

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MUHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN MUHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DEĞİŞİK YAŞLI MEŞÇERELERDE BÜYÜMENİN MARKOV

ZİNCİRLERİ YÖNTEMİ İLE ANALİZ EDİLMESİ

Or. Yük. Müh. Hakkı YAVUZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Doktor"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.07.1992

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 25.08.1992

Tezin Danışmanı : Prof. Dr. H. Alptekin GÜNEL

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tahsin AKALP

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fahri BATU

Enstitü Müdürü : Doç. Dr. Temel SAVAŞKAN

Temmuz -1992

TRABZON

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, K.T.U. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Programında yapılmıştır.

Çalışmanın, ormancılıkta büyüme modelleri ve hasat politikalarının daha ayrıntılı bir şekilde inceleme ve geliştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Gerek konu seçiminde gerekse çalışmanın tüm aşamalarında teşvik ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Alpteki GÜNEL' e şükranlarımı sunarım.

Temmuz 1992

Hakkı YAVUZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	V
SUMMARY	VI
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	12
2.1. Meşçere Simülasyon Modeli ile ilgili Literatürlerin Özeti	12
2.2. Markov Zincirleri Yöntemi ile ilgili Literatürlerin Özeti	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. MATERYAL	20
3.1.1. Deneme Alanları ve Bilgilerin Derlenmesi ...	20
3.2. YÖNTEM	28
3.2.1. Meşçere Simülasyon Modeli	28
3.2.1.1. Yarışma Endeksi	28
3.2.1.2. Çap, Boy, Tepe Çapı ve Tepe Yüksekliklerinin Hesaplanması	37
3.2.1.3. Normal Dağılımlı Rasgele Sayıların Türetilmesi	41
3.2.1.4. Kuruma ve Ayrılmaların Saptanması	46
3.2.1.5. Meşçereye Katılmaların Saptanması	48
3.2.1.6. Meşçere Simülasyon Modeline Ait Bilgisayar Programının Tanıtılması	50
3.2.1.7. Meşçere Simülasyon Modelinin Farklı Müdahale Biçimleri ile Uygulanması	52
3.2.1.7.1. Doğal Büyümenin Simülasyonu	53
3.2.1.7.2. Seçme işletmesi Simülasyonu	54
3.2.1.7.3. Tek Tabakalı Meşçere Simülasyonu ...	54
3.2.2. Değişik Yaşlı Meşçerelerde Büyümenin Markov Zincirleri ile Analizi	55
3.2.2.1. Stokastik Süreçler ve Markov Zincirleri Hakkında Özet Bilgiler	56
3.2.2.2. Doğal Büyümenin Markov Zincirleri ile Analizi	62
3.2.2.3. Seçme işletmesi Modelinin Markov Zincirleri ile Analizi	72

4. BULGULAR	74
4.1. Meşçere Simülasyon Modellerine ilişkin Bulgular..	74
4.1.1. Doğal Büyüme Simülasyon Modeline ilişkin Bulgular	75
4.1.2. Seçme işletmesi Simülasyon Modeli için Farklı Amenajman Rejimlerine ilişkin Bulgular.....	86
4.1.3. Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline ilişkin Bulgular.....	113
4.2. Markov Zincirleri Yöntemi ile Elde Edilen Bulgular	121
4.2.1. Markov Zincirleri Yöntemine Göre Doğal Büyüme Modeli Sonuçları	121
4.2.2. Markov Zincirleri Yöntemine Göre Seçme işletmesi Modeli Sonuçları	128
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	144
5.1. Meşçere Simülasyon Modeli ve Sonuçların irdelenmesi	144
5.2. Markov Zincirleri ile Doğal Büyüme Modeli ve Sonuçların irdelenmesi	163
5.3. Markov Zincirleri ile Seçme işletmesi Modeli ve Sonuçların irdelenmesi	164
KAYNAKLAR	180
EKLER	191
ÖZGEÇMİŞ	224

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, değişik yaşlı Ladin (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinin büyümesini Markov Zinciri Modeli kullanarak bilgisayarda simüle etmektir. "Geçiş ihtimalleri matrisi"ni oluşturmak için gerek duyulan ana veriler geçici deneme alanlarından sağlanmıştır.

Simülasyon modelinde, dört değişik amenajman rejimi uygulanmış ve bu amenajman rejimlerine göre her 10 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda; deneme alanlarının çeşitli büyüme karakteristikleri hesaplanmıştır. Daha güvenli ve tutarlı sonuçlar elde edebilmek amacıyla, bilgisayar programları bir çok kez koşturulmuş ve simülasyon periyod uzunluğu 100 yıl olarak alınmıştır.

İlk amenajman rejiminde, meşcerenin doğal büyüdüğü varsayılmış (hiç bir teknik müdahale yapılmamış), diğer üç model (MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 olarak adlandırılmış) ise 44 cm, 52 cm ve 60 cm amaç çaplarına göre düzenlenmiştir.

Bulgular bir bütün olarak, bilinen kural ve kanuniyetlerle uyum içindedir. Doğal büyüme modelinde; üst boy, göğüs yüzeyi ve dikili ağaç hacimleri artarken, hektarda ağaç sayısı büyüme dönemleri ile azalma göstermiştir. Deneme alanlarının doğal gelişiminde, bazı kaynaklarda belirtildiği gibi, ağaç sayısı dağılımı "U" şeklinde oluşmuş ve ayrılan ağaç sayıları kararlı bir değişim göstermemiştir. Böyle bir durum daha önce belirtilen silvikültürel müdahalelere göre meşcereden çıkarılacak olan ağaçlar için de söz konusu olmuştur.

Seçme işletmesi silvikültür sistemi altında düzenlenen üç modele göre, bazı büyüme dönemlerinden sonra, deneme alanlarında ağaç sayısı dağılımı azalan bir eğri göstererek denge durumuna ulaşmıştır. Denge durumunda; amaç çapının büyümesi ile hektarda kalan ağaç sayısı ve amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilecek ağaç sayıları azalırken, göğüs yüzeyi artmıştır.

SUMMARY

The aim of the present study was to simulate in the computer the growth dynamics of uneven-aged stands of spruce tree (*Picea orientalis* (L.) Link) by using Markov Chain Model. The required basic data to produce transition probabilities matrix were gathered from temporary sample plots.

Four different management regimes were also incorporated in the simulation model. At the end of the every periods of ten years various growth characteristics of simulated plots had been produced. The program were run for several times to acquire more reliable and stable outputs. The length of simulation period was 100 years.

The first management regime assumed natural (undisturbed) stand development, the other three models (named MODEL1 MODEL2 and MODEL3) aimed at different final crop diameters, such as 44 cm, 52 cm and 60 cm respectively.

The findings as a whole, were in agreement with the known rules and laws. The number of trees per hectare decreased with the passage of time; while top height, basal area and volume of standing trees increased. In natural developing plots, the distribution of the trees were U-shaped as it was reported in some papers and the number of death trees showed no recognizable pattern. Such a pattern was also the case for trees that were to be removed from forest in accordance with the prescribed silvicultural practices.

After some period of time, the three models under selection silvicultural system reached a balanced structure, which showed a diminishing trend, e.i. inverse J-shaped distribution for the number of trees. The number of crop trees per hectare diminished for the larger crop tree diameter, in contrast with increasing basal area.

GİRİŞ

Orman; kendine özgü bir ekosistem içinde varlığını sürdürebilen, topluma sosyal, kültürel ve ekonomik yararlar sağlayan ve aynı zamanda yenilenebilir doğal kaynaklardan biridir. Bu nedenle ormanda artım ve büyüme olaylarının çok yönlü olarak tanınıp kavranması zorunlu olmaktadır.

Artım ve büyüme ilişkilerinin bilinmesi yalnız yararlanmanın düzenlenmesi için değil, ekonomik bir birim olan orman işletmelerinin ekonomik başarısını denetlemek için de gereklidir. Bunun yanında, silvikültürel müdahaleleri yönlendirmek, aralamanın zaman ve derecesini saptamak, ekonomik amaca uygunluğu denetlemek bakımından da artım ve büyüme ilişkilerinin bilinmesine ihtiyaç vardır (1).

Kısaca teknik ve ekonomik nitelikteki ormancılık etkinliklerinin yönlendirilebilmesi için gerekli olan artım ve büyüme ilişkilerinin bütün yönleri ile araştırılması gerekmektedir (2).

Meşçerelerin ağaç toplumlarından oluşmaları nedeni ile ağaçlardaki büyüme ve değişimler meşçerelerin özelliklerine de yansımaktadır. Ancak, ağaçlarda zamanla oluşan değişimler her yıl eşit miktarlarda olmayıp, ağacın yaşına, sosyal konumuna ve karşılaştığı rekabetin şiddetine göre belli bir eğilim göstermektedir (3).

Meşçere dinamik bir yapıya sahiptir. Bazı ağaçlar kuruma ya da kesimler sonucu meşçereden uzaklaşır. Böylece, genç ağaçlara meşçereye katılma şansı doğarken, bazı ağaçlar, artım güçleri ile orantılı olarak, üst kalınlık kademelerine kaymaktadırlar. Bu nedenle, yalnız meşçereyi oluşturan ağaçların bireysel değişimlerinden hareket ederek bir meşçerenin

gelişmesini analiz etmek, meşçere dinamiğini tüm yönleri ile anlamada yeterli olmamaktadır.

Eşit yaşlı meşçerelerde büyüme ve artım olayları yetiştirme ortamı verimliliği ve meşçere orta yaşına bağlı olarak incelenmektedir. Değişik yaşlı meşçerelerde ise birim alandaki ağaçların yaşları çok farklıdır. Genç ağaçlar yaşlı komşuları tarafından baskı altında tutulmaktadır. Bundan dolayı bu meşçerelerdeki ağaçların gelişmeleri ilki siper altında, diğeri bunu izleyen ve siperin etkisinden kurtulduktan olgunluk çağına kadar süren iki dönemde incelenmektedir (4).

Artım ve büyüme ile ilgili ölçmeler, meşçereyi en iyi temsil etmesi için özenle seçilmiş birer örnek olan deneme ağaçları ve deneme alanlarında yapılmaktadır (1). Deneme ağaçlarında yapılan gövde analizleri ile tek ağaçtaki artım ve büyüme ilişkileri araştırılmaktadır. Meşçerede artım ve büyümenin saptanmasında ise deneme alanı verilerinden yararlanılmaktadır.

Meşçerenin özelliklerini yansıtacak biçimde alınan belirli büyüklükteki deneme alanlarında uzun süreli gözlemler (devamlı deneme alanları) ya da tek ölçme yapılarak (geçici deneme alanları) meşçerelerin büyüme ve gelişmeleri hakkında bilgi edinilmektedir. Devamlı deneme alanlarının güvenli olmalarına karşın, ölçme süresinin uzunluğu, deneme alanlarının çeşitli tehlikelere karşı açık olmaları, farklı kişilerin farklı müdahale biçimi uygulayabilmeleri gibi sakıncaları bulunmaktadır. Bu nedenle, deneme alanı sayısını arttırarak ölçme süresini kısaltma yolları da denenmektedir (1). Geçici deneme alanlarında yapılan tek ölçme ile de meşçere elemanlarında oluşan artım ve büyümenin tahmininde, seçilecek model ağaçlarda yapılacak gövde analizleri ya da artım kalemleri üzerindeki ölçme ve belirlemelerden yararlanılmaktadır (5).

Büyüme ve hasılat modelleri ilgilenilen temel birime göre "meşçere modelleri", "çap, göğüs yüzeyi ya da hacım sınıfları modelleri" ve "tek ağaç modelleri" olarak sınıflandırılmaktadır (6). Bu sınıflandırmada meşçere modelleri; "sıklıktan bağımsız" ve "değişken sıklıklı" modeller olarak iki alt bölüme ayrılmıştır.

Normal sıklıktaki meşçerelerde hacım ve hacım elemanlarının, yaş ve meşçere üst boyu ilişkilerinden güvenli olarak tanımlanabileceği normal hasılat tabloları (normal yield tables) düzenlenmiştir (7). Bu tablolar; belirli bir yetiştirme tekniği ve amenajman rejimine tabi tutulmuş ve bu amenajman rejimi için "normal" kabul edilmiş sıklıkta, eşit yaşlı ve saf meşçerelerin hektardaki ağaç hacmini, hacım elemanlarını ve artımlarını tahmin etmek için kullanılmaktadırlar.

Aynı yaşlı ve maktalı ormanlarda önceleri bonitet göstergesi için meşçere orta boyu kullanılmıştır. Ancak, meşçerede yapılan bakım kesimleri, meşçere orta boyunu etkilediği halde, yüksek aralamalarda üst boy çok az negatif yönde etkilenmektedir (8). Bu nedenle üst boy, bonitet ölçüsü olarak orta boya tercih edilmektedir. Üst boy, doğrudan arazide en boylu ağaçlardan ölçülerek tayin edildiği gibi hesaplama yolu ile de belirlenebilmektedir. Üst boyun hesaplanmasında; Chapman-Meyer her deneme alanında galip ağaç sınıfının göğüs yüzeyi orta ağacının çapına göre orta boyun çap-boy egrisinden alınmasını, Wiedeman meşçerede en kalın ağaçtan itibaren % 20' sinin aritmetik ortalamasını, Mitscherlich, en kalın çaplı ağaçlardan başlayarak hektarda 100 ağaç hesabı ile deneme alanına düşen galip ağaçların orta çapına göre meşçere boy egrisinden alınmasını belirtmektedirler (8), (9).

Uygulamada yaş ve üst boya dayanarak yapılan bonitetlemede; anamorfik ya da polimorfik yöntem kullanılmaktadır (1), (8), (10).

Anamorfik yöntemde; yaş bağımsız değişken ve boy bağımlı değişken alınarak yaş-boy eğrisi (klavuz eğri) geçirilmektedir. Bu eğri; deneme alanlarının yaşına göre ortalama boy değerlerini vermektedir. Bonitet eğrileri, klavuz eğrinin standart yaşta gösterdiği boydan olan farkların oranının diğer yaşlarda da aynı olacağı varsayımına dayanarak oluşturulmaktadır. Ancak, burada iki tip sakınca söz konusu olmaktadır. Biri bonitet eğrilerinin şeklinin, tek bir eğriden orantı ile bulduklarından, gerek iyi ve gerekse düşük bonitetlerde aynı şekilde seyretmesi, diğeri de standart yaşdaki boy farkı oranının diğer yaşlarda da aynı olacağı varsayımına dayanmasıdır.

Polimorfik yöntemde; farklı yetiştirme ortamlarındaki meşcerelerden alınan hakim ağaçlarda gövde analizi yapılmakta ve bunlardan kazanılan yaş-boy değerlerinden yararlanılmaktadır. Hakim ağaçlardan bulunan yaş-boy eğrilerinin her biri farklı yetiştirme ortamlarına ait olduklarından, bunlar standart bir yaşta ulaştıkları boylara göre sınıflandırılmakta ve sınıflar için ortalama gelişme eğilimini gösteren eğriler elde edilmektedir. Bonitet eğrileri ise bu eğrilerden yararlanarak geçirilmektedir. Bu yöntem münferit ağaçların gövde analizlerine dayandığından elde edilen eğriler sadece bunların boy gelişmesini gösterecektir. Bunlara dayanarak hazırlanacak tablonun meşcereler için kullanılması sakıncalı olmakla birlikte, kombine bir yöntem olarak; anamorfik yöntem ile elde edilen klavuz eğriler gövde analizlerinden sağlanan yaş-boy eğrilerinden de yararlanarak düzenlenmektedir.

