

UPORABA GLAVNIH PRVIN

ZA INTERPRETACIJO
MAGMATSKIH KAMNIN

Sestava Zemle

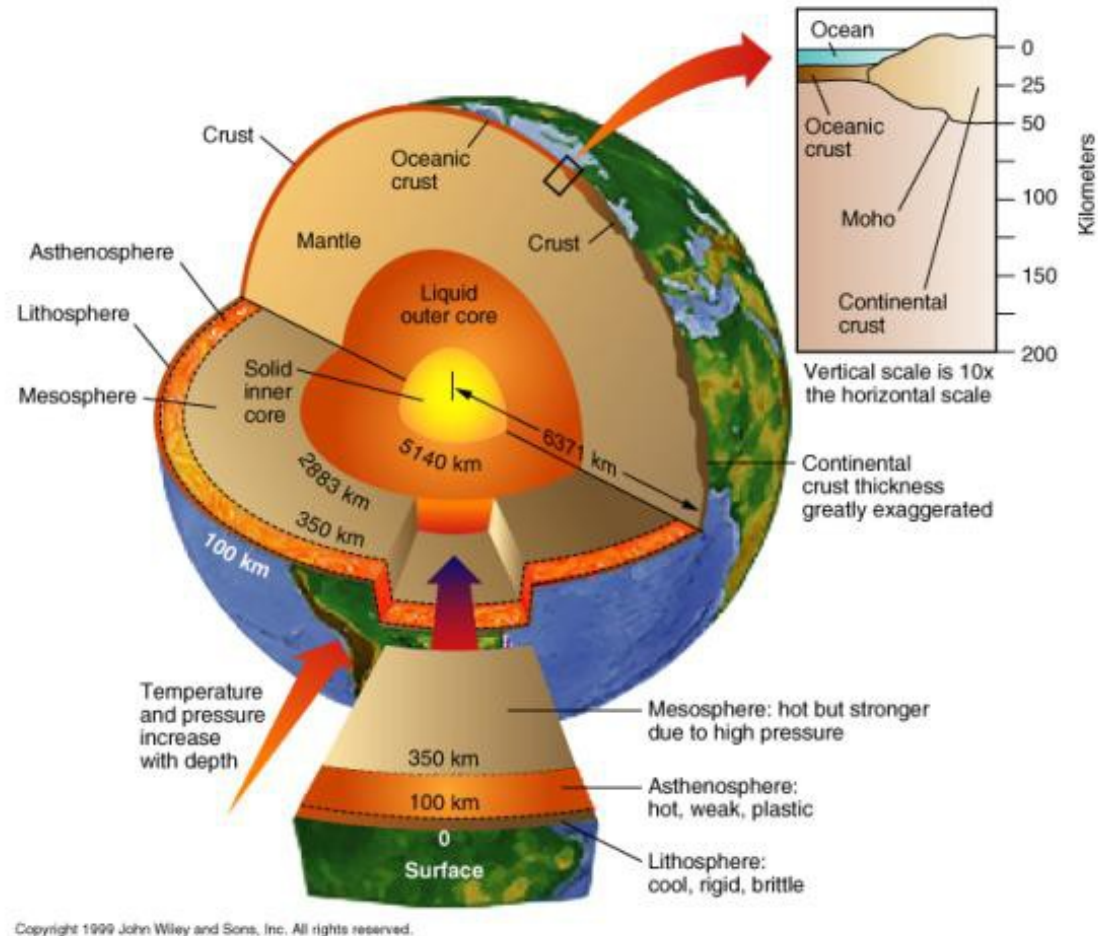
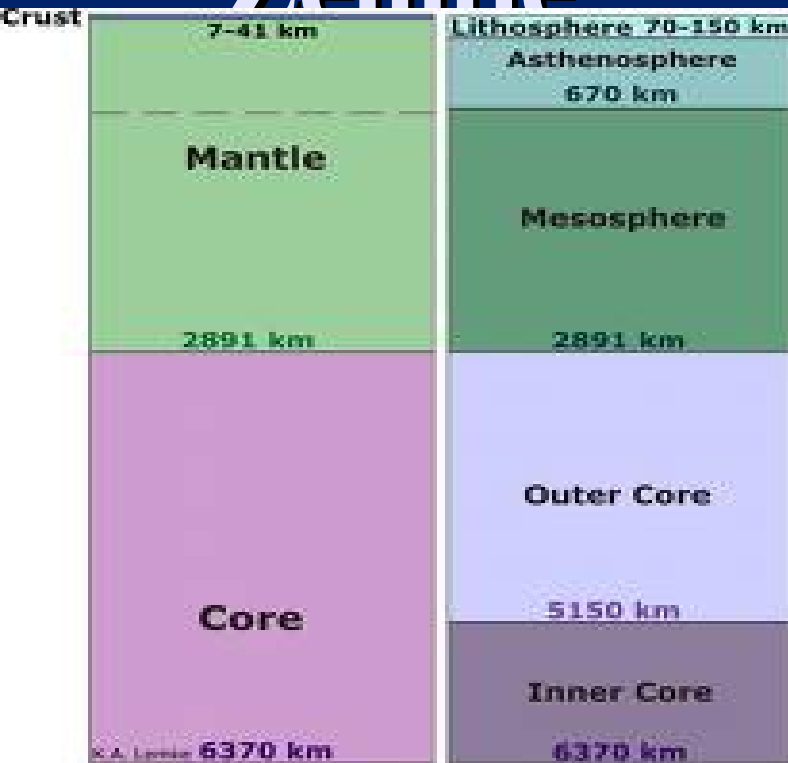
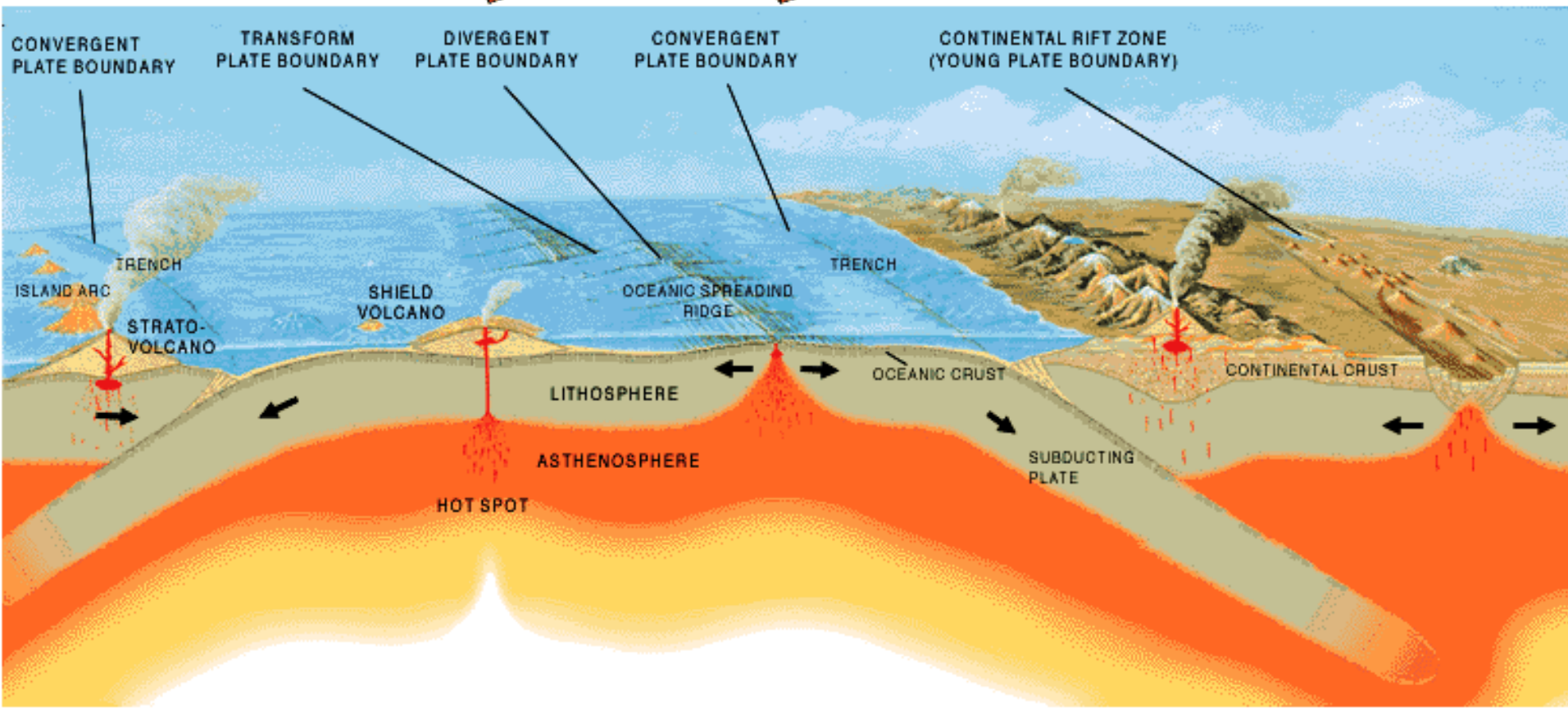
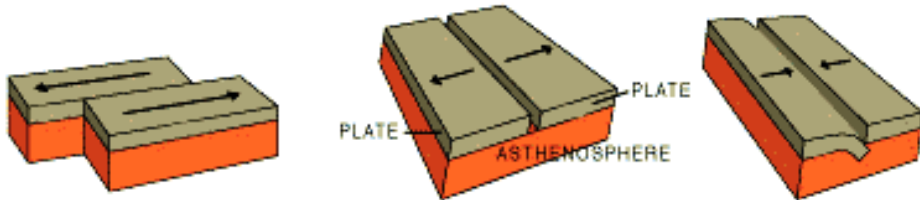


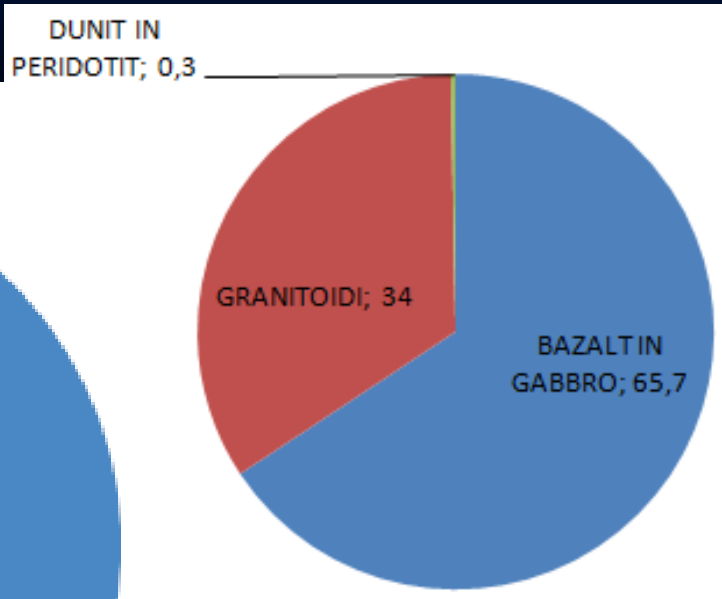
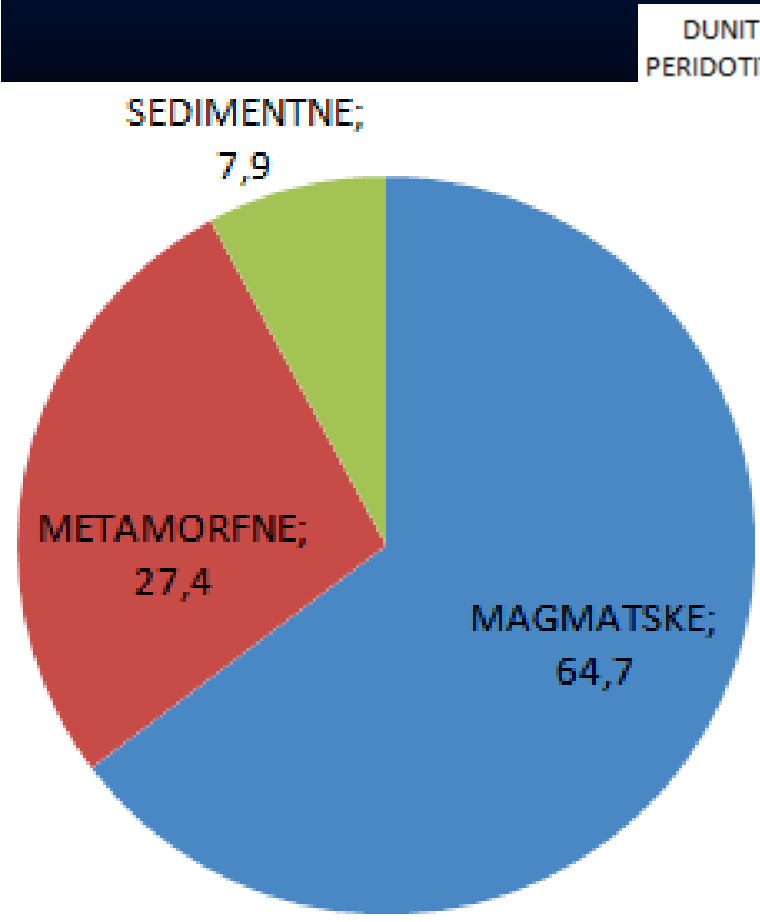
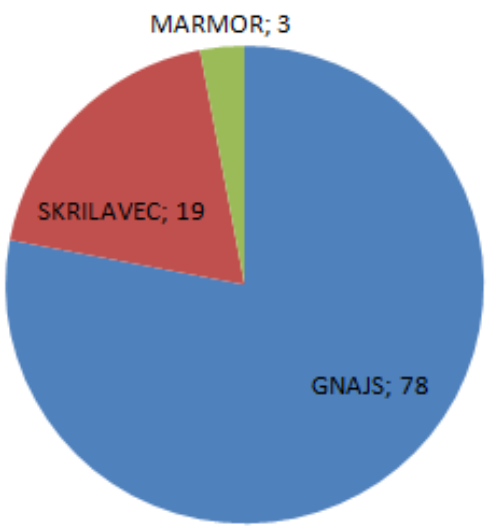
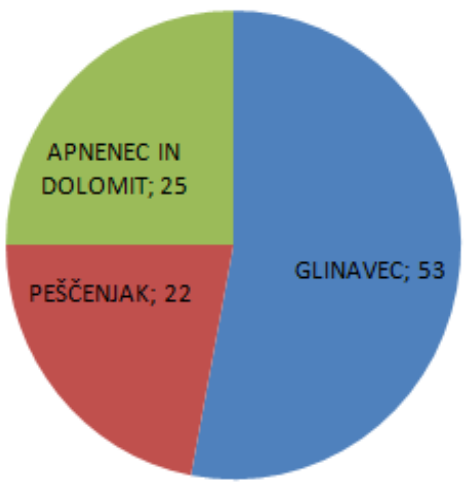
Table 11.1. VOLUMES AND MASSES OF THE EARTH'S SHELLS

	Thickness (km)	Volume 10^{27} cm^3	Mean Density g/cc	Mass 10^{24} kg	Mass Percent
Atmosphere				0.000005	0.00009
Hydrosphere	3.80	0.00137	1.03	0.00141	0.024
Crust	17	0.008	2.8	0.024	0.4
Mantle	2883	0.899	4.5	4.016	67.2
Core	3471	0.175	11.0	1.936	32.4
Whole Earth	6371	1.083	5.52	5.976	100.00

Tektonika plošč



Razmerje med magmatskimi – metamorfnimi in sedimentnimi kamninami



DUNIT IN PERIDOTIT; 0,3

Obilnost magmatskih in sedimentnih kamnin v zgornji skorji

Table 12.3. ABUNDANCE OF IGNEOUS AND SEDIMENTARY ROCKS IN THE UPPER CRUST

Plutonic Rocks	Volume %	Sedimentary Rocks	Volume %
Granite, Granodiorite	77	Shales	72
Quartz Diorite	8	Carbonates	15
Diorite	1	Sandstones	11
Gabbros	13	Evaporites	2
Syenites, anorthosites, peridotites	1		

From Taylor and McLennan (1985).

Table 12.7. COMPOSITION OF THE CONTINENTAL CRUST**Major Oxides, wt. %**

	R & F	T & M	W & T	We	Shaw
SiO ₂	59.1	57.3	63.2	61.5	63.2
TiO ₂	0.75	0.9	0.6	0.68	0.7
Al ₂ O ₃	15.8	15.9	16.1	15.1	14.8
FeO	6.6	9.1	4.9	5.67	5.60
MnO	0.1	0.18	0.08	0.10	0.09
MgO	4.4	5.3	2.8	3.7	3.15
CaO	6.4	7.4	4.7	5.5	4.66
Na ₂ O	3.2	3.1	4.2	3.2	3.29
K ₂ O	1.88	1.1	2.1	2.4	2.34
P ₂ O ₅	0.2		0.19	0.18	0.14

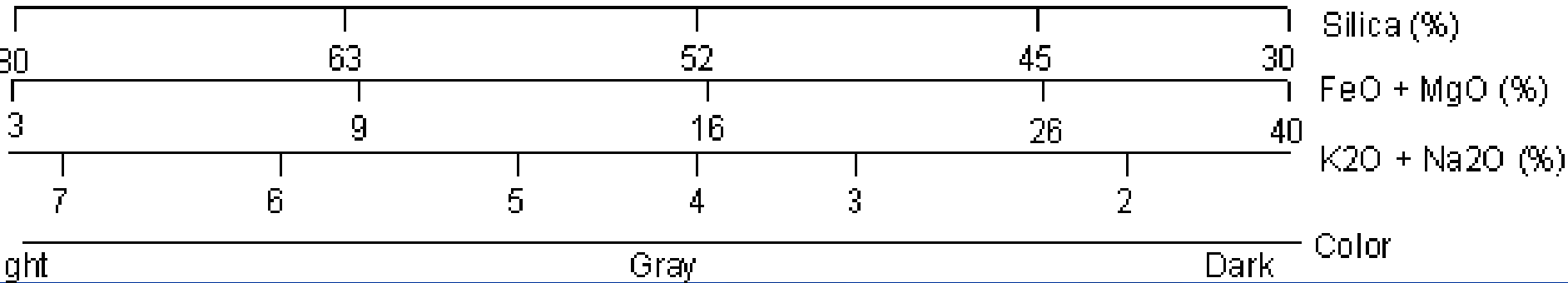
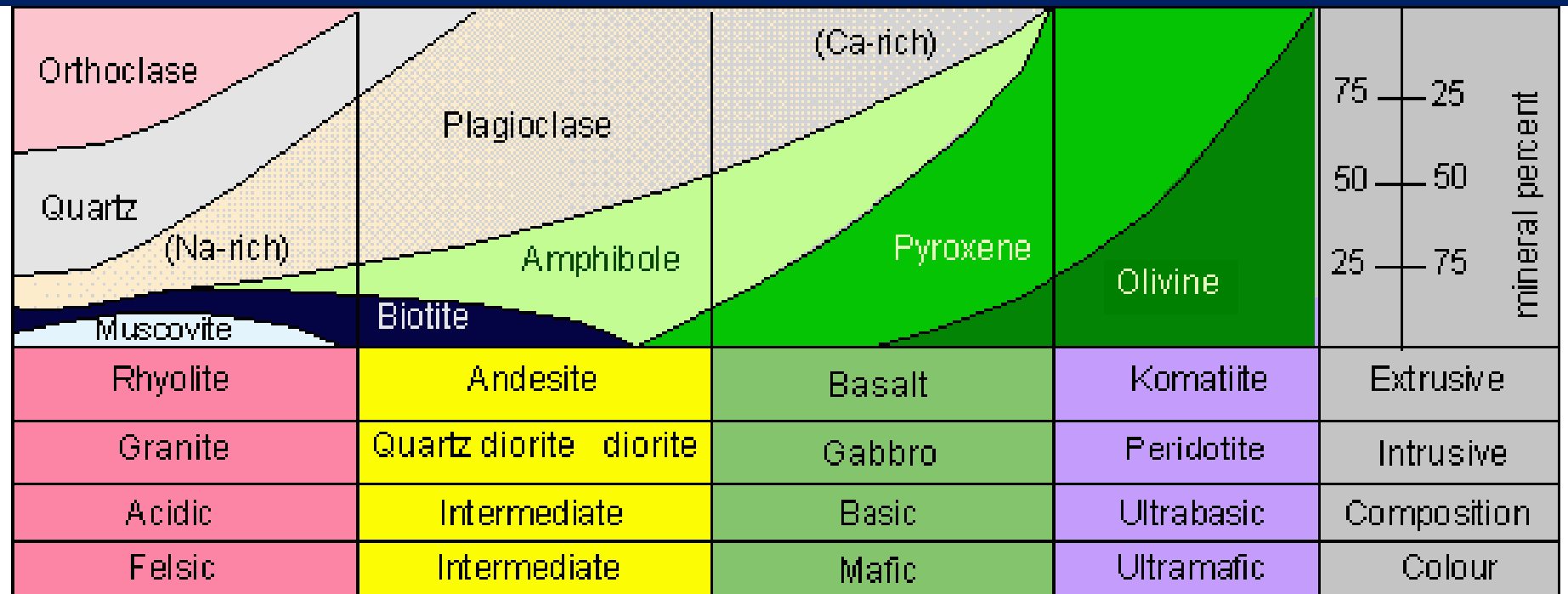
Table 12.4. Composition of the Upper Continental Crust

