

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA
ANABİLİM DALI

PALEOCOĞRAFYA ÇALIŞMALARINDA POLEN ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

Berna HEPBİLGİN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU

Ankara-2010

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA
ANABİLİM DALI

PALEOCOĞRAFYA ÇALIŞMALARINDA POLEN ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan Yiğitbaşıoğlu

Tez Jürisi Üyeleri

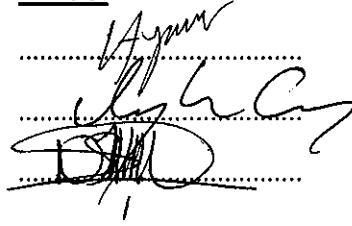
Adı ve Soyadı

Prof. Dr. Hakan Yiğitbaşıoğlu.....

Doç. Dr. Ayhan Ersoy.....

Yrd.Doç .Dr. Necla Türkoğlu.....

İmzası



Tez Sınavı Tarihi22.1.2010.....

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. (...30./...5.../2010.)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin
Adı ve Soyadı

Berna Hepbilgin

İmzası



İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	I
ÖNSÖZ	II
AMAÇ	III
YÖNTEM	III
GİRİŞ	IV
1. BÖLÜM	1
1.1. POLEN	1
1.2. POLEN YAPISI VE MİMARİSİ	3
2. BÖLÜM	9
2.1. POLEN ÜRETİMİ- DAĞILIŞI-KORUNMASI	9
2.2. POLEN ANALİZİNİN ANA HATLARI	14
2.3. POLEN ANALİZİNİN TEMEL PRENSİPLERİ	15
2.4. POLEN ANALİZİ ARAZİ ÇALIŞMALARI	17
2.5. POLEN ANALİZİ LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	19
2.5.1. UYARILAR – ÖNLEMLER	19
2.5.2. SEDİMENT TANIMLAMA	21
2.5.2.1. SEDİMENTİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	21
2.5.2.2. SEDİMENTİN HUMİFİKASYON DERECESESİ	22
2.5.2.3. SEDİMENTİN BİLEŞİMİ	22
2.5.3. STANDART BİR POLEN AYIRMA SÜRECİ	24
3. BÖLÜM	26
3.1. HATA KAYNAKLARI	26
3.1.1. STRATİGRAFİK HATALAR	26
3.1.2. İSTATİSTİKSEL HATALAR	30
3.2. POLEN DİYAGRAMLARI	31
3.3. POLEN DİYAGRAMLARININ YORUMLANMASI	35
4. BÖLÜM	38
4.1. TÜRKİYE'DE POLEN ANALİZİ ÇALIŞMALARI SONUCU ORTAYA KONULAN BAZI REKONSTRÜKSİYONLAR	38
4.1.1. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT POLEN ANALİZİ	38
4.1.1.1. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT ÇÖKELME REKONSTRÜKSİYONU	47
4.1.1.2. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT VEJETASYON REKONSTRÜKSİYONU	48
4.1.1.3. GEÇ HOLOSEN'DE BÖLGE ÜZERİNDE İNSAN ETKİSİ	50
4.1.2. NAR GÖLÜ ÜZERİNE BİR REKONSTRÜKSİYON	52
4.1.3. İSTANBUL – TEKİRDAĞ ARASINDAKİ KIYI BÖLGESİNDE POLENE DAYALI BİR REKONSTRÜKSİYON	61
5. BÖLÜM	65
5.1. POLEN ANALİZİNDE SON GELİŞMELER	65
5.2. SONUÇ	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Elektron Mikroskobundan Polen Görüntüleri	1
Şekil 2: Çiçek Kesiti	1
Şekil 3: Çiçekli Bitkilerde Üreme (Polinasyon)	2
Şekil 4: Polen Tüpünün Gelişmesi	3
Şekil 5: Polen Tanesinin Yapısı.	3
Şekil 6: Spor Yapısı	5
Şekil 7: Exine'in Evrimsel Eğilimi	5
Şekil 8: Polen Tanelerinin Mimarisi	6
Şekil 9: <i>Compositae</i> (Bileşikgiller) Familyasına ait <i>Cousina</i> Polenleri	7
Şekil 10: <i>Compositae</i> Familyasına ait <i>Achillea</i> Cinsinin Polenleri	7
Şekil 11: Böceklerle Polenleşen Bir Bitki	9
Şekil 12: Tohumlarını Rüzgar Yardımıyla Dağıtan Bir Bitki	9
Şekil 13: Polen Birikim Hızı Diyagramı (Polen Influx)	33
Şekil 14: Gölhisar Bölgesini Gösteren Doğu Akdeniz Haritası	38
Şekil 15: Gölhisar Gölü'nde Örnek Alınan Noktalar	39
Şekil 16: GHA Karotu için Litostratigrafi, LOI ve Manyetik Hassasiyet.	41
Şekil 17: Gölhisar Gölü GHA Karotunun Litostratigrafisinin Açıklaması	42
Şekil 18: Gölhisar GHA Karotunun Karasal Sınıflarının % polen diyagramı	44
Şekil 19: Şekil 18'in devamı	45
Şekil 20: Gölhisar GHA Karotunun Özet Polen Sonuçları	46
Şekil 21: Nar Gölü'nün Lokasyonu	52
Şekil 22: Kapadokya'da Tarihi Dönemler	53
Şekil 23: Nar Gölü Verilerinden Geç- Holosen Çevresel Değişimler	54
Şekil 24: Şekil 23'teki Karasal Polen Zonlarının Açıklaması	55
Şekil 25: Polen Örneklerinin Alındığı Noktaların Lokasyonu	61
Şekil 26: Tiliagraf	69
Şekil 27: Otomatik Zonlama	69

ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlarken,

Büyük destekçim olan kıymetli Annem'e minnetlerimi sunuyorum.

Yoğun yönetimsel görevleri olmasına rağmen yüksek lisans eğitimim boyunca büyük desteğini gördüğüm, Sayın Hocam Prof. Dr. Hakan Yiğitbaşıoğlu'na ve Yrd. Doç. Dr. Necla Türkoğlu hocama teşekkürü bir borç biliyorum.

Değerli arkadaşım uzman biyolog Gülsen Kendir'e tezimle ilgili her türlü desteği, düşünce ve önerisi için teşekkür ederim.

AMAÇ

Polene dayalı bir paleocoğrafya rekonstrüksiyonu için coğrafyacının botanik bilgi altyapısına ve analiz sonucu elde edilen diyagramların yorumu kısmında iyi bir modern ekoloji bilgisine sahip olması gerekmektedir.

Coğrafyada Polen Analizi, sadece sondaj sonucu çıkan türlerin hangi bitkiye ait olduğunun ortaya konulması demek değildir. Bu yüzden bu çalışmada kendi içinde karmaşık bir yapıya sahip olan polen analizi aşamaları coğrafi çalışmalar açısından ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bu tezin Türkiye’de henüz yeni sayılacak, polen analizine dayalı paleocoğrafya rekonstrüksiyonu çalışmaları hakkında Ulusal literatürdeki boşluğu doldurması ve polene dayalı kapsamlı paleocoğrafya rekonstrüksiyonları için bir altyapı oluşturması amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada polen analizine dair literatür araştırması yapılmış, elde edilen önemli temel ve güncel kaynaklarda paleocoğrafya çalışmalarında polen analizinin uygulanışı ve ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

GİRİŞ

Polen, bitkinin genetik şifresinin yarısını içinde barındıran ve amacı kendi türünün dışındaki DNA ile bu şifreyi birleştirerek soyunu devam ettirmek olan, çürümeye ve bozulmaya çok dirençli bir taşıyıcıdır. Polen tanelerinin bununla birlikte çok azı amacına ulaşabilir. Amacına ulaşamayan daha büyük kısım değişik ortamlarda çökeller içinde dış yapısı bozulmadan kalabilmektedir.

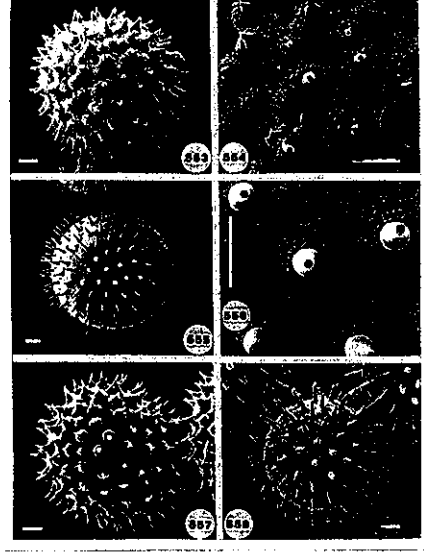
Polen, laboratuarda uygulanan kimyasal işlemlerle bile yapısını bozmayarak, ait olduğu bitkiye dair bilgiler vermektedir. Bu bilgilerle geçmişte bir zaman diliminde, bir alanda hangi bitki türlerinin yaşadığı, bu bitkilerin türlerindeki değişime dayanarak insan faaliyetleri ile ilişkisi ortaya konulabilmektedir. Bu çalışmaların öncesinde çalışma alanının stratigrafik durumunun incelenmesi ve mevcut stratigrafik yapının nedenleri üzerinde durulması; o alanla ilgili elde edilebilmiş kültür varlıkları üzerinde incelemeler ve ilişki kurulması sonucu bir sentez oluşturmaya 'paleocoğrafya rekonstrüksiyonu' denmektedir. Coğrafya biliminin çevre-insan ilişkisi prensibi, yapılan paleocoğrafya rekonstrüksiyonlarını Kuaterner periyoduna özellikle de Holosen dönemine odaklamıştır.

Bu tezde, paleocoğrafya rekonstrüksiyonu için önemli araçlardan biri olan polen analizi konusu ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Polen analizine dayanan birkaç paleocoğrafya rekonstrüksiyonunun hangi aşamalardan geçerek yapıldığı araştırılmıştır.

1. BÖLÜM

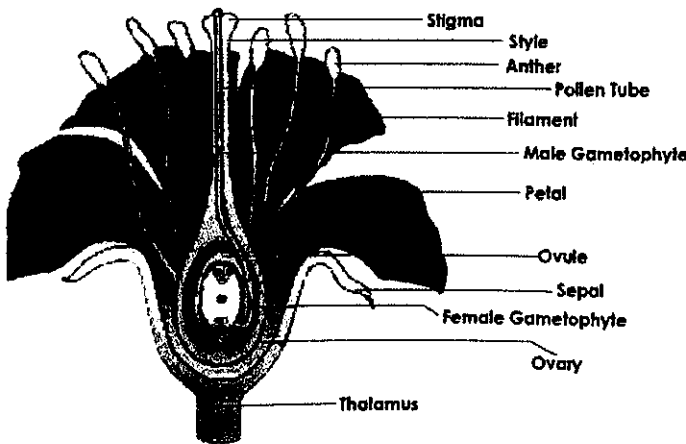
1.1. POLEN

'Polen' kelimesi çoğul anlamda olduğundan polen kelimesi 'polen türleri', 'polen taneleri' şeklinde kullanılmaktadır. Polen tanesi, ait olduğu bitkinin genetik şifresinin yarısını içinde barındıran ve görevi sahip olduğu bu genetik şifreyi türünün dışına aktarmak ve böylece çoğalmak olan bir taşıyıcıdır.

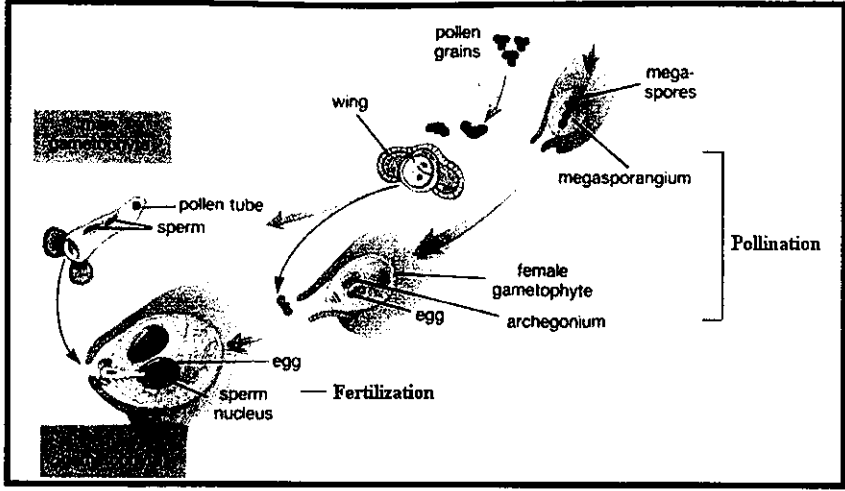


Şekil 1: Elektron mikroskobundan polen görüntüleri

Bitkilerde çoğu tür, tohumla veya soğanla; bazı türler, köklerden uzayan sürgünlerle; bazıları ise polenleşerek ürerler. Polen taneleri rüzgâr, su, böcekler, kuşlar, yarasalar vs. gibi taşıyıcılar vasıtasıyla türlerinin dışına iletilirler. Bitkilerde eşeyli ve eşeysiz üreme gerçekleşmektedir. Eşeysiz üreyen bitkiler, cinsiyet ayrımı olmadan tek bir cinsin belirli yollarla çoğalmasıyla ürerler.



Şekil 2: Çiçek kesiti

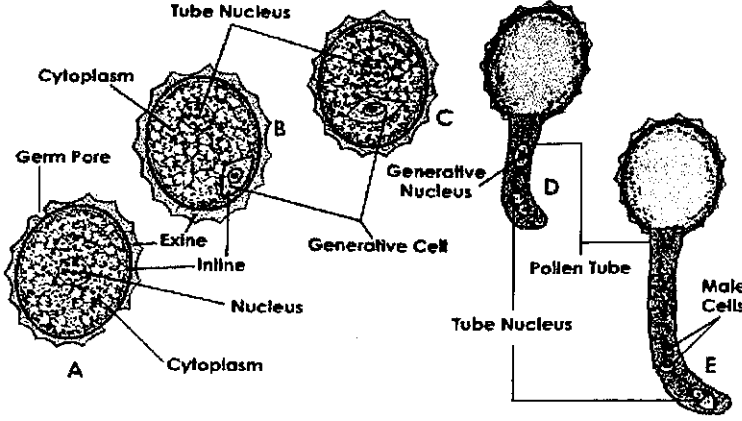


Şekil 3: Çiçekli Bitkilerde Üreme (Polinasyon)

Bu tür bitkilerin hücrelerinin her birinde bitkinin tamamına ait genetik şifre bulunduğundan bitkiden düşen bir parça bitkinin tam bir kopyasını oluşturabilmektedir.

Eşeyli üreme ise bitkinin çiçeğinde bulunan erkek ve dişi üreme organları vasıtasıyla gerçekleşir. Her çiçeğin yapısı farklı olmasına karşın bütün çiçeklerin görevi aynıdır: Üreme hücrelerini üretmek, dağıtımına hazır hale getirmek ve kendisine ulaşan diğer üreme hücresinin çoğalmasını gerçekleştirmektir.

Polen tanesi bitki spermi değildir. Polen tanesi, mayoz (eşeyli) bölünme ile bir çiçeğin başçığı içinde oluşur. Böylece ana bitkinin genetik materyalinin yarısını içerir. Diğer yarıyı tamamlamak amacıyla, polen, sahip olduğu genetik materyali (DNA) aynı türün yumurtasındaki DNA ile birleştirir. DNA'nın bu birleşimiyle döllenme gerçekleşir ve tohum oluşur. Bu tohum filizlenir ve bitki oluşur. Üremenin gerçekleşmesi için polen tanesi çiçeğin erkek organı olan anter'den çiçeğin dişi organı olan pistil'de stigma'ya ulaşmalıdır.



Aktarım gerçekleştikten sonra polen tüpü kopar. Polen tüpünün koptuğu yerde apertür oluşur.

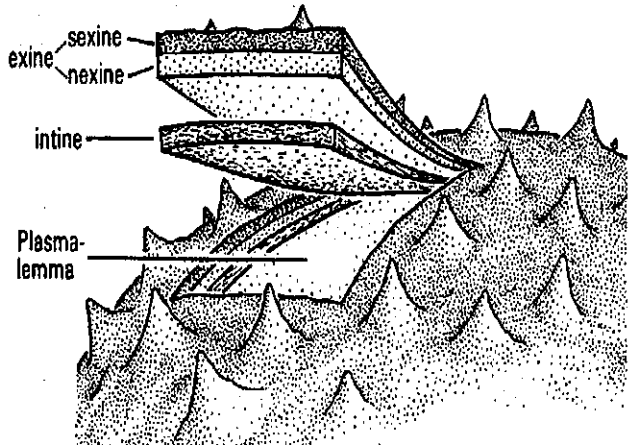
Şekil 4 : Polen tüpünün gelişmesi (A - E), A, bir angiosperm mikrosporu; B-E, erkek gametofitin gelişimi ve polen tanesinin filizlenmesi.

Stigma'ya ulaştığında polen tanesinden uzayan polen tüpü vasıtasıyla polen tanesinin DNA'sı, yumurtalık içindeki diğer DNA ile birleşir. Bu süreç önce bir tohuma, ardından yeni bir bitkiye dönüşecektir.

1.2. POLEN YAPISI VE MİMARİSİ

Polen tanesi üç katmandan oluşur. Merkezdeki kısmı sitoplazmik iç kısım yani yaşayan hücredir. Bu hücre hedef bitkinin stigma'sına ulaştığında büyümeye başlar ve polen tüpünü oluşturur (Bkz. Şekil 4).

Polen tanesinde ikinci katman, orta tabaka olan intin'dir. Intin'in %2-3'ü selülozdan, kalan kısım da izotopik bileşenlerden oluşur.



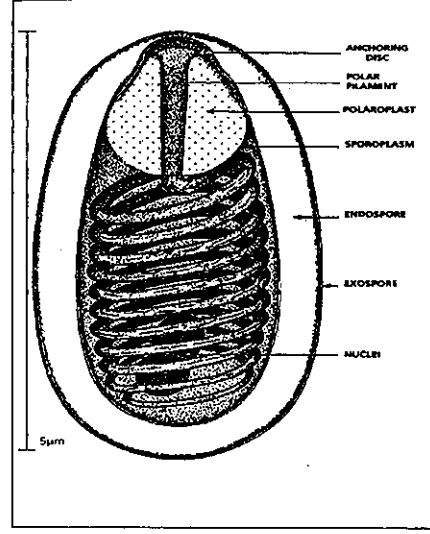
Şekil 5 : Polen tanesinin yapısı.

Polen tanesinin en dış katmanı 'exine'¹dir. Ekzin 300°C ısıtıldığında ve yoğunlaştırılmış asitte bile bozulmadığından organik dünyada bilinen en dayanıklı maddelerden biridir. Ekzin'e şeklini veren nitelikler 'sporopolenin' olarak adlandırılmaktadır. Sporopoleninler selüloz içermediğinden fiziki özellikleri değişmez.

Ekzin, elektron mikroskobu ile incelendiğinde sekzin ve nekzin denilen iki tabakaya ayrılmaktadır. Nekzin, homojen yapıdadır. Sekzin, kendi içinde üç tabakaya ayrılır: En dış tabaka: *tectum*; onun altında gözenekli tabaka kolumella '*collumellae*' ve en alt tabaka '*foot layer*' (Bkz. Şekil 5). Polen tanesinin yüzeyini büyük oranda tectum kaplıyorsa tane '*tectate*', tectumu olmayan taneler '*intectate*'; ve tectumu kısmen görünüyorsa '*semitectate* polen tanesi' adını alır (Bkz. Şekil 7). Polen tanelerinin yüzeyi çok karmaşıktır. Bu karmaşık özelliklerin bir kısmı optik mikroskoplar ile görülebilir. Pek çok polen, yüzeyinde boşluk/aralıklara sahiptir. Bunlara apertür ya da sulkus (*aperture*) denir. Apertür (sulkus), polen tüpünün çıktığı anda ve yerde oluşur. Açık tohumlu bitkilerin (*Gymnosperms*) polen apertürleri, Kapalı tohumlu bitkilerinkine (*Angiosperms*) göre daha az belirgindir. İki tür apertür vardır: Oluk (*furrow*) ve por (*pore*). Oluk ve por arasındaki fark tamamen morfolojiktir. Oluklar daha uzun ve uçları sivri, por'lar izodiametrikdir. Oluk, por'un ilkel halidir.

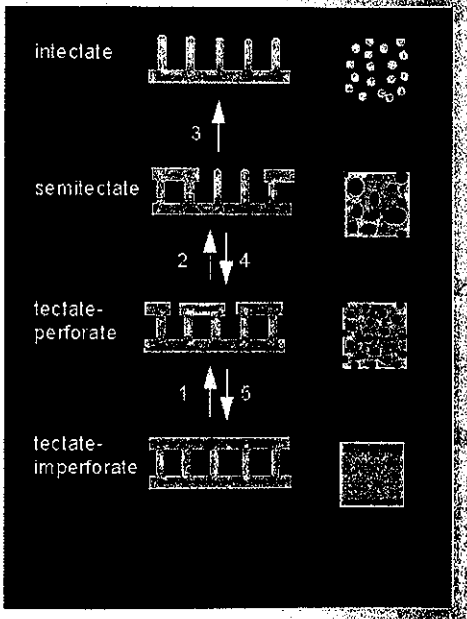
¹ Exine, çalışmanın bu kısmından itibaren 'ekzin' olarak kullanılacaktır.

Her olukta bir por varsa kolpat (*colpate*), olukların bazılarının içinde por bulunuyorsa heterokolpat (*heterocolpate*), bir olukta iki por bulunuyorsa *diploporate* denir. Oluk ve por kombinasyonu kolpus'tur (*colporate*). Oluk ile por'lar arasındaki düzen türlere göre değişir.