Meşcere elemanlarının saptanmasında grafik ya da regresyon denklemi yöntemlerinden yararlanılmaktadır (7). Grafik analiz yönteminde, deneme alanları yaşlarına göre sınıflara ayrılıp, yaş sınıflarına göre hektardaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim ve orta çap gibi elemanların aritmetik ortalamaları hesaplanarak, bu ortalama değerler meşcere yaşları ortalamalarına göre koordinat sistemine taşınmaktadır. Daha sonra, bu noktalar yardımıyla ortalama gelişme eğilim-

lerini gösteren klavuz egriler elde edilmektedir.

Regresyon denklemi yönteminde ise hasılat tablosunda en önemli serbest değişken "yaş" olduğu için, yaşa bağlı üretim fonksiyonlarından biri kullanılmaktadır. Ayrıca, hacim ve hacmi oluşturan elemanlara ilişkin fonksiyonlar da ikinci serbest değişken olan "bonitet" basamaklar halinde sabit tutularak, her bonitet sınıfı veya endeksi için ayrı katsayılar bulunmakta, ya da bonitet endeksine ve diğer değişkenlere bağlı olarak ayrıca hesaplanmaktadır (7).

Normal hasılat tabloları, değişik yaş ve bonitetteki tam kapalı ve çok sayıdaki meşçerelerin bileşiminden oluşmakla birlikte meşçerelerin tek tek tarihsel gelişimlerini göstermezler. Bu sınırlamaya rağmen, normal hasılat tabloları, belirli bir yetiştirme ortamının sağlayabileceği maksimum büyüme sınırını tahmin etmek, yetiştirme ortamları arasındaki verimliliği karşılaştırmak ve belkide en önemlisi, gelecekteki büyümenin saptanması için sadece uygun esası belirlemek için kullanılabilirler (6).

Belirli bir yörede bulunan meşçerelerden alınan çok sayıdaki deneme alanları ortalama değerlerine dayanarak görgüçül hasılat tabloları (emprical yield tables) düzenlenmiştir. Hacim ve yaş ya da hacim ve bonitet sınıfları arasında, deneme alanı verilerine dayanarak bir regresyon denklemi oluşturularak, birim alandaki hasılat miktarı bu denklemden hesaplanmaktadır. Burada, hasılat fonksiyonu; ormanın koşullarına göre, ortalama bir değeri göstermekte ve mevcut meşçereler için gelecekteki hasılatların iyi bir kestirimini sağlamaktadır.

Görgüçül hasılat tabloları, ortalama olarak, düzenlenedikleri meşçereler için hasılat ve büyümelerinin tahminlerinde tatmin edici sonuçlar vermelerine rağmen, tek meşçere büyüme ve hasılat kestirimlerinde çok duyarlı değildirler (6).

Ülkemizde hasılat araştırmaları ile ilgili ilk çalışma 1943 yılında Fırat amlarının meyve ve odun verimi ile ilgili olarak Fırat tarafından yayınlanmıştır (1). Bunu 1954 yılında Eraslan, Demirköy Meşe Ormanlarında bonitet araştırmaları (11), yine aynı yılda Kalıpsız tarafından Doğu Kayınlarında artım ve büyüme araştırmaları adlı yayın izlemiştir (12). 1962 yılında Alemdağ, Klavuz egri grafik yöntemini kullanarak Kızılçam Meşcereleri için hasılat tablosu düzenlemiştir (13). 1963 yılında Kalıpsız, Karaçam meşcereleri için (14), yine aynı yılda Evcimen, Sedir meşcereleri için (15), hasılat tablolarını düzenlerken Klavuz egri grafik yöntemini gövde analizleri ile elde ettikleri egrilerle takviye etmişlerdir.

1967 yılında Alemdağ, Sarıçam (16) ve Eraslan-Evcimen, Meşe (17) meşcereleri için düzenledikleri hasılat tablolarında bonitetleme için klavuz egri grafik yöntemini kullanmışlardır. 1971 yılında Battı (Batu), ara hasılatın hesaplanmasında değişik bir yaklaşım kullanarak Sarıçam için hasılat tablosu düzenlemiştir (18).

1974 yılında Erdemir, klavuz egri grafik yöntemini kullanarak Sarıkamış, Göle ve Oltu bölgesi Sarıçam meşcereleri için geçerli olan hasılat tablosu düzenlemiştir (19). 1978 yılında Akalp, Doğu Ladini meşcereleri için (20), 1984 yılında Asan, Kazdağı Gökneri meşcereleri için (21), 1983 yılında Birler, Melez Kavak Plantasyonları için (22), 1992 yılında Batu-Kapucu, Kızılağ meşcereleri için (23), matematiksel yöntem kullanarak hasılat tablosu düzenlemişlerdir.

Değişken sıklıklı meşcere hasılat modellerinde sıklık bağımsız bir değişken olarak modele sokulmaktadır. Sıklık; çoğu kez göğüs yüzeyi ile ifade edilmesine rağmen, bazı modellerde birim alandaki ağaç sayısı, hacim ya da diğer sıklık ölçüleri ile ifade edilmektedir. Doğal ve yapay meşcereler için meşcere koşullarına bağlı olarak düzenlenen değişken sıklıklı meşcere modellerine pek çok örnek bulunmakta-

dır. Buckman, Pinus ponderosa meşçerelerinde göğüs yüzeyi artımını; yaş, sıklık (göğüs yüzeyi) ve bonitet endeksinin bir fonksiyonu olarak hesaplamış, meşçere hacim denklemini, sıklık ve galip ağaçların ortalama boyu ile ilişkiye getirerek, farklı sıklık ve bonitetteki meşçerelerin büyüme ve hasılat modellerini oluşturmuştur (24). Clutter, bazı çam türleri için yaş, bonitet endeksi ve göğüs yüzeyinin fonksiyonu olarak şimdiki hacim ve göğüs yüzeyi hasılat modellerini oluşturmuştur (25). Brender ve Clutter, şimdiki göğüs yüzeyi, bonitet endeksi, şimdiki ve tasarlanan dönemdeki meşçere yaşının bir fonksiyonu olarak gelecek dönemdeki (tasarlanan yıldaki) meşçere hacmini tahmin etmişlerdir (26).

Bailey ve Dell, meşçeredeki çap dağılımının belirli bir matematiksel fonksiyona uyduğunu varsayarak meşçere çap dağılım modelleri oluşturmuşlardır (27). Bu modellerde her bir çap sınıfındaki ağaçların frekanslarını hesaplamak için genellikle Weibull dağılımından yararlanılmaktadır (28), (29), (30), (31), (32). Daha sonra boy, hacim ve diğer özellikler çap sınıfları ile ilişkiye getirilerek daha ayrıntılı bir ekonomik analiz yapılabilmektedir. Bu modellerde; konu meşçerelerden elde edilen artım verileri ile çap sınıfları arasındaki ilişkiler hesaplanmakta, meşçere koşullarına bağlı olarak koruya katılma miktarları belirlenmekte ve yine devamlı deneme alanı verilerine dayalı ya da kuramsal olarak oluşturulan doğal kuruma denklemleri verilerek meşçerelerin bir sonraki dönem için durumları tahmin edilmektedir. Adams ve Ek, istatistiksel ilişkiler yardımı ile koruya katılma, doğal kuruma ve üst çap sınıflarına geçiş ihtimallerini hesaplayarak, bu eşitlikler yardımı ile de meşçerelerin bir dönem sonraki çap dağılımlarını belirlemişlerdir (33).

Tek ağaçlar için düzenlenen simülasyon modelleri, her bir tek ağacın çap, boy ve taç büyümesinin simülasyonu ile çalışmaktadır. Ağacın yaşayıp yaşamadığına karar vererek büyüme miktarları ve dolayısıyla hacmi hesaplanmakta, böylece tek ağaç toplamlarından giderek meşçerenin tümü hakkında

bilgi edinilmektedir. Tek ağaç modelleri, diğer meşçere modellerinden farklı olarak her bir tek ağacın yarışma çevresini simüle etme özelliğine sahiptir (5).

Tek ağaç modelleri ağaçlar arasındaki rekabetin hesaplanma biçimine göre iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi uzaklıktan bağımsız modeller (distance-independent models), ikincisi ise uzaklığa bağlı modeller (distance-dependent models)' dir. Uzaklıktan bağımsız modellerde konu ağacın yarışma durumu; onun çapı, boyu, göğüs yüzeyi gibi özellikleri ile bulunduğu meşçere koşulları birlikte değerlendirilerek hesaplanmaktadır (34). Uzaklığa bağlı modellerde ise bu değişkenlere ek olarak konu ağaç ile besin ve ışık için yarışan diğer yarışmacı ağaçlarla olan uzaklıklar da belirlenerek modele sokulmaktadır. Ancak, bu modellerin düzenlenmesinde ağaç dağılım krokilerine ihtiyaç duyulmakta olup, karmaşık hesaplamalar ve yüksek maliyet söz konusu olmaktadır (35). Düzenlenen modellerin başarılı olabilmele-ri için tek ağaç ya da meşçere elemanları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, ayrıca, bu elemanların birbirlerini etkileme derecelerinin iyi saptanması gerekir.

Meşçere modelleri, belirli bir kuruluştaki kuramsal ya da gerçek bir meşçerenin, belirli bir yetiştirme ortamı koşulları içerisinde nasıl büyüdüğünü incelemektedir. Bu modeller; meşçeredeki ağaçların doğal yolla ölmelerini, meşçereye uygulanacak bakım kesimlerini de dikkate alarak belirli bir dönemin sonunda meşçerenin ne durumda olabileceğini göstermektedirler (36).

Meşçere modellerinde; birim alandaki ağaç hacminin ve hacmi oluşturan elemanların ortamın verimliliğine ve ağaçlar arasındaki rekabete bağlı olduğu varsayılmaktadır (7).

Meşçere modellemesi için oluşturulan simülasyon modelinde değişken olarak ağaç ya da meşçere özellikleri esas alınmakta ve çeşitli alometrik fonksiyonlar ile ölçümü zor o-

lan özellikler tahmin edilmektedir. Bu değişkenlere örnek olarak tek ağaçta; göğüs çapı, ağaç boyu, yaşı, göğüs yüzeyi, tepe çapı, meşçerede ise; meşçere üst boyu, yaşı, orta çap, birim alandaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi özellikler verilmektedir (7).

Ağaç ya da meşçere özellikleri arasında kurulan alometrik ilişkiler yardımıyla geliştirilen meşçere büyüme modelleri, sonuçları itibariyle deterministik (kesin) olmaktadır. Oysa, orman doğaya açık bir ekosistem oluşturmaktadır. Bu nedenle meşçerede büyüme olayı çok sayıda iç ve dış etmenin etkisiyle oluşmaktadır. Meşçere modellerinin oluşturulmasında bu belirsizlikleri dikkate alan stokastik yaklaşımlardan da yararlanılmaktadır (37).

Stokastik yaklaşımla geliştirilen değişik yaşlı meşçere modellerinde; belirli bir dönem için, bir çap sınıfından diğerlerine geçiş ihtimalleri, koruya katılma miktarı ya da ormanı (meşçere koşullarına bağlı olarak), çap sınıfları için ağaçların kuruma ihtimalleri ve çap sınıflarındaki kesim oranlarının belirlenmesi ile oluşturulan büyüme matrisi yardımıyla dönem sonundaki meşçere durumları saptanmaktadır. Burada geçiş ihtimallerinin zamanla sabit olduğu (zamanla değişmediği) ve meşçerenin bir sonraki durumuna geçişinin daha önceki durumlarından bağımsız, sadece mevcut durumuna bağlı olduğu varsayılmaktadır (38). Böyle süreçler "Düzenli Markov Süreçleri" olarak isimlendirilmektedir.

Son yıllarda pek çok araştırmacı, Markov Zincirleri yöntemini kullanarak; gelecekteki meşçere büyümesi ve fiyat belirsizliklerini dikkate alan sonlu ya da sonsuz bir dönem için ekonomik hasılat politikası belirlenmesi problemini çözmeyi amaçlamışlardır (37), (39), (40), (41), (42). Sonuçta; optimal hasat politikasının belirlenmesi basit bir tablo yardımıyla yapılmaktadır. Bugünkü meşçere ve pazar durumu verilerek ilgili meşçere için optimal kararlar bu tablodan doğrudan belirlenebilmektedir.

Çalışmamızda Markov Zincirleri yardımıyla değişik yaşlı meşçerelerin büyüme ve gelişmelerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için gerekli olan büyüme matrisine ait değerlerin mevcut olmaması nedeniyle meşçere simülasyon modeli oluşturulmuştur. Simülasyon modeli ile doğal meşçerelerin büyüme ve gelişimleri tasarlanmış, ayrıca çeşitli amenajman rejimleri uygulanarak seçme kuruluşu ve tek tabakalı kuruluşa getirme modelleri üzerinde de çalışılmıştır.

Doğal büyüme ve seçme işletmesi simülasyon modeli sonuçlarından elde edilen büyüme matrisleri yardımıyla Markov Zincirleri yöntemini kullanarak bu meşçerelerin büyüme ve gelişmeleri tasarlanmıştır.

Çalışma GİRİŞ bölümü de dahil olmak üzere beş ayrı bölüm halinde düzenlenmiştir. GİRİŞ' te, çalışmanın konusu, önemi ve amacı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, meşçere simülasyon modeli ve Markov Zincirleri kullanılarak oluşturulan meşçere büyüme modelleri üzerine yapılan araştırmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM bölümünde, önce deneme alanlarına ilişkin çeşitli bilgiler verilmiş ve bu alanlarda yapılan ölçümler tanıtılmıştır. Daha sonra, doğal büyüme, seçme işletmesi ve tek tabakalı meşçere simülasyon modellerinin oluşturulması için yarışma endeksi, çap, boy, tepe çapı ve tepe yüksekliklerinin hesaplanması, normal dağılımlı rasgele sayıların üretilmesi, kuruma ve ayrılmalar ile meşçereye katılmaların saptanmasında kullanılan yöntem ve varsayımlar hakkında ayrıntılı bilgiler verilerek ilgili bilgisayar programı kısaca tanıtılmıştır. Yine bu bölümde, simülasyon modeli sonuçlarından elde edilecek bilgiler ile oluşturulacak geçiş matrislerini kullanarak Markov Zincirleri ile doğal büyüme ve seçme işletmesi modellerinin düzenlenmesi

konusunda ayrıntılı bilgiler verilmiş ve ilgili bilgisayar programı kısaca tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde, doğal büyüme, seçme işletmesi ve tek tabakalı meşçere simülasyon modellerine ait bulgular ile Markov Zincirleri yöntemi kullanılarak oluşturulan doğal büyüme ve seçme işletmesi modellerine ait bulgular ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Son bölümde ise, LİTERATÜR ÖZETİ bölümünde belirtilen araştırmalar da dikkate alınarak, bu çalışmada elde edilen bulgular tartışılmış ve varılan sonuçlar verilmiştir.