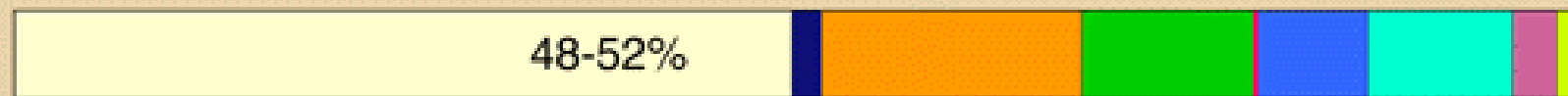
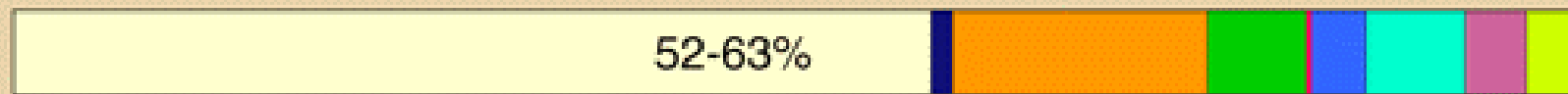
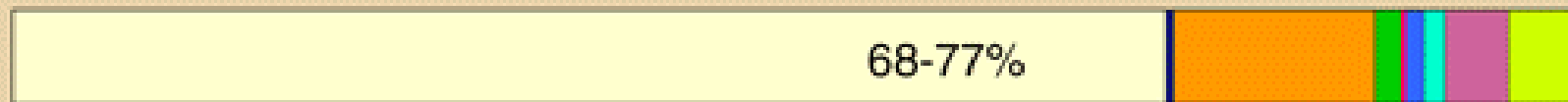
Major Oxides (wt %)	T& M	Wedepohl	Normative Mineralogy (T & M)	
SiO ₂	66.0	64.9	Quartz	15.7
TiO ₂	0.5 (0.76)	0.52	Orthoclase	20.1
Al ₂ O ₃	15.2	14.6	Albite	13.6
FeO	4.5	3.97	Diopside	6.1
MgO	2.2	2.24	Hypersthene	9.9
CaO	4.2	4.12	Il	0.95
Na ₂ O	3.9	3.46		
K ₂ O	3.4	4.04		

Table 12.6. Composition of the Middle and Lower Continental Crust

Major Oxides, %

	R & F Lower	R & F Middle	Wedepohl Lower
SiO ₂	32.3	60.6	38.05
TiO ₂	0.8	0.7	0.84
Al ₂ O ₃	16.6	15.5	15.32
FeO	8.4	6.4	7.34
MnO	0.1	0.1	0.12
MgO	7.1	3.4	3.23
CaO	9.4	3.1	6.80
Na ₂ O	2.6	3.2	2.86
K ₂ O	0.6	2.01	1.83
F ₂ O ₃	0.1	0.1	0.20





Abundance of Elements in the Igneous
Rocks of the Upper Continental Crust
(Uncertain values in parentheses)

1 to 100, %		10,000 to 100, ppm		100 to 10, ppm		10 to 1, ppm		1 to 0.1, ppm		0.1 to 0.001, ppm	
O	47.25	Ti	4700	V	95	B	9	Lu	0.6	Se	0.09
Si	30.54	P	810	Ce	75	Gd	8.8	Tm	0.6	In	0.07
Al	7.83	F	720	Cr	70	Pr	7.6	I	0.5	Ag	0.06
Fe	3.54	H	700	Zn	60	Sm	6.6	Bi	0.2	(Ar	0.04)
Ca	2.87	Mn	690	Ni	44	Dy	6.1	Sb	0.2	Hg	0.03
K	2.82	Ba	590	La	44	U	3.5	Cd	0.1	Pd	0.01
Na	2.45	C	320	Y	34	Ta	3.4			(Pt	0.005)
Mg	1.39	Cl	320	Cu	30	Yb	3.4			Au	0.004
		S	310	Nd	30	Er	3.4			(He	0.003)
		Sr	290	Li	30	Hf	3			(Te	0.002)
		Zr	160	N	20	Sn	3			(Re	0.001)
		Rb	120	Nb	20	Br	2.9			(Ir	0.001)
				Ga	17	Cs	2.7			(Rh	0.001)
				Pb	15	Be	2			(Os	0.001)
				Sc	14	Ho	1.8			(Ru	0.001)
				Co	12	As	1.7				
				Th	11	Eu	1.4				
						Tb	1.4				
						W	1.3				
						Tl	1.3				
						Ge	1.3				
						Mo	1				

Average Compositions of Igneous and Sedimentary Rocks (in weight-percent)

CHEMICAL COMPOSITION

Compound	Igneous Rocks	Greywackes	Clays and Shales
SiO ₂	65.4	67.1	58.9
TiO ₂	0.7	0.6	0.6
Al ₂ O ₃	14.8	14.4	10.7
Fe ₂ O ₃	1.4	2.2 (7), 1.7	2.8
FeO	3.3	3.4	3.7
MnO	0.1	0.1	0.1
MgO	2.3	2.1	2.6
CaO	4.0	2.3	2.2
Na ₂ O	3.3	3.2	1.6
K ₂ O	3.4	1.9	3.6
H ₂ O ⁺	0.6	2.3	5.0
P ₂ O ₅	0.2	0.2	0.2

MINERAL COMPOSITION

Rock	Igneous Rocks	Greywackes	Clays and Shales
Plagioclase	42	30-35	15
Potash feldspar	22	5	35*
Quartz	18	30, 44*	20
Amphibole	5		
Pyroxene	4		
Biotite	4		
Chlorite		10-15	20
Illite		15-20	25-40

SEDIMENTARY ROCKS
 IGNEOUS ROCKS
 METAMORPHIC ROCKS

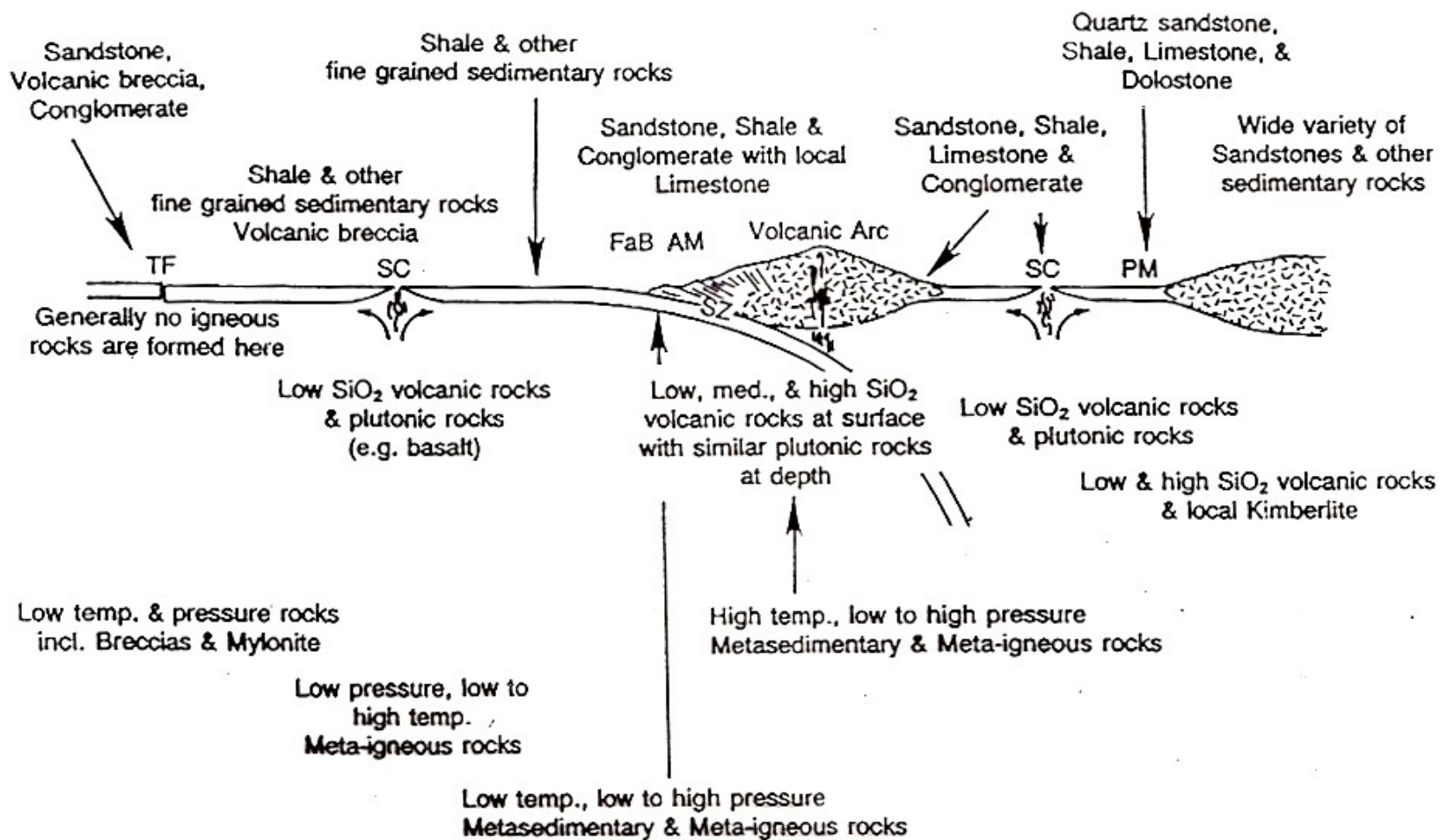


Figure 1.4 Diagram showing petrotectonic assemblages at various sites. FaB = forearc basin, SC = spreading center, SZ = subduction zone, TF = transform fault, AM = active margin, PM = passive margin.

Osnovni tipi kamnin glede na tektonska okolja

KAMNINA	MINERALI	KEMIZEM	OKOLJE
Tholeiitni bazalt	2 px, pl, ±ol	K ₂ O, SiO ₂	Oceanski grebeni, celine
Alkalni bazalt	1 px, pl, ol Normativni foidi in/ali alkalni px	Na ₂ O, K ₂ O	Oceanski loki
Dunit, peridotit	ol, en, di, sp	MgO, Cr ₂ O ₃	Območja nekdanje aktivnosti, otočni loki
Riolit	Q, K-fs, pl	SiO ₂	Subdukcija, razpad celine
Fonolit	le, ne	K ₂ O	Razpad celine

1760 - 1800

So graniti magmatske ali metamorfne kamnine?

Neptunisti
sedimentne

Plutonisti
magmaške,
metamorfne

- 1960

Zaradi problema prostornine – ali so magmatski ali metasomatski ?

Metasomatski

Magmaški

1930 -
1970
Ali je sestava posledica frakcionirane kristalizacije iz bazaltov, ali so posledica taljenja skorje?

Frakcionirana
kristalizacija

Anateks
a

1970 -

Kaj je izvor (i) granitne taline?

Plašč

Podrinjen
klin

Skorja

Uporaba glavnih prvin

- Klasifikacija
- Variacijski diagrami
- Eksperimentalni fazni diagrami
- Tektonska okolja

Klasifikacija kamnin

- Diagrami oksid – oksid
- Klasifikacija na osnovi norme
- Klasifikacija na osnovi kationov

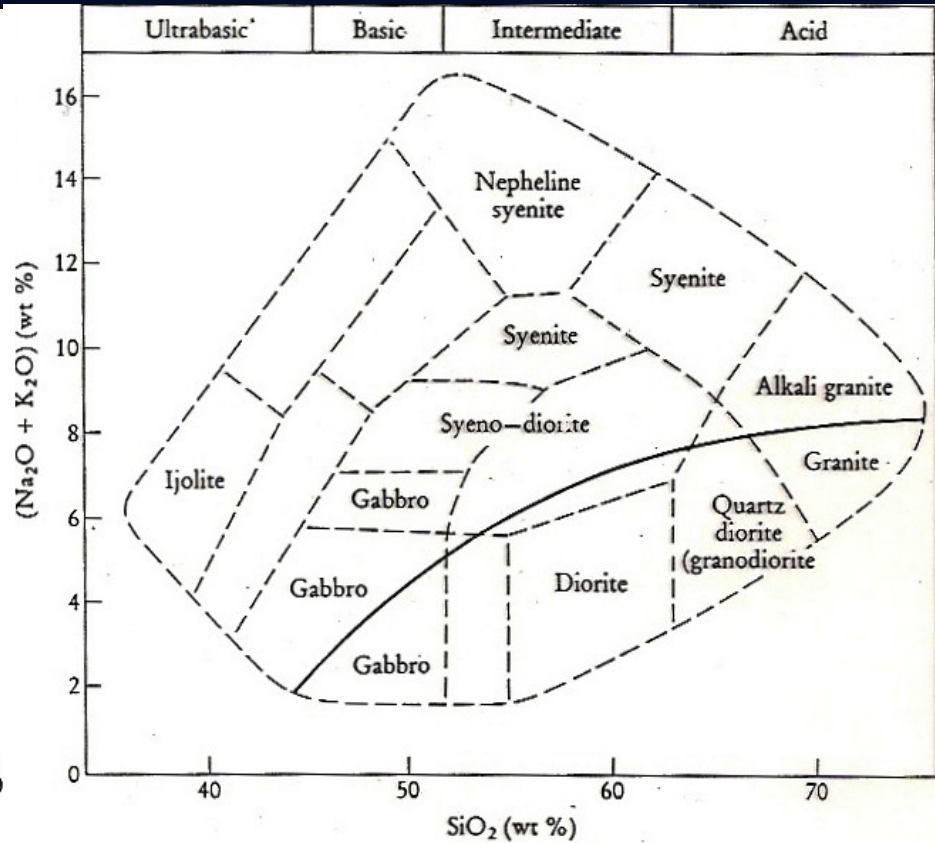
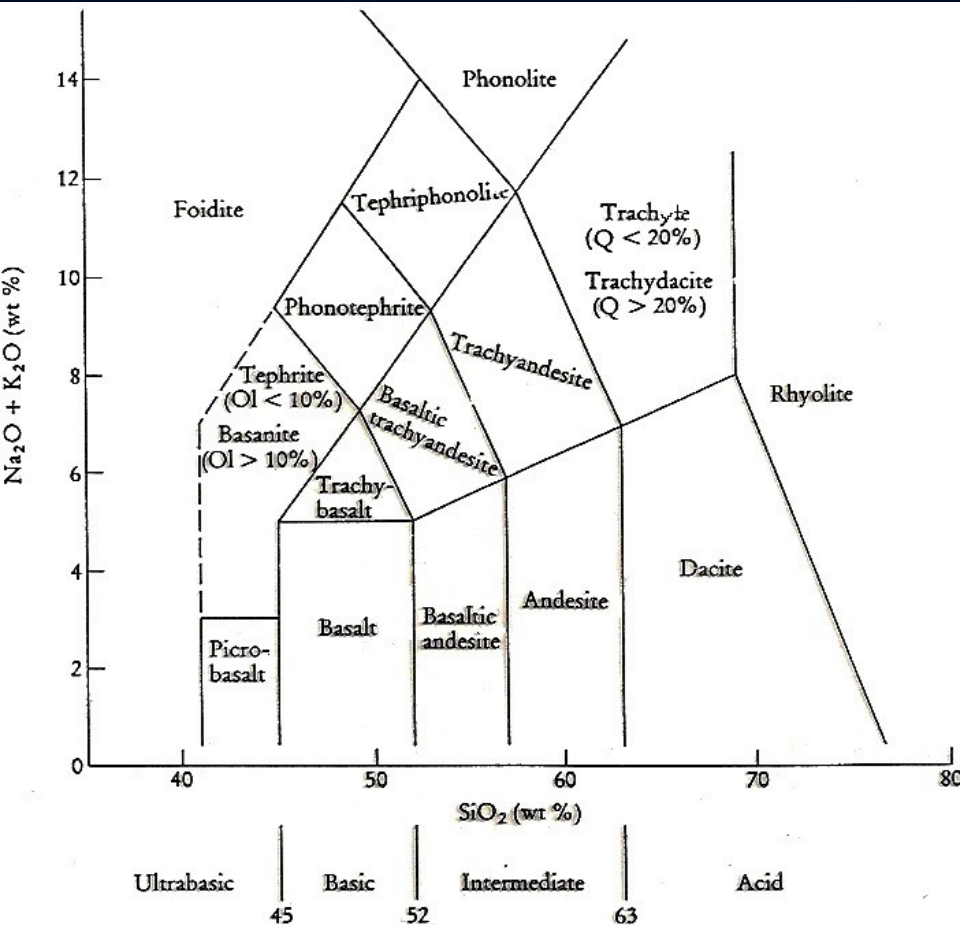
Diagrami oksid – oksid

- TAS
 - Predornine
 - Globočnine
 - Alkalne/subalkalne/peralkalne
- K_2O-SiO_2 za subalkalne predornine
- Nasičenje s kremenico (SiO_2)
- Nasičenje z glinico (Al_2O_3)
- Ugotavljanje izvorne kamnine

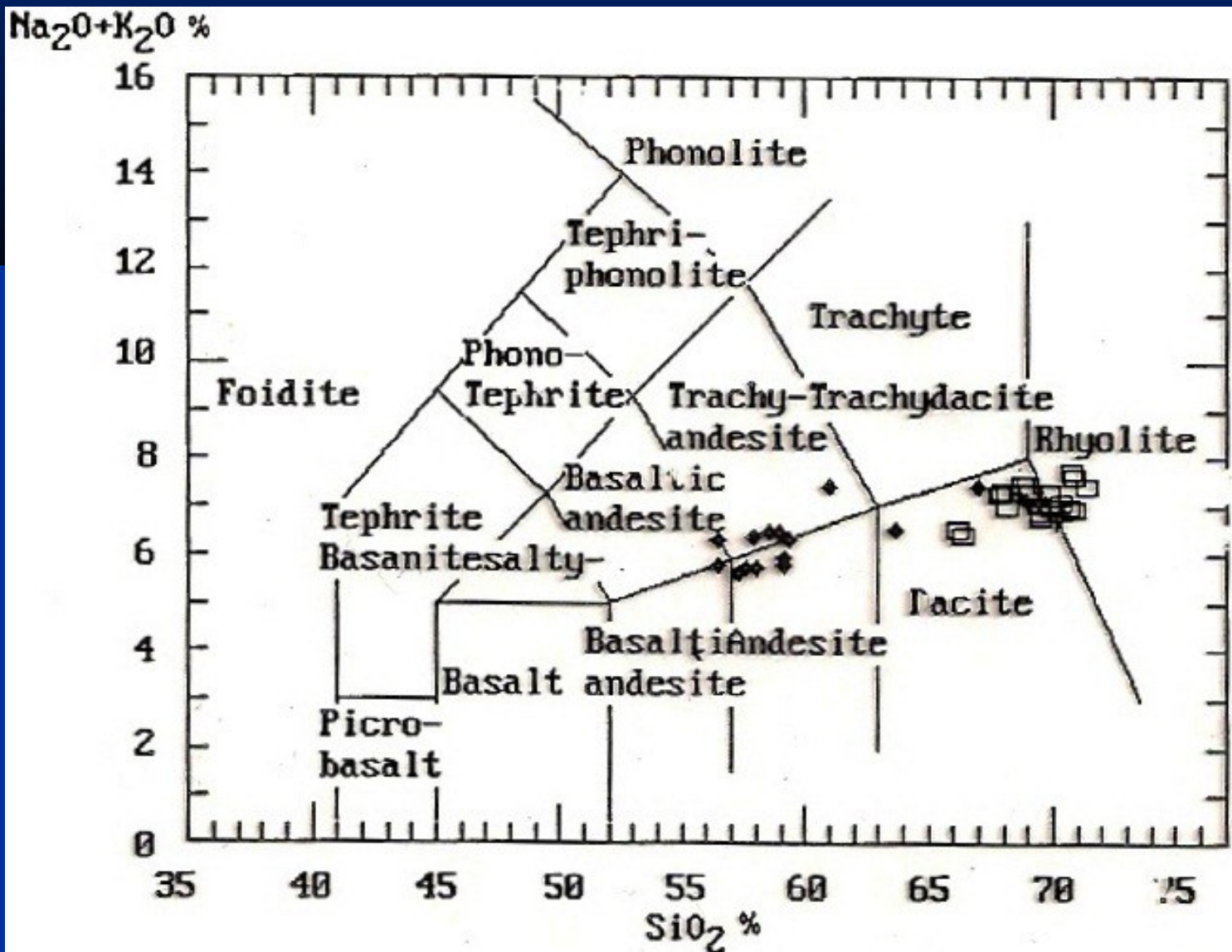
TAS (Total Alkalies Silica) diagram

■ Predornine

■ Globočnine



TAS diagram



Alkalne/subalkalne/peralkalne

SUBALKALINE ROCKS

THOLEIITIC BASALT SERIES

Tholeiitic
picrite - basalt

Olivine
tholeiite

Tholeiite
Quartz tholeiite

Tholeiitic
andesite
Icelandite

CALC-ALKALI SERIES

High-alumina
basalt

High-alumina
andesite
Andesite

Dacite

Rhyolite

ALKALINE ROCKS

ALKALI OLIVINE BASALT SERIES

Alkalic
picrite-basalt
Ankaramite

Alkali
olivine basalt
Basanite

SODIC SERIES

Hawailite
Nepheline hawailite

Mugearite
Nepheline mugearite

Benmorite
Nepheline benmorite

Trachyte
Phonolite

POTASSIC SERIES

Trachybasalt
Leucite trachybasalt

Tristanite
Leucite tristanite

K-rich trachyte
Leucite phonolite

NEPHELINIC, LEUCITIC and ANALCITIC ROCKS

Nephelinite
Melilite nephelinite

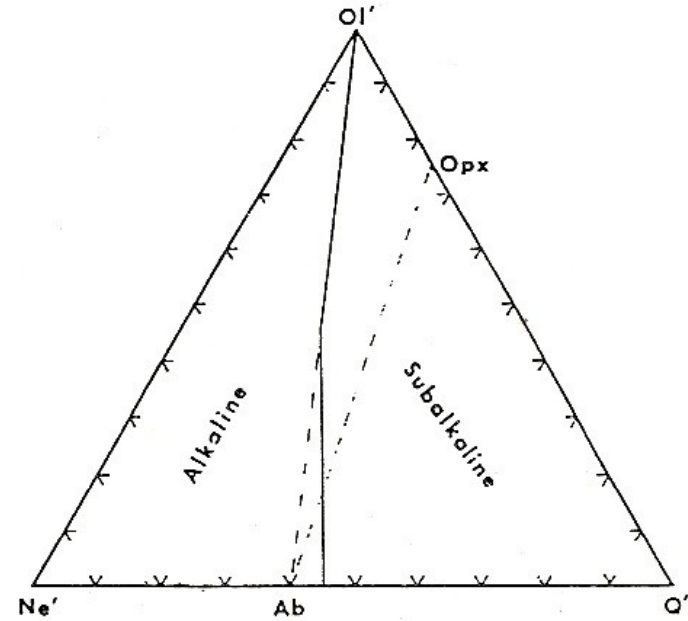
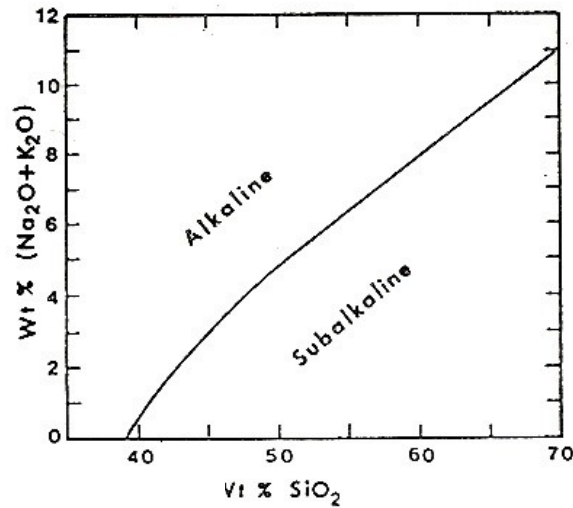
Analcitite

