

7202

T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ILGIN - HARAMİ (KONYA) KÖMÜR YATAĞI
KİLLERİNİN KRİSTAL FİZİĞİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalı

Hayrettin KÜÇÜKÇELEBİ
Fizik Mühendisi

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Nizamettin ARMAĞAN
Prof. Dr. Hüseyin YÜKSEL
Yrd. Doç. Dr. Rıza OĞUL

KONYA — 1990

SUNUŞ

Bu alışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Prof. Dr. Nizamettin Armağan yönetiminde yapılmıştır.

Çalışmayı öneren ve yürütülmesinde her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen hocam Prof.Dr. Nizamettin Armağan'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmada incelenen kil örneklerinin alınmasında ve jeolojik konularda içtenlikle yardımcı olan Doç.Dr.Ahmet Ayhan'a, örneklerin hazırlanıp analizlerinin yapılmasında yardımda bulunan Arş.Grv.Abidin Temel ile Hacettepe Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesi Jeoloji Bölümünün diğer mensuplarına, bilgisayar programının yapılmasında yardımcı olan Arş.Grv. Mehmet Taşer'e ve çalışmanın gerçekleşmesinde emeği geçen herkese teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

- ÖZET

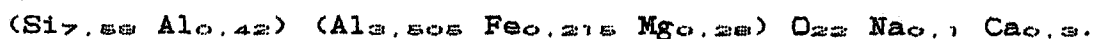
1- Giriş.....	1
2- Kil Minerallerinin Kristal Yapıları ve Sınıflandırılması..	4
2.1. Temel Kavramlar.....	4
2.2. Sınıflandırma.....	8
2.3. Kaolinit Yapısı.....	8
2.4. Montmorillonit Yapısı.....	10
2.5. Arakatmanlı (Karışık Katmanlı) Yapılar.....	12
3- Katman Yapılı Kristallerden Kırınım.....	16
3.1. Yapı incelemelerinde X-Işınları Kırınımının önemi.....	16
3.2. Katman Yapılı Kristallerin Yapı incelemesi.....	16
3.3. Kırınımın Genel Özellikleri.....	17
3.3.1. Üç Boyutta Kristal Örgü.....	18
3.3.2. İki Boyutlu Örgü ve Bir Katmandan Kırınım.....	19
3.4. Paralel Katmanlardan Kırınım.....	23
3.5. X-Işınlmasının Toz Örnekten Saçılması.....	29
3.5.1. İstiflerin Kalınlık Dağılımı.....	33
3.6. 002 Yansımaları.....	34
4- KAOLİNİT-MONTMORİLLONİT KARIŞIK KATMANLI YAPI İÇİN KIRINIM ŞİDDETİ.....	36
4.1. Kaolinit-Montmorillonit Karışık Katmanlı Yapılar.....	36
5- DENEYSEL ÇALIŞMA.....	39
5.1. Çalışma Alanı ve Coğrafyası.....	39

5.2. Çalışma Alanının Jeolojik Durumu.....	39
5.3. Örneklerin Alınması.....	41
5.4. Örneklerin Hazırlanması.....	42
5.4.1. Kil Kısımının Ayrımı.....	42
5.4.2. Kimyasal İşlemler.....	42
5.5. Kimyasal Analiz Yöntemi.....	44
5.6. X-Işınları Kırınımı (X-RD) Yöntemi.....	46
6- SONUÇLAR, TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	49
6.1. Kimyasal Analiz Sonuçları.....	49
6.2. X-Işınları Kırınım Sonuçları.....	51
6.3. Piklerin Yerdeğiştirme Özellikleri.....	55
6.4. Tartışma ve öneriler.....	56
EK 1	59
EK 2	61
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	66

ABSTRACT

In this study, the crystal structure of the clays of Ilgın-Harami (Konya) was investigated by using X-ray powder diffraction method and chemical analysis.

The structure of the clay was found to be mixed-layer kaolinite-montmorillonite. The formula of the unit cell of the clay was determined as:



The experimental X-ray powder pattern was compared with that derived from the theoretical model. It was found that interlayer exchangeable cations Na, Ca were located between layers with the positions 7.41 Å (Na), 9.46 Å (Na) and 12.18 Å (Ca). The proportions of the layers forming the structure were found to be 64 % kaolinite and 36 % montmorillonite. The effect of kaolinite and montmorillonite on the pattern was also investigated.

ÖZET

Bu çalışmada Ilgın-Harami/Konya kilinin kristal yapısı kimyasal analiz ve X-ışınları toz kırınım yöntemleri ile incelenmiştir.

Bu kilin X-ışınları toz kırınım tekniği ile yapılan madde analizi sonucu kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı yapısında olduğu bulunmuştur. Kimyasal analizi ile belirlenen kil birim hücre formülü:

$(Si_{7,58} Al_{0,42}) (Al_{3,505} Fe_{0,215} Mg_{0,29}) O_{22} Na_{0,1} Ca_{0,3}$.

X-ışınları kırınım yöntemleri ile kilin deneysel ve kuramsal (002) yansımalarının karşılaştırılmaları sonucu, katmanlararası değişebilir Na, Ca katyonların katman yapısını etkilemeden katmanlar arasındaki $7,41 \text{ \AA}$ (Na), $9,46 \text{ \AA}$ (Na), $12,18 \text{ \AA}$ (Ca) konumlarına yerleştikleri bulunmuş olup, sistemi oluşturan katman oranları ise % 64 kaolinit, % 36 montmorillonit olarak elde edilmiştir.

Ayrıca kaolinit ve montmorillonit oranları değiştirilerek, bunun piklerin yerdeğiştirmesine etkisi incelenmiştir.

1.

GİRİŞ

Tanım olarak killler, ince taneli (0,2-2 μ) katılar olup birçok özelliği bundan kaynaklanır. Sulu alüminyum-silikat olan killerden katman yapılı olanlar filosilikatlar grubuna dahildirler. Katman silikatlar, atom veya iyonlardan oluşan paralel düzlem takımlarının katman oluşturacak biçimde birbirlerine sıkıca bağlanmalarından dolayı bu adı alırlar. Kristallerinin dış görünüşlerinin ince levhalar şeklinde olması, bu atomsal düzenlenişin bir belirtisidir.

Kil mineralleri toprağın çok önemli bir kısmını oluştururlar. Yeryüzünde killer saf veya karışım halinde bulunabilirler. Katman yapılı killer birbirine benzer olup tetrahedral ve oktahedral katyonların tür ve miktarına göre adlandırılırlar. Genellikle katmanlarındaki kristalografik düzenlenim kusurlu olduğundan, bu kusurlardan doğan yük fazlalıkları katmanların yüzeylerinde etkili olur. Yüzey etkileşme alanlarının büyük olması, katmanlararası katyonların yerdeğiştirmesini ve bazı sıvılarda şişmesini kolaylaştırır. Bu özellikleri nedeni ile killer seramik endüstrisinden başka inşaat, ağartma, arıtma, çimento yapımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Kil mineralleri doğadaki dengenin korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bitkilerin gelişimlerinde sorunlu olan bitki besin elementlerinden C, H, O, su ve havadan, diğerleri ise topraktan alınır. Topraktan alınan besin elementlerinden Ca, Mg, K vb genellikle kil minerallerinin katmanları arasında bulunurlar. Bitkiler zayıf bağlı bu katyonları kolaylıkla alabi-

lirler. Killerin adsorbladığı su, katmanlar arasında tabakalı bir yapıda yerleşir. Bu nedenle suyun kilden ayrılması güçleştiğinden toprağın nemliliği uzun süre korunabilir.

Tetrahedral ve oktahedral tabakalardaki katyonların türü ve miktarı, kil minerallerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemektedir. Tetrahedral tabakadaki silisyumun bir kısmı genellikle Al veya daha düşük değerlikli katyonlarla; oktahedral tabakadaki alüminyumun tamamı veya bir kısmı Mg, Fe vb katyonlarla yerdeğiştirebilir. Tetrahedral ve oktahedral tabakalardaki bu katyon değişimleri ile kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri tamamen farklı kil türleri ortaya çıkar.

Katyon değişimleri ile birbirlerine dönüşebilen kil mineralleri doğada genellikle karışım halinde bulunurlar. Farklı türde iki veya daha fazla kil türünün belli düzende yığılmaları ile arakatmanlı (karışık katmanlı) yapılar oluşmaktadır. Bu çalışmada incelenen kil, kaolinit-(Ca) montmorillonit karışık katmanlı yapıdadır.

Killerin doğal yataklarda genellikle karışık halde bulunması, yapısal incelemelerde kristal örgünün yük yoğunluğunun tanımlanmasında bazı güçlükler ortaya çıkarır. Bu güçlükler, karışık katman düzeninin herbir bileşenin kendi içerisinde tanımlandığı *dolaylı modelleme yöntemi* ile ortadan kaldırılabilmektedir. Kil minerallerinin X-ışını kırınım desenlerine uyan ve kilde olabilecek bozuklukları içeren kuramsal şiddet hesabına dayanan bu modelleme yöntemi, killerin ortalama kristal yapısı

içinde bulunan bozuklukların türünün, miktarının ve dağılımının belirlenmesi açısından büyük kolaylık sağlar.

Bu çalışmada Ilgın-Harami (Konya) Kömür Yatağından alınan örneklerden seçilen kilin X-ışınları kırınım yöntemi ile kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı yapıda olduğu bulunmuştur.

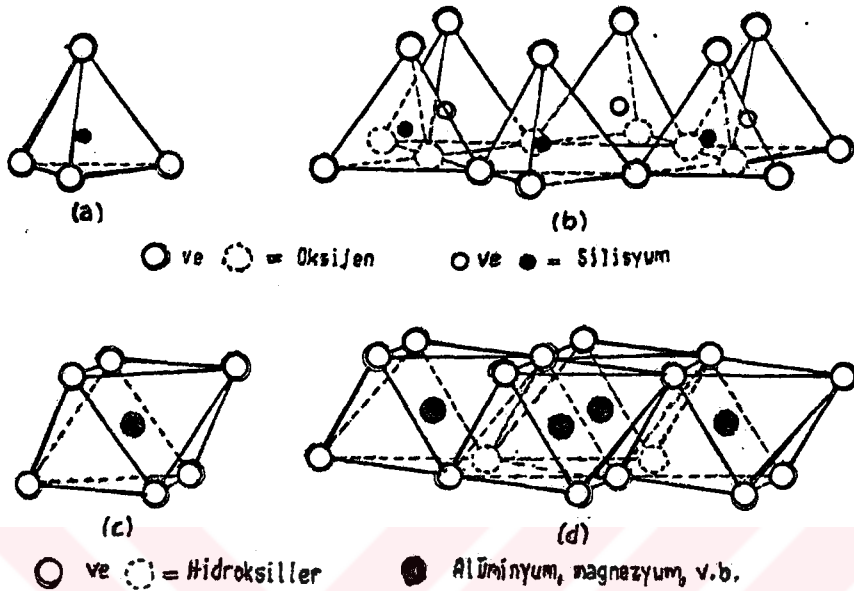
2. KİL MİNERALLERİNİN KRİSTAL YAPILARI VE SINIFLANDIRILMASI

2.1. Temel Kavramlar

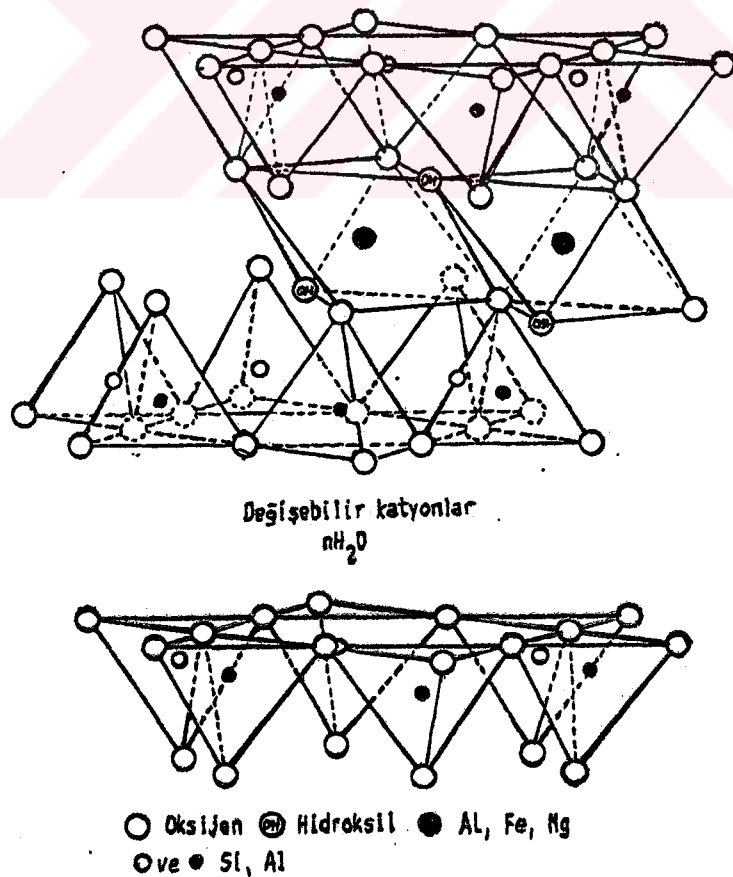
Kil mineralleri filossilikat ailesine ait olup T_2O_5 (T=Si, Al, Fe⁺³ vb) bileşiminde, iki boyutlu sürekli tetrahedral tabakaları içerirler [1]. Tetrahedronlar (Şek. 1a) paylaşılmayan köşeleri tabaka dışına yönelmek üzere üç köşesini kendi aralarında paylaşarak tetrahedral tabakaları (Şek. 1b) oluştururlar. Tetrahedral tabakalar birim yapı içerisinde oktahedronların (Şek. 1c) oluşturduğu oktahedral tabakalara (Şek. 1d) ve katyonlara bağlıdırlar (Şek. 2).

Filosilikat yapıların temel özelliği, tetrahedronların taban oksijenlerinin hegzagonal bir örgü oluşturmasıdır (Şek. 3a). Tetrahedronun dördüncü köşesindeki tepe oksijeni tetrahedral tabakaya dik doğrultuda yönelmiş olup oktahedronların kenarlarının bir elemanını meydana getirirler (Şek. 3b). Tetrahedral ve oktahedral tabakalar arasındaki ortak düzlem, tetrahedrallerin oktahedrallerle paylaşılan tepe oksijenleri ile altılı tetrahedraller halkasının merkezine rastgelen (izdüşümde) oktahedrallerin paylaşılmayan OH gruplarından oluşur. Oktahedral tabakalarda Al, Mg, Fe⁺³, Fe⁺² katyonları genel olarak koordinasyona girmekle beraber Li, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn da rastlanır.

İki türlü oktahedral tabaka bulunmakta olup oktahedronların hepsinde veya üçte ikisinde katyon bulunmasına göre trioktahedral ve dioktahedral adı verilir.



Şekil 1. (a) Tetrahedron, (b) Tetrahedral tabaka, (c) Oktahedron, (d) Oktahedral tabaka.



Şekil 2. Tetrahedral ve oktahedral tabakalardan oluşan 2:1 katmanı (smektit).

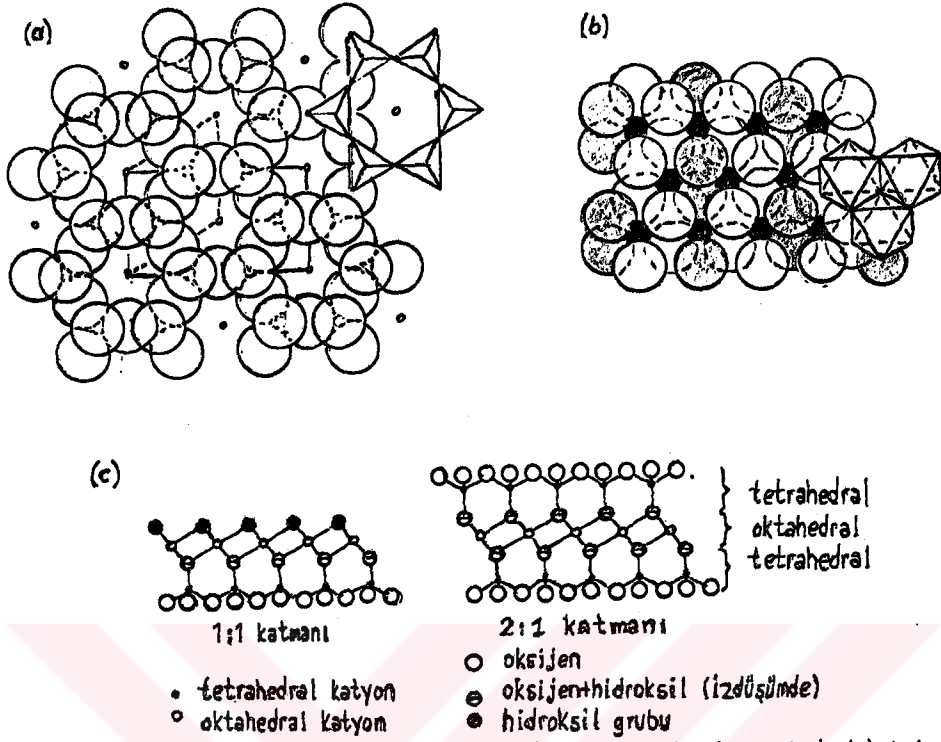
Bir oktahedral tabaka ile bir tetrahedral tabakanın bağlanmasıyla oluşan 1:1 katmanının oktahedral tabakasının açıkta kalan yüzeyini OH grupları oluşturur. Oktahedral tabakanın iki tarafına tetrahedral tabakaların bağlanması ile oluşan 2:1 katmanın her iki yüzünde tetrahedral taban oksijenlerinin hegzagonal örgüsü bulunmaktadır (Şek. 3c).