2. LİTERATUR ÖZETİ

2.1. Meşçere Simülasyon Modeli ile İlgili Literatürlerin Özeti

Meşçeredeki artım ve büyüme yarışma endeksi yardımıyla belirlemeyi amaçlayan Alemdag, yarışmacı ağaç sayılarını dikkate alan ve konu ağacın büyüme alanını farklı iki yöntemle hesaplayan yeni iki yarışma endeksi tanımlamıştır. Bu yarışma endekslerine ek olarak diğer araştırmacılar tarafından ortaya atılan altı yarışma endeksi, beş yıllık çap artımlarının kestiriminde kullanılmış ve yapılan test sonucu yeni yarışma endekslerinin güvenli bir şekilde kullanılabilceği belirtilmiştir (36).

Liu, mevcut yarışma endeksleri hakkında bilgi vermiş ve ek olarak yeni bir yarışma endeksi tanımlamıştır. Peryot başındaki yarışma endeksi ve göğüs yüzeyi iki bağımsız değişken olarak dikkate alınarak üç farklı birinci derece regresyon modeli ile periyot sonundaki göğüs yüzeyi artımını hesaplamıştır (43).

Tome ve Burkhart, farklı dikim aralıklarına sahip Eucalyptus plantasyonlarında; farklı araştırmacılar tarafından daha önce ortaya atılan uzaklığa bağlı yarışma endeksleri formülleri üzerinde bazı değişiklikler yaparak (kuruyan ve kesilen yarışmacı ağaçlar konu ağacın yarışma endeksinin hesaplanmasında dikkate alınmış), çap ve göğüs yüzeyi artımı ile aralarındaki korelasyonları araştırmışlardır. Ayrıca, bu yarışma endeksleri ve çeşitli meşçere özellikleri bağımsız değişken olarak dikkate alınarak çap ve göğüs yüzeyi artımını tahmin etmek için çeşitli regresyon denklemleri uygulanmıştır (44).

Schreuder et al., Pinus ponderosa doğal meşçerelerinde

yaş, bonitet endeksi ve hektardaki ağaç sayısının bilinmesi durumunda, gelecek periyotlar için çap sınıfları itibariyle toplam kabuklu hacim, ortalama boy ve ağaç sayılarının kestirimi için istatistiksel denklemler sunmuşlardır. Çap sınıfı frekansları iki Parametrelili Weibull Dağılımı ile hesaplanmıştır. Bu dağılımın parametreleri yardımıyla da boy dağılımı parametreleri tahmin edilmiştir. Çap ve boy a ait Weibull parametreleri; ağaç sayısı, bonitet endeksi ve yaşın fonksiyonu olarak regresyon denklemleri ile hesaplanmıştır. Örnek olarak; yaş, bonitet endeksi ve ağaç sayısı verilerek meşcerelerin 50 yıllık bir dönem sonraki çap sınıfları itibariyle ağaç sayısı, ortalama boylar ve hacim değerleri bulunmuştur (26).

Daniels, Konu ağaç büyüklüğü ve yarışmacı ağaçların uzaklık-ağırlık oranlarına dayanarak oluşturduğu yarışma endekslerinin yıllık çap ve boy artımı ile olan ilişkilerini araştırmıştır. Konu ağaç ile yarışma halindeki ağaç sayıları açı ölçme yöntemi ve sabit yarıçap kullanma gibi iki ayrı teknik ile hesaplamıştır. Sonuçta, birinci teknige dayanarak hesaplanan yarışma endeksinin, ikinci teknik ile hesaplanana göre büyüme ile daha yüksek bir korelasyon verdiğini saptamıştır (45).

Martin ve Ek, görgüçül ve kısmen görgüçül regresyon modelleri ile tek ağacın periyodik çap ve boy artımını bonitet endeksi, çap ve yarışma endeksinin bir fonksiyonu olarak elde etmişlerdir. Yarışma endeksleri; uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız olarak üç değişik modelin kullanılması ile hesaplanmıştır. Regresyon denklemi ile hesaplanan çap ve boy artımı değerleri müdahale gören ve görmeyen deneme alanı değerleri ile karşılaştırılarak modellerin başarıları denetlenmiştir (46).

Glover ve Hool, dört farklı düzeyde gübre verilen ve hiç gübre verilmeyen Pinus teada plantasyonlarının perodik (3 yıllık) kuruma ihtimallerini hesaplamıştır. Oransal gövde

kuruması (PSM: Proporsional Stem Mortality) degerleri; tek ağacın göğüs yüzeyinin meşçerenin ortalama göğüs yüzeyine oranlanması ile bulunan göğüs yüzeyi endeksi (BAI: Basal Area Index)'e dayalı olarak Weibull fonksiyonu yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca, üç değişik göğüs yüzeyi seviyesine göre (düşük, orta ve yüksek) gövde kurumalarını veren Weibull regresyon denklemleri oluşturulmuştur (47).

Akalp, değişik yaşlı meşçerelerde artım ve büyümenin simülasyonu amacıyla bir model oluşturmuştur. Bu modelde dönemsel çap artımları; göğüs yüksekliğindeki halka sayısı ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak üstel bir regresyon denklemleriyle, diğer elemanların büyümesi göğüs çapının fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. 10 yıllık bir dönem için 1 mm. den daha az kabuksuz çap artımı yapan ağaçların kuruyacağını ve 400 ve daha yukarı yaştaki ağaçların doğal olarak meşçereden ayrılacağını varsaymıştır. Ayrıca, meşçereye katılacak birey sayısını; tesadüfi sayılardan yararlanarak üstel bir parametre ile belirlemiştir (5).

Günel, tek ağaç ve meşçerede artım ve büyümenin matematiksel modelleri hakkında ayrıntılı bilgiler vererek; tüm-den gelişimsel kantitatif bir model olan genelleştirilmiş V. Bertalanffy modelinin büyümei temsil başarısını tek ağaç ve meşçereye ait verilerle kontrol etmiştir (2).

Sun, bir kızılçam ağacının büyümesini simüle etmiştir. Geliştirdiği simülasyon modelinde; yaş ve bonitet endeksinde göre boy büyümesi, yaş ve kesit boyuna göre gövde boyunca çap büyümesi, taç etkileşim endeksi (TAE) ve yaşa göre boy ve çap artımlarını hesaplamışlardır (48).

Holmes ve Reed, konu ağaç ile yarışmacı ağaçlar arasındaki kök ve taç rekabetini dikkate alan yeni bir yarışma endeksi formüle ederek, karışık meşçerelerde, bu yarışma endeksi ile yıllık çap artımları arasındaki korelasyonları hesaplamışlardır (49).

2.2. Markov Zincirleri Yöntemi ile ilgili Literatürlerin Özeti

Kaya ve Buongiorno, sonsuz bir zaman periyodunun sonunda belirli bir meşçereden dönüşlerin beklenen net iskonto edilmiş değerini maksimum yapmak için Markov Karar Modelini uygulamışlardır. Modelin esasını: geçiş olasılık matrisi (büyüme matrisi) ve ürün fiyatları olasılık dağılımları oluşturmaktadır. Sonuçta; bugünkü meşçere ve pazar durumuna bağlı olarak, optimal işletme politikalarını veren bir tablo sunmuşlardır. Ayrıca, en iyi politika ve beklenen kesim dönemi üzerine faiz oranı, sabit masraflar ve geçiş olasılıklarındaki değişimin etkilerini incelemişlerdir (40).

Peden et al., kuruma, üst çap sınıflarına geçiş ve koruya katılma ihtimallerini dikkate alarak Markov Zincirleri ile meşçerelerin bir dönem sonraki durumlarını kestirmeye çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar ile gerçek meşçere durumlarını karşılaştırarak modellerinin başarısını denetlemişlerdir (50).

Binkley, belirli bir dönemde belirli bir tür gruplarından oluşan meşçerelerin zamanla tür kompozisyonlarında oluşacak değişmelerin "Düzenli Markov Zincirleri" ile formüle edilip edilemeyeceğini test etmişlerdir (51).

Lembersky ve Johnson, tomruk üretimi amaçlanarak, birim alandaki dikim, bakım, aralama ve son hasılat masrafları ile elde edilecek gelirler dikkate alınarak sonsuz bir zaman için Markov Karar Zinciri Yaklaşımı ile optimal işletme politikalarını belirlemişlerdir (37).

Valentine ve Furnival, meşçeredeki kuruma ve hasat ile ilişkili olarak koruya katılma miktarlarını hesaplayan ve düzenli çap dağılımını Markov Zincirleri Yöntemi ile belir-

leyen bir meşçere tasarım yöntemini sunmuşlardır (52).

Buongiorno ve Michie, ağaçların çap sınıflarına geçiş ihtimalleri ve koruya katılmayı dikkate alan seçme ormanlarının bir matris modelini geliştirmişlerdir. Bu model yardımıyla müdahale görmeyen ve işletilen değişik yaşlı meşçerelerin uzun dönem büyümesi tahmin edilmiştir. Ayrıca, periyodik hasılatların şimdiki net değerini maksimum yapacak düzenli hasıla işletme politikalarını saptamak için lineer programlama yöntemini kullanmışlardır. Yöntem; optimum hasatın kalan meşçere hacmi, çap dağılımı ve kesim dönemi ile birlikte saptanmasına izin vermektedir (38).

Hassler et al., tomruk üretim sistemi analizinde; sürütme ve yüklemede iki makina arasındaki etkileşimi dikkate alarak sistemin denge durumu (steady-state) ve artık zamanları Süreksiz Durum Uzayı ve Sürekli Parametrelili Markov Zincirleri yaklaşımı ile çözmüşlerdir (53).

Boyçuk ve Martell, bir yangın mevsiminde; yangın kaybı ve beklenen maliyetin minimizasyonu için geniş bir orman yangını koruma şubesinin ne kadar yangın koruma işçisi çalıştıracacağı sorusuna cevap bulmak amacıyla, bölgelere göre yangın çıkma ihtimali ve büyüme miktarı ile nem durumu dikkate alınarak bir Markov Zinciri Modeli oluşturmuşlardır (61).

Michie, değişik yaşlı meşçere sistemi altında işletilen orman arazisinin beklenen değerini tartışmak için seçme ormanının bir matris büyüme modelini kullanmıştır. Arazinin beklenen değeri mevcut meşçere yapısından ekonomik olarak en iyi yapıdaki meşçereye bir dönüşüm sırasındaki hasılatların şimdiki değeri ile gelecekte elde edilecek tüm hasılatların iskonto edilmiş değerleri toplamı olarak hesaplamıştır. Arazinin beklenen değerinin başlangıçtaki meşçere yapısı ve dönüşüm periyodu uzunluğuna bağlı olduğu görülmüştür (39).

Pelz, envanter teorisini kullanarak optimal meşçere hacminin saptanmasını açıklayan bir modeli sunmuştur. Yapılan uygulama sonucuna göre: düşük bonitet endeksleri ya da yüksek faiz oranları için optimal meşçere hacmi düşük, yüksek bonitet endeksleri ya da düşük faiz oranları için optimal meşçere hacmi yüksek bulunmuştur (55).

Chang, bir büyüme fonksiyonu yardımıyla, farklı faiz oranları ile birlikte meşçere hacmi ve kesim döneminin optimal kombinasyonlarını kullanarak beklenen arazi değerini hesaplamıştır. Faiz oranlarının yükselmesi optimal kesim döneminin kısılmasına ve optimal meşçere hacminin daha düşük düzeylere inmesine neden olmuştur (56).

Haight et al., beş yıllık kesim dönemi ile işletilen bir meşçerenin belli bir dönem sonra (150 yıl alınmıştır) şimdiki net değerini (PNW) maksimum yapacak optimal bir çap dağılım düzenini saptamışlardır (57).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Markov Zincirleri ile değişik yaşlı meşcerelerin büyüme ve gelişmelerinin saptanması amaçlanmıştır. Bir sistemin Markov Zincirleri ile analiz edilmesinde en önemli sorun Markov Zincirlerinin esasını oluşturan "geçiş matrisi" nin oluşturulmasıdır (22). Markov Zincirlerine ilişkin bazı temel bilgiler 3.2.2.1 bölümünde verilmiştir.

Geçiş matrisinin her bir elemanı; belirlenen bir dönem için sistemin bulunabileceği tüm farklı durumların birbirlerine geçiş ihtimalini vermektedir (6).

Değişik yaşlı meşcerelerde büyümenin Markov Zincirleri ile analiz edilmesinde; belirlenen bir dönem ve oluşturulan çap kademelerine göre ağaçların aynı çap kademesinde kalma, üst çap kademelerine geçme, hasat edilme, kuruma ve meşçereye katılmalar (koruya geçişler) farklı durumlar olarak belirtilmektedir (37), (38). Belirtilen bu durumların geçiş ihtimallerinin hesaplanması ile değişik yaşlı bir meşçerenin geçiş matrisi oluşturulmakta, başlangıç dağılımının verilmesi ile de meşçerenin arzu edilen dönemdeki durumları belirlenebilmektedir.

Değişik yaşlı Ladin meşcereleri için yukarıda belirtilen geçiş ihtimallerinin hesaplamasında gerekli olan verilerin mevcut olmaması nedeniyle, meşçere dinamikini belirlemek için bilgisayar simülasyonundan yararlanılmıştır.

Simülasyon modelinde, 3.1.1 bölümünde çeşitli özellikleri verilen ve farklı bölgelerden alınan iki adet deneme alanı model meşcereler olarak seçilmiştir. Model meşçeredeki her bir ağaç, konu ağaç olarak dikkate alınmıştır. Konu ağacın dönemsel çap artımı; dönem başı göğüs çapı ve komşu ağaçlarla olan rekabetinin (yarışma endeksi) fonksiyonu olarak üstel bir regresyon denklemi ile hesaplanmıştır (yarışma

endeksinin hesaplanması konusunda ayrıntılı bilgi 3.2.1.1 bölümünde verilmiştir). Konu ağacın boyu, tepe uzunluğu ve tepe çapının hesaplanmasında; dönem başındaki göğüs çapı ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak hesaplanan dönem sonu göğüs çapı bağımsız değişken alınarak oluşturulan regresyon denklemleri ile hesaplanmıştır (bu konuda ayrıntılı bilgi 3.2.1.2 bölümünde sunulmuştur). Böylece, boy, tepe uzunluğu ve tepe çapının hesaplanmasında yarışma endeksi dolaylı olarak dikkate alınmış olmaktadır. Regresyon denklemleri ile hesaplanan göğüs çapı, boy, tepe uzunluğu ve tepe çapı değerleri 3.2.1.3 bölümünde açıklanan yöntemle hesaplanan normal dağılımlı rasgele sayılar ile düzeltilmişlerdir.

Meşçereye katılma ve kurumaların hesaplanmasında 3.2.1.4 ve 3.2.1.5 bölümlerinde açıklanan yöntem ve varsayımlardan yararlanılmıştır. Böylece, değişik yaşlı meşçerelerin doğal büyümesi simüle edilmiştir. Ayrıca, doğal büyüme simülasyonunda belirtilen yöntem ve varsayımlar altında ve meşçereye çeşitli teknik müdahaleler uygulayarak "tek tabakalı kuruluş" ve üç değişik amenajman rejimine göre "seçme işletmesi" simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Doğal büyüme, seçme işletmesi ve tek tabakalı meşçere simülasyonu hakkında ayrıntılı bilgi sırasıyla 3.2.1.6.1, 3.2.1.6.2 ve 3.2.1.6.3 bölümlerinde, bilgisayar programları hakkında özet bilgiler ise 3.2.1.7 bölümünde sunulmuştur.