Leucitite
Wyomingite

PERALKALINE ROCKS

Pantellerite
Commendite

Alkalne/subalkalne



Alkali %

Wt % SiO₂

Ne'

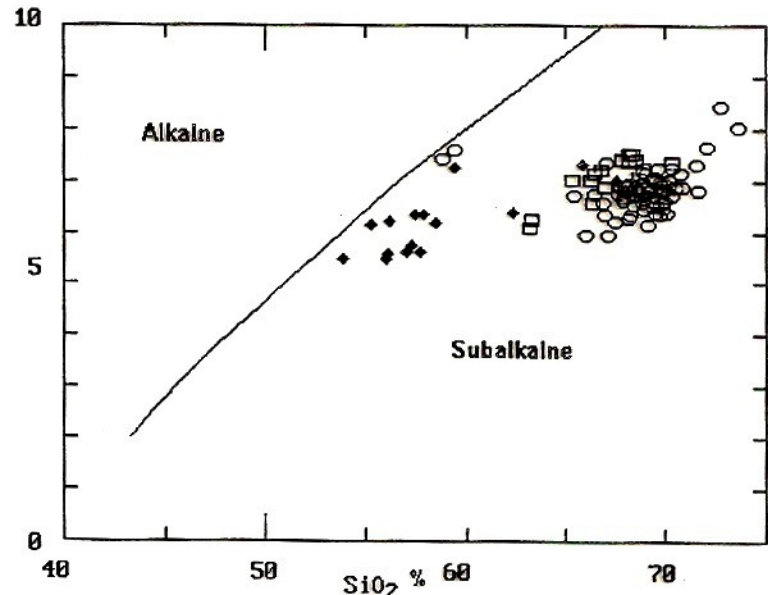
Ab

Ol'

Opx

Alkaline

Subalkaline

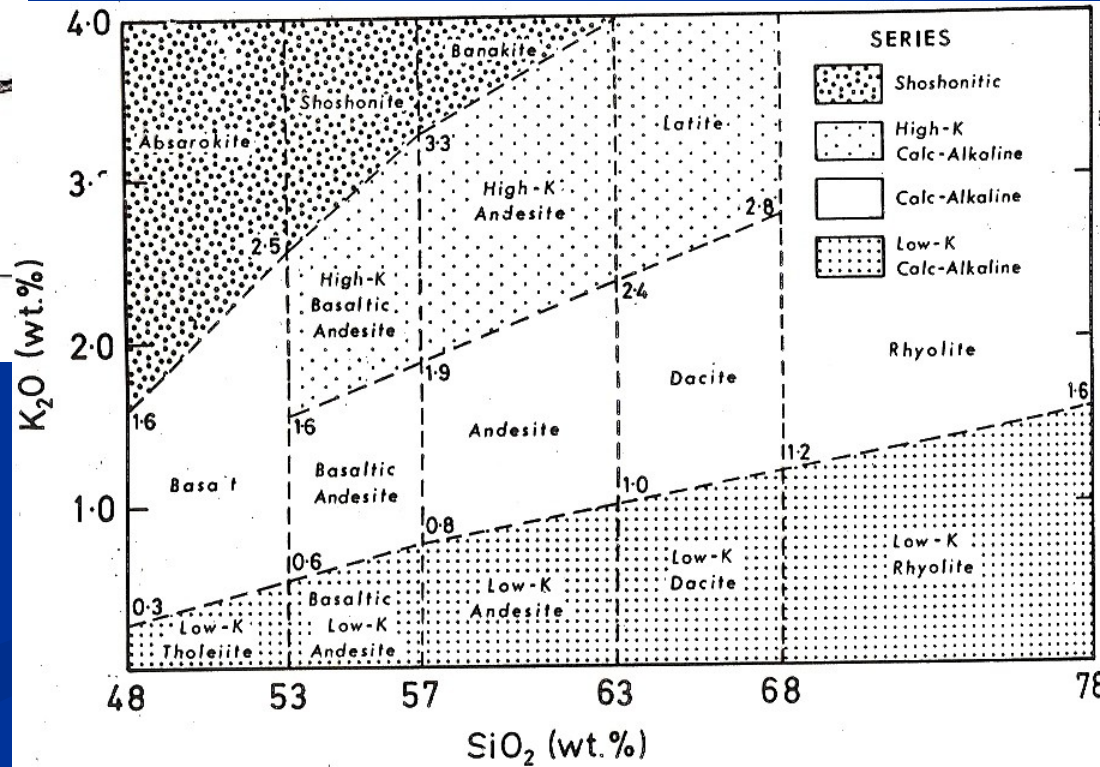
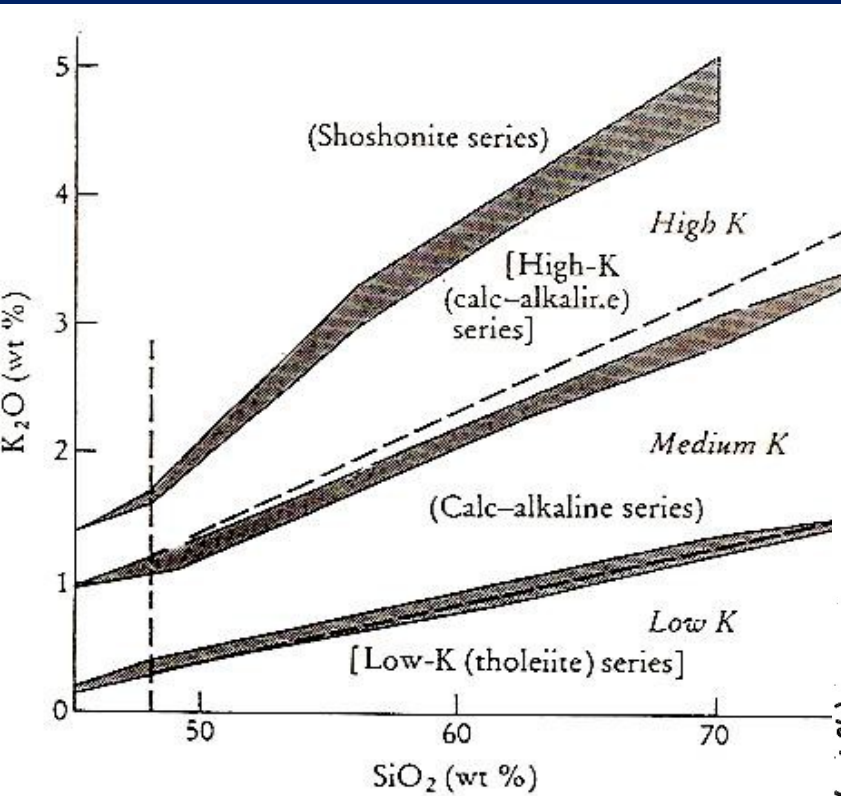


Alkaline

Subalkaline

SiO₂ %

K₂O – SiO₂ za subalkalne predornine



Nasičenje s kremenico (SiO_2)

■ Vsebnost kremenice

- > 66 % kisle
- 52 – 66% srednje
- 45 – 52 % bazične
- < 45 % ultrabazične

	Felsic (light color)	Intermediate	Mafic (dark color)	Ultramafic	
Texture	Coarse	Granite	Diorite	Gabbro	Peridotite
	Fine	Rhyolite	Andesite	Basalt	
	Vesi- cular	Pumice		Scoria	
	Glassy	Obsidian			
	Minerals Present				
	QUARTZ K-FELDSPAR NA-PLAG	NA-CA PLAG AMPHIBOLE	CA PLAG PYROXENE	PYROXENE OLIVINE	

- Terminologija izvira iz časov, ko so menili, da so se kamnine z visoko vsebnostjo SiO_2 oborile iz vod z visoko koncentracijo H_4SiO_4 .

Nasičenje s kremenico (SiO_2)

■ Nenasičene.

■ V kamnini so minerali, ki niso soobstojni s kremenom:

- Glinenčevi nadomestki
- Olivin - forsterit
- CIPW nefelin in/ali levcit

■ Nasičene.

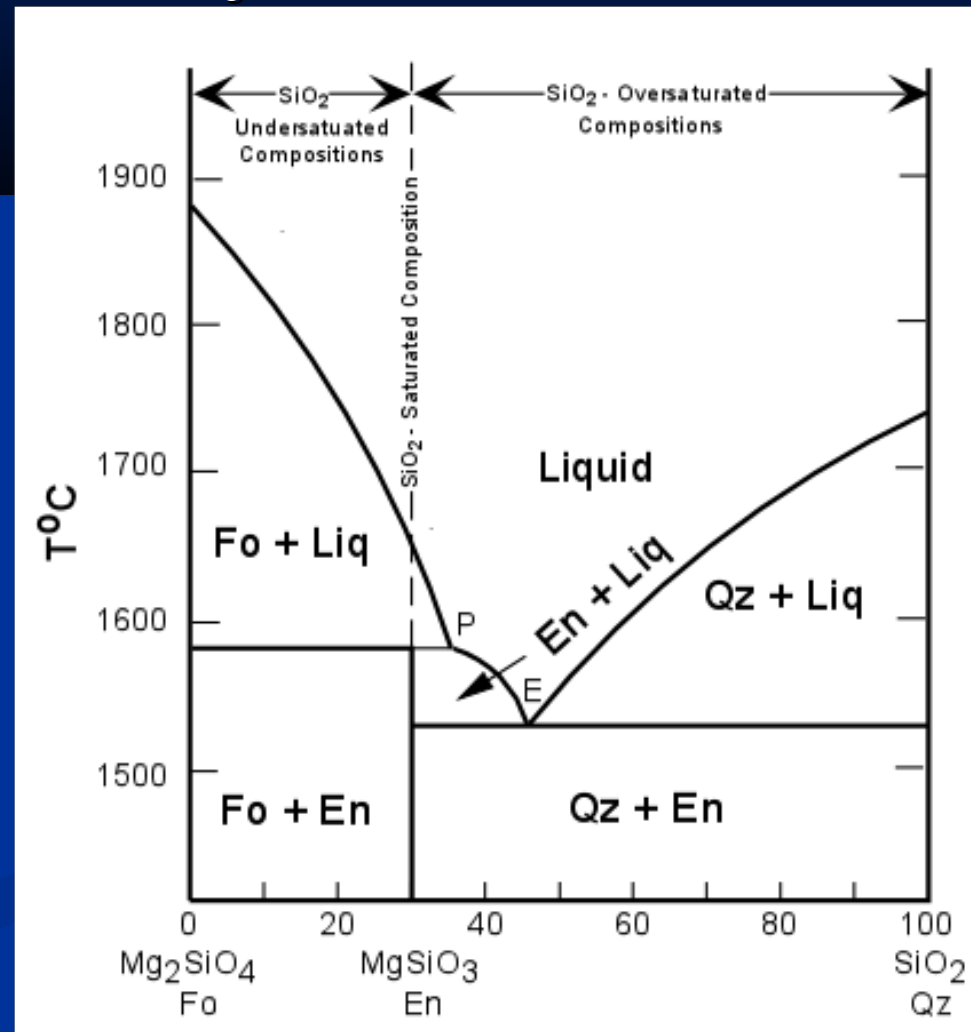
■ V kamnini ni niti kremena, niti mineralov ki z njim niso soobstojni.

- CIPW olivin \pm hipersten

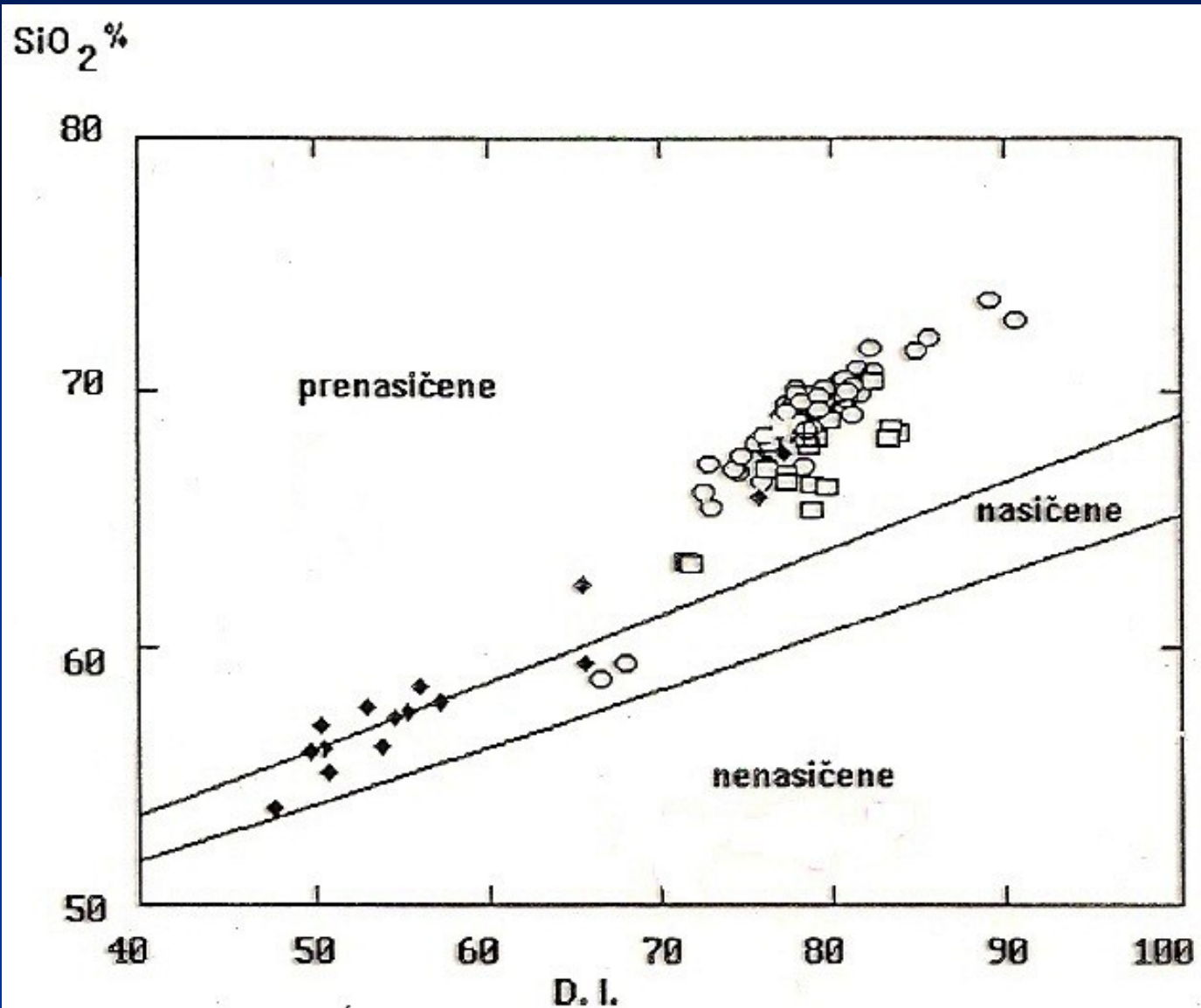
■ Prenasičene.

■ V kamnini je kremen.

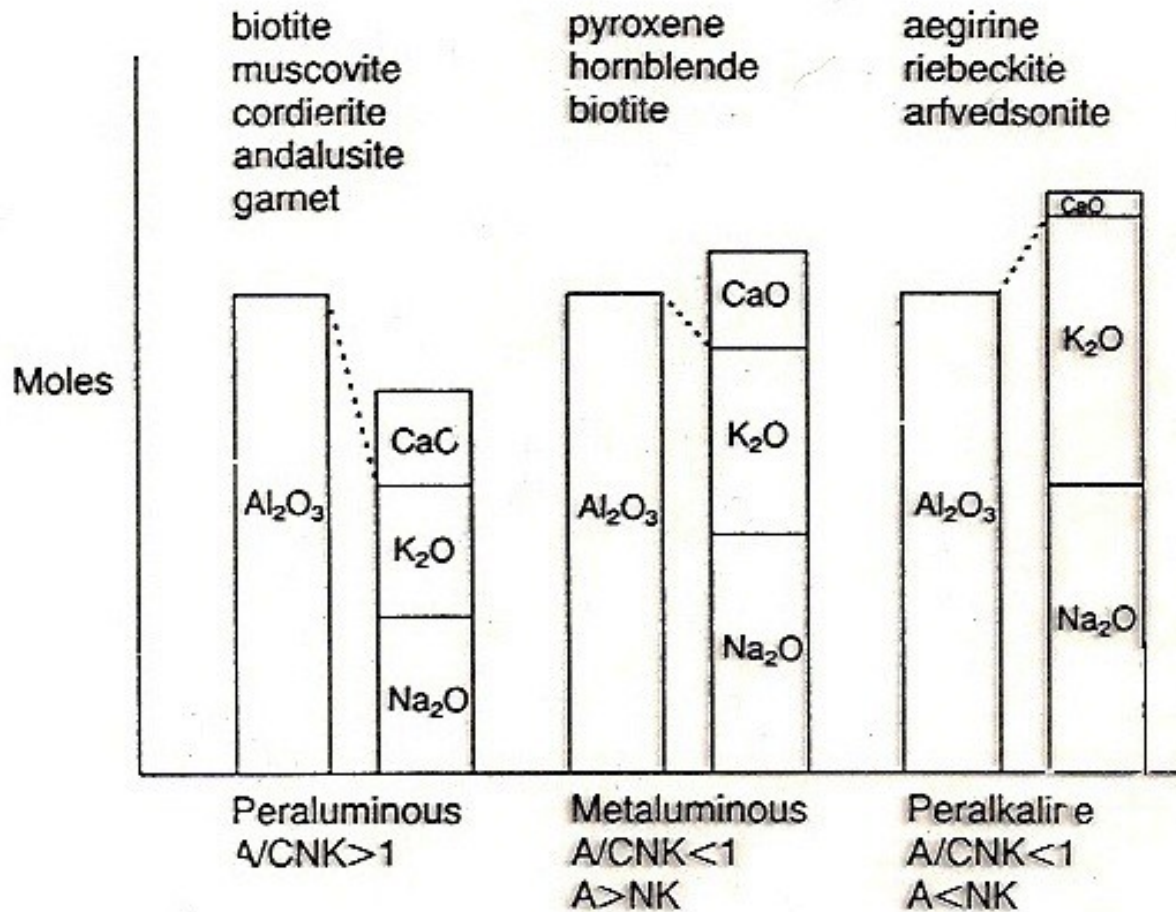
- CIPW kremen



Nasičenje s kremenico (SiO_2)



