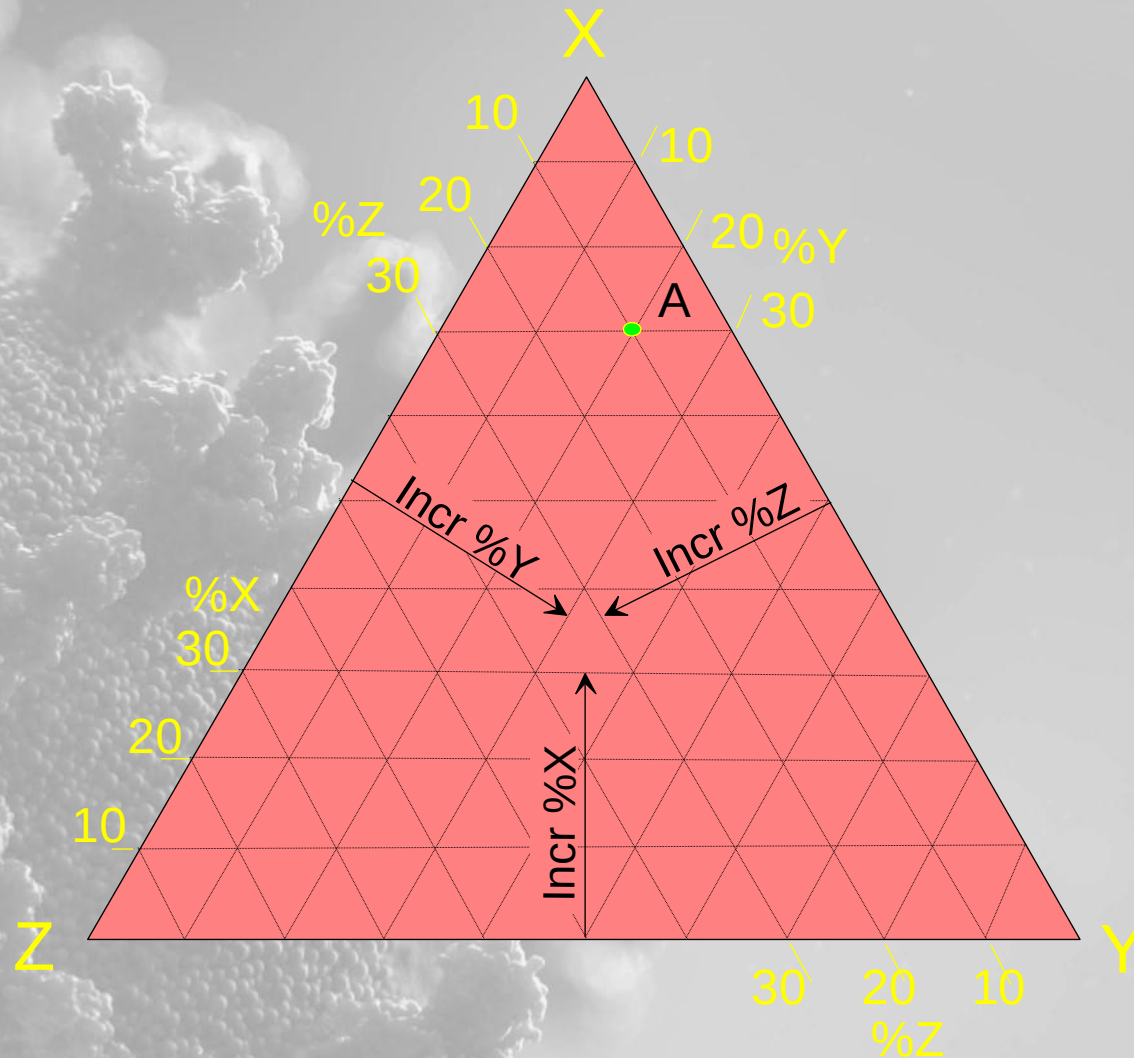
Post vulkanski fenomeni

- vrući izvori
- gejziri
- fumarole



Old Faithful, Yellowstone, USA

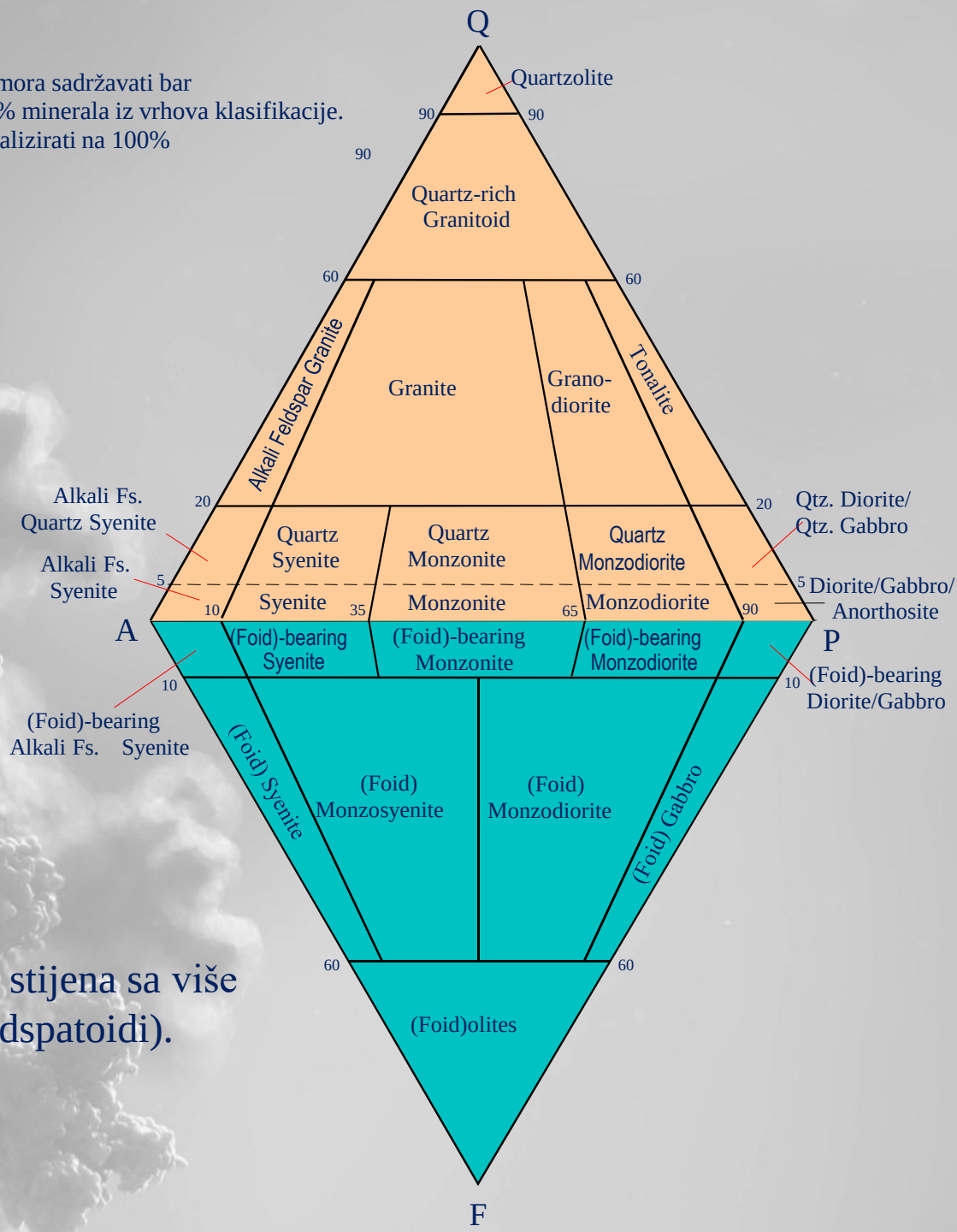
Klasifikacija magmatskih stijena



Slika II-1. Unos točaka u trokomponentni dijagram: 70% X, 20% Y, and 10% Z. An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, John Winter, Prentice Hall.