Doğal büyüme ve seçme işletmesi simülasyon modellerinin bilgisayarda çalıştırılması sonucu elde edilecek bilgiler ile aynı çap kademesinde kalma, üst çap kademelerine geçme, kuruma ve meşçereye katılma ihtimalleri hesaplanarak, doğal büyüme ve seçme işletmesi modellerine ait geçiş matrisleri oluşturulmuş, 3.2.2.2 ve 3.2.2.3 bölümlerinde açıklandığı şekilde Markov Zincirleri ile büyüme analizleri yapılmıştır.

3.1. MATERYAL

3.1.1. Deneme Alanları ve Bilgilerin Derlenmesi

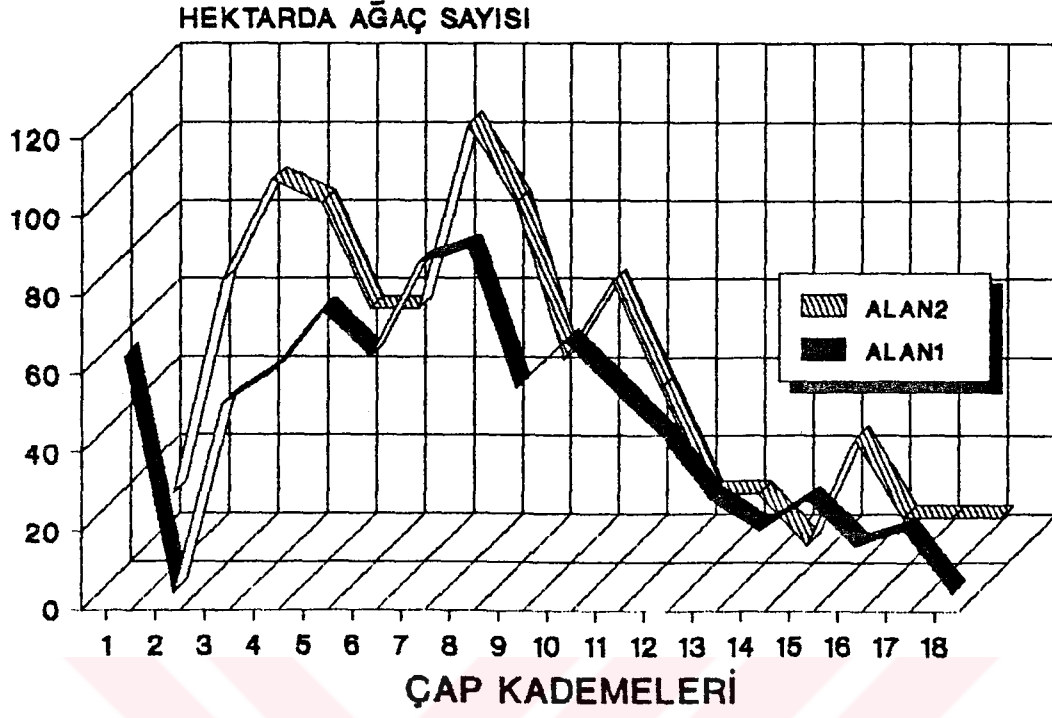
Veriler; doğal yolla oluşmuş, saf ve değişik yaşlı Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) meşcerelerinden alınmıştır. Deneme alanlarına ilişkin çeşitli bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1: Deneme Alanlarına İlişkin Çeşitli Bilgiler.

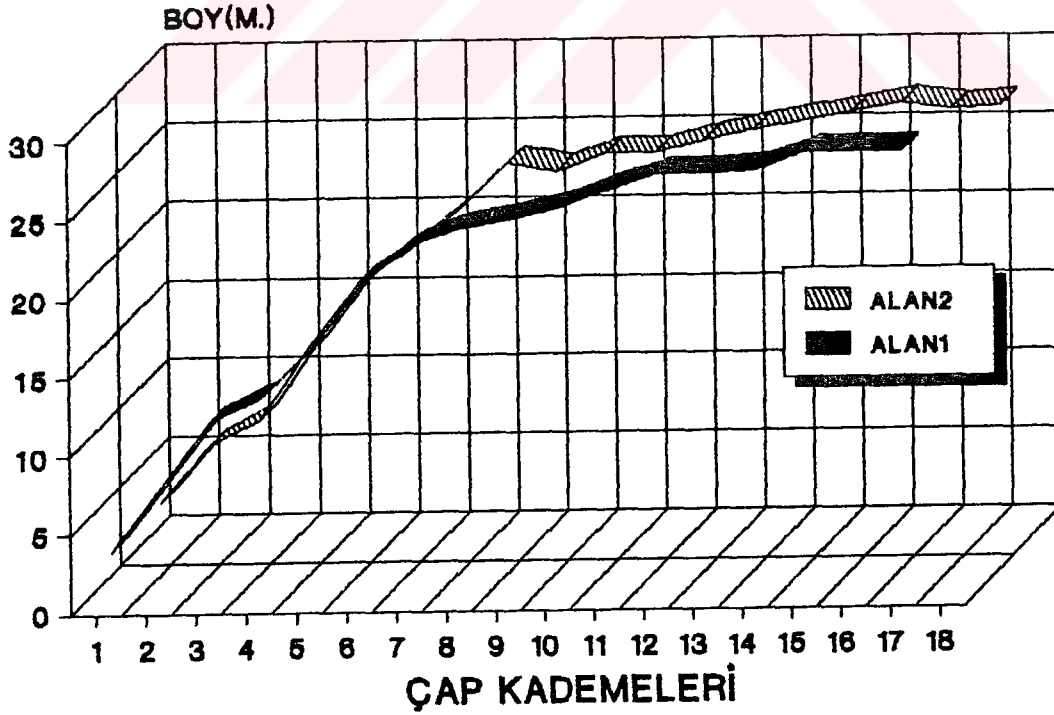
Deneme Alanı	İşletme Adı	Seri Adı	Bölme No	Alan m ²	Yükseklik m.	Bakı	Eğim %
1	Dereli	Kümbet	101	2500	1720	KD	15
2	Artvin	Kafkasör	82	1500	1680	KD	20

Deneme alanlarındaki ağaçların tümünün; kabuklu göğüs çapları, göğüs yüksekliğindeki yıllık halka sayıları, boyları, tepe uzunlukları, tepe çapları, son 10 yıllık kabuksuz çap artımları, son beş yıllık halka kalınlıkları, kabuk kalınlıkları, göğüs çapının son 1 cm.' sindeki yıllık halka sayıları, deneme alanı kenarları koordinat eksenleri olarak alınarak; her ağacın bu eksenlere göre koordinatları ölçülmüştür.

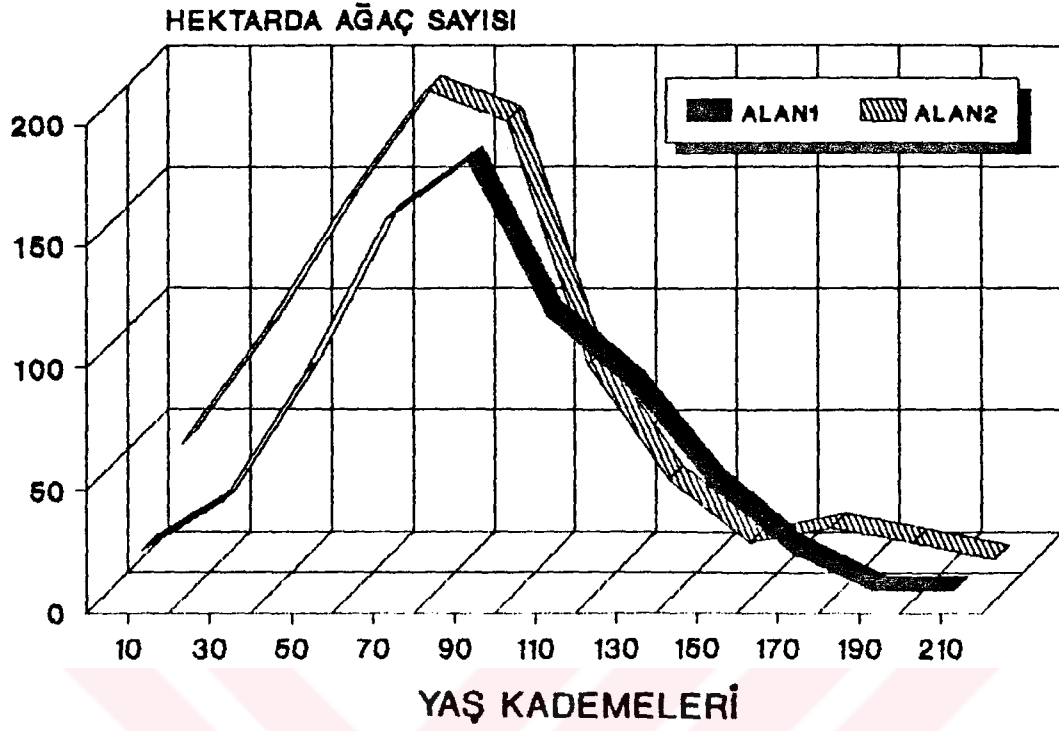
Deneme alanlarındaki ağaçların çap kademelerine göre ağaç sayıları Şekil 3.1 de, aritmetik orta boy değerleri Şekil 3.2 de, yaş kademelerine göre ağaç sayıları Şekil 3.3 de ve baskı derecelerine göre ağaç sayıları Şekil 3.4 de verilmiştir. Ayrıca, birinci deneme alanı (ALAN1) için meşçere krokisi; Şekil 3.5 de, ikinci deneme alanı (ALAN2) için meşçere krokisi, Şekil 3.6 da, ALAN1 için meşçere profili, Şekil 3.7 de, ALAN2 için meşçere profili, Şekil 3.8 de verilmiştir.



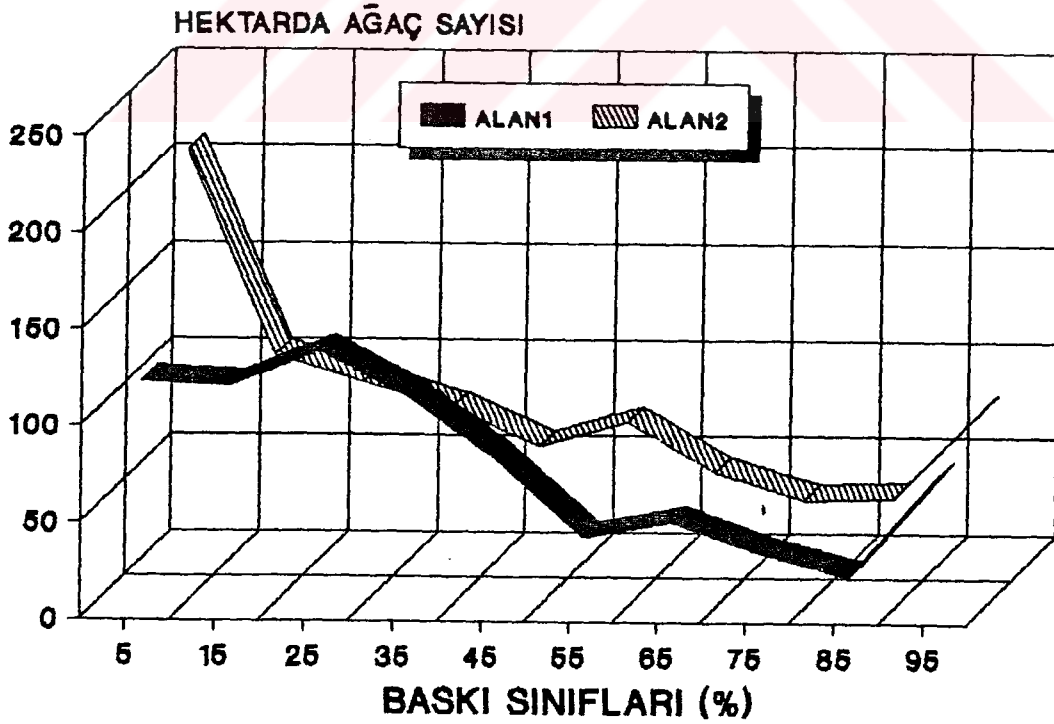
Şekil 3.1: Deneme Alanlarındaki Ağaçların 4 cm.'lik Çap Kademelerine Göre Dağılımı.



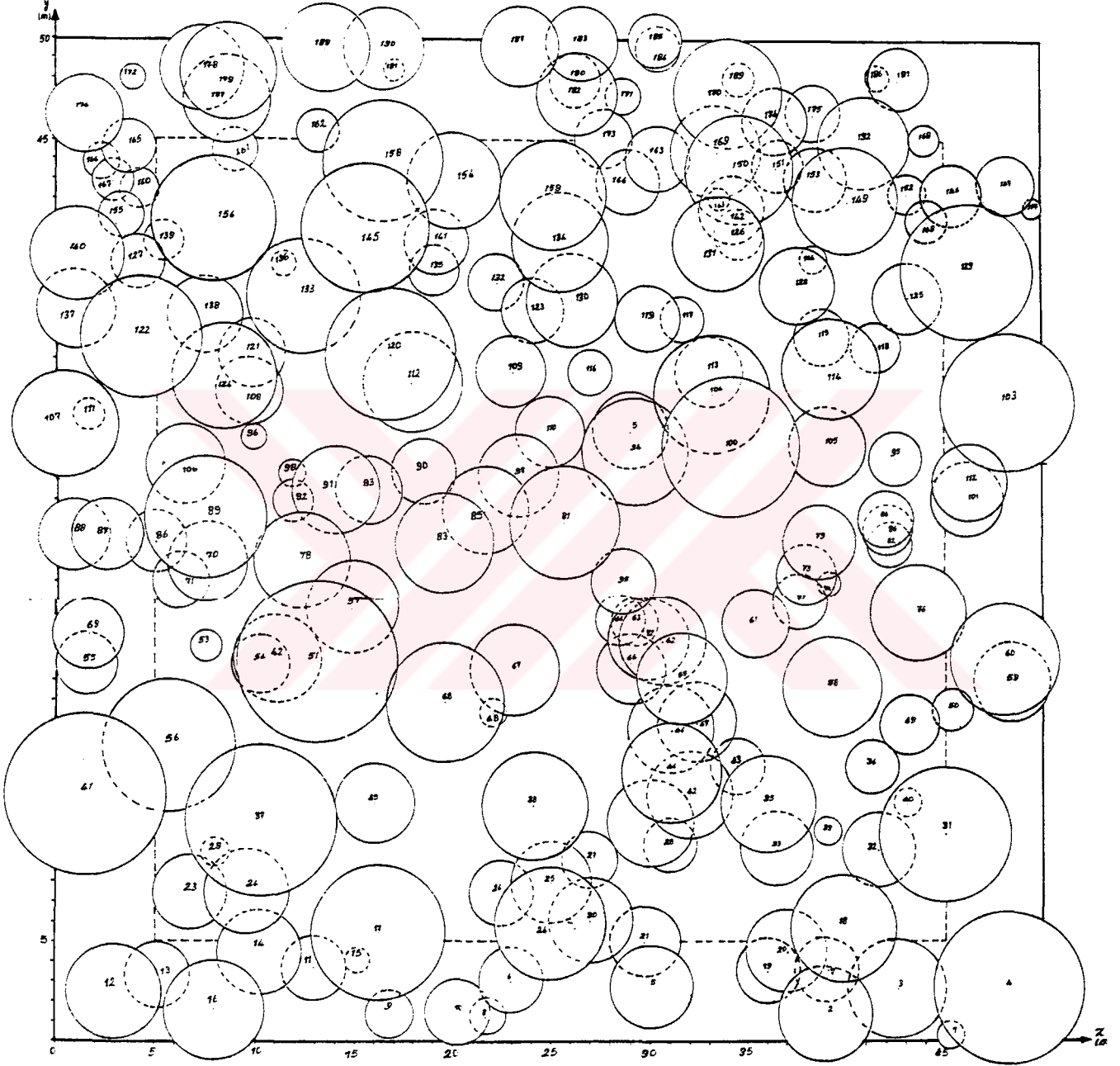
Şekil 3.2: Deneme Alanlarındaki Ağaçların 4 cm.'lik Çap Kademelerine Göre Aritmetik Orta Boy Değerleri.