Nasičenje z glinico Al_2O_3



Nasičenje z glinico Al_2O_3

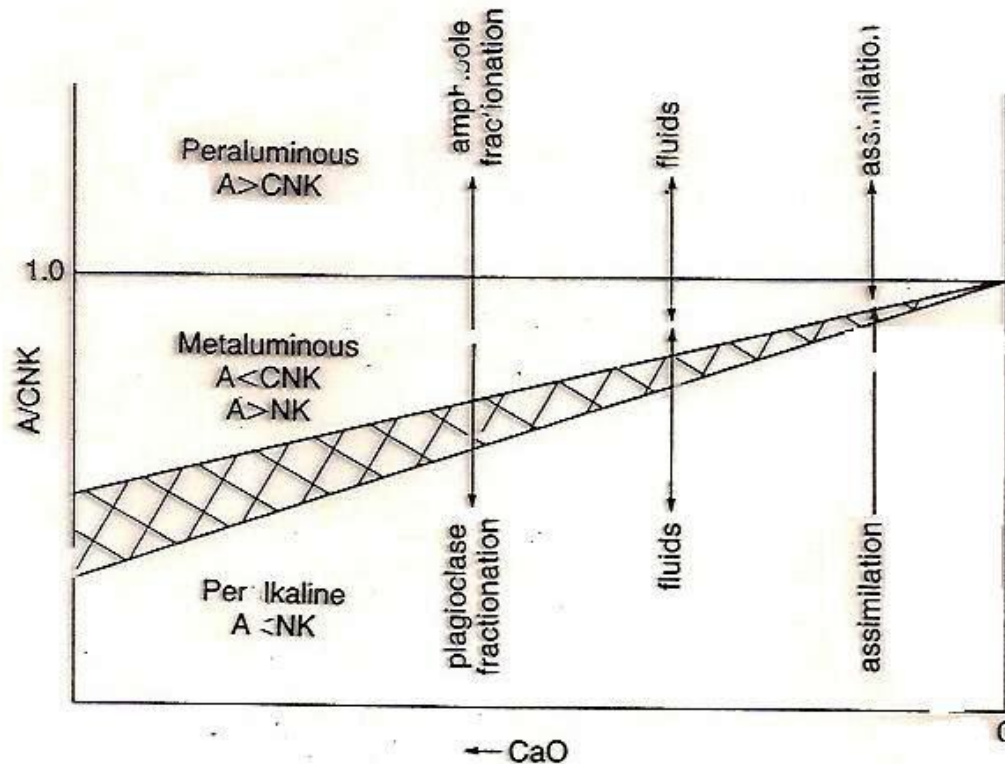
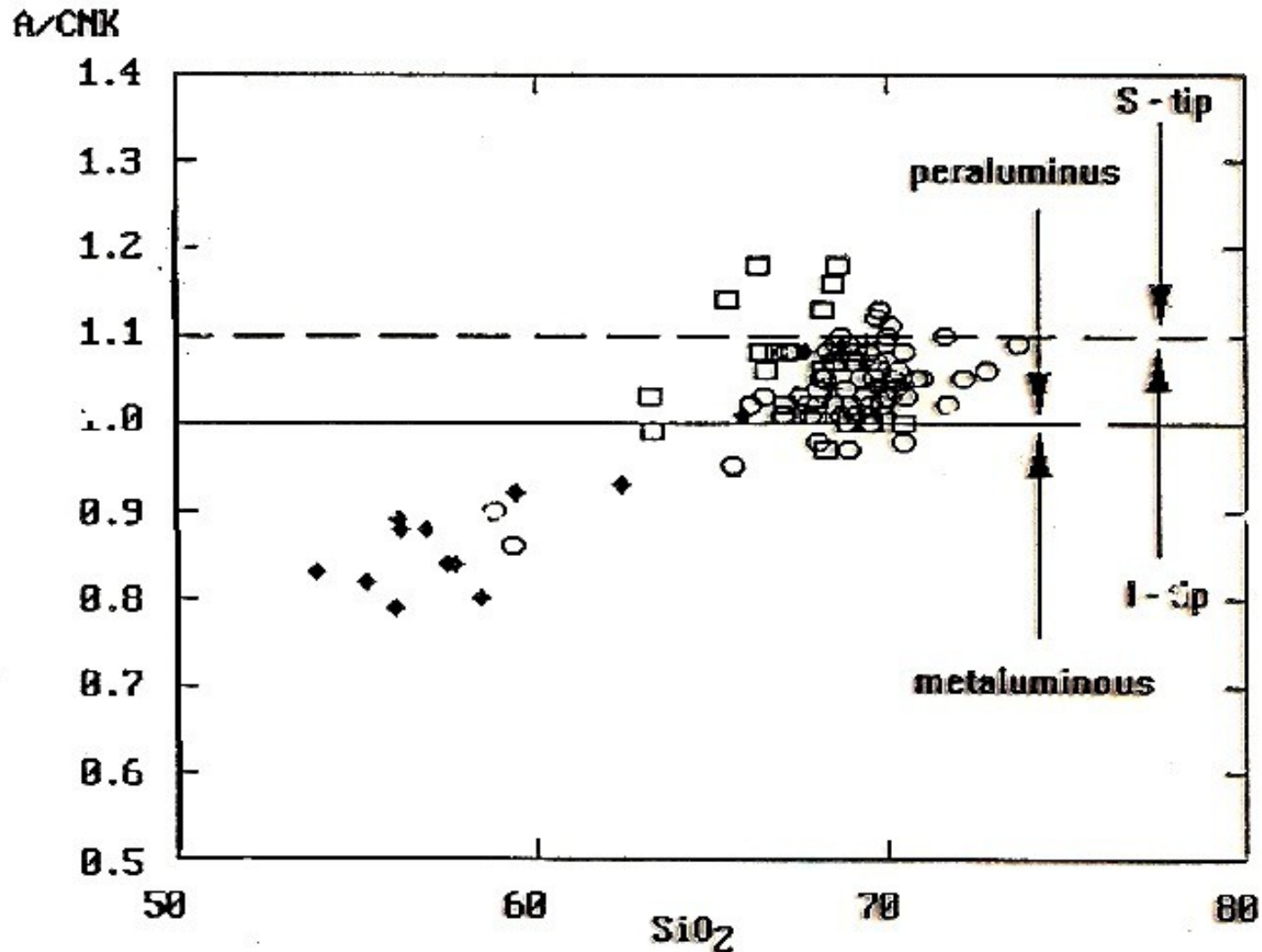


Fig. 4.4 Processes that cause transitions among peraluminous, metaluminous, and peralkaline granitoids. Some affect the course of a magma during cooling, others may operate on the solid rocks. The lower the CaO content, the greater is the possibility that peraluminous and peralkaline granitoid plutons may be found together (e.g. Nigeria). The scales are open-ended towards low values of A/CNK and high values of CaO. The cross-hatched area indicates that the boundary between peralkaline and metaluminous is not clearly defined in terms of the ordinate.

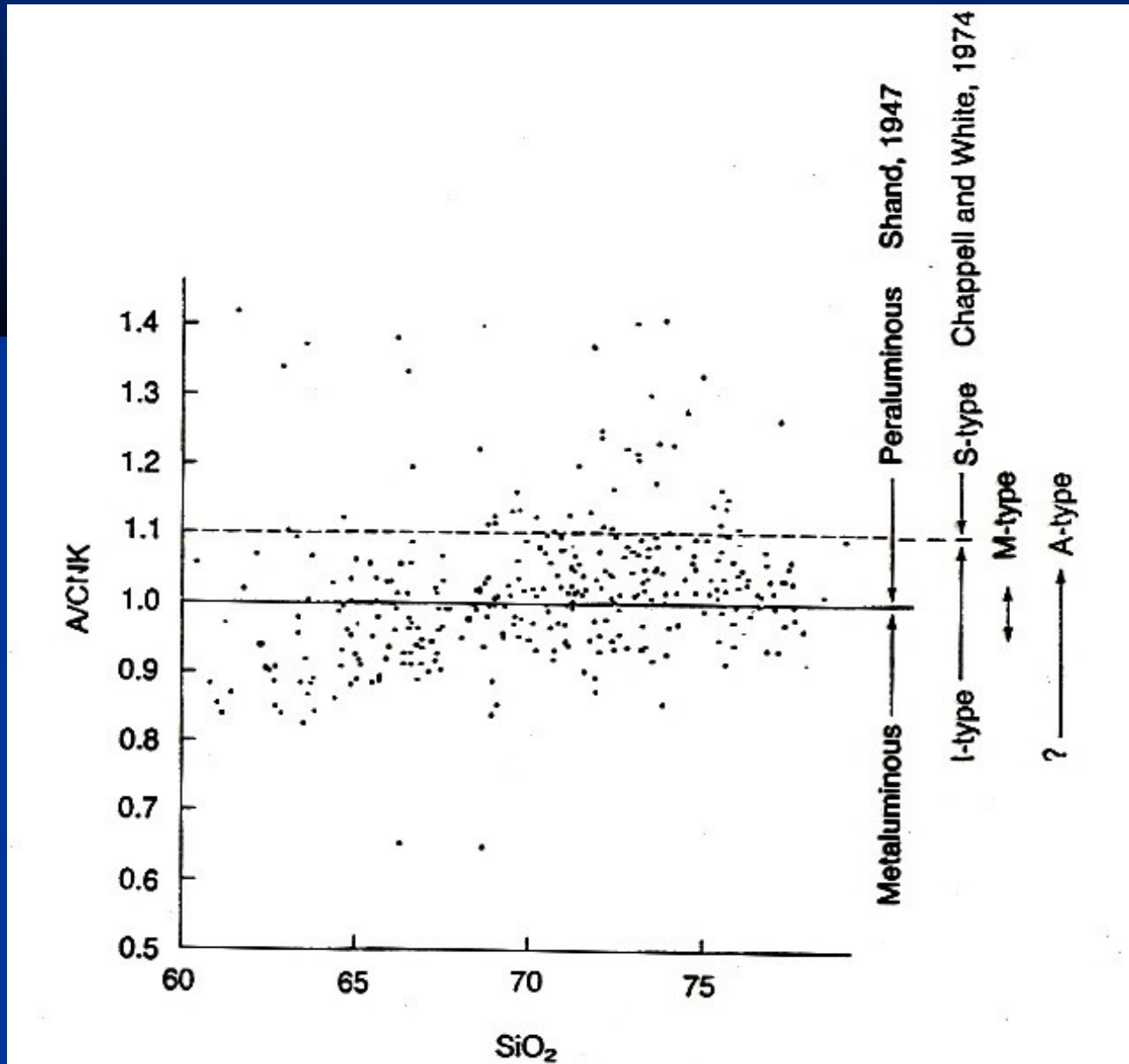
Nasičenje z glinico Al_2O_3



Ugotavljanje izvorne kamnine

- I – tip (Igneous – magmatske kamnine)
 - $A/CNK < 1.1$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.705$, $\delta^{18}\text{O} < 9\text{‰}$
 - Izvorne kamnine bazične do srednje sestve ali spodnji del skorje
- S – tip (Sedimentary – sedimentne kamnine)
 - $A/CNK > 1.1$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.707$, $\delta^{18}\text{O} > 9\text{‰}$
 - Izvorne kamnine so sedimentne ali zgornji del skorje
- M – tip (Mantle – plašč)
 - $A/CNK < 1$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.705$, $\delta^{18}\text{O} < 9\text{‰}$
 - Izvor v plašču
- A tip (Anorogeni – neorogeni = kratoni, razporne (rift) cone)
 - $A/CNK > 1$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in $\delta^{18}\text{O}$ podobne I, S ali M, nizek CaO, visok Fe/Mg, visok Ta, Nb, Zr, REE in F

Ugotavljanje izvorne kamnine

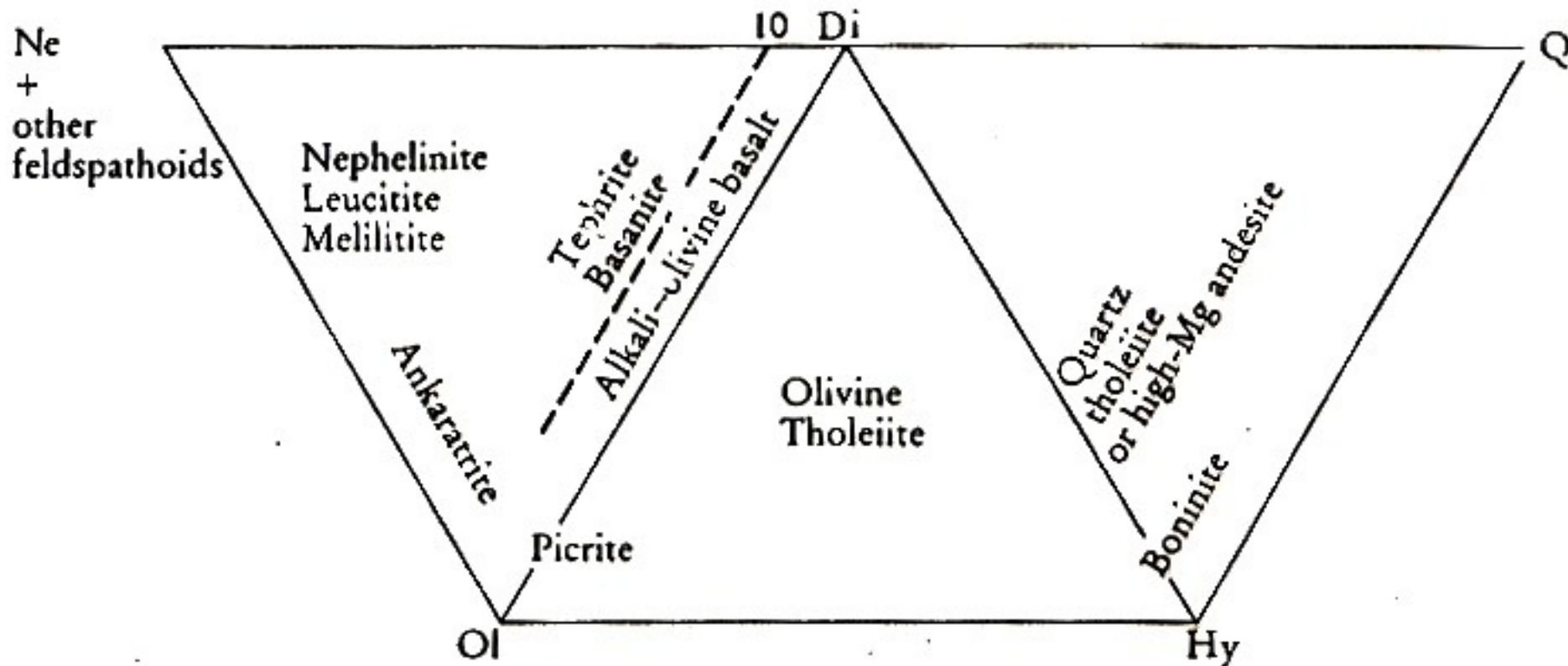


Klasifikacija na osnovi norme

- Modalna sestava – dejanska razmerja med glavnimi minerali v kamnini.
- Normativna sestava – potencialna mineralna sestava, izračunana iz kemijske sestave kamnine.
 - CIPW
 - petrologi **C**ross, **I**ddings, **P**irsson in geokemik **W**ashington
 - Ni prisotne vode, zato ni hidriranih mineralov (hb, bt)
 - V femičnih mineralih ni Al_2O_3 .
 - Fe/Mg razmerje je za vse femične minerale enako
 - Inkompatbilni pari mineralov (ol/q)

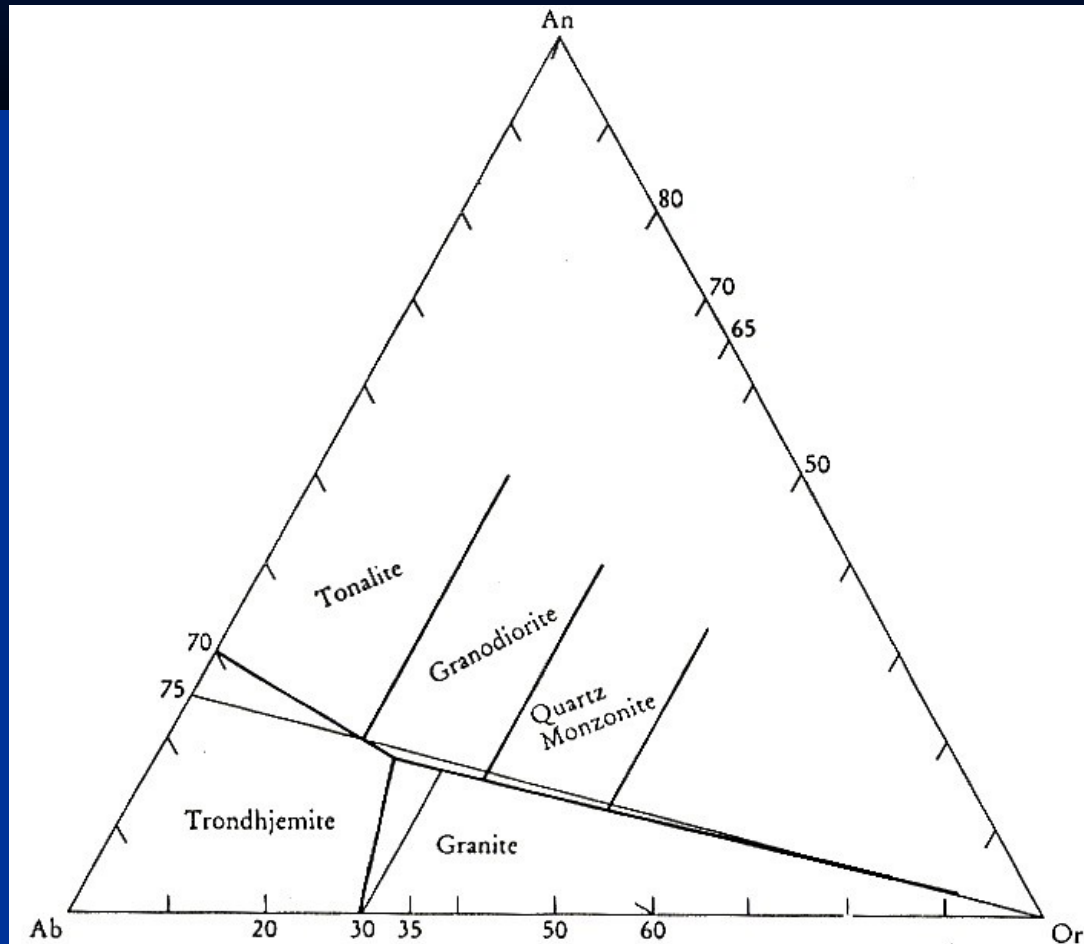
Klasifikacija na osnovi norme

- Klasifikacija bazaltov in sorodnih bazičnih in ultrabazičnih kamnin na osnovi CIPW normativnih mineralov.

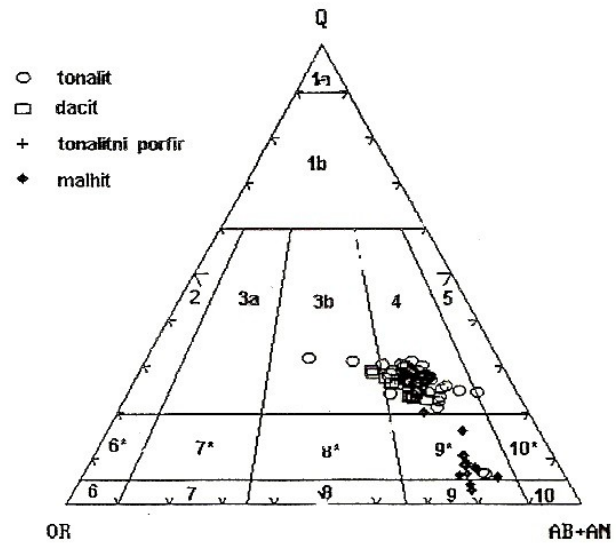
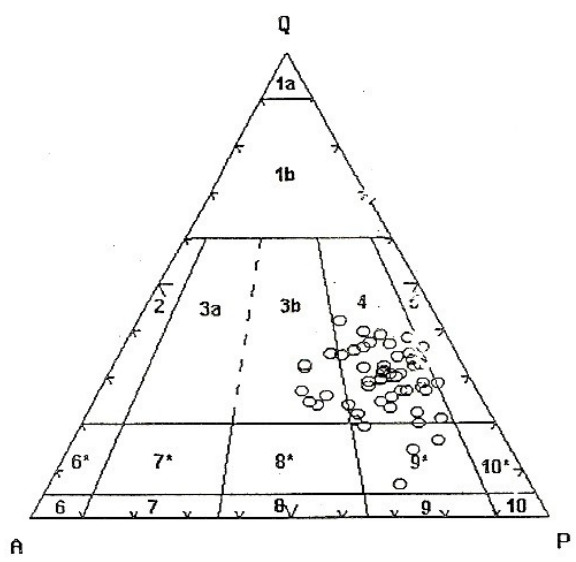


Klasifikacija na osnovi norme

- Klasifikacija granitnih kamnin na osnovi CIPW normativnih mineralov.



■ Primerjava klasifikacije pohorskih magmatskih kamnin po Streckeisnu (1976) z uporabo normativne in modalne sestave.



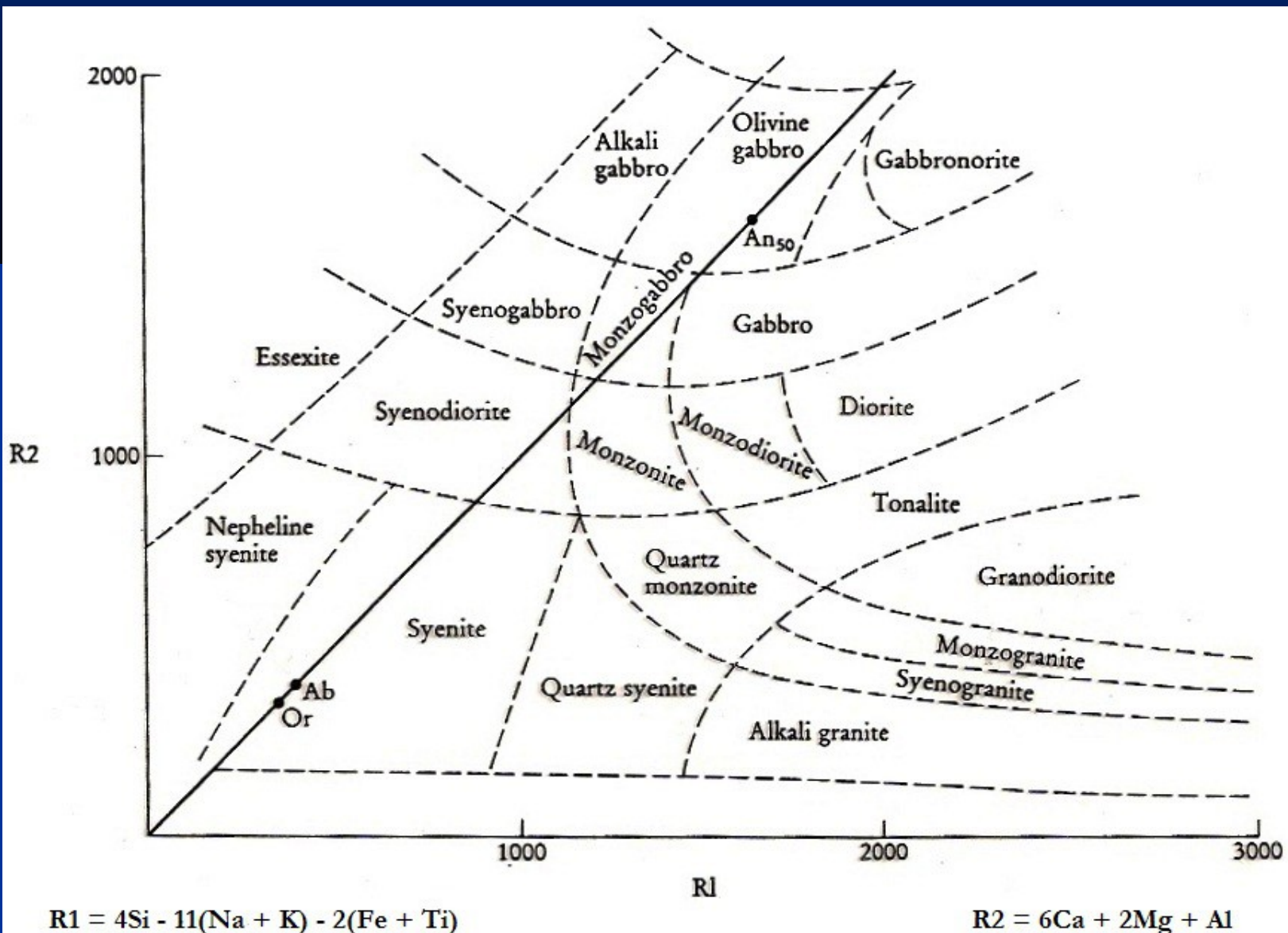
QAPF klasifikacija pohorskih globočin (Streckeisen, 1976). 3b - granit, 4 - granodiorit, 5 - tonalit, 9* - kremenov monzonitni diorit.

