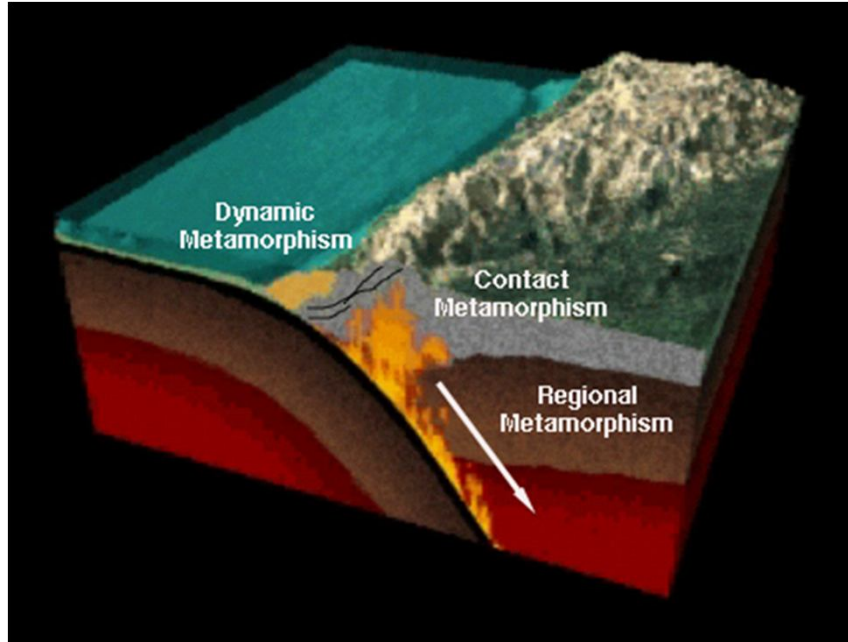


# **BAŞKALAŞMA - METAMORFİZMA VE MATAMORFİK KAYAÇLAR**

**DR. MUHAMMET BAHADIR- 2020**

**KULLANILAN TÜM KAYNAKLAR EĞİTİM AMACI İLE KULLANILMIŞTIR. HİÇ BİR TİCARİ  
AMACI YOKTUR. EMEĞİ GEÇENLERE TEŞEKKÜR EDERİM.**

# Başkalaşmanın sebepleri



- Kayaçlar, 200 C'den yüksek sıcaklık ve
- 300 Mega Pascaldan (3 kilobar) yüksek basınç altında başkalaşmaya başlar.
- 100 MPa= 1 kilobar
- 1 kilobar = 1000 atm
- 1 bar = 1 atm

# METAMORFİZMA

- Metamorfik kayaçlar (Yunanca “**değişme**” anlamına gelen **meta** ve “**biçim**” anlamına gelen **morpho** sözcüklerinin birleştirilmesinden gelen) üçüncü ana kayaç grubudur.

- Başkalaşmış Taşlar Oluştuktan Sonra Yüksek Isı, Basınç Ve Gerilmeye Bağlı Olarak

Şekil Ve Özellik Değiştirmeleri İle Oluşurlar.

- Isının Kaynağı Mağma Olup Her 30 Metre Derine İnildikçe Sıcaklık 1 Derece Artar.
- Bir Diğer Etken Basınçtır Ki Üzerindeki Yüke Göre Artar Veya Azalır.
- Diğer Etken Gerilme Olup Tabaklar Veya Kompartımanların Arasındaki

Deformasyonlara Bağlı Olarak Taşların Yapısı Değişir.

# **DİKKAT:**

Metamorfizmada, kayacın toplam kimyasal bileşimi değişmez, fakat **rekristalizasyon, neomineralizasyon ve ornatma** gibi süreçlerle, mineral türleri ve formları değişir. Bunun anlamı, metamorfizma olayı ile, minerallerin kristalografik sistemleri değişebilir; toplam kimyasal bileşimde bulunmak kaydı ile yeni mineraller meydana gelebilir.



**Rekristalizasyon:** Metamorfizma sırasında, köken kayada bulunan kristallerin sıcaklık ve basınç gibi metamorfik etmenlerle *çözünmeden*, daha ideal ve iyi gelişmiş olarak yeniden kristallenmesi olayıdır.

**Neomineralizasyon:** Metamorfizma öncesi *kayada mevcut olmayan* yeni minerallerin oluşumunu kapsayan sürece *yeni mineral oluşumu* anlamında kullanılır. Bu süreç mineraller arasında katı durumda gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu gelişir.

**Metasomatizma:** Metamorfizma sırasında kayaların kimyasal bileşimlerinde H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ve diğer uçucu bileşenlerin *dışında* herhangi bir değişiklik olmaksızın rekristalizasyon ve neomineralizasyon süreçleri gelişir. Örneğin kalsit ve dolomitin katıldığı metamorfik reaksiyonlarda CO<sub>2</sub> açığa çıkar. Bazı metamorfik kayalarda ise, kayanın içerisinde dolaşan çözeltilerden dolayı kimyasal bileşimde bir değişimin olduğu gözlenir ve bu süreç metasomatizma olarak tanımlanır.

**Anateksi:** metamorfizmanın ileri evrelerinde, sıcaklık ve basıncın çok yükselmesi ile kayanın bileşenlerinde erime başlayacaktır; anateksi olarak tanımlanan bu erime noktası, metamorfizmanın sonunu ve kısmi ergimenin başlangıcını işaret eder.

## II. METAMORFİZMA ÇEŞİTLERİ

Metamorfizma genel olarak *yersel ve bölgesel metamorfizma* olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bu süreçler, metamorfizmada etken olan faktörlere bağlı olarak alt gruplara ayrılır.

### 1.Yersel (lokal) metamorfizma

- a. Kontak metamorfizma
- b. Pirometamorfizma
- c. Hidrotermal metamorfizma
- d. Dinamik metamorfizma

### 2. Bölgesel (rejyonal) metamorfizma

- a. Dinamotermal metamorfizma
- b. Gömülme metamorfizması
- c. Okyanus tabanı metamorfizması

## IV. METAMORFİK KAYAÇLARDA DOKU KAVRAMI

Metamorfik kayacı oluşturan (indeks minerallerin) *bileşenlerin şekil – biçim ve agrega durumlarına* göre yapılmaktadır.

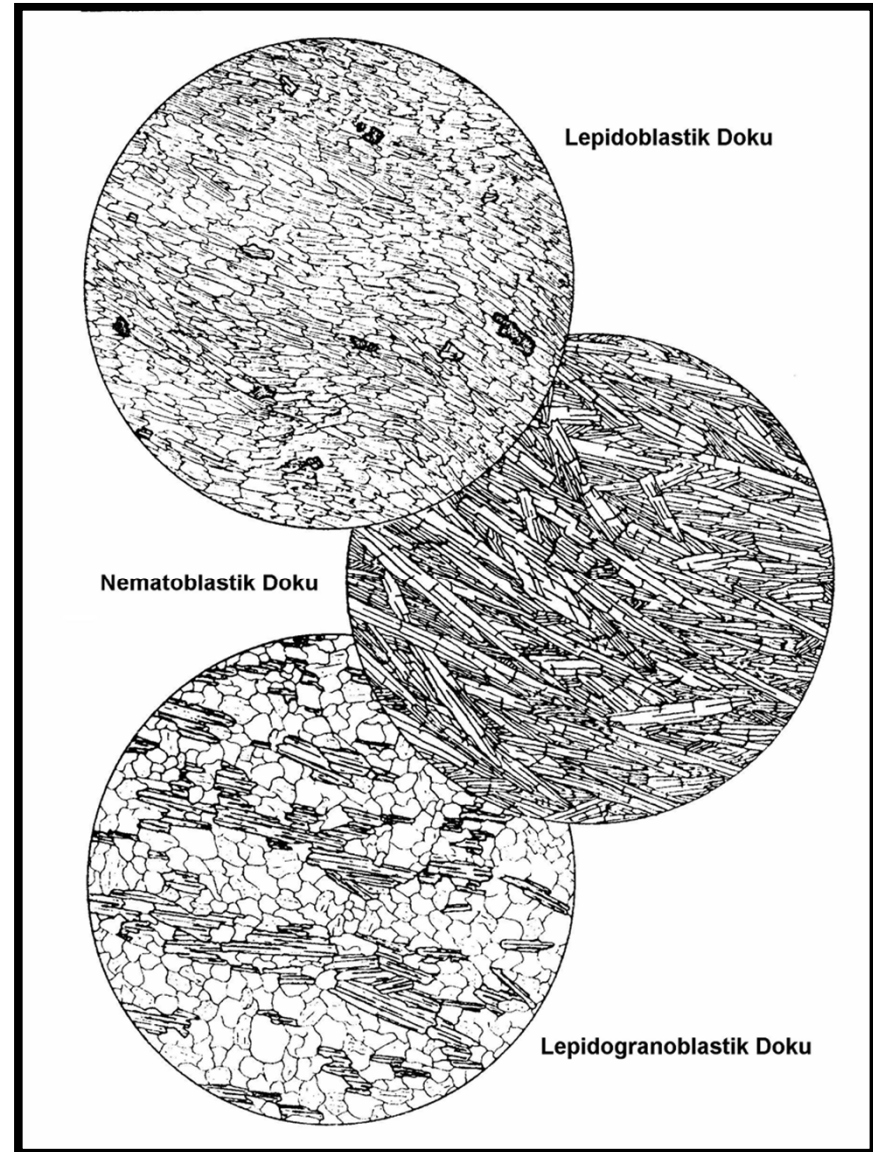
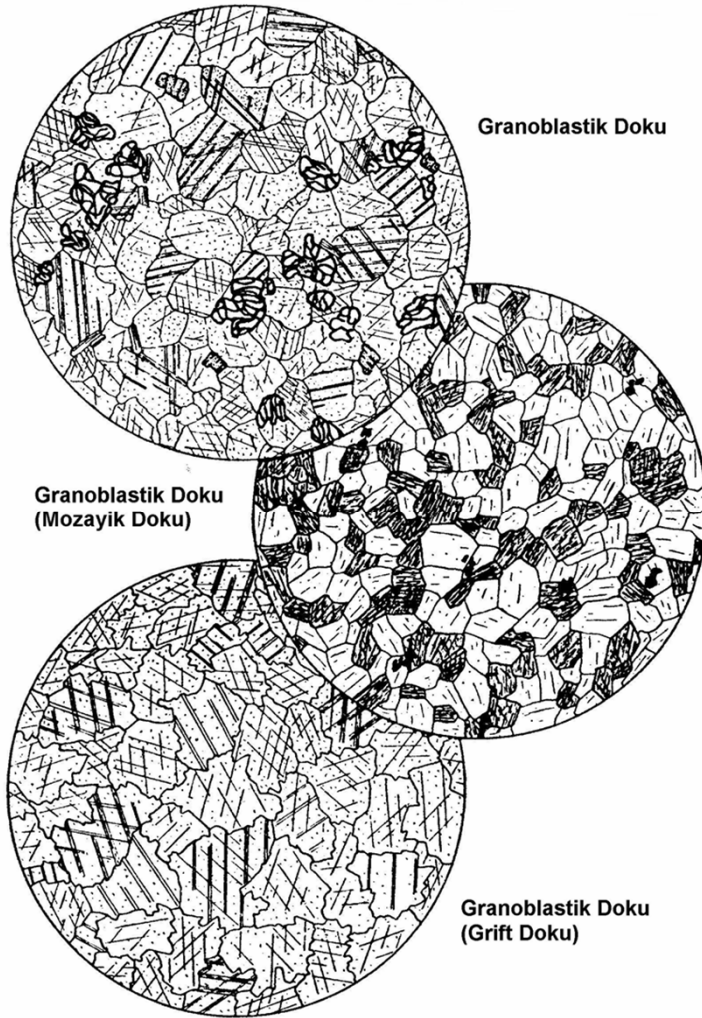
Buna göre;