Şekil 6: Spor yapısı

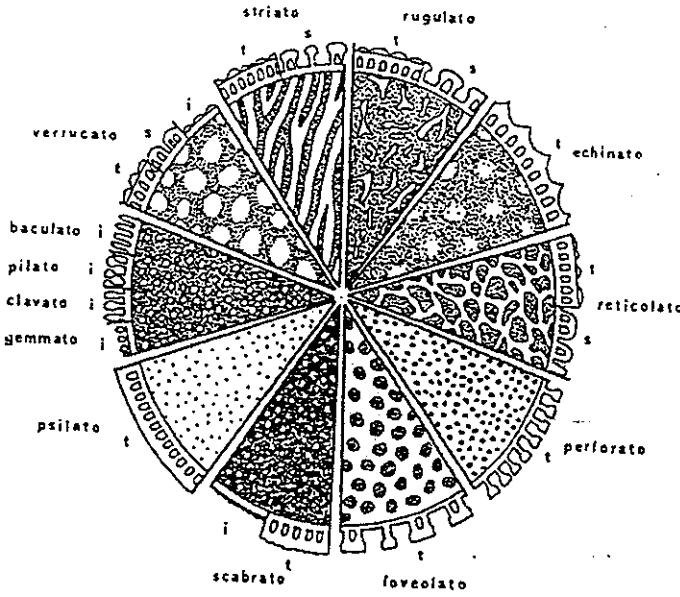
Spor duvarları ekzospor olarak adlandırılır (Bkz. Şekil 6). Ekzosporlar, ekzin gibi çok dayanıklıdır; fakat morfolojileri tamamen farklıdır. Ekzosporların kolumella tabakaları yoktur (Iversen, 1964: 14-19). En küçük polen tanesi 5µ, en büyüğü 500µ dan biraz büyük olabilmektedir. (1µ=1/1000 mm) Polen tanelerinin yapısı ile mimarisi arasında fark vardır. Çoğu durumda bu ikisi karıştırılır. Polen yapısı (pollen structure), tectate ve intectate tanelerin düzeni ve şekillerini kapsar. Ekzin'in üst katmanının tüm karakterleri 'yapı' içine girer.



Şekil 7 : Exine'in evrimsel eğilimi

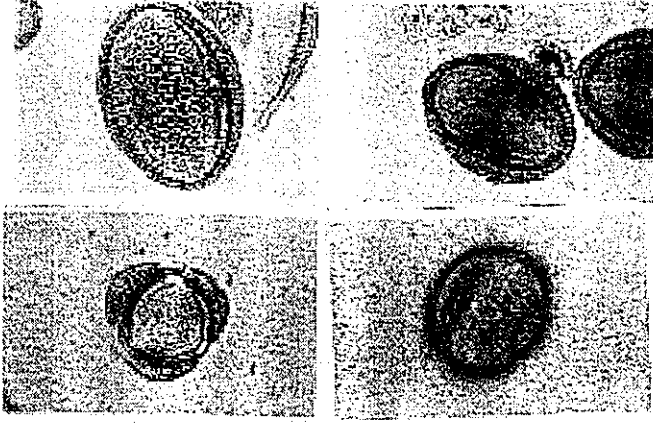
Yapı ve mimariyi ayırt etmek zordur. Örneğin, Zambak'ta (*Lilium*) yapı ve mimari benzerdir (Iversen, 1964:20). Polen mimarisi (pollen ornamentasyon) ise içyapıyı referans almadan dış geometrik yapıyı, sekzin'in şekli ve düzenini ifade etmektedir (Bkz.Şekil 8).

Polen mimarisinin temel türleri şunlardır: psilate, scabrato, verrucate, baculate, echinate, striate, reticulato, rugulate, clavate (Birks, 1980: 161). Polen tanelerinin mimarisi genelde dağılma tarzlarıyla ilgilidir. Düz (psilate ve scabrato) taneler rüzgâr ile taşınmaya, pürüzlü ve çıkıntılı taneler ise böcek ya da hayvanlarla taşınmaya eğilimlidir (Bkz. Şekil: 8).



Şekil 8 : Polen tanelerinin mimarisi

Polen tanelerinde taksonomi açısından üç özelliğe dikkat edilmektedir: 1. Taneler üzerinde bulunan olukların sayısı ve durumu 2. Apertürlerin ve porların sayısı ve durumu 3. Ekzin zarı (dış zar) üzerindeki süslerin biçimi, ornamentasyon. Polen taneleri büyüklükleri ve genel yapıları itibariyle de değişiklik gösterse de bunların taksonomik değeri yoktur. Angiospermlerde başlıca iki polen türü görülmektedir. 1. Monokolpat tip: Bu tür tanelerin bir yüzünde tek oluk vardır. Gymnospermlerde görülür (Bkz. Sekil 9) (Dığrak, 2002: 42-45).



Şekil 9: *Compositae* (Bileşikgiller) familyasına ait *Cousina* cinsinin polenlerinin farklı görünümleri.

2. Trikolpat tip: Bu tip taneler üç boyuna oluk taşır (Bkz. Şekil 10) Kendi içlerinde akolpat (oluksuz) ve pankolpat (oluklu) türlere de rastlanmaktadır.



Şekil 10 : *Compositae* familyasına ait *Achillea* cinsinin polen görünümleri

Polen ornamentasyon özellikle böcek ve kuşlarla polenleşen türlerde görülür ve bazı türlerde bu süsler dikenli (*compositae*) ve uzun çıkıntılıdır (*trapanantans*). Rüzgârla polenleşen türlerin polen yüzeyleri pürüzsüzdür. Polen tanelerinin dış yüzeyinin sistematik önemi özellikle koniferlerde büyüktür. Koniferler bu özelliklerine göre sınıflandırılmışlardır (Dığrak, 2002: 42-45).

Polen tanesinde ekzin tabakasının dış zarı (ektekin) ve i zarinin (endekin) birbirinden farklı yapılarda oluşu önemlidir. Bazı türlerde örneğin akşır otunda (*Umbelliferae*) porlar ektekinde değişken iken endekzinde sabittir (Dığrak, 2002: 42-45).

2. BÖLÜM

2.1. POLEN ÜRETİMİ- DAĞILIŞI-KORUNMASI



Şekil 11 : Böceklerle polenleşen bir bitki



Şekil 12 : Tohumlarını rüzgar yarımıyla dağıtan bir bitki

Polen tanelerinin anterden stigmaya yolculuğu polen analizi için çok önemli bir aşamadır. *Hypo-hydrogamous* türler, suyun altında polenleşirler. Bu durum bu tür polen tanelerinin fosil olarak yüksek sayıda bulunabilme ihtimalini arttırmaktadır; ancak bu tür tanelerin küçük bir miktarına bile polen analizinde rastlanılmadığı için bu türlerin ekzinlerinin olmadığı düşünülmektedir (Iversen, 1964: 31).

Otogamus polen taneleri de kendi kendilerine polenleştikleri için polen analizinde görülmezler, ayrıca diğer türlere göre başçık başına 100 adet gibi çok az sayıda polen üretirler. *Zoogamous*² polen, anterden stigmaya böcekler, arılar, kuşlar, yarasalar vs. gibi hayvanlar vasıtasıyla taşınır. Çoğu durumda Entomofilis bitkiler yüksek oranda uzmanlaşmışlardır ve doğru hayvan çiçeği ziyaret ettiğinde polenler kendiliğinden bırakılır. Bu bitkilerin polen taneleri çok dayanıklıdır ve güçlü mimari yapıları vardır. Yüzeyleri yapışkan ve çıkıntılıdır. Böylece taşıyıcılara kolaylıkla yapışırlar. Bir arının tüyleri 250 bin ile 6 milyon polen tanesi taşıyabilmektedir; ancak böceklerle polenleşen bitkilerin polen taneleri bataklık ve çökellerde az temsil edildiğinden polen analizi için güvenilir değildir. Bununla birlikte Ihlamur (*Tilia*) ve süpürge çalısı (*Calluna*) bitkileri, entomofilis yapıda olmalarına rağmen çok fazla sayıda polen bırakırlar (Iversen, 1964: 32).

Polen analizi için en önemli grup havaya çok fazla sayıda polen bırakan *Anemophilous*³ bitkilerin polen taneleridir. Bu polen taneleri genellikle kurudur ve yüzeyleri rüzgârla taşınmaya uygun şekilde pürüzsüzdür. Böylece uzak mesafelere yolculuk edebilirler. Bu türlerden bazıları: Çam (*Picea*), Kayın (*Fagus*), Fındık (*Coryllus*), Kızılağaç (*Alnus*), Huş (*Betula*), Papirüsçiller (*Carex*), Çavdar'dır (*Secale*). Anemofilis bitkiler bütün açık tohumlu bitkileri, bazı kapalı tohumlu bitkileri ve spor üreticileri olan ilkel eğreltiotları gibi bitkileri kapsar. Mantarlar

² Entomophilous bitkilerin polenleri, hayvanlarla taşınan polen türleridir. Zoogamus tür polen.

³ Polen taneleri rüzgârla taşınan bitkiler. Devam eden bölümlerde 'anemofilis bitki' şeklinde kullanılacaktır.

da Anemofilis'tir. Kendir'in (*Cannabis sativa*) tek bir anteri 70,000 polen tanesi içerebilmekte ve bir atışında 500 milyondan fazla polen bırakabilmektedir.

Orman ağaçları büyük miktarda polen üretirler. 10 yıllık bir dal yılda 28 milyondan fazla polen üretmektedir. Huş, Ladin ve Meşe türlerinde bir ağaç 100 milyondan fazla; çam türünden bir ağaç ise 350 milyon polen üretilebilmektedir. Bir ormanda polen üretimi çiçeklenmeye bağlı olarak yüksek oranda değişmektedir (Iversen, 1964: 33).

Bir ormanlık bölgede orman altı bitkileri polen yağmurunda ikinci derecede önem taşımaktadır. Orman altı bitkileri nadiren çiçeklenir; fakat orman örtüsü yok olursa orman altı bitkilerinin ışık seven türlerinin miktarında artış görülür. Çavdar (*Secale*), Gürgen (*Carnipus*) ağacına göre m² ye daha fazla polen üretir. Çayır yulafı (*Arrhenatherum elatius*), Meşe (*Quercus*) ve Kayın (*Fagus*) ağacına göre ünite başına daha çok polen üretir. Süpürge çalısı (*Calluna*), Sarıçam'ın (*Pinus Sylvestris*) ürettiğinin iki katı polen üretir. Orman - orman altı bitkileri tarafından üretilen polenler arasındaki bu ilişki orman yoğunluğunun bir göstergesidir (Iversen, 1964: 40).

Polen tanelerinin üretildikleri alandan *ortalama yayılma mesafesi* (*mean dispersal distance*) 50–100 km arasındadır. Çünkü en büyük polen miktarı bu sınıra ulaşılmadan hemen önce depolanır. Polen tanelerinin bu yolculuklarında hava akımlarının rolü çok büyüktür. Rüzgârla taşınan türlerde rüzgâr hızının düşük olması salınan polenlerin uzaklaşmasını engeller. Öte yandan termik ya da orografik rüzgârlar saniyede çok fazla hıza ulaştıklarından polen taneleri, yükselici hava hareketleriyle üst hava katmanlarına çıktıkları gibi alçalıcı hava

hareketleriyle de değişik ortamlara dūşebilir ya da alçak hava katmanında asılı kalabilirler (Iversen, 1964: 37).

Polen taneleri kümülüs bulutları ile çok uzak mesafelere kadar taşınabilmektedir. Polen tanelerinin deniz akıntıları ile de çok uzak mesafelere taşınabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Iversen, 1964: 36-37).

Polen tanelerinin bütün bu dağılma mekanizması polen depolanmasını etkilemektedir. Polen depolanması temelde bölgedeki vejetasyonun yoğunluğuna bağlıdır. Ladin (*Picea*), Dişbudak (*Fraxinus*), Kayın (*Fagus*) ve Meşe (*Quercus*) gibi bitki türlerinin çiçeklenme yılları arasında boşluklar olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden bol çiçeklenme öncesi bir dinlenme periyodu olmaktadır (Iversen, 1964: 39).

Özellikle anemofilis bitki türlerinin polenlerinin çoğu, bitkiden bırakıldıklarından kısa bir süre sonra ölerək suda ya da toprakta depolanırlar. İntin ve ekzin, oksidasyon ve biyolojik aktiviteler nedeniyle hızlı şekilde çürür; fakat oksijensiz (anoksik) ortamda depolandıklarında ya da birikim hızlı olduğunda ekzinler süresiz olarak bozulmadan kalabilirler. Polen ve sporlar; denizel ya da gölsel sediment, bataklık, turba, toprak horizonları, tuf, mağara depoları ve buzul gibi ortamlardan elde edilebilmektedir (MacDonald, 1988: 30).

Polen ve sporların aerodinamik özellikleri kadar hidrodinamik özellikleri de dağılmada önemlidir. Polen ve sporlar belirli ağırlığa sahiplerdir. Suspensiyonda silt boyutundaki partiküller gibi hareket ederler. Taneler, düşük enerjili çevrede

genellikle ince bir sediment matriksi içinde depolanırlar. Polen tanelerinin hidrodinamik yeteneklerini tanelerin boyutları etkilemektedir.

Küçük küremsi polen taneleri bataklık deposunda daha büyük polen tanelerine göre daha kolay süzölmektedir. Çam ve otsu bitkilerin polen taneleri göl kenarlarında çok fazla sayıda bulunur. Çam poleninin gölssel ortamda daha fazla bulunması bu türün hidrodinamik özelliğinin diğer polen türlerine göre daha üstün olması ile ilgili olabilir. Göllerin hemen kenarlarında bulunan bitkilerin poleni de göl sedimentlerinde daha geniş çevredeki bitki polenine göre daha fazla bulunmaktadır (MacDonald, 1988:31).

Göl batimetri/göl tabanı topografya çalışmalarıyla polen boyutlu partiköllerin depolanma patemi ortaya konulabilmektedir. Göl seviyesindeki değişimler göl dibindeki topografyada polen ve spor birikim hızlarında önemli değişimlere neden olabilmektedir. Bu değişimler polen birikim verilerini yorumlamada zorluklara neden olabilir. Çevre koşullarının bozulması ile devam eden depolanma sürecinde küçük göllerde bile depolanma yüzeyinden 15 cm kadar düşey mesafedeki polen taneleri dağılabilir (MacDonald, 1988: 31).

2.2. POLEN ANALİZİNİN ANA HATLARI

Polen analizi hem güncel polenler için hem de fosil polenler için yapılmaktadır. Bu tezde söz edilen analiz, fosil polen analizi olarak ele alınmaktadır. Fosil polen, çökeller içinde korunmuş olarak kalmış polendir. Polen analizi çalışmalarını yapan bilim dalı Palinoloji, fosil polenler üzerine çalışan bilim insanı ise palinolojist'tir.

Polen analizi 1916 yılında İsveçli jeolog, Lennart Von Post tarafından metot haline getirilmiştir. Lennart Von Post, polen tanelerini ilk kez yüzde olarak değerlendirerek istatistiksel olarak anlamlandırmış ve sonuçların sunumunu ilk kez stratigrafik diyagramlar şeklinde sunmuştur. Von Post, küçük bir alandan elde edilen polen diyagramlarındaki benzerlikleri ve farklı alanlardan elde edilen polen diyagramlarındaki farklılıkları göstermiştir (Birks, 1980: 156).

Von Post döneminden beri Kuaterner Palinolojisinin⁴ temel metotları aynı kalsa da birkaç metodolojik gelişme olmuştur. Bunlardan ilki *izopolen haritaları*dır. Bu teknik 1935'den beri geniş oranda kullanılmaktadır. Palinolojik veriler izopolen haritaları şeklinde sunulabilmektedir. İzopolen haritalarının

⁴ Palinoloji, Kuaterner ve Kuaterner öncesi olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmada Kuaterner dönemine ait palinolojik çalışmalar kastedilmektedir.

ortaya konulabilmesi için bir bölgede değişik yerlerden pek çok karot elde edilmelidir (MacDonald, 1988: 29).

Metotlardan ikincisi *Radyokarbon tarihleme*dir. 1940'larda ortaya konmuştur ve bugün polen stratigraflerinin kronolojik kontrolünü elde etmek için sıkça kullanılmaktadır. Üçüncü metot olan *Matematik transfer fonksiyonlar*, bitki türlerinin yoğunluğunun tahmini sayısal değerini üretmek ve iklimsel koşulları ortaya koyabilmek için kullanılmaktadır. Son metot, *polen konsantrasyon ve birikim hızlarını hesaplama metodudur* ve bugün geniş oranda kullanılmaktadır (MacDonald, 1988: 29).

2.3. POLEN ANALİZİNİN TEMEL PRENSİPLERİ

Polen analizi, genellikle göl gibi, korunmuş sedimentlerin bulunduğu ortamlardan alınan örneklerdeki polen tanelerinin belirlenmiş bir sayıya ulaşıncaya kadar sayılarak değerlendirmeye alınacak türlerin belirlenmesi, daha sonra karottaki polen yoğunluğu değişiminin ortaya konularak bunların diagramlarda sunulmasıdır. Polen analizi sonucu ortaya çıkan diyagramların yorumlanması o dönemlere ait tarihi ve arkeolojik kayıtlarla, sedimentlerdeki kömür – diatome analizi sonuçlarıyla, durağan izotop verileriyle, ağaç halkaları çalışmalarının sonuçlarıyla desteklenerek yapılmaktadır.

Polen taneleri bitkiler tarafından çok sayıda üretilirler. Üretilen polen tanelerinin çok azı hedef çiçeğe ulaşabilir. Geri kalan çok büyük kısım değişik ortamlarda birikir. Polen taneleri biriktikleri yerde oksijensiz ortam bulamadıkları sürece hızla çürürler. Bataklıklar, göller, okyanus tabanları gibi ortamlarda polen taneleri çürümeden uzun süre korunabilmektedir.

Her polen türünün oranı ana bitkinin oranına bağlıdır. Dolayısıyla polen dağılımı, mevcut vejetasyonun bir göstergesidir. Bu yüzden polen yağmuru örneği o mekânda o zamandaki bitki örtüsünün bir indeksini oluşturmaktadır.

Bir polen yağmuru örneği, hangi zamana ait olduğu bilinen bir sediment spektrumundan incelenirse, o polen spektrum, geçmişte o zaman dilimindeki yerdeki ve çevresindeki bitki örtüsünün resmini ortaya koyar. Eğer iki ya da daha fazla polen spektrum serisi farklı alanlardan elde edilirse farklı mekânlarda zaman içindeki bitki örtüsü değişimi ortaya konabilir ve bunun nedenleri araştırılabilir.

Polen tanelerinin sıklığı toplamda yüzde olarak açıklanabilir. Bir polen yağmuru örneğinde %50 çam (*Pinus*), %40 huş (*Betula*), %10 meşe (*Quercus*) poleni çıkabilir. % oranları değişimi bir bataklık deposu kesiti boyunca elde edilebilir. Bunlar, depolanma süreci içinde vejetasyondaki değişimin sayısal ifadeleridir (Iversen, 1964: 83).

Bir örnekte polen tanelerinin görülememesinin üç nedeni olabilir: 1. Depolar hızlı birikmişse polen olmayabilir. 2. Fosilleşme esnasında havalanma olmuşsa polen yok olabilir ki bu tip depolar kesinlikle kullanılmamalıdır; çünkü

polen florası muhtemelen eş zamanlı polen yağmurunu temsil etmez. 3. Çevredeki vejetasyonda düşük polen üretimi varsa yeterli polen birikmemiş olabilir. Depodan çıkarılan yetersiz sayıda polenin gerçekte ne ifade ettiğini ortaya koymak çok zordur, laboratuvar çalışmaları çok dikkatli yapılsa bile sonuç şüpheli olur (Iversen, 1964: 72).

2.4. POLEN ANALİZİ ARAZİ ÇALIŞMALARI

Polen analiziyle Kuarterner çevre rekonstrüksiyonları⁵ en sağlıklı olarak göl ortamlarından alınan karotlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Polen analizi için bu tür ortamlardan karot elde etmek için değişik araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlar, göl, deniz, bataklık ve kara ortamlarına uygun şekilde farklı farklı tasarımlanmışlardır.

Arazi çalışması polen analizinin son derece önemli bir aşamasıdır. Arazi çalışmasının amacı depolardan kirli olmayan örnekler almak ve buradaki koşulları olabildiğince doğru tanımlayabilmek; sedimentin türünü tanımlamak ve stratigrafiyi açıklamaktır (Iversen, 1964: 53).

⁵ Rekonstrüksiyon (Reconstruction): Yeniden yapılandırma anlamına gelen terim coğrafi açıdan, geçmişte bir mekânda ve zaman dilimindeki fiziki ve beşeri coğrafya özelliklerinin tümünü yendiden yapılandırmayı ifade etmektedir.

Örnek alınacak noktaların tespit edilmesi önemli faktördür. Bu noktalar arazinin jeomorfolojik geçmişine göre belirlenir ve genellikle akıntıdan, erozyondan uzak kalmış, bozulmanın en az olduğu yerler seçilmektedir. Aflöre olmuş kesimlerden örnek almak nispeten daha kolay olmaktadır.

Örnek alma yerini seçmek için bazı kriterler göz önünde bulundurulmaktadır:

1-Göl deposu tercih edilir.

2-Gölün çok küçük olmamasına dikkat edilir. İdeal boyut 5000 m²'dir.

3-Geniş bataklıklarla çevrelenmiş göller seçilir.

4-Gölün rüzgar ya da akıntının olmadığı, korunmuş bir bölümünden örnek alınır.

5-Havzaya akan bir derenin olduğu yerler seçilmez; çünkü buralarda kirlenme, oksidasyon ve akıntı riski vardır.

6-Dolmuş göller örnek için çok elverişlidir.