1:1 veya 2:1 katmanlarının elektrik yükü bakımından nötr olmadığı yapılar vardır. Böyle yapılarda yük dengesi katmanlar arasında, mika grubundaki gibi katyonların; vermikülit ve smektitlerdeki gibi su bağlı katyonların veya kloritteki gibi hidroksillerle oktahedral olarak koordinasyonlu katyonların girmesi ile sağlanır. Bu katman ile katmanlar arasında giren katyonlar, birlikte mika birim yapısında olduğu gibi bir yapı birimini oluşturur.

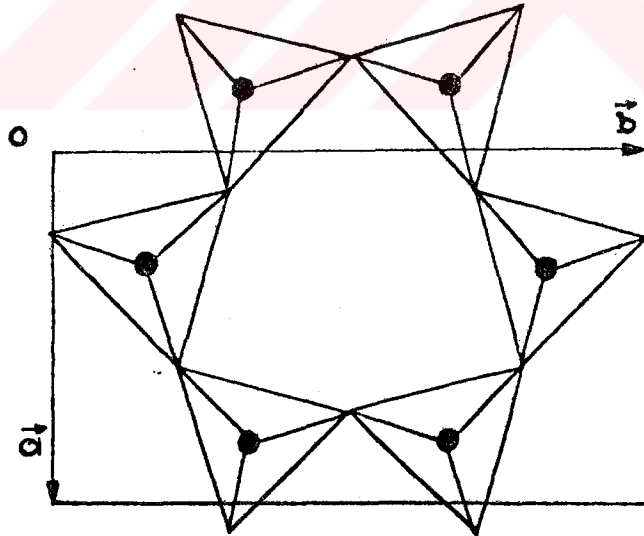
Düzlem, tabaka, katman ve yapı birimi, katmanlı yapılarda gittikçe artan kalınlıklı kısımları belirleyen anlamda kullanılmaktadır.

İdeal yapılarda tetrahedronlar tetrahedral tabakalarda hegzagonal biçimde, düzgün oktahedronlar da oktahedral tabakalarda düzenli bir yapı oluştururlar. Tetrahedral tabakaların ortak düzlemleri üzerinden oktahedral tabakalara bağlanmaları için, tabakaların aynı tabaka düzlem boyutlarında olması gerekir. Bu da yapı değişikliğine dolayısıyla tetrahedral ve oktahedral tabakaların ideal geometrilerinden sapmalarına yol açar (Şek. 4).

Yapısı tam olarak açıklığa kavuşmamış olan katmanlararası bağlar, kovalent ve iyonik yapıdaki katman içi bağlara göre ol-



Şekil 3. (a) Tetrahedral tabakaların ideal hegzagonal örgüsü, (b) 2:1 katmanlı oktahedral tabaka, (c) 1:1 ve 2:1 katmanları (Bailey 1980b).



Şekil 4. Tetrahedral tabakadaki hegzagonalitenin bozulması.

dukça zayıftır. Katmanlararası bağlanma, net katman yükleri nedeniyle katmanlararasına giren katyon ve polar moleküllerden ileri gelen Van der Waals türü zayıf kuvvetlere dayanmaktadır. Bu yüzden kil mineralleri kolayca parçalanabilirler [2].

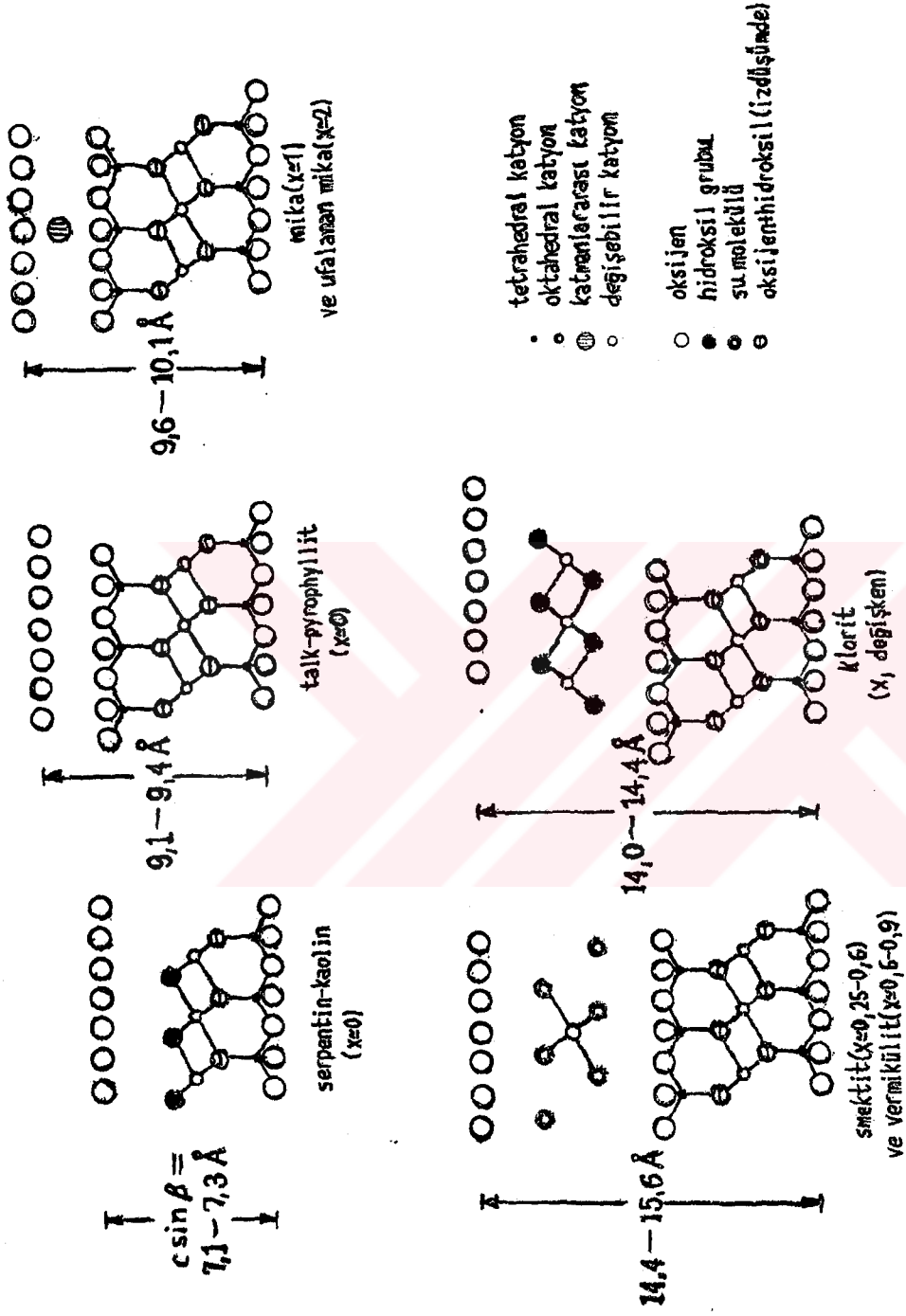
Bir kil mineralinde c eksenini boyunca öteleme değışebildiğinden, bu eksen boyunca periyodiklik yoktur. Periyodiklik gösteren a ve b örgü vektörleri birbirlerine $b = \sqrt{3}a$ şeklinde bağılıdırlar [3].

2.2. Sınıflandırma

Filosilikatlar, katman türüne (2:1 veya 1:1), katman yüküne ve katmanlar arasına giren birimlere göre [4] sınıflandırılabilirler (Çizelge 1). Altsınıflandırma, oktahedral tabakaların dioktahedral ve trioktahedral olmasına, yapı birimlerinin istifleniş şekline ve kimyasal bileşimine göre yapılabilir (Şek. 5).

2.3. Kaolinit Yapısı

Serpentin-kaolin grubu minerallerin dioktahedral alt grubuna ait olan kaolinit mineralleri, 1:1 dioktahedral nötr katmanlardan oluşurlar. Kaolin minerallerinin ardışık katmanlardaki boş ve dolu oktahedral konumların düzenlenmesine göre farklılık gösteren üç polytipi (kaolinit, dickit ve nacrit) bulunmaktadır. Ayrıca katmanlar arasında bir miktar su bulunan 7 Å ve 10 Å katman kalınlıklı sulu formları da (hallosit) vardır (Çizelge 2).



Şekil 5. Kil mineral gruplarının yapıları (Bailey 1980b).

Çizelge 1. Kil Mineralleri ve ilgili Filosilikatların Sınıflandırılması

Katman Türü	Grup	Yük
1:1	serpentin-kaolin	0
2:1	talk-pyrophyllit	0
	smektit	0,2-0,6
	vermikülit	0,6-0,9
	mika	1,0
	ufalanan mika	2,0
	klorit	değişken
2:1 (lif yapılı)	sepiolit-paligorskit	değişken

2.4. Montmorillonit Yapısı

Smektit grubu minerallerin dioktahedral altgrubuna ait olan montmorillonit mineralleri, nötr olmayan 2:1 katmanlarından oluşur (Çizelge 3). $O_{10}(OH)_2$ formül birimi başına 0,2-0,6 katman yükü olan smektitler katmanlar arasına su veya diğer maddeleri alarak şişebilirler (Şek. 2). Katmanlararası katyonlar çözeltiler yardımıyla kolayca yer değiştirebilirler.

Trioktahedral ve dioktahedral smektitlerin bileşimleri çok değişik olabilir. Katman yükleri, tetrahedronlar ile oktahedronlardaki katyon değişimlerinden kaynaklanır. Dioktahedral ideal montmorillonitte yalnız oktahedral, beidellit ve nontro- nitte ise yalnız tetrahedral katyon değişimi vardır. Birçok dioktahedral smektitte, hem oktahedral hem de tetrahedral katyon değişimi birlikte vardır.

Smektitlerin suda şişmeleri katmanlararası katyona su bağlanmasından (hidratasyon) ileri gelir. Şişme miktarı, esas olarak bağıl nem ile katmanlararası katyonun türüne bağlı ol-

Çizelge 2. Bazı Serpentin-Kaolin Grubu Minerallerin Yapı Formülleri

	Kasyonlar		Anyonlar	
	Oktahedral	<u>trioktahedral altgrup</u>	Tetrahedral	
chrysotil	Mg ₃		Si ₂	O ₆ (OH) ₄
lizardit	(Mg _{2,8} Al _{0,2})		(Si _{1,8} Al _{0,2})	O ₆ (OH) ₄
berthierin	[(Fe ⁺² , Mn ⁺² , Mg) _{3-x} (Fe ⁺³ , Al) _x]		(Si _{2-x} Al _x)	O ₆ (OH) ₄
amesit	[(Mg, Fe ⁺²) ₂ Al _{1,0}]		(Si ₁ Al ₁)	O ₆ (OH) ₄
cronstedtit	(R _{3-x} ⁺² , Fe ⁺³)		(Si _{2-x} , Fe _x ⁺³)	O ₆ (OH) ₄
antigorit	Mg ₃		Si ₂	O ₆ (OH) ₄
greenalit	Fe ₃ ⁺²		Si ₂	O ₆ (OH) ₄
		<u>dioktahedral altgrup</u>		
kaolinit	} Al ₂		Si ₂	O ₆ (OH) ₄
dickit			Si ₂	O ₆ (OH) ₄
nacrit			Si ₂	O ₆ (OH) ₄
hallosit-7 Å	Al ₂		Si ₂	O ₆ (OH) ₄ 1/2H ₂ O
hallosit-10 Å	Al ₂		Si ₂	O ₆ (OH) ₄ 2H ₂ O

Çizelge 3. Bazı Smektit Grubu Minerallerin ideal Yapı Formülü

	Kasyonlar			Anyonlar
	katmanlararası	oktahedral	tetrahedral	
		<u>trioktahedral altgrup</u>		
saponit	X _{0,5} ⁺¹	Mg ₃	(Si _{3,5} Al _{0,5})	O ₁₀ (OH) ₂
hectorit	X _{0,3} ⁺¹	(Mg _{2,7} Li _{0,3})	Si ₄	O ₁₀ (OH) ₂
		<u>dioktahedral altgrup</u>		
montmorillonit	X _{0,35} ⁺¹	(Al _{1,65} Mg _{0,35})	Si ₄	O ₁₀ (OH) ₂
beidellit	X _{0,4} ⁺¹	Al ₂	(Si _{3,6} Al _{0,4})	O ₁₀ (OH) ₂
nontronit	X _{0,4} ⁺¹	Fe ⁺³	(Si _{3,6} (Al,Fe ⁺³) _{0,4})	O ₁₀ (OH) ₂

maktadır. Katmanlararası katyon Na ise, bir, iki veya üç tabakalı su molekülleri ile su bağlanması oluşur ve bağıl nemin aşırı derecede artması halinde 2:1 katmanları birbirlerinden ayrılarak dağılırlar. Katmanlararası katyon Ca ise, katmanlararasına en çok üç-su tabakası girebilmektedir. Bu durumda katmanlararası uzaklık 9 \AA olup bundan daha fazla şişme olamamaktadır. İki-su tabakalı hidrotasyon oldukça geniş bağıl nem bölgesinde (0,3-0,98) kararlıdır [5]. Tek-su tabakalı hidrotasyona düşük bağıl nemde rastlanır.

2.5. Arakatmanlı (Karışık Katmanlı) Yapılar

Farklı türde yapı birimlerinin katman düzlemine dik doğrultuda istiflendiği filossilikatların anlatımında arakatmanlaşma terimi kullanılır.

Arakatmanlaşma iki şekilde ortaya çıkar. Birincisi, bazı kil minerallerinin (özellikle smektit, vermikülit ve hallosit) katmanları arasına inorganik (su ve katyon) veya organik (katyon ve alkol gibi) maddeler girebilir. Bu süreç bütün katmanlar arasında özdeş şekilde olmayacağından, aynı kristalcikte farklı katmanlararası uzaklık oluşur. İkincisi, 2:1 ve 1:1 katmanlarının birbirlerine bağlanmaları katmanıçi bağlanmaya göre çok zayıf olduğundan ve farklı türdeki katmanların yüzey düzlemleriyle, kloritin hidroksit tabakası geometrik olarak benzer olduklarından, farklı iç düzenlenimli katmanlar arazeyler üzerinden bağlanarak birlikte istiflenebilirler.

Arakatmanlaşma, istiflenme sırasında belirli bir düzen göstermeyecek şekilde tamamen rastgele olabildiği gibi, peri-

yodik bir biçimde tam düzenli veya düzensizliğe eğilim gösterecek tarzda kısmi bir düzende olabilir.

Düzenli sıralanmalar, yalnız iki bileşenli sistemlerde bulunmuştur (Çizelge 4). Bunların yapı birimlerinin istiflenme sırası ABABAB... şeklinde olup (A ve B bileşen sembolleri olmak üzere), katmanlara dik tekrarlama uzaklığı, bileşenlerinin uzaklıkları toplamına eşittir [6].

Arakatmanlaşmada Çizelge 4 dekenden daha az düzenli olanlara sıkça rastlanmaktadır. Bunlara örnek olarak iki bileşenli sistemler: illit-smektit, glauconit-smektit, mika-vermikülit, kaolinit-smektit ve mika-klorit; üç bileşenli sistemler: illit-klorit-smektit ve illit-smektit-vermikülit [6].

Çizelge 4. Düzenli Arakatmanlaşmış Mineraller

Mineral	Katman bileşenleri
	<u>1:1 düzenli</u>
aliyttit	talk-saponit
corrensit	trioktahedral klorit-trioktahedral smektit trioktahedral klorit-trioktahedral vermikülit
hydrobiotit	biotit-trioktahedral vermikülit
kulkeit	trioktahedral klorit-talk
rectorit	dioktahedral mika-dioktahedral smektit
tosudit	klorit-smektit (dioktahedral)
	<u>2:1 düzenli</u>
tarasovit	mika-rectorit (3:1 mika-smektit)

Düzenli ve rastgele türdeki arakatmanlaşma dışında, bileşenlerin birbirlerinden tamamen ayrı halde buldukları mekanik karışım denilen üçüncü tür bir arakatmanlaşma da vardır. Bu tür kristalcikler birkaç katmanı içerecek kadar küçüktürler [8].