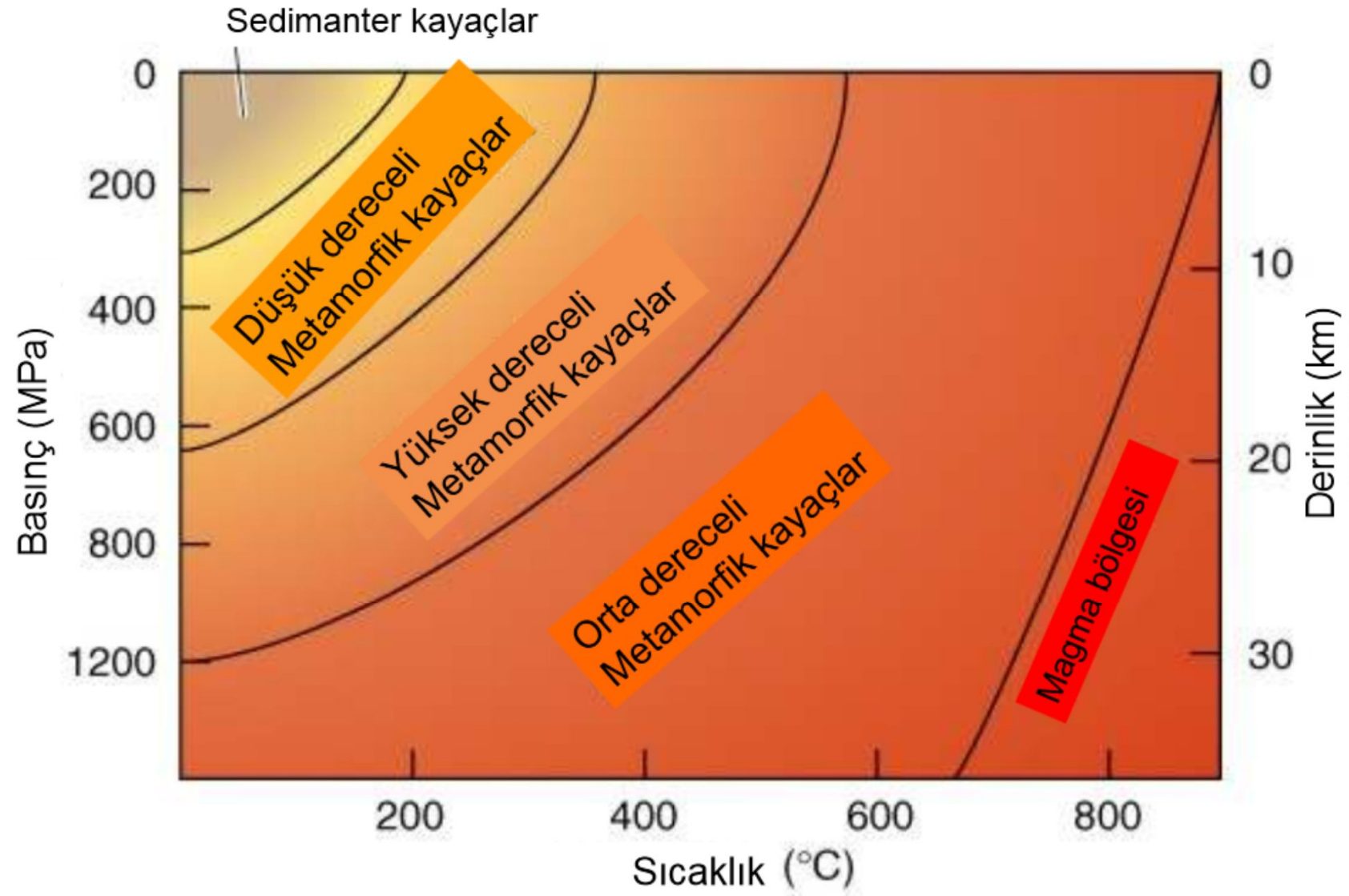
**Granoblastik doku:** Kayaç, kuvars, kalsit, gibi eş boyutlu, daireden elipsoide kadar değişebilen şekil ve biçimdeki mineral türlerinden oluşmaktadır.

**Lepidoblastik doku:** Kayaç, mika, klorit, talk gibi yapraksıdan pulsuya kadar değişebilen şekil ve biçimdeki mineral türlerinden oluşmaktadır. Bu doku tipini ifade eden minerallerin paralel dizilimi ile yaygın olarak şist oluşumu gerçekleşir.

**Nematoblastik doku:** Kayaç, hornblend, epidot, ditsen gibi prizmatik – yassı prizmatik şekil ve biçimdeki mineral türlerinden oluşmaktadır.

**Fibroblastik doku:** Kayaç, sillimanit, tremolit/aktinolit gibi iğnemsî - lifsi şekil ve biçimdeki mineral türlerinden oluşmaktadır.





## **1.Kristaloblastik Doku**

Minerallerin büyüklüklerine göre tanımlanan kristaloblastik doku türleri:

Kriptoblastik Doku

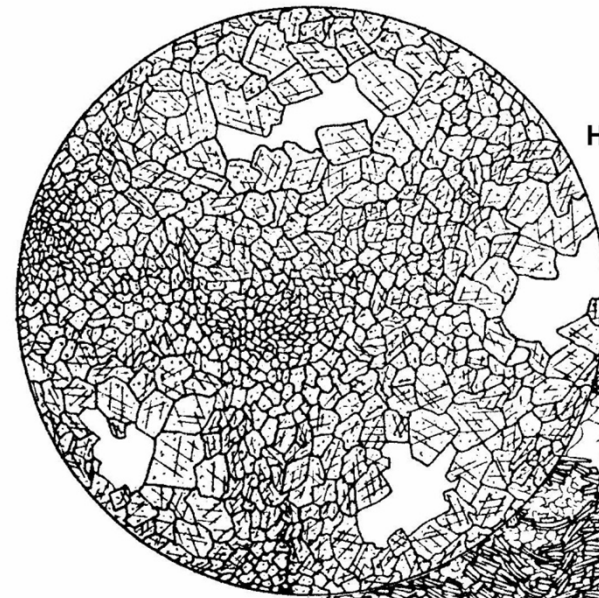
Mikroblastik Doku

Makroblastik Doku

Metamorfik kayaç minerallerinin göreceli (rölatif) büyüklüklerine bağlı olarak  
iki ana grup altında toplanmaktadır;

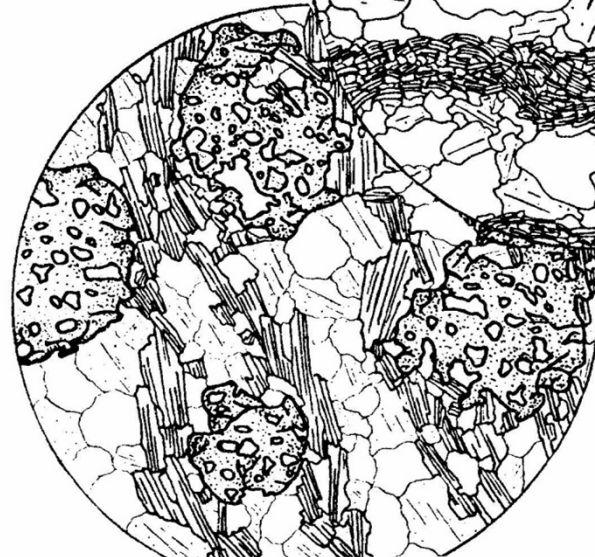
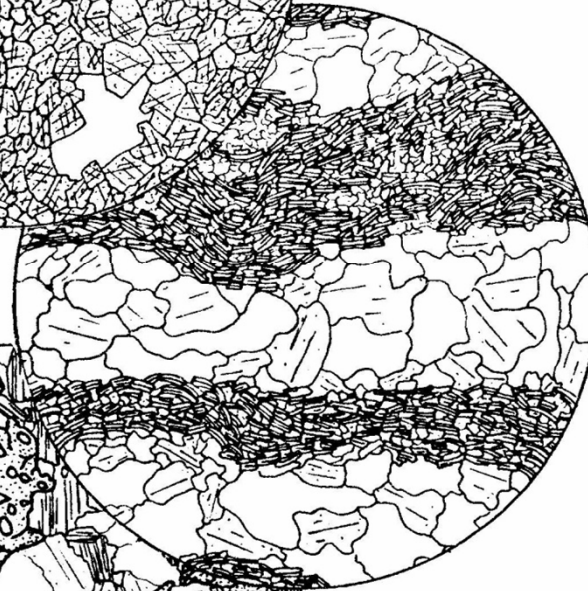
Homoblastik Doku

Heteroblastik Doku (porfiroblastik)

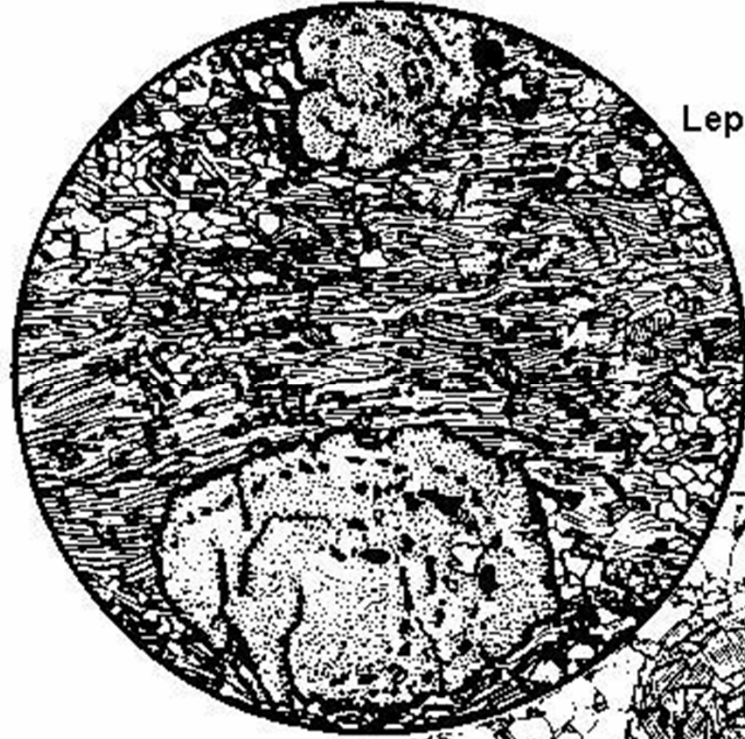


**Heteroblastik Doku**

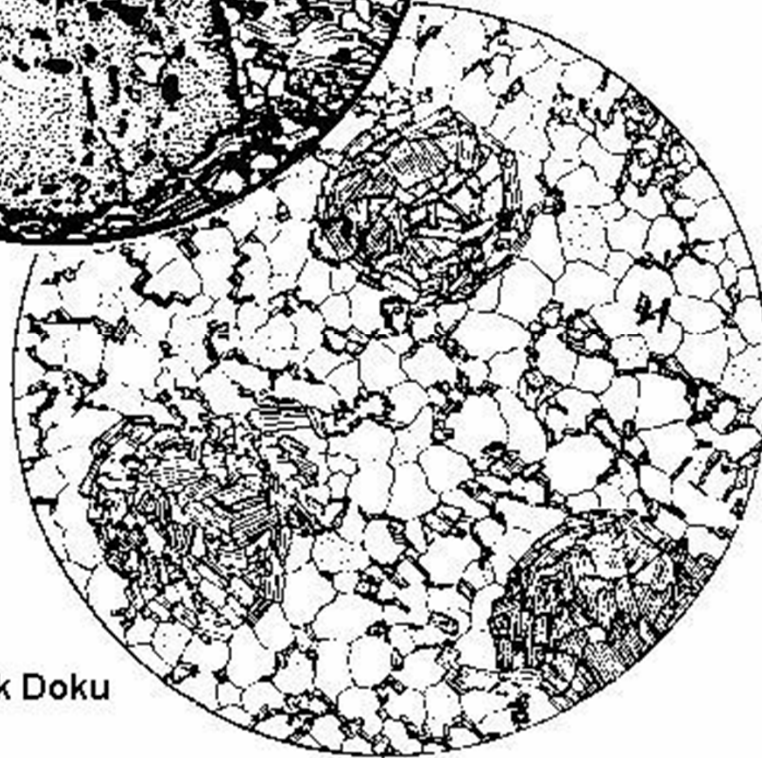
**Heteroblastik Doku**



**Porfiroblastik Doku**



Lepidoporphyroblastik Doku



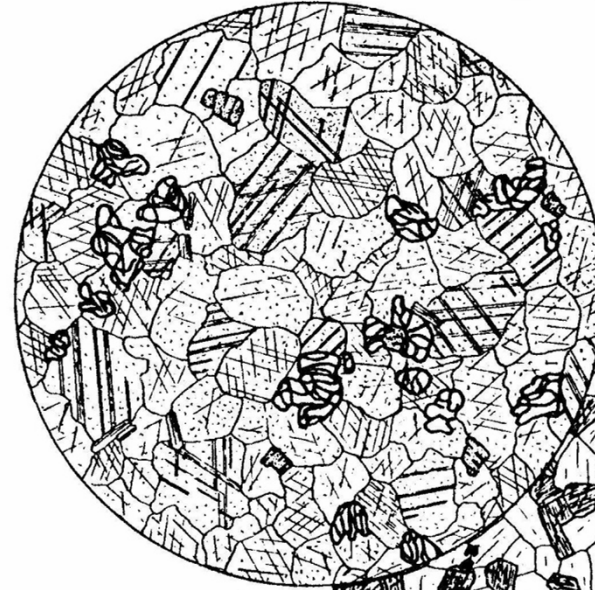
Glomeroporphyroblastik Doku



## **1.Kristaloblastik Doku**

Minerallerin birbirleri ile olan sınır ilişkilerine göre tanımlanan kristaloblastik doku türleri:

- 1) Mozayik Doku
- 2) Grift(Süturlu) Doku
- 3) Karmaşık Doku (İmplikasyon Dokusu)
  - 3a) Mineraller İçi (intragranular) İmplikasyon Dokusu
  - 3b) Mineraller Arası (intergranular) İmplikasyon Dokusu

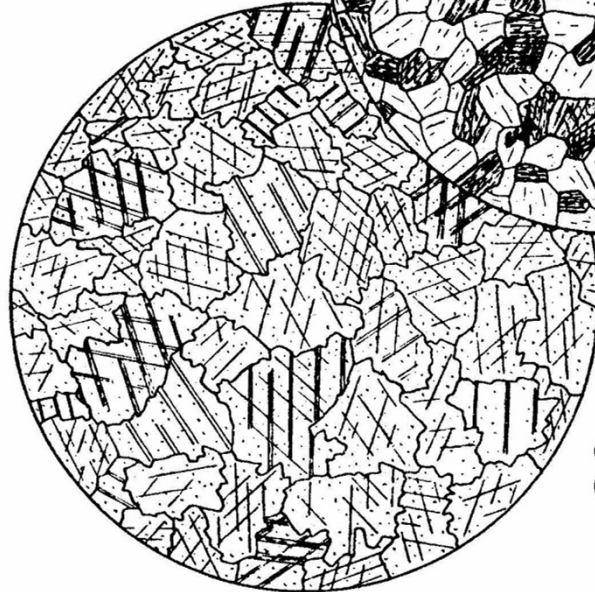


**Granoblastik Doku**

**Granoblastik Doku  
(Mozayik Doku)**

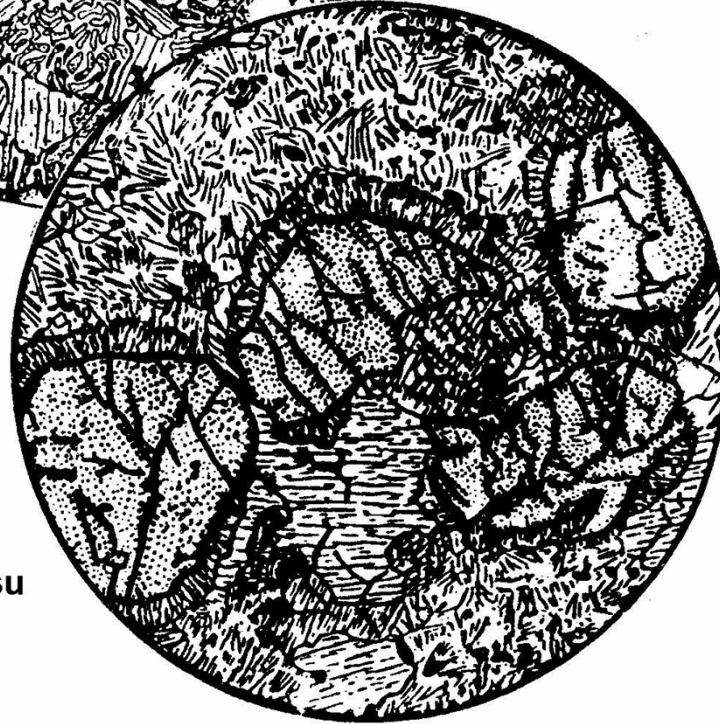


**Granoblastik Doku  
(Grift Doku)**





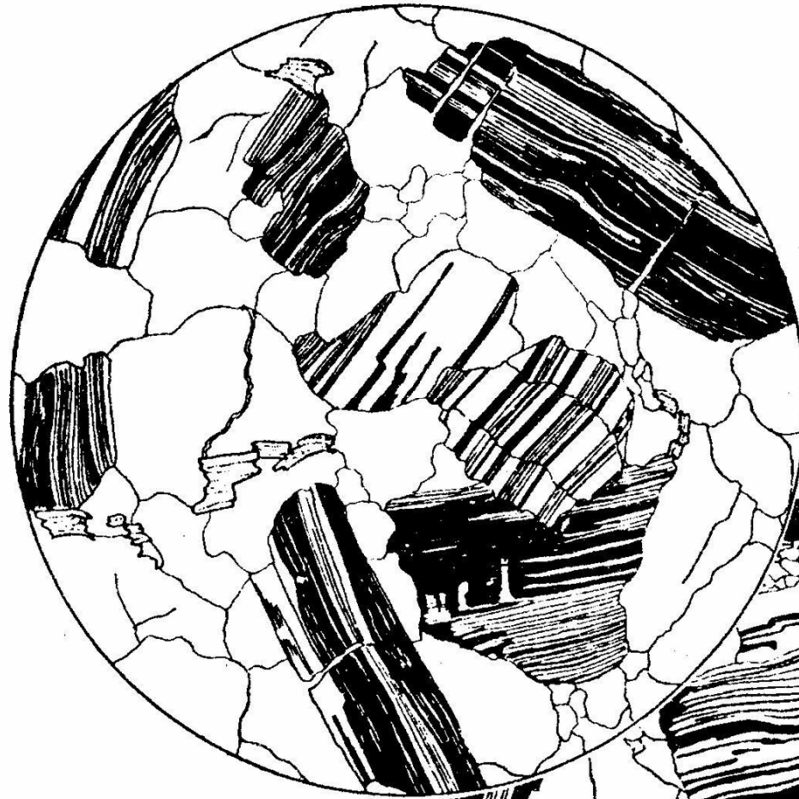
**İmplikasyon Dokusu**



**Korona Dokusu**

## **2. Kristaloklastik Doku**

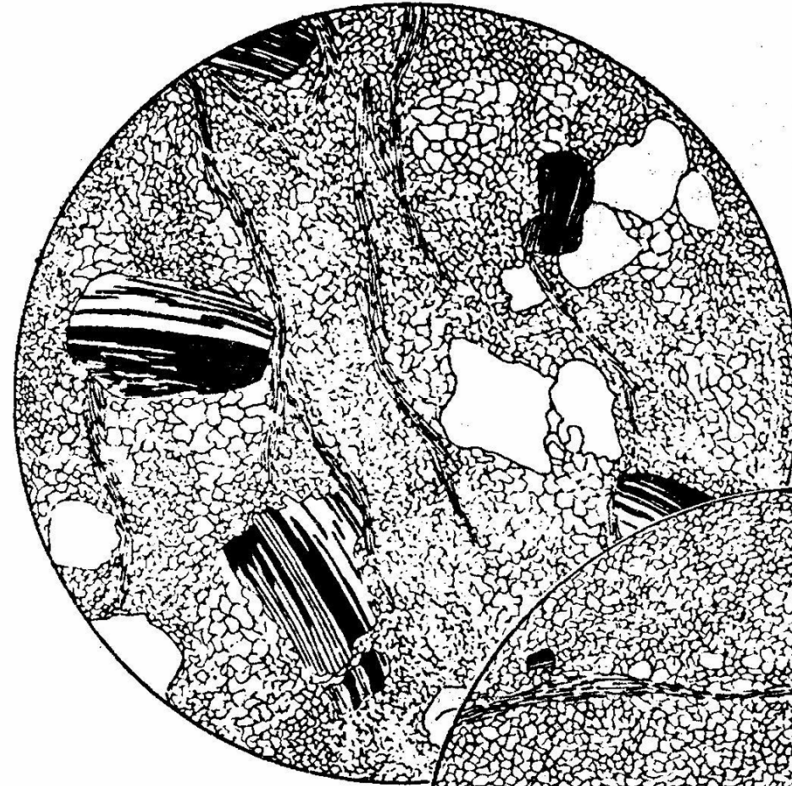
- 1) Kataklastik Doku
- 2) Mörter Dokusu
- 3) Porfiroklastik Doku
- 4) Milonitik Doku



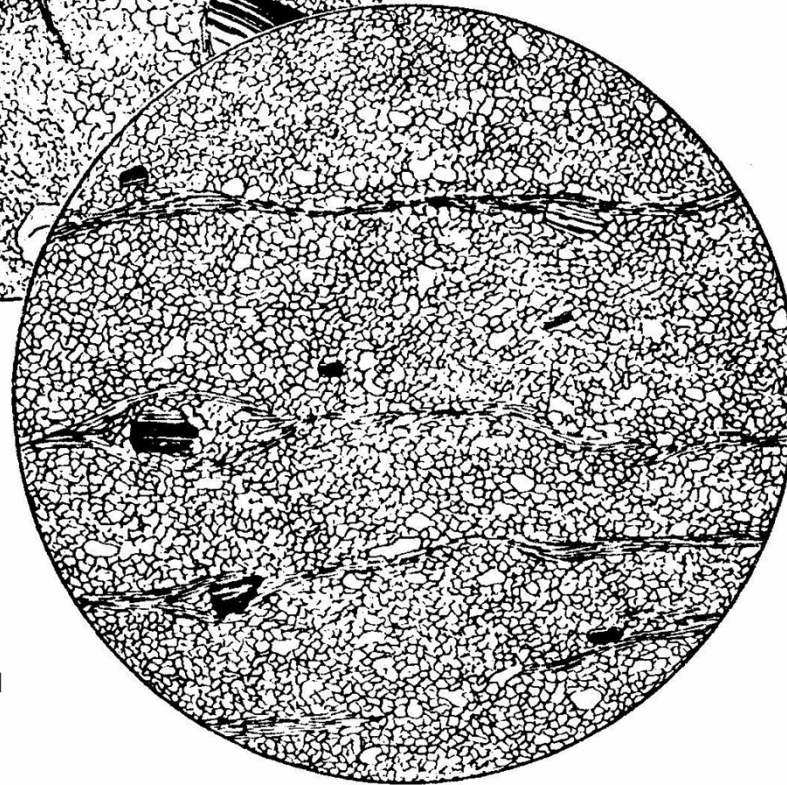
**Kataklastik Doku**



**Mörter Dokusu**



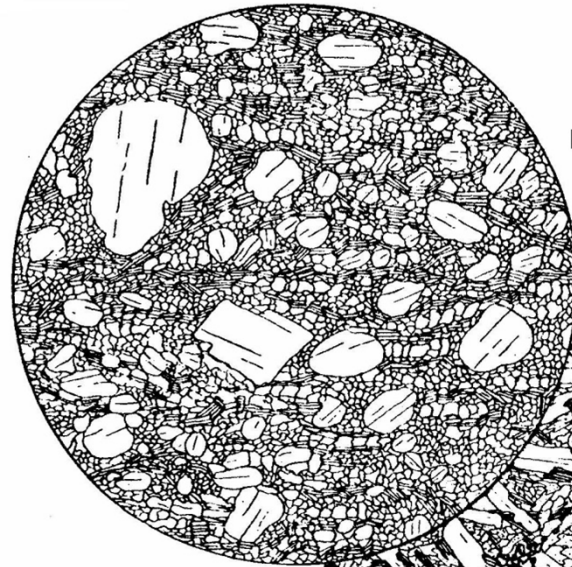
**Porfiroklastik Doku**



**Milonit Dokusu**

### **3. Kalıntı Dokuları**

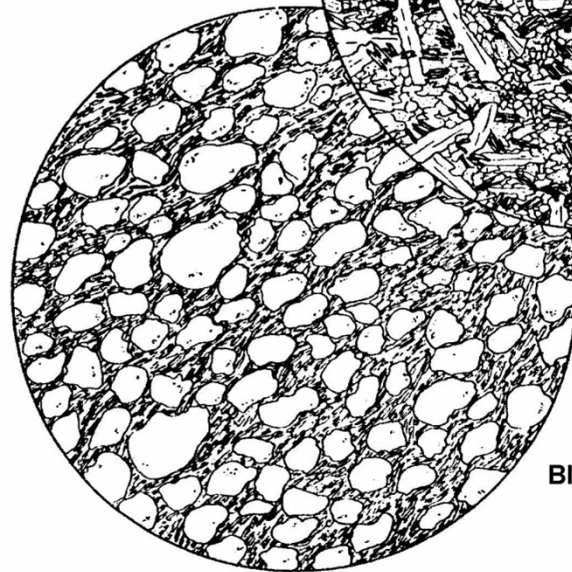
- a. Blastoporfirik Doku
- b. Blastoofitik Doku
- c. Blastopsamitik Doku
- d. Blastoorbiküler doku



**Blastoporfirik Doku**



**Blastoofitik Doku**



**Blastopsamitik Doku**

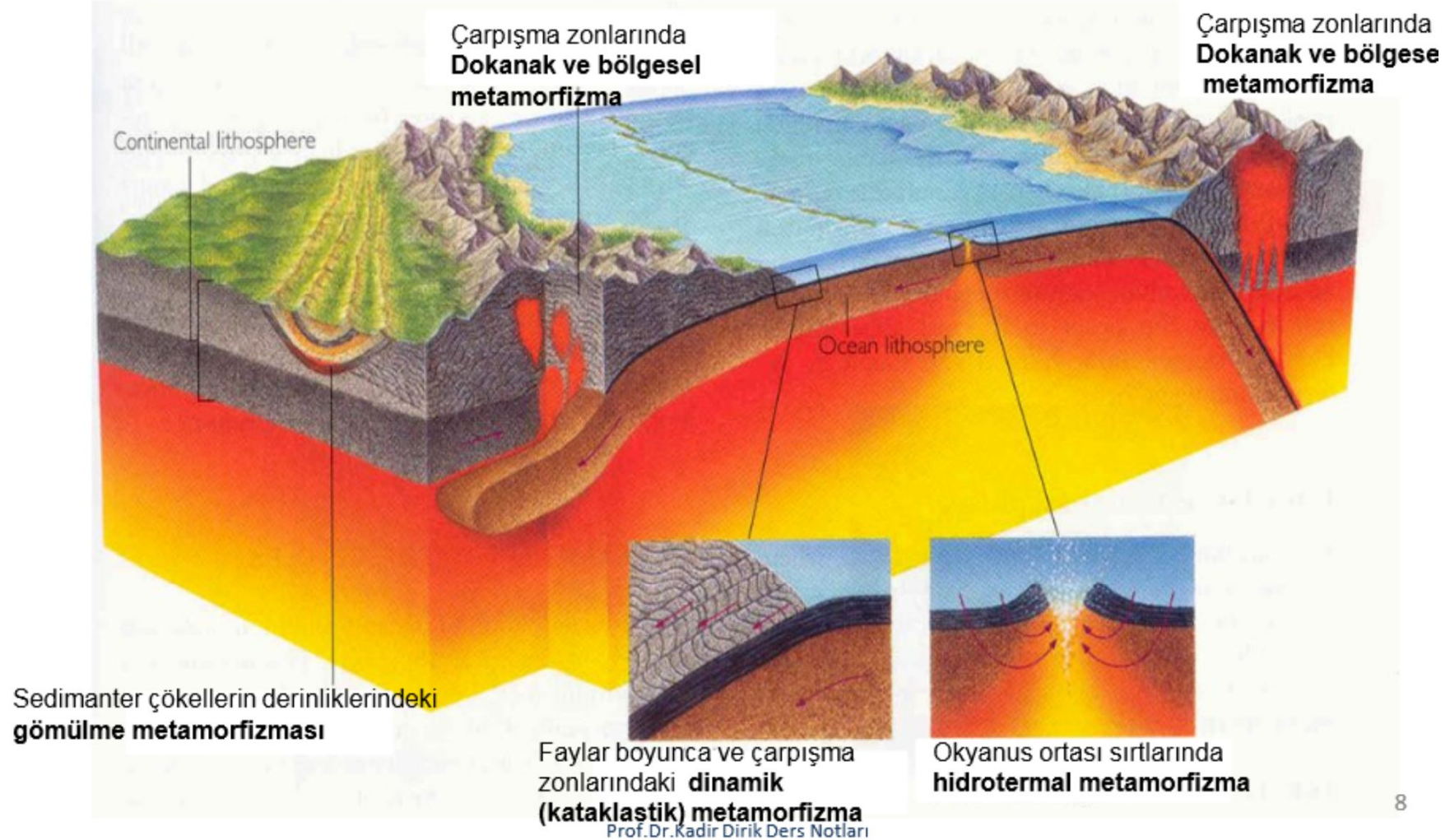


# Başkalaşma çeşitleri

- Esas itibariyle üç tip başkalaşma vardır:
  1. **Bölgesel başkalaşma,**
  2. **Temasla başkalaşma,**
  3. **Dinamik başkalaşma,**
- Bazen bunlara **gömülme** ve **hidrotermal** etkiyle oluşan başkalaşma da eşlik eder.
- Gömülme ile başkalaşma bölgesel başkalaşma ile birlikte; hidrotermal başkalaşma ise özellikle okyanus ortası rift hatlarında ısınan suların kimyasal etkisiyle oluşur.

# METAMORFİZMA ÇEŞİTLERİ

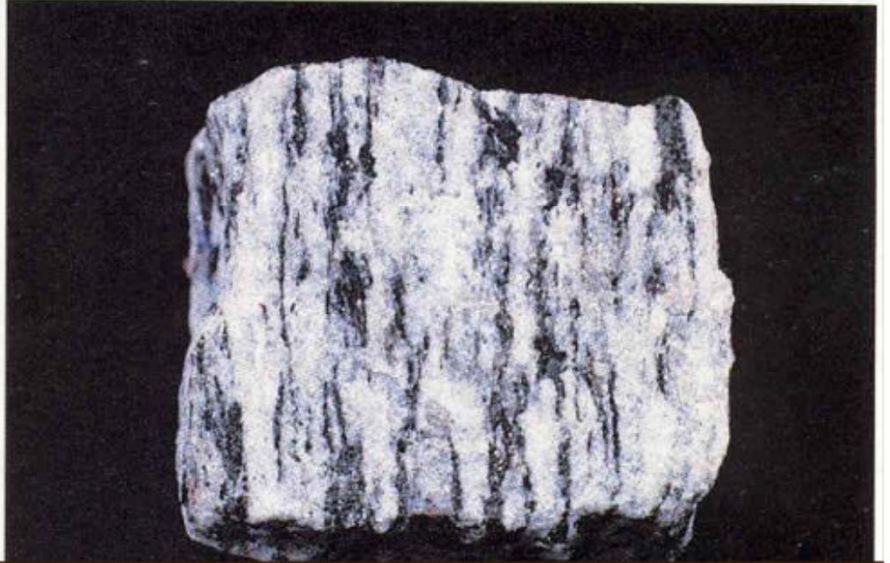
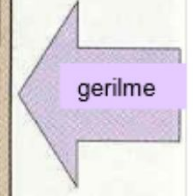
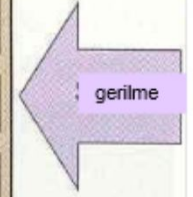
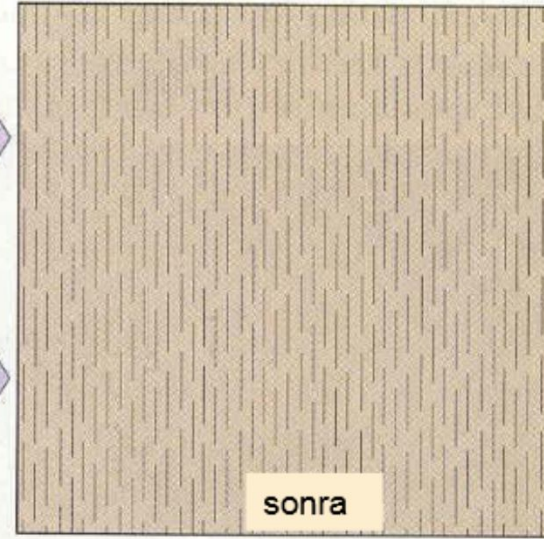
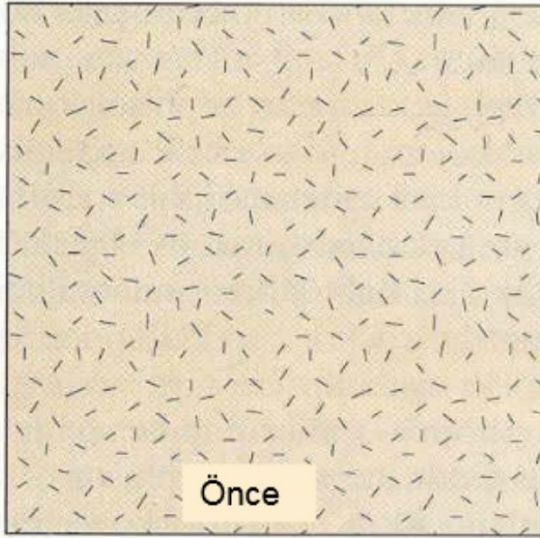
1. Dokanak (Kontakt) Metamorfizması (Contact Metamorphism)
2. Hidrotermal Metamorphism (Hydrothermal Metamorphism)
3. Dinamik Metamorphism (Dynamic metamorphism)
4. Bölgesel Metamorfizma (Regional Metamorphism)
5. Gömülme (Burial Metamorphism)



# Bölgesel (Rejyonel) başkalaşma

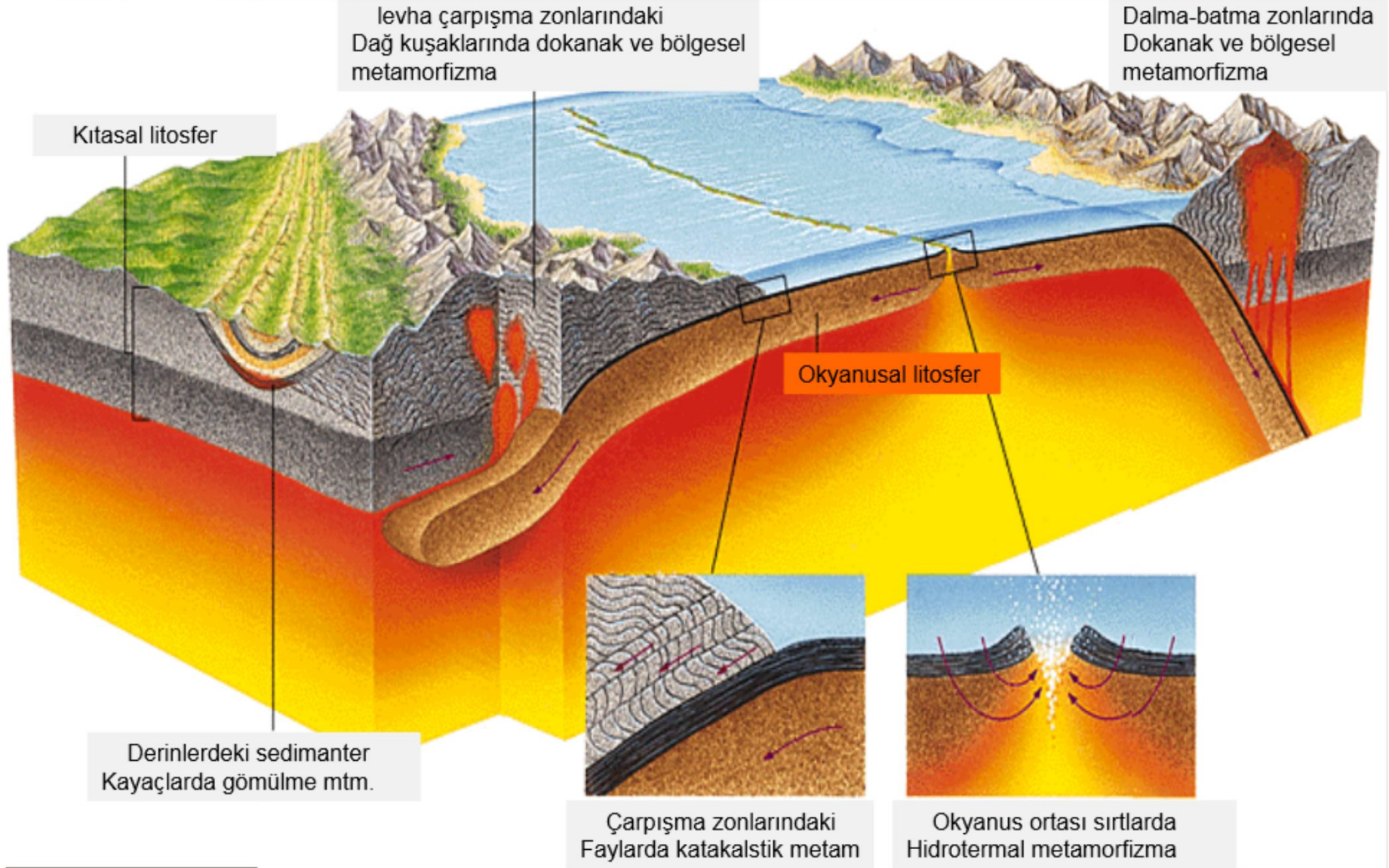
- Bölgesel başkalaşma genellikle dağ oluşumu sırasında meydana gelir.
- Binlerce kilometrekareyi bulan çok geniş alanlarda etkili olur.
- Orojenez sırasında çökelme ortamlarında biriken malzemeler gömülme nedeniyle başkalaştığı için **gömülü başkalaşma** olarak da bilinir.
- Başkalaşma sahasında basınç ve sıcaklık düşey yönde artar.
- Bu sebeple derinlere doğru inildikçe başkalaşma şiddetlenir.







# Metamorfizma yerleri



# Başkalaşmanın düşey yönde değişimi-1

- Başkalaşma bölgesinin en üst kısmında (**epizon**) basınç ve sıcaklık azdır.
- Bu seviyede yapraksı bir görüntüye sahip kayrak taşı (arduez) türünden kayalar meydana gelir.
- Başkalaşma sonrasında, tortul kayalar içindeki fosiller ya tamamen tahrip olur ya da orijinal görünüşleri bozulur.

## Başkalaşmanın düşey yönde değişimi-2

- Orta derinlikte (**mesozon**) sıcaklık ve basınç biraz daha artar.
- Bu nedenle, orijinal kayaç içinde fosil mevcut olsa bile, başkalaşma sırasında tamamen tahrip olurlar.
- Başkalaşma sahasının en derin kısmında (**katazon**) sıcaklık ve basınç daha da artar.
- Kayaç içindeki kristaller daha iri ve bazen kendi aralarında gruplanma gösterirler.

# Dinamik başkalaşma

- Buna kataklastik başkalaşma da denir.
- Fay bloklarının birbirlerine göre yer değiştirmesi sırasında meydana gelir.
- Yüksek basınç ve nispeten düşük sıcaklıklarda fay düzlemi boyunca sıkışarak ufalanan kayaçların başkalaşması olayıdır.
- Sınırlı bir alanda gerçekleşir ve **milonit** adı verilen başkalaşım kayaçları oluşur



# Temasla (Kontakt) Başkalaşma

- Volkanik alanlarda kayaçların sıcak lavlarla temas etmesiyle oluşan başkalaşmadır.
- Bu olay, taş fırınlarda ekmeğin pişmesine ya da ızgarada etin kızartılmasına benzetilebilir.
- Basıncın etkisi azdır.
- Bu tip başkalaşma temas sahasıyla sınırlı kaldığı için geniş alanları etkilemez.
- Başkalaşma sırasında mineraller kayaç içinde gelişigüzel dağılırlar.
- Örneğin, kumtaşları kuvarsitlere dönüşür.

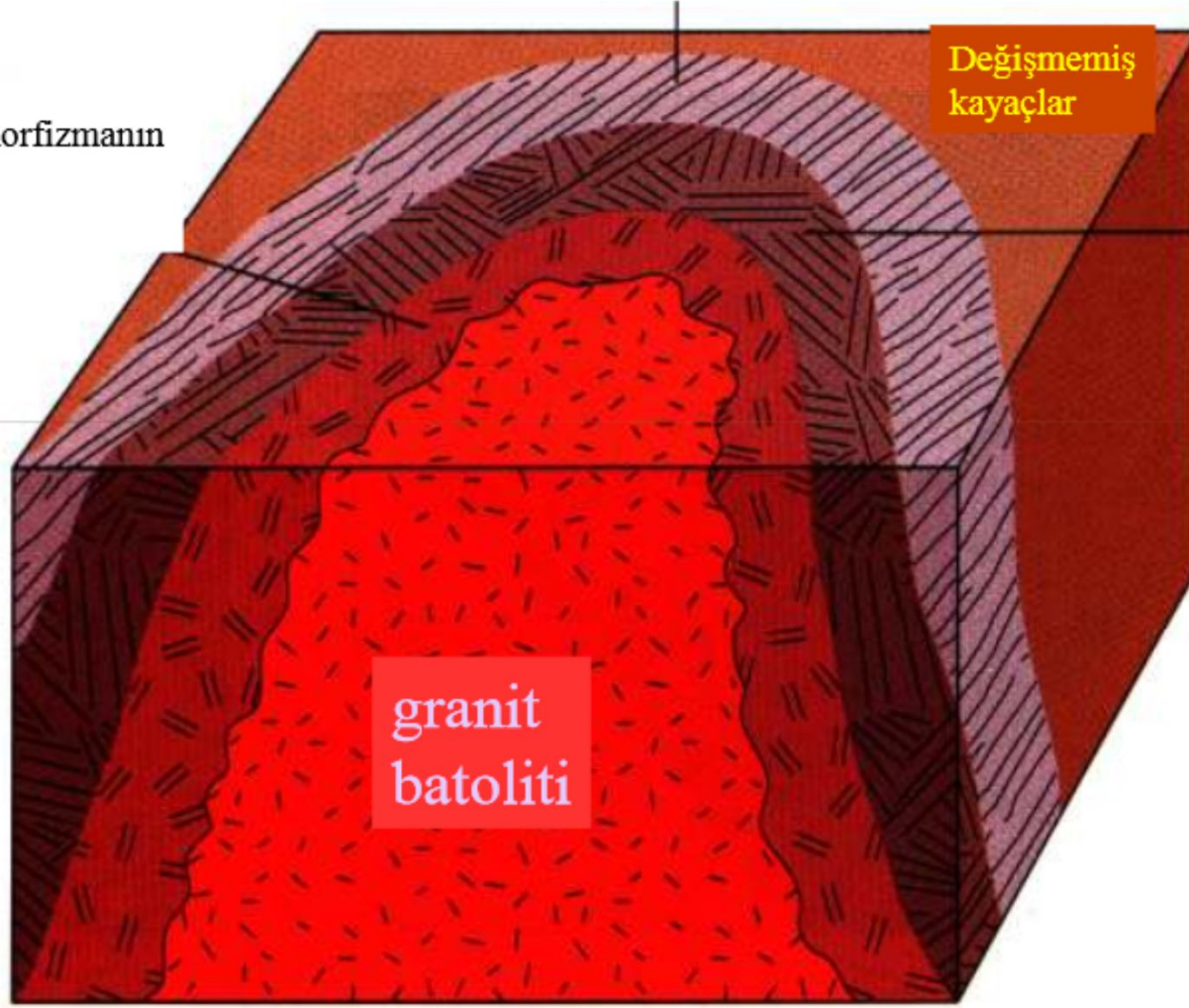
Kayaçların kısmi  
olarak değıştikleri dış zon

Değişmemiş  
kayaçlar

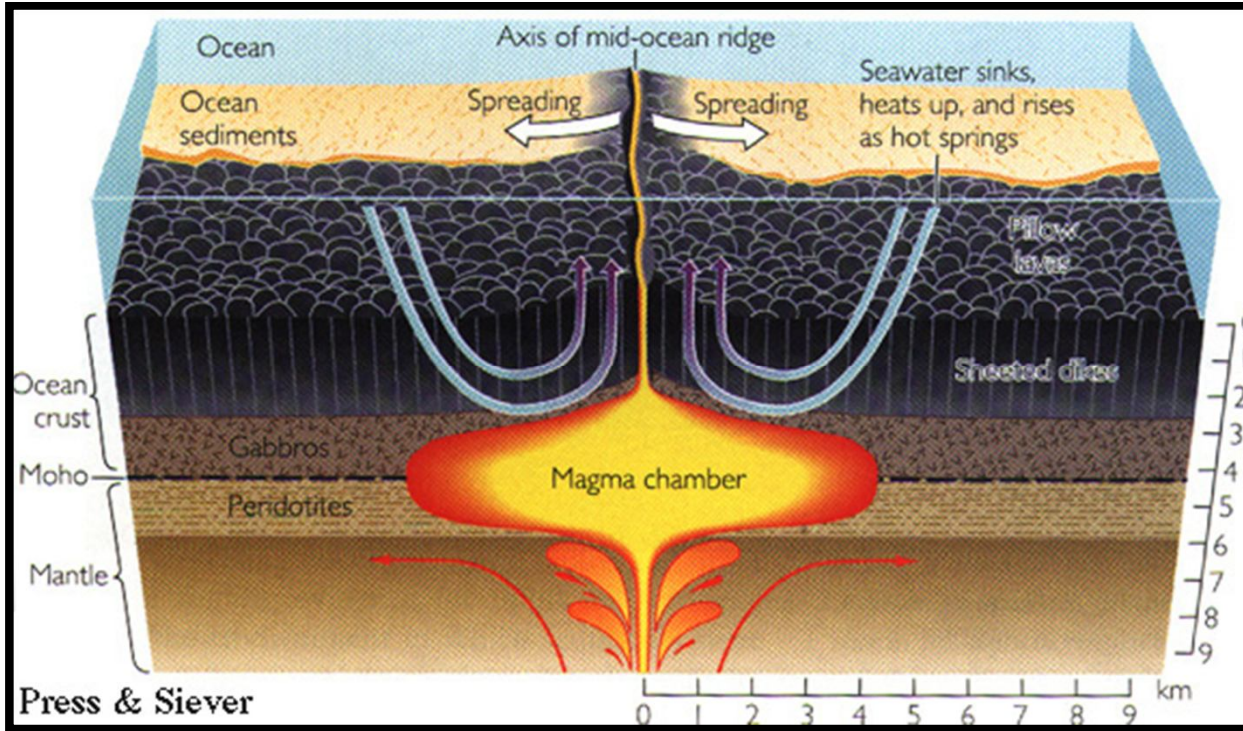
şiddetli metamorfizmanın  
Olduğu iç zon

orta zon

granit  
batoliti



# Hidrotermal başkalaşma



- Genellikle okyanus ortası sırtlarında görülür.
- Volkanizma sırasında denizaltı çökellerindeki sular ısınır ve bu sıcak sular, kayalarla temas edince kimyasal reaksiyonlar artar ve başkalaşmalarına sebep olur.