Arazi çalışmalarında en büyük sorun tamamen saf örnek elde edebilmektir. Bu nedenle örnek çıkarılırken elle temastan kaçınılmalıdır. Turbalar için pens, sedimentler için spatula en iyisidir. (Iversen, 1964: 54)

Göl ortamlarından karot elde edebilmek için, bir bot ve göle uygun tasarımlanmış bir araç yeterlidir. Bunlardan biri *Mackeret derin su örnek alıcısı*dır. Alınacak örnek çok derinde ya da sert ise *motorlu bir örnek alıcısı* gereklidir. Bataklık ortamları gibi lifli ortam için en yaygın kullanılan örnek alıcı Rus tipi örnek alıcısıdır. Pistonlu araçlardan en yaygın kullanılanı ise Livingstone örnek alıcısıdır. Bu örnek alıcı lifli olmayan gölsel çamur, marn, kil ve siltli sedimentler için idealdir. Karotu sedimentten çıkarırken yaşanan sorunları

azaltmak için karotların çapları genellikle küçüktür. Livingstone örnek alıcısı 5 cm çapında ve 1 metre uzunluğunda karotlara sahiptir (Birks, 1980: 37-38).

Bataklık ve gölssel arazide en iyi örnek dip kısımlara yakın yerlerden alınmaktadır. Sediment deposunun üç boyutlu stratigrafisini ortaya koymak için birkaç seri örnek alınmalıdır. Birkaç seri örnek almak ayrıca analiz için en uygun seriyi seçme imkânı vermektedir. Örnek alındıktan sonraki adım sediment ve fosil analizidir. Sediment analizi arazide de yapılabilmektedir; ancak arazide yağış olabileceği için analizin laboratuvarda yapılması daha güvenli olmaktadır. Yağmur damlaları örneği zedeleyebileceği gibi not defterine de zarar verebilir. Sedimentlerin rengi havayla temasta değişmektedir. Sedimentin nemini kaybetmemesi ve mikrobiyal faaliyetlerden korunması gerekmektedir. Bu nedenle örnek alındıktan sonra plastik koruma kabı içinde karanlık soğuk hava ortamına konulması gerekmektedir (Iversen, 1964: 64-65).

2.5. POLEN ANALİZİ LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

2.5.1. UYARILAR - ÖNLEMLER

Polen analizinin yapılacağı laboratuvar çalışmaları prosedürünün duvara asılması faydalı olacaktır. Polen analizi teknikleri bir el kitabında toplanabilir. Polen analizi işlemlerinin bazıları kimyasal tepkime olasılığı nedeniyle tehlikelidir. Bu nedenle kimyasal madde başlığı gibi aksesuarlar kullanılabilir. Kullanılan kimyasal maddeler bir şekilde cilde değdiğinde cildin bol suyla yıkanması gereklidir. Laboratuvarda kullanılan musluk suyu genellikle polen ya da

diatome taneleri içerebilir. Bu da alınan örneğin polen kompozisyonunu bozabilir. Bu nedenle polen çalışmalarında daima filtrelenmiş su kullanılmalıdır (Iversen, 1964: 66)

Laboratuvar çalışması sırasında örnekler değişik şekillerde kirlenebilir; bu yüzden temizleme işleminin bakteriyolojik standartlara göre yapılması gerekmektedir. Kirli laboratuvar ya da kirli kaplar yüzünden hatalı işlemin telafisi yoktur. Bazı kirlilik kaynakları çok ciddi olmaktadır. Örneğin bahar aylarında ve yazın çoğu laboratuvar güçlü polen tanelerine maruz kalabilmekte ve bu polen taneleri örneklere karışabilmektedir (Iversen, 1964: 66-67).

Polen analizi mikroskop kullanımında yüksek potansiyel gerektirmektedir. Mikroskop kullanırken ışık ve ışık kaynağı, mikroskobun parçaları kadar önemlidir. Sürekli bir ışık düzeneği kurulmadan başarılı bir şekilde çalışmak imkânsızdır. Faz-kontrast merceği ile daha ayrıntılı tanımlamalar yapılabilmektedir (Iversen, 1964: 77).

Polen analizine yeni başlayan araştırmacı, polen tanelerini tanıma aşamasında kitaplardan bir şeyler öğrenme yerine deneyimli bir kişi ile laboratuvarında çalışmaya başlaması daha faydalı olmaktadır. Araştırmacı bütün önemli polen türlerini içeren iyi bir referans koleksiyon elde etmelidir; çünkü polen tanelerini yalnızca resimlerinden tanımlamak çok zor olmaktadır (Iversen, 1964: 78).

2.5.2. SEDİMENT TANIMLAMA

Araziden alınan örnekler laboratuarda önce sediment tanımlamasına tabii tutulur. Bunda genellikle Troels-Smith sediment tanımlama işlemi uygulanır.

Troels-Smith sediment işlemi üç türde tanımlama yapmaktadır.

1.Sedimentin fiziksel özellikleri

2.Sedimentin ayrışma özellikleri

3.Sedimentin bileşen özellikleri

Alınan matris bu özelliklere göre incelenmektedir. Bu özellikler aşağıda açıklanmaktadır (Birks, 1980: 39-44):

2.5.2.1. SEDİMENTİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Koyuluk derecesi (Nig) : Sedimentler gün ışığına çıkarıldığında bazen oksitlenir, renkleri değişir. Sedimentin gerçek rengi Munsell toprak renk kodları ile karşılaştırılarak bulunur.

Stratifikasyon derecesi (Strf) : Stratifikasyon kolaylıkla fark edilmektedir. Stratifikasyon yapısal olduğu gibi benzer bileşimli tabakalar farklı şekilde depolanmış da olabilmektedir. Stratifikasyon derecesi sıfır ise sediment homojen, 4 ise sediment pek çok küçük katmanlardan oluşmuştur.

Elastikiyet Derecesi (Elas) : Bazı tatlı suya doygun bataklık ve algal çamurlarının elastikiyet gücü oldukça fazladır. Sıfır, elastikiyet olmadığını, 4 ise yüksek elastikiyet olduğunu gösterir.

Kuruluk derecesi (Sicc) : Sedimentler, içlerindeki su oranına göre de ayrılmaktadır. Sicc 0, saf suyu; sicc 4 ise kuruluğu gösterir. Sicc 1: yüksek su oranı vardır; yüzey çamurları yayılır. Sicc 2: suya doygundur, düştüğünde şeklini koruyamaz. Sicc3: suya doygun değildir; şeklini korur ama basınç altında deforme olabilir.

2.5.2.2. SEDİMENTİN HUMİFİKASYON DERECEŚİ

Organik materyalin humik aside dönüşme derecesidir. Sıcak, seyreltik alkali ile temas ettirilir ve sonra EEL renk ölçer ile renk yoğunluğu değerlendirilir.

2.5.2.3. SEDİMENTİN BİLEŞİMİ

Sedimentlerin temelde 6 bileşeni vardır (Birks, 1980: 40-41):

Turba: Turba, makroskobik bitki kalıntıları, kök, ağaç gövdesi, insan kalıntıları ve kökle ilgili parçaları içerir. Üç tip turba vardır: İlki yosun turbasıdır. Ana tipleri, sfagnum kömürü, hypnaceous kömürü ve polytrichum kömürüdür. İkincisi odun parçalarından oluşan turba tipidir. Bu tür turbalar, içinde ağaç parçaları olan ve daha çok kök birleşimiyle oluşan turbalardır. Bu parçaların mikroskop incelemesiyle ağaç türleri belirlenebilmektedir. Üçüncü tür, otsu materyalleri içinde barındıran turbadır. Eğer humifikasyon derecesi yüksekse turba tipini ayırt etmek zor olabilir. Bu durumda turbayı yıkayarak temizlemek ve

seyreltik alkali ile seyreltmek ve ardından bileşimini laboratuarda mikroskop altında incelemek faydalı olmaktadır.

Detritius, Sedimentlerde yaygın ikinci bileşen bitkilerin köklerle bağlantılı olmayan yüzey parçalarını içeren materyaldir. Üç büyük türü vardır: >2 mm odun parçaları, >2 mm otsu bitkilerin parçaları ve 0,1–2 mm arası otsu ve odunsu bitki kalıntıları.

Üçüncü yaygın bileşen **Limus**, yani sulu çamurdur. Asılı materyallerden, çok küçük bitki ve hayvan parçacıklarından, mikroorganizmalardan ve ayrıışmış mikroorganizmalardan, marn ve diğer çökeltilerden oluşmaktadır.

Arjil, Saf, beyaz kildir. < 0,06 mm partikülden oluşur. <0,002 kil partikülü ısıtıldığında oldukça plastik olur. Alüvyon 0,06 – 0,002 mm arasındaki mineral partikülünden oluşmaktadır. Alüvyon, kil gibi, kurduğunda sert bir kütle olmaktan çok ovalandığında toz hale gelmektedir.

Grana: >0.06 mm minerallerden oluşur. Büyüklüklerine göre üç türü vardır. İki 0,06 - 0,6 mm arası büyüklüğe sahip parçacıklardan oluşan ince kum; ikincisi 0,6 – 2 mm büyüklüğe sahip kaba kum; üçüncüsü ise 2 mm büyüklükte küçük-orta ölçekli çakıldır.

Humus: Çökellerde yaygın olarak bulunan son bileşen humus parçacıklarıdır. Humus parçacıkları siyahımsı yapıda, tamamen parçalanmış

materyaldir ve içinde kireç, turba ya da bitki parçacıkları olduğunu kolayca ayırt etmek mümkün değildir.

2.5.3. STANDART BİR POLEN AYIRMA SÜRECİ

Polen analizi çalışmalarında belirlenen bir kısım turba ya da sediment içinden polen ayırma işlemi yaygın olarak aşağıdaki gibi uygulanmaktadır (MacDonald, 1988: 31-32):

1. Sedimentin standart bir miktarı belirli aralıklarla alınır. Aralık 5 cm olabileceği gibi 2,5 cm ya da daha sık da olabilmektedir. Bu durum tabakalanmaya göre değişir. Alınan örnekler cam tüpte saklanmalı ve analiz edilinceye kadar nemli tutulmalıdırlar. Örnekleri nemli tutmak için parafin ya da gliserol eklenir.
2. Sediment örneğindeki polen ve sporların yoğunluğunu hesaplamak için bilinen bir miktar egzotik palinomorf⁶ eklenir. Eklenen bu palinomorf genellikle okaliptüs polenidir.
3. %10 (HCl) Hidroklorik asit (tuz ruhu) kullanılarak karbonatlar uzaklaştırılır.
4. %10 (KOH) Potasyum hidroksit içeren sıcak suda humik asitler uzaklaştırılır. Konsantrasyon %10 seviyesine dikkat edildiği sürece KOH işlemi ekzinlere bir zarar vermez.
5. Konsantre Nitrik Asit (HNO₃) kullanılarak pirit uzaklaştırılır.
6. %50 Hidroflorik asit (HF) içeren sıcak su içinde silis, kum, çakmaktaşı, kuvars gibi silisyumun oksijenli bileşimleri uzaklaştırılır.
7. Asetoliz⁷ işlemiyle selüloz uzaklaştırılır. Asetoliz işleminden sonra ekzin nitelikleri öncekinden daha belirgin hale gelir.

⁶ Palinomorf: Tane içinden bütün gereksiz maddelerin kaldırılarak sadece sporopoleninlerin kalan fosil polen ve sporların genel adı.

8. (CH₃) metil grupları kullanılarak Dehidrasyon işlemi yapılır.
9. Safran ya da füksin⁸ ile boyama yapılır. Boyama, polen tanelerinin yapısal detaylarını da ortaya çıkarır.
10. Hazırlanan materyal toplanır ve 2000 cs⁹ silikon yağı ya da gliserol jelatin¹⁰ ile küçük lamel üzerinde dizilir. Fosiller için genellikle 18x18 mm lamel tavsiye edilir.
- Cam levha üzerine preparasyondan çok az konulur ve tırnak cilası ile kaplanır. Bu aşamada küçük polen tanelerinin lamelin kenarlarına doğru yüzme eğiliminin dikkate alınması gerekmektedir. Bu son işlemlere 'mounting'¹¹ denir.
11. Materyal hazırlandığında analizlere başlanabilir. Polen taneleri mikroskopta 500 kez büyütülerek, daha zor tanımlamalar içinse 1000 kez büyütülerek çalışılır (MacDonald, 1988: 31-32).

⁷ Sulu veya alkollü solüsyonlarla işlem sonucu asetil gruplarının kaldırılması

⁸ Füksin (fuchsine): kırmızı kumaş boya maddesi

⁹ Centistokes : Ağdalık derecesi

¹⁰ Silikon yağı yerine gliserol jelatin kullanılmasının dezavantajları vardır. Polen taneleri sabitlenir, döndürülemez. Sıcak iklimlerde erime riski vardır. Polen taneleri gliserol jelatin içinde karakterini kaybedip, şişebilmektedir. Buna Cushing Etkisi denir.

¹¹ Mounting: Mikroskopta bakılacak şeyi içinde tutan cam levhacıklar; mikroskopta incelenecek örneği lamın üzerine yerleştirmek.

3. BÖLÜM

3.1. HATA KAYNAKLARI

3.1.1. STRATİGRAFİK HATALAR

1. Gizli erozyon kontakları
2. Yeniden depolanma
3. Aşırı polen sunumu
4. Uzun mesafeli taşıma ve polen tanelerinin düşey taşınması
5. Polen tanelerinin farklı korozyonu
6. Düzenli yerel rüzgârlar
7. Denizel transgresyonun olduğu yerler
8. İlk depolanmadan sonra polen tanelerinin düşey olarak yer değiştirmesi

Bir sediment yığnında bir kısım sediment, su seviyesindeki ya da rüzgâr yönündeki değişmeler nedeniyle yok olmuş olabilir. Böyle sediment kayıpları, birikme mekanizması daha karmaşık olduğu için daha sığ ve daha geniş havzalarda daha çok görölmektedir. Bu kayıplar genellikle iki depo arasında keskin bir kontak ile tanınmaktadır. Keskin kontağa sahip depolardan daima şüphelenilmesi gerekir. Burada bir kısım sedimentin yok olmasının en yaygın nedeni *erozyondur*. Erozyonla birlikte polen kaybı da olmaktadır (Iversen, 1964: 114-115).

Örneğin karbonifer sporları erozyonla Kuaterner depoları içine geçmişse yani *römaniye fosil*¹² haline gelmişse örnekte kirlenme olmuş demektir. İçinde yeniden depolanmış yani ikincil polenin bulunduğu spektrumlar kirlenmiş spektrumlardır; çünkü bu spektrumlar karışmış bir polen florası içerirler. Bir kil ya da killi sediment içindeki her hangi bir polen florasına, ikincil polen barındırıp barındırmadıkları ortaya konuluncaya kadar şüphe ile yaklaşılmalıdır. İkincil polen varsa, ya spektrumdan ikincil polen çıkartılır ya da hava almamış bir moren örneğinin analizi yardımıyla ikincil polen floranın kompozisyonu elde edilebilir. n/N n: kil örneğindeki polen yüzdesi; N: morendeki polen yüzdesidir. Bu formülle 'ana polen spektrum' a ulaşılır. Bu hesap, yeniden depolanma sürecinde polen türlerinin sıklığının değişmediği farzına dayanır. Erozyonla yerinden oynayan materyalin bulunduğu durumlarda bu bölgeden daha fazla polen diyagramı gereklidir (Iversen, 1964: 121)

Hatalardan bir diğeri *aşırı sunum problemidir*. Aşırı sunumun nedeni genellikle örneğin alındığı yere yakın yoğun polen üreticilerinin olmasıdır. Bu durum, polen örneklerinin güvenilirliğini sarsmaktadır. Göl kıyısındaki bir ağacın göle çiçek düşürdüğünü ve bunların küçük bir bölgede depolandığını düşünürsek sorun daha ciddidir; çünkü bu şekilde depolanan polen miktarı çiçeklenme döneminde havada dağılanlardan daha büyük olabilmektedir (Iversen, 1964: 115). Bu gibi durumlarda ağacın hiçbir makroskobik kalıntısı depolarda sunulmazken türe ait polen, yığınları şekillendirecek ve söz konusu türlerin yüzdeleri çoğu

¹² Fosiller erozyon ile taşınarak yeni bir ortamda birikirse, yeni ortamdaki fosillere romaniye fosil denir.

durumda anormal şekilde yüksek çıkacaktır. Bu durum bir formülle telafi edilebilmektedir (Iversen, 1964: 115–116).

$$P_1 = a_p \cdot (100 - r_1) / S - a_r$$

P_1 = hesaplanan doğru yüzde

a_p = sayımda türlerin tane sayısı

r_1 = aşırı sunulmuş türlerin belirlenmiş yüzdesi

S = polen sum'daki tanelerin toplamı

a_r = türlerin tane sayısı

Çoğu NAP'in (non-arboreal polen¹³) taşıma mesafesi kısa olduğundan NAP'ler için aşırı sunum tehlikesi Arboreal polen türlerinden daha büyüktür. Lokal aşırı sunum vejetasyonun tarihini ortaya koyma açısından diyagramın değerini ciddi oranda azaltabilir. Her polen diyagramında botanik yorumun çok dikkatlice yapılması gerekmektedir (Iversen, 1964: 116-119).

Hata kaynaklarının bir diğeri, *uzun mesafeli taşımada*dır. NAP, AP türlerine göre uzun mesafeli taşımaya daha az bağlıdır; çünkü bu türler yer yüzeyi üzerinde çok daha alçak bir seviyede salınırlar ve örneklerde NAP türlerinin varlığı bu yüzden daha yerel türleri ifade eder. Orman sınırında alan başına en yüksek üretim NAP üretimidir. Ormandan uzaklaştıkça NAP/ AP oranı daha ani olarak düşmektedir. Uzun mesafeli taşımada hataların çözümü için vejetasyon türlerinin detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir (Iversen, 1964: 116-119).

¹³ NAP (non-arboreal polen): Otsu bitki türlerinin polenidir. Örnek olarak, Buğdaygiller (*Poaceae*), Sirkengiller (*Chenopodiaceae*).

Hata kaynaklarından bir diğeri *polen tanelerinin düşey taşınması*dadır. Termik kökenli rüzgârlar dağ yamaçlarında bu tür taşınmaya neden olurlar. Mesafe fazla değildir; ama eğer vejetasyon zonları kısa mesafede değişiyorsa daha alçak zonalardaki polen üretimi daha yukarıda üretilen miktardan daha fazladır (Iversen, 1964: 119).

Ekzin'in yapısı ve *korozyona karşı direnci* türden türe göre değişmektedir. Polen taneleri nerede depolanırsa depolansın korozyon genelde gözlenmektedir. Eğer korozyon sürekli olursa taneler tamamen yok olabilir. Sedimentlerde korozyon genellikle çok az öneme sahiptir; fakat hava almış turbada bu, ciddi bir hata kaynağıdır (Iversen, 1964: 120).

Düzenli yerel rüzgârlar nedeniyle meydana gelen aşırı sunum da diyagramlarda bozukluğa neden olabilmektedir. Bir tarım döneminde çam türü ağaçların tarımsal arazi elde etmek amacıyla kesilmesi nedeniyle azalmış olabilmektedir. Yine, sığ körfez ve lagünlerde çam poleninin aşırı sunumunun nedeni deniz yüzeyine düşen çam poleninin buralarda toplanması sonucu da olabilmektedir (Iversen, 1964: 121).

Önemli hata kaynaklarından bir diğeri *denizel ilerlemenin olduğu* ve deniz suyunun daha önceden kapalı olan tatlı su havzasına girdiği yerlerde görülmektedir. Transgresyon ile yeniden depolanma polen florasını tamamen bozabilmektedir. Bu nedenle polen analizi deniz-kara ilişkisi olan bir araştırma için kullanılacaksa bu hususların dikkate alınması gerekmektedir (Iversen, 1964: 123).

Polen floranın karasal depolar içinde depolanmalarında tanelerin yapısı da etkilidir. *Koniferlerin* (kozalaklı ağaçlar) polen taneleri daha geniştir; ancak karasal depoların çoğu, polen tanelerinin toprak partikülü arasında süzölebilecekleri kadar iridir. Polen tanelerinin düşeyde yer değiştirmesi, karasal depolarda önemli bir hata kaynağıdır. Bunda yer solucanlarının muhtemel etkisi de bulunmaktadır (Iversen, 1964: 123).

3.1.2. İSTATİSTİKSEL HATALAR

İstatistikî bir teknik olan polen analizinde yaygın hata kaynakları örnekleme hataları ve eğrilerin düzensiz dalgalanması problemidir. Örnekleme hatalarında polen sayımda mümkün mertebe çok polen tanesi sayılmalıdır; böylece çalışma alanındaki bitki örtüsüyle ilgili daha gerçek görüntü ortaya çıkacaktır. Örneklerin bataklık yüzeyinden alınıp alınmadığı da önemli bir faktördür. Polen eğrileri bütün deneysel eğriler gibi uygunsuz dalgalanmalar içerebilir, polen analizcisinin iklimi yansıtan her vejetasyonel dalgalanmayı iyi kavraması gerekmektedir. Polen analizinde istatistiksel prensiplere hâkim olunmadığı halde istatistiksel uygulamaya geçilmesi önemli sayısal sorunlar yaratır ve yapılan testler yanıltıcı olur (Iversen, 1964: 125-135).

3.2. POLEN DİYAGRAMLARI

Polen diyagramı, belirli bir zaman diliminde bir bölge üzerindeki vejetasyon kompozisyonundaki değişimleri gösterir. Yüzde yeterliliğine göre değerlendirilecek polen türlerine karar verildikten sonra analiz sonuçları % olarak açıklanabilir ve bu en basit şekliyle sunulur. Polen diyagramı, araziden örnek alınmasıyla başlayan polen analizi sürecinin son halkasıdır. Polen diyagramları iki önemli prensip üzerine kuruludur. Bunlar: *Anlaşılabilirlik* ve *Karşılaştırılabilirlik*. Farklı amaçlar için farklı diyagram türleri gerekmektedir (Iversen, 1964: 86).