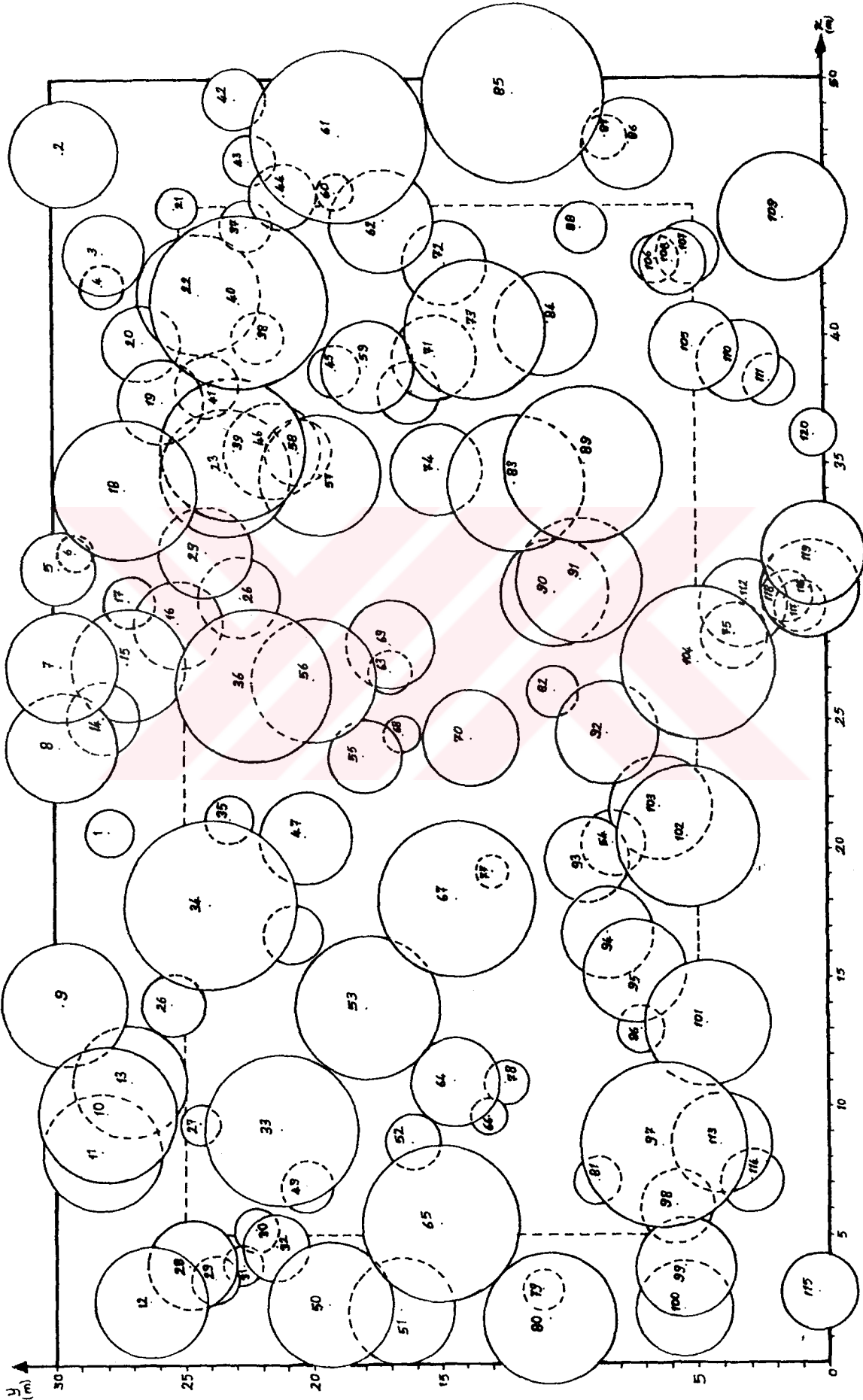
Şekil 3.3: Deneme Alanlarındaki AĞaçların 20 Yıllık Yaş Kademelerine Göre Dağılımı.



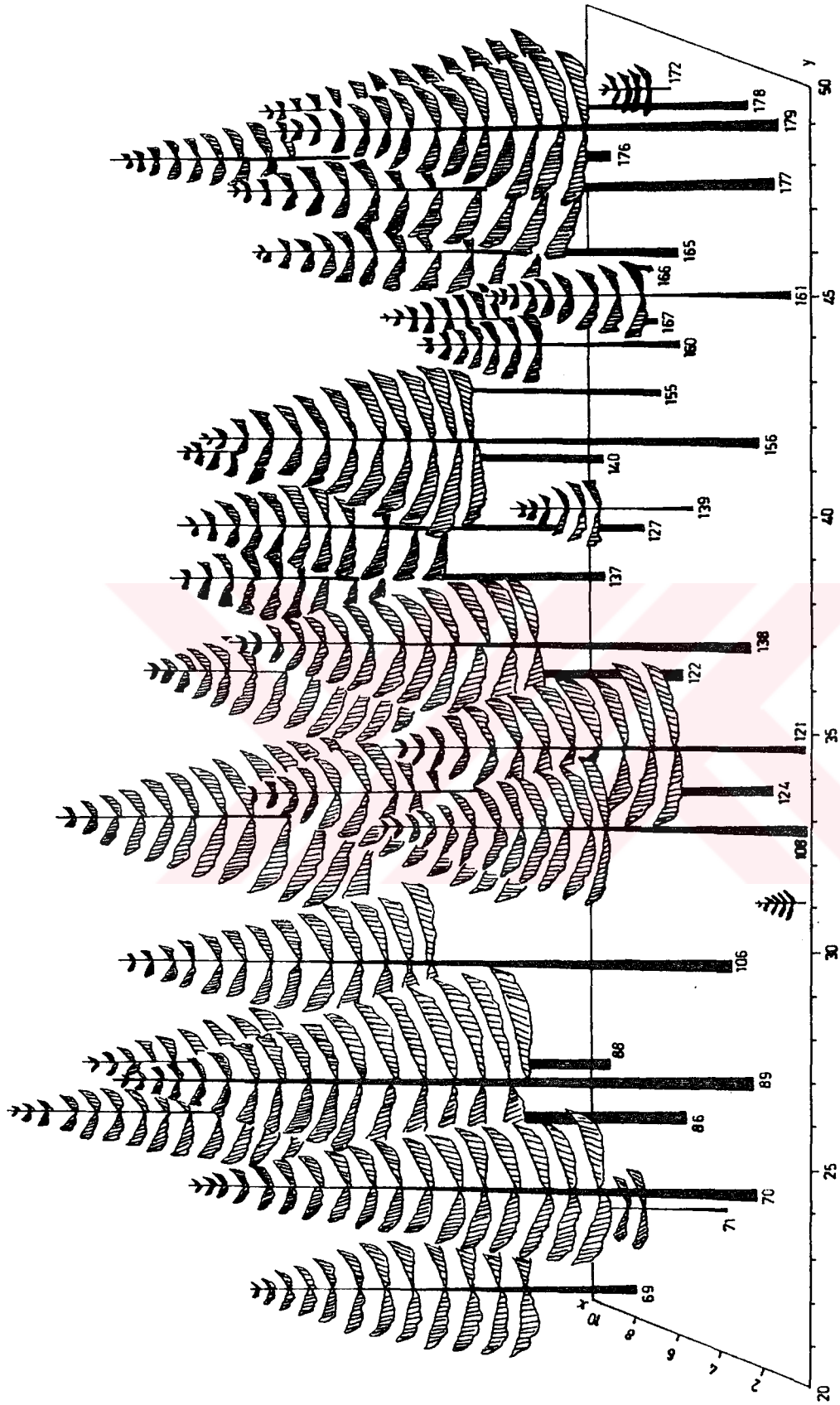
Şekil 3.4: Deneme Alanlarındaki AĞaçların % 10' luk Baskı Derecelerine (Yarışma Endeksi) Göre Dağılımı.



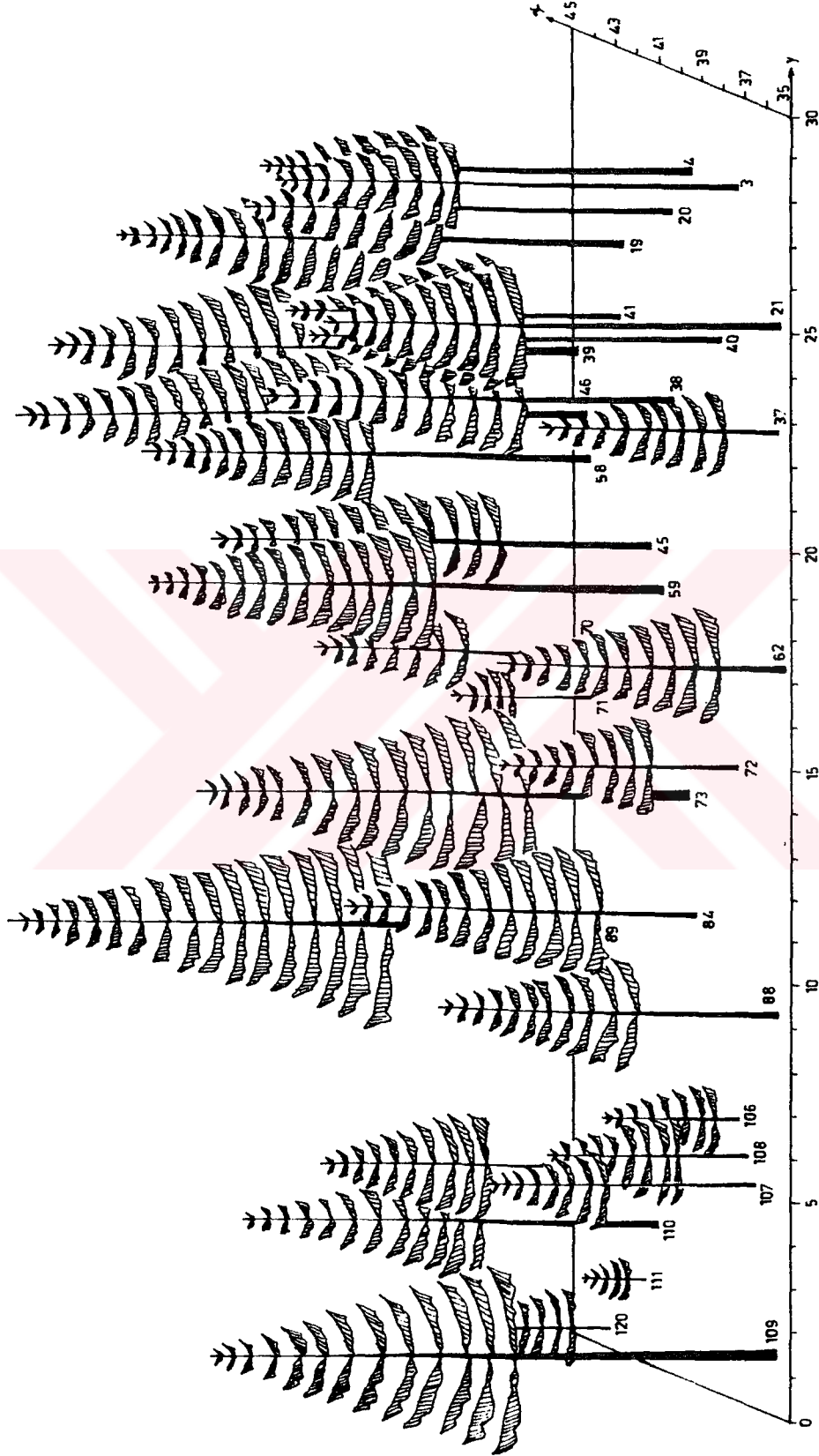
Şekil 3.5: ALANI için Meşçere Krokisi.



Şekil 3.6: ALAN2 için Meşçere Krokisi.



Şekil 3.7: ALAN1 için Meşçere Profili.



Şekil 3.8: ALAN2 için Meşçere Profili.

Değişik yaşlı meşçere ve bunun tipik temsilcisi olan seçme ormanlarında Flury' nin Çap Sınıfı Ortası Boyuna Dayanan Metod, Mitscherlich' in Çap Artımı Metodu, Assman ve Sommer' in Boy-Göğüs Yüksekliği Yaşı Metodu, Hoar ve Young' ın Hacim Artımı Metodu bonitet tayin yöntemleri olarak belirtilmekle birlikte, bunlardan ilk iki yöntem Türkiye Ormancılığı ve Orman Amenajmanı için daha önemli sayılmaktadır (4).

Deneme alanlarının bonitetini belirleyebilmek için değişik yaşlı Doğu Ladini meşçerelerine ait bonitet tabloları gerekmektedir (5). Bu tabloların mevcut olmamasına rağmen, bir fikir edinebilmek amacıyla, Flury yönteminde esas alınan çap sınıfı orta değerlerine karşılık gelen boylar, meşçere boy egrisinden hesaplanarak aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 3.2: Deneme Alanlarının 44.5 ve 61.5 cm' lik Çap Sınıfı Orta Değerlerine Karşılık Gelen Boy Değerleri.

Çap Sınıfı	38-50 cm.	52-70 cm.
Sınıf Ortası	44.5 cm.	61.5 cm.
Deneme Alanı No	Boy (m.)	
1	25.81	26.36
2	24.31	26.97

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi deneme alanları arasında, çap sınıfları orta değerlerine karşılık gelen boylar itibariyle belirgin bir farklılık görülmemektedir.