Klasifikacija magmatskih stijena

(a) Stijena mora sadržavati bar
10 vol. % minerala iz vrhova klasifikacije.
Renormalizirati na 100%



Slika II-2. Klasifikacija magmatskih stijena sa više
od 10 vol. % (kvarc+ feldspati + feldspatoidi).
Prema IUGS.

Klasifikacija magmatskih stijena

Plagioclase

Anorthosite

90

Gabbro

Troctolite

Olivine gabbro

Plagioclase-bearing ultramafic rocks

Pyroxene

Olivine

(b)

Gabbro - cpx
Norit - opx
Gabronorit

(c)

Slika II-3. Klasifikacija magmatskih stijena .
b. Gabroidne stijene. c. Ultramafitne stijene.
Prema IUGS.

Olivine

Dunite

90

Harzburgite

Wehrlite

Lherzolite

40

Olivine Websterite

10

Websterite

Orthopyroxene

Clinopyroxenite

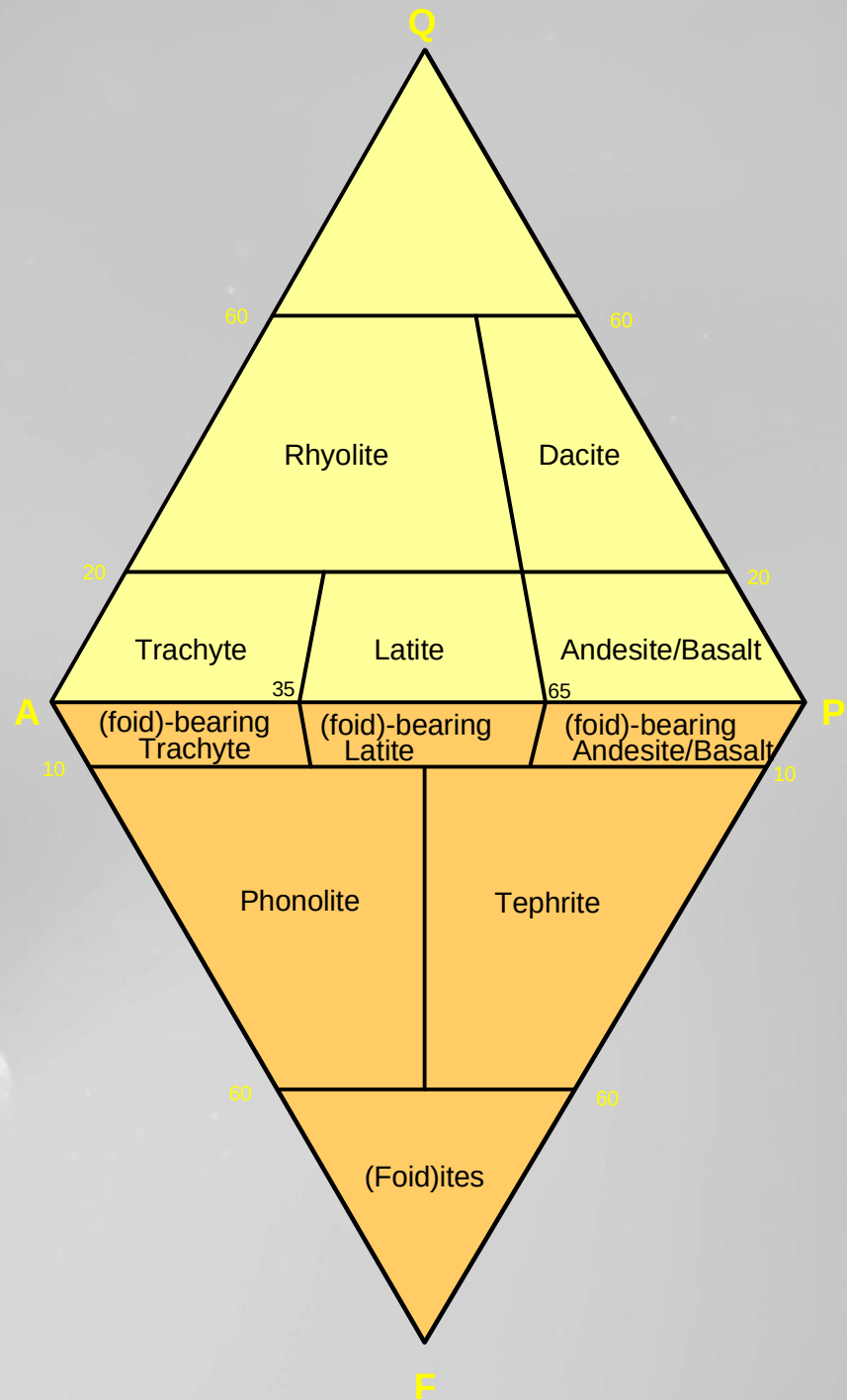
Clinopyroxene

Peridotites

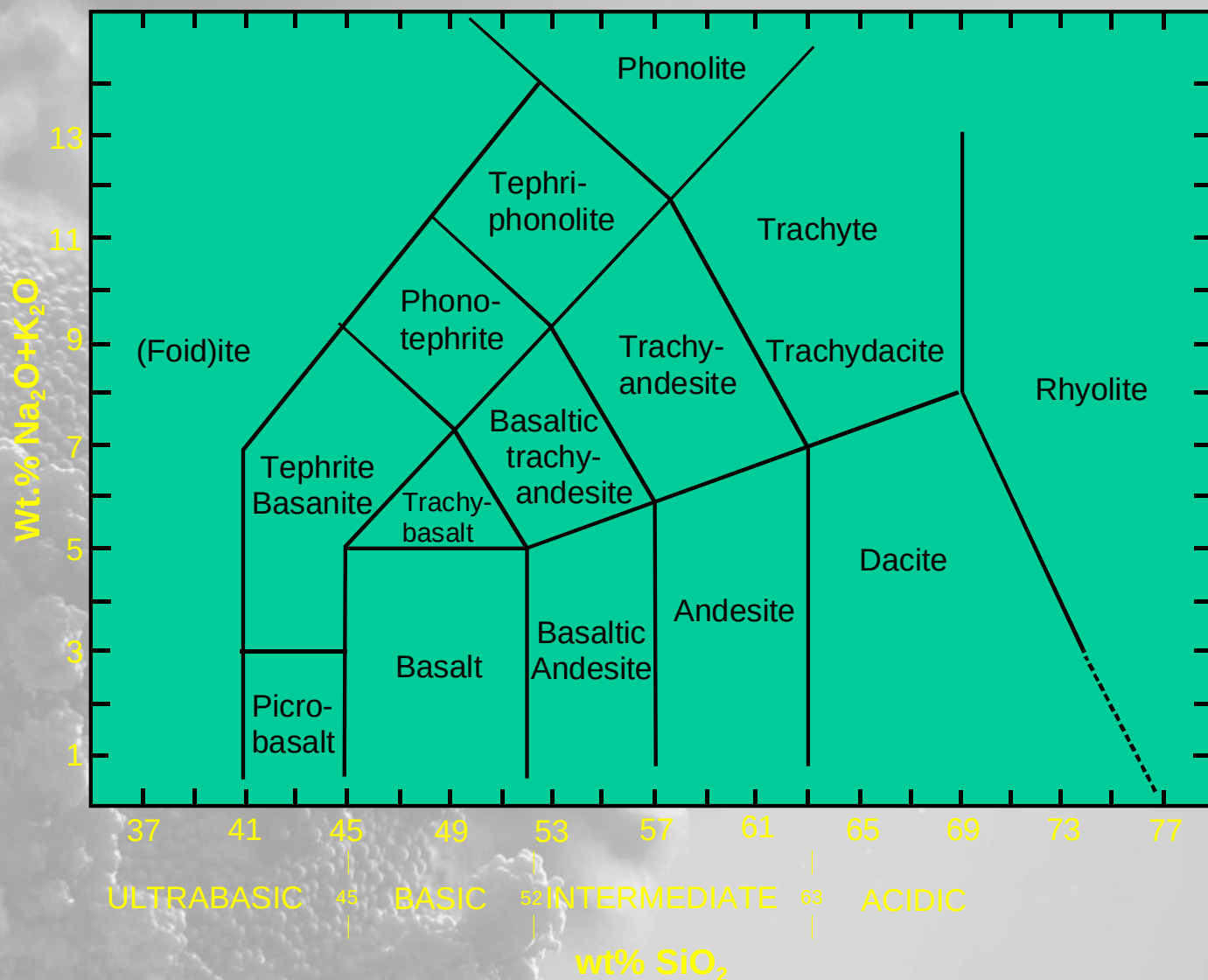
Pyroxenites

Klasifikacija magmatskih stijena

Slika II-4. Klasifikacija magmatskih
stijena (efuzivi). Prema IUGS.

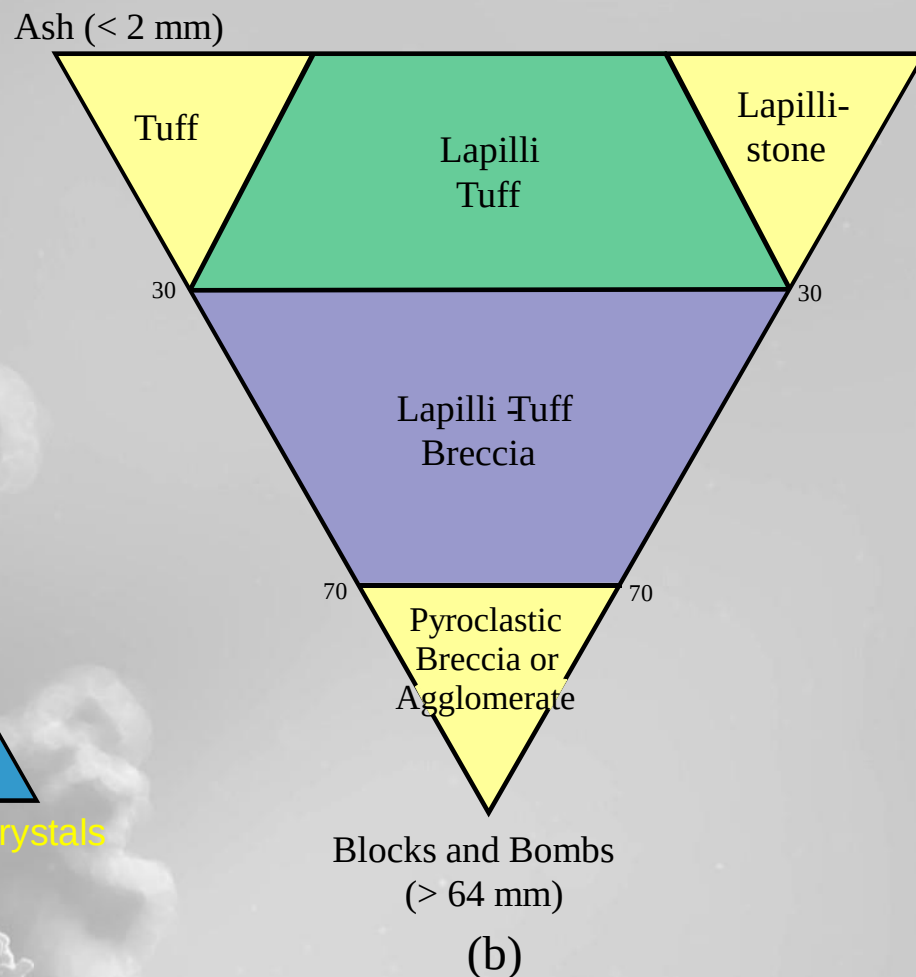
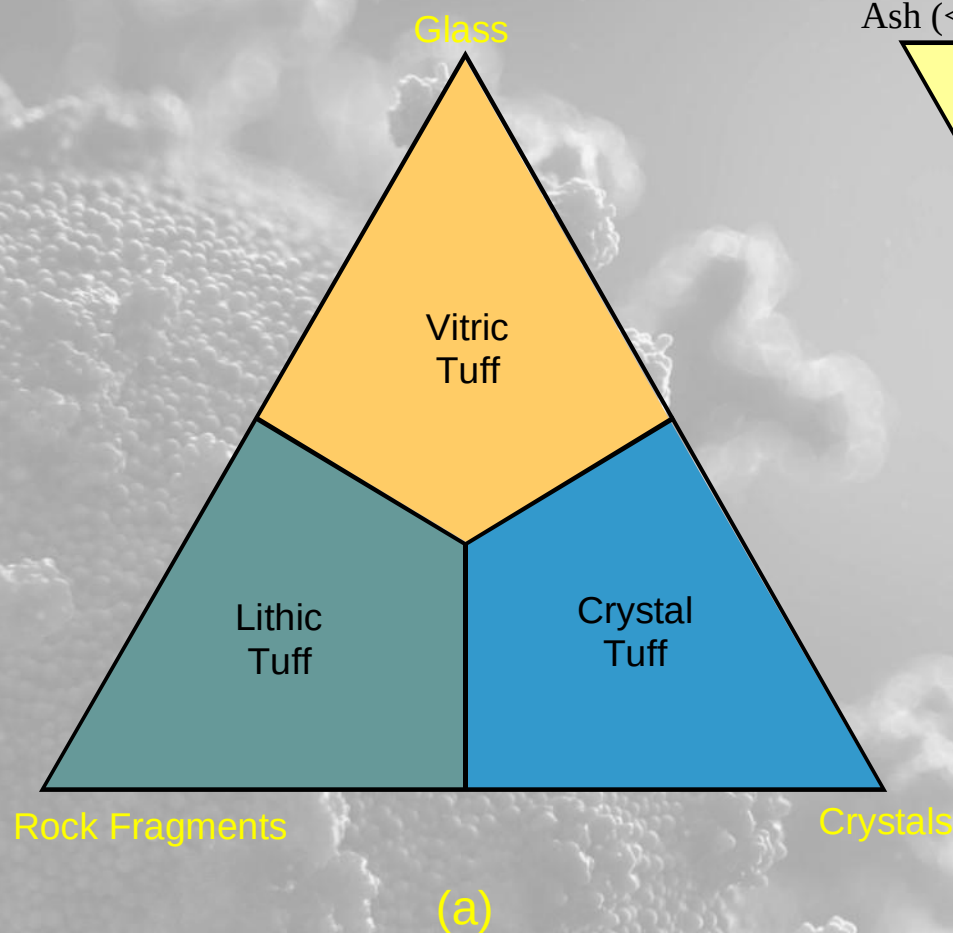