Polen diyagramlarıyla ilgili bilinmesi gereken bazı terimler aşağıda verilmiştir (Carter, 1993: 494):

Polen Yoğunluğu: (pollen concentration) ve polen birikim diyagramları (pollen influx diagrams): Polen yoğunluğu sedimentin 1 cm³ ündeki tane sayısıdır. Polen yoğunluğu, tanımlanmış palinomorflarla birlikte eklenmiş ekzotik polen tanelerinin sayısıyla hesaplanır. Bu diyagramlar, geçmiş bitki örtüsünün yoğunluğu ve kompozisyonun nasıl değiştiği ile ilgili incelemeler için gereklidir. Polen influx hesaplaması, tahmini bir matris birikim hızını gerektirir.

Polen Birikim Hızı: (pollen accumulation rate) Radyometrik yıl başına sedimentin 1 cm² sine düşen net polen sayısıdır. Polen birikim hızı, radyo karbon ölçümünün yanı sıra Kurşun -210 ya da Sezyum -137 ile ölçülür (Carter, 1993: 494)

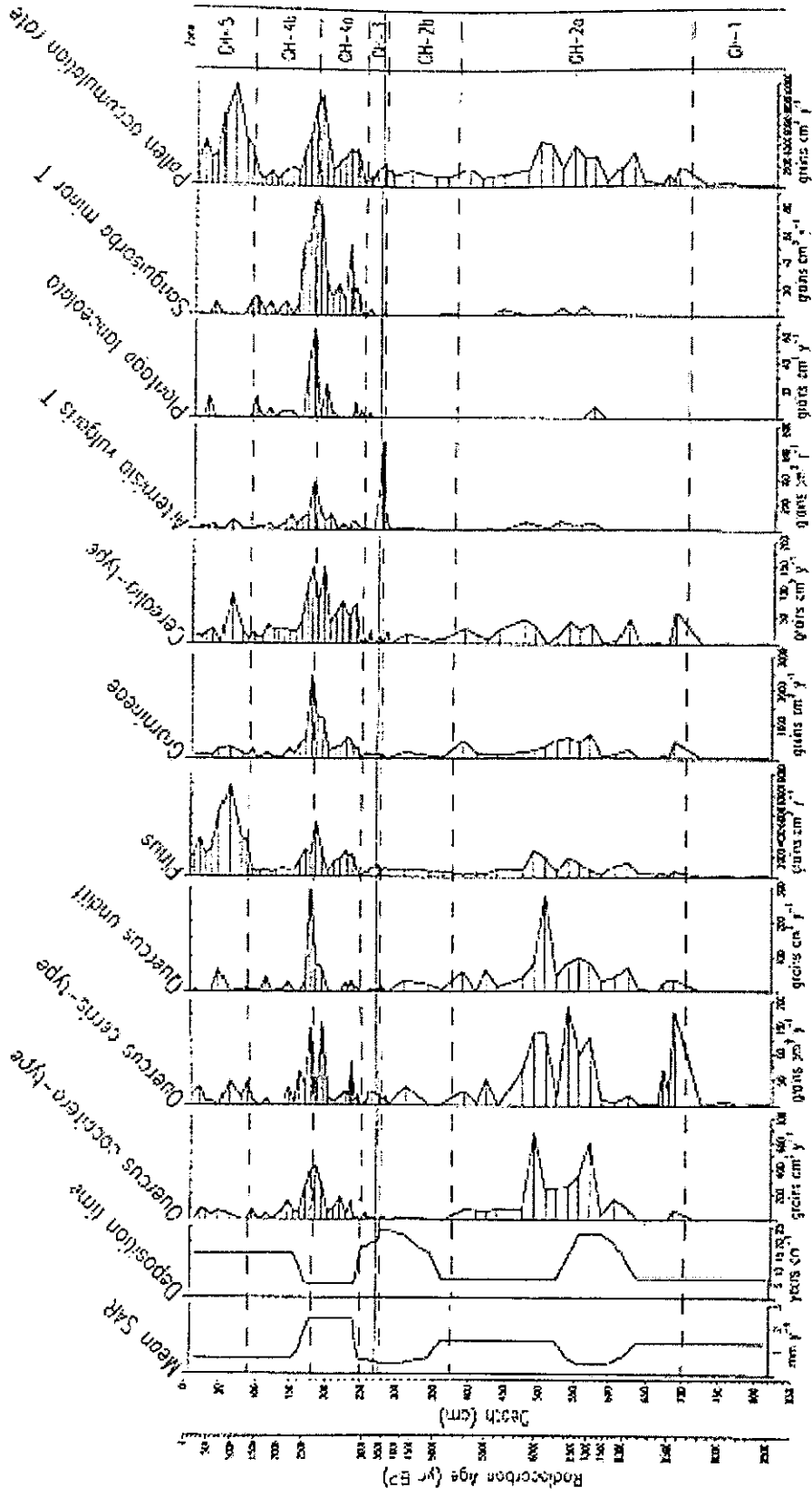
Polen spektrum: (pollen spectrum): Bir örnekte sunulan her bir polen ya da spor türü yüzdesi ile ifade edilir.

Polen Diyagramları: (pollen diagrams): Bir karotun farklı derinliklerindeki polen spektrumları polen diyagramını oluşturur. Polen diyagramları temsilci polen yardımıyla geçmiş vejetasyonun değişimini yansıtır.

Polen Eğrileri: (pollen curves) Bir polen sınıfı için karotun baştan sona yüzde serileri o sınıfın polen eğrisini verir.

Polen yüzde diagram (percentage pollen diagram) Polen analiziyle yapılan geçmiş flora ve bitki popülasyonunun rekonstrüksiyonu temelinde bu diyagrama dayanır (Birks, H.H Et al., 1988).

Polen analizinde oluşturulan her diyagramda yatay ve düşey hatlar vardır. Yatay hatlar her bir spektrumun seviyesini gösterir. Düşey hatlar ise uygun yüzdelik aralığını gösterir. AP diyagram sadece orman ağaçlarını ve orman kompozisyonundaki değişimi verir. Eğer ormansız bölgeler de ele alınacaksa diyagram hepsinin bir toplamı olmalıdır. NAP diyagramı ise ormanlık olmayan alanlar içindeki vejetasyon değişimini sunar. NAP diyagram, AP diyagramından daha karmaşıktır ve daha fazla botanik bilgisi gerektirmektedir (Iversen, 1964: 137-139) NAP taşınma mesafesi daha kısa olduğundan NAP diyagramları daha yerel karakterdedir. Binlerce yılı kapsayan bir polen diyagram genelde çok karmaşıktır. Bu nedenle diyagram çok dikkatli bir şekilde zonlara ayrılmalıdır. Diyagram homojen bir sedimentten olmalıdır (Iversen, 1964: 137–139).



Şekil 13 : Polen influx diagram (polen birikim hızı diyagramı, Eastwood vd, 1999).

Geniş bir gölün orta kısmından alınacak homojen bir karot, içinde erozyon etkisini, yeniden depolanmayı ve diğer stratigrafik bozuklukları barındıracaktır.

İki zon birbirinden barındırdıkları bitki türlerinin farklılığı ya da baskın türde değişim gibi önemli bir değişimle ayrılır. Bu tür değişimler ani karakterde olmalıdır; fakat değişimlerin gerçekte uzun sürede meydana geldiği unutulmamalıdır. Polen eğrisinin eğilimi diyagramın önemli bir özelliğidir. Diyagram zonlamada uygun prosedür zonlamaya yukarıdan değil, temelden başlamaktır. Bir zon içinde bitki türlerinin eğrisi maksimuma ulaşmış sonra düşüyorsa, yükselen eğri, doruk nokta ve düşen eğri olarak zon üç alt bölüme ayrılır. Eğrilerde kısa dönem değişimlerini açıklamak ve eğrilerdeki değişimi, tarımın gelişi ve ormanların arazi elde etmek için yok edilmesi ile ilişkilendirebilmek zor olmaktadır (Iversen, 1964: 138).

Zonlama bugün bilgisayarlarda otomatik olarak yapılabilmektedir. Otomatik zonlama, hızlıdır, zaman kazandırır, en uygun zonlamayı bulmak için birkaç metot aynı diyagramda uygulanabilir; araştırmacının önyargısını içermez; bazı bilgisayarlı metotlar polen zonlarının karşılaştırılması için de geliştirilmiştir (Birks, 1980:171).

3.3. POLEN DİYAGRAMLARININ YORUMLANMASI

Polen diyagramları, fosilleşmeden sonra elde edilmiş polen yağmurunun bir parçasıdır ve diyagramın amacı söz konusu yerel vejetasyonun kaydını anlaşılır ve karşılaştırılabilir kılmaktır. Diyagram yorumunda ilk adım vejetasyon kaydını anlamaya çalışmaktır. Bu adım bizi vejetasyonel değişimin nedenlerini aramaya götürecektir. Diyagram yorumu için iyi bir *botanik bilgisi* gereklidir. Bu eksikse birbiriyle uyuşmayan sonuçlar kaçınılmazdır. Polen diyagramları sadece çiçekli bitkileri kaydeder. Eğer bir ağaç, çiçeklenme yaşına gelmeden önce düzenli olarak kesilirse o alanda sık bile olsa diyagramda temsil edilmeyecektir. Bu alanda *insan etkisi* olması muhtemeldir. Diğer taraftan açılmamış bir çiçekte kendi kendine polenleşen türler olabilme ihtimali de düşünülmelidir (Iversen, 1964: 100).

Aynı bölgeden diyagramlar *edafik faktörler* nedeniyle farklı olabilir. Kumlu arazi ile killi arazide vejetasyon tipi farklı olur. Bu bölgelerde modern vejetasyon da farklı olacağı gibi onların diyagramları da farklı olacaktır. Polen diyagramını yükseltti de etkiler. Daha yüksekteki vejetasyon kuşağına ait bitkiler daha az polen üretir. Bu nedenle dağlık bölge spektrumları kirlenmeye karşı daha hassastır. Bu gibi nedenlerle diyagramlar sadece matematiksel olarak yorumlanamaz (Iversen, 1964: 101).

Arazideki tarım faaliyetleri diyagramları bozabilir. Orman yangınları da diyagramlarda değişimlere neden olabilir. Farklı türlerin polen üretiminin farklı

oluşu da dikkate alınmalıdır. Çam, çok fazla polen üretir; ancak Kayın çok az polen üretir. Bir yerde %10 oranında kayın poleni olması demek burada çok fazla kayın türü olduğu anlamına gelir. %33 oranında çam, Meşe (*Quercus*) ve Kayın (*Fagus*) içeren bir polen spektrum, %5 çam, %35 meşe, %60 oranında kayın ağacı içeren bir vejetasyonu ifade eder. Bütün bunlar ve diğer pek çok faktör diyagram yorumlarında dikkate alınmalıdır. Bu sadece teorik bir modeldir. Doğada koşullar daha karmaşıktır. Bu karmaşıklığı, farklı türlere ait polen tanelerinin taşınma mesafelerinin farklı oluşu yaratır. Açık alanda bir ağaç, yoğun alandaki bir düzine ağacın ürettiğinden daha fazla polen üretir (Iversen, 1964: 102–103).

Diyagramda yüzde hesabı bazı problemleri de beraberinde getirir. Bitki türlerinin farklı polen üretimi bunlardan biridir. Yüzde hesabındaki olası hataları en aza indirebilmek için Iversen'in sayısal indirgeme modeli, fazla polen üreten türleri bir grupta, az polen üreten türleri başka bir grupta ele alarak diyagramı oluşturur. A grubu, fazla polen üreten çam (*Pinus*), huş (*Betula*), kızılâğaç (*Alnus*), fındık (*Coryllus*) gibi türleri kapsar. B grup orta miktarda polen üreten meşe (*Quercus*), ladin (*Picea*), dişbudak (*Fraxinus*), kayın (*Fagus*) gibi türleri kapsar. C grubu ise büyük oranda böceklerle polenleşen ve kendi kendilerine polenleşen türleri kapsar; fakat C grubuna ait ökse otu (*Viscum*), çoban püskülü (*Ilex*), asma (*Vitis*) gibi yüksek temsil değerine sahip türler de vardır. Polen diyagramının gerçek vejetasyon kompozisyonunu göstermesi için A grubuna ait türlerin küçük bir parçası hesaba katılmalıdır (Iversen, 1964: 107).

Polen diyagramlarının yorumunda zorluklardan bir diğeri *polen türlerinin suda yüzmeye özelliklerindeki farklılıklarıdır*. Örneğin çam poleni çok uzun süre yüzeylede yüzerken keseli olmayan bir tane kısa zamanda batar. *Rüzgârın yönü* bu koşullarda önemlidir. Danimarka göllerinde, göl depolarındaki çam yüzdesi kıyıya yakın bataklıklardakinden belirgin şekilde düşüktür (Iversen, 1964: 110).

Çiçeklenmenin periyodikliği, erkek ve dişi çiçek arasındaki oran gibi faktörler de polen diyagramlarını yorumlarken dikkate alınmalıdır. Süpürge çalısı (*Calluna*), yüksek polen üretirken, dağıtımı çok etkili değildir. Bütün bunların yanında aynı iklim olayı farklı bölgelerin polen diyagramlarında farklı şekilde yansıyabilmektedir. *Göç etkisi* tahmin edilenden daha büyük rol oynamaktadır. Özellikle geç glasyal ve erken Holosen döneminde pek çok ağaç türünün göçü nedeniyle iklimsel salınım, orman kompozisyonunda doğru şekilde kayıtlı olmayabilir (Iversen, 1964: 110).

4. BÖLÜM

4.1. TÜRKİYE'DE POLEN ANALİZİ ÇALIŞMALARI SONUCU ORTAYA KONULAN BAZI REKONSTRÜKSİYONLAR

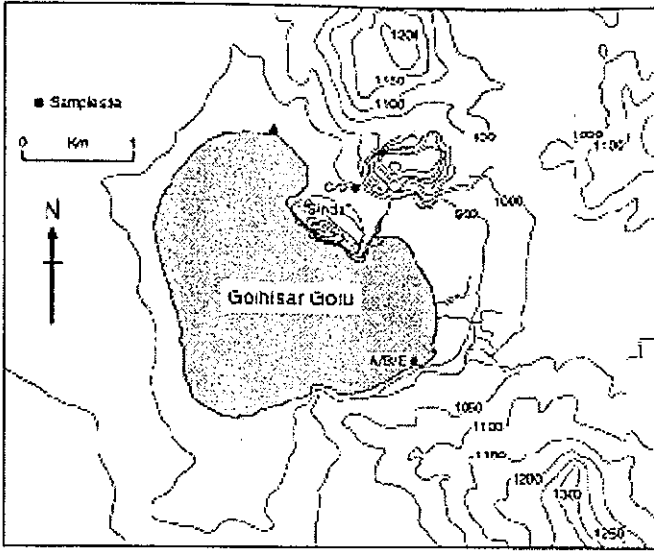
Bu bölümde Türkiye'de polen analizi yardımıyla daha önce yapılmış bazı çalışmaların makaleleri incelenmiştir. Polen analizinin coğrafya açısından en önemli kısmı laboratuvar işlemleri sonucunda verilerin elde edilmesinden sonraki kısım, yani yorumlama kısmıdır. Arazi çalışmasından sonra çalışma alanının stratigrafik olarak durumu, radyokarbon tarihleme, sediment birikim hızları, örneklerdeki polen konsantrasyonları tespit edilip sonuçlar coğrafyacı tarafından yorumlanır.

4.1.1. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT POLEN ANALİZİ¹⁴



Şekil 14: Gölhisar bölgesini gösteren Doğu Akdeniz Haritası (Eastwood vd., 1999).

¹⁴Eastwood vd., 1999



Şekil 15: Gölhisar Gölü'nde örnek alınan noktalar. İçi dolu üçgen önceki bir çalışmada alınan örnek noktasını göstermektedir. Eşyüksekti eğrileri metre olarak belirtilmiştir (Eastwood vd., 1999).

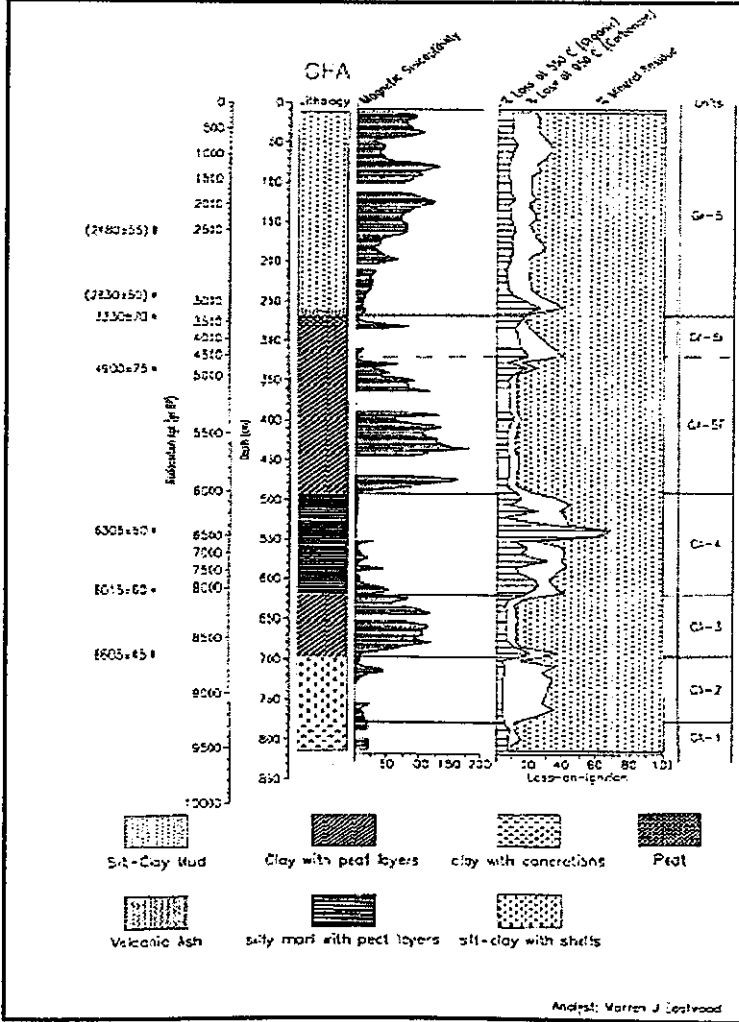
Eastwood ve diğerlerine göre, Gölhisar gölünden elde edilmiş olan polen serileri, polen konsantrasyon ve birikme hızı verileri Güneybatı Anadolu'daki vejetasyon değişimini ayrıntılı olarak ortaya koymuştur. Bu veriler, Gölhisar havzasında günümüzden 8500 yıl önceye kadar gerçek bir ormanlık alanın olmadığı olasılığını göstermektedir. Gölhisar'dan elde edilen litostratigrafik verilerle birlikte diatom ve polen serileri, Erken-Orta Holosen boyunca havzada meydana gelen olayları kanıtlaması açısından çok önemlidir. Tefra tabakasının varlığının Gölhisar'daki polen kayıtları için önemli kronolojik anlamı vardır. Tefra tabakası, Beyşehir Yerleşim dönemi (Beyşehir Occupation) başlangıcı için erken Anadolu Karanlık Dönemi, geç bronz çağını doğrulamaktadır. Bu çalışmayla Türkiye'nin dağlık Akdeniz arazi kullanımının insan ve diğer faktörler tarafından Holosen dönemi boyunca sürekli olarak değiştirildiği ortaya çıkmaktadır.

Örnek gösterilen çalışmada metot şöyledir:

1. Polen haricinde diatom ve silisli olmayan mikrofosillerin sonuçları da değerlendirilmiştir.
2. Karotlar 1 m uzunluğunda 5 cm çapında Livingstone örnek alıcısı ve zincirli vinç kullanılarak iki lokasyondan alınmıştır.
3. Sediment tanımlama için Troels-Smith (1955) tanımlama sistemi kullanılmış; sedimentler Munsell toprak renk yelpazesine göre ayrılmıştır. Tanımlamalar Leitz HM- Lux 3 mikroskop kullanarak x100 büyütme ile yapılmıştır.
4. Sedimentin yaklaşık mineral, karbonat ve organik kompozisyonunun bilgisini elde etmek için Loss-on-ignition tekniği, örnekler 105⁰C- 550⁰C ve 950⁰C'lerde kurutularak uygulanmıştır.
5. GHA ve GHB paralel karotlarda korelasyonu sağlayabilmek için ve havzada erozyon kanıtlarını elde etmek için Manyetik hassaslık ölçümü bir tür MS 1 Bartington metresi ve 'core scanning loop' kullanılarak yapılmıştır.
6. Yoğunluk hassasiyeti (volume susceptibility) kayıtlarıyla tam kütle ölçümleri (precise mass specific measurements), sadece örnek hacminin doğru olarak tanımlandığı örneklerde mümkün olmuştur.
7. Alt tür tanımlamaları için örnekler GHA ve GHB boyunca 16 cm'lik aralıklarla alınmıştır. Polen konsantrasyonunu hesaplamak için ekzotik Likopodyum tabletleri eklenmiştir.
8. Polen sum'da 350 taneye ulaşıncaya kadar sayılmıştır. Kritik tanımlamalar, faz kontrast mikroskobu ile x1000 büyütürek yapılmıştır. Tanımlamalar, Moore(1991) kitabındaki mikrofotograflar ve anahtarlar

yardımla *Coenobia* ve *coelastrum* gibi bazı türler de Smith(1993) ve Prescott (1962) anahtarları kullanılarak yapılmıştır.

9. Sucul ortam bitki türleri, mantar sporları ve algal mikrofosillerle birlikte total mikrofosil yüzdeleri olarak açıklanmıştır.
10. Polen zonlama (pollen assemblage zones) cluster analizinin kareler toplamı (sum of squares) fonksiyonu ile yapılmıştır. Bu işlem GHA/B ve C karotları için %3 bolluktan fazla olan 22 karasal polen sınıfı için hesaplanmıştır.
11. Özet polen diyagramları Tilia ve tiliagraf kullanılarak; polen zonları ise CONISS ile oluşturulmuştur.



Şekil 16: GHA karotu için Litostratigrafi, LOI ve manyetik hassasiyet. Radyokarbon yaşları tarihler arasında doğrusal enterpolasyona dayanıyor (Eastwood vd, 1999).

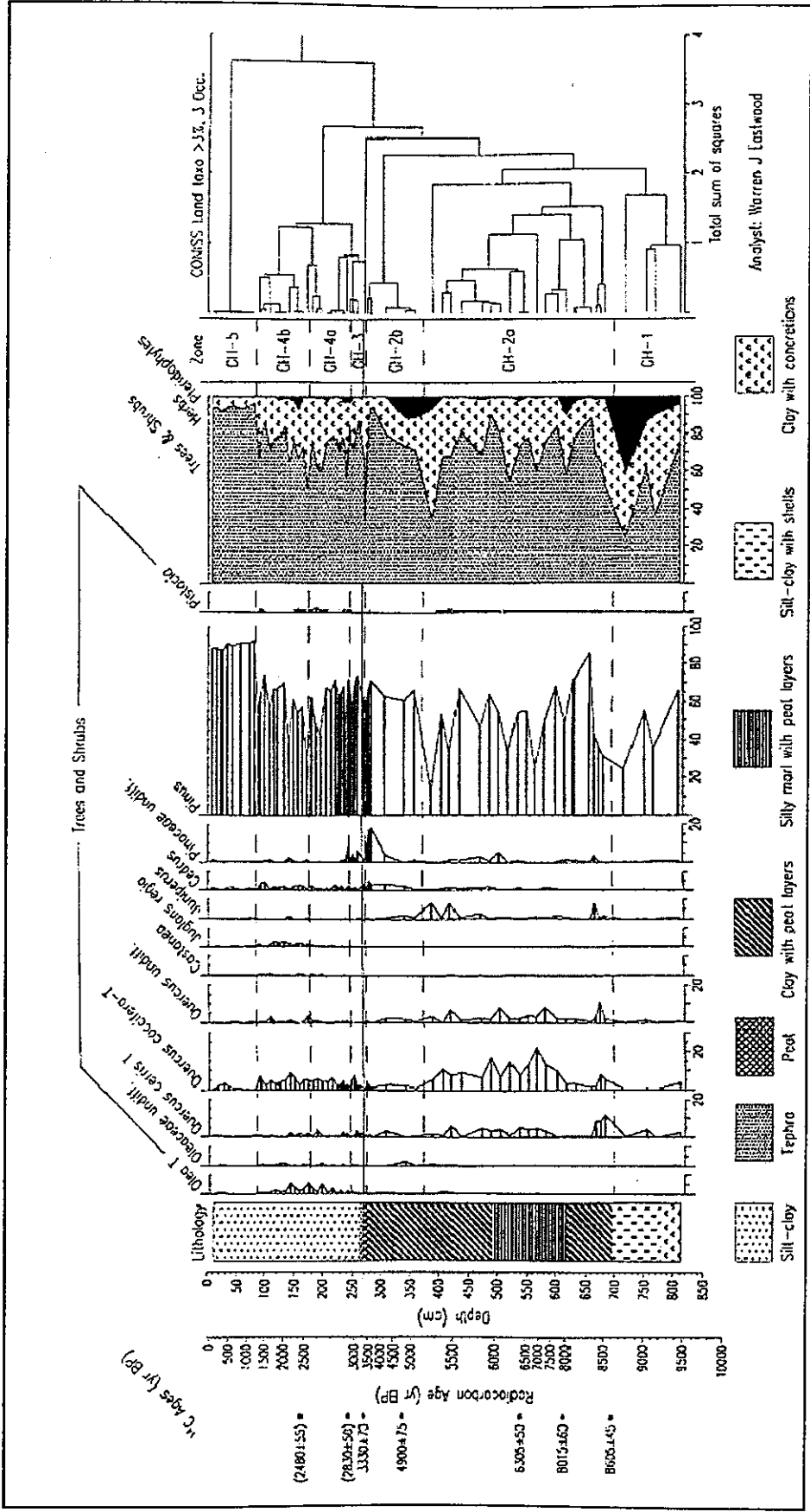
GA-6	<ul style="list-style-type: none"> • ~%10-15 karbonat değerine sahip siltli, killi göl sedimentlerinden oluşuyor. • Manyetik hassasiyet değerleri düşüktür. • ~ 50 cm derinlikte manyetik hassasiyette bir artış görülmektedir. Bu ünitenin depolanması boyunca göl seviyesi muhtemelen artmıştır.
GA-5,	<ul style="list-style-type: none"> • Kil zenginidir. Büyük bir litolojik değişim vardır. • Manyetik hassasiyette göze çarpan bir yükselme görülmektedir. • Bu değişim GHB de mineral maddelerin yüzdelilerindeki artışla örtüşmektedir. • 268-271 cm'lerde Santorini volkanının Minoan püskürmesinden kaynaklanan bir volkanik kül tabakası kayıtlıdır.
GA-4,	<ul style="list-style-type: none"> • Organik siltli marn dan oluşmuştur. • Daha çok inorganik karbonat birikimi nedeniyle düşük, dalgalanan bir manyetik değere sahiptir. • Marn ve silt varlığı nedeniyle karbonat yüksektir. • Turba ve siltli marnın ardıllığı, ünite boyunca düşük ve yüksek göl seviyelerinin tekrar ettiğini gösterir.
GA-3	<ul style="list-style-type: none"> • Bu ünite silt ve kilden oluşmuştur. • Mineral maddelerin oranı (% 85) nedeniyle manyetik hassaslık derecesinde artış görülmektedir. • Daha düşük göl seviyesini ifade etmektedir. • Kil zengini sediment daha derin su seviyesi boyunca depolanmaya ve bu ünite oluşurken göl seviyesinde dalgalanmaya işaret etmektedir.
GA-2	<ul style="list-style-type: none"> • Deniz kabuğu içeren kil ve siltten oluşan bu ünite, %30 civarında yüksek karbonat oranına sahip olduğundan nispeten düşük manyetik hassasiyet değerleri içermektedir. Yüksek karbonat değerleri muhtemelen molluscs ve shell parçacıklarının varlığı nedeniyle dir. • 770-779 cm arası nemli ince turba tabakaları sedimentleşmenin daha düşük göl seviyesi periyodu boyunca oluştuğuna işaret etmektedir.
GA-1,	<ul style="list-style-type: none"> • ~ 2-5 mm seyrek, yumuşak, düzensiz şekilli, HCl uygulandığında hemen çözünen karbonat parçacıklarından oluşmaktadır. • Bu parçacıkların orijini belli değil; ancak endojenik olabilir.

Şekil 17: Gölhisar Gölü GHA karotunun litostratigrafisinin açıklaması. Şekil 16 ile karşılaştırınız.

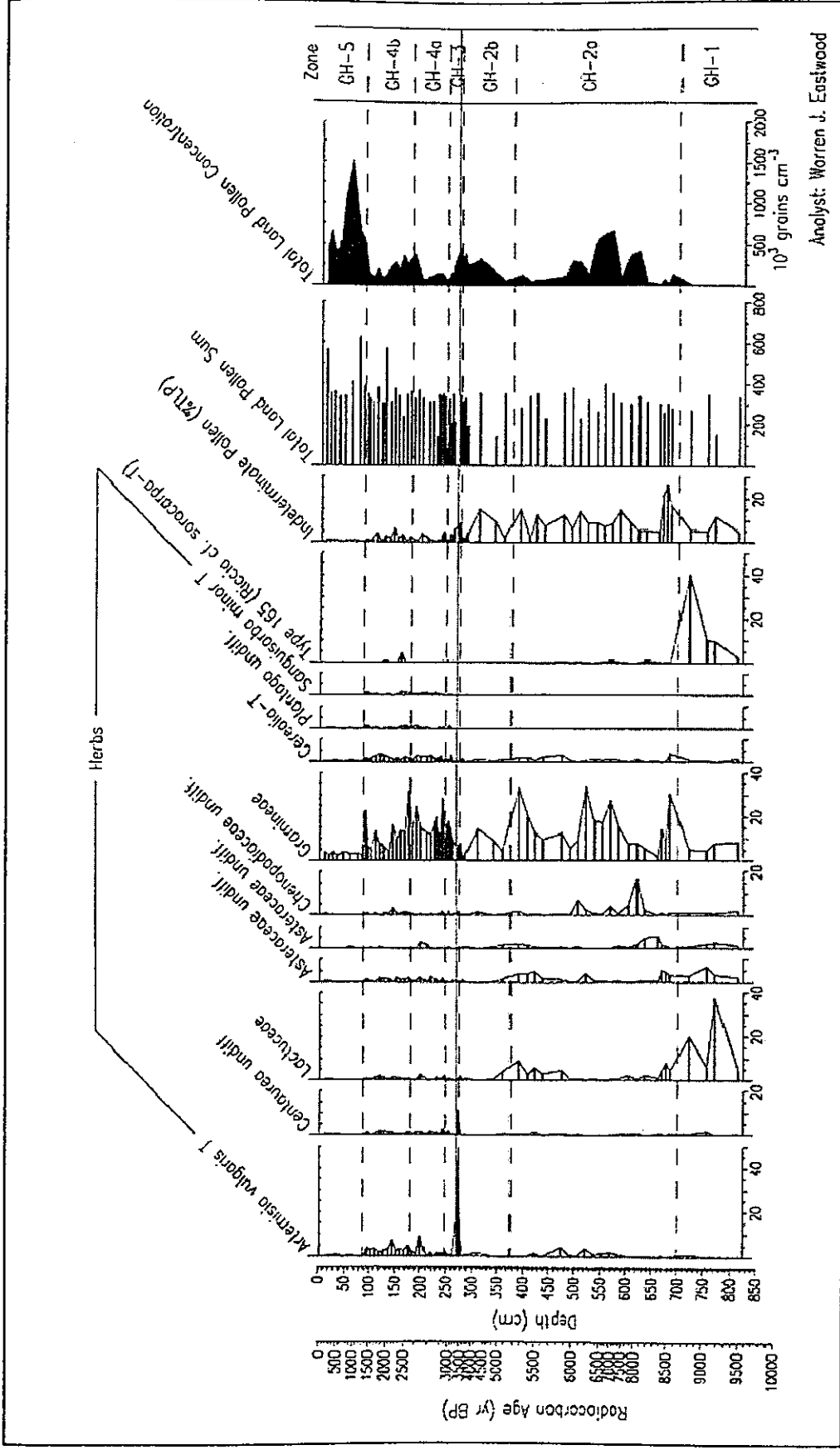
Manyetik hassaslık, materyalin mıknatıslanabilme değerinin ölçümüdür. Doğada özellikle demir içeren minerallere sahip sedimanlar mıknatıslanabilme özellikleri ile sınıflandırılabilir. Bazalt gibi manyetit oranı yüksek kayaların mıknatıslanabilme özelliği kalkere göre yüksektir; çünkü manyetit (Fe_3O_4), mıknatıslanma özelliğine sahipken kuvars bu özelliğe sahip değildir.

Manyetik hassaslık ölçümlerinden pek çok konuda faydalanılmaktadır. Bu alanlardan biri de erozyon tespitidir (Yiğitbaşıoğlu, 1996: 85).

Toprak erozyona uğramışsa manyetik hassaslık derecesi yüksek çıkmaktadır. Böylece yoğun erozyona uğramış bölgeler tespit edilebilir. Bununla birlikte manyetik hassaslık ölçümleri taşkınların olduğu yerlerde ve ana kayanın manyetik özelliklerinin sıklıkla değişmesi durumunda sağlıklı olmamaktadır. Akarsuların ve erozyonun güçlü olduğu dönemlerde göllerin orta kesiminde normalden büyük boyutta materyal birikmektedir. Sedimanlar ile erozyon arasındaki ilişki organik tortulların manyetik ölçümü ile mineral içeriğindeki değişimin ortaya konulmasıdır (Yiğitbaşıoğlu, 1996: 89).



Şekil 18: Gölhisar gölü GHA karotunun karasal sınıflarının yüzde polen diyagramı; parantez içindeki tarihler paralel GHB karotundandır; kesintisiz çizgi Santorini Tefra tabakasını göstermektedir (Eastwood vd., 1999)



Şekil 19: Şekil 18'in devamı

Zon	Derinlik (cm)	Yaş (bugünden önce)	Polen Yüzdesi (Percentage)	Polen Konsantrasyon (tane/cm ³)	Polen birikim hızı (influx) (tane/cm ²)
GH1	813-700	~9500-8600	Yüksek AP ~25-70%; Çam en alt spektrumda ~%65. AP: Çam, Meşe, Ardıç; NAP: Compositae, Gramineae, ve Fernler.	Çok düşük <100	Çok düşük <500
GH2a	700-375	~8600-5200	Yüksek dalgalı AP ~%60-80; Çam, Meşe türleri ~%10-20, Ardıç ~%5-10, NAP: Gramineae ~%10-30, Artemisia ~%5, Glomus ~8500-8000 ve 5900-5000 BÖ ~%40.	Dalgalı 250-700	Dalgalı 500-4000
GH2b	375-276	~5200-3500	Yüksek AP ~%70-90; Çam ~%60, Meşe türleri ~%5, Ardıç ~%3 Cedrus ~%5 NAP: Gramineae ~%10-15; Ferns ~%15	Düşük 100-250	Durağan ~1000
GH3	276-252	~3500-3000	Yüksek AP ~%80, Çam ~%65, NAP: Artemisia'da yüksek artış ~%40 (STL altında), Gramineae yukarı doğru artıyor: ~%5-15.	Azalıyor 400-100	Azalıyor 2000-500
GH4a	252-180	~3000-2600	Yüksek, dalgalı AP ~%60-75. Çam ~%70, Zeytin, Ceviz ve Kestane artıyor. NAP: Gramineae ~%15, Cerealia ~%5, Artemisia ~%10. Plantago Lanceolata ve Sanguisorba poleni görülüyor.	Artıyor 100-400	Artıyor 500-8000
GH4b	180-87,5	~2600-1300	Pediastrum ve Coelastrum'da karotun üst kısmına doğru artış var.	Azalıyor 350-150	Azalıyor 8000-800
GH5	87,5-0	~1300-200	AP %90 artıyor. Çam ~%85, Bazı Meşe ve Cedrus ~%5. NAP: Pediastrum ve Coelastrum ~%5-60	Dalgalı 400-1500	Dalgalı 3500-10000

Şekil 20: Gölhisar GHA karotunun özet polen sonuçları. Şekil 18 ve 19 ile karşılaştırmamız (Eastwood vd, 1999).

4.1.1.1. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT ÇÖKELME REKONSTRÜKSİYONU

Eastwood ve diğerlerine göre Holosen dönemi boyunca değişik litolojilerin ardılığın otokton ve allohton süreçlerle ilgili olabilir. Sedimentte kilin yüksek oluşu allohton sedimentleşmeyi ve havza erozyonunu göstermektedir; bu durum manyetik hassaslık değerleriyle de desteklenmektedir. Erken-Holosen dönemi boyunca düşük manyetik hassaslık değerleri, nispeten daha yavaş sediment birikimi ya da sedimentlerin kalkerli yapısıyla ilgili olabilir. Erken-orta Miyosen boyunca siltli marn depolanması o dönemde göl seviyesinin yüksek olduğunu, sazlık polen türlerinin varlığı da yine ilgili dönemde göl seviyesinin düşük olduğunu, böylece göl seviyesinin zaman içinde dalgalandığını göstermektedir.

Günümüzden yaklaşık 3300 yıl önceye tarihlendirilen Santorini Tefra Tabakası şüphesiz bakılan radyokarbon tarihlendirmesi metodunun neojen marnlarına ve yerel Mesozoik kireçtaşlarına rağmen doğru sonuç verdiğini kanıtlamaktadır. Siltli-kil/marn göl sedimentleri gölün o dönemde daha derin olduğuna işaret etmektedir. Gölhisar gölü çevresinde üç erozyon dönemi şöyle tarihlendirilmiştir (Eastwood, W.J., Et al. 1999: 690).

1) ~8600–8100 BÖ.

2) ~6000–3300 BÖ

3) ~2700–200 BÖ.

Örnek alınan yerlerde göl seviyesi dalgalandığı için çökeltme durumuyla ilgili daha detaylı rekonstrüksiyon yapma imkanı azalmıştır. Sediment birikim hızları kısa zamanlarda değişmektedir. Epifitik (başka bitki üzerinde gelişen) türlerin baskınlığı Gölhisar'ın Holosen boyunca nispeten daha sığ bir göl olduğunu

göstermektedir. Göl seviye dalgalanmalarından hiçbir iklimsel anlam çıkarılamamış, bu nedenle dalgalanmaların en fazla birkaç metre olduğu kanısına varılmıştır (Eastwood, W.J., Et al. 1999: 690).

4.1.1.2. GÖLHİSAR GÖLÜ'NE AİT VEJETASYON REKONSTRÜKSİYONU

Erken- Holosen Vejetasyon Değişimi

Erken-Holosen döneminde ~9500 BÖ, ~%60 oranında AP, Gölhisar çevresinin iyi gelişmiş bir orman örtüsüyle kaplı olduğunu göstermektedir; fakat yine aynı döneme ait düşük yerel polen üretimi, yüksek olan çam polenin uzun mesafeli taşınabilme özelliği nedeniyle uzak çevreden gelmiş olabileceğini göstermektedir. Bugün göl çevresinde bazı arboreal sınıflar olsa da alanın ilgili dönemde açık bir arazi durumunda olması 165 türün varlığı ve fern sporlarının ~%40'a ulaşması ile desteklenmektedir; çünkü fern sporları göl kıyısında açık alana sahip doğal koşullarda yetişmektedir (Eastwood W.J., Et al., 1999: 690).

Erken Holosen dönemindeki iklimsel koşulların bu dönemde hala elverişsiz durumda olma ihtimali yüksektir; çünkü ağaçların yetişebilmesi için belirli bir nemlilik derecesi gereklidir. Orman yayılmasını fırsatçı türlerin yayılması da etkilemiş olabilir. Erken holosen döneminde arboreal polen yüzdesi magnitütü artmaktadır. Söğüt gölündeki sonuçlar ile birbirine çok yakın; fakat çamdaki yüzde artışı Gölhisar'dakinden 1000 karbon yılı sonradır. Öte yandan deniz seviyesinden 1120 metre yükseltiyeye sahip Beyşehir gölünde günümüzden

7500 yıl önceye kadar AP'nin, maksimum değerlerine ulaşamadığı bilgisi verilmiştir (Eastwood, W.J., Et al, 1999: 691)

Erken-Orta Holosen Vejetasyon Değişimi

Bu dönem kayıtlarında meşe'de çarpıcı bir artış görülmüştür. Polen yoğunluğu da bu periyot boyunca artmaktadır. Dolayısıyla, sürekli yeşil ve yaprağını döken meşe türleri Gölhisar çevresinde erken-orta holosen arası dönemde önemli bir vejetasyon bileşenidir. Ardıç muhtemelen yetersiz temsil edilmiştir. Gölhisar'daki erken-orta holosen arası vejetasyon değişimi Söğüt gölünde de benzer; fakat orada ardıç ve meşe ile birlikte çam da baskın durumdadır (Eastwood, W.J., Et al, 1999: 691).

Holosen'in ilk yarısı (Neolitik) için insanın doğal çevreye etkisi üzerine net kayıtlar olmasa da orman alanı bozulması sonucunu doğuran birtakım kanıtlar bulunmuştur. İlki, günümüzden ~5000 yıl önce (GHA 390cm) çam'da azalma; buğdaygiller'de (*Gramineae*) artış, sonra çam yayılması ve fern sporlarının en yüksek seviyeye çıkması GHA 2'yi a ve b olarak ikiye ayırmaktadır. Polen birikim hızları ve manyetik hassaslık değerlerinde destekleyici bilgi yoktur. Diğer bozulma olayları günümüzden ~3300 yıl önce olmuştur. Pelin otundaki (*Artemisia*) önemli artışın nedeni olarak Tefra depolanması sonucu stratosferde sülfürik asidik aerosollerin birikmesinin iklimde bozulmaya neden olması gösterilmiştir (Eastwood, W.J., Et al, 1999: 691).

4.1.1.3. GEÇ HOLOSEN'DE BÖLGE ÜZERİNDE İNSAN ETKİSİ

Günümüzden ~3000 yıl önce polen kayıtlarında arboriculture polenleri görülmektedir. Bu polen türleri GB Anadolu'da Beyşehir Yerleşim döneminin karakteristiği olarak yorumlanır. ~3000-1300 yılları arasında Gölhisar A karotu (GHA) için çam polen birikim hızında düşme görülürken, Gölhisar B karotu (GHB) ve Gölhisar C karotlarında da Beyşehir Yerleşimi dönemi boyunca meşe'de artış, çam'da azalma vardır. Çam'daki azalma Beyşehir, Pınarbaşı, Gölhisar, Köyceğiz göllerinde de kayıtlıdır. Saçlı meşe (*Quercus cerris*) türü çoğunlukla karaçam (*Pinus nigra*) ormanlarında orman altı bitkileri olarak yetişmektedir. Meşe türü bu yüzden çam türünün azalışıyla artar; çünkü daha fazla ışık alabilir duruma gelir. Böylece meşe türleri yayılır. Ardıç da çamın azaldığı yerlerde artmaktadır (Eastwood W.J., Et al, 1999: 692).

Santorini Tefra Tabakası (STL), Radyokarbon (RC) yaşı ile birlikte 3370, 70 yıl sapma ile BO döneminin başlangıcı için sağlam bir tarihlendirir. Beyşehir Yerleşim (BO: Beyşehir Occupation) döneminin sonu da günümüzden önce 1300 yılına 60 yıl sapma ile, ~665-783'e tarihlenmiştir. Beyşehir Yerleşim (BO) döneminin sona eriştiği AP yüzde ve birikim hızı değerlerindeki önemli artış ile özellikle çam'daki artış; zeytin, ceviz, kestane, sakız gibi birincil antropojenik vejetasyon göstergelerinin yok oluşu ya da azalışıyla ve *Artemisia*, *Plantago lanceolata* ve *Sanguisorba* gibi ikincil antropojenik (NAP: Non-Arboreal Polen) göstergelerin azalışıyla karakterize edilir (Eastwood W.J., Et al, 1999: 692).

Üç karotta da önemli değişim AP değerlerindeki artıştır. GHA'da AP değerleri ani bir şekilde artarken GHB ve C karotlarında AP değerleri yavaş yavaş artmıştır. BO dönemi, orman örtüsünün tarım nedeniyle yokoluşu ile yine orman örtüsünün canlanması dönemini kapsar (Eastwood W.J., Et al, 1999: 692).

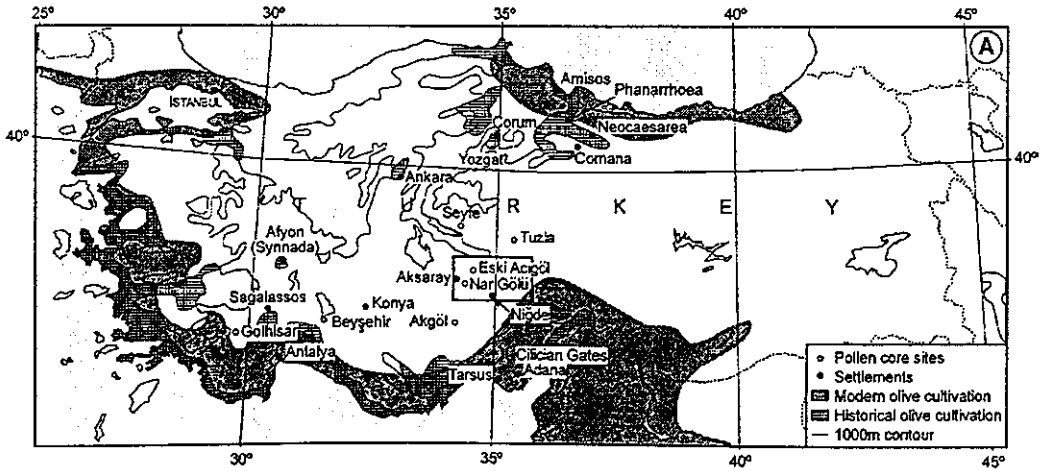
BO döneminden önce yaygın olan çam BO döneminde azalmakta ve bu dönemden sonra yine canlanmaktadır. Çam ve meşe BO döneminden önce eşbaskın idi. Benzer resim GB Anadolu'daki diğer türler için de geçerlidir. Örneğin, Söğüt gölü çevresinde erken-orta holosen periyodunda ardıç (*Juniperus*) ve yaprağını döken meşe (*Quercus cerris*) eşbaskın iken BO dönemini takiben ikincil vejetasyon nedeniyle neredeyse yok olmuşlardır (Roberts, 1990). Pınarbaşı gölü, Beyşehir gölü gibi diğer yerlerde de çam/sedir oranı BO dönemi sonrasında eski değerine dönmüştür. Bununla birlikte, çam türü de BO dönemi sonrasında, BO dönemi öncesi gibi arttı mı bu açık değildir; çünkü palinolojik olarak alt türlerin tanımlanması bugünkü teknikle çok zordur. Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) bugün dağlık Akdeniz (oro-mediterranean vegetation zone) vejetasyon zonunda bulunan yaygın çam türleridir (Eastwood W.J., Et al, 1999: 692).

4.1.2. NAR GÖLÜ ÜZERİNE BİR REKONSTRÜKSİYON

Nar Gölü, 38°22' Kuzey paraleli, 34°27' Doğu meridyeninde yer almaktadır. İç Anadolu Bölgesinde, Kapadokya'da bulunan bir krater gölüdür. Deniz seviyesinden 1363 metre yükseklikindedir; derinliği ~26 metredir. Yaklaşık 36 km kuzeybatısında Aksaray kenti bulunmaktadır (England A., Et al, 2008: 1230).

England ve diğerlerinin (2008) bu çalışmasında Nar gölündeki yıllık göl sedimentlerinden elde edilen polen, durağan izotoplar ve kömür gibi multiproksi kayıtlar, belgesel ve arkeolojik kayıtlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Böylece, Geç Antik dönemden (İS.300'den) bugüne çevresel değişimler ve sebepleri detaylı olarak ortaya konmuştur.

Durağan izotop verileri, yazın yoğun kuraklıkta ve kış-ilkbahar yağışlarında çarpıcı bir değişim göstermektedir. Ancak bu veriler polen verileriyle elde edilen arazi kullanımındaki zaman içindeki değişimle uyumlu değildir. Son 2000 yıldır Kapadokya'da arazi kullanımı üzerindeki ekolojik değişimlerde ana etken *insan* olmuştur (England, A., Et al, 2008: 1229).

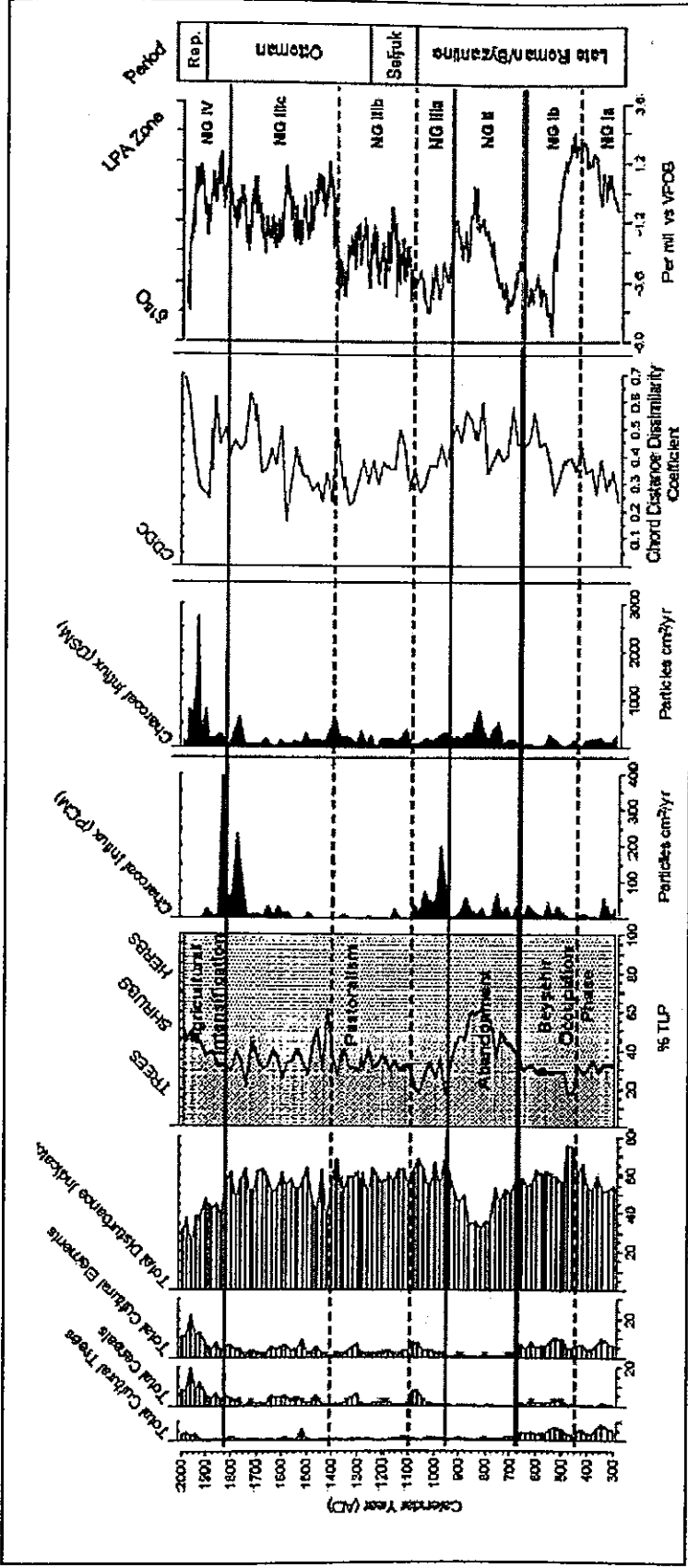


Şekil 21: Nar Gölü'nün Lokasyon Haritası. (England Et al, 2008).

England ve diğerlerinin bu çalışmasında Nar gölü haricinde Kapadokya bölgesinde bulunan Seyfe Gölü, Tuzla Gölü ve Eski Acıgöl'deki verilerle de karşılaştırma yapılmak istenmiştir. Ancak Seyfe ve tuzla gölünün verilerinin kısa zaman ve çözünürlükte; Eski acı gölün verilerinin ise son 2000 yıllık kronolojisi çok zayıf olduğundan sadece Nar gölü kayıtları değerlendirmeye alınmıştır (England Et al, 2008: 1230).

Tarih	Periyot	Önemli refah dönemleri	Önemli kriz dönemleri
1923- bugün	T.C.	20.yy ikinci yarısında yoğun tarım.	-
~1450- 1923	Osmanlı Dönemi	15.yy sonları ve 16 yy genel olarak refah içinde ve düzenli.	19.yy ve 20.yy başları Osmanlı'nın çöküşüne yol açıyor. 17.yy tarımsal kriz.
1308- 1450	Yerel yönetim	-	15.yy başlarında Timur istilalarını takiben kriz. (1402) 14.yy Selçuk sonrası düzen.
1080- 1308	Selçuk	13.yy ilk yarısı yol ve inşaa çalışmalarında yükselme	Moğol istilaları 1243 12.yy tarım krizi
950-1080	Orta Bizans	10.yy sonları, 11.yy ve 12.yy başları altın çağ; Hıristiyan duvar resimleri sanatının doruk dönemi	1125'ten sonra düşüş, Bizans, 1071 Malazgirt Savaşı ile yıkıldı. Yüksek yağış ya da kuraklıkta azalma, tarımsal uygunluk
~670-950	Geç Antik (Karanlık çağ)	-	Bizans ve Araplar arasındaki sürekli savaşlar arasında Kapadokya askeri sınır haline geldi.
~330-670	Erken Bizans	Roma döneminin sonundan 7.yy ortalarına kadar yüksek refah; 5 ve 6.yy'da büyük kiliseler inşa edildi.	Justinian salgını (540-542) yüksek yağış ya da kuraklıkta azalma, tarımsal uygunluk Tekrar eden salgınlar (540-590)

Şekil 22: Kapadokya'da Tarihi Dönemler. (England Et al, 2008: 1233).



Şekil 23: Nar Gölü Verilerinden Geç Holosen Çevresel Değişimlerinin Sentetik Diyagramı. PCM, palinolojik kömür metodunu ifade ediyor. DSM, yoğunluk ayrıştırma metodu kullanarak kömür verilerini elde etmeyi ifade ediyor. Şekil 25 ile karşılaştırınız. % TLP: toplam karasal polen yüzdesi. (Hesaplamalar TILIA (Grimm,1991) kullanılarak bütün % polen verileri arasında yapılmıştır (England, Et al., 2008: 1239)

Alt zon NG1a	Düşük CDDC (chord distance dissimilarity coefficient) değerleri ile karakterize edilir. Ana antropojenik faaliyet olan tahıl tarımı ve yerleşik tarımdan kaynaklanması durgun vejetasyon olasılığını gösteriyor.
Alt zon NG1b	İS.590 (1410VY) değişim oranı çarpıcı bir şekilde artıyor. Ortalamadan sapma değerleri negatif yerine pozitif olmaktadır. Bu durum arazi kullanımında büyük bir değişimi gösteriyor olabilir. CDDC değerlerindeki bu artışın antropojenik aktivitenin azalmasıyla ilgili polen türlerinden önce meydana gelmesi anlamlıdır. Bu artış antropojenik polen türlerinde azalmaya neden olan faktörlere işaret etmektedir.
NG2	CDDC değerlerindeki artışın zon NG1b ve NG2 boyunca devam etmesi antropojenik faaliyetlerin azalışını ve bu dönemler boyunca ikincil ormanlık alanın geliştiğini göstermektedir. Bu orman <i>Quercus cerris</i> türlerini içermektedir.
NG3	Bu zon, İS.1700'e kadar (300VY) düşük CDDC değerleriyle karakterize edilmektedir. Değişim analizlerinden polen kayıtlarında durgun bir periyot olduğu anlaşılmaktadır.
NG4	CDDC değerleri başlangıçta düşük (0,2) ama zonun sonuna doğru, kaydın en yüksek değerine (0,69) ulaşmaktadır. Bu durum çevre üzerinde antropojenik etkinin arttığını yansıtmaktadır.

Şekil 24: Şekil 23'teki Karasal Polen Zonlarının (LPA) Açıklaması

Nar gölünün 5 km² çevresindeki arazi kullanımı değişimi polen topluluğu kompozisyonunda izlerini bırakmış olsa da polen kayıtları aslında Kapadokya'nın büyük bölümündeki landscape ve vejetasyon değişimlerini yansıtmaktadır. Bu durum Nar gölünde son iki bin yıl boyunca kaydedilen yüksek çam polen kayıtlarıyla doğrulanmaktadır. Çam ağaçları bugün Kapadokya'da yetişmediğinden kayıtlarda çıkan yüksek çam poleni uzun mesafe taşınmasının eseri olmalıdır. Toros dağlarından ~70 km güney ya da güneydoğudan taşınmış olması muhtemeldir (England Et al, 2008: 1238).

Zon1 (NG 1a – NG1b) (NG : Nar Gölü). Bu zon Roma döneminin sonunu Bizans döneminin başını (antik dönem) sunarak karışık kültürel bir arazi kullanımı sunmaktadır. Bazı bölgelerde *Quercus cerris* ve çimen-çalı vejetasyon baskındır. Bu zonda zeytin (*Olea*), kestane (*Castanea*), asma (*Vitis*), tahıl (*Secale cereale*), yulaf (*Avena*), doğu buğdayı (*Triticum*) ve arpa (*Hordeum*) gibi birincil antropojenik göstergeler; çayır düğmesi tohumu (*Sanguisorba minor*), sinirli ot

(*Plantago lanceolata*) ve kuzukulağı (*Rumex acetosella*) gibi ikincil gösterge türler bulunmaktadır (England Et al, 2008: 1238).

Zon2 (NG II) (NG: Nar Gölü) : Bu zon sık sık karanlık çağ olarak ifade edilen dönemle uyuşmakta ve önemli kültürel dönüşümleri yansıtmaktadır. Doğu Roma/Bizans yönetimi dönemini yansıtmaktadır. AP oranı artış göstermektedir. Antropojenik göstergeler, özellikle zeytin, tahıl polen türleri azalmaktadır. Polen konsantrasyon ve polen birikim hızı verileri bu dönem için orman örtüsünde gerçek bir artış olduğunu gösteriyor olmalıdır. Bu artış nispeten ani olarak başlamıştır. Birincil ve ikincil antropojenik göstergelerde düşüş tarımsal faaliyetlerin azaldığını, AP artışı ise yeni bir ağaçlanma dönemini ifade etmektedir. Bu zon boyunca yine çam poleni yüzdesinde önemli bir artış kaydedilmiş ve bu orman alanlarının Toros ve Karadeniz Dağları'na doğru yayıldığını göstermektedir. Kapadokya'da modern polen birikim çalışmalarına göre meşe poleni bol miktarda üretilmesine karşın ormanlık alandan çok uzaklara dağılmamaktadır (England Et al, 2008: 1238).

Zon3 (NG III): Bu dönemde polen verileri 9.yy sonları ve 10.yy başları boyunca Kapadokya'da antropojenik etkinin gelişmeye başladığını göstermektedir. Tarım ve hayvancılık (Agropastoral) faaliyetleri 11.yy'da maksimuma ulaşırken AP yüzdeleri de bu dönemde en düşük seviyededir. 12.yy boyunca Selçuk dönemi başladığında tahıl tarımı azalırken 13.yy da yine yoğunlaşmaktadır. 13.yy ile 19 yy arasında vejetasyon kompozisyonunda meydana gelen küçük dalgalanmalar Osmanlı döneminde de devam etmiştir. Bu zon boyunca sürekli yeşil meşe türünün çok seyrek temsil edilmesinin nedeni

otlatma nedeniyle bodur meşeliklerin engellenmesi olabilir (England Et al, 2008: 1238).

Zon 4 (NG IV): (NG: Nar Gölü) Bu zon Osmanlı İmparatorluğunun sonunu ve Türkiye Cumhuriyetini yansıtmaktadır. *Secale cereale* polen türünde artış görülürken ot ve step (*Artemisia*) polen türlerinde de sürekli bir azalma görülmektedir. Yulaf (*Avena*), doğu buğdayı (*Triticum*) ve arpa'nın (*Hordeum*) varlığı Anadolu platolarında step alanlarında yaylalar için tahıl tarımının geliştiğini göstermektedir. AP polen türleri azalırken çam polenindeki artış bu polen türlerinin uzak mesafelerden bu bölgeye taşındığını göstermektedir (England Et al, 2008: 1240).

AP'de artış ile orman örtüsünün yoğunlaşması ya iklimdeki nemli koşullara doğru bir değişim sonucu ya da arazi bozulması sonucudur. Arazi bozulması sonucu ise salgın, savaş gibi faktörler arazi bozulmasına sebep olmuş olabilir. İklimsel değişimlerin kaydının elde edildiği durağan izotop verileri diğer piroksi göstergelerle uyummadığından Kapadokya çevresindeki arazi kullanımı değişiminde ana etken iklimin değişmesi olmamıştır (England Et al, 2008: 1240).

Roma döneminden beri Kapadokya'daki ekolojik değişiminin diğer bir önemli etkeni elbette *insan faaliyetleridir*. Polen kayıtları tahıllar, asma ve ceviz gibi tarımsal faaliyet gösterge türlerini; *Quercus cerris* yoğunluğunun bir göstergesi olarak geniş bir orman örtüsünü ve *Artemisia* gibi step türlerinin kayıtlarını sunmaktadır (England Et al, 2008: 1240).

Bir arazinin bozulmasına neden olabilecek faktörler çeşitlidir: Sınırlı ot (*Plantago*), çobandeğneği (*Polygonum*) türleri arazinin bozulmuş olduğunun göstergesidir. Öte yandan otlatma, yangın, kuraklık gibi nedenlerle de arazi bozulabilir (England Et al, 2008: 1241).

Strabo (İS 64- İS 23) Kapadokya'yı ağaçsız olarak tanımlamıştır. Fakat Roma döneminde Erciyes Dağının tamamen orman kaplı olduğu söylenmektedir. 4.yy'da Naziansoz Gregory piskoposu görebildiği kadarıyla bölgeyi ve küçük Sasima kasabasını yoksul, kurak ve ağaçsız olarak tanımlamıştır (England Et al, 2008: 1241).

Polen kayıtlarına arşiv kayıtları çok değerli bir bilgi sunmuştur. Nar gölü çevresinde 4.yy ilkbahar faaliyetlerini gösteren bir resim belgesi bulunmuştur. Bu resim Nar gölünden birkaç km uzaklıkta kuzeybatıda bulunan antik Nazianzos kentinde St. Gregory'nin 12.yy hitabetidir. Bu resimin Gregory'nin yaşadığı dönemden çok sonra, 12.yy'da çizilmiş olabileceği sanılmaktadır. Resimde küçükbaş-büyükbaş hayvancılık, kuş avcılığı, balıkçılık, bağcılık (*viticulture*), arıcılık (*apiculture*) yapıldığı gösterilmektedir. Zeytin poleni NG1 zonunda son 1700 yıl boyunca en yüksek değeri vermektedir. Zeytincilik Roma dönemi küçük Asya'sında ekonomik açıdan çok önemli olmuş ve çok alanda kullanılmıştır. Bugünkü vejetasyon araştırmalarında Nar gölü çevresinde zeytin yetişmemektedir. Zeytin poleni rüzgârla taşınabilen özelliğindedir ve uzun

mesafelerde taşınabilir. Bu nedenle kayıtlardaki zeytin poleni de uzak kesimlerden taşınmış olabilir (England Et al, 2008: 1241).

Nar gölünden yaklaşık 160 km güneyde Toros dağlarının güney eteklerinde Kilikya kıyılarından taşınmış olabilir; çünkü Kilikya, geç antik dönemde Küçük Asya'nın en önemli zeytinyağı üreticilerinden biri olmuştur. Modern yüzey yosun örnek verileri de Nar gölündeki zeytin polen yüzdesinin sadece gösterge derecesinde olduğunu belirtmiştir. Nar gölü bölgesel polen verilerine sahip bir göldür. Eğer Türkiye'nin güney kıyısı boyunca yoğun zeytincilik yapılmışsa yoğun polen akınını buradan alması muhtemeldir. Öte yandan Türkiye'de bugün zeytin ağaçları 1000 m altında kıyı bölgelerle sınırlanmıştır. Nar gölünün deniz seviyesinden yükseltisi ise 1363 metredir. Bu nedenle zeytin Nar gölünde uygun olmayan iklim koşulları nedeniyle yetişmemiş olabilir. Fakat Nar gölünün batı kıyısındaki ova deniz seviyesinden 1200-1300 arası yükseltiye sahiptir. Belki burada uygun koşullar bulunmuştur ve kayıtlardaki zeytin poleni burada yetişmiş lokal zeytin ağaçlarından kaynaklanmıştır (England Et al, 2008: 1241).

Kapadokya'ya en yakın mesafede zeytinciliğe dair kanıt Bizans dönemine ait Emirgazi'de bulunmuştur. Antik adı Argaios olan ve deniz seviyesinden 1078 m yükseltide olan Emirgazi, Hasan dağı kütesinin 35 km güneybatısında bulunuyordu. Burada lokal olarak yetişen düşük kalitedeki zeytinlerden ışıklandırma gibi yağın kaliteli olmasını gerektirmeyecek kullanımlarda yararlanılmıştır (England Et al, 2008: 1241).

Nar gölünden alınan polen kayıtları Bizans tarımının sona erişini ve ikincil ormanlık alan gelişimine işaret etmektedir. Bu durumun 650-800 yılı arasında gerçekleşen Arap istilaları nedeniyle arazi kullanımındaki değişimin bir sonucu olabileceği ifade edilmiştir (England Et al, 2008: 1242).

Polen kayıtları 670-950 yılları arasında tarımsal faaliyetlerin uzun sürmediğine işaret etmektedir. Özellikle 950 yılından sonra AP kayıtları çok azken açık alan polen türleri artmaktadır. Böylece yeni kırsal ekonomik faaliyetler tahıl tarımı ve hayvancılık olmuştur. 12.yy polen kayıtlarında yulaf (*Avena*), doğu buğdayı (*Triticum*) türlerinin var olmayışı ve *Artemisia*, *Secale* gibi polenlerde azalma nedeniyle 11.yy'da insan etkisi önemli rol oynamıştır ve farklı kültürler yaşanmış olmasına rağmen arazi kullanımında bir süreklilik ortaya çıkmıştır (England Et al, 2008: 1243).

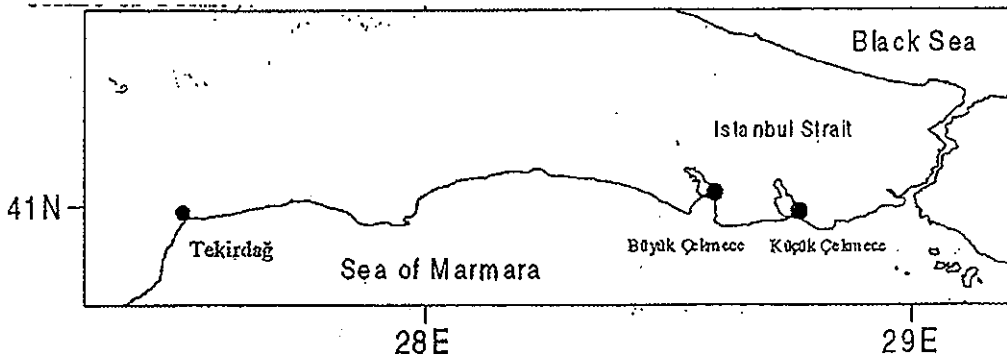
13.yy Moğol istilalarının ve 1400 yılında Timur istilasının Kapadokya'da arazi kullanımında fark edilebilir bir etkisi olmamıştır. Son 150 yıl boyunca Türkiye'de step alanlar üzerinde tahıl tarımının yaygınlaştığı söylenebilir (England Et al, 2008: 1243).

Bitki ekologlarına göre İç Anadolu'nun modern vejetasyonu karaçam (*Pinus nigra*) ve meşe ormanlarından çam; kiraz, kayısı gibi meyve ağaçlarını içeren türlerden (*Prunus*), alıç'a ve (*Crataegus*) ardıç'a (*Juniperus*) doğru bir vejetasyon dönüşümü içindedir. Bu durum ağaç kesimi, otlatma ve arazi tahribi ile ilişkilendirilmektedir (England Et al, 2008: 1243).

Kapadokya'daki arazi bozulma nedenlerinden bir diğeri yangınlardır. Bu çalışmada kömür analizinde iki farklı analitik metot uygulanmıştır. İlki polen analizinde hazırlık metotları ardından polen slaytlarda kömür parçalarının sayılmasıdır. PCM (*palinological charcoal method*). İkincisi ise polen ayırma işlemleri mikrokömür kaybına ya da zarar görmesine neden olabildiği için yoğunluk ayırma metodu, DSM (*density separation method*) (England Et al, 2008: 1238).

Bu analizlerin sonuçlarına göre orman yangınlarının sıklığı geç-Roma--erken-Bizans döneminde ve ayrıca 1400 yılında artmıştır. Yangınların asıl nedeninin insan etkisi olma olasılığı kömür kayıtlarının arttığı dönemlerde meşe poleni yüzdesinin değişmemesiyle de desteklenmektedir.

4.1.3. İSTANBUL – TEKİRDAĞ ARASINDAKİ KIYI BÖLGESİNDE POLENE DAYALI BİR REKONSTRÜKSİYON



Şekil 25 : Polen Örneklerinin Alındığı Noktaların Lokasyonu (Caner vd., 2001: 41).

Caner ve diğerlerinin gerçekleştirdiği bu çalışmada alan Marmara Denizinin kuzey kıyısında İstanbul ve Tekirdağ arasındaki kıyı bölgesini

kapsamaktadır. Çalışma alanında ilk yerleşim ~12000 yıl öncesine gitmekte ve bu saha tarih boyunca gerek yerleşme açısından gerekse de siyasi ve kültürel açıdan etkin olmuş ve nüfus sürekli artmıştır (Caner vd., 2001: 41).

Sahanın iklimi Thorntwaite iklim sınıflandırmasına¹⁵ göre yarı kurak, mezotermal iklim (yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı; iklimde uzun süreli sıcaklar veya uzun süren soğuklar yoktur ve bu iklim bölgelerinde potansiyel buharlaşma oranı görülmektedir. Bu oran 57–114 cm arasındadır (www.dmi.gov.tr).

Çalışma alanındaki jeolojik formasyonlar temelde metamorfik kayalar ve Paleozoik, Tersiyer ve Kuaterner yaşlıdır. Bu üniteler Büyük Çekmece Gölü'nün kuzeyinde ortaya çıkmaktadır. Bu bölgede en yaygın jeomorfolojik unsur plato yüzeyidir. Bu yüzey tektonik hatlar boyunca nehirler tarafından kısmen yarılmıştır. Bu bölgedeki en etkili jeomorfolojik görüntü için en önemli parametre erozyona karşı değişik dirençte olan kayaların bulunmasıdır (Caner, vd., 2001: 42).

¹⁵ Thorntwaite iklim sınıflandırması yağışla buharlaşma ve sıcaklıkla buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre 9 iklim sınıfı belirlenmiştir. Yağış etkinlik indeksi (Im) >100 ise (A)= çok nemli, 100-80 ise (B4)= nemli, 80-60 ise (B3) = nemli, 60-40 ise (B2) = nemli, 40-20 ise (B1) = nemli, 20-0 ise (C2) = yarı nemli, 0- (-20) ise (C1) = yarı kurak – az nemli, (-20)-(-40) ise (D) yarı kurak, (-40)-(-60) ise (E) = tam kurak – çöl ifade etmektedir (www.dmi.gov.tr/FILES/genel/sss/iklimsiniflandirmalari.pdf).

Çalışma alanında kıyı boyunca ana jeomorfolojik özellikler kıyı okları, lagünlerdir. Bu çalışmada Tekirdağ ile İstanbul arasında uzanan kıyı kesimde vejetasyon ve ekolojik durumun palinolojik yöntemle ortaya konması amaçlanmıştır.

Caner ve diğerlerinin çalışmasında üç karot örneği Dachnowsky örnek alıcısı¹⁶ ile örnekler Tekirdağ'dan 70 cm uzunluğunda, Büyük Çekmece'den 60 cm ve Küçük Çekmece'den de 55 cm alınmıştır. Örnekler laboratuarda Erdtman (1954) standart metoduna göre ve bromofrom işlemi Moore (1991) prosedürüne göre yapılmıştır. %10 Hidroklorik Asit (HCl), Hidroflorik Asit (HF) ve Potasyum Hidroksit (KOH) işlemleri sonrasında örnekler safran ile boyanmış ve gliserin jel cam levhalar ile kaplanmıştır (Caner vd., 2001: 43).

Büyük Çekmece'den alınan örnek iki metotla ilişkilendirilmek için bromoform işlemine tabii tutulmuş, bu işlemde örnek %96 alkol ile yıkanmıştır. Organik materyali kurutmak için soğuk asetik asit içinde askıya alınmıştır. Asetoliz karışımı (asetik anhidrit) 9:1 yoğunluğunda konsantre sülfirik asitle karıştırılmış ve kaynayan suda 3 dakika bekletilmiştir. Bu prosedürü sentrifüj, çökertme işlemi takip etmiştir (Caner vd., 2001: 43).

Caner ve diğerlerinin bulgularına göre polen analizi sonucunda iki ana polen zon tanımlanmıştır. İlki yüzey ile 20 cm derinlikte, ikinci zon ise 20 cm derinlik ile 40 cm derinlikteki zondur. İlk zonda düşük AP değerleri, yüksek NAP

¹⁶ Dachnowsky örnek alıcısı bataklık toprakları, yumuşak kil gibi yumuşak topraklar için dizayn edilmiştir. Çalışmada kullanılan örnek alıcı 3,6 cm çapa ve 1 m karot uzunluğuna sahiptir.

(İspanakgiller *Chenopodiaceae*, pıtrak *Xanthium*) değerleri elde edilmiştir. AP değerleri azalırken kuzu kulağı *Rumex* ve sinirli ot *Plantago* gibi birincil ve ikincil antropojenik polen türlerine rastlanması bölgede antropojenik etkinin arttığının bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. AP değerlerinde en yüksek tür %44,6 ile kızılçam *Pinus brutia*'dır. Görülen diğer AP türleri *Quercus*, *Castanea sativa* Mill (Anadolu kestanesi) ve *Platanus orientalis* Doğu çınarı'dır (Caner vd., 2001: 44).

Diğer zon (20 cm- 40 cm) polen dağılımına göre iki alt zona ayrılmıştır. İlk alt zon yüksek AP değerleri, %60,9 oranında çam ve meşe, daha az oranda ihlamur (*Tilia*) kestane (*Castanea*) ve çınar (*Platanus*) sunmaktadır. İhlamur'un varlığı nemli koşullara işaret etmektedir. Bu zonda Doğu Gürgeni ve *Alnus* düşük değerdedir. Adi kızılgağaç (*Alnus glutinosa*), Türkiye'de Karadeniz kıyısında çok yaygındır ve nemli koşullarda çok iyi gelişmektedir. Doğu gürgenininin (*Carpinus orientalis* Mill) nem ihtiyacı daha azdır (Caner vd., 2001: 44).

İkinci alt zon daha az polen içermekle birlikte bu alt zonda bir tür bataklık yosunu olan *Sphagnum* ve mantar sporları baskındır. Sinirli ot ve asma türlerinin oluşu tarım yapıldığının göstergesidir (Caner vd., 2001: 44).

Caner ve diğerlerine göre çalışma alanındaki yukarıda bahsedilen palinolojik bulgular iklimsel koşullardaki değişimlerin ani olmadığına işaret etmektedir. İkincil vejetasyonun gelişmesi insan etkisini göstermektedir. Yaş tayini, örneklerin sığ olması nedeniyle yapılamamıştır; daha derin sondajlar ile yapılacak sonraki çalışmalar bu bölgenin vejetasyon ve iklim tarihi hakkında ayrıntılı bilgiler sunabileceği beklenmektedir (Caner vd., 2001: 44).

5.BÖLÜM

5.1. POLEN ANALİZİNDE SON GELİŞMELER

Seppa ve Bennett (2003) Kuaterner polen analizi üzerine gelişmeleri ayrıntılı olarak ele almışlardır. Tezin bu kısmında Seppa ve Bennett'in bu çalışmasından önemli değerlendirmeler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (Seppa, H. Et al., 2003: 548-579):

- Kuaterner polen analizi gerek polen sınıflamasının daha doğru yapılması ve polen tanımlamasının otomatikleşmesi, gerekse de polen topluluklarının daha doğru bir şekilde zonlara ayrılması açısından büyük gelişme kaydetmiştir.
- Polen kayıtlarının daha doğru yorumlanması amacıyla geçmiş vejetasyon paterninin oluşturulması için büyük çabalar harcanmıştır. Yeni araştırmalar polen analizini uzun dönemdeki vejetasyon değişimini (patern) ortaya koymak için kullanmaktadır. Örneğin bugün yağmur ormanlarındaki vejetasyon değişiminin bir nedeni buzul dönemindeki vejetasyon parçalanmasıdır.
- Polen analizinde bütün yenilik çalışmaları çevresel rekonstrüksiyonların belirsizlikten kurtulması ve modern ekolojik problemlerin daha kesin olarak ortaya konulması içindir. Doğru paleoevresel rekonstrüksiyon geçmiş vejetasyon verilerine bağlı olduğu gibi modern vejetasyona da bağlıdır. Geçmiş vejetasyonun doğru bilgisini ancak bugünkü ekosistemi iyi anladığımızda ortaya koyabilmekteyiz; nk bugünkü gözlemlenebilen ekolojik ilişkiler geçmişte de

aynıydı. Bu prensip tek biçimcilik prensibi (*uniformitarianizm*) olarak bilinmektedir. “*Bugün geçmişin anahtarıdır.*” Sahra çölünün ortasında bulunan Hippopotamus kemikleri günümüzden 10,000–6000 yıl önceki aralığa tarihlendi. Bu kemikler hippopotamus öldükten sonra göç etmiş olamazdı. Bu kemiklerin neden bu bölgede bulunduğuyla ilgili iki görüş vardır: Daha anlaşılır olan ilki bu tespiti bugünkü hippopotamus ekolojisine dayandırmaktadır. Erken Holosen boyunca Sahra Çölü plüviyal dönemdeydi ve burada göller ve akarsular hakimdi. İkinci görüş ise Hippopotamuslar alışkanlıklarını ve yaşadıkları alanı değiştirdiler. Kısa dönem yaşayan organizmalar için örneğin böcekler için, buzul çağı böceklerinin iskeletleri ile modern böceklerin iskeletlerinin ayrıntılı karşılaştırmalı analizine göre anatomilerinde hiçbir değişime uğramadığı, evrimsel olarak değişmediği görülmektedir. Tek biçimcilik prensibi henüz kanıtlanmamış durumdadır; ancak önemlidir. Bu prensip modern benzeri ya da örneği olmayan bir fosil topluluğunu yorumlamada da önemlidir (Roberts, 1998: 28-33).

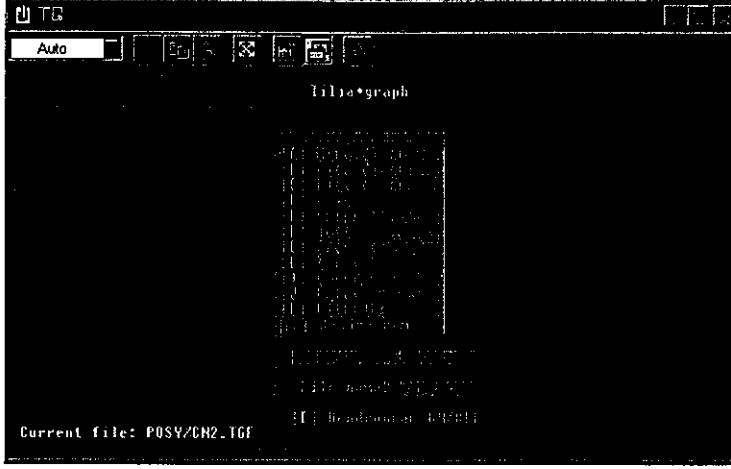
- Paleoeolojide tek biçimcilik prensibine dayanarak şu sonuçlara varılmaktadır: Çevresel faktörler bugünkü bitki ve hayvan dağılışına göre anlaşılabilir. Ekolojik benzerlik zaman içinde değişmemiştir. Bugün türlerin dağılışları bir denge içindedir, geçmişte de denge içinde olmuştur. Geçmişteki türlerin modern akrabaları / benzerleri bugün de mevcuttur. Bir fosil topluluğun orijini (tafonomisi) ortaya konabilmektedir. Türlerin taksonomik çözünürlüğü gittikçe artmaktadır (Roberts, 1998: 33)

- Polen analizi sonuçları dendrokronolojik bilgilerle desteklenerek ekosistem restorasyon, doğa koruma ve orman yönetimi problemlerine bir perspektif getirilmektedir.
- Polen kayıtlarının paleoklimatolojide kullanımı daha sayısal hale gelmiştir. Bu sayısal uygulamalar polen-iklim kalibrasyon modelleri ile güncel iklim verileri arasında daha net sonuçlar ortaya koymaktadır. Ayrıca küçük değişimler iklim faktörü açısından daha hassas yorumlanabilmektedir.
- Polene dayalı araştırmaların çoğunda, polen verilerinde sınıflandırma, mekân modelleme ve tarihlendirme açısından sıkıntı yaşanmaktadır. Ayrıca bu araştırmalarda modern ekoloji ile çok zayıf ilişki kurulmaktadır.
- Polen analizi çalışmaları hipotez geliştirme ve sayısal uygulamalardan yoksun ve nedensel faktörler de tahmin niteliğindedir.
- Polen analizinin en büyük zayıflıklarından biri, sınıflamadaki düşük çözünürlüktür (low taxonomic resolution). Pek çok yaygın bitki sadece familya derecesinde tanımlanabilmekte, polen diyagramlarındaki polen türlerinin sayısı örnek alınan bölgedeki bitkilerin sayısı ile eşlenememektedir.
- *Betula* türleri birbirinden tam olarak ayıramamaktadır. *Gramineae* ya da *Cyperaceae* gibi yaygın polen sınıflarının tanımlanmasında çok az gelişme kaydedilmiştir. Bunun için yeni bir teknik odaktaş mikroskop'tur. (confocal

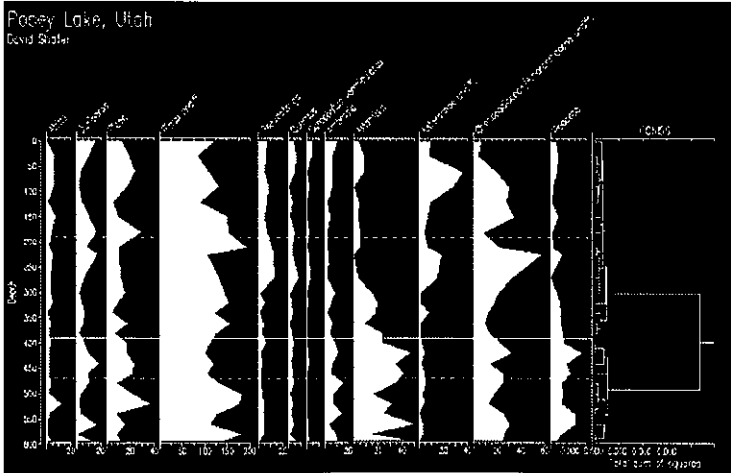
microscopy) Bu mikroskoplar normal ışık mikroskobunun hassasiyetini elektron mikroskobunun üç boyutlu imaj imkânıyla birleştirmektedir.

- Polen analizi yöntemiyle doğru bulgular elde etme sürekli gelişmektedir. Dünya Polen Atlasları ve Flora'ları bulunmaktadır. Elektronik verileri elde etmedeki hızlı gelişme sayesinde polen analizcileri bugün polen atlaslarının CD-ROM'una ulaşabilmektedir.
- Dijital fotoğraflamadaki gelişmeler sayesinde polen fotoğraflarının dünyaya hızla yayılması mümkün olmaktadır. Polen sınıflamasındaki ilerlemeyle bugün 150–300 polen sınıfı ile taksonomik olarak en zengin bölge olan tropiklerden yeni polen kayıtları elde edilmektedir. Böylece polen analizi modern ekoloji ile yaklaşmaktadır.
- Optik mikroskop görüntülerinden polen tanelerinin mimari analizini kullanan yeni bilgisayar programları geliştirilmektedir. Böylece tanımlama ve sayım otomatikleşmektedir. Yeni bir otomatik polen analizi sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde bilgisayar lam üzerinde polen tanelerini arayıp aşınmışlardan ayırmakta, ardından polen türlerini tanımlamaktadır. Eğer otomasyon daha hızlı ve güvenilir hale gelirse polen analizcileri daha fazla polen örneğini ve sediment karotlarını analiz edebileceklerdir.
- Polen zonları bugün çoğunlukla kümeleme ya da sınıflandırma teknikleri ve bilgisayar programları yardımıyla yapılmaktadır. Polen diyagramlarında otomatik zonlamanın güvenilirliği önemli ölçüde artmaktadır.

- Polen diyagramını hazırlamak için yaygın kullanılan program Tilia programıdır. Bu programda çizilen polen diyagram için zon sınırları CONISS programı ile, (L)Dendrogram bölümünde hesaplanır Ardından (H)Zones bölümünden otomatik zonlama yapılır (Bkz. Sekil 13)



-
- Şekil 26: Tiliagraf (www.geo.arizona.edu/.../geos581/coniss03.gif)



-
- Şekil 27: Otomatik Zonlama (www.geo.arizona.edu/.../geos581/coniss03.gif)

- Örnek alınan yere polen tanelerinin nereden gelmiş olduğunu (polen kaynak alanı) ortaya koymak polen analizinde temel problemdir. Bu durum polen analiziyle

modern ekolojinin ilişkisinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Küçük göller büyük göllere göre daha dar polen kaynak alanına sahiptir. Sugita modeli ile bölgede verilen bitki türlerinden ortalama polen girişi (pollen loading, pL) hesaplanabilmektedir. Bu modele göre bir göl havzasında depolanan toplam polenin sadece %30-45'i ilgili kaynak alandan gelir; bu miktar da yerel vejetasyonu yansıtmak için yeterlidir. Sugita modeline 2 metre çapında küçük bir çukurun polen kaynak alanı 50–100 metre; 50 m. çapında küçük bir gölün 300–400 metre ve 250 m. çapındaki orta boy bir gölün kaynak alanı ise 600–800 metre yarıçapındadır. Deneysel çalışmalar bu metodu desteklemektedir. Başka bir araştırmaya göre ormandaki küçük bir göldeki polen topluluğunun %40'ı gölden 50–100 metre yarıçaplı bir alandan kaynaklanmaktadır.

- Prentice-Sugita modelinin olumsuz etkilerinden biri polen sunumunda örnekleme alanının büyüklüğünün etkisidir. Bu nedenle iklim rekonstrüksiyonları gibi bölgesel ölçekli çalışmalarda ≥ 250 m. yarıçaplı göllerle çalışılmaktadır.
- Vejetasyonun uzun dönemli (milankoviç ölçeğinde¹⁷) iklim değişimlerine tepkisi Holosen göç paternleridir. Genel olarak, bitkilerin dağılışındaki değişimler

¹⁷ Bir Sırp matematikçi olan Milankoviç'e göre yeryüzünde iklim değişmelerinin üç nedeni bulunmaktadır. 1) 100.000 yılda bir dünya daha elipsoidal bir yörüngede dönmektedir. Dünya daha elipsoidal yörüngede iken güneşten daha az enerji almaktadır. Enerji alımındaki bu farklılığa bağlı olarak iklim kuşaklarında değişme olur ve buzul dönemleri yaşanır. Buna *yörünge eksantrisi* denir. 2) ~40.000 yılda bir eksen eğikliği 22° ile 24° arasında değişir. Böylece yine dünyanın enerji mekanizması değişmektedir. Buna *obliquity* denir. 3) 13.000–23.000 yılda bir güneş ve ayın dünyaya uyguladığı çekim presesyon hareketiyle yaklaşık eksen $\sim 1^\circ$ yer değiştirir böylece mevsimlerin yer değiştirmesine neden olmaktadır. Kuzey yarım kürede Aralık ayında yaz yaşanır.

günümüzden 20,000 yıl önce başlayan son buzul maksimumundan sonra gelişen iklim değişimlerine cevaptır. Bu cevapla türler kendi dağılış alanlarını değiştirirken(göç ederken) iklim optimumları ve tolerans¹⁸ sınırlarını değiştirmemişlerdir. Göçler bireysel olarak gerçekleşmiştir. Her bir tür, sıcaklıktaki, yağıştaki, mevsimsellikteki değişmelere tepki vermiş, bütün bunları da kendi optimum iklim ihtiyaçlarına ve tolerans limitlerine göre ve de bireysel dağılış karakterine göre gerçekleştirmişlerdir. Holosen göç paternlerinin paleokayıtlarında en karmaşık özellik çok yüksek göç oranlarıdır. Vejetasyon yorumunda dikkate alınması gereken diğer bir unsur istilacı bitki türlerinin yerleşmesidir.

- Yangın ya da insan etkisi ile arazi bozulurken türler arasında rekabet azalmakta ve araziye fırsatçı türler yerleşmektedir. Ardıllık (*succession*) başlangıç safhasında toprak oluşumunu kapsamaktadır. Birincil ardıllık ana kaya ya da tefra tabakasını likenlerin, bitkilerin ve dış kuvvetlerin birlikte faaliyetiyle toprak meydana getirmesidir. Birincil ardıllık klimaks toplulukta doruğa ulaşır. Göl ya da diğer alanlar silt gibi materyalle dolarken alglerin ve diğer organizmaların gelişimini kolaylaştıran ötrofikasyon¹⁹ oluşur. İkincil ardıllık daha evvel bitkilerle kaplı

¹⁸ **Ekolojik tolerans:** Canlıların yaşamlarını belirleyen çevre şartlarıdır. Ekolojik toleransın sınırları türlere göre değişir. Bu sınırlar ortam şartlarına bağlıdır. Örneğin maki formasyonuna ait keçi boynuzu (harnup) Akdeniz ikliminden başka iklim koşullarında yetişemez. Maki formasyonuna ait bitkilerin tolerans sınırlarını Akdeniz ikliminin görüldüğü alanlar oluşturur.

¹⁹ **Ötrofikasyon:** Göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda çoğalması sonucu bitki varlığının aşırı şekilde artmasıdır. Bu durum sudaki çözülmüş oksijen miktarını azaltarak uzun vadede su ekosisteminin ölümüne neden olabilir.

bölgelerde gerçekleşmektedir ve ilk ardılıktan daha hızlı sürmektedir. İkincil ardılık yangınlardan sonra oluşabilir (Kingsley, 2006).

- Kuaterner çevresel değişimine bir cevap da genetik adaptasyondur. Türler, interglasyal-glasyal ölçekte değişen fiziksel çevreye tepki verirken sadece göç unsuru değil, aynı zamanda genetik adaptasyon da rol oynamıştır. Davis ve Shaw'a göre bitkiler geç kuaterner boyunca dağılma alanlarını değiştirirken genetik değişimlere de uğramışlardır. En güçlü genetik değişim, muhtemelen popülasyonun genetik bilgiyi aldığı polen ve çekirdeklerde meydana gelmiştir. Paleontolojik kayıtlara göre türler milyonlarca yıldır var olma savaşı içinde olmuştur. Genetik adaptasyonlar birikimli ilerlemeyip, değişmektedir. Modern bitki türlerinin DNA analizleri geçmiş göçlere ve dağılış paternlerine ilişkin bilgi vermektedir. Bir fosil polendeki DNA korunabilirse DNA analizi ile popülasyonların orijinlerine ilişkin izler bulunabilecektir. Böyle bir araştırmanın yapılabilmesi polen kayıtlarının geniş ve sürekli doğası sayesinde geçmiş biyocoğrafyanın zamansal ve mekânsal çözünürlüğünü önemli ölçüde arttıracak ve polen kayıtları diğer fosil kayıtlarından çok daha önemli bilgiler üretebilecektir.
- Geçmişte etkilenen araziye ortaya koymak için vejetasyon dinamiklerinin polen kayıtlarını ağaç halkaları verileriyle, tarihi verilerle, kömür analizi sonuçlarıyla değerlendirmek çok iyi bir yaklaşımdır.

- Kuaterner biliminde tefrakronolojinin öneminin artmasıyla birlikte polene dayalı çalışmalarda volkanik püskürmelerin ekolojik etkisi üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır.
- Volkanik püskürmeler püskürmenin sıklığına ve magnitudüne bağlı olarak vejetasyonu doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Püskürmenin vejetasyona etkileri her alandaki farklı fiziksel ve biyolojik faktörün karşılıklı etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Hekla-4 volkanının püskürmesinin (4000 BÖ ¹⁴C yılı) çam ağaçlarının azalmasıyla ilgisini Birks bir istatistiki değerlendirmeyle ortaya koymuştur. Birks, değişik hipotezler değerlendirmek için güçlü araçlar olan constrained ordination techniques ve Monte-Carlo Permutasyon testini kullanarak tefra tabakasının polen stratigrafisi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisini kanıtlamış, böylece püskürmenin ardından meydana gelen ana ekolojik değişimin, ormanlık alanda huş ağacı (*Betula*) ve çam (*Pinus*) türlerinde azalma olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, vejetasyon 120 yıl içinde hızlı bir şekilde kendini toplamış ve yine kararlı hale gelmiştir.
- Polen analizinde değişim hızı analizleri belirli bir süreçteki polen kompozisyonundaki değişimleri yansıtır. Kronoloji doğru tespit edilirse polen stratigrafik değişim hızı ekosistemin değişim hızının bir göstergesi olarak yorumlanabilir.
- Değişim hızı hesaplamalarının temeli, uyumsuzluğu hesaplamaktır. Diğer iki komşu polen örneği arasındaki kompozisyonel değişimin derecesinin zaman aralığını hesaplamaktır.

- Hem uyumsuzluğu hem de zaman aralığını hesaplamak için en kullanışlı yöntem x^2 (signal-noise dissimilarity coefficients) yöntemidir. Değişim hızı hesapları kronolojiye bağlıdır. Doğru kronolojik kontrol ile özellikle yıllık tabakalanmaya bağlı değişim hızları daha güvenilir olmaktadır.
- Biyoçeşitlilik, doğa koruma ve küresel değişim araştırmalarında güncel bir konudur. Doğada düşük ya da yüksek çeşitliliğin gelişimi karmaşık bir süreçtir ve çok değişik faktörlerden etkilenmektedir. Düşük ya da yüksek çeşitliliği etkileyen faktörlerden en önemlisi geçmiş doğadır. Bu da ancak paleoekolojik olarak çalışılarak ortaya konabilir. Dolayısıyla vejetasyon biyoçeşitliliğinin ortaya konması için de polen analizi güçlü bir metottur. Biyoçeşitlilik çalışmaları için seyrelti analizi bütün karot boyunca standartlaştırılmış bir sayım için (300 ya da 500 adet) türlerin zenginliğini önyargısız olarak üretmekte ve seri üzerindeki örnekler arasında karşılaştırmalara izin vermektedir. Seyrelti analizi (*rarefaction analysis*) ile pek çok ekolojik tahmin elde edilir.
- Polen analizinin bilimsel bir metot oluşundan beri iklimsel rekonstrüksiyonlar Kuaterner paleoklimatolojide yoğun ve tartışmalı şekilde kullanılmaktadır. Polen kayıtlarından sayısal iklimsel rekonstrüksiyon için yaygın yaklaşım şudur: Her polen türü ile ortaya konan iklimsel veriler modern polen türleri ile ortaya konan iklimsel veriler ile karşılaştırılarak iklimsel değişimler elde edilir. Sayısal çevresel rekonstrüksiyonda bu adım regression step'tir. Modern polen toplulukları ile modern iklimsel verilerin birleştirilmesiyle oluşan veri kümesi polen-iklim training set olarak adlandırılır.

- Her polen türünün diğeriyle ilişkisini ya da birkaç iklimsel değişkenin ilişkisini *matematik transfer fonksiyonları* ölçmektedir. Polene dayalı iklim rekonstrüksiyonları genellikle sadece genel iklimsel eğilimleri ortaya koymak için kullanılabilir. Bununla birlikte genellikle diğeri biyolojik gruplar olan chironomids, cladocera ya da diatomların benzer istatistikleri karşılaştırma için sayısal iklim rekonstrüksiyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Biyotik piroksilerin verileriyle Grönland buzul karotları ve göllerdeki ^{18}O kayıtları karşılaştırılmış, Polen verilerinin ^{18}O kayıtlarının dönemine çok yakın olduğu ve polen tepkisinde hiç boşluk olmadığı ortaya konmuştur. Benzer eş zamanlı tepkiler polenler ile akuatik piroksiler olan chronomid ya da cladocera ile ya da Loss-on-Ignition (LOI) tekniği ile görülmektedir. Nitekim bu tezde verilen rekonstrüksiyon örneklerinde bu tür karşılaştırmalar yapılmıştır.
- Ormansızlaştırma, sulama, yeni bitki türlerinin kültürü gibi insan faaliyetlerinin polene dayalı rekonstrüksiyonlarda etkisi oldukça büyüktür.
- Polene dayalı iklim rekonstrüksiyonlarının doğruluğunu ortaya koymak için polen-iklim training data setlerin oluşturulmasına büyük önem verilmelidir. Rekonstrüksiyonun nerede gerçekleştirileceği çok önemlidir. En uygun yer modern ve benzer tafonomik ve sedimentsel çevreleri sunan alanlardır; çünkü en doğru rekonstrüksiyonlar böyle ortamlardan üretilir.

- Büyük-küçük göller, bataklık, toprak, yosun kütleleri ve polen tuzakları gibi farklı çökel alanlarından elde edilen polen topluluklarının birleştirilmesi rekonstrüksiyon modelinde çok önemli hatalara neden olabilmektedir.
- Polene dayalı çalışmaların boreal ve ılıman biyomlardaki²⁰ eski ormanlar, tropikal yağmur ormanları ve küresel biyoçeşitlilik gibi konularda modern ekolojiye katkısı olmuştur. Bugün polen analizinden orman yönetimi, doğa koruma, ekosistem restorasyon gibi daha uygulamaya yönelik bilimsel problemler için artan oranda faydalanılmaktadır.
- Orman ekolojik çalışmalarda polen kayıtları yüzlerce yıl takip edilebilir; ancak vejetasyon değişiminin nedensel faktörlerini daha net ortaya koyabilmek için polen kayıtlarının diğer ekolojik süreçlerle bağlantısının kurulması gerekmektedir. Bu yüzden polen kayıtları dendrokronolojik kayıtlarla, diğer paleoekolojik, sedimantolojik ya da tarihi kayıtlarla ilişkilendirilerek bu eksiklik telafi edilmeye çalışılmaktadır.
- Polen analizinde çok az ilerleyebilen diğer bir saha hipotez testleridir. Problem çözmeye dayalı, çoklu hipotez tanımlamaları konusunda daha hassas araştırmalara ihtiyaç vardır.

²⁰ Biyom: Karasal ekosistemler içinde yeryüzündeki canlıların dağılışını en iyi şekilde anlatan boyut biyom'dur. Biyom, bitki ve hayvanların birbirleri ve çevreleriyle olan ilişkilerini ifade eder. Biyomlar, barındırdıkları hakim türe göre isim alırlar. Yeryüzünde 6 adet biyom bulunmaktadır. Bunlar: Orman, savan, çayır, çalı, çöl ve tundra'dır. Orman biyomunda eğreltiotları da vardır; ancak hakim ağaçlardır.

- Paleoekolojik çalışmaların çoğu polene dayalı vejetasyon rekonstrüksiyonları için çoklu hipotez tanımlama değeri üretirler. Bu değere göre polene dayalı paleoekolojik çalışmaların çoğu modern ekolojik problemleri, modern ekolojik teorileri, hipotezleri ve vejetasyon bilimini daha iyi anlamakta yatmaktadır.

5.2. SONUÇ

Paleocoğrafya çalışmalarında polen analizi ile geçmişin doğal ortam koşulları ortaya koyulmaktadır. Çalışma alanında yeterli yüzdeye ulaşılabilen polen verilerinin yardımıyla polenin ait olduğu bitkinin o bölgeyle ilişkisi olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Var olan polen türlerine göre o bölgede ilgili zamanda tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yapıp yapılmadığını anlayabiliyoruz. Böylece polen türleri o dönemin insan faaliyetleri hakkında bilgi vermektedir.

Polen analizi sonucu elde edilen AP/NAP oranı önemlidir; çünkü AP fazla ise ormanlık alanın yoğun olduğunu söyleyebiliriz. NAP fazla ise antropojenik etkinin yüksek olduğu sonucu ortaya çıkarılabilir. Eğer ağaçlar tarım alanı açılması için, ısınma için yok edilmişse bu sefer NAP oranı yüksek çıkacaktır; çünkü orman altı vejetasyon gün ışığına çıkacağı için ışık seven orman altı flora gelişecektir.

Diyagramlardaki küçük dalgalanmalar konusunda fazlaca bir yorum yapılamamaktadır bu nedenle polen analizi iklim paterni hakkında bilgi vermek açısından önemlidir. Polen analizi ayrıca orman yangınları, volkanik patlamalar ve bunların insan ve doğal çevreye etkileri hakkında bilgi vermektedir. Polen analizi sonucu göl seviyesindeki değişimler göl kıyısında yaşayan türlerin değişimi ile elde edilebilmektedir. Sazlık polenlerinin artışı göl sularının çekildiğini ifade edebilir.

Polen analizine dayanan coğrafya rekonstrüksiyonları iyi bir disiplinler arası organizasyonla çok daha kapsamlı çalışılabilir; öte yandan coğrafyacının bu tür rekonstrüksiyonları yalnız gerçekleştirmek için pek çok konuda kalifiye olması gerekir. Bu özelliklerden en önemlileri polen türlerini tanıyabilme, mikroskop kullanma bilgi ve becerisi, iyi bir botanik ve ekoloji bilgisidir.

Polen analizi sürecinin en önemli kısmı analizden elde edilen verilerden hazırlanan diyagramların yorumu kısmıdır. Bu aşamada yorumların sağlam bir dayanağı olmalıdır. Bu nedenle polen analizinde polen tanelerinin üretim ve dağılış mekanizması ayrıntılı bir şekilde bilinmelidir. Bununla ilgili polen partikülü fiziği, polen tanesinin aerodinamik, hidrodinamik özellikleri, bitkilerin yapı ve şekilleri itibariyle polen dağıtımına etkileri gibi gerek polen hareketine etki eden unsurlar gerekse de polene ve türlerine özgü bütün hareketler dağılma ve birikme yeri ve şeklini etkileyecektir. Bu gibi özelliklerin bilinmesi polen analizi çalışacak coğrafyacı için çok yerinde olacaktır.

ÖZET

Hepbilgin, Berna, Paleocoğrafya Çalışmalarında Polen Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Prof. Dr. Hakan Yiğitbaşoğlu, 79 s.

Polen analizi yardımıyla paleocoğrafya rekonstrüksiyonu için çok önemli bilgiler elde edilmektedir. Bu bilgilerle çalışma alanı ve çevresinde ilgili döneme ait bitki örtüsünün bir resmi çıkarılabildiği gibi, bu bilgiler değişik gösterge verilerle, dendrokronolojik, arkeolojik kayıtlarla ve tarihi belgelerle desteklenerek geçmiş dönemlerin coğrafyası ortaya konulmaktadır.

Bu çalışmada polen analizi sürecindeki bütün uygulamalara değinilmiş, polen analizi hakkında kavramlar sunulmuş ve kapsamlı örneklere yer verilmiştir. Ayrıca polen analizinin zayıf ve güçlü yönleri ve bu alandaki gelişmeler ele alınmıştır.

SUMMARY

Hepbilgin, Berna, Pollen Analysis of Palaeogeographical Studies, Master's Thesis, Advisor: Prof. Dr. Hakan Yigitbasioglu, 79 p.

Pollen Analysis provides very important data for palaeogeographic reconstructions. By the data, it is obtained the picture of vegetation concerning past-time interval. The Data are also compared with different proxies and dendrochronological, archaeological and historical records to gain of reconstructing geographical scene.

In this study, it is referred all applications of the typical pollen analysis process. It is also explained important terms of pollen analysis and given place to its some extensive examples. Besides, it is represented strong and weak parts of pollen analysis together with recent progress.

KAYNAKÇA

Birks, H. J., Birks, H. H., (1980), **Quaternary Palaeoecology**, Edward Arnold Limited, London, s.156-174.

Birks, H.H., Et al. (1988), **The Cultural Landscape; Past, Present and Future**, Cambridge University Press.

Caner, H., Et al. (2001), "Determination of Ecological Change Using Palynology in A Coastal Area between Istanbul and Tekirdag", **Turkish J. Marine Sciences**, S.7, s.41-48.

Carter, M. R., (2007), **Soil Sampling and Methods of Analysis**, Canadian Society of Soil Science.

Dığrak, M., İlçim, A. (2002), **Sistematığın Esasları**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü.

England, A., Et al. (2008). "Historical landscape change in Cappadocia (central Turkey): a palaeoecological investigation of annually laminated sediments from Nar lake", **The Holocene**, N.18, 8, 1229-1245.

Eastwood, W.J., Neil R. (1999). "Holocene environmental change in southwest Turkey" **Quaternary Science Reviews** , S.18 , 671-695.

Iversen, F., (1964), **Textbook of Pollen Analysis**, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Kingsley, R. Stern, (2006), **Introductory Plant Biology**, 10. Edition.

Lowe, J. J., Walker, M. C. (1997), **Reconstructing Quaternary Environments**, Biological Evidence, Addison Wesley Longman Limited. (s. 163-173). London

MacDonald, G. M. (1988). "Methods in Quaternary Ecology, Palynology", **Geoscience Canada**, S.15 , s.29-42.

Roberts, N. (1998), **The Holocene: An Environmental History**, Blackwell Publisher, Oxford, s.28-33

Seppa, H., & Bennett, K. D. (2003). "Quaternary Pollen Analysis: recent progress in palaeoecology and palaeoclimatology." **Progress in Physical Geography**, S.27, 548-579.

Yiğitbaşıoğlu, H. (1996), "Fiziki Coğrafya Araştırmalarında Manyetik Ölçümlerin Rolü" **Coğrafya Araştırmaları Dergisi**, S.12, Ankara.

<http://universe-review.ca/R10-34-anatomy2.htm>.

<http://www.dmi.gov.tr/FILES/genel/sss/iklimsiniflandirmalari.pdf>.

<http://www.geo.arizona.edu/.../geos581/coniss03.gif> Tiliagraf/Otomatik zonlama

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/geos581>.

http://www.mikroskopie.org/.../confocal_microscopy.jpg.

<http://www.woodrow.org>

<http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/flowering-plants-reproduction/fertilisation.php> (Çiçek Kesiti)

<http://universe-review.ca/R10-34-anatomy2.htm> (Çiçekli Bitkilerde Üreme)

<http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/flowering-plants-reproduction/fertilisation.php> (Polen Tüpünün Gelişmesi)

<http://yunus.hacettepe.edu.tr/~ayguns/Palinoloji.htm> (Polen Tanesinin Yapısı)

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ge27/03.jpg> (Ekzinin Evrimsel Eğilimi)

<http://www.ispi-lit.cirad.fr/text/Heuschrc.htm> (Spor Yapısı)

<http://www.naturamediterraneo.com/Public/data7> (Polen Tanelerinin Mimarisi)

http://go635254.s3.amazonaws.com/ecoworldly/files/2009/07/800px-bees_collecting_pollen_2004-08-14-500x375.jpg (Böceklerle Polenleşen Bir Bitki)

http://www.rbg Syd.nsw.gov.au/___data/assets/image/0004/81049/Wind_seed_dispersal_620.JPG (Tohumlarını Rüzgâr Yardımıyla Dağıtan Bir Bitki)