Bu üç arakatmanlaşma türünü açıklamak için bileşenleri A ve B olan iki bileşenli arakatmanlaşmayı gözönüne alalım. P_A A'nın, P_B de B'nin bulunma olasılığı olsun. Bundan başka P_{AB} , bir A katmanından sonra bir B katmanının gelme olasılığı; P_{AA} , P_{BB} ve P_{BA} da benzer şekilde gelme olasılıkları olsun. Bu durumda:

$$\begin{aligned} P_A + P_B &= 1 & P_{AA} + P_{AB} &= 1 & P_{BB} + P_{BA} &= 1 \\ P_A P_{AA} + P_B P_{BA} &= P_A & P_A P_{AB} + P_B P_{BB} &= P_B. \end{aligned}$$

İki bileşenli bir sistemi tanımlamak için P_{AA} , P_{BB} , P_{AB} , P_{BA} niceliklerinden biri ile P_A (veya P_B) nin bilinmesi yeterlidir.

Düzenli arakatmanlaşma (ABABAB...) $P_{AA}=0$ ve $P_A = P_B = 0,5$, rastgele arakatmanlaşma $P_{AA} = P_A$ ve mekanik karışım ise $P_{AA} = 1$ durumuna karşılık gelir. Bu üç arakatmanlaşma türü arasında kalan arakatmanlaşmalarda P_{AA} değeri, 0 ile 1 arasında değişir.

Özetlenirse:

Düzenli arakatmanlaşma	$P_{AA} = 0,$
Düzenliye eğilimli kısmi rastgele arakatmanlaşma	$0 < P_{AA} < 0,5,$
Rastgele arakatmanlaşma	$P_{AA} = 0,5,$
Bölgelere ayrılmaya eğilimli kısmi rastgele arakatmanlaşma	$0,5 < P_{AA} < 1,$
Kristalciklerin mekanik karışımı	$P_{AA} = 1.$

Bu bağıntılar, iki tür katman eşit sayıda değilse, $P_{AA}=P_A$ olduğu saf rastgele sıralanma dışında daha da karmaşıklaşır.

Bu çalışmada incelenen kil örneğinde $P_A \neq P_B$ (veya $P_{AA}>0$) olduğu belirlendiğinden kaolinit-montmorillonit kısmi düzenli arakatmanlaşma türünde olduğu bulunmuştur. Bu numune için arakatmanlaşma türünün kesin tespiti ileride başka bir çalışmayı gerektirecektir.

3. KATMAN YAPILI KRİSTALLERDEN KİRİNİM

3.1. Yapı İncelemelerinde X-ışınları Kırınımının Önemi

Maddelerin kristal yapılarının incelemesinde, x-ışını kırınımı yöntemi önemli bir yer tutar. X-ışını kırınımında, maddenin kırınım deseni Fourier uzayındadır. Bu nedenle maddenin gerçek uzayını temsil eden fonksiyonların Fourier dönüşümleri o maddenin ters uzayındadır. Böylece bu iki uzaydaki bilgilerden biri biliniyorsa diğeri Fourier dönüşümü ile bulunabilir. Fourier dönüşümlerinin gerçek uzaydan ters uzaya geçişi analiz, ters uzaydan gerçek uzaya geçişi de sentez olarak adlandırılır.

DeneySEL çalışmalarda kırınım genliğinin karesi ile orantılı olan kırınım şiddeti kaydedilir. Kırınım deseni üzerindeki kuramsal çalışmalarda, $I(s)$ şiddetinin s ters uzay vektörüne göre değişimleri incelenir. Kırınım desen şiddetlerinin incelenmesinden maddenin kristal yapı kusurları bulunabilir.

3.2. Katman Yapılı Kristallerin Yapı İncelemesi

Katman yapılı kristallerin kendine özgü fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için bu kristallerin ortalama kristal yapılarıyla birlikte yapı kusurlarının doğası ve dağılımının da göz önüne alınması gerekir. Düzensizlik parametrelerinin belirlenmesinde iki temel yöntem kullanılır. Bu yöntemler, ters uzayda sürekli bir fonksiyon olarak ele alınan şiddet dağılımının analizine dayanır.

Birinci yöntem, atomlararası uzaklıkların olasılık dağılımı $P(r)$ nin bulunmasına dayanır. $P(r)$, genelleştirilmiş Patterson dağılımı olup, $I(s)$ şiddet dağılımının Fourier dönüşümü ile elde edilir. Bu yöntem, atomların küçük mesafelerdeki düzensizlik parametrelerinin incelenmesine uygun olup [9], yalnızca küçük aralıklı atomlardan oluşan basit yapılara kolayca uygulanabilir.

İkinci yöntem, katı içinde daha büyük mesafeli düzensizlik parametrelerinin belirlenmesi için, atom dağılım modellerinin seçilmesi ve bu modellere karşılık gelen şiddetlerin hesabından oluşan dolaylı bir yöntemdir. Bu yöntemde pertürbasyon fonksiyonları kullanılarak, şiddetlerin kuramsal dağılımı deneysel dağılımla karşılaştırılır. Yapıdaki düzen bir ya da iki boyutta (filosilikatlardaki gibi) olduğunda, gözlenen kırınımın bu yöntemle yorumu daha kolay yapılır.

3.3. Kırınımın Genel Özellikleri

Maddesel ortamda x-ışını kırınımı, ortamın yük yoğunluğu dağılımının bir sonucu olarak oluşur. Sonlu boyutta homojen bir maddenin yük yoğunluğu dağılımının ortalaması, sonsuz homojen bir maddenin yük yoğunluğu dağılımının ortalaması olarak alındığında fazla bir hata yapılmış olmaz. Maddenin sonlu boyutunu belirleyen şekil fonksiyonu $c(x,y,z)$ olmak üzere, yük yoğunluğu dağılım fonksiyonu:

$$g(x,y,z) = g_0(x,y,z) \cdot c(x,y,z) \quad (3.1)$$

Burada $g_0(x, y, z)$, sonsuz boyutta yük yoğunluğu dağılım fonksiyonu olup, $c(x, y, z)$:

$$c(x, y, z) \Rightarrow \begin{cases} =1 & \text{(madde içinde)} \\ =0 & \text{(madde dışında)} \end{cases}$$

3.3.1. Üç Boyutta Kristal Örgü

Kristaller, atom veya moleküllerden oluşan asimetric birimlerin üç boyutta periyodik düzenlenmesi ile oluşurlar. Bu düzenlenmede a , b , c taban vektörleri ile belirtilen birim hücrenin tekrarlanması sonucu p , q , r tamsayılar olmak üzere

$$r_{pqr} = pa + qb + rc \quad (3.2)$$

konum vektörü ile tanımlanan noktalardan meydana gelen bir kristal örgü oluşur. Bu örgüdeki atomların dağılımı:

$$z(r) = \sum_p \sum_q \sum_r \delta(r - r_{pqr}). \quad (3.3)$$

$g(x, y, z)$ birim hücre yük dağılım fonksiyonu olmak üzere, sonsuz boyutlu ve homojen bir kristal örgü için yük yoğunluğu dağılımı:

$$g_0(x, y, z) = g(x, y, z) * z(r). \quad (3.4)$$

(*), Faltung veya konvolüsyonu göstermek üzere sonlu bir kristal için:

$$\begin{aligned} g_0(x, y, z) &= g(x, y, z) * [z(r) \cdot c(x, y, z)] \\ &= g(x, y, z) * \left[\sum_p \sum_q \sum_r \delta(r - r_{pqr}) \cdot c(x, y, z) \right]. \quad (3.5) \end{aligned}$$

3.3.2. İki Boyutlu Örgü ve Bir Katmandan Kırınım

p, q tamsayılar olmak üzere $r = pa + qb$ konum vektörü ile tanımlanan iki boyutlu kristal örgünün a, b taban vektörlerinin belirlediği birim hücrenin yük yoğunluğu $g(x, y, z)$ ise, bu örgünün yük yoğunluğu dağılımı:

$$g_c(x, y, z) = g(x, y, z) * \left[\sum_p \sum_q \delta(r - pa - qb) \cdot c(x, y, z) \right]. \quad (3.6)$$

Katmanlı bir yapının verdiği kırınım her katmandan saçılan dalgaların girişimi ile ifade edilebilir. Bu girişim katmanların türü, yapısı ve istiflenme biçimlerine bağlıdır. Bir katmandan saçılan genlik, katmanın yük dağılımının Fourier dönüşümü ile verilir [10]:

$$\Theta(s) = F(s) / \Omega \left[\sum_h \sum_k \delta(s_0 - ha^* - kb^*) * D(s_1, s_2, \infty) \right]. \quad (3.7)$$

$F(s)$: $g(x, y, z)$ birim hücre yük yoğunluğunun Fourier dönüşümü olan yapı faktörüdür.

s : Bileşenleri s_1, s_2, s_3 olan ters uzay saçılma vektörüdür.

$1/\Omega \sum_h \sum_k \delta(s_0 - ha^* - kb^*)$: İki boyutlu kristal örgüyü belirten Dirac fonksiyonunun, a^*, b^* temel vektörleri ile belirlenen iki boyutlu ters örgüdeki Fourier dönüşümüdür. h, k Miller indisleri ve s_0 , ters örgü noktalarını belirleyen vektördür.

$\Omega = |axb|$: Kristal örgü birim hücresinin alanıdır.

$D(s_1, s_2, \infty)$: Katman şekil fonksiyonunun Fourier dönüşümü olup, şekil fonksiyonunun ters örgü düzleminde tanımlı olduğu bölgenin boyutlarına bağlıdır.

Bir katmandan saçılan genlik, kristalin hk yansımasına karşılık gelen ters örgü noktalarında örgü düzlemine dik sütunlar içinde önemli olup, bu sütunlar dışında ihmal edilebilir (Şek. 6). Her sütun (a^*, b^*) üzerine kurulan ters örgüyü hk indisli bir noktada keser. Genlik, sütun içindeki hk_0 noktasında en büyük değerini alır [10]. En büyük şiddetli saçılma, s saçılma vektörünün s_0 ters uzay konum vektörü ile çakışması durumunda olacağından, s vektörünün ucu hk sütunu içinde kalır. Böylece hk sütununun (a^*, b^*) düzlemi ile arakesitini s_0 a göre belirleyen vektörler u, v ; başlangıç noktasına göre belirleyen vektörler H_1, H_2 ; sütun doğrultusundaki birim vektör n olmak üzere (Şek. 7):

$$\begin{aligned} H_1 &= ha^* + u, \\ H_2 &= kb^* + v, \\ s &= H_1 + H_2 + Zn. \end{aligned} \quad (3.8)$$

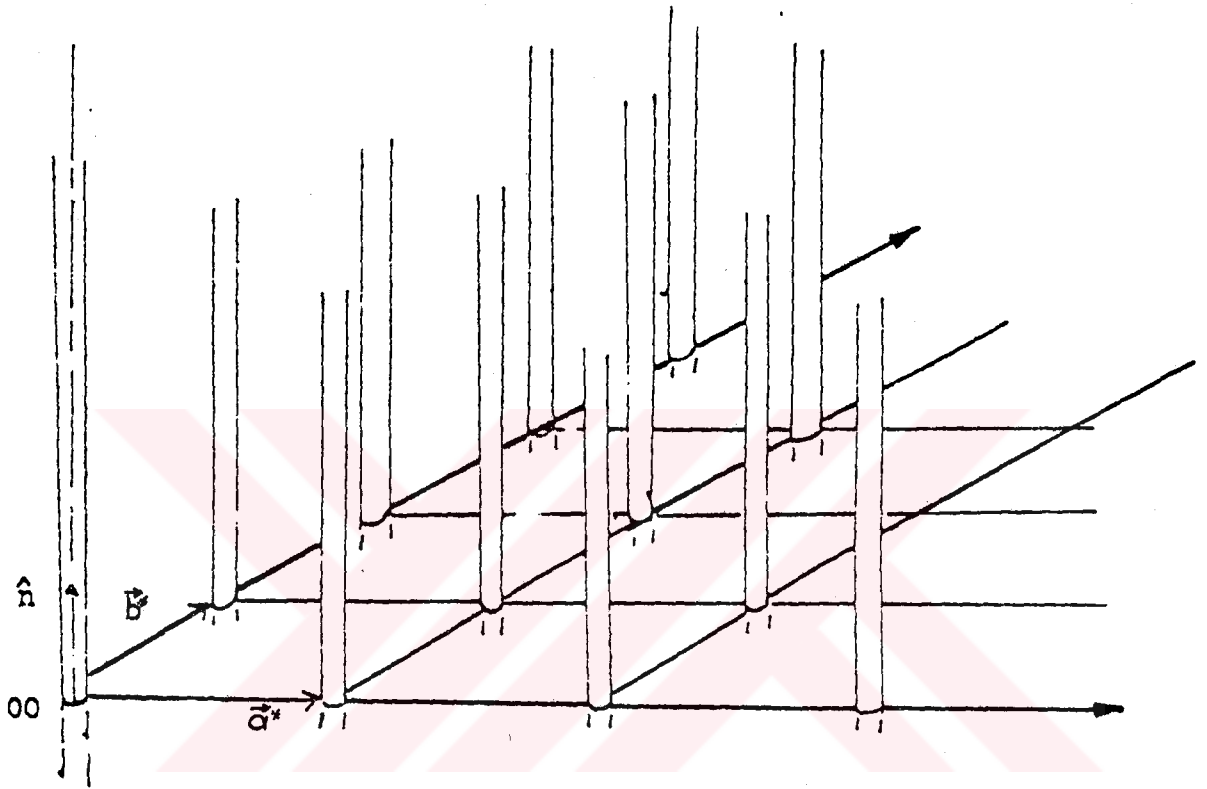
u ve v vektörleri (a^*, b^*) düzleminde olduğundan $D(s_1, s_2)$, $D(u, v)$ şeklinde yazılırsa, bir sütundan saçılan genlik:

$$\mathcal{O}_{hk}(s) = F(s) D(u, v) / \Omega \quad (3.9)$$

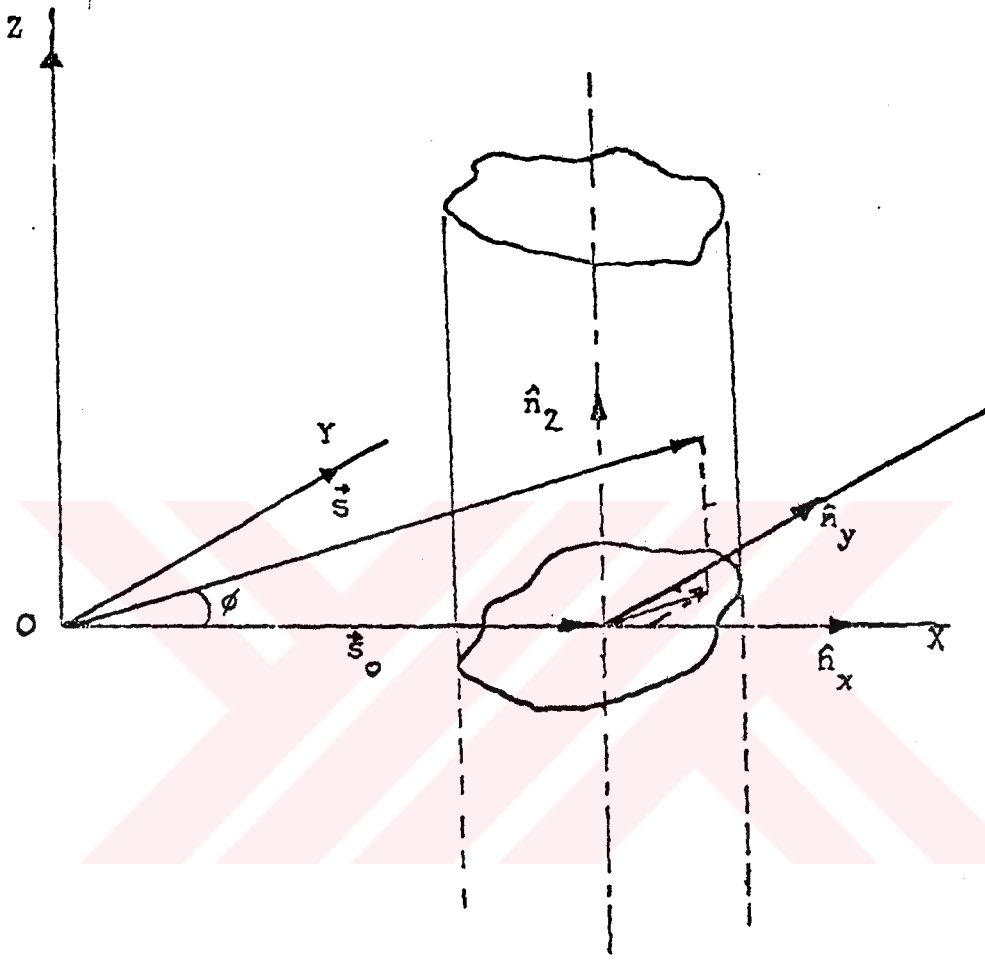
$$F(s) = \sum_n f_n(s) K_n \exp[2\pi i (hX_n + kY_n + lZ_n)]. \quad (3.10)$$

$F(s)$ yapı faktöründeki toplam, birim hücre atomları üzerinden alınır. (X_n, Y_n, Z_n) atomların kesirsel koordinatları ve f_n atom saçma faktörleridir. hk sütununun enine kesiti boyunca $F(s)$ çok az değiştiğinden $F(s) \approx F_{hk}(Z)$ alınabilir. Böylece:

$$\mathcal{O}_{hk}(s) = F_{hk}(Z) D(u, v) / \Omega \quad (3.11)$$



Şekil 6. İki boyutta periyodik katmanın genlik sütunları.