Klasifikacija magmatskih stijena



Slika II-5. Kemijska klasifikacija efuzivnih stijena temeljena na sadržaju SiO₂ i ukupnih alkalnih oksida (tež. %). Prema Le Bas et al. (1986) J. Petrol., 27, 745-750. Oxford University Press.

Klasifikacija magmatskih stijena



Slika II-6. Klasifikacija piroklastičnih stijena. a. Temeljena na vrsti materijala. Prema Pettijohn (1975) *Sedimentary Rocks*, Harper & Row, and Schmid (1981) *Geology*, 9, 40-43. b. Temeljena na veličini čestica. Prema Fisher (1966) *Earth Sci. Rev.*, 1, 287-298.

Klasifikacija magmatskih stijena

	Serijska alkalijska	Serijska monzonitska	Serijska kalcijsko- -alkalijska	
Mineralni sastav	K-feldspati ± feldspatoidi	K-feldspati + plagioklasi	Plagioklasi	Mineralni sastav
intruziv efuziv	granit riolit	adamelit delenit	granodiorit dacit	kvarc + biotit (amfibol)
intruziv efuziv	sljenit trahit	monzonit trahi-andezit	diorit andezit	amfibol ± biotit (piroksen)
intruziv efuziv	alk. gabra alk. bazalt	kentalenit trahi-bazalt	gabra bazalt	piroksen, ± olivin
				olivin piroksen dunit peridotiti pirokseniti

Slika II-7. Terenska klasifikacija magmatskih stijena.