Her iki deneme alanında toprak; kumlu balçık tekstüründe olup, yoğun bir humus tabakası bulunmaktadır. Toprak üstü florası bakımından ALAN1' de *Lonicera caucasica* Pallas, *Vicia sepium* L., *Asperula odorata* L., ALAN2' de ise *Polypodium Vulgare* L., *Oxalis acetosella* L., *Veronica officinalis* L. ve *Vicia sepium* L. türleri bulunmaktadır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Meşçere Simülasyon Modeli

Bu bölümün alt bölümlerinde; çalışmada esas alınan değişkenler, bu değişkenler arasındaki ilişkiler ile öngörülen varsayımlar altında, deneme alanlarının doğal büyümelerini simüle eden bilgisayar programı açıklanmıştır. Ayrıca, deneme alanlarına çeşitli teknik müdahalelerin (amenajman rejimlerinin) uygulanması ile seçme işletmesi ve tek tabakalı meşçere simülasyonu hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1.1. Yarışma Endeksi

Belli bir yetiştirme ortamında bulunan tek ağaçların büyümesi; yaş, büyüklük, genetik özellikler ve rekabet durumları gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (43). Bu faktörlerden rekabetin etkisini açıklamak için iki ekstrem örnek olarak; serbest büyüyen yani ışıktan tam olarak faydalanan ve hiç bir kök ve besin rekabeti ile karşılaşmayan bir ağacın durumu ile çok kapalı bir meşçere içerisinde büyümekte olan yani ışıktan, sudan ve besinden faydalanmakta çevresindekilerle çetin bir taç ve kök rekabetine girişmiş bulunan bir ağacın durumu örnek olarak verilebilir. Her bir komşudan gelen bu etkilerin toplamının sayısal olarak ifadesine yarışma endeksi denilmektedir (36).

Yarışma endeksinin düzenlenmesinde çeşitli görüşler ortaya atılmakla birlikte bunlardan başlıcaları: iki ağaç arasındaki büyüme mücadelesi bunların taçlarının birbirlerine temas etmesi ile başlar, her bir ağaç etrafında, o meşçere kuruluşu içerisinde bu ağacın büyümesi için doğal olarak ayrılmış bir büyüme alanı vardır ki bu alanda yer alan ağaçlar

bu ağaçla mücadele halinde olan ağaçlardır. Yakındaki bir küçük ağaç ile uzaktaki bir büyük ağaç herhangi bir ağaç ile aynı derecede mücadelede bulunabilirler, dolayısıyla bir ağacın mücadele alanı onun etrafındaki belli bir daire ya da daireler şeklindedir (36).

Burada, yarışma endeksinin formüle edilmesinde kullanılan bazı terimlerin açıklanması gereği duyulmuştur.

Ağaçların tepe alanları "büyüme alanı", yarışma endeksi hesaplanan ağaç "konu ağaç", konu ağaç ile rekabet halindeki ağaçlar "yarışmacı ağaç", büyüme alanlarının çakıştığı alanlar "ortak alan", ortak alanın düzeltme faktörü ile çarpılması sonucu bulunan alan "düzeltilmiş ortak alan" olarak isimlendirilmektedir.

Şimdiye kadar ortaya atılan çok sayıdaki yarışma endekslerinin ilki 1951 yılında Staebler tarafından ormancılığa sunulmuştur (5). Staebler, iki ağaç arasındaki rekabeti ifade edebilmek için bu iki ağacın tepe taçlarının birbirlerini örtmek süretiyle meydana gelen örtme alanının genişliğini esas almıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu alanın konu ağaçla yaptığı açığa ya da bu alanın yüzölçümüne yer verilmiştir.

Opie, yarışma endeksini konu ağaçla yarışmacı ağaç etki zonları arasında kalan ortak alanların toplamı olarak hesaplamıştır. Bella ise yarışma endeksinin hesaplanmasında, etki zonu ortak alanlarını bir faktörle çarparak düzeltmiştir. Yarışmacı ağaç çapını konu ağaç çapına oranlarak ve bu oranı çeşitli ağaç türleri için belirlediği üstel bir parametre ile çarparak düzeltme faktörünü hesaplamıştır (5), (43), (44).

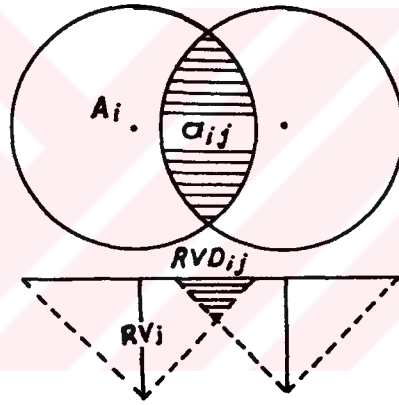
Liu, konu ağaca en yakın sekiz ağacı yarışmacı ağaç olarak seçerek, bu ağaçların göğüs yüzeyleri ve konu ağaca olan uzaklıklarını dikkate alarak yarışma endeksini:

$$C_i = \left[\sum_{j=1}^8 (S_j/S_i) * (1/D_{ij}) \right], i \neq j, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.1)$$

S_i = i' inci konu ağacın göğüs yüzeyi
 S_j = j' inci yarışmacı ağacın göğüs yüzeyi
 D_{ij} = i' inci konu ağaç ile j' inci yarışmacı ağaç arasındaki uzaklık

formülü ile hesaplamıştır (43).

Holmes ve Reed, yarışma endeksini; konu ve yarışmacı ağaçlar arasındaki kök ve taç rekabetini dikkate alarak aşağıdaki şekilde formüle etmişlerdir (49).



Şekil 3.9: Konu Ağaç ile Yarışmacı Ağaçların Rekabette Bulunduğu Ortak Alanlar.

$$MCRCD2 = \sum [(a_{ij}/A_i) * (RVO_{ij}/RV_i) * (D_j^2/D_i^2)] \quad (3.2)$$

a_{ij} = i' inci konu ağaç ile j' inci yarışmacı ağacın çakışan tepe alanı
 RVO_{ij} = i' inci konu ağaç ile j' inci yarışmacı ağacın çakışan kök alanları
 A_i = i' inci konu ağacın tepe alanı
 RV_i = i' inci konu ağacın kök alanı
 D_j = j' inci yarışmacı ağacın göğüs çapı
 D_i = i' inci konu ağacın göğüs çapı

Alemdag' a göre yarışma endeksi; belli bir büyüme alanı içerisinde bulunan bir ağacın karşılaşacağı baskı yoğunluğunun , çevresindeki yarışmacı ağaçların sayısı ile değişeceği esasına dayanmaktadır. Böylece, belli büyüklükteki bir büyüme alanının çevresindeki ağaç sayıları arttıkça bunların konu ağaç üzerine yapacakları baskının artacağı, aksi halde azalacağı düşünülmüştür. Yarışma endeksi; konu ağaçla yarışma halinde olan ağaç sayılarının büyüme alanının birim yüzeyine isabet eden miktarı olarak formüle etmiştir. Buna göre yarışma endeksi:

$$YI = n/K \quad (3.3)$$

YI = yarışma endeksi

n = yarışmacı ağaç sayısı

K = büyüme alanı

formülü ile hesaplanmıştır. Burada büyüme alanı (K); iki ayrı yaklaşımla ele alınmıştır. Birinci yaklaşımda, büyüme alanının konu ağaç etrafında bir poligon, ikinci yaklaşımda ise büyüme alanı konu ağaç etrafında toplanan dilimler olarak kabul edilmiştir (36).

Sun yarışma endeksini, konu ağaç ve yarışmacı ağaç büyüme alanlarının oranını, konu ve yarışmacı ağaç çapları ve yatay uzaklıkla düzelterek hesaplamıştır (48).

Akalp, değişik bir yaklaşımla, yarışma endeksinin hesaplanmasında; her bir ağacı konu ağaç olarak dikkate almış, yarışmacı ağaçlarla rekabette bulunduğu ortak alanları bir faktörle düzelttikten sonra, bunların toplamını konu ağaç büyüme alanından çıkararak, sadece konu ağacın faydalandığı net büyüme alanını hesaplamıştır. Daha sonra, net büyüme alanını etki zonuna oranlayarak bu orana "canlılık değeri" olarak 100 sayısı eklemiştir (5). Buna göre yarışma endeksi:

$$YI_j = 100 + \frac{n \cdot (BA_j - \sum_{i=1}^n AK_{ij} * DF_{ij})}{EZ_j} * 100 \quad (3.4)$$

BA_j = j' inci konu ağacın büyüme alanı
AK_{ij} = j' inci konu ağacın i'inci yarışmacı ağaç ile rekabette bulunduğu ortak alan
EZ_j = j'inci konu ağacın etki zonu
DF_{ij} = düzeltme faktörü

biçiminde olmaktadır. Burada; konu ağacın büyüme alanı (BA_j) daire şeklinde olduğu varsayılan konu ağacın tepe izdüşüm alanı olarak alınmıştır. Etki zonu (EZ_j) ise, göğüs çapı-maksimum tepe çapı ilişkisinden yararlanarak oluşturulan regresyon denkleminde, konu ağacın göğüs çapına karşılık gelen maksimum tepe çapındaki dairenin alanı olarak hesaplanmıştır.

Yarışma halindeki iki ağaçtan, sadece fiziksel bakımdan büyük olanın küçüğünü etkilemesinin beklenemeyeceği, bu yarışta, fiziksel bakımdan büyük olanın da küçüğünden etkileneneceği düşüncesinden hareket edilerek ortak alanların, yarışmacı ağaçlara fiziksel büyüklükleri ile orantılı olarak dağıtılması önerilmiş ve fiziksel büyüklük olarak asimilasyonda en önemli bir faktör olan tepe; yarışma endeksi hesabında uzunluğu ve başlangıç noktası kodu ile dikkate alınarak (Şekil 3.10), düzeltme faktörü, DF_{ij}, aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$DF_{ij} = 0.5 * [1 - (Z_j - Z_i)/H_j], 0 \leq DF_{ij} \leq 1 \quad (3.5)$$

Z_i = i' inci konu ağacın tepe başlangıç noktası kodu
Z_j = j' inci yarışmacı ağacın tepe başlangıç noktası kodu
H_i = i' inci konu ağacın tepe uzunluğu

$$\begin{aligned} Z_i - Z_j &= H_i \quad \text{ise } DF_{ij} = 0 \\ Z_i - Z_j &= 0 \quad \text{ise } DF_{ij} = 0.5 \\ Z_i - Z_j &= -H_i \quad \text{ise } DF_{ij} = 1 \end{aligned}$$

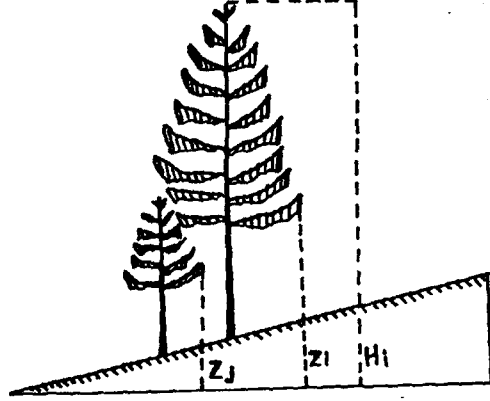
olmaktadır.

$$\begin{aligned} DF_{ij} \leq 0 \quad \text{ise } DF_{ij} &= 0 \\ DF_{ij} \geq 1 \quad \text{ise } DF_{ij} &= 1 \end{aligned}$$

olarak alınmıştır.

$DF_{ij} = 0$ ise ortak alanı tümüyle konu ağaç,
 $DF_{ij} = 1$ ise ortak alanı tümüyle yarışmacı ağaç

kullanıyor anlamına gelmektedir.



Şekil 3.10: Düzeltme Faktörünün Hesaplanmasında Dikkate Alınan Konu Ağaç ile Yarışmacı Ağaçlar Arasındaki Durumlar.

Saraçoğlu, ağaçlar arasındaki rekabeti yarışma endeksi yerine, baskı süresi ile ifade etmiştir. Tek ağaçların kabuklu göğüs çaplarını bağımsız değişken, yaşlarını bağımlı değişken olarak alarak

$$t = e^{b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3} \quad (3.6)$$

t = yaş
d = göğüs çapı
 b_0, b_1, b_2, b_3 = Katsayılar

biçiminde bir regresyon denklemi düzenlemiş ve bu denklemin standart bir çapta (44 cm. olarak alınmıştır) verdiği yaş değerini ilgili ağacın baskı endeksi olarak almıştır (58).

Çalışmamızda yarışma endeksi, Akalp'in çalışmasına çok benzer bir biçimde, her ağaç konu ağaç olarak ele alınıp, ayrı ayrı yarışma endeksi hesaplanmakta ve tepe alanı büyüme alanı olarak varsayılmaktadır. Konu ağaç ile yarışmacı ağaçların rekabette bulunduğu ortak alanlar düzeltme faktörü ile düzeltilip toplandıktan sonra konu ağacın büyüme alanından

den kurtulmak için bu değere canlılık değeri olarak 100 sayısı ilave edilerek yarışma endeksi hesaplanmıştır. Buna göre yarışma endeksi:

$$YI_i = 100 + \frac{[BA_i - \sum_{j=1}^n (AK_{ij} * DF_{ij})]}{BA_i} * 100 \quad (3.7)$$

YI_i = i' inci konu ağacın yarışma endeksi
BA_i = i' inci konu ağacın büyüme alanı
AK_{ij} = i' inci konu ağacın j'inci yarışmacı ağaç ile rekabette bulunduğu ortak alan
DF_{ij} = düzeltme faktörü

formülü ile hesaplanmıştır.

Konu ağaç ile yarışmacı ağaçlar arasındaki ortak alanların hesaplanmasında Akalp' in kullandığı yöntem benimsenmiştir. Bu yöntem genel olarak aşağıda tanıtılmış olup, matematiksel ifadeler ile ilgili daha ayrıntılı işlemler (5) nolu kaynaktan elde edilebilir.