QAPF klasifikacija vseh pohorskih magmatskih kamnin (Streckeisen, 1976), izračunana na podlagi CIPW normativnih mineralov. 3b - monzonitni granit, 4 - granodiorit, 5 - tonalit, 9* - kremenov monzonitni diorit, 9 - monzonitni diorit in monzonitni gablo.

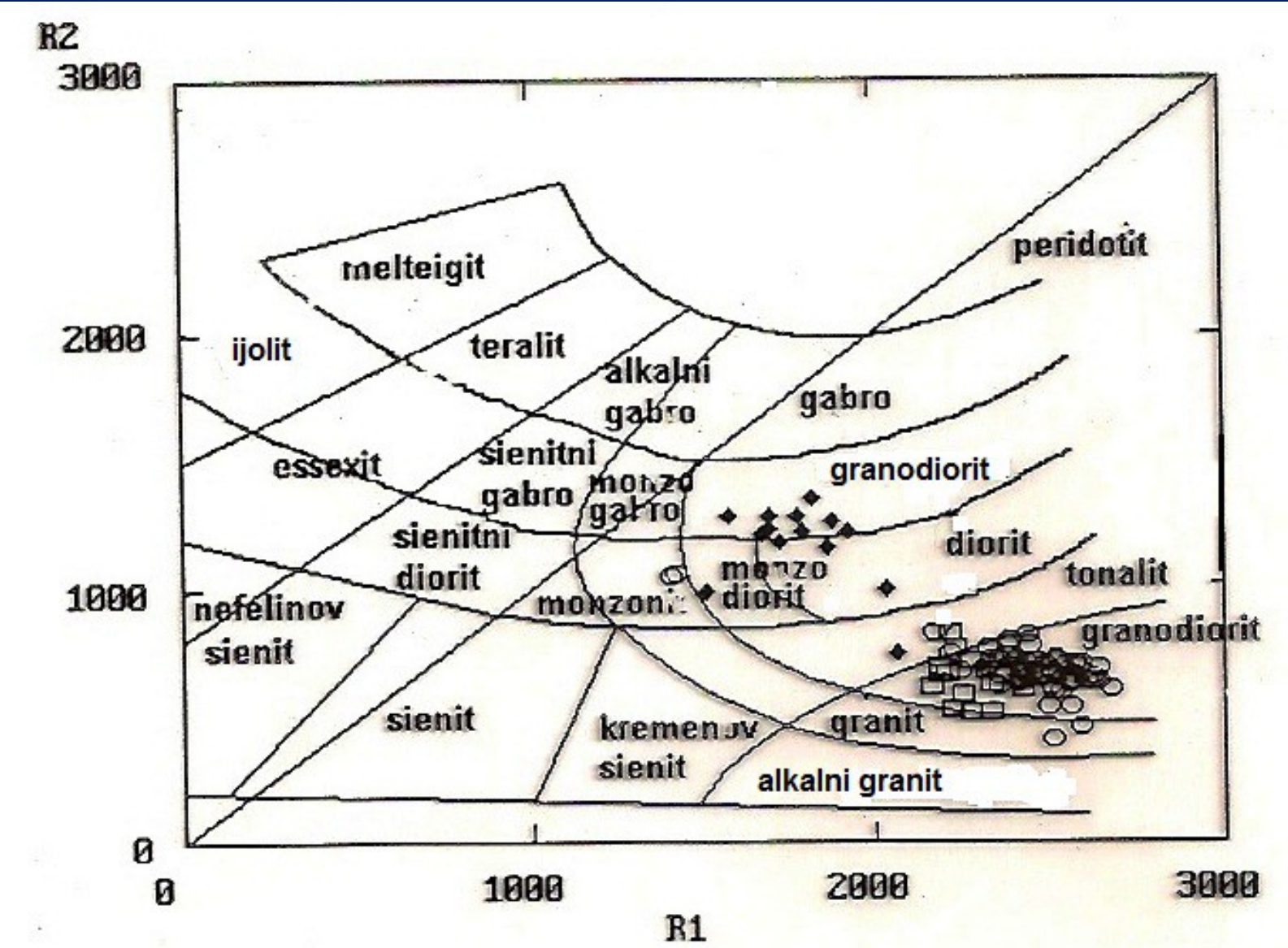
Klasifikacija na osnovi kationov

- Koncentracija prvin podana v utežnih % oksidov po mnenju nekaterih avtorjev ne podaja kationske sestave vzorca.
- $ut\%$ delimo z ustrezno težo oksida glede na en kation in znesek množimo glede na število kationov v formuli.
- Vrednosti lahko množimo s 1000 in izrazimo v milikationih.
- Najpogosteje uporabljana
 - De la Rochejeva R1-R2 klasifikacija kamnin.
 - Jensenov kationski graf

De la Rochejeva R1-R2 klasifikacija kamnin



■ De la Rocheva klasifikacija pohorskih magmatskih kamnin.



Jensenov kationski graf

■ Uporaben zlasti za klasifikacijo normalnih (subalkalnih) predornin, posebno komatiitov.

■ Komatiiti so arhajske

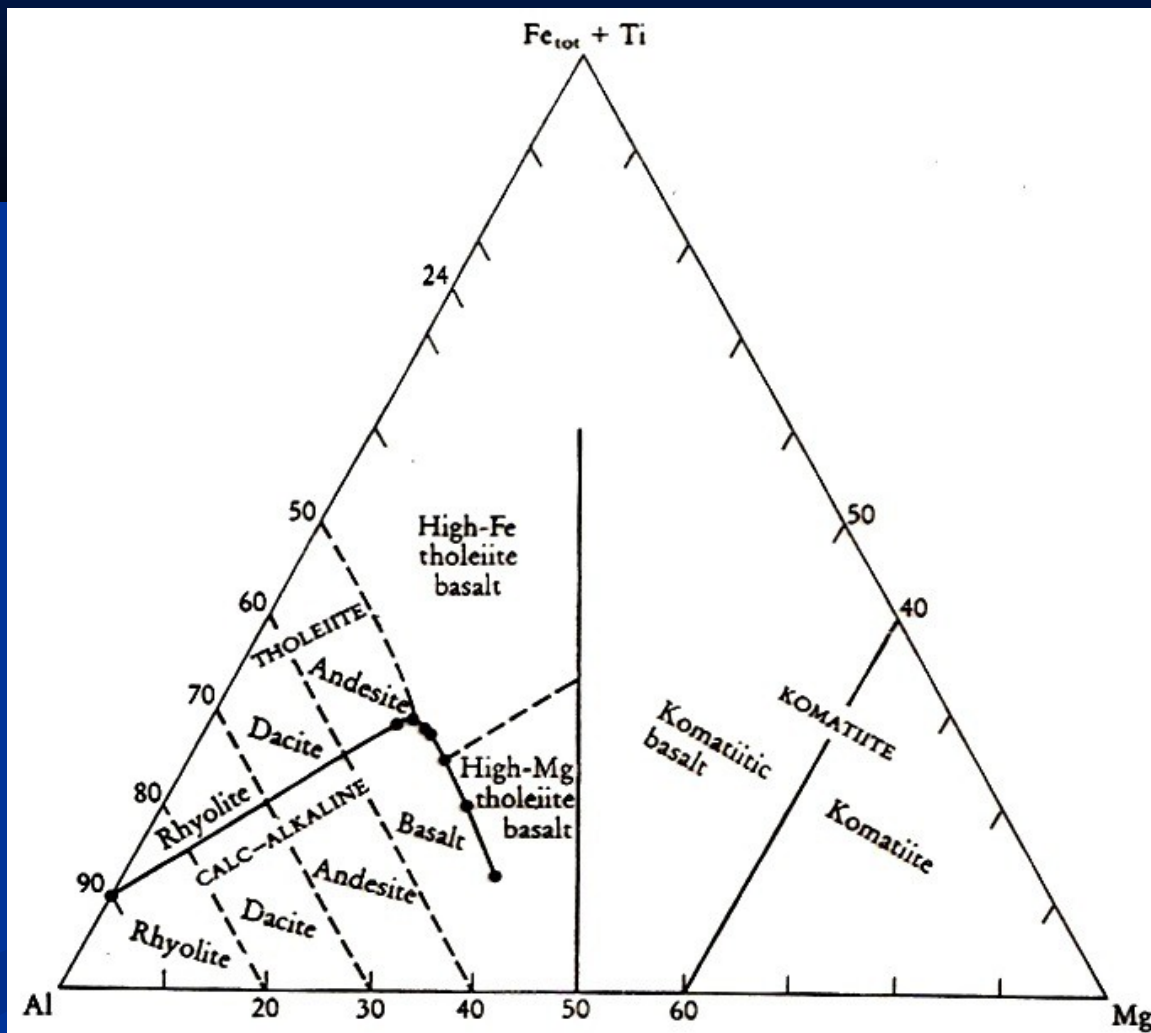
ultramafične

predornine, ki izvirajo iz plašča,

ki je bil takrat

najmanj 500 °C

toplejši.



Uporaba glavnih prvin

- Klasifikacija
- Variacijski diagrami
- Eksperimentalni fazni diagrami
- Tektonska okolja

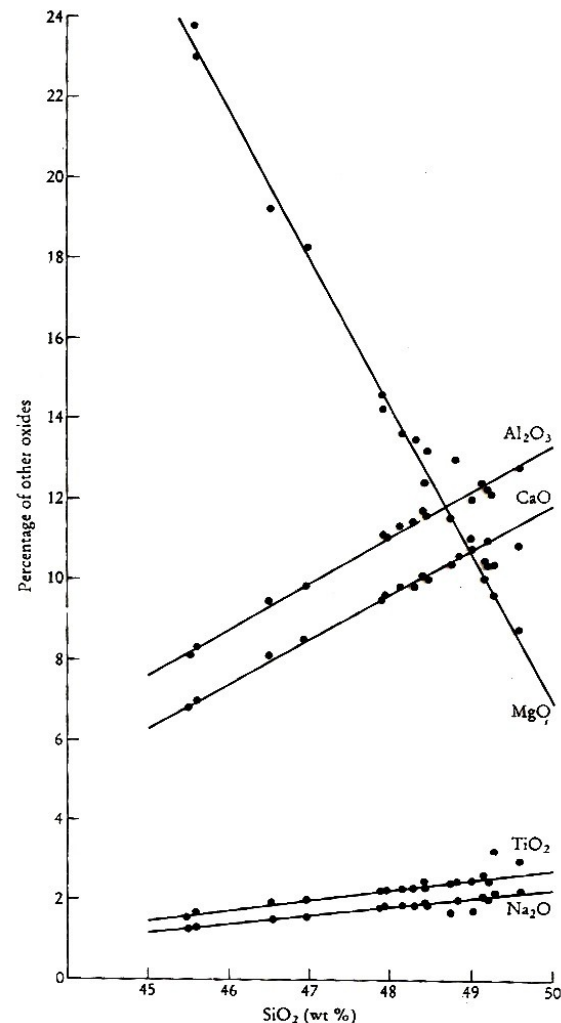
Variacijski diagrami

- Pregled na velikim številom podatkov.
- Ugotavljanje geokemičnih procesov.
- Problem predstavlja mobilnost prvin zaradi preperevanja ali hidrotermalnih procesov.

Chemical analyses of rocks from Kilauea Iki lava lake, Hawaii*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	48.29	48.83	45.61	45.50	49.27	46.53	48.12	47.93	46.96	49.16	48.41	47.90	48.45	48.98	48.74	49.61	49.20
TiO ₂	2.33	2.47	1.70	1.54	3.30	1.99	2.34	2.32	2.01	2.73	2.47	2.24	2.35	2.48	2.44	3.03	2.50
Al ₂ O ₃	11.48	12.38	8.33	8.17	12.10	9.49	11.43	11.18	9.90	12.54	11.80	11.17	11.64	12.05	11.60	12.91	12.32
Fe ₂ O ₃	1.59	2.15	2.12	1.60	1.77	2.16	2.26	2.46	2.13	1.83	2.81	2.41	1.04	1.39	1.38	1.60	1.26
FeO	10.03	9.41	10.02	10.44	9.89	9.79	9.46	9.36	9.72	10.02	8.91	9.36	10.37	10.17	10.18	9.68	10.13
MnO	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18
MgO	13.58	11.08	23.06	23.87	10.46	19.28	13.65	14.33	18.31	10.05	12.52	14.64	13.23	11.18	12.35	8.84	10.51
CaO	9.85	10.64	6.98	6.79	9.65	8.18	9.87	9.64	8.58	10.55	10.18	9.58	10.13	10.83	10.45	10.96	11.05
Na ₂ O	1.90	2.02	1.33	1.28	2.25	1.54	1.89	1.86	1.58	2.09	1.93	1.82	1.89	1.73	1.67	2.24	2.02
K ₂ O	0.44	0.47	0.32	0.31	0.65	0.38	0.46	0.45	0.37	0.56	0.48	0.41	0.45	0.80	0.79	0.55	0.48
P ₂ O ₅	0.23	0.24	0.16	0.15	0.30	0.18	0.22	0.21	0.19	0.26	0.23	0.21	0.23	0.24	0.23	0.27	0.23
H ₂ O ⁺	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.01	0.00	0.06	0.08	0.00	0.09	0.02	0.04	0.02	0.04
H ₂ O ⁻	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
CO ₂	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	100.01	99.89	99.84	99.86	99.84	99.93	100.00	99.99	99.93	100.05	100.02	99.95	100.05	100.06	100.07	99.90	99.95

* From Richter and Moore (1966), courtesy of the US Geological Survey.



Geokemični procesi

- Frakcionirana kristalizacija – FC

- Asimilacija frakcionirana kristalizacija – AFC

- Delno taljenje

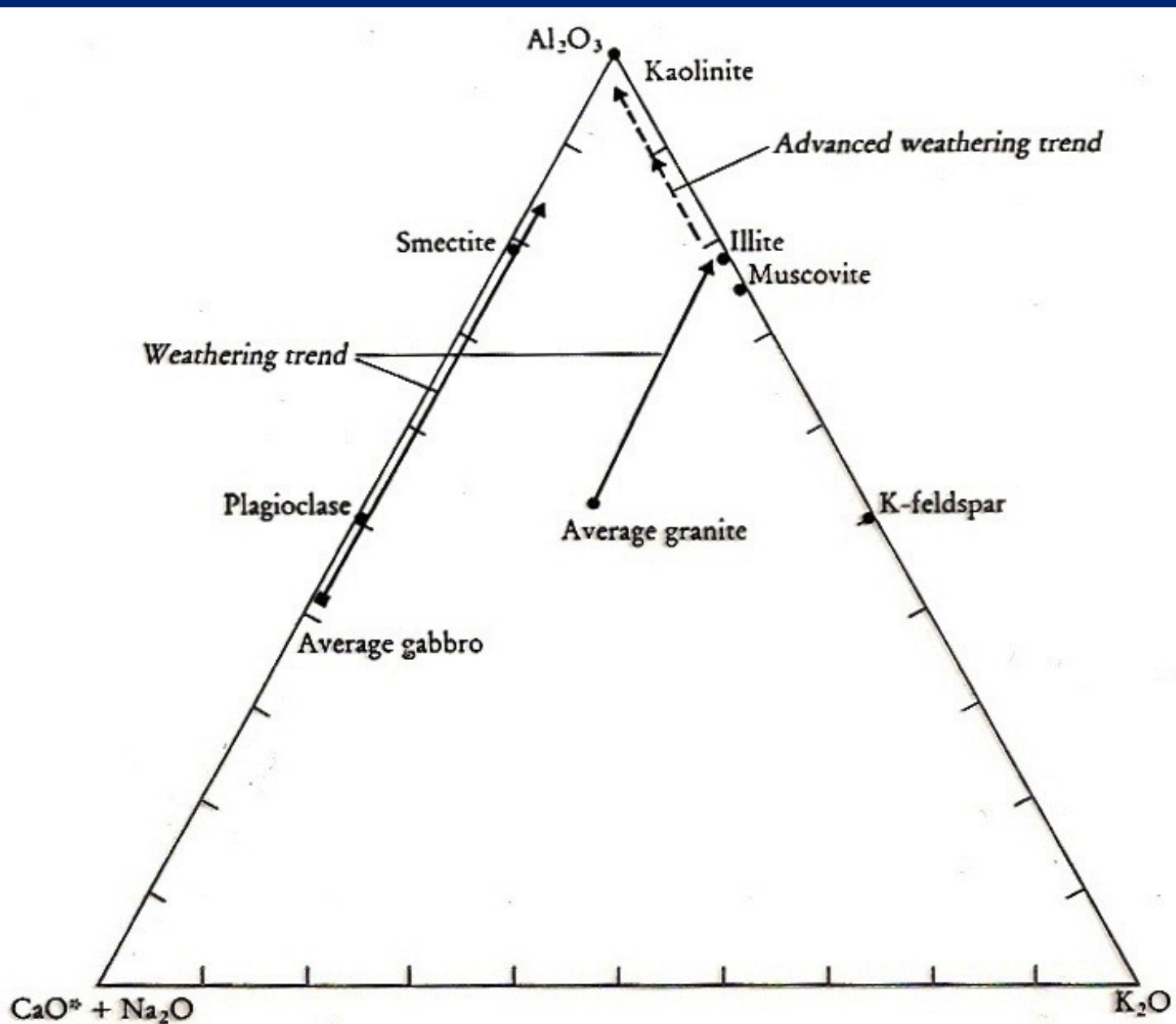
Mobilnost prvin v različnih sistemih.

Table 3.4 Major element mobility in common rock types under a variety of hydrothermal conditions

Rock type	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	Reference
Komatiite	×						×	×	×		Arndt (1983)
Basalt	–			–	–	+	–	–	–		Mottl (1983)
Basalt	+	–		–	–	–	–	+			MacGeehan and MacLean (1980)
Basalt	–			+		–	–	–	+		Pearce (1976)
Basalt	–					–	–	–	–		Pearce (1976)
Basalt				×		×		×	×		Pearce (1976), Gelinas <i>et al.</i> (1982)
Basalt	×						×	×			Rollinson (1983)
Granite				×		×	×	–	×		Nesbitt and Young (1989)
Granite			+	–		–	–	–	+		Vernon <i>et al.</i> (1987)
'Granite'						–			×		Allen <i>et al.</i> (1985)
Calcareous sediments								–	–		Ferry (1983)
Calcareous sediments	×			×		×					Burcher-Nurminen (1981)
Sandstone-clay	×			×		×	×		×		Boles and Franks (1979)

Key: ×, element mobile; –, element depleted; +, element enriched.

■ Trendi preperevanja.



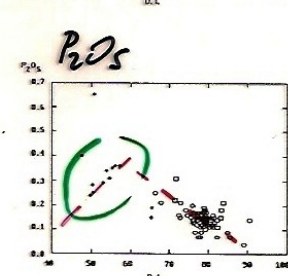
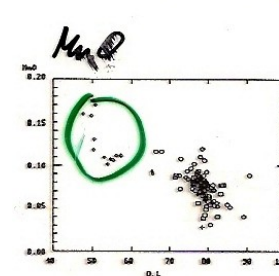
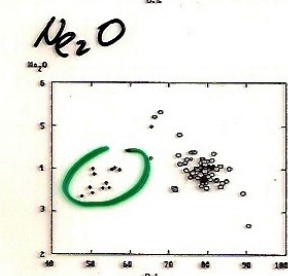
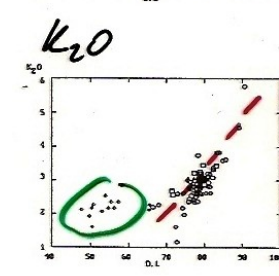
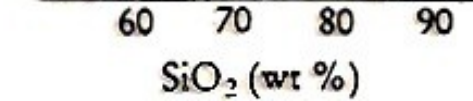
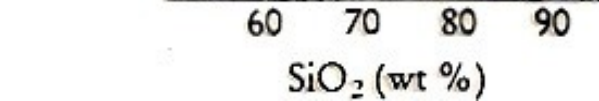
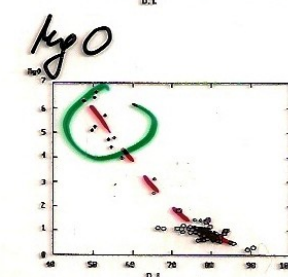
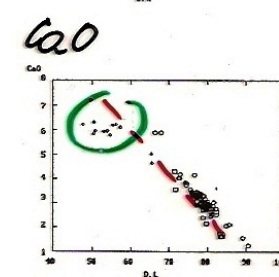
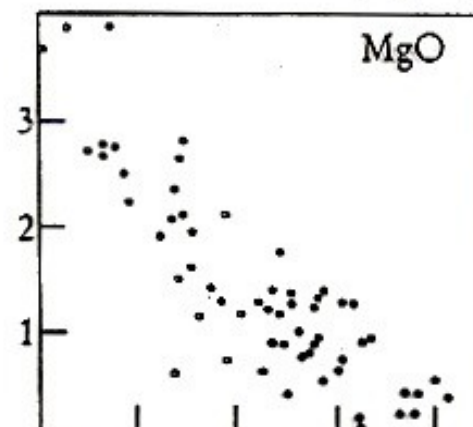
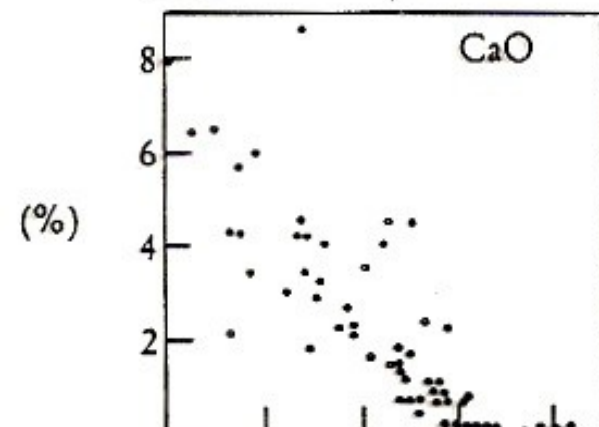
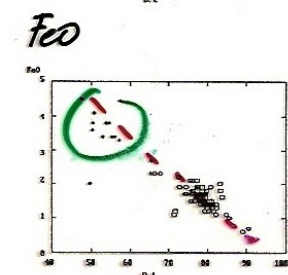
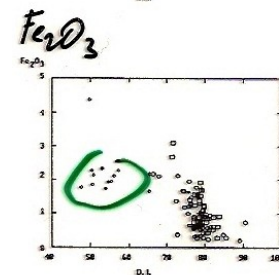
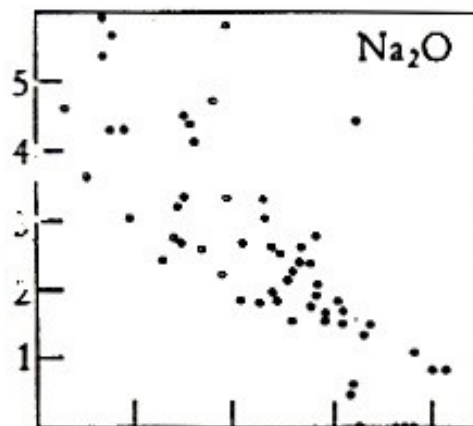
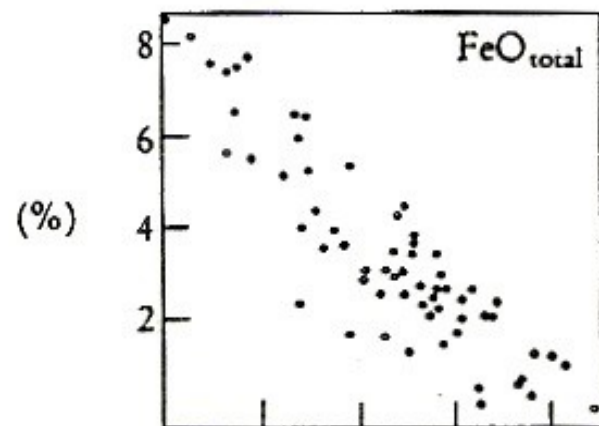
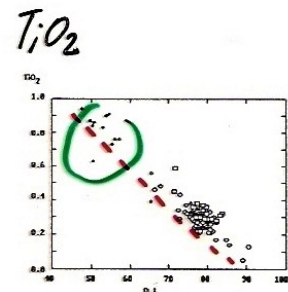
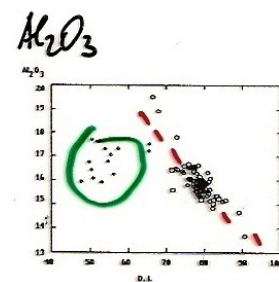
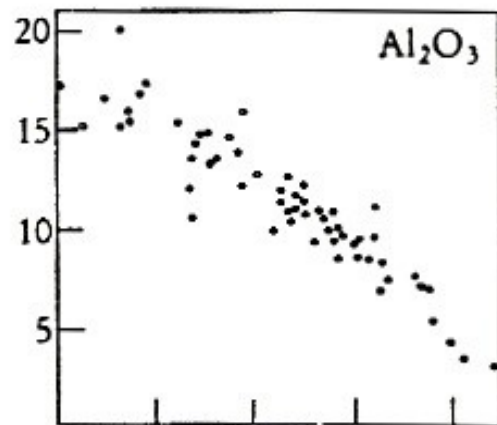
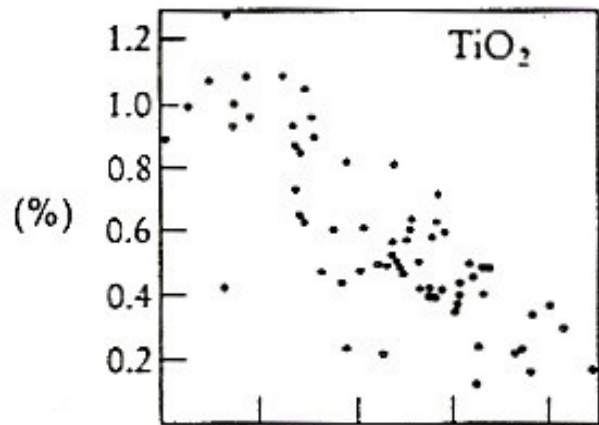
Kemijska komponenta	Namen
Katerakoli	Regionalna spremenljivost in primerjava - histogrami, izolinije, karte površja, multivariatni statistični grafi
Glavna - glavna	Soodvisnost dveh ali treh prvin za ugotavljanje trendov v komagmatskih telesih ter za ugotavljanje katere glavne mineralne faze so povzročile te trende - Harkerjevi diagrami - dvokomponentni in trikotni diagrami
Glavna - sledna	Prikaz odvisno ali neodvisno obnašanje za ugotavljanje procesa diferenciacije - glavna – kompatibilna sledna - glavna – inkompatibilna sledna
Sledna - sledna	Soodvisnost dveh ali treh prvin, običajno s podobnim geokemičnim obnašanjem, ki tekmujejo za ista mesta v kristalni rešetki ter omogočajo določiti proces kemijskega razvoja taline/kamnine - LILE – LILE - HFSE - HFSE
Normalizirana sledna	Kemijsko sestavo primerjamo z nekim standardom, da sklepamo o stopnji razvoja, procesu diferenciacije ali izvoru - REE - Spider diagrami
Različne komponente	Ugotavljanje tektonskega okolja - bivariatni - multi.elementne diskriminantne funkcije
Izotopsko razmerje – izotopsko razmerje	Procesi in zlasti izvor kamnin - stabilni izotopi - radioaktivni izotopi

Variacijski diagrami za glavne prvine

- Bivariatni diagrami
 - Harkerjevi diagrami
 - Diferenciacijski indeks
 - MgO
 - Magnezijevo število
 - Larsenov indeks
 - Peacockov indeks
- Trikotni diagrami
 - AFM diagram
- Interpretacija trendov na variacijskih diagramih.

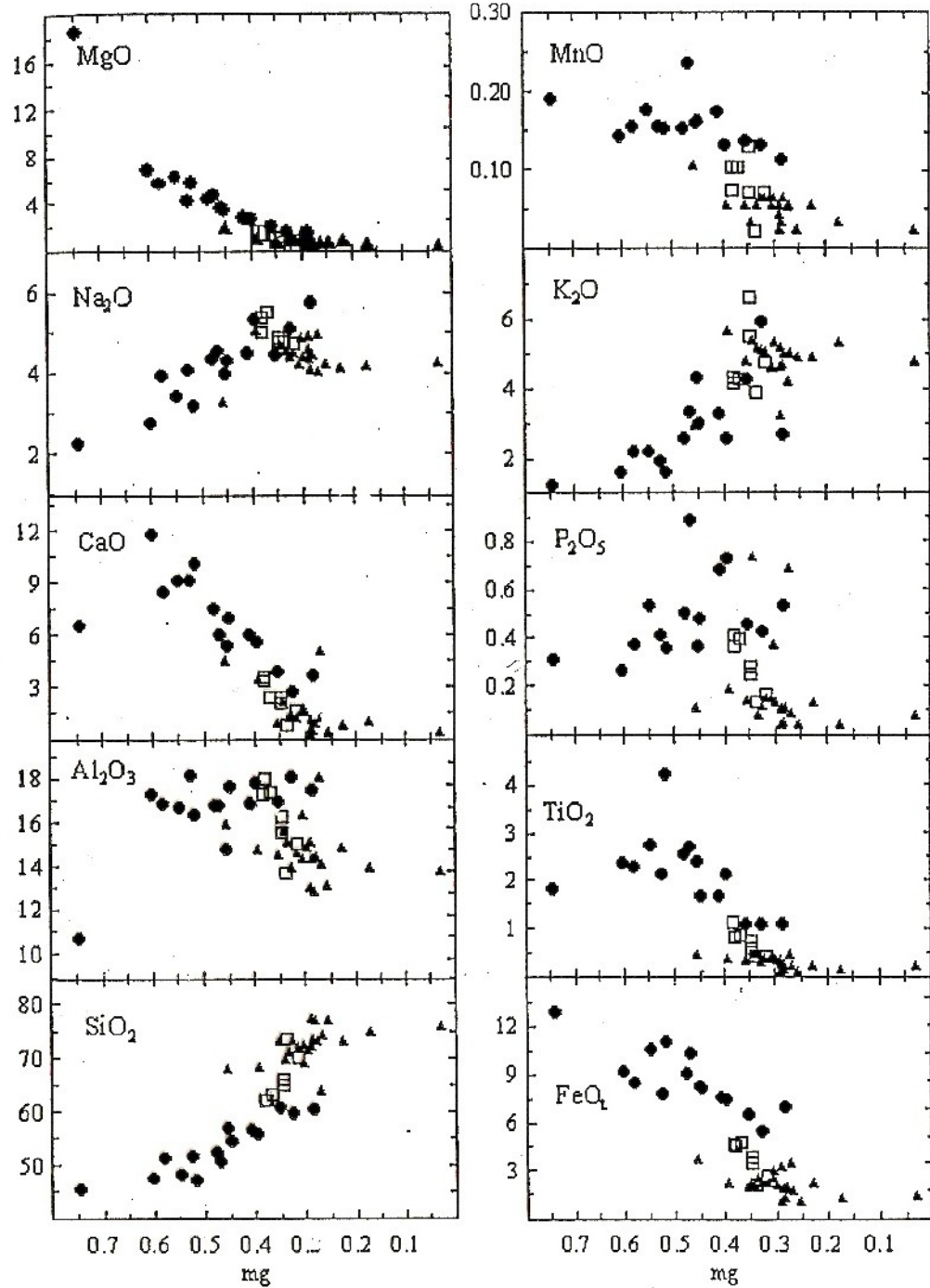
Harkerjevi diagrami

- Ugotavljanje spremembe kemizma z naraščajočo diferenciacijo.
- Diferenciacijo za granitoide najbolj izraža
 - SiO_2
 - Diferenciacijski indeks (D. I.)
 - Vsota CIPW normativnih kremena/foidov, albita in ortoklaza
 $Q + Ab + Or + Ne + Kp + Lc$
 - Larsenov indeks
 - $\frac{1}{3} \text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{O} - (\text{FeO} + \text{MgO} + \text{CaO})$



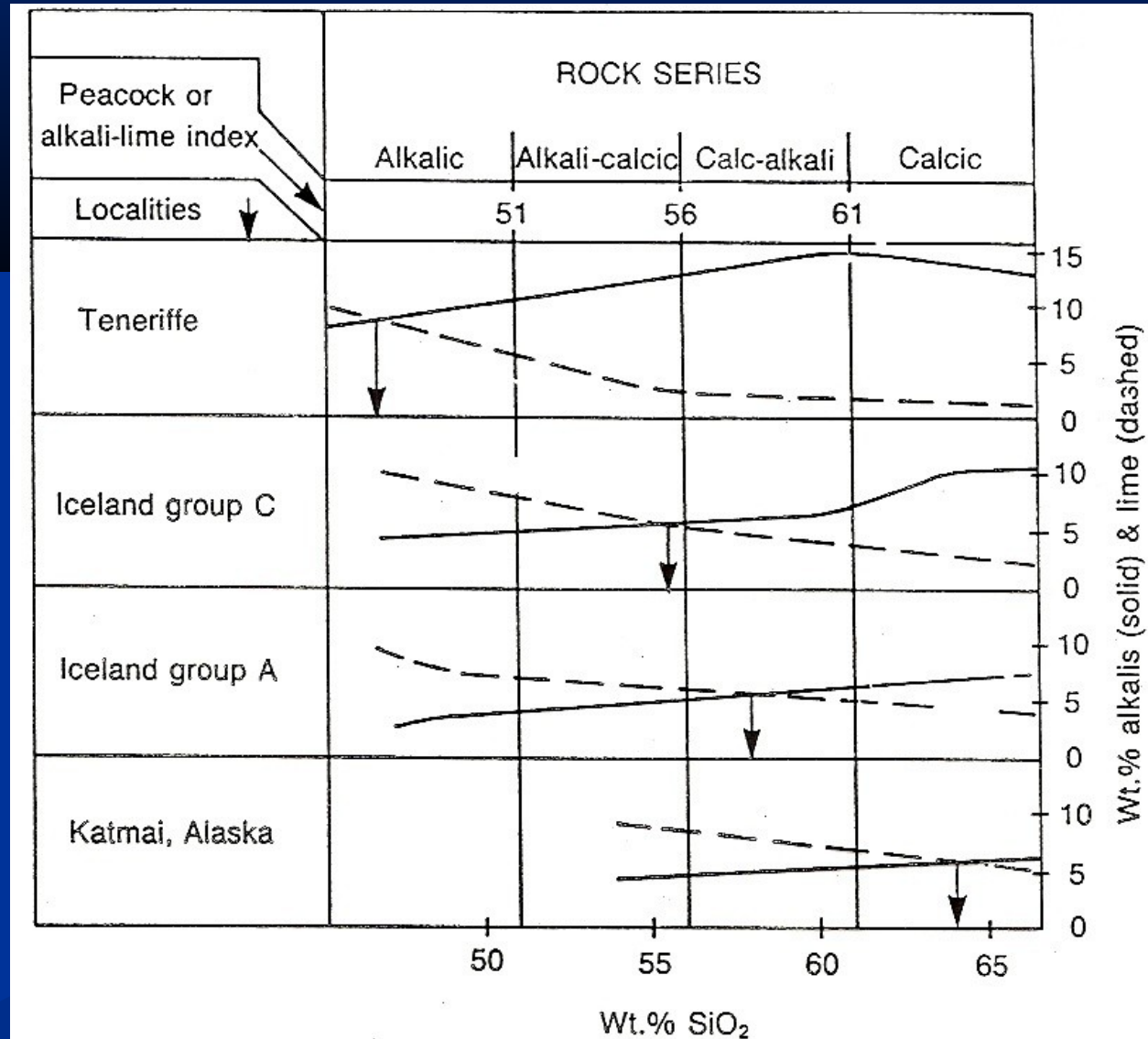
- Za bazične kamnie (bazalte) se večina diferenciacije zgodi že pri nizki vsebnosti SiO_2 , bistveno se spreminja le količina Mg, Fe in (Ca).
- Stopnjo diferenciacije zato izražamo glede na spremembo MgO,
- ali magnezija in železa – magnezijevo število mg

$$mg = 100 \frac{MgO}{MgO + FeO}$$



Peacockov indeks

- Na osnovi % SiO_2 na presečišču krivulj alkalij (K_2O in Na_2O) in apna (CaO) določa alakalni oz. kalcijski značaj kamnin.



Trikotni diagram

■ V točki 1 je

■ 60% A

■ 20% B

■ 20% C

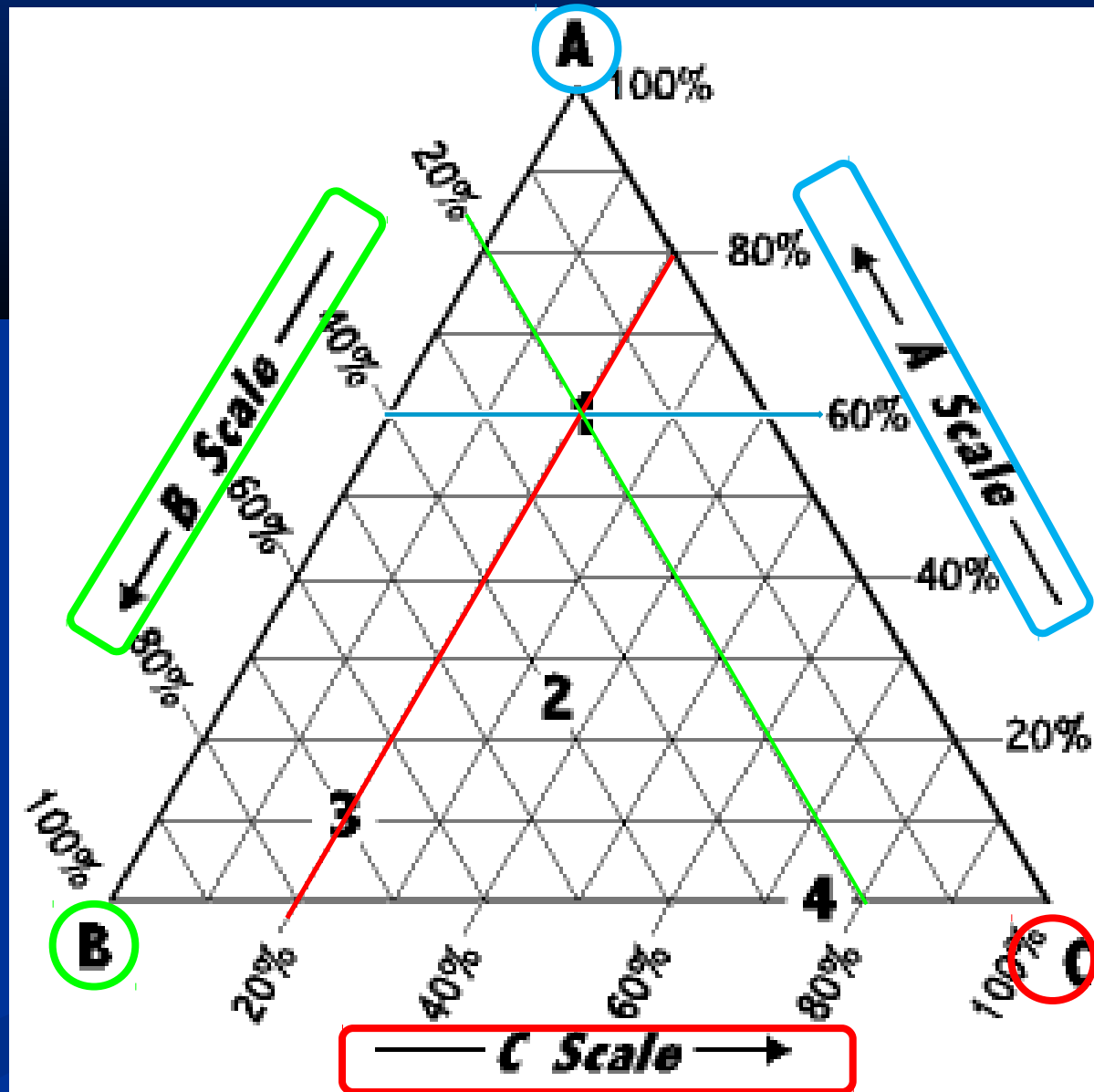
■ Za ostale točke sam navedi sestavo.