Şekil 7. hk sütununun gösterimi.

$\emptyset_{h_k}(s)$ saçılma genliği, Z boyunca değişen $F_{h_k}(Z)$ ile boyuna, $D(u, v)$ şekil fonksiyonu ile de enine değişir. Bu durumda h_k sütunundan saçılan şiddetin, birim hücrenin saçtığı şiddet cinsinden ifadesi:

$$i_{h_k}(s) = \emptyset_{h_k}(s) \emptyset_{h_k}^*(s) \Omega / \sigma. \quad (3.12)$$

Ω ve σ kristal ve ters örgünün birim hücre alanlarıdır. Buna göre:

$$i_{h_k}(s) = 1/\Omega\sigma F_{h_k}(Z) F_{h_k}^*(Z) D(u, v) D^*(u, v). \quad (3.13)$$

3.4. Paralel Katmanlardan Kırınım

Rastgele türde sıralanmış paralel M katmanlı bir istifte (Şek. 8), m ve m' katmanlarının konumları herhangi bir orijine göre r_m ve $r_{m'}$ ise bu istiftten saçılan toplam genlik:

$$A(s) = \sum_{m=1}^M \emptyset_m(s) \exp(-2\pi i s \cdot r_m). \quad (3.14)$$

Birim hücrenin saçma şiddeti cinsinden bir katmandan saçılan şiddet:

$$i(s) = A(s) A^*(s) \Omega / M\sigma$$

$$= \Omega / M\sigma \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \emptyset_m(s) \emptyset_{m'}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot (r_m - r_{m'})]. \quad (3.15)$$

$m=m'$ olduğu durumlar ayrı bir toplam halinde yazılırsa:

$$M\sigma / \Omega i(s) = \sum_{m=1}^M \emptyset_m(s) \emptyset_m^*(s)$$

$$+ \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \varnothing_m(s) \varnothing_{m'}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot (r_m - r_{m'})]. \quad (3.16)$$

$m \neq m'$ olan ikinci kısım:

$$\varnothing_m(s) \varnothing_{m'}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot (r_m - r_{m'})] + \varnothing_{m'}^*(s) \varnothing_m(s) \exp[-2\pi i s \cdot (r_{m'} - r_m)].$$

Fiziksel anlam taşıyan gerçek kısım olduğundan:

$$2\text{Re} \{ \varnothing_m(s) \varnothing_{m'}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot (r_m - r_{m'})] \}.$$

n inci komşuluklu m ve m' katmanlarının konumu $r_n = r_m - r_{m'}$ bağılı konumu ile ifade edildiğinde:

$$2\text{Re} \{ \varnothing_m(s) \varnothing_{m+n}^*(s) \exp(-2\pi i s \cdot r_n) \}.$$

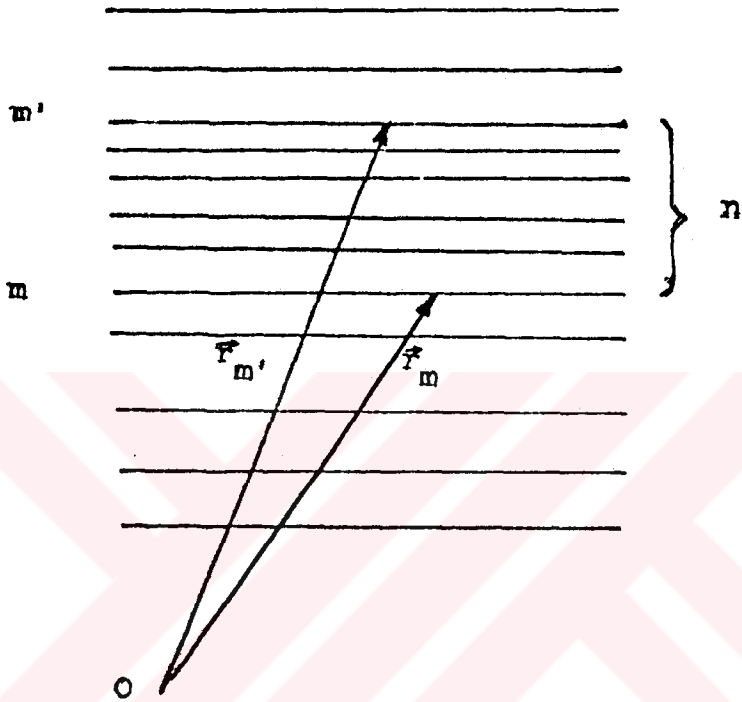
Böylece birim istif için şiddet:

$$M\sigma/\Omega i(s) = \sum_{m=1}^M (\varnothing_m(s))^2 + 2\text{Re} \left\{ \sum_{n=1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-n} \varnothing_m(s) \varnothing_{m+n}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot r_n] \right\}. \quad (3.17)$$

M katmanlı istifte $M-1$ çeşit komşuluk ve $M-n$ tane n komşuluktan vardır. Bir istiftteki katmanların dizilimi genellikle düzensizdir. İstiftteki katmanların düzenden sapmaları farklı biçimlerde olabilir:

- Farklı türdeki katmanların (arakatmanlı) istiflenmesi,
- Katmanların, katman düzlemine paralel dönmesi,
- Katmanların, katman düzlemine paralel ötelenmesi.

Belli bir n inci komşuluk için katmanlar arasındaki olası öteleme vektörleri $r_{n_1}, r_{n_2}, \dots, r_{n_j}$ ve bu konumlarda bulunma



Şekil 8. n katmanlı istif.

olasılıkları $P_{n_1}, P_{n_2}, \dots, P_{n_j}$ ile gösterilirse, bu tür M katmanlı bir istiften saçılma şiddeti, katmanların bütün olası dizilimlerinin oluşturduğu saçılma şiddetlerinin ortalaması alınarak bulunabilir:

$$M\sigma/\Omega \cdot i(s) = M \overline{|\varnothing(s)|^2} + 2\text{Re} \left\{ \sum_{n=1}^{M-1} \sum_{m=1}^{M-n} \overline{\varnothing_m(s)} \varnothing_{m+n}^*(s) \exp[-2\pi i s \cdot r_{n_j}] \right\} \quad (3.18)$$

Burada:

$$\overline{|\varnothing(s)|^2} = 1/M \sum_{m=1}^M (\varnothing_m(s))^2.$$

Belli bir n için, j dizilimleri üzerinden ortalama alındığından r_{n_j} deki j indisi kaldırılabilir. M katmanlı istifte n in bir değeri için $M-n$ çeşit dizilim olduğundan, şiddet ifadesindeki ikinci toplam yerine $M-n$ çarpanı alınabilir:

$$i(s) = \Omega/\sigma \left[\overline{|\varnothing(s)|^2} + 2\text{Re} \left\{ \sum_{n=1}^{M-1} (M-n/M) \overline{\varnothing_n(s)} \varnothing_n^*(s) \exp(-2\pi i s \cdot r_n) \right\} \right]. \quad (3.19)$$

Denk. (3.19) un ikinci kısmı, belli bir n komşuluğu için şiddette olan katkıya karşılık gelir. Bütün komşuluk etkileşmelerinin katkısı ise, n üzerinden alınan toplamla bulunur.

Kristaldeki g farklı türde katmanın etkileşmesi gözönüne alındığında, katmanların saçma genlikleri $\varnothing_1(s), \dots, \varnothing_n(s),$

..., $\varnothing_n(s)$ ve i türünde bir katmanın n inci komşusunun j türünde bir katman olduğu varsayalım. Katmanların ötelemelerinden herhangi biri (r_{ij}^k) ile gösterilebilir. Buradaki k indisi, M katmanda n inci komşulukta olan katman sayısını gösterir. (P_{ij}^k) ise (r_{ij}^k) öteleme vektörünün bulunma olasılığıdır. Yalnız birinci komşuluk etkileşmeleri gözönüne alındığında, Denk.(3.19) daki ortalama değerler matris yöntemiyle kolayca hesaplanabilir. Bu hesaplama, sonsuz [11] ve sınırlı [12] sayıda aynı türde katmanlar için yapılmıştır. Bu çalışmada matris yöntemi farklı türdeki katmanlara uygulanmıştır. Birim istiftten saçılan şiddet ifadesi (Denk. 3.19) matris gösterimi ile yazılırsa;

birinci kısım:

$$|\varnothing(s)|^2 = \sum_{i=1}^M P_{ii} \varnothing_i \varnothing_i^* = \text{iz}([\varnothing] [W]). \quad (3.20)$$

ikinci kısım ($i \neq j$):

$$\begin{aligned} \varnothing_o(s) \varnothing_n^*(s) \exp(-2\pi i s \cdot r_n) &= \sum_{i=1}^M P_{ii} \varnothing_i(s) \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{M-n} (P_{ij}^k) \varnothing_j^*(s) \\ &\quad \exp[-2\pi i s \cdot (r_{ij}^k)] \\ &= \sum_{i=1}^M P_{ii} \varnothing_i(s) \sum_{j=1}^M (Q^n)_{ij} \varnothing_j^*(s) \\ &= \sum_{i=1}^M P_{ii} \sum_{j=1}^M \varnothing_i \varnothing_j^* (Q^n)_{ij} \\ &= \text{iz}([\varnothing] [W] [Q^n]). \end{aligned} \quad (3.21)$$

Bu bağıntılarda:

$[W]$: W_{ij} elemanları farklı tür katmanların P_{ij} bolluğu olan bir $(g \times g)$ kare matrisidir.

$[\emptyset]$: \emptyset_{ij} elemanları $\emptyset_{ij} = \emptyset_i \emptyset_j^*$ genlikler çarpımı olan $(g \times g)$ kare matrisidir. Genlikler, F yapı faktörü ile katmanların şekil fonksiyonuna bağlı olduğundan katmanların türünü belirler.

$[Q]^n$: $(Q^n)_{ij}$ elemanları katmanlar arasındaki faz fonksiyonu olan $(g \times g)$ kare matrisidir. $(Q^n)_{ij}$ elemanları,

$$(Q^n)_{ij} = \sum_{k=1}^{M-n} (P^k)_{ij} \exp[-2\pi i s \cdot (r^k)_{ij}^n]$$

olan $[Q]^n$ matrisi

$$[Q]^n = [\emptyset] [P]$$

biçiminde ifade edilebilir.

$[\emptyset]$: $(g \times g)$ kare faz matrisidir.

$[P]$: P_{ij} elemanları i katmanından sonra bir j katmanının gelme olasılığı olan $(g \times g)$ kare matrisidir.

Böylece matris yöntemi ile şiddet ifadesi:

$$i(s) = \Omega/\sigma \left(\dot{\text{Iz}}([\emptyset][W]) + 2 \text{Re} \sum_{n=1}^{M-1} (M-n/M) \dot{\text{Iz}}([\emptyset][W][Q]^n) \right). \quad (3.22)$$

$[W]$ matrisi ile $[\emptyset]$ matrisinin köşegen elemanları reel olduğundan:

$$\dot{\text{Iz}}([\emptyset][W]) = \dot{\text{Iz}}(\text{Re}([\emptyset][W])).$$

Buradan:

$$\begin{aligned} i(s) &= \Omega/\sigma \left(\dot{\text{Iz}} \text{Re}([\emptyset][W]) + 2 [\emptyset][W] \sum_{n=1}^{M-1} (M-n/M) [Q]^n \right) \\ &= \Omega/\sigma \left(\dot{\text{Iz}} \text{Re}([\emptyset][W]([I]) + 2 \sum_{n=1}^{M-1} (M-n/M) [Q]^n) \right). \quad (3.23) \end{aligned}$$

Burada $[I]$, $(g \times g)$ kare birim matristir.

$$S = \sum_{n=1}^{M-1} (M-n) [Q]^n \quad (3.24a)$$

toplamında, M katmanlı istifteki $(M-1)$ komşuluk sayısı kadar terim vardır. Bu bir geometrik seri olup, her terimden birim matris bir eklenip bir çıkarılırsa:

$$S = \sum_{n=1}^{M-1} [S]_{M-n} - (M-1) [I]. \quad (3.24b)$$

Böylece $[13]$:

$$[S]_{M-n} = ([I] - [Q]^{M-n+1}) ([I] - [Q])^{-1}$$

$$S = \sum_{n=1}^{M-1} ([I] - [Q]^{M-n+1}) ([I] - [Q])^{-1} - (M-1) [I] \quad (3.25)$$

$$S = M [Q] ([I] - [Q])^{-1} + ([Q]^{M+1} - [Q]) ([I] - [Q])^{-2}. \quad (3.26)$$

Bu değer şiddet ifadesinde yerine konulursa:

$$i(s) = \Omega/\sigma \text{ İzRe} \{ [\emptyset] [W] ([I] + 2 [Q] ([I] - [Q])^{-1} + 2/M ([Q]^{M+1} - [Q]) ([I] - [Q])^{-2}) \}. \quad (3.27)$$

Burada,

$$[R] = [I] + 2 [Q] ([I] - [Q])^{-1} + 2/M ([Q]^{M+1} - [Q]) ([I] - [Q])^{-2} \quad (3.28)$$

alınırsa:

$$i(s) = \Omega/\sigma \text{ İzRe} \{ [\emptyset] [W] [R] \}. \quad (3.29)$$

Denk. (3.29), g farklı türde katmandan oluşan M katmanlı bir istif için, birim istiftten saçılan ortalama şiddeti verir.

3.5. X-Işınlarnın Toz Örnekten Saçılması

Kil mineralleri gibi incelenebilecek büyüklükte tek kristalleri elde edilemeyen maddelerin yapılarının aydınlatılması; toz kristallerin incelenmesi ile mümkündür. İdeal bir tozda

parçacıklar izotropik dağılımlı olduklarından, ters örgü merkezi etrafında düzgün olarak dağılan hk sütunlarının şiddete her doğrultudaki katkıları aynı oranda olacaktır. Ancak filo-silikatlar katman yapılı olduklarından, parçacıklar katman düzlemine paralel olacak biçimde kısmi yönelme eğilimindedirler.

Toz örneğin şiddet profilleri hk sütunlarının Ewald küresi ile kesişmelerinden elde edilir. Bu profiller, ters örgünün orijin etrafında döndürülmesi veya s saçılma vektörünün tanımladığı kürenin hk sütunlarınca farklı z değerlerinde kesilmesi ile ortaya çıkar (Şek. 9).