Ortak alanları hesaplayabilmek için iki büyüme alanının kesim noktaları arasındaki uzaklık ile büyüme merkezleri arasındaki uzaklığın bilinmesi gerekir. İki ağacın büyüme alanlarının kesişip kesişmediğinin ve eğer kesişiyorsa kesim noktalarının koordinatlarının bulunmasında büyüme alanlarının şeklinin daire olduğu varsayımından da yararlanarak ortak alanlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Merkez koordinatları (a_i,b_i) ve (a_j,b_j), yarıçapları r_i ve r_j olan çemberlerin analitik denklemleri

$$\begin{aligned} (x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 &= r_i^2 \\ (x-a_j)^2 + (y-b_j)^2 &= r_j^2 \end{aligned} \quad (3.8)$$

dir. Bu ifadeler açılıp

$$a_i^2 + b_i^2 - r_i = w_i, \quad (w_i = 2(a_i X + b_i Y) - (a_i^2 - b_i^2)) \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} a_1^2 + b_1^2 - r_1 &= w_1, & (w_1 &= 2(a_1X + b_1Y) - (a_1^2 - b_1^2)) & (3.9) \\ a_j^2 + b_j^2 - r_j &= w_j, & (w_j &= 2(a_jX + b_jY) - (a_j^2 - b_j^2)) & (3.9) \end{aligned}$$

iki çember kesiştirilirse, kesim noktalarından geçen doğru-
nun denklemi

$$Y = \frac{(a_1 - a_j)}{(b_j - b_1)} X + \frac{(w_j - w_1)}{2(b_j - b_1)} \quad (3.10)$$

şeklinde olmaktadır. Bu denklemde X'in katsayısını a_1 ve sa-
bit terimi a_0 ile gösterirsek doğrunun denklemi:

$$Y = a_0 + a_1 X \quad (3.11)$$

biçiminde olmaktadır. Çember denklemlerinin herhangi birinde
Y' nin değerini yerine koyup gerekli kısaltmalar yapıldıktan
sonra

$$(1 + a_0^2)X^2 + 2(a_0a_1 - a_1 - b_1a_0)X + (a_1^2 - 2b_1a_1 + w_1) = 0 \quad (3.12)$$

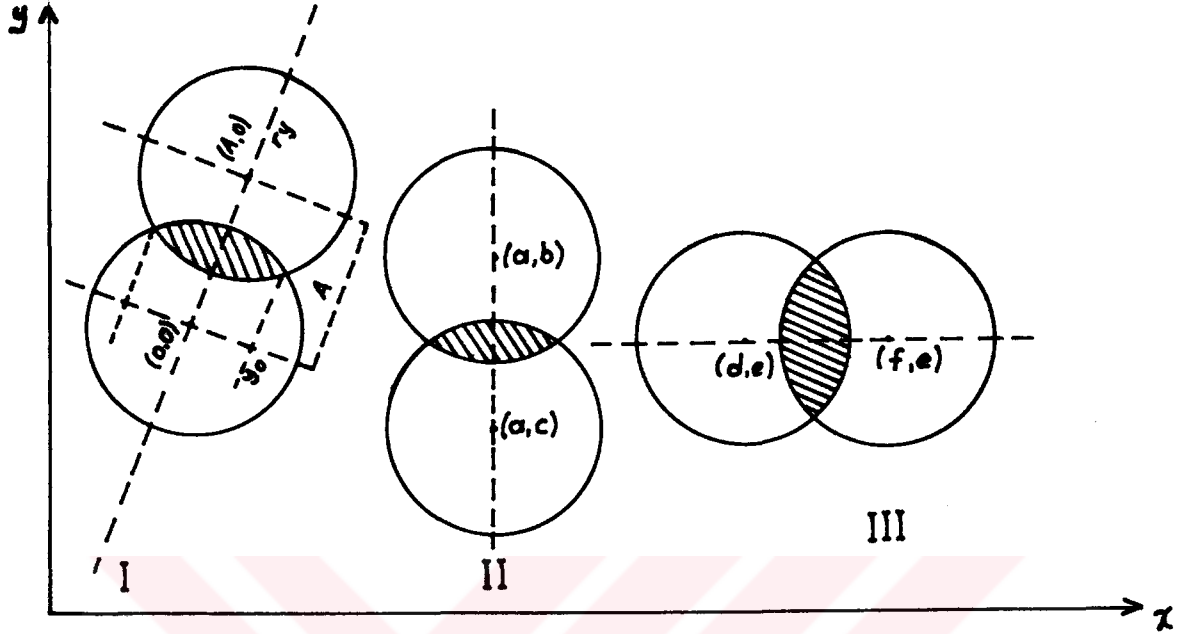
ikinci derece denklemi elde edilmektedir. Bu denklemin kök-
leri sanal ise büyüme alanları kesişmiyor, yarışma yok, sı-
fır ise büyüme alanları birbirine teget, yarışma henüz baş-
lamamış, sıfırdan büyükse büyüme alanları kesişiyor, yarışma
var anlamını taşımaktadır.

Büyüme alanlarının kesişmesi halinde (Şekil 3.11'de I.
durum) hesaplanan X_1 ve X_2 kökleri (3.11)' nolu denklemde
yerine koyularak Y_1 ve Y_2 değerleri bulunmaktadır. Böylece,
(X_1, Y_1) ve (X_2, Y_2) noktaları iki büyüme alanının kesim nok-
talarının koordinatları olmaktadır. Bu iki nokta arasındaki
uzaklık:

$$d = [(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2]^{1/2} \quad (3.13)$$

formülü ile hesaplanabilmektedir. Böylece, iki büyüme
alanının kesim noktaları arasındaki uzaklık (Şekil 3.11 de
 y_0 uzaklığı) yukarıdaki formülle hesaplanan "d" değerine e-

şit olmaktadır. İki büyüme alanının merkezleri arasındaki uzaklık (A), ise yine yukarıdaki formül yardımıyla bulunabilmektedir.



Şekil 3.11: Konu Ağaç ile Yarışmacı Ağaçların Büyüme Alanlarının Birbirlerine Göre Durumları.

Özel bir durum olarak; iki büyüme alanının merkezlerinin apsisi eşitse (Şekilde 3.11 de II' inci durum) doğru denklemi:

$$Y = \frac{(w_j - w_i)}{2(b_j - b_i)} \quad (3.14)$$

ordinatları eşitse (Şekilde 3.11' de III' üncü durum)

$$X = \frac{(w_i - w_j)}{2(a_i - a_j)} \quad (3.15)$$

olmaktadır.

Çakışan iki büyüme alanı arasındaki ortak alan (Şekil 3.11 de taranmış alanlar)

$$AK_{ij} = \iint dx \cdot dy \quad (3.16)$$

integrali ile hesaplanabilmektedir. Gerekli matematiksel işlemler yapıldıktan sonra ortak alan formülü:

$$AK_{ij} = r_i^2 * \arcsin \frac{y_0}{r_i} + r_j^2 * \arcsin \frac{y_0}{r_j} - Ay_0 \quad (3.17)$$

biçiminde olmaktadır.

Bir ağacın büyüme alanı tümüyle diğerinin içinde kalıyorsa bu ağaçlar arasındaki ortak alan, büyüme alanı küçük olana eşit alınmıştır. Ayrıca, deneme alanlarında; kenarlara yakın ağaçlarla deneme alanı dışındaki ağaçlar arasındaki rekabetin ölçülmemesi nedeniyle, kenarlara 5 m. ve daha yakın ağaçların hesaplanan yarışma endeksleri iki ile çarpılarak, dışardaki ağaçlar tarafından uğrayacakları baskı miktarları modele sokulmuştur.

Bu yöntemle hesaplanan yarışma endeksi değerleri; A-kalp'in (5), geliştirdiği düzeltme faktörü (3.5'nolu formül) ile çarpılarak, düzeltilmiş yarışma endeksi değerleri hesaplanmıştır.

3.2.1.2. Çap, Boy, Tepe Çapı ve Tepe Yüksekliklerinin Hesaplanması

Meşçere kuruluşu içerisinde büyüyen tek ağaçlara etki eden ekolojik, biyolojik ve genetik faktörlerin tümünü saptamak ve bunları sayısal olarak değerlendirmek araştırmacıları zorlayan bir konudur (59). Bununla birlikte, bilinen bir gerçek bir ağacın büyümesinde; ağaç türünün yanı sıra, onun tepe ve gövde büyüklüğünün, ışık alma düzeyinin ve kök salma durumunun etkisi olduğudur (36). Bunlar büyümekte olan bir ağaç ile çevresindeki ağaçlar arasında bir büyüme rekabetinin sonucu olarak şekillenir. Rekabetin azalması ile kök ve tepe alanı büyümekte, böylece ağaca daha geniş bir büyüme a-

lanı sağlanmaktadır.

Agacın büyüme alanı ile en iyi uyum gösteren hacim elemanının göğüs çapı olması nedeniyle, çap artımlarının hesaplanmasında büyüme alanını dikkate alan yarışma endeksinin kullanılabileceği belirtilmektedir (5).

Alemdag, çap artımlarının hesaplanmasında; sadece yarışma endeksini bağımsız değişken olarak ele almış ve üçüncü dereceden bir regresyon denklemini kullanmıştır (36). Tome ve Burkhart, çeşitli yarışma endekleri ile göğüs yüzeyi ve çap artımı arasında kuvvetli korelasyonlar bulmuşlardır (44). Martin ve Ek, çap ve boy artımının tahmin edilmesinde bonitet endeksi ve yarışma endeksini bağımsız değişken olarak almışlardır (46). Daniels, çap ve boy artımının çeşitli yarışma endeksleri ile gösterdiği korelasyon katsayılarını hesaplamıştır (45). Liu, tanımladığı yeni bir yarışma endeksi ile göğüs yüzeyi artımı arasındaki korelasyonu belirlemiştir, ayrıca, göğüs yüzeyi artımının hesaplanmasında yarışma endeksini bağımsız değişken olarak kullanmıştır (43). Akalp, yaş ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak üstel bir regresyon denklemi ile dönemsel çap artımlarını belirlemiştir (5). Dönemsel çap artımlarını belirleyebilmek için önce; göğüs yüzeyi yıllık halka sayısı ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak

$$d_b = a_0 t^{a_1} YI^{a_2} \quad (3.18)$$

a_0, a_1, a_2 = katsayılar
 t = yaş
 YI = yarışma endeksi

denklemi ile dönem başı kabuksuz göğüs çaplarını hesaplamış, daha sonra, dönem uzunluğunu göğüs yüksekliği yıllık halka sayısına ilave ederek

$$d_s = a_0 (t+x)^{a_1} YI^{a_2} \quad (3.19)$$

x = dönem uzunluğu (10 yıl)

formülü ile dönem sonu kabuksuz çapları hesaplayıp, dönem başı kabuksuz çap değerinden farkını alarak, dönemsel kabuksuz çap artışlarını hesaplamıştır. Regresyon denkleminin katsayılarını hesaplayabilmek için beş adet deneme alanı verilerini birleştirmiştir. Ancak, deneme alanı kenarlarına yakın ağaçların deneme alanı dışındaki ağaçlar tarafından uğrayacakları baskının hesaplanamaması nedeniyle, deneme alanları etrafında bir zon belirleyerek, bu zon içerisinde kalan ağaçlara ait yaş ve yarışma endeksi değerlerini dikkate alıp, denklemin katsayılarını belirlemiştir. Denklem katsayılarını ARTIM isimli bilgisayar alt programında giriş verileri olarak kullanmıştır. Bununla birlikte, zon dışında kalan ağaçlar için hesaplanan yarışma endeksi değerleri herhangi bir düzeltme işlemine tabi tutulmadan çap artışlarının hesaplanmasında doğrudan kullanılmıştır.

Bu çalışmada, dönemsel çap artışları, Akalp' in yönteminden biraz farklı olarak, dönem başındaki yarışma endeksi ve göğüs çapının fonksiyonu olarak oluşturulan bir regresyon denklemi ile hesaplanmıştır. Bu ilişki için çeşitli istatistiksel modeller denenerek, kullanılan verilere en uygun olması nedeniyle

$$C_{art} = a_0 D^{a_1} YI^{a_2} \quad (3.20)$$

a_0, a_1, a_2 = katsayılar
 D = göğüs çapı
 C_{art} = son 10 yıllık kabuksuz çap artımı
 YI = yarışma endeksi

biçimindeki model seçilmiştir. Denklem katsayılarının belirlenebilmesi için eşitliğin her iki tarafının logaritması alınarak (10 tabanına göre alınmıştır) denklem doğrusal yapıya indirgenmiştir (60), (61), (62).

$$\log \text{Çart} = \log a_0 + a_1 \log D + a_2 \log YI \quad (3.21)$$

Denklemin katsayıları "En Küçük Kareler Yöntemi" ile belirlenmiştir (63), (64), (65). Çap ve yarışma endeksi değerleri denklemde yerine konulduğunda bulunan ortalama çap artımı değerleri aynen alınmamış, denklemin varyansı ve $0 \leq r_1 \leq 1$ koşulunu sağlayan normal dağılımlı rasgele sayıları kullanarak, NORMAL isimli alt program yardımıyla düzeltilmiş çap artımı değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin; ortalama değer $\pm 2S$ (S: standart sapma) arasında kalması sağlanmıştır. Bu yolla hesaplanan dönemsel kabuksuz çap artımları, kabuk faktörü ile çarpılarak dönemsel kabuklu çap artımları bulunmuş ve bu değerler dönem başı kabuklu göğüs çapına ilave edilerek dönem sonu kabuklu göğüs çapları elde edilmiştir.

Çalışmamızda, dönem uzunluğu 10 yıl alınmıştır. 3.1.1 bölümünde çeşitli özellikleri verilen deneme alanları; ALAN1 ve ALAN2 iki farklı başlangıç meşçeresi olarak kabul edilmiştir. Deneme alanı kenarlarına yakın ağaçların deneme alanı dışındaki ağaçlar tarafından uğrayacakları baskının ölçülememesi sonucu; deneme alanı kenarlarına 5 metreden daha yakın ağaçlar için hesaplanan baskının (yarışma endeksinin) iki kat olduğu varsayılmış ve bu ağaçlar, dönemsel çap artımı denkleminin katsayılarının hesaplanmasında dikkate alınmamıştır.

Yukarıda sözü edilen regresyon denkleminin katsayıları her büyüme döneminin sonunda, DAĞILIM alt programı tarafından çağrılan REGRES alt programı ile ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için ayrı ayrı olarak hesaplanmaktadır.

Dönem sonu kabuklu göğüs çapı belirlendikten sonra ağaç boyu, tepe çapı ve tepe uzunluğu; kabuklu göğüs çapının fonksiyonu olarak oluşturulan regresyon denklemleri ile hesaplanmıştır. Böylece, boy, tepe uzunluğu ve tepe çapının hesaplanmasında yarışma endeksi dolaylı olarak etkili olmak-

tadır.

Çap artımlarının hesaplanmasında olduğu gibi burada da ortalaması sıfır ve varyansı, σ^2_{yx} , olan normal dağılımlı rastlantı değişkenleri ile ortalamalar etrafında tahminde bulunulmuştur. Ağacın dönem sonu boy ve tepe çapı değerleri, dönem başı değerlerinden küçük olması halinde, dönem sonu değerleri dönem başı değerlerine eşit olarak alınmıştır.

Çalışmamızda, ağaç boyu, tepe uzunluğu ve tepe çapı değerleri En Küçük Kareler Yöntemini kullanarak

$$\text{Ağaç boyu} \quad : \quad h = (D^2 / (a_0 + a_1D + a_2D^2)) + 1.3 \quad (3.22)$$

$$\text{Tepe Uzunluğu} \quad : \quad h' = a_0 + a_1D + a_2D^2 \quad (3.23)$$

$$\text{Tepe çapı} \quad : \quad t_c = a_0 + a_1D \quad (3.24)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır (burada D: dönem sonu kabuklu göğüs çapıdır) (66), (67), (68).

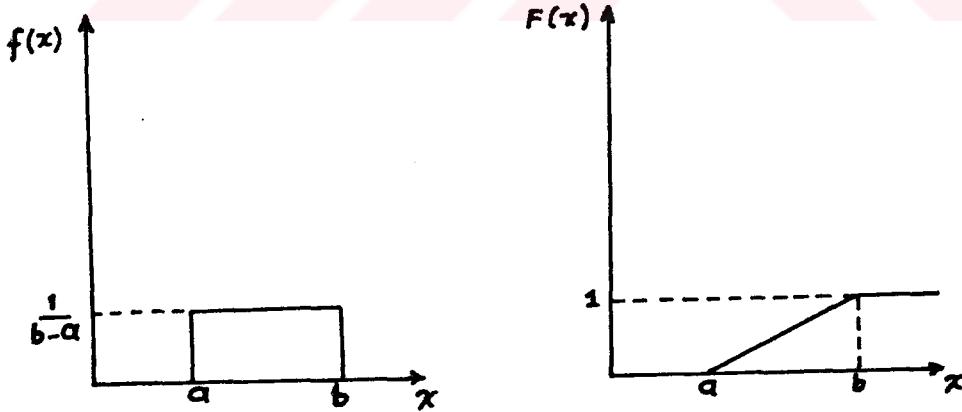
3.2.1.3. Normal Dağılımlı Rasgele Sayıların Türetilmesi

Genel bir notasyonla $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ şeklinde gösterebileceğimiz regresyon denklemi ile Y bağımlı değişkeninin X bağımsız değişkenine göre, koşullu ortalama değerleri hesaplanmaktadır. Regresyon denkleminde hesaplanan bağımlı değişkenin değeri, gerçek bağımlı değişkenden ortalaması sıfır ($\mu=0$) ve varyansı (σ^2_{yx}) olan birbirinden bağımsız ve normal dağılımlı rasgele değişkenler kadar farklı olacaktır (61), (69).

En Küçük Kareler Yöntemi ile elde edilen parametrelerin içerdiği stokastik kısımların tam ve doğru olarak tahmin edilmesi gerekir (70). Bunun için, hem X hem Y stokastik olabilir. Genellikle, X'ler "sabit" kabul edilir ve hatasız

ölçüldüğü düşünülür. X'lerin de stokastik değişken kabul edildiği durumlar için ayrı yöntemler vardır. Ölçüleri ya da gözlemleri En Küçük Kareler Yöntemi ile değerlendirirken; stokastik kısma ilişkin daha iyi bir model geliştirebilmek için, analitik çözüme alternatif olarak, daha önce Monte-Carlo yöntemi olarak adlandırılan rasgele sayıların üretilmesinden yararlanma yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu sayılar üzerinde çeşitli kuramsal modeller oluşturularak gerçek stokastik kısma daha iyi yaklaşan bir stokastik model kurmak amaçlanmaktadır (71). Ayrıca, yapay rasgele sayılar yapay deterministik kısma eklenerek gerçek ölçü ya da gözlemlere benzer veriler elde edilebilmektedir. Bunlar üzerinde de çeşitli modeller denenerek, verilere daha iyi uyan matematik ve stokastik modeller kurulabilmektedir (72).

Rasgele sayılar denince, genel olarak, (a,b) aralığında, eğer normlandırılırsa, $(0,1)$ aralığında eş ihtimalle dağılmış sayılar anlaşılır ve bunların dağılımı dikdörtgen bir dağılım gösterir. Başka dağılımlı sayılar bu sayılardan üretilebildiği için bu rasgele sayılara "standart rasgele sayılar" denir (70).



Şekil 3.12: Dikdörtgen Dağılım.

Rasgele sayıların üretilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Üretilen sayıların istatistik olarak bağımsız, normal dağılımlı, tekrar üretilebilir, belirli bir u-

zunluktan sonra kendini tekrarlamayan, çabuk üretilebilir ve bilgisayar belleğinde az yer kaplaması gibi özelliklere sahip olmaları gerekir (5). Ancak, tüm bu özelliklere sahip bir yöntem bulunmamakta, üretilen rasgele sayıların belirli bir uzunluktan sonra kendilerini tekrarlamaktadırla. Böyle sayılara "sözde rasgele sayılar" denilmektedir (73).

Rasgele sayıların üretilmesinde kullanılan başlıca yöntemler; Kare Ortası (Mid-Square), Çarpım Ortası (Mid-Product) ve Uyumlu Sayılar (Congruential) olarak sıralanabilir (5), (74).

Uyumlu sayılar ile rasgele rasgele sayı üretme çeşitli teknikler kullanılmakla birlikte, istatistikte kullanılan tesadüfilik denetimi yöntemleri kriterleriyle daha başarılı, bilgisayarda kolaylıkla çalıştırılabilmesi nedenleri ile bunlardan en çok kullanılan teknik "Çarpımsal Uyumlu Sayılar (Multiplicative Congruential)" tekniğidir. Bu teknikte $n+1$ ' inci rasgele sayı

$$r_{i+1} = a \cdot r_i + b \pmod{m}, i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (3.25)$$

formülü ile hesaplanmaktadır (70). Bu yöntemle rasgele sayı üretilmesinde önce, pozitif tamsayı olan bir başlangıç değeri, r_0 , seçilir. a , b , m tamsayılarıdır ve (m) sayısı (a) ve (b) sayılarından daha büyüktür. Böyle bulunan dizinin terimleri (m) sayısına bölünerek $(0,1)$ aralığında eş dağılımlı rasgele sayı dizisi elde edilmektedir. "Mod m " deyince $(a \cdot r_i + b)$ ifadesinin (m) 'ye bölünmesinden sonra kalan sayı anlaşılmaktadır. Bu sayı r_{i+1} 'inci rasgele sayının bulunmasında kullanılmaktadır.

Burada (m) büyük bir tam sayıdır. Bilgisayarda var olan büyük bir tamsayı olarak alınır (Tamsayılı bilgisayarlarda $m = 2^b$ alınmaktadır ($b=16$: bit olarak bilgisayar kelime uzunluğu). a , b , r_i sayıları $(0, (m-1))$ aralığında değişen tamsayılarıdır. Sonra bu sayı (m) 'ye bölünerek $(r_i = r_i/m)$;

(0,1) aralığında eş dağılımlı rasgele bir sayı dizisi elde edilmektedir (70), (74).

Çalışmamızda, (0,1) aralığındaki rasgele sayılar; yukarıda açıklanan Çarpımsal Uyumlu Sayılar Yöntemi ile üretilmiştir. Başlangıç değeri r_0 'ın 65539 alınması halinde daha duyarlı sonuçların elde edilebileceği belirtilmektedir (54). Bu nedenle, meşçere simülasyon modeli bilgisayar programının (EK B) koşturulduğu K.T.Ü. Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi' ndeki bilgisayarın (IBM 4341) kapasitesi de dikkate alınarak $r_0 = 65539$, $a = 54309$, $m = 2447483647$, $b = 0.4656613 \cdot 10^9$ değerleri ile (0,1) aralığında rasgele sayılar üretilmiştir.

Bu rasgele sayı dizisinin periyodu (m) dir. Bu sayı dizisi geriye dönüşlü (recursive) elde edildiğinden asıl sayı dizisi içinde periyodik olmayan bir alt sayı dizisi, periyodik olarak tekrarlanabilir (71).

Genellikle normal dağılmış sayı dizileri rasgele sayılardan elde edilmektedir. Bu konuda çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, burada, bunlardan sadece üçü hakkında bilgi verilecektir.

Birinci yöntemde; $X(i)$ dizisi (0,1) aralığında dikdörtgen dağılımlı bir rasgele sayı dizisi olsun. Önce, bu diziden parametreleri $\mu=0$, σ^2 olan RAYLEIGH dağılımında olan bir rasgele diziyeye geçilmektedir.

$$Y(i) = [2\sigma^2 \ln(1/X(i))]^{1/2} \quad (3.26)$$
$$P_y(Y_0) = (Y_0/\sigma^2) \exp(-Y_0^2/2\sigma^2)$$

Daha sonra, bu yeni $Y(i)$ dizisinden

$$W(i) = Y(i) \cos[2\pi \cdot X(i+1)]$$
$$V(i) = Y(i) \sin[2\pi \cdot X(i+1)] \quad (3.27)$$

dönüşümü yapılarak ortalama değeri, $\mu=0$ ve varyansı, σ^2 ,

olan birbirinden bağımsız normal dağılmış iki rasgele sayı dizisi elde edilmektedir (70).

ikinci yöntemde; yine $X(i)$ dizisi $(0,1)$ aralığında dikdörtgen dağılımında rasgele bir sayı dizisi olsun. Matematik istatistikteki "Merkezi Sınır Değer Teoremi" ne göre

$$S(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X(jN-i) \quad (3.28)$$

$S(j)$ dizisinin dağılımı $N \rightarrow \infty$ durumunda normal dağılıma gider (70). $X(i)$ dizisinden

$$S'(j) = \left(\sum_{i=1}^K X(i) - K/2 \right) * (12/k) \quad (3.29)$$

şeklinde yeni bir dizi elde edilmektedir. Burada $K \rightarrow \infty$ a giderken $S'(j)$ dizisinin dağılımı $\mu=0$ ve $\sigma^2=1$ olan normal dağılıma dönüşmektedir. Normal dağılıma yakınsama hızı

$$S(j) = s'(j) - (1/20K)(3S'(j) - S'(j)^3) \quad (3.30)$$

dönüşümü ile artırılabilir. Peryodik uygulamalar için $K=6$ alınması önerilmektedir (70).

Ortalama değeri $\mu=0$ ve varyansı $\sigma^2=1$ olan normal dağılmış $N(0,1)$ rasgele bir $S(i)$ dizisinden, ortalama değeri (μ) ve varyansı (σ^2) olan normal dağılmış $N(\mu, \sigma^2)$ rasgele sayı dizisi

$$P(i) = \mu + \sigma.S(i) \quad (3.31)$$

dönüşümü yapılarak elde edilmektedir (70).

Üçüncü yöntemde ise Teichroew yaklaşımı ile ortalaması $\mu=0$ ve varyansı $\sigma^2=1$ olan normal dağılımlı rasgele sayılar

üretmek için

$$Y = \sigma_{yx} * \left(\sum_{i=1}^K r_i - 6 \right) + \mu_y \quad (3.32)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada, K=12 alınmasının yeterli olacağı belirtilmektedir (5). Çalışmamızda, bu yaklaşım ile regresyon denklemi etrafında tahminde bulunulmuş ve işlemler NORMAL isimli alt programda gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.4. Kuruma ve Ayrılmaların Saptanması

Meşçere simülasyon modellerinde büyüme ve kuruma fonksiyonlarının doğru olarak belirlenmesi gerekir. Bununla birlikte, ağaç büyümesinin tasarımında en fazla zorluk gösteren ve en az güvenilen durum kurumanın saptanmasıdır (31). Gelecek koşulların belirsizliği ve orman ekosisteminin karmaşıklığı nedeniyle kuruma ihtimallerinin şimdiden tam olarak kestirilemeyeceğini açıkça belirtmek gerekir. Bu zorluklara rağmen meşçere simülasyon modellerinde kuruma; tek ağaç ya da meşçerenin bazı özelliklerinin fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır (6).

Belli meşçere tiplerinden devamlı deneme alanları ile sağlanan kuruma verileri, meşçereler için göğüs yüzeyi, orta çap ve ağaç sayısı, tek ağaçlar için çap, yarışma endeksi gibi değişkenlerle ilişkiye getirilerek açıklanmaktadır(52).

Hamilton, değişik yaşlı meşçerelerinde tek ağacın kuruma ihtimalini

$$M = 1 / [1 + \exp(a + bB + cD)] \quad (3.33)$$

M = tek ağacın kuruma ihtimali

B = göğüs yüzeyi, ft²/ac.

D = çap, inch.

a,b,c = katsayılar

formülü ile hesaplamıştır (75). Bu örnek genel kuruma for-

munda yazılırsa

$$M = 1/(1 + \exp(X)) \quad (3.34)$$

X = tek ağaç ya da meşçere özelliklerinin bazı fonksiyonları

biçiminde olmaktadır. Yine devamlı deneme alanı verilerinden yararlanarak çap sınıfları itibariyle kuruyan ağaç sayılarını kestirmek için aşağıdaki doğrusal denklemin de kullanılabilceği önerilmektedir (6).

$$P_i = a - bD_i \quad (3.35)$$

P_i = i' inci çap sınıfında kuruyan ağaç sayısı
 D_i = i' inci çap sınıfı
a,b = katsayılar

Adams ve Ek beş yıllık bir dönem için kuruyan ağaç sayısını

$$M_i = a_0 N_i \quad (3.36)$$

M_i = i' inci çap sınıfında kuruyacak ağaç sayısı
 N_i = i' inci çap sınıfında şimdiki ağaç sayısı
 a_0 = parametre

formülü ile hesaplamışlardır (33).

Glover ve Hool, devamlı deneme alanı verilerinden yararlanarak gövde kuruma oranlarını (PSM) belirlemişlerdir. Gövde kuruma oranları bağımlı değişken, göğüs yüzeyi indeksi (BAI= tek ağacın göğüs yüzeyinin meşçere göğüs yüzeyine oranı) bağımsız değişken olarak alınarak gelecekteki kuruma oranlarını hesaplamışlardır (47).

Akalp, geliştirdiği simülasyon modelinde; ladin için doğal ömür süresini 400 yıl olarak kabul etmiş ve 400 yaşından daha büyük ağaçların doğal yolla kuruyacağını varsaymıştır. Ayrıca, son 10 yıllık kabuksuz çap artımını yaş ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak bir üstel regresyon denklemi ile hesaplayarak 1 mm. den daha az kabuksuz çap artımı yapan ağaçların da kuruyacağını varsaymıştır (5).

Simülasyon modelimizde değişik yaşlı ladin meşçerele-
rinden aldığımız geçici deneme alanı verilerini kullandık.
Bu meşçerelere ait devamlı deneme alanı bulunmaması, aldı-
ığımız deneme alanlarının Akalp (5)'in kullandığı deneme a-
lanları ile benzer olması nedeni ile kuruma ve ayrılmaların
hesaplanmasında Akalp'ın yukarıda belirtilen varsayımların-
dan yararlanılmıştır.

3.2.1.5. Meşçereye Katılmaların Saptanması

Devamlı deneme alanı verilerine dayanarak belli meşçere
tipleri için meşçereye katılan ağaçlar kolaylıkla belirlene-
bilmektedir. Ancak, meşçere simülasyon modellerinin; meşçe-
relerin gelecekteki durumlarını tahmin etmeyi amaçlamaları
nedeniyle meşçereye katılmaya ilişkin olarak devamlı deneme
alanlarından elde edilen bilgilerin meşçerelerin çeşitli ö-
zellikleriyle olan ilişkilerini iyi saptamak gerekir. Böyle-
ce, gelecek periyotlarda gerçekleşecek koruya katılma miktar-
larını meşçerelerin belli özelliklerinin fonksiyonu olarak
saptamak mümkün olmaktadır (6).

Bazı çalışmalarda meşçereye katılma ölçütü olarak koru-
ya katılma (belli bir çap sınıfına geçiş) ya da ekonomik bü-
yüklük sınıfına geçiş olarak belirtilmektedir (38), (40).

Kuruma ve Ayrılmaların Saptanması Bölümünde belirtildi-
ği gibi veri aldığımız meşçerelere ait devamlı deneme alan-
larının bulunmaması nedeniyle meşçereye katılmaların saptan-
masında da bazı varsayımlardan yararlanılmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız veriler değişik yaşlı meşçere-
lerden alınmıştır. Alınan deneme alanlarında her bir ağacın
göğüs yüksekliğindeki yıllık halka sayıları ölçülmüştür.
Bunlar büyükten küçüğe doğru sıralanarak ağaçların yıllık
halka sayılarına göre frekansları bulunmuştur. 1'inci dene-
me alanındaki (ALAN1) ağaçların göğüs yüksekliğindeki yıllık
halka sayıları arasında en çok 167, 2'inci deneme alanında
(ALAN2) 170 yıllık bir fark çıkmıştır. Göğüs yüksekliğindeki
yıllık halka sayıları dikkate alındığında ALAN1 meşçeresinde
bugün var olan ağaçların 167 yıllık bir dönem içinde, ALAN2
meşçeresindeki ağaçların ise 170 yıllık bir dönem içinde
alana geldikleri varsayılarak, bu aralıkta bir yıllık bir
dönem içinde ağaçların alana geliş frekansları ve birikimli

frekanslar