# Başkalaşmanın şiddeti ve değişim

- Şeyl, ince taneli (kil, silt) tortul taşların sıkışmasıyla oluşan, homojen, yapraklı, kolay çizilebilen ve ince plaketlere ayrılabilen tortul bir kayadır.
- Başkalaşmanın şiddetine göre aşağıdaki değişime uğrar:
- şeyl (tortul) —> sleyt —> fillit —> şist —> gnays



Dağ kuşaklarındaki  
Deforme kayaçlar

Deforme  
Olmamış  
Sedimanter kayaçlar

Şeyl

sleyt

Fillit

Şist

Gnays

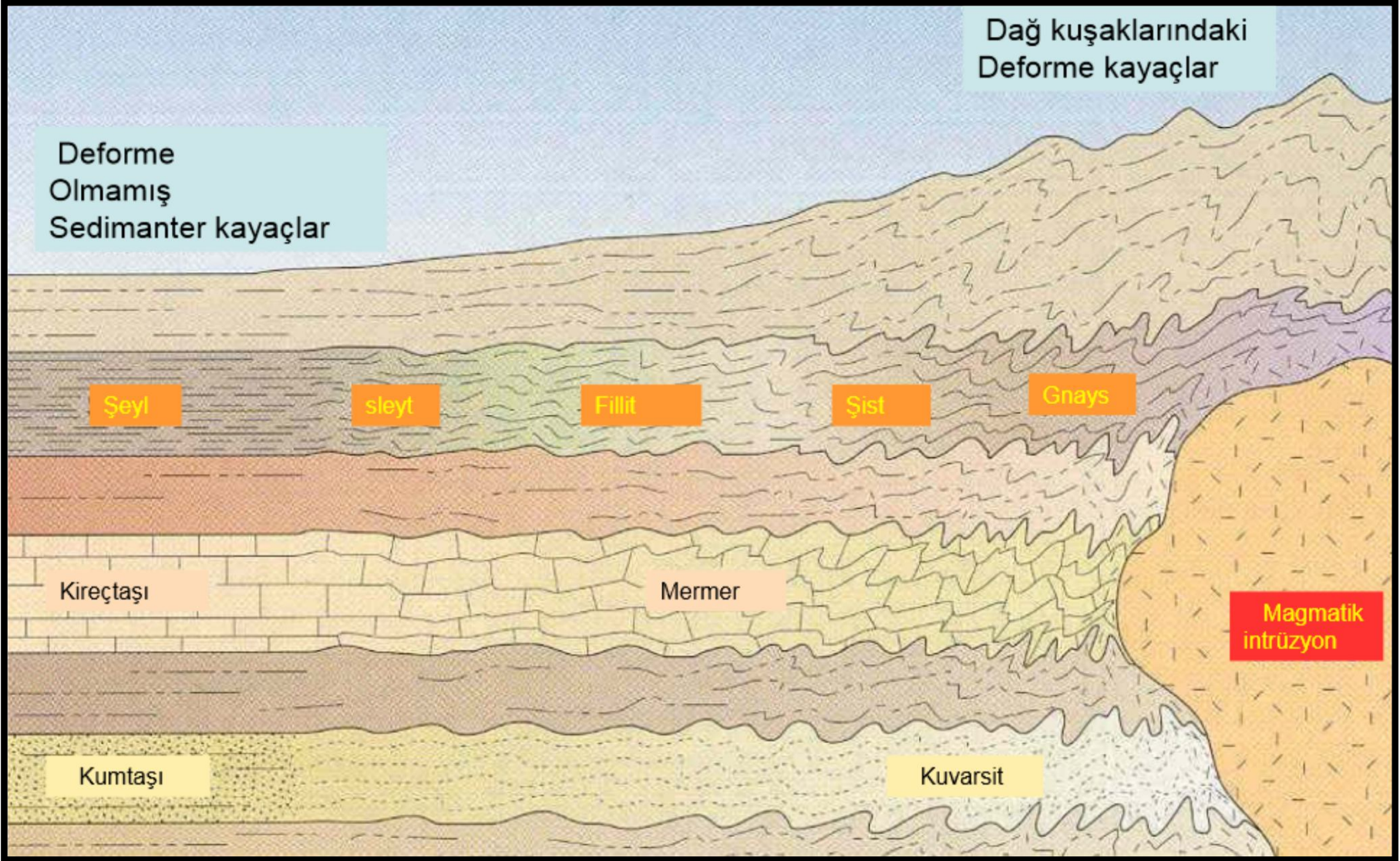
Kireçtaşı

Mermer

Magmatik  
intrüzyon

Kumtaşı

Kuvarsit



# Başkalaşım kayalar

Scheme for Metamorphic Rock Identification

TEXTURE	GRAIN SIZE	COMPOSITION	TYPE OF METAMORPHISM	COMMENTS	ROCK NAME	MAP SYMBOL
FOLIATED	MINERAL ALIGNMENT	<div> <div>MICA</div> <div>QUARTZ</div> <div>FELDSPAR</div> <div>AMPHIBOLE</div> <div>GARNET</div> <div>PYROXENE</div> </div>	Regional (Heat and pressure increase with depth) <div>↓</div>	Low-grade metamorphism of shale	Slate	
				Foliation surfaces shiny from microscopic mica crystals	Phyllite	
				Platy mica crystals visible from metamorphism of clay or feldspars	Schist	
	BAND-ING			High-grade metamorphism; some mica changed to feldspar; segregated by mineral type into bands	Gneiss	
NONFOLIATED	Fine	Variable	Contact (Heat)	Various rocks changed by heat from nearby magma/lava	Hornfels	
	Fine to coarse	Quartz	Regional or Contact	Metamorphism of quartz sandstone	Quartzite	
		Calcite and/or dolomite		Metamorphism of limestone or dolostone	Marble	
	Coarse	Various minerals in particles and matrix		Pebbles may be distorted or stretched	Metaconglomerate	

# Başlıca başkalaşım kayaçlar

Metamorfizmanın şiddeti derine doğru artar.

- **Yapraklanmalı başkalaşım kayaçlar:**

- Bunların görünüşlerinde yapraklanma görülür.

1. Sleyt
2. Fillit,
3. Şist
4. Gnays

- **Yapraklanmasız başkalaşım kayaçlar:**

- Bunların görünüşlerinde yapraklanma görünmez.

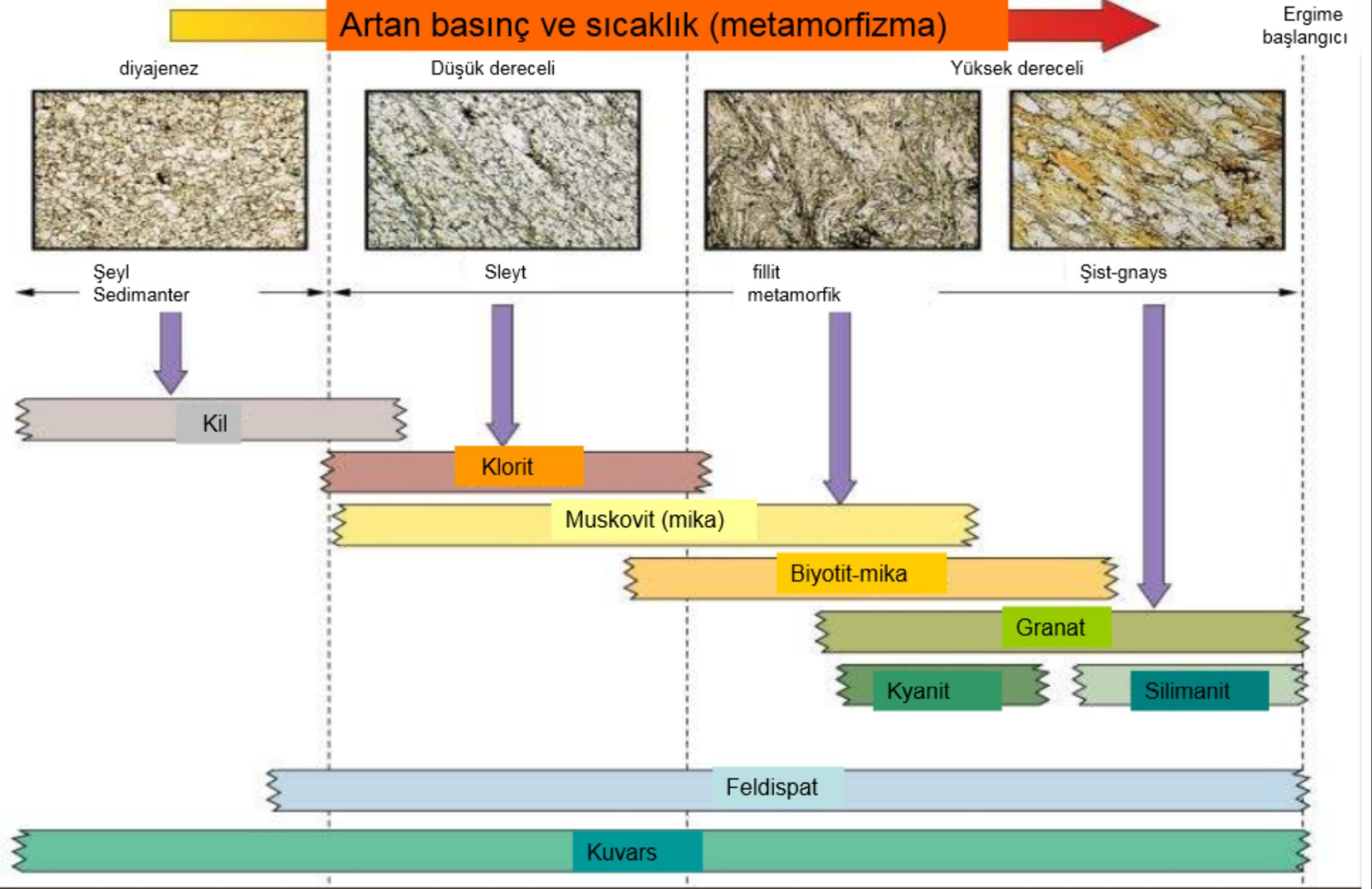
1. Hornfels,
2. Mermer,
3. Kuvarsit
4. Amfibolit

## Ana metamorfik kayaç tipleri

Sıcaklık C	Kömür	kireçtaşı	Kumtaşı	Bazalt	Şeyl	İndeks mineraller
	Linyit -Bitum					
	Antrasit					
300	Grafit	Mermer			Sleyt	Klorit
				Yeşiltaş		
			Kuvarsit		Fillit	Biyotit
500					Şist	Granat
				Amfibolit		Stavrolit
600					Gnays	Kyanit
						Silimanit
700						Ergime başlangıcı



## Artan basınç ve sıcaklık (metamorfizma)



## V. METAMORFİK KAYAÇLARIN ADLANDIRILMASI

Metamorfik kayalar iki farklı yöntemle adlanır.

**1. Kurallı adlama:** Kayacın dokusal özellikleri dikkate alınarak, metamorfizma için “**indeks mineral**” olarak değerlendirilen minerallerin türleri ve bolluklarına göre yapılır.

Bu sınıflamada dokuyu ifade eden **-şist, -gnays, -fels** terimleri kayacın adına **son ek** olarak eklenirken, kayacın bulunan indeks minerallerin tamamı tek tek veya mineral grubu olarak adlanmanın başına bolluklarına göre **azdan çoğa doğru sıralanarak yazılır.**

Burada kullanılan dokusal kavramlardan **şist**, kayacın yapraklanmasının - mineral diziliminin – foliasyonun milimetre (**mm → cm**) boyutunda olduğu durumu; **gnays** ise santimetre (**cm → dm**) boyutunda olduğu durumu ifade eder. **Fels** kavramı ise, kayacın her hangi bir yönlü dokunun (yapraklanma, mineral dizilimi, foliasyon gibi) bulunmadığını işaret eder.

**Örneğin:**

Sillimanit-disten şist

Muskovit-biyotit gnays = mika gnays

Kalksilikatik şist

Amfibol fels

Kalksilikatik fels

**2. Kural­sız adlama:** Metamorfik kayalar­dan bazıları kural­sız olarak adlanmış olmasına rağmen, kullanımları o kadar yaygınlaşmıştır ki, sadece kayaç ismi, o kayacın mineral parajenezini, yapısal-dokusal özelliklerini, metamorfizma türünü ve fasiyesini açıklayıcı olabilmektedir.

Bu kayaların bazıları, *hornfels*, *mermer*, *kuvarsit*, *amfibolit*, *arduvaz*, *benekli arduvaz*, *fillit*, *migmatit* ve *eklojit* olarak sayılabilir.

Bu adlamada göz önüne alınmış olan özellikler, mineral toplulukları, yapısal-dokusal özellikler, metamorfizma tür ve fasiyesleridir.

## VI. METAMORFİZMA ZON VE FASİYESLERİ

### VI.1. METAMORFİZMA ZONLARI

Bir metamorfik kayada bulunan mineral topluluğu, köken kayaca ait minerallerin metamorfizma koşulları altında yeni fiziksel ve kimyasal koşullara uyum sağlayarak oluşmuş tip yada dönüşümleridir.

Metamorfizmada etkin olan ana unsurlar olan sıcaklık ve basıncın derinlik ile çok yakın ilişkisi olduğundan; kimyasal bileşimi de göz önüne alarak, metamorfik zonları derinliğe göre sınıflamak yerinde olur. Buna göre metamorfizma zonları, *epizon*, *mezozon*, *katazon* olarak üç derinlik zonuna ayrılır.

**Epizon:** Sıcaklığın düşük veya orta derecede olduğu, litostatik basıncın düşük, stresin yüksek (bazen bulunmayabilir) olduğu **üst zondur**. Bu zona ait tipik mineraller; Fe ve Mn içeren granat, aktinolit, glokofan, klorit, epidot/zoisit, talk, albit, muskovit ve anataz... olarak sayılabilir.

**Mezozon:** Sıcaklık ve basıncın epizondan daha yüksek, stresin çok yüksek (bazen bulunmayabilir) olduğu **orta zondur**. Bu zona ait tipik mineraller; hornblend, kısmen aktinolit ve antofillit, almandin türü granat, epidot/zoisit, disten, anortitçe zengin plajiyoklaz, ender olarak da ortoklaz, muskovit, biyotit, flogopit, stavrolit, klorit olarak sayılabilir.

**Katazon:** Sıcaklık ve basıncın çok yüksek, stresin diğer zonlardan daha düşük olduğu **alt zondur**. Bu zona ait tipik mineraller; diyopsit ve omfazit türü ojit, hornblend, olivin, almandin-pirop-grossular türü granat, kordiyerit, anortitçe zengin plajiyoklaz, alkali ojit, alkali hornblend, ortoklaz, biyotit, sillimanit ve spinel olarak sayılabilir.

Her üç zonda da bulunabilen herhangi bir zonu karakterize etmeyen “**arsız mineraller**” olarak da kuvars, rutil, titanit, kalsit, biyotit... sayılabilir.

## VI.2. METAMORFİZMA FASIYESLERİ

Metamorfik fasiyes kavramında, kayaçların içerdikleri ve aynı basınç/sıcaklık (P/T) koşulları altında birbirleriyle kimyasal dengede bulunan değişik bileşimdeki mineral topluluğu ifade edilmektedir.

Mineral toplulukları, metamorfizmaya uğrayan köken kayacın kimyasal bileşimine bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Bu nedenle metamorfizma fasiyesleri, tek bir kayaç tipi ile belirlenemezler.

Aynı koşullar altında oluşmuş, değişik kayaç türleri veya başka bir ifade ile, değişik mineral toplulukları ile tanımlanır.

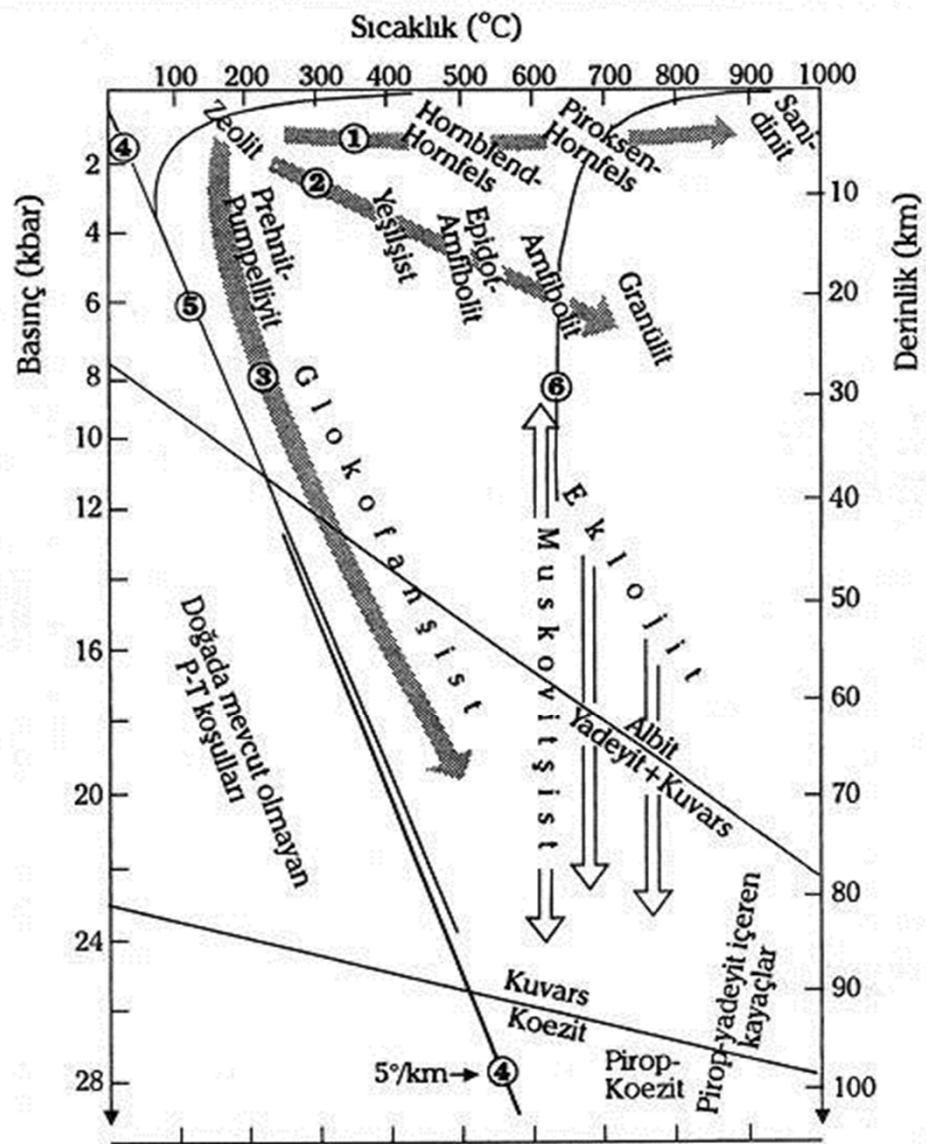
Kimyasal bileşimi aynı olan kayaçlardan, aynı fasiyes koşulları altında aynı mineral toplulukları oluşur.

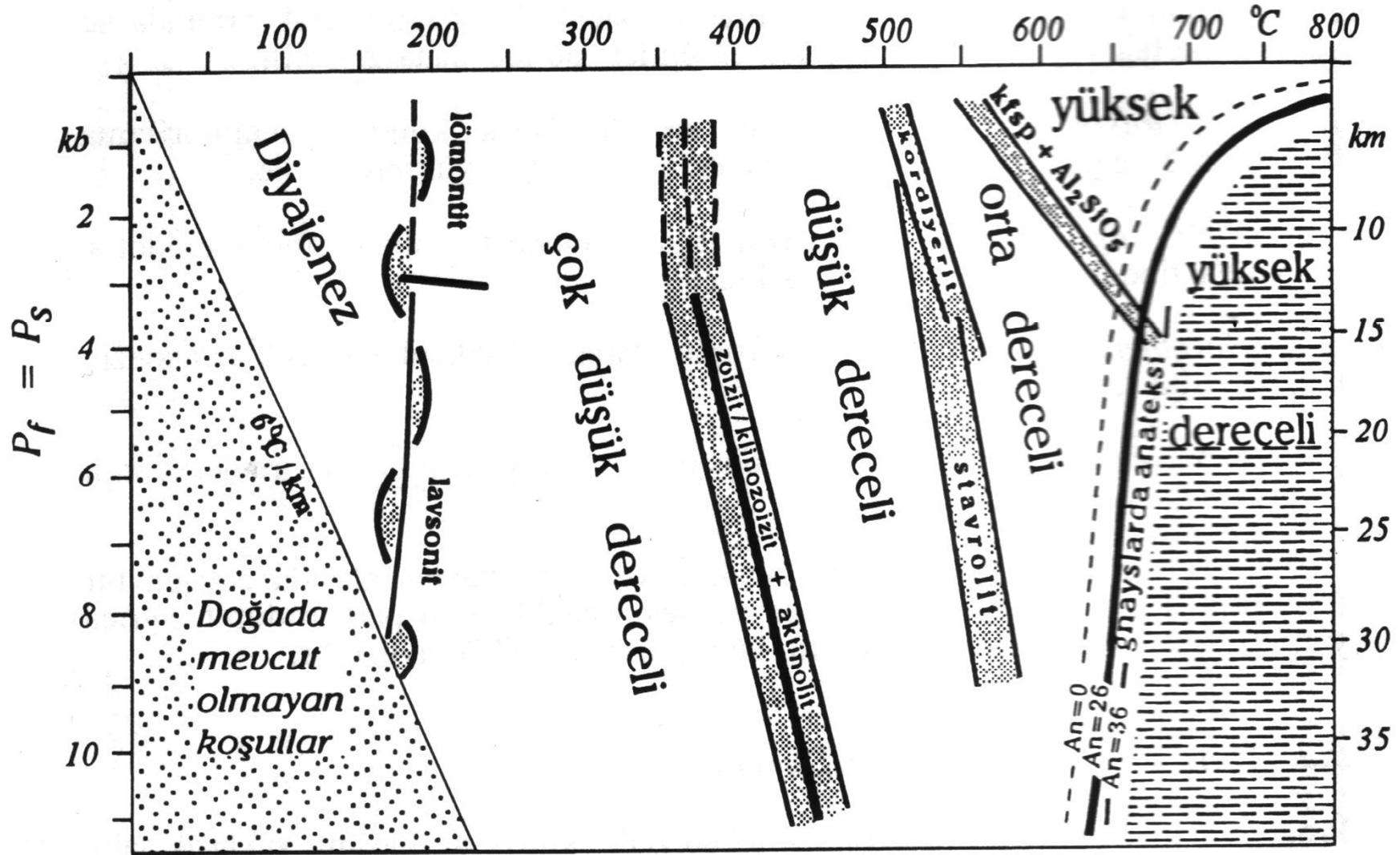
Değişik P/T koşullarını temsil eden ve değişik kayaç/mineral grupları ile karakterize edilen metamorfik fasiyesler arasındaki sınırlar kesin olmayıp, geçişlidir.

İyi tanımlanmış belli başlı metamorfik fasiyesler, Zeolit fasiyesi, Prehnit-pumpellyit fasiyesi, Glokofanşist fasiyesi, yeşilşist fasiyesi, Albit-epidot fasiyesi, Amfibolit fasiyesi, Granulit fasiyesi, Eklojit fasiyesi, Hornfels fasiyesi, olarak sıralanabilir.

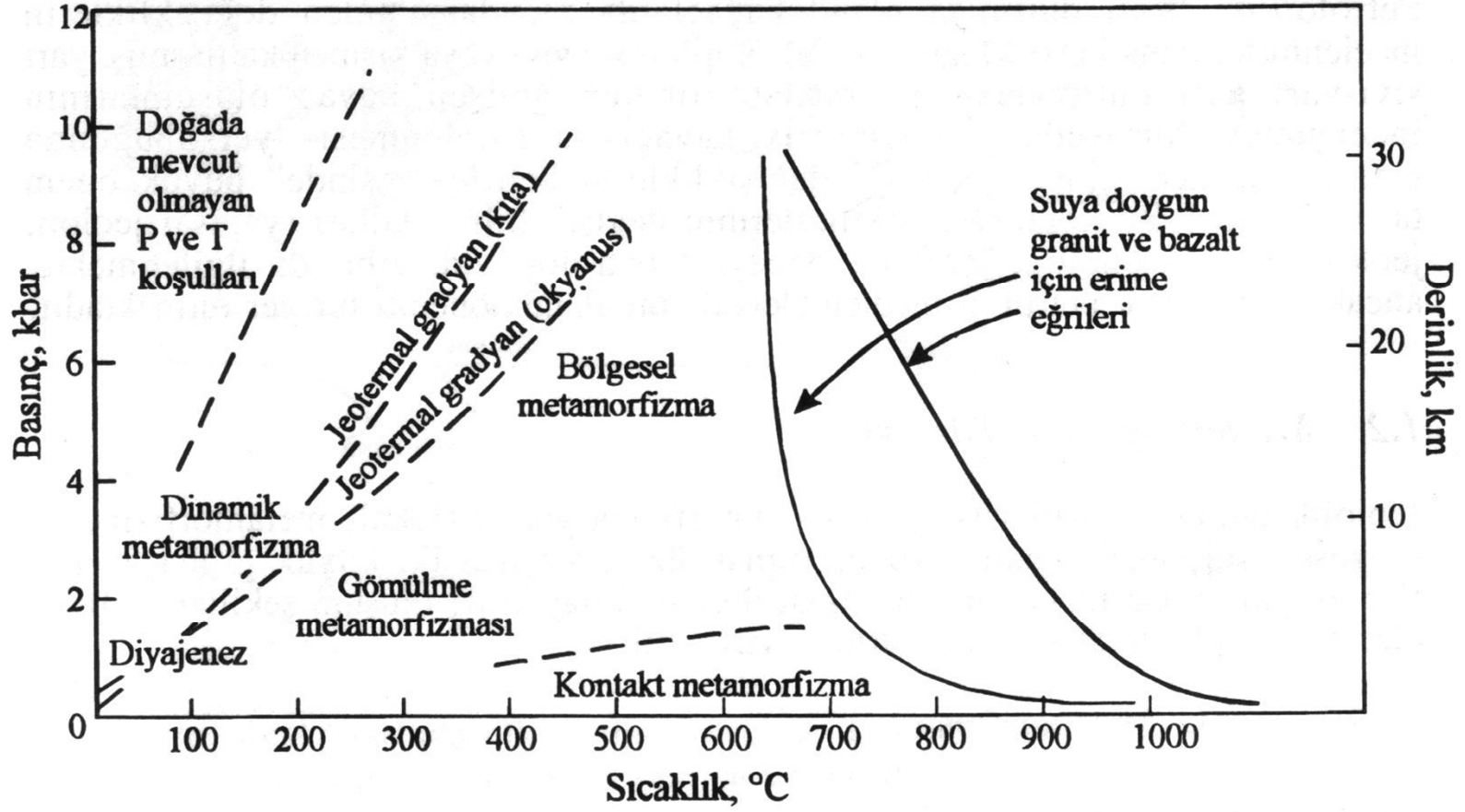
Facies	Protolith (precursor) rock type		
	Mafic Igneous	Pelite	Calcareous
Blueschist	Glaucophane, lawsonite, pumpellyite, jadeite, chlorite	Glaucophane, lawsonite, chlorite, muscovite, quartz	Tremolite, aragonite, muscovite, glaucophane
Greenschist	Chlorite, actinolite, epidote, albite	Chlorite, muscovite albite, quartz	Calcite, dolomite, tremolite, phlogopite, epidote, quartz
Epidote-Amphibolite	Hornblende, epidote, albite, almandine, garnet, quartz	Almandine, garnet, chlorite, muscovite, biotite, quartz	Calcite, dolomite, diopside, plagioclase, tremolite, forsterite, or quartz
Amphibolite	Hornblende, andesine, garnet, quartz	Garnet, biotite, muscovite, sillimanite, quartz	Calcite, dolomite diopside, plagioclase, forsterite or quartz, wollastonite
Granulite	Diopside, hypersthene, garnet, intermediate plagioclase	Garnet, orthoclase, intermediate plagioclase, quartz, kyanite or sillimanite	Calcite, plagioclase, diopside, wollastonite, forsterite or quartz
Eclogite	Jadeitic pyroxene, pyrope garnet, $\pm$ kyanite	—	—
Hornfels	Diopside, hypersthene, plagioclase	Biotite, orthoclase, quartz, cordierite, andalusite	Calcite, wollastonite, grossularite



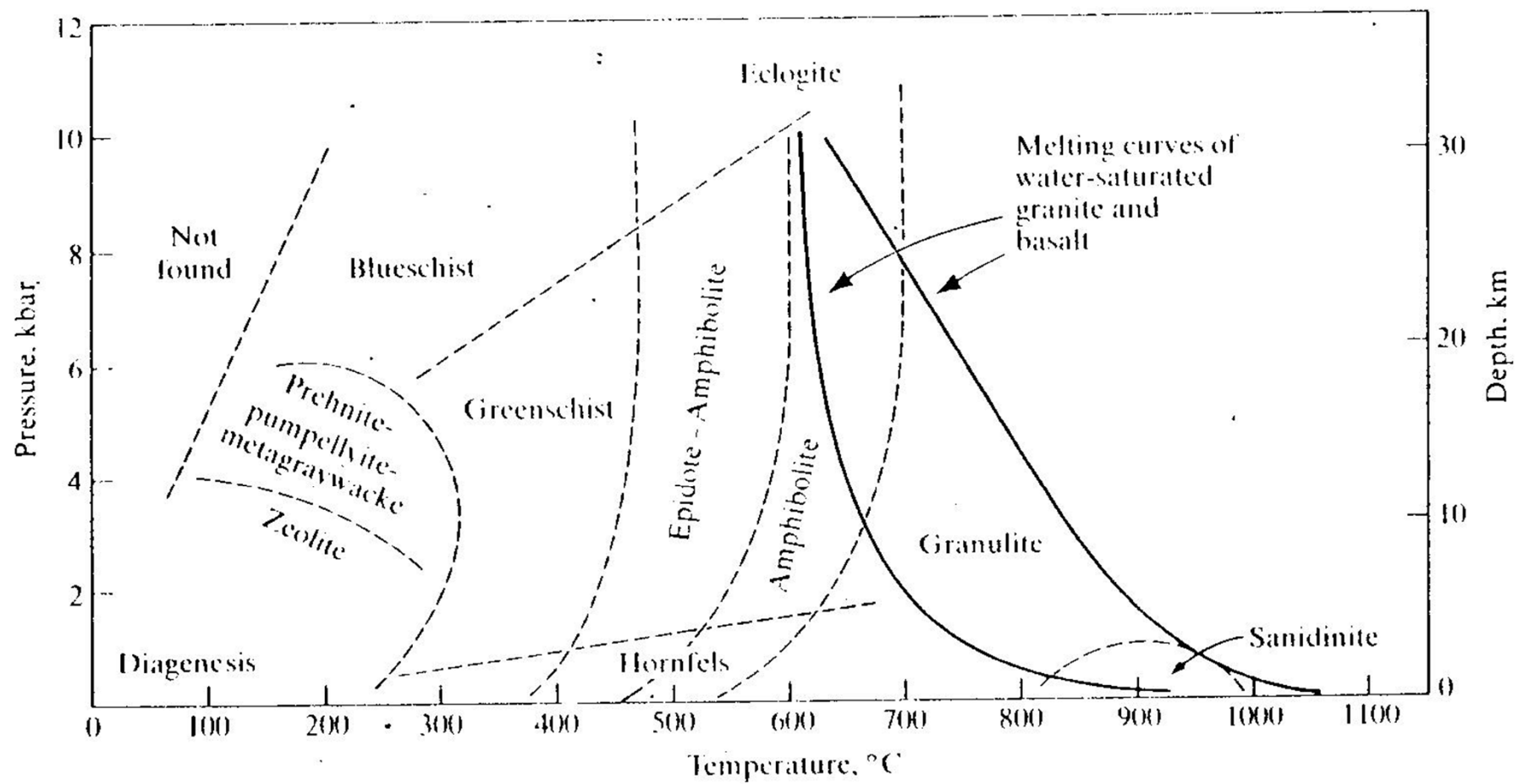




Şekil 5.2 Metamorfizma derecelerinin sıcaklık/basınç diyagramındaki konumları (Winkler, 1970, s. 213).



*Sekil 1.2 Başlıca metamorfizma türlerini ve bu metamorfizma türlerinde sıcaklık - basınç ilişkisini gösteren diyagram (Ehler ve Blatt, 1982, s. 530).*



## Metamorfizmaya Uğrayan Kayaç Örnekleri

Granit



Yüksek  
Sıcaklık  
ve  
Basınç



Gnays

Kalker



Yüksek  
Sıcaklık  
ve  
Basınç



Mermer

Kömür



Yüksek  
Sıcaklık  
ve  
Basınç



Elmas



SOĞUMA VE KATILAŞMA  
(KRİSTALLEŞME)

MAGMA

ERİME



AŞINMA, TAŞINMA  
DEPOLANMA

TORTU

ÇİMENTOLANMA



SICAKLIK VE BASINÇ  
(METAMORFİZMA)





**BOL FOSİLLİ KİREÇTAŞI**



**SEVGİLİ GENÇLER:**

**Bir Gün Hazrete Misafir Gelir ve Çamurlu Ayakları İle Seccadesine Basar.**

**Onu Gören Dervişler Sinirlenir ve Adama Bağırmaya Başlarlar.**

**Hazret İse Dervişlerin Bu Haline Kızar ve Dervişleri Sakinleştirir.**

**Daha Sonra İse Şöyle Der:**

**Kırılmış Kalbi Düzeltmek ve Yıkamaktan, Kirlenmiş Seccadeyi Yıkamak Çok Daha Kolaydır Evlatlarım.**

**SİZ, SİZ OLUN GÖNÜL KIRMAYIN.**