Şiddet dağılımında her hk sütununa bir hk kırınım bandı karşılık gelir. Bir hk kırınım bandında, s saçılma vektörü hk0 ters örgü noktasının s₀ konum vektörü ile çakıştığında şiddet maksimum değerini alır. s₀ ile s arasındaki açı α ve parçacıkların bu doğrultudaki yönelme olasılığı N(α) olmak üzere, herhangi bir s doğrultusundaki I_{hk}(s) şiddeti, s yarıçaplı integrasyon küresi ile hk sütununun A arakesit yüzeyi üzerinden i(s) nin integrali alınarak bulunur (Şek. 10):

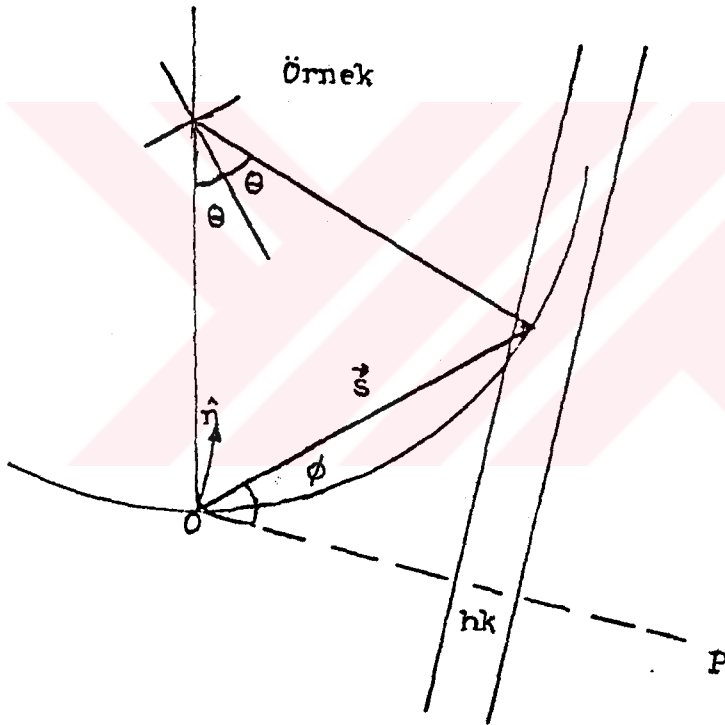
$$I_{hk}(s) = \int i(s) N(\alpha) dA/s^2. \quad (3.30)$$

İdeal yani izotropik bir tozda N(α), α dan bağımsız olduğundan:

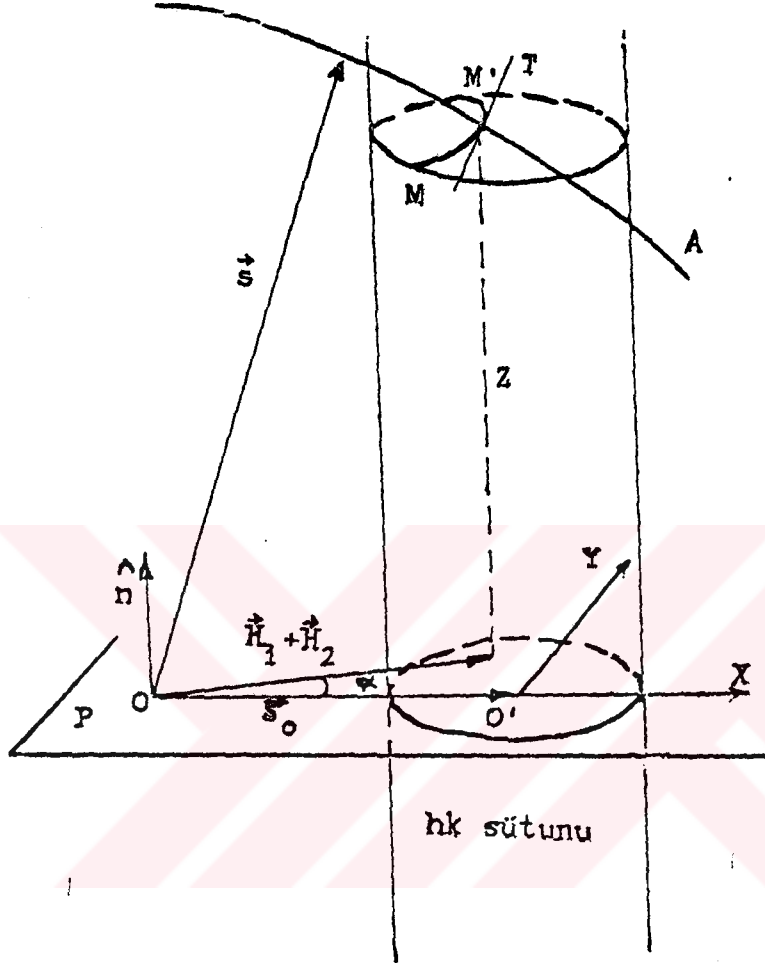
$$I_{hk}(s) = \int i(s) dA/4\pi s^2 \quad (3.31)$$

Denk. (3.29) daki i(s) değeri yerine konulursa:

$$\begin{aligned} I_{hk}(s) &= \int \dot{z} \text{Re} ([\dot{O}] [W] [R]) \Omega dA/4\pi s^2 \\ &= \int \dot{z} \text{Re} ([F] [W] [R]) D(u, v) D^*(u, v) dA/4\pi \Omega s^2. \end{aligned} \quad (3.32)$$



Şekil 9. hk sütununun P küresi tarafından kesilmesi.



Şekil 10. hk sütununun s yarıçaplı integrasyon küresi ile kesit yüzeyinin gösterimi.

Buradaki integral, hk sütunlarının dik olan p yatay düzleminde X , s_0 a paralel olmak üzere X , Y yeni koordinat eksenlerinin seçilmesi ile hesaplanabilir. MM' yayı A küresel yüzeyi ile yatay düzlemin arakesitinin sütun içinde kalan kısmıdır. A integrasyon yüzeyi MM' yayının paralel kaydırılması ile taranmış olur. MM' yayı yerine teğeti alınabileceğinden A yüzeyi yerine, Y doğrultusunda jeneratörü olan s yarıçaplı silindirin A' yüzeyi alınabilir [14]. s saçılma vektörü ile p yatay düzlemi arasındaki açı θ ve

$$T(X) = \int D(X, Y) D^*(X, Y) dY \quad (3.33)$$

olmak üzere Denk. (3.32):

$$I_{hk}(s) = \int \text{İzRe}\{ [F] [W] [R] \} T(X) d\theta. \quad (3.34)$$

Bazı katman şekilleri için hesaplanabilen $T(X)$ fonksiyonu [15], J_n çift n inci mertebeden Bessel fonksiyonları olmak üzere daire için:

$$T(X) = R^2 / (\pi R X)^2 \{ 1 - J_0(4\pi R X) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} [1 / (n-1)(n+1)] J_n(4\pi R X) \}. \quad (3.35)$$

Filosilikatlardaki atomların hegzagonal düzenlenimi R yarıçaplı yaklaşık bir daire şeklinde alınabilir. Bu yüzden daireler saçıcı koherent bölgeler olarak ele alınabilir. Aynı s değerli farklı hk indisli düzlemler aynı θ değerinde yansıma vereceklerinden, bu yansımalar üstüste binerek bir kırınım bandı oluştururlar.

3.5.1. İstiflenmelerin Kalınlık Dağılımı

Şiddet hesaplarına istiflerin kalınlık dağılımı etkisinin de katılması gerekir. Toz parçacıklarında, istiflerdeki katman

sayısı aynı olabileceği gibi farklı da olabilir. $\alpha(M)$ kalınlık dağılımı fonksiyonu olmak üzere şiddet:

$$I_{FK}(s) = (1/4\pi s \Omega \sigma) \sum_M \alpha(M) \int \text{izRe}\{[F] [W] [R]\} T(X) d\phi. \quad (3.36)$$

3.6. 00l Yansımaları

00l yansımaları için $s = Zn$ olmak üzere şiddet:

$$I_{00}(s) = (1/4\pi Z \Omega \sigma) \sum_M \alpha(M) \int \text{izRe}\{[F] [W] [R]\} T(X) d\phi. \quad (3.37)$$

Denk. (3.37) deki integral, 00l sütunu ile Z yarıçaplı integrasyon küresinin arakesit yüzeyi üzerinden hesaplanır (Şek.11).

$T(X)$ ifadesindeki $D(X, Y) D^*(X, Y)$ çarpımının Fourier dönüşümü $P(x_0, y_0)$ olmak üzere:

$$T(X) = \iint P(x_0, y_0) \exp[-2\pi i(Xx_0 + Yy_0)] dx_0 dy_0. \quad (3.38)$$

Fourier dönüşümlerinin konvolüsyon özelliklerinden yararlanıldığında $P(x_0, y_0)$ ın, şekil fonksiyonunun (x_0, y_0) ötelenmiş ile kendisinin arakesit ortak yüzeyi olduğu görülür [15]. 00l sütununun ötelenmesinin sıfıra gitmesi durumunda $P(x_0, y_0)$, şekil fonksiyonuna eşit olur:

$$P(0, 0) = \int T(X) dX = \sigma. \quad (3.39)$$

Bu durumda Denk. (3.37):

$$I_{00}(Z) = (1/4\pi Z \Omega \sigma) \text{izRe}\{[F] [W] [R]\} \sum_M \alpha(M). \quad (3.40)$$

4. KAOLİT-NİT-MONTMORİLLONİT KARIŞIK KATMANLI YAPI İÇİN KİRİNİM ŞİDDETİ

Yapıların aydınlatılmasında deneysel yansımalara uyum sağlayan modeller yardımcı olmaktadır. Karışık katmanlı yapıların incelenmesinde sağladığı kolaylıklar nedeni ile 00 \bar{l} yansımaları kullanılmaktadır [16,17,18].

Matris yönteminin karışık katmanlı yapıların aydınlatılmasında 00 \bar{l} yansımalarına [19], katman içi kusurların incelenmesinde hk bandlarına [20,13,21,22,23,24] uygulanması başarılı sonuçlar vermiştir.

4.1. Kaolinit-Montmorillonit Karışık Katmanlı Yapılar

İzotropik bir tozdan 00 \bar{l} yansımaları için şiddet ifadesi (Denk. 3.40):

$$I_{00}(Z) = (1/4\pi\Omega Z^2) \sum_M \alpha(M) \text{İzRe}\{ [F] [W] [R] \}.$$

Kaolinit ve montmorillonit istiflerindeki katman sayılarının \bar{M} ortalamaları Debye-Scherrer formülü [10] ile hesaplanmıştır.

Kaolinit(k)-montmorillonit(m) karışık katmanlı yapı için şiddet ifadesindeki (Denk. 3.40) matrisler yazılırsa:

Yapı faktörü matrisi:

$$[F] = \begin{bmatrix} F_{00}(Z)_m & F_{00}^*(Z)_m & F_{00}(Z)_k & F_{00}^*(Z)_m \\ F_{00}(Z)_m & F_{00}^*(Z)_k & F_{00}(Z)_k & F_{00}^*(Z)_k \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$F_{\infty} (Z)_m = \sum_{n=1}^{\infty} K_{n_m} f_{n_m} (Z) \exp(2\pi i Z \cdot z_{n_m}) \quad (4.2)$$

$$F_{\infty} (Z)_k = \sum_{n=1}^{\infty} K_{n_k} f_{n_k} (Z) \exp(2\pi i Z \cdot z_{n_k}). \quad (4.3)$$

Katmanların bolluk matrisi:

$$[W] = \begin{bmatrix} P_m & 0 \\ 0 & (1-P_m) \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Faz matrisi:

Birinci komşuluk etkileşmelerinin gözönüne alınmasının yeterli oluşu ve istiflerdeki katman sayısının büyük olması nedeni ile Denk. (3.28), [13]:

$$[R] = [I] + 2[Q] ([I] - [Q])^{-1}. \quad (4.5)$$

$\phi_m = 2\pi Z (d_{001})_m$ ve $\phi_k = 2\pi Z (d_{001})_k$ olmak üzere:

$$[\theta] = \begin{bmatrix} \exp(-i\phi_m) & 0 \\ 0 & \exp(-i\phi_k) \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

$$[P] = \begin{bmatrix} P_{mm} & P_{mk} \\ P_{km} & P_{kk} \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} P_m & (1-P_m) \\ P_m & (1-P_m) \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$$[Q] = [\theta][P] = \begin{bmatrix} P_m \exp(-i\phi_m) & (1-P_m) \exp(-i\phi_k) \\ P_m \exp(-i\phi_m) & (1-P_m) \exp(-i\phi_k) \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

Buradan,

$$\det([I] - [Q]) = 1 - P_m \exp(-i\phi_m) - (1 - P_m) \exp(-i\phi_k) = B$$

kullanılarak:

$$[R] = [I] + 2[Q]/B$$

$$= (1/B) \begin{bmatrix} 1+2P_m \exp(-i\phi_m) & 2(1-P_m) \exp(-i\phi_k) \\ 2P_m \exp(-i\phi_m) & 1+2(1-P_m) \exp(-i\phi_k) \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

Böylece:

$$\text{İzRe}([F][W][R]) =$$

$$(1/B) \{ [\sum_n \sum_{n'} K_{n_m} K_{n'_m} f_{n_m} f_{n'_m} \cos 2\pi Z (z_{n_m} - z_{n'_m})]$$

$$P_m [1 - (1-P_m) \cos \phi_k + P_m \cos \phi_m]$$

$$+ [\sum_n \sum_{n'} K_{n_k} K_{n'_k} f_{n_k} f_{n'_k} \cos 2\pi Z (z_{n_k} - z_{n'_k})]$$

$$(1-P_m) [1 + (1-P_m) \cos \phi_k - P_m \cos \phi_m]$$

$$+ \sum_n \sum_{n'} K_{n_m} K_{n'_k} f_{n_m} f_{n'_k} [\cos 2\pi Z (z_{n_m} - z_{n'_k} - d) + \cos 2\pi Z (z_{n_m} - z_{n'_k} + d)]$$

$$2P_m (1-P_m) \}. \quad (4.10)$$

Kaolinit ve montmorillonit istiflerindeki ortalama katman sayısı 9 olarak bulunmuştur. Ayrıca $b=9 \text{ \AA}$ ve $b=\sqrt{3}a$ olduğundan 00 sütununa dik yönde birim hücre alanı $\Omega=47,36 \text{ \AA}^2$ bulunur. Böylece şiddet:

$$I_{00}(Z) = 1,68 \times 10^{-3} \times 9 \times \text{İzRe}([F][W][R])/Z^2. \quad (4.11)$$

İki farklı türde katmandan oluşan sistemin 002 yansıma şiddet ifadesi (Denk.4.11), kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı örneğin katmanlararası katyonlarının z konumlarının ve yapıyı oluşturan katman oranlarının bulunmasında kullanılabilir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Çalışma Alanı Ve Coğrafyası

Konya ili sınırları içinde bulunan çalışma alanı, güneyde Ilgın, batıda Akşehir, doğuda Sarayönü ve kuzeyde Yunak ilçeleri ile sınırlı olup, Konya'ya 113 km, Ilgın'a ise 23 km uzaklıktadır (Şek. 12).

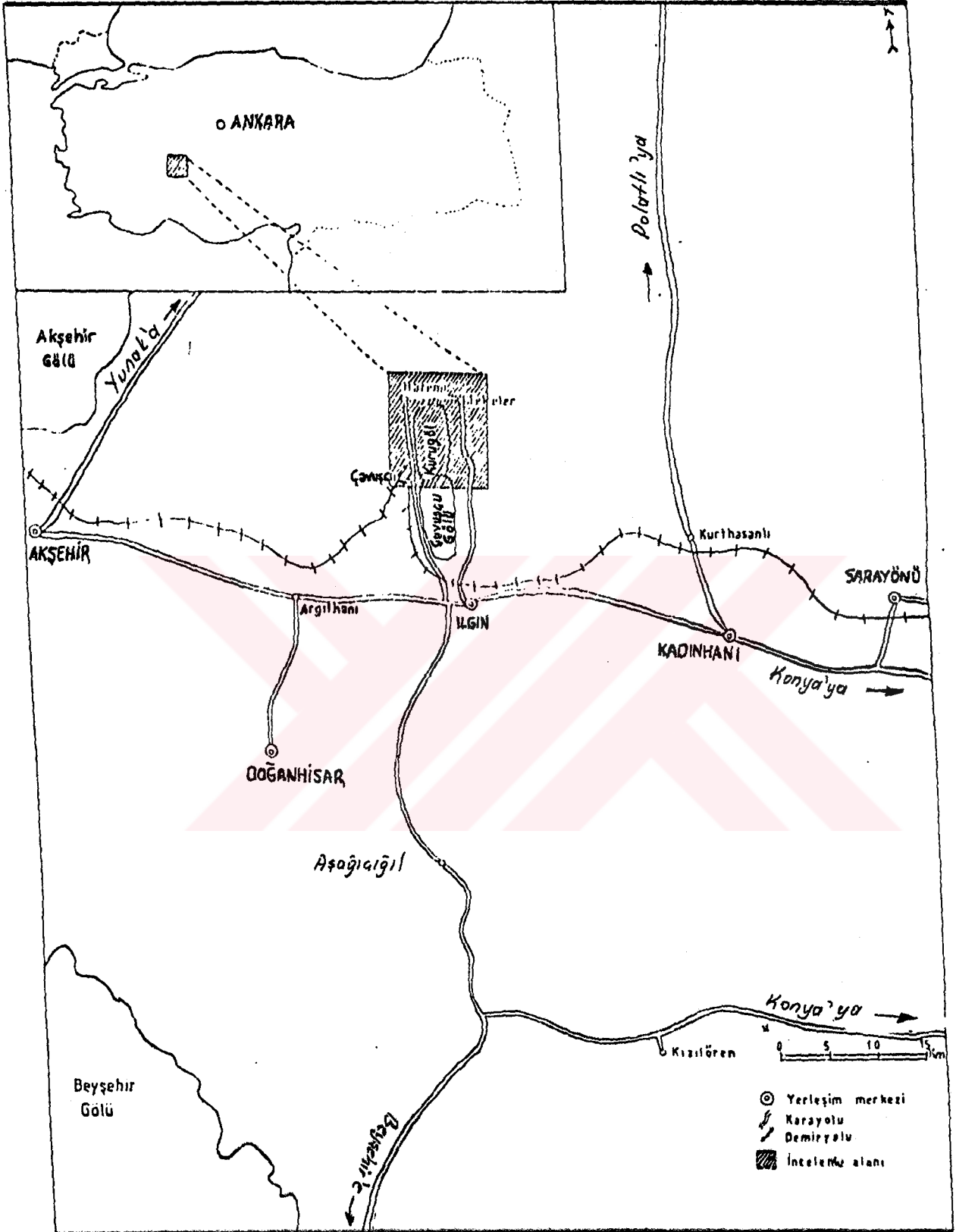
Ilgın'dan çalışma bölgesine, Çavuşcugöl'ün her iki yakasında mevcut olan kısmen asfalt, kısmen stabilize yoldan ulaşılır. Haramiköy ile yakın çevresindeki köyler arasında ulaşım, yaz-kış kullanılabilir stabilize yollarla sağlanmaktadır.

Çalışma alanı fazla engebeli değildir. Kurugöl alanı dışındaki yükseltiler 1124 ile 1496 metreler arasında değişir. Bölgede akarsu mevcut olmayıp, Çavuşcugöl'ün suyunu boşaltan, sulama amaçlı kanallar görülür.

Bölge bitki örtüsü bakımından oldukça fakir olup, doğal bitki topluluklarına rastlanmaz. Köyler ve yakın çevrelerinde yetiştirilen kavaklık ve meyvelikler başlıca bitki örtüsünü oluşturur. Bölgedeki iklim, tipik karasal iklimin özelliklerini taşır. Kışlar yağışlı, özellikle karlı ve soğuk, yazlar ise sıcak ve kuraktır [25].

5.2. Çalışma Alanının Jeolojik Durumu

Çalışma alanında Paleozoik yaşlı sistler temeli oluşturmaktadır. Üzerine Jura-Kretase yaşlı gri renkli kireçtaşlarının geldiği düşünülmektedir. Kömürleşme havzaları Neojen yaşlı olup, bu havzaları dolduran formasyonlar (birimler) alt ve üst



Şekil 12. Çalışılan bölgenin konumunu gösteren harita.

Pliosen olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Alt Pliosen formasyonları üç kısımdan oluşmuştur. Altta çakıl taşları, ortada linyitli seri (marn, kil, linyitli kil, killi linyit) ve üstte kumlu, killi gösel kireçtaşları bulunmaktadır.

Çalışma alanında bulunan kil türlerinin oluşumu yönünden incelenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Bölümü ile ortaklaşa yapılan proje çalışmasında ele alınacaktır.

5.3. Örneklerin Alınması

Harami kömür yatağının henüz bir bölümü açılmıştır. Kömür üretimi amacıyla açılan bu kısım dekapaj (örtü tabaka) niteliğindedir. Kömür yatağının yalnızca çok küçük bir kısmı tamamen işletildiğinden, kömür yatağının tabanında bulunan killerin tamamından örnek alınamamıştır. Buna karşılık yatağın birkaç kilometre uzunluktaki kuzey sınırı boyunca, 200-500 metre aralıklarla kömürün hemen üst sınırından itibaren üste doğru belirli kesitler boyunca örnekler alınmıştır. Buralardan örnek alınmasının amacı, doğrudan doğruya kömür çökeliminden sonra havzada çökelen birimlerdeki kil türlerini ve oranlarını saptanmasıdır. Ayrıca kömürlü seviyeler içinde çok ince, killi ve marnlı bölümlerden de örnekler alınarak, kömür çökelimi sırasında oluşan kil türleri incelenmiştir.

Alınan örnekler numaralandırılarak torbalara konulmuş ve öğütölmelerini kolaylaştırmak için güneşte kurutulmuştur.

Bu çalışmada, otuz farklı yerden alınan kil örneklerinden dördünün kimyasal analizleri ile alınan bütün örneklerin x-

ışını analizleri Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Bölümü Kil Laboratuvarlarında yapılmıştır.

5.4. Örneklerin Hazırlanması

5.4.1. Kil kısmının ayırımı

Kil minerallerinin değişik yöntemlerle incelenebilmesi için, öncelikle, kayacı oluşturan diğer minerallerden ayrılmaları, başka bir deyişle zenginleştirilmeleri gerekir. Bu ayırımı, ana hatları ile karbonat, sülfat gibi mineral fazları ve organik maddeleri kimyasal olarak çözmek; kararlı süspansiyon elde etmek için yıkama işlemini uygulamak ve kil kısmının kazanılması için sifonlama yapmaktan ibarettir [26].

Örneklerin kil bölümünü ayırmak amacıyla bunlar öğütülerek kayacı oluşturan mineraller serbest hale getirilir. Ancak kuvars, feldispat gibi süspansiyonda kalmaya yatkın minerallerin tanelerinin öğütülmeyle kil taneleri boyutuna kadar küçültülmesi sonucunda kile karışmasına engel olmak için öğütülmenin uygun sürede (10-15 sn) yapılması gerekir.

5.4.2 Kimyasal İşlemler

Karbonatları çözmek için genellikle değişik derişiklikte hidroklorik asit kullanılır. Bu yöntemde karbonatlar, hacimce % 10 luk HCl ile çözülür. Mekanik olarak karıştırılan örneğe asit, karbondioksit çıkışı kesilinceye kadar azar azar katılır. Bundan sonra gereksiz asit ilâvesi, ortamın pH ını düşürerek kil minerallerinin yıpranmasına ve yıkama süresinin uzamasına neden olur. Bundan dolayı kil mineralleri bu ortamda bırakılmadan hemen yıkama işlemine geçilmelidir.

Jips ve annidrit gibi sülfat mineralleri içeren örneklerde çözme işlemi, NaCl çözeltisi (100 gr/lt) kullanılarak yapılır.

Nadir olarak kayalarda bulunan ve kil minerallerinin süspansiyona geçmesini engelleyen organik maddelerin de çözülmesi gereklidir. Çözme işlemi toprak örneklerinde oksijenli su (H_2O_2) veya sodyum perklorat; hidrokarbürce zengin kayalarda ise kloroform ($CHCl_3$) ile yapılır.

Gerek organik, gerekse mineral fazların çözülmesi sırasında çözeltiye geçen katyonlar, kil tanelerinin süspansiyonda asılı kalmasını sağlayan negatif yüklerini azaltarak, bunların biraraya gelip çökelmelerine neden olur. Bu nedenle, örnek, ortamdaki katyonları uzaklaştırmak amacıyla bol miktarda saf su ile yıkanır.

Yöntemin son aşaması, elde edilen kararlı süspansiyondan kil tane boyutundaki taneleri içeren kısmın ayrılmasıdır. Bundan dolayı süspansiyon yaklaşık 4 saat dinlenmeye bırakıldıktan sonra, süspansiyonun üstten 4 cm lik kesimi, bir su trompu ve ayırma hunisinden oluşan basit bir sifonlama düzeneği ile alınır. Yalnızca kil tane boyutundaki tanelerden oluşan bu kolloidal çözelti, 3600 devir/dak hızla 30-40 dakika santrifüjlenerek kil çökeleği veya çamuru elde edilir. Bazen bu çökelek, kil minerallerinin yanı sıra, tanelerin negatif yüklü ve küçük olmalarından dolayı süspansiyonda kalabilen feldispat ve kuvarsa da içerebilir.

5.5. Kimyasal Analiz Yöntemi

Yukarıda belirtilen işlemlerle elde edilen kil kısmı, 24 saat etüvlenerek nemi uçurulur. Desikatöre alınıp soğutulduktan sonra tartım işlemine geçilir. Tartımın hassasiyeti onbinde birdir.

Toplam kayaç analizi için iki yöntem uygulanır:

(1) Si ve Al için eritme yöntemi,

(2) Mg, Ca, Na, P, K, Mn, Ti ve diğer bütün iz elementleri için buharlaştırma yöntemi.

Si, Al, Ti ve P kolorimetrik (renk tayini) spektrometrede, diğer elementler ise atomik absorpsiyon spektrometresinden bulunur.

Eritme yöntemi: 5 er mililitrelik derişik NaOH çözeltisi nikel krozelere konularak, bu çözelti kuruyuncaya kadar buharlaştırılır. Daha sonra krozelere 0,05 gr etüvlenmiş örnek konulur. Her biri, çok yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olan bir bek içerisinde 5 dakika süre ile eriyik haline getirilir. Her kroze kapakı ile birlikte, içinde 100 ml su bulunan propilen behere yatırılarak, kum banyosunda ısıtılır. Isıtma işlemi kroze içindeki tüm örnek eriyinceye kadar sürdürülür. Daha sonra kroze ve kapak, beher içinden durulanarak pens ile çıkartılır. Üzerine 10 ml % 1 lik HCl konularak, biraz daha ısıtılır ve 1000 ml hacme saf su ile tamamlanarak polietilen şişeye alınır.

Buharlaştırma yöntemi: 0,2 gr örneğe 10 ml derişik HNO₃, 5 ml derişik HF eklenir. Örnek tamamen çözülene kadar kum banyosunda ısıtılır ve çöken Si u ayırmak için sırayla 10 ml HNO₃ ve 5

ml HF katılır. Ardından 2 ml HClO_4 eklenerek gaz çıkışı bitene kadar ısıtıldıktan sonra % 1 lik HCl ilâve edilerek çökelek çözülür. Daha sonra örnek, 200 ml lik balonlara alınarak, % 1 lik HCl ile hacme tamamlanır ve polietilen şişeye alınır.

Si un bulunması (kolorimetrik): Eritme yöntemi ile hazırlanan 1000 ml lik çözeltiden 10 ml alınarak, 2 ml amonyum molibdat çözeltisi konur. 10 dakika bekletildikten sonra 4 ml tartarik asit ve ardından 1 ml indirgeyici çözelti eklenerek 100 ml ye tamamlanır. Daha sonra örnek 1 saat bekletilerek, spektrometredeki hücreye konur ve 475 nm dalgaboyunda (renk mavi) absorbens olarak okunur. Okunan sonuç spektrometredeki diğer hücrelere konulan standart maddelerin absorbens değerlerinin ortalaması ile karşılaştırılarak SiO_2 yüzdesi elde edilir.

Al un bulunması (kolorimetrik): Si daki ile aynı yöntem, fakat farklı reaktif maddeler kullanılarak 650 nm dalgaboyunda (renk kavun içi) absorbens olarak okunur.

Diğer elementlerin bulunması (atomik absorpsiyon spektrometresi): Buharlaştırma yöntemi ile hazırlanan çözeltiden, değişik elementler için değişik seyreltmeler yapılarak yüzdeler bulunur.

Kızdırma kaybı tayini: Bu tayin örneklerdeki kristal suyunun yüzdesini bulmak için yapılır. Bu amaçla, önceden 1000°C de tartılan porselen krozelere 1 gr örnek alınarak, 1000°C deki fırına konulur. 8 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak soğutulur. Ardından tekrar tartım işlemi yapılır ve yüzde olarak kızdırma kaybı bulunur.

5.6. X-Işınları Kırınımı (X-RD) Yöntemi

001 yansıma diyagramlarını iyi biçimde elde etmek için, bir miktar kil çamuru oluklu (0,1-0,15 mm derinlikteki) lâmlar üzerine konulmak suretiyle hazırlamalar (sample) yapılır [26]. Bir başka lâmla çamur, yüzeyi düzgün olacak biçimde oluğa doldurulur ve laboratuvar sıcaklığında kurumaya bırakılır. Yönlenmeye en çok etki eden çamur nemliliğinin, düzeltme lâminin çamur üzerinden birkaç kez geçirilmesine izin verecek düzeyde olması gerekir. Bazen lâm üzerindeki örnek, kuruma sonucunda kristallik derecesi, amorf malzeme içermesi gibi nedenlerle çatlayıp dökülebilir. Bu gibi durumlarda ve çok az kil içeren örneklerde çamur, saf su ilâvesi ile süspansiyon hale getirilir. Süspansiyon pipetle düz bir lâm üzerine konularak kurumaya bırakılır.

Her örnekten özdeş iki hazırlama yapılır. Bunların birinden, önce normal(N)-difraktogramı kaydedilir ($2\theta = 2-30^\circ$). Aynı hazırlama, içinde etilen glikol (G) bulunan vakum altındaki desikatörde en az 12 saat süre ile bekletilir ve daha sonra X-RD de difraktogramı kaydedilir (G-difraktogramı), ($2\theta = 2-18^\circ$). İkinci hazırlama, 490°C de 4 saat fırınlandıktan sonra difraktogramı kaydedilir (F-difraktogramı) ($2\theta = 2-18^\circ$).

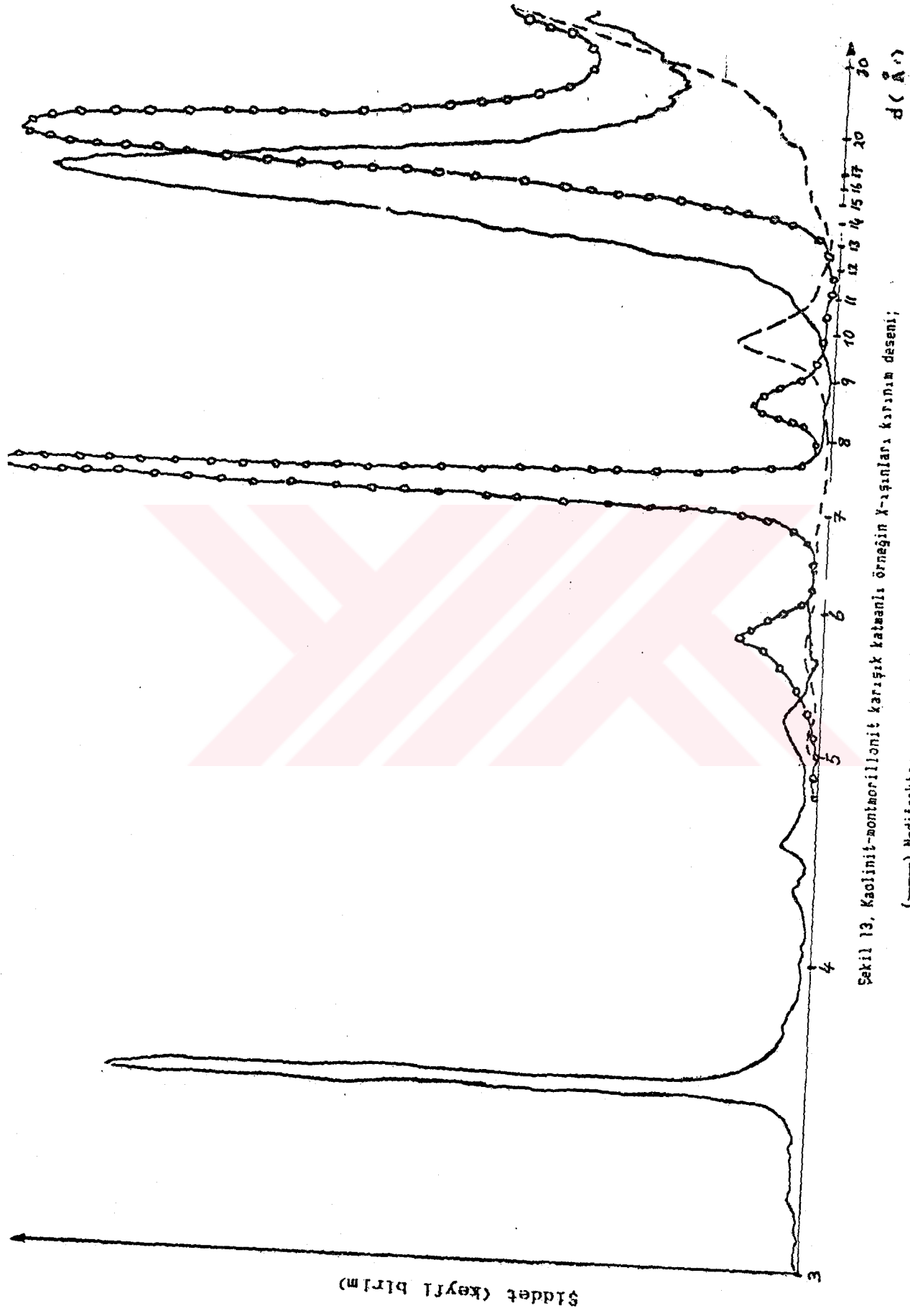
G-kayıdı, smektit ve arakatmanlaştığı kil türlerinin ayırt edilmesi amacı ile yapılır. Bazı araştırmacılar, bu polar polialkolün (etilen glikol) düşük birim katman yüklü ($\approx 0,6$) vermikülitleri de şişirebileceğini öne sürerek gliserol kullanmaktadırlar. Ancak şişirme işleminde, buhar basıncı çok düşük olan gliserolle örneklerin doğrudan temas etmesi gerek-

tedir. Bu ise, yönlennmeyi büyük ölçüde etkileyerek kayıtların kalitesini düşürmektedir.

F-kayydının amacı ise, kaoliniti kloritten ayırmaktır. Bu ayırım, 7 Å civarındaki yansımada N-kayydına göre gözlenebilecek şiddet azalmasına dayanmaktadır. Kaolinitin F-kayydında, bu bölgede çökme nedeniyle pik gözlenmeyecektir. F-kayydında, fırınlamanın kloritte neden olduğu yönlennme bozukluğunun etkisi ile çok sık rastlanan genel şiddet azalmasının yanısıra, bazı yıpranmış kloritlerde de bu sıcaklıkta (490°C) yıkılmalar da gözlenebilir. Bu da kaolinit klorit ayırımında yanılığalara neden olabilir. Bundan dolayı, bu iki mineralin gerçek ayırımı hidrazin hidroksit veya dimetil sülfoksit ile kaolinitleri şişirerek yapılır. Ancak düzensiz yapılı kaolinitlerin hidrazin hidroksitle şişemedikleri ve hidrazin hidroksitin çok hızlı buharlaştığı gözönünde tutulmalıdır.

Yukarıda açıklanan yöntemlerle elde edilen hazırlamaların x-ışınları kırınım difraktogramları (Şek. 13) toz difraktometresi (PHILIPS PW 4631/00) kullanılarak kaydedilmiştir. Kaliteli kayıt yapabilmek amacı ile aşağıdaki deney koşulları sağlanmıştır:

- Cu tüp gerilimi 40 kV, akımı 18 mA,
- Grafit monokromatör (CuK_α = 1,5418 Å),
- Nikel filtre,
- Gonyometre hızı: 2°/dakika,
- Kâğıt hızı: 2 cm/dakika.



Sekil 13. Kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı örneğin X-ışınları kırınım deseni;

(—) N-diffraktogramı, (o-o-o) 6-diffraktogramı ve (---) F-diffraktogramı.

6. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

6.1. Kimyasal Analiz Sonuçları

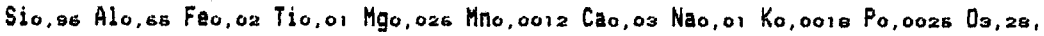
Kimyasal analiz sonuçları (Çizelge 5), atomların kimyasal formüldeki mol oranlarının kaba bir ölçüsüdür. Normal koşullarda killerde bulunan ve ancak aşırı ısıtma ile kilden ayrılabilen su miktarı yüzde olarak kızdırma kaybı (K.K) şeklinde belirtilmiştir. Bu yüzden örneğin kimyasal analizlerindeki madde miktarları kızdırma kaybı gözönüne alınarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Örneğin Kimyasal Bileşimi Ve Atom Yüzdeleri

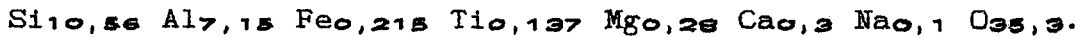
%	I	II	%	III
SiO ₂	51,14	57,93	Si	27,07
Al ₂ O ₃	29,48	33,39	Al	17,6
TiO ₂	0,91	1,03	Ti	0,6
Fe ₂ O ₃	1,39	1,57	Fe	1,1
MnO	0,09	0,101	Mn	0,07
MgO	0,96	1,08	Mg	0,63
CaO	1,48	1,676	Ca	1,2
Na ₂ O	0,3	0,339	Na	0,25
K ₂ O	0,08	0,09	K	0,07
P ₂ O ₅	0,18	0,203	P	0,08
K.K	13,28	—	O	51,12
Toplam	99,29	97,5	Toplam %	99,79

- I : Örneğin kimyasal bileşimi
 II : Örneğin kızdırma kaybı gözönüne alınarak hesaplanan bileşimi
 III : II den hesaplanan atom yüzdeleri

Atomların kütle yüzdelerinden bulunan mol sayıları ile ($n = \text{kütle yüzdesi/atom kütlesi}$) belirlenen, örneğin kimyasal formülü:



K, P ve Mn miktarları çok az olduğundan ihmal edilebilir. 11 normalizasyon koşulu [27] kullanılırsa:

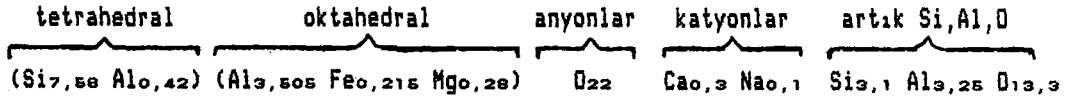


TiO_2 bileşiği genellikle bütün kil minerallerinde, çapları 0,05 ile 0,1 μ arasında değişen küresel parçacıklar biçimindeki safsızlıklar halinde bulunmakta olup, tam olarak elimine edilememektedir [28]. Bu nedenle TiO_2 bileşiği hesaba katılamaz. Bu çalışmada bu bileşiğin atılmadığı hesaplamalar da yapılmış olup, bunun sonuçları önemli ölçüde değiştirmedeği saptanmıştır.

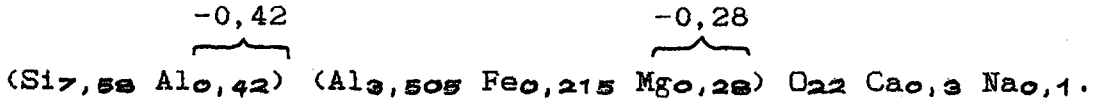
Oktahedral tabakada bulunan Fe^{+3} ve Mg^{+2} iyonlarından Mg^{+2} iyonu bu tabakaya -0,28 lik bir negatif yük kazandırır. Katmanlar arasına giren Na^{+1} ve Ca^{+2} iyonlarının toplam +0,7 lik yükünün +0,28 lik kısmını oktahedral tabakanın -0,28 lik yükünü, geriye kalan +0,42 lik kısmını ise Al^{+3} iyonunun tetrahedral tabakada oluşturduğu -0,42 lik yükü karşılar.

Birim hücre içindeki oktahedral tabakada 4 atom, tetrahedral tabakada ise 8 atom bulunur. Oktahedral tabakadaki Al miktarı, Fe ve Mg miktarlarının 4 ten çıkarılması sonucu 3,505 olarak elde edilir. Geriye kalan Al miktarının 0,42 lik kısmını yükçe nötrlüğün sağlanabilmesi için tetrahedral tabaka içinde

yer alır. Bu 0,42 lik Al miktarının 8 den çıkarılması ile tetrahedral tabakadaki Si miktarı 7,58 olarak bulunur. Böylece:



O, Si ve Al fazlalıklarının serbest halde SiO_2 ve Al_2O_3 şeklinde buldukları varsayılırsa:



Burada yük dağılımı gözönüne alındığında oksijen atomlarının dağılımının $\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ şeklinde olduğu sonucuna varılır.

6.2. X-Işınları Kırınım Sonuçları

Kimyasal analiz yöntemi ile mineral bileşenlerinin kesin tespitleri yapılamadığından, X-ışınları toz kırınım tekniği kullanılmıştır.

Kil minerallerinin fırınlama ve etilen glikol, hidrazin hidroksit gibi maddelerle işlem den geçirilmeleri sonucunda gösterdiği özelliklerinden (Çizelge 6) yararlanarak, incelenen örneğin X-ışını deseninden (Şek.13) yapıyı oluşturan mineral bileşenleri saptanabilir. Deneysel desenden görüldüğü üzere, N-difraktogramında en belirgin pikler yaklaşık 3,6, 7,35 ve 15,4 Å da bulunmaktadır. Bu piklerden 7,35 Å olanı kaolinitin, 15,4 Å olanı smektitin birinci mertebeden yansımalarına ve 3,6 Å da

olanı ise kaolinitin ikinci mertebeden veya smektitin dördüncü mertebeden yansımasına karşılık gelir. Mineral bileşenlerinin daha kesin tespiti için G-difraktogramı ile F-difraktogramına bakılmalıdır. G-difraktogramında 7,35 Å lük pikin yeri değişmemiş, ancak 15,4 Å lük pik yaklaşık 17 Å a kaymıştır. Bu ise kaolinitin şişmezken, smektitin şiştiğini göstermektedir. Kaolinit klorit ayrımının yapılabilmesi için F-difraktogramına bakıldığında 7,35 Å lük pikin kaybolduğu gözlemlendiğinden, bu pikin kaolinit piki olduğu açıktır (Çizelge 6).

Kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen birim hücre formülündeki atom miktarları gözönüne alındığında smektitin dioktahedral formda olduğu bulunur (Kesim 6.1). Bu dioktahedral form ise montmorillonite karşılık gelmektedir (Çizelge 3). Montmorillonitin birinci mertebelik pikinin 15,4 Å de olması ve çizelge 6. Önemli Kil Minerallerinin Normal (N), Fırınılanmış (F), Etilen Glikol (G) ve Hidrazin Hidroksit (H) İşlemlerinden Geçmiş Hazırlamalardaki 001 uzaklıkları (Å), [26]

Mineraller	N	G	F	H
Kaolinit	7	7	Yıkılma	10,5
İllit	10	10	10	10
Klorit	14	14	14	14
Vermikülit	14	14	10	—
Smektit	15	17	10	Değişik
Na-Smektit	12	17	10	Değişik
Sepiolit	12,3	12,3	10	—
Atapulkit	10,5	10,5	10	—
Smektit-Klorit	14	16	12	Değişik

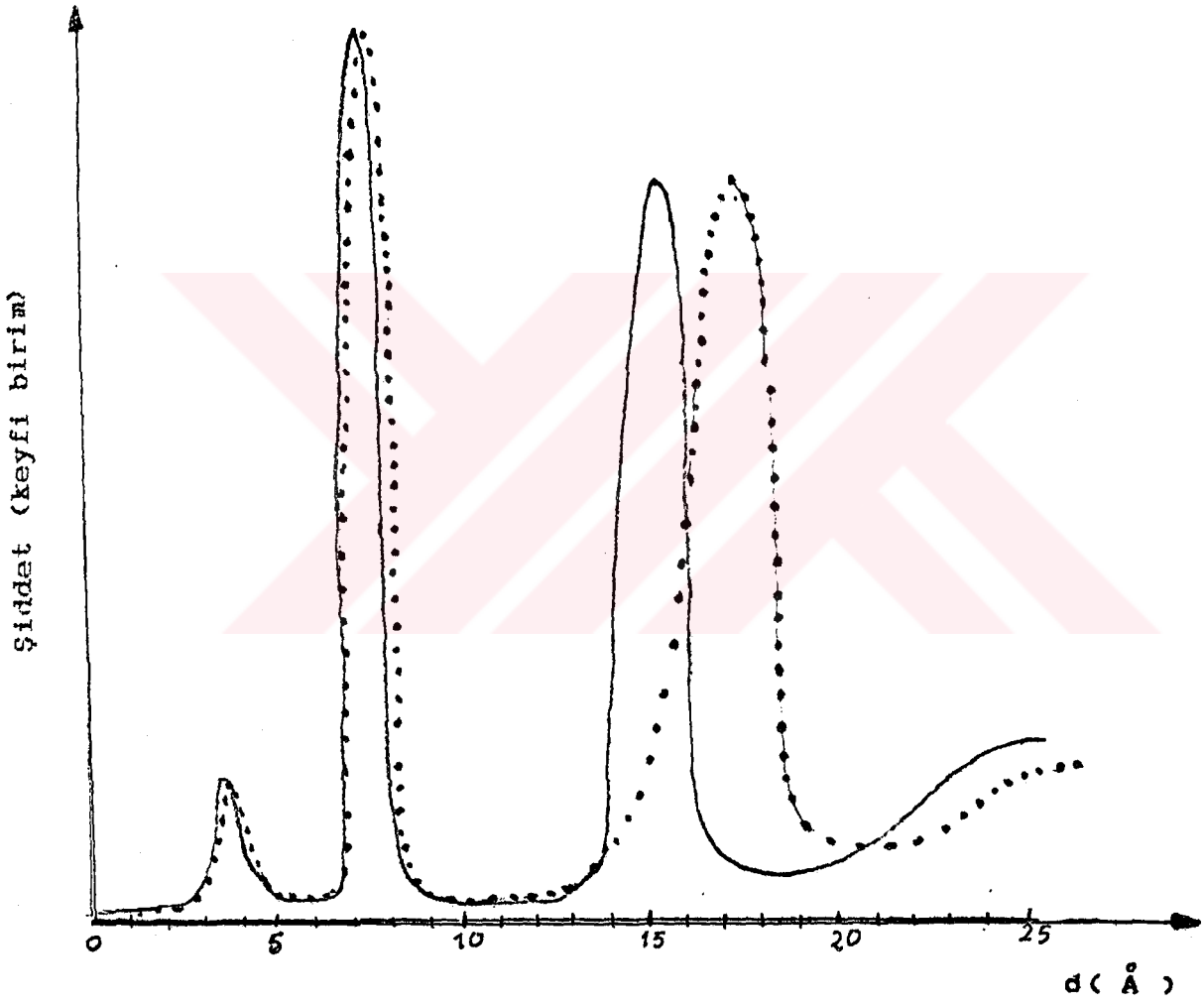
katmanlar arasına giren Ca miktarının Na miktarından büyük olması, bu montmorillonitin Ca-montmorillonit türünde olduğunu gösterir.

$n\lambda = 2d\sin\theta$ Bragg yasası kullanıldığında kaolinit ve montmorillonitin birinci mertebeden yansımalarının bu mineral bileşenlerinin katman kalınlıklarına ($1/d_{001} = 2\sin\theta/\lambda$) karşılık geldiği açıktır. Böylece kaolinitin katman kalınlığı $(d_{001})_k = 7,35 \text{ \AA}$, montmorillonitinki ise $(d_{001})_m = 15,4 \text{ \AA}$ olarak bulunur.

Kaolinit ve montmorillonit katmanlarındaki atom konumları bilinmektedir (Çizelge 7), [19]. Katmanlar arasındaki atomların konumları ile yapıyı oluşturan katman oranları, Denk. (4.11)

Çizelge 7. Kaolinit ve montmorillonit birim hücrelerindeki atomların miktarı ve z konuları.

KAOLiNiT			MONTMORiLLONiT		
n_k	K_{n_k}	$z(\text{ \AA })$	n_m	K_{n_m}	$z(\text{ \AA })$
O	6	0,00	O	6	0,00
O	6	2,21	O	6	2,21
O	6	4,33	O	6	4,33
O	0	6,54	O	6	6,54
Si	4	0,57	Si	3,79	0,57
Si	0	5,97	Si	3,79	5,97
Al	0	0,57	Al	0,21	0,57
Al	0	5,97	Al	0,21	5,97
Al	4	3,27	Al	3,505	3,27
Fe	0	3,27	Fe	0,215	3,27
Mg	0	3,27	Mg	0,28	3,27
Na	0	7,41	Na	0,05	7,41
Na	0	9,46	Na	0,05	9,46
Ca	0	12,18	Ca	0,3	12,18



Sekil 14. Kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı örneğin 00 ℓ yansımaları;

(—) deneysel, (•••••) hesaplanan.

in Basic dilinde yazılmış bilgisayar (Amstrad PCW 8256, 102K) programı (Ek 1) ile hesaplanması sonucu bulunmuştur. Bu programda Z ye karşı $I_{00}(Z)$ hesaplanmış olup, başka bir programla (Ek 2) hesaplanan atom saçma faktörleri [29] ile atomların katman içindeki konumları ve miktarları data şeklinde girilmiştir.

Deneysel eğri ile Denk. (4.11) den hesaplanan eğri arasında en iyi uyum sağlatılarak, katmanlararası katyonların konumları 7,41 Å (Na), 9,46 Å (Na), 12,18 Å (Ca) ve katman oranları ise $P_m=0,36$, $P_k=0,64$ olarak bulunmuştur.

Deneysel egride 7,35 Å de gözlenen kaolinit piki, en iyi uyumun sağlandığı $P_m=0,36$ değeri için hesaplandığında 7,54 Å de, 15,4 Å de gözlenen montmorillonit piki ise 17,8 Å de elde edilmiştir (Şek. 14). Montmorillonit pikinin 15,4 Å de bulunması ancak $P_m=0,92$ değerinde gerçekleşmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, başka araştırmacıların [27,30] buldukları ile uyum içindedir.

6.3. Piklerin Yerdeğiştirme Özellikleri

Kuramsal formülde, P_m oranları 0,2 adımla 0,1 ile 0,9 arasında değiştirilerek piklerin yerdeğiştirme özellikleri incelenmiştir (Şek. 15). Bu incelemede montmorillonit oranı arttıkça, deneysel desendeki montmorillonit pikine konumca yaklaşırlarken, kaolinit piki daha büyük değerde (7,69 Å) ortaya çıkmaktadır. Deneysel desende kaolinit pikinin şiddetçe montmorillonitinkinden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Oysa, hesapta montmorillonit oranı artırıldığında, montmorillonitin

şiddetinin kaolinitinkinden çok daha büyük olduğu bulunmuştur. Farklı P_m değerleri ile yapılan hesaplamada kaolinit pikinin $7,41-7,69 \text{ \AA}$, montmorillonit pikinin ise $15,4-21 \text{ \AA}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçların başka araştırmacıların [30,31,32] düzensiz arakatmanlaşma için elde ettikleri bulgular ile uyum içinde bulunması, bu çalışmada elde alınan örneğin kaolinit-montmorillonit düzensiz karışık katmanlı yapıda olduğunu ortaya koymuştur.

6.4. Tartışma Ve Öneriler

Deneysel ve hesaplanan desenler arasında tam uyumun sağlanamaması aşağıdaki nedenlere bağlanabilir:

- Kaolinit ve montmorillonitin katman içi kusurlarının olmadığı varsayılmıştır.
- R modülasyon matrisinin (Denk. 3.28) üçüncü terimi etkisinin çok olmadığı [Bölüm 4, Denk. (4.5)] gözönüne alınarak, matris açılım hesabında kolaylık sağlanması bakımından ihmal edilmiştir.
- Kullanılan tekniğin elimine etmede yetersiz kaldığı kuvars, feldispat gibi birtakım safsızlıklar hesaba katılmamıştır.
- X-ışınları kırınım verilerini önemli ölçüde etkileyen Lorentz, kutuplanma düzeltmeleri ile daha az etkili olan sönüm (extinction), soğurma, termal titreşimler ve dağılma (dispersiyon) düzeltmeleri yapılmamıştır.
- hk bandları alt istiflerdeki saçılmayı verirken, 00l yansımaları tüm sistemdeki saçılmayı verir. Bu yüzden 00l yan-

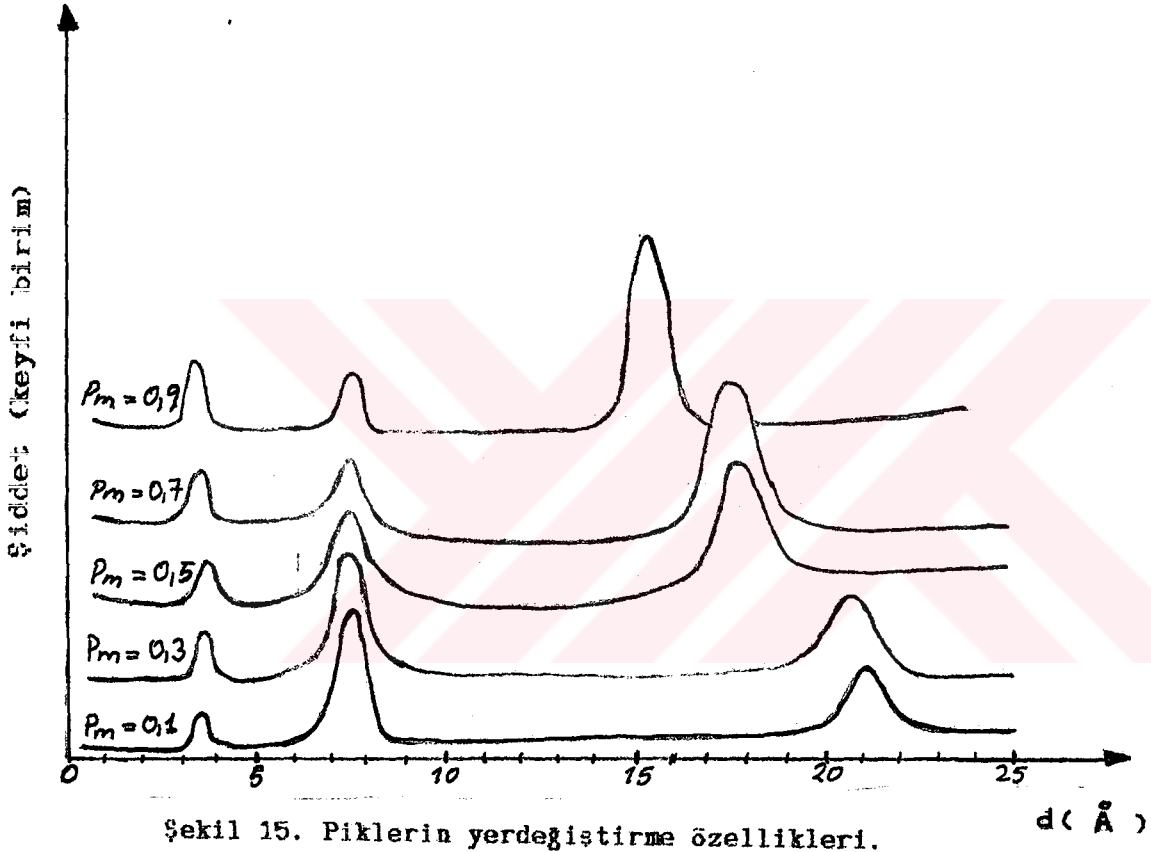
sımsımlarından elde edilen katman kalınlıkları gerçek değerinden bir miktar büyük olmaktadır [33].

Deneyssel ve kuramsal sonuçların karşılaştırılmasında 00l yansımsımlarınının kullanıldığı geniş bir çalışma alanı vardır:

- Bu çalışmada karışık katmanlı yapıya uygulanan model (Bölüm 4), tek tür bir katman kusurunun incelenmesinde kullanılacak Şekilde değiştirilebilir.

- Kaolinit-montmorillonit karışık katmanlı yapısındaki 00l yansımsımları için ayrıntıları veren bu model, amaca uygun olarak diğer hk bandlarına da genişletilerek uygulanabilir [22,23]. Katman yapılı toz örneklerde genellikle tercihli yönelim bulunduğundan, 00l yansımsımlarında $1/4\pi$ izotropik değerine yaklaşan $N(\alpha)$ yönelim fonksiyonu ile Şekil fonksiyonunu (Kesim 3.5) içeren $T(X)$ fonksiyonu hk bandları için hesaba katılmalıdır.

Bu model ikiden fazla türdeki katmanlı yapılara da uygulanabilir.



EK 1

```

10 cls%=CHR$(27)+"E"+CHR$(27)+"H"
20 DIM f1(8,97),fi(15,97),fj(15,97),mi(15),mj(15),zi(15),zj(15),Ioo(97)
30 INPUT "Pm degerini Giriniz";Pm
40 INPUT "Baslangic Noktasi Bas";Bas
50 FOR i=12 TO 14
60 INPUT zi(i)
70 j=i
80 zj(j)=zi(i)
90 NEXT i
100 FOR i=1 TO 7
110 FOR s1=1 TO 96
120 READ f1(i1,s1)
130 NEXT s1;NEXT i1
140 FOR i=1 TO 4
150 FOR s1=1 TO 96
160 fi(i,s1)=f1(i,s1)
170 j=i;fj(j,s1)=f1(i,s1)
180 NEXT s1;NEXT i
190 FOR i=5 TO 6
200 FOR s1=1 TO 96
210 fi(i,s1)=f1(2,s1)
220 j=i;fj(j,s1)=f1(2,s1)
230 NEXT s1;NEXT i
240 FOR i=7 TO 9
250 FOR s1=1 TO 96
260 fi(i,s1)=f1(3,s1)
270 j=i;fj(j,s1)=f1(3,s1)
280 NEXT s1;NEXT i
290 FOR i=10 TO 10
300 FOR s1=1 TO 96
310 fi(i,s1)=f1(4,s1)
320 j=i;fj(j,s1)=f1(4,s1)
330 NEXT s1;NEXT i
340 FOR i=11 TO 11
350 FOR s1=1 TO 96
360 fi(i,s1)=f1(5,s1)
370 j=i;fj(j,s1)=f1(5,s1)
380 NEXT s1;NEXT i
390 FOR i=12 TO 13
400 FOR s1=1 TO 96
410 fi(i,s1)=f1(6,s1)
420 j=i;fj(j,s1)=f1(6,s1)
430 NEXT s1;NEXT i
440 FOR i=14 TO 14
450 FOR s1=1 TO 96
460 fi(i,s1)=f1(7,s1)
470 j=i;fj(j,s1)=f1(7,s1)
480 NEXT s1;NEXT i
490 FOR i=1 TO 11
500 READ mi(i),zi(i)
510 NEXT i
520 mi(12)=0,05;mi(13)=0,05;mi(14)=0,3
530 FOR j=1 TO 11
540 READ mj(j),zj(j)
550 NEXT j

```

```

560 mj(12)=0;mj(13)=0;mj(14)=0
570 dm=15,35;dk=7,3;om=46,765
580 s1=0
590 LPRINT CHR$(15), TAB(31); "Pm=";Pm
600 LPRINT CHR$(15), TAB(31); zi(12),zi(13),zi(14)
610 FOR s=0,05 TO 0,2875 STEP 0,0025
620 s1=s1+1
630 IF s<bas GOTO 950
640 s2=s*s
650 PAD=1/(4*3,14159*OM*s2)
660 PAY=1/((1-pm)*COS(2*3,14159*s*dm)-(1-pm)*COS(2*3,14159*s*dk))
670 car=pad*pay
680 Fs=0
690 FOR i=1 TO 14
700 FOR j1=1 TO 14
710 arg1=2*3,14159*s*(zi(i)-zi(j1))
720 fs=fs+mi(i)*fi(i,s1)*mj(j1)*fj(j1,s1)*COS(arg1)
730 NEXT j1;NEXT i
740 fak1=pm*(1+pm)*COS(2*3,14159*s*dm)-(1-pm)*COS(2*3,14159*s*dk)
750 fak2=fs*fak1
760 fk=0
770 FOR j=1 TO 14
780 FOR j2=1 TO 14
790 arg2=2*3,14159*s*(zj(j)-zj(j2))
800 fk=fk+mj(j)*fj(j,s1)*mj(j2)*fj(j2,s1)*COS(arg2)
810 NEXT j2;NEXT j
820 fak3=(1-pm)*(1-pm)*COS(2*3,14159*s*dm)+(1-pm)*COS(2*3,14159*s*dk)
830 fak4=fk*fak3
840 fsk=0
850 FOR i=1 TO 14
860 FOR j=1 TO 14
870 arg12=2*3,14159*s*(zi(i)-zj(j)-ds)
880 arg21=2*3,14159*s*(zi(i)-zj(j)+dk)
890 arg22=COS(arg12)+COS(arg21)
900 fsk=fsk+mi(i)*fi(i,s1)*mj(j)*fj(j,s1)*(arg22)
910 NEXT j;NEXT i
920 fak5=fsk*2*pm*(1-pm)
930 Ioo(s)=car*(fak2+fak4+fak5)*9
940 LPRINT TAB(30), CHR$(15) "s=";ROUND(s,4), "d=";ROUND(1/s,3), "Ioo(s)=";ROUND(Ioo(s),3)
950 NEXT s
960 END

```

EK 2

```

10 ds=0.00125
20 N=54
30 cls$=CHR$(27)+"E"+CHR$(27)+"H"
40 PRINT cls$
50 DIM Z(20), s(1000), f(1000), p(10,100)
60 INPUT Z
70 FOR i=1 TO 54
80 READ s(i), f(i)
90 NEXT i
100 LPRINT CHR$(15), " |   s   |   f(s)   | "
110 LPRINT CHR$(15), " |-----| "
120 FOR k=1 TO N
130 IF s(k)=0 AND f(k)=Z THEN 160 ELSE 140
140 NEXT k
150 REM * BU ATOMUN INTERPOLE EDILEN DEGERLERI *
160 t=k
170 FOR l=k TO T+5
180 FOR s=s(1) TO s(1+1)-ds STEP ds
190 f(s)=f(l)+(f(l+1)-f(l))*(s-s(1))/(s(1+1)-s(1))
200 s=ROUND(s,5)
210 IF s<0.02 GOTO 230
220 LPRINT CHR$(15),   s, f(s)
230 NEXT s
240 NEXT l
250 RUN
260 END
270 DATA 0,8,0.05,7.796,0.1,7.25,0.15,6.482,0.2,5.634,0.25,4.814
280 DATA 0,11,0.05,10.56,0.1,9.76,0.15,9.02,0.2,8.34,0.25,7.62
290 DATA 0,12,0.05,11.52,0.1,10.5,0.15,9.53,0.2,8.75,0.25,8.09
300 DATA 0,13,0.05,12.44,0.1,11.23,0.15,10.06,0.2,9.16,0.25,8.47
310 DATA 0,14,0.05,13.45,0.1,12.6,0.15,10.79,0.2,9.67,0.25,8.85
320 DATA 0,19,0.05,17.65,0.1,16.73,0.15,15.3,0.2,13.73,0.25,12.27
330 DATA 0,20,0.05,19.09,0.1,17.33,0.15,15.73,0.2,14.32,0.25,12.98
340 DATA 0,22,0.05,21.17,0.1,19.41,0.15,17.65,0.2,16.07,0.25,14.58
350 DATA 0,26,0.05,25.3,0.1,23.68,0.15,21.85,0.2,20.09,0.25,18.4

```

KAYNAKLAR

- [1] Bailey, S. W. (1980a) *Am. Miner.* 65, 1-7.
- [2] Levy, F. (1976) *Crystallography and crystal chemistry of materials with layered structures* (page: 185-267). Reidel, Dordrecht.
- [3] Zvyagin, B. B. (1967) *Electron-diffraction analysis of clay mineral structures*. (Chapter 1). Plenum Press, New York.
- [4] Bailey, S. W. (1980b) *Structures of layer silicates*. In *Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification* (ed. G. W. Brindley and G. Brown), ch. 1. London: Mineralogical Society.
- [5] Ormerod, E. C. and Newman, A. C. D. (1983) *Clays and Clay Miner.* 18, 289-299.
- [6] Bailey, S. W. (1982) *Clay Miner.* 17, 243-248.
- [7] Reynolds, R. C. (1980) *Interstratified clay minerals*. In *Crystal structures of clay minerals and their identification* (ed. G. W. Brindley & G. Brown), ch. 4. London: Mineralogical Society.
- [8] Mac Ewan, D. M. C., Ruiz-Amil, A. and Brown, G. (1961) *Interstratified clay minerals In: The X-ray identification and crystal structures of clay minerals* (Ed. by G. Brown). p. 393. Mineralogical Society. London
- [9] Zernicke, F. and Prins, J. (1927) *Z. Physik* 41, 184.
- [10] Guinier, A. (1963) *X-ray diffraction*. W. H. Freeman and Company, San Francisco and London.

- [11] Hendricks, S. and Teller, E. (1942) X-ray interference in partially ordered layer lattices. *The Journal of Chemical Physics* 10, 147-166.
- [12] Kakinoki, J. and Komura, Y. (1965) Diffraction by a one-dimensionally disordered crystal. I. the intensity equation. *Acta Cryst.* 19, 137-147.
- [13] Plançon, A. and Tchoubar, C. (1976) *J. Appl. Crystallogr.* 9, 279-285.
- [14] Warren, B. E. (1941) X-ray diffraction in random layer lattices. *Phys. Rev.* 59, 693-698.
- [15] Brindley, G. W. and Mering, J. (1951) Diffractions des rayons X par les structures en couches désordonnées. I. *Acta Cryst.* 4, 441-446.
- [16] Reynolds, R. C. and Hower, J. (1970) The nature of interlayering in mixed-layer illite-montmorillonites. *Clays and Clay Miner.* 18, 25-36.
- [17] Ben Brahim, J., Armagan, N., Besson, G. and Tchoubar, C. (1986) Methode diffractometrique de caracterisation des etats d'hydratation des smectites stabilite relative des couches d'eau inserees. *Clay Miner.* 21, 1-14.
- [18] Plançon, A. (1981) Diffraction by layer structures containing different kinds of layers and stacking faults. *J. Appl. Crystallogr.* 14, 300-304.
- [19] Sakharov, B. A. and Drite, V. A. (1973) Mixed-layer kaolinite-montmorillonite. A comparison of observed and calculated diffraction patterns. *Clays and Clay Miner.* 21, 15-17.

- [20] Besson, G. (1980) Structures des smectites dioctaedriques parametres conditionnat les fautes d'empilement des feuillets. PhD.
- [21] Ben Brahim, J., Armağan, N., Besson, G. and Tchoubar, C. (1983) X-ray diffraction studies on the arrangement of water molecules in a smectite. I. Homogeneous two-water layer Na-Beidellite. J. Appl. Cryst. 16, 264-269.
- [22] Plançon, A., Besson, G., Pons, C. H. and Tchoubar, C. (1980) Calcul du profil des bandes de diffraction produites par des empilements de feuillets de nature différente. J. Appl. Crystallogr. 13, 148-153.
- [23] Plançon, A. and Tchoubar, C. (1977) Determination of structural defects in phyllosilicates by X-ray powder diffraction-I. Principle of calculation of the diffraction phenomenon. Clays and Clay Miner. 25, 430-435.
- [24] Plançon, A. and Tchoubar, C. (1977) Determination of structural defects in phyllosilicates by X-ray powder diffraction-II. Nature and proportion of defects in natural kaolinities. Clays and Clay Miner. 25, 436-450.
- [25] Çağlar, A. T. (1989) Selçuk üniv. Yüksek Lisans Çalışması.
- [26] Gündoğdu, M. N. ve Yılmaz, O. (1985) Kil mineralojisi yöntemleri.
- [27] Cradwick, P. D. and Wilson, M. J. (1972) Calculated X-ray diffraction profiles for interstratified kaolinite-montmorillonite. Clays Miner. 9, 395-405.
- [28] Weiver, C. E. (1975) The nature of TiO_2 in kaolinite. Clays and Clay Miner. 24, 215-218.

- [29] Taşer, M. (1990) X-ışını toz kırınım çalışmalarında güvenilirlik faktörünün kullanılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- [30] Schultz, L., Shepard, A., Blackmon, P. and Starkey, H. (1970) Mixed-layer kaolinite-montmorillonite from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Clays and Clay Miner.* 19, 137-150.
- [31] Shimoyama, A. Johns, W. D. and Sudo, T. (1969) *Proc. Int. Clay Cong. Tokyo*, 1, 225.
- [32] Wiewiora, A. (1971) A Mixed-layer kaolinite-smectite from Lower Silesia, Poland. *Clays and Clay Miner.* 19, 415-416.
- [33] Maire, J. and Méring, J. (1970) Chemistry and physics of carbon, edited par P. L. Walker, 6, 125-189. New York: Marcel Dekker.

ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında Karaman'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Karaman'da tamamladıktan sonra 1982 yılında Selçuk Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesi Fizik Bölümü'ne girdim. Aynı fakülteden 1986 yılında mezun olduktan sonra, aynı yıl S. Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım. 1987 yılında S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladım. Halen bu enstitüde öğrenimim devam etmektedir.