■ Kje leži vrednost

■ 33,33% A

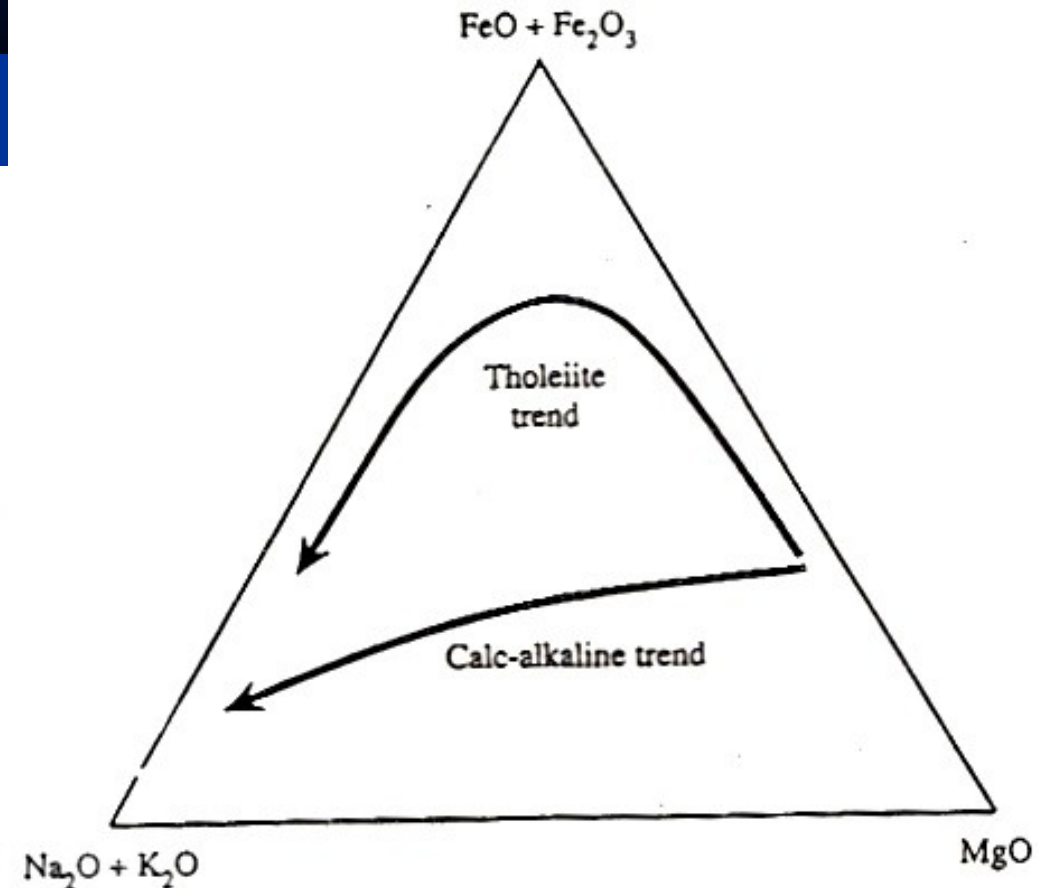
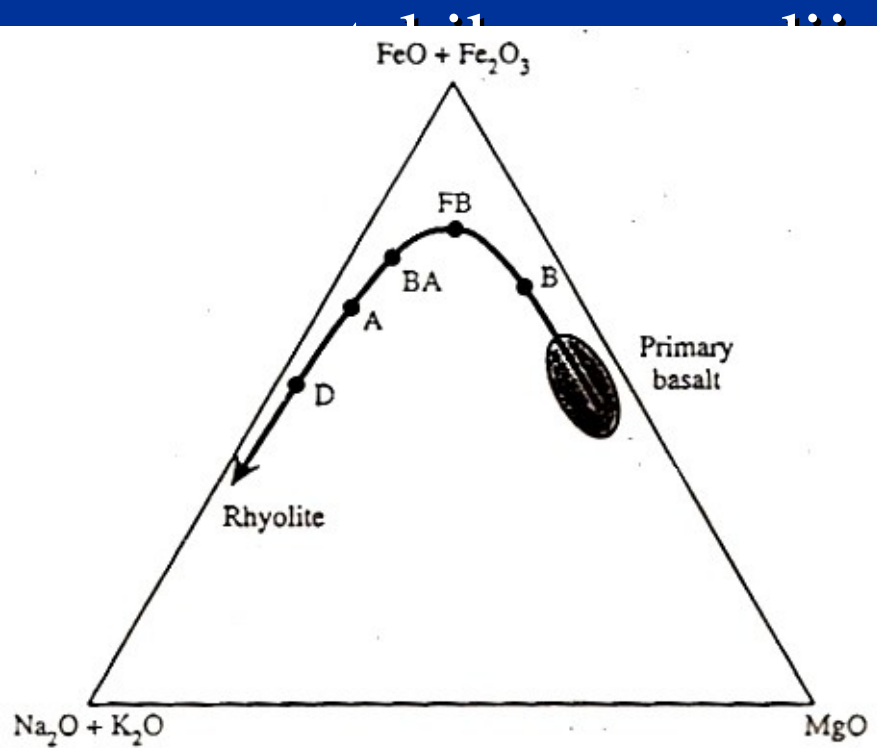
■ 33,33% B

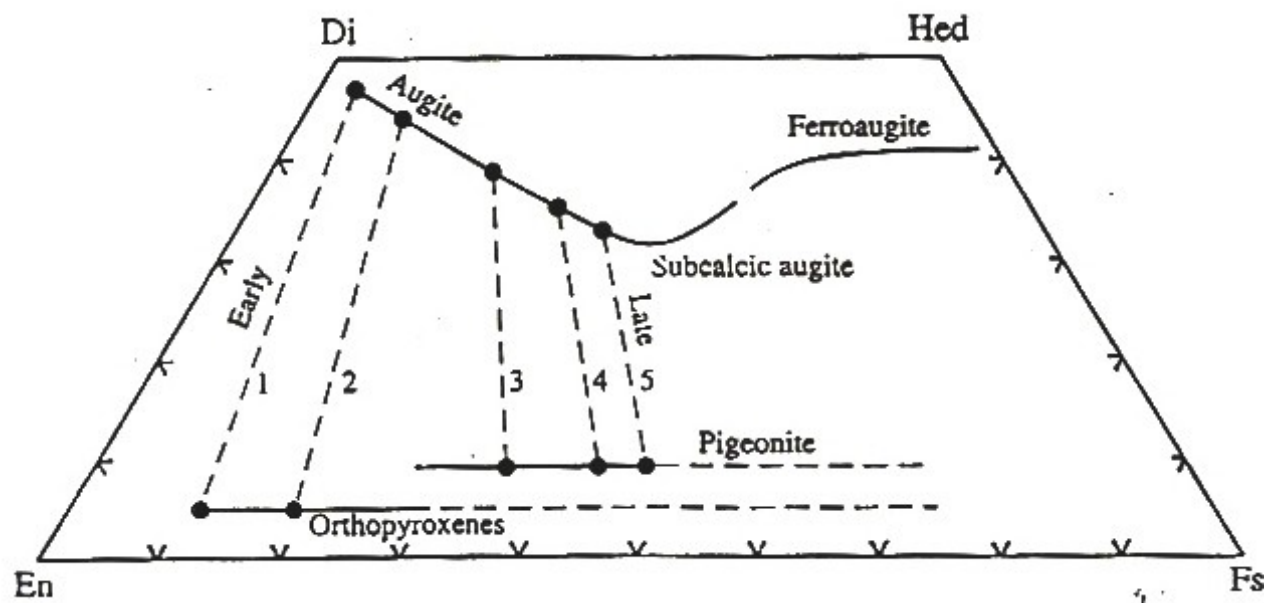
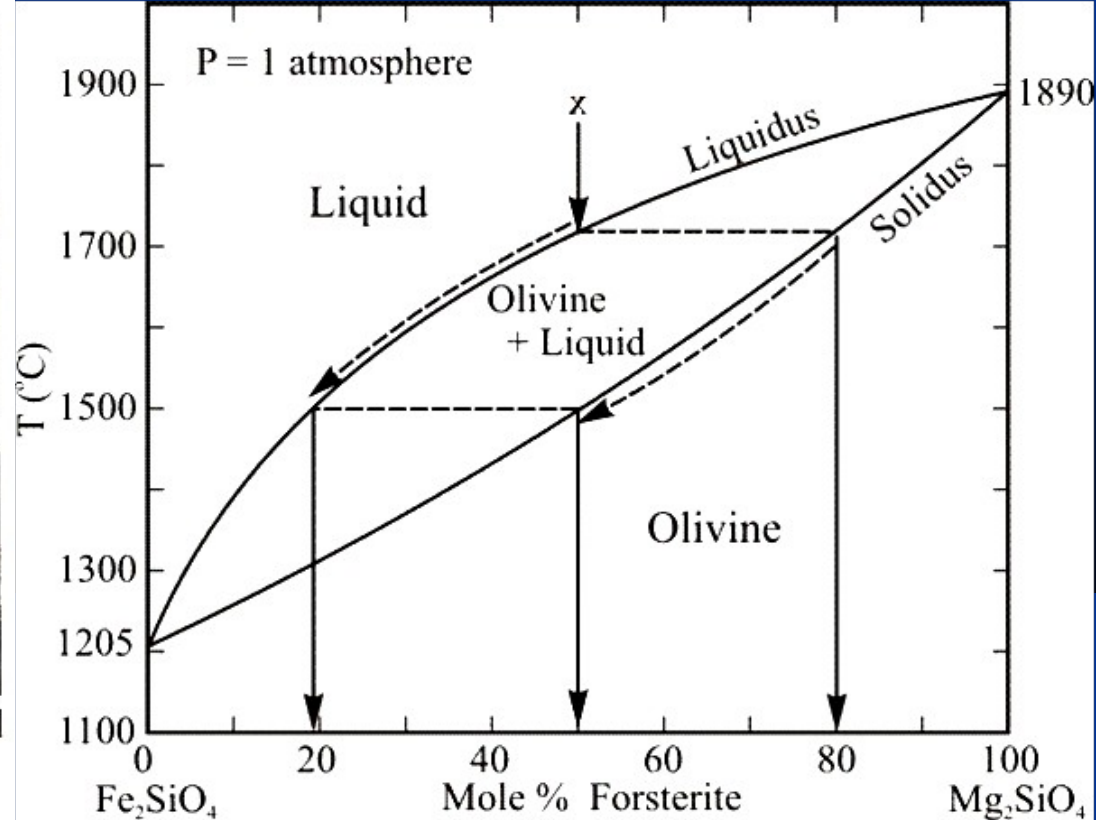
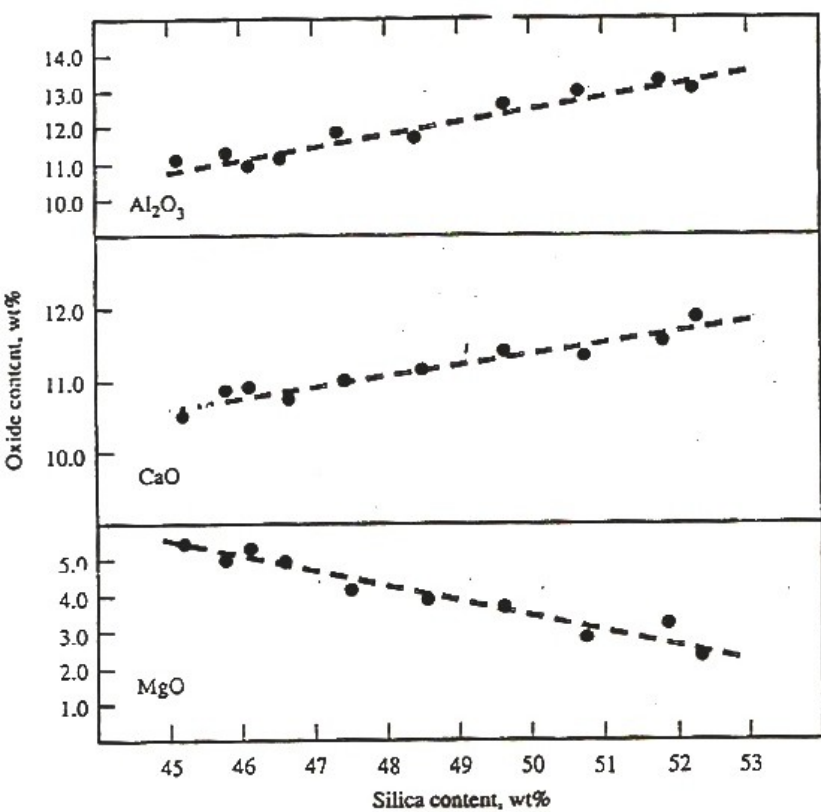
■ 33,33% C



AFM diagram

- V ogljiščih so oksidi **Alkalij** ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), **FeO**_{total} ($\text{FeO} + 0,8998 \text{Fe}_2\text{O}_3$) in **MgO**.
- Razlikovanje tholeiitnih in kalcijsko-alkalnih trendov



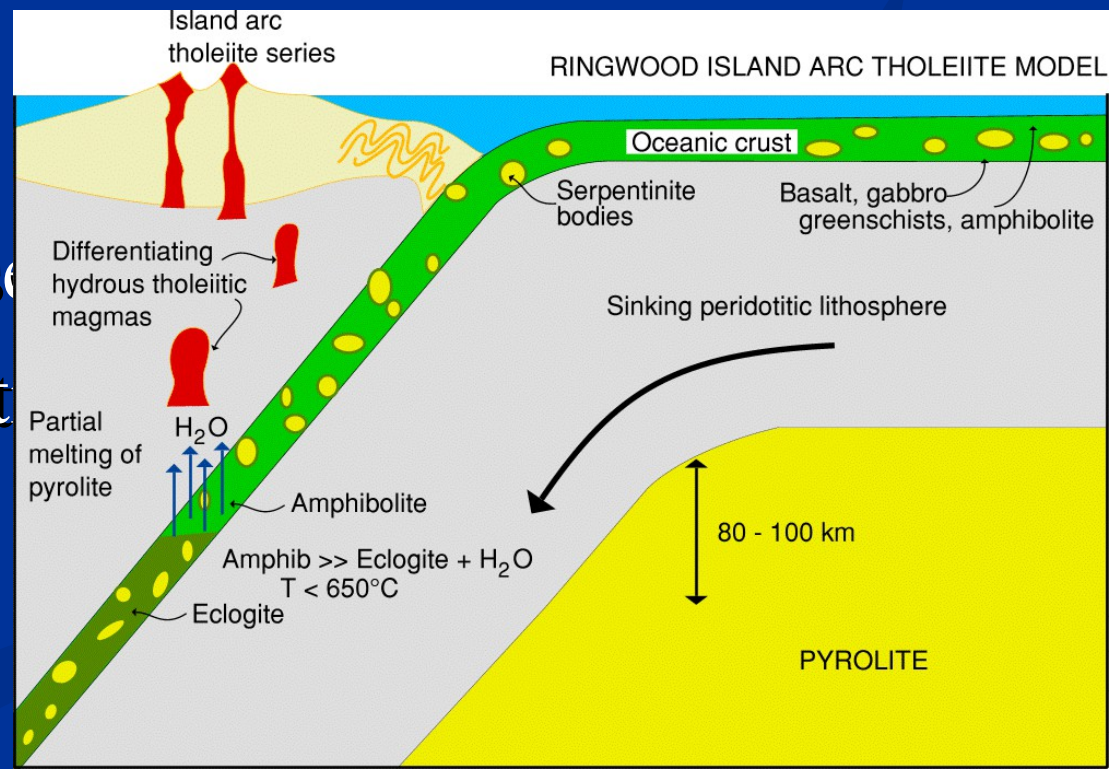


Tholeiitni trend

- Zgodnja faza razvoja otočnega loka.
- Amfibolit iz podrinjene plošče sev globini 80 – 100 km dehidrira.
- Sproščena voda zniža tališče okolnih kamnin, zato se plašč delno stali.
- Nastane tholeiitni bazaltna magma, ki se počasi dviga in bogat
- z Fe.

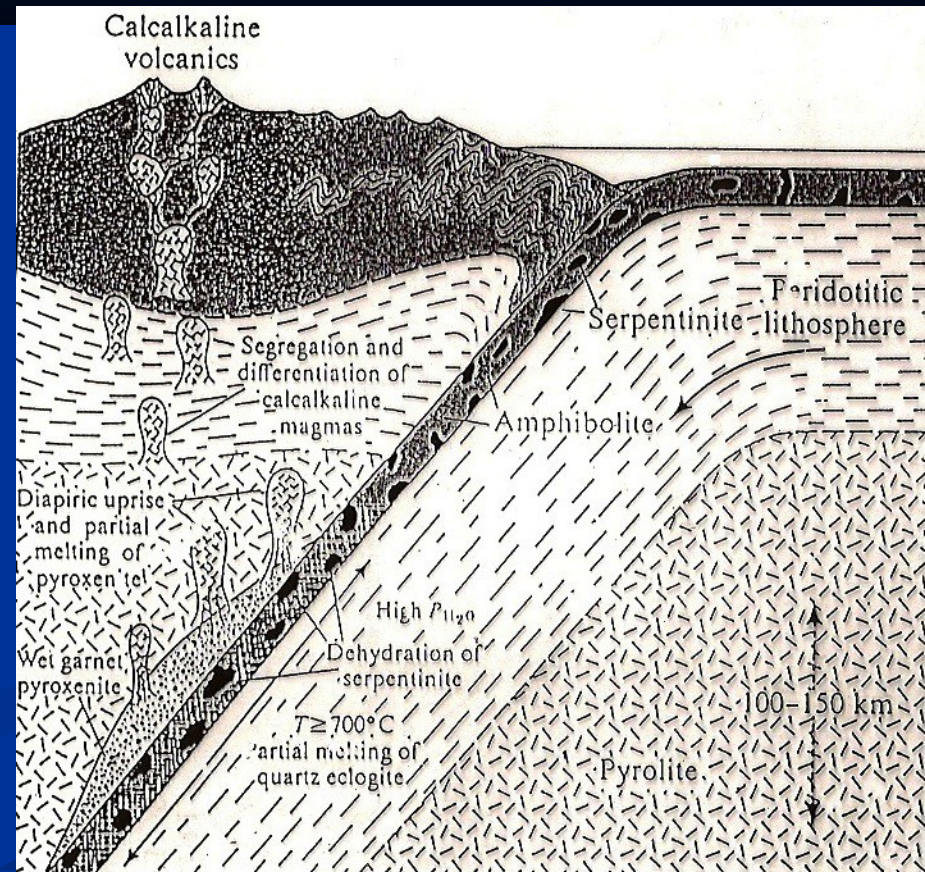
- cpx +pl

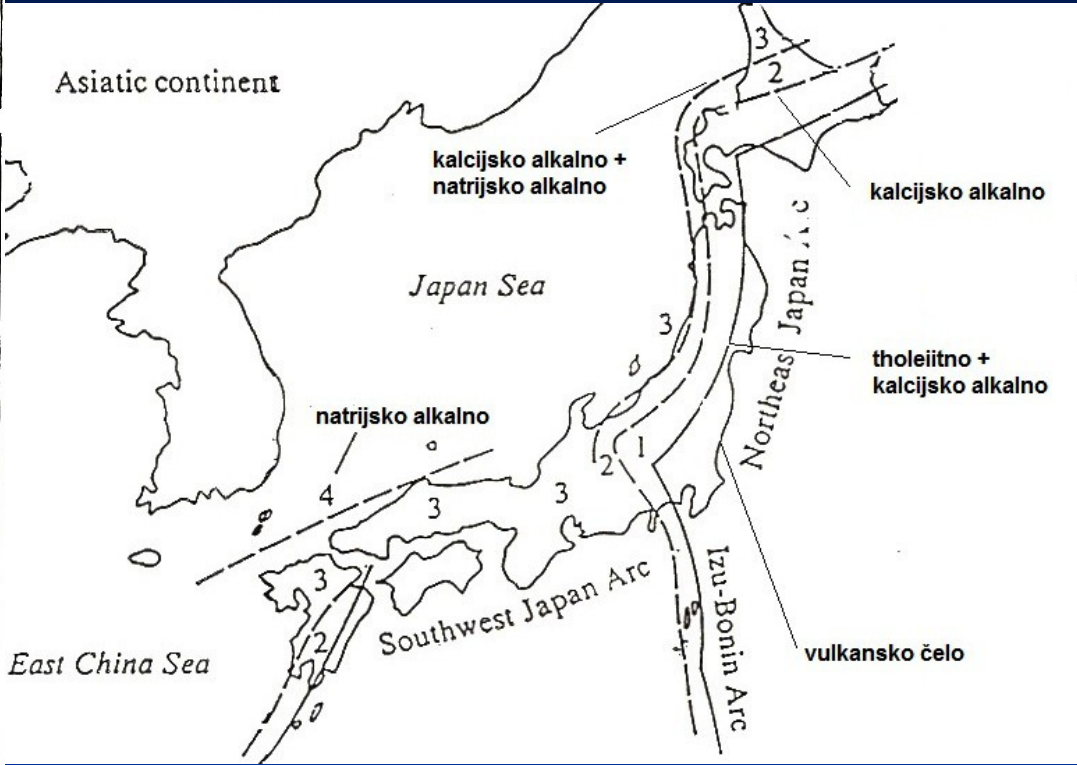
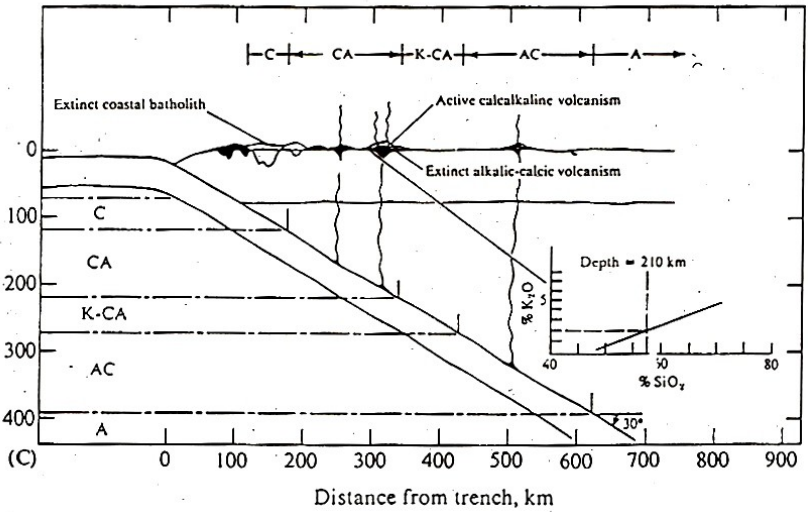
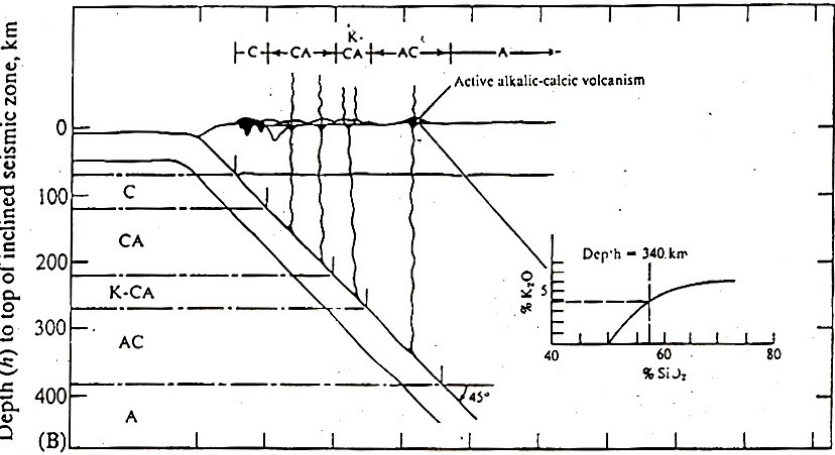
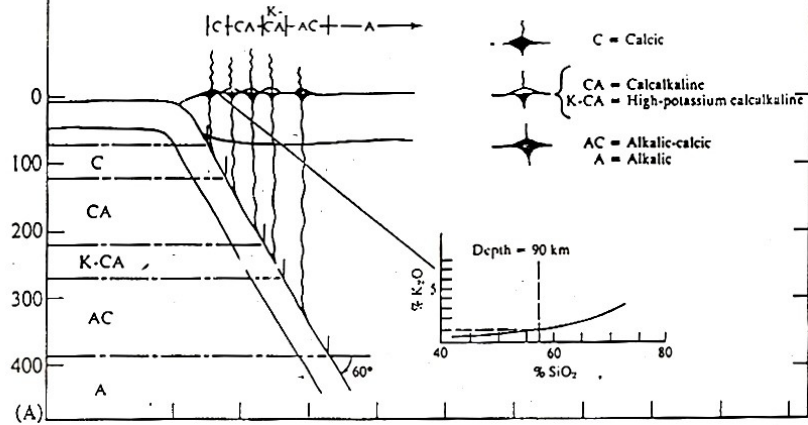
- redko ol, opx



Kalcijsko-alkalni trend

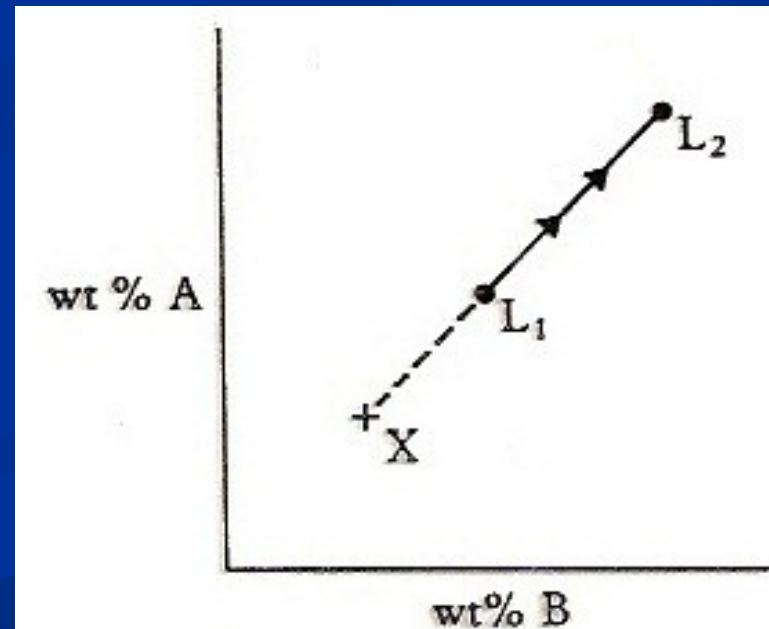
- Kasnejša faza razvoja otočnega loka.
- Dehidracija subduciranega serpentinita v globini 100 – 150 km povzroči delno taljenje eklogita.
- Talina reagira s plaščem v granatov piroksenit.
- Z diapirskim dvigom, delnim taljenjem in frakcionacijo nastane CA talina.
 - ol, opx, cpx, pl



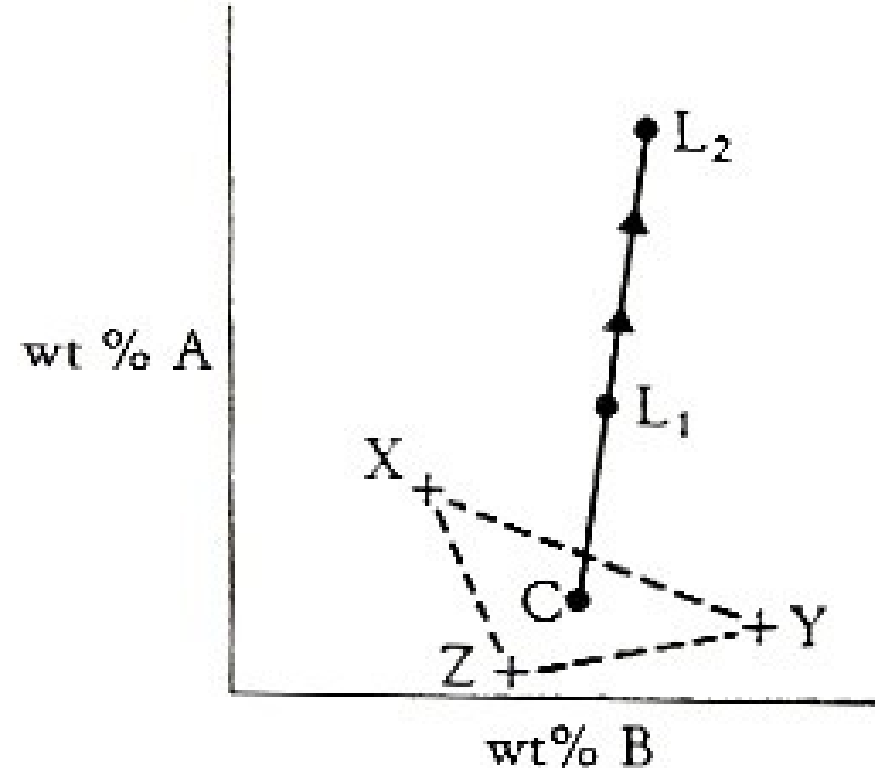
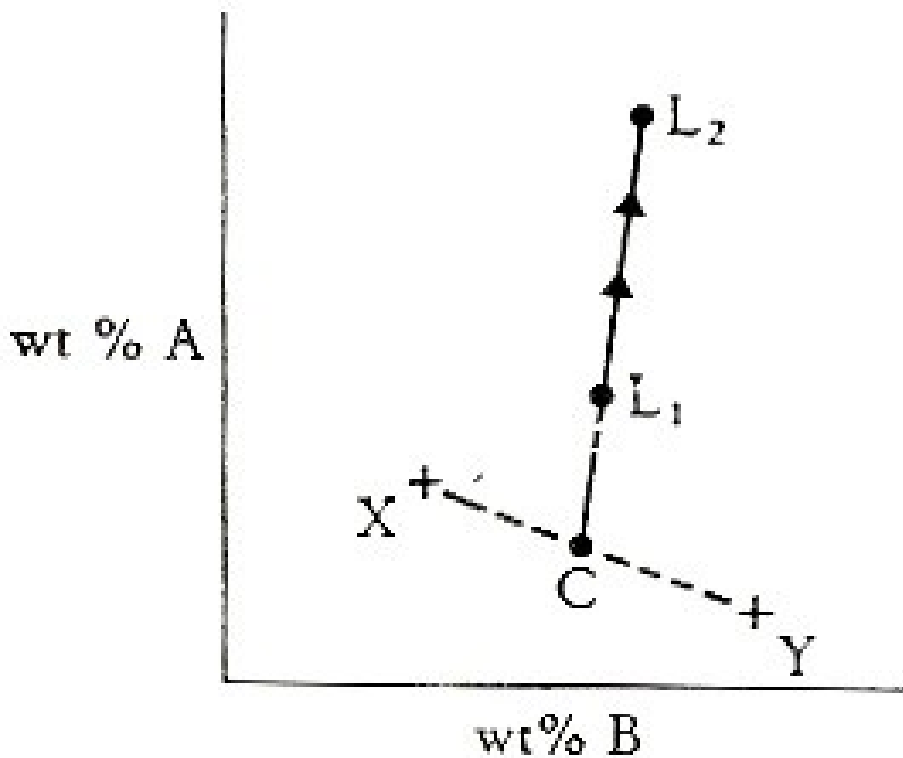


Interpretacija trendov na variacijskih diagramih

- Izračun sestave minerala, izločenega ali dodanega v magmo ter ocena količine udeležene snovi.
 - A in B sta kemijski prvini, X mineral (vtrošnik), ki je kristaliziral iz taline L_1 , da je nastala talina L_2 (osnova v predornini).
 - Razdalje L_1-L_2 je odvisna od količine kristalizirane snovi.
 - Količina L_2 je sorazmerna $X-L_1$
 - Količina X je sorazmerna L_1-L_2
 - $\%L_2 = 100 \frac{XL_1}{XL_2}$
 - $\%X = 100 \frac{L_1L_2}{XL_2}$



- Izračun je možen tudi, če sta udeležena dva ali trije minerali.

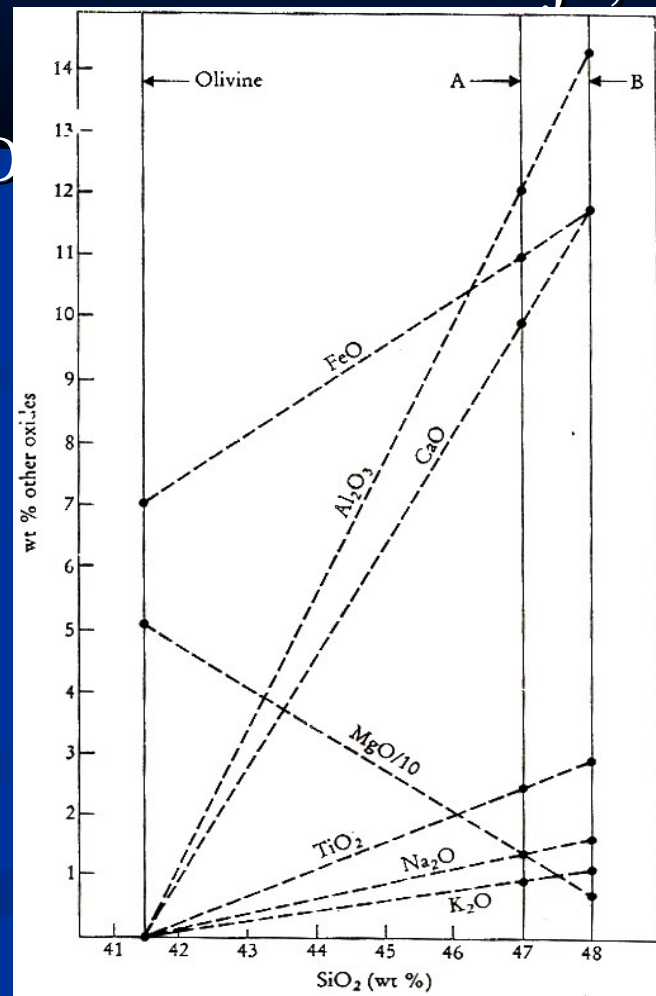


Interpretacija trendov na variacijskih diagramih

■ Diagrami dodajanja in odvzemanja.

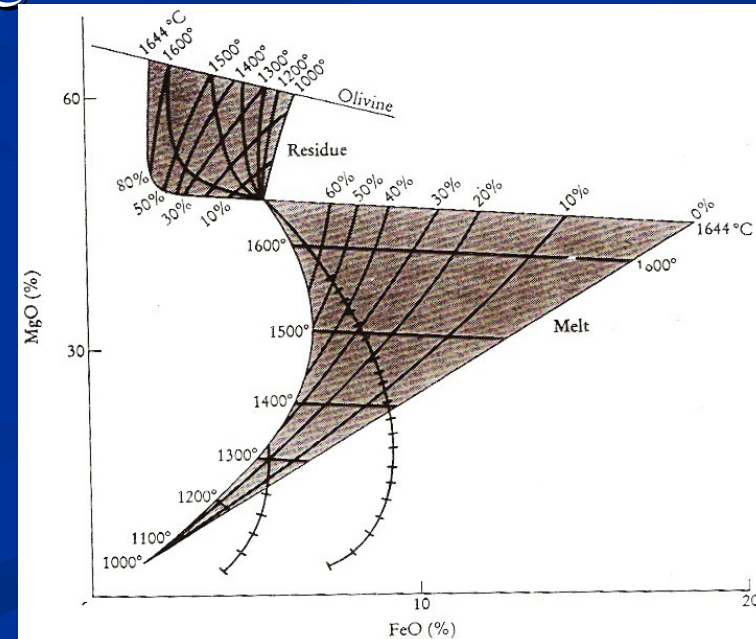
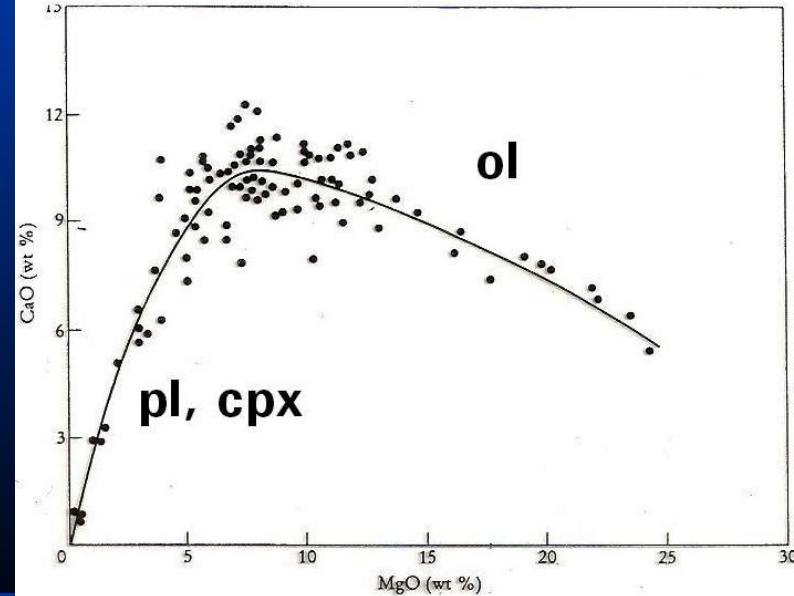
- Uporabimo kemizem vseh oksidov glavnih prvin za dve (ali več) kamnini, povezanih z magmatsko frakcionacijo, nanešenih na Harkerjev diagram.

- Stičišče premic večine prvin z osjo SiO₂ podaja količino slednjega v mineralu, ki se je izločal.
- Presečišče linije, ki jo potegno vzporedno z osjo y iz te točke, ter sečiščem preostalih oksidov podaja razmerje MgO – FeO v olivinu.
- Iz kemizma olivina izračunamo delež njegovega izločanja.



Interpretacija trendov na variacijskih diagramih

- Upognjeni trendi.
 - Vstop nove faze v sistem.
- Razpršeni trendi.
 - Nismo vzorčili le vtrošnikov, temveč tudi osnovo.
 - Vzorci niso predstavniki iste magme.
 - Spremenjena frakcioancijska združba mineralov med kristalizacijo.
 - Napake pri vzorčenju.
 - Napake analitike.
- Računalniško modeliranje.



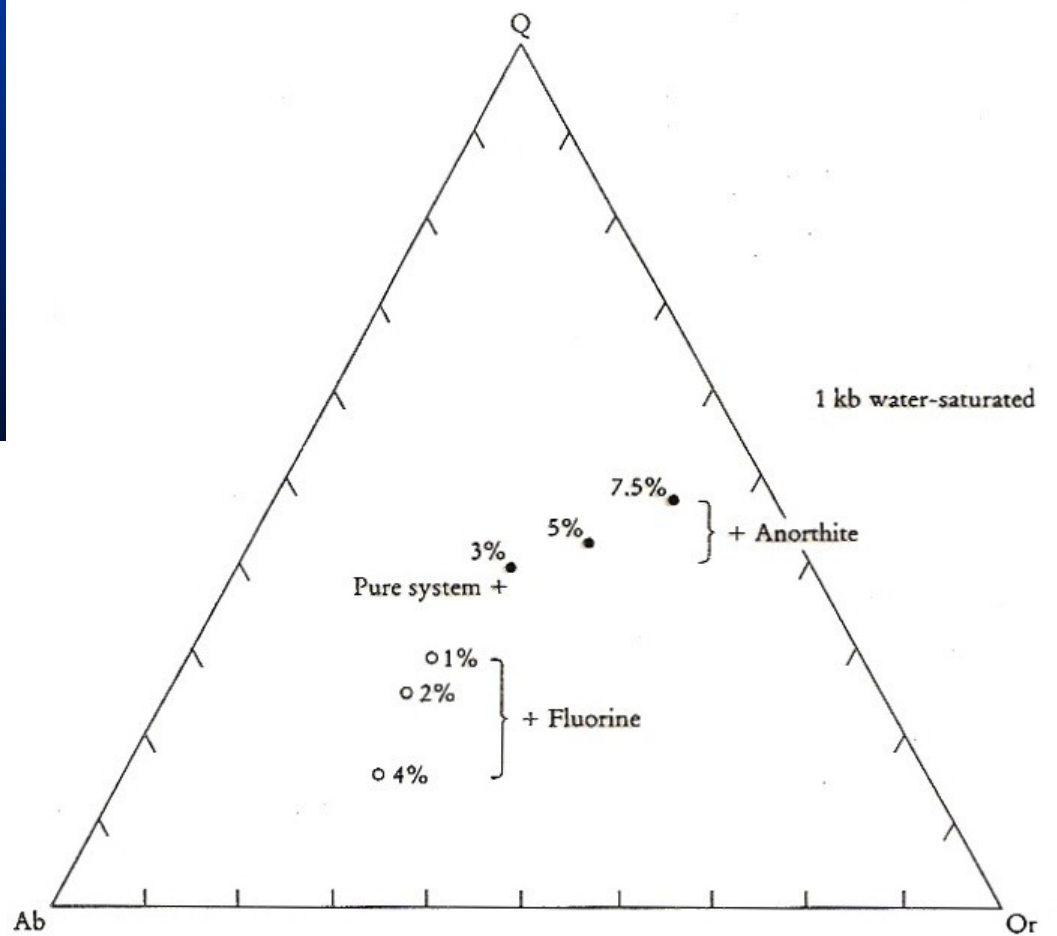
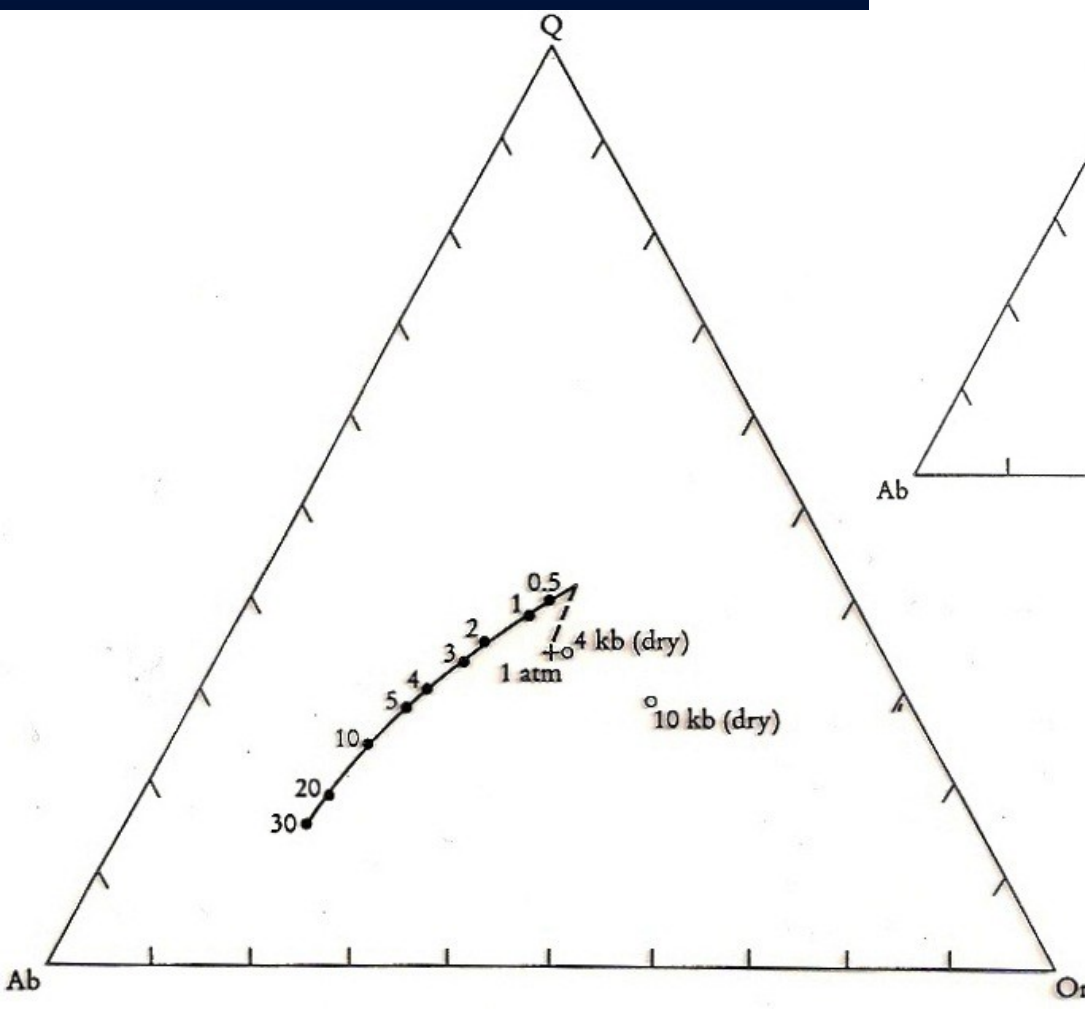
Uporaba glavnih prvin

- Klasifikacija
- Variacijski diagrami
- Eksperimentalni fazni diagrami
- Tektonska okolja

Eksperimentalni fazni diagrami

- Nekateri pomembni magmatski sistemi so proučeni tudi z laboratorijskimi poskusi, na osnovi katerih so izdelani fazni diagrami.
 - Granitni sistemi
 - Sistem nefelinitnega sienita
 - Bazaltni sistemi
 - Kalcijsko – alkalni sistemi
- Uporaba
 - Nanašanje vrednosti naravnih kamnin na diagram za ugotavljanje pogojev nastanka.
 - Primerjava izsledkov eksperimentov različnih

■ Granitni sistemi.



Bazaltni sistemi - CMAS

- $C = (CaO - 3,33P_2O_5 + 2Na_2O + 2K_2O) \times 56,08$
- $M = (FeO + MnO + NiO + MgO - TiO_2) \times 40,31$
- $A = (Al_2O_3 + Cr_2O_3 + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O + TiO_2) \times 101,96$
- $S = (SiO_2 - 2Na_2O - 2K_2O) \times 60,09$

Projekcije:

- ol → CS-MS-A
- en → $M_2S-A_2S_3-C_2S_3$
- di → C_3A-M-S ali $CA-M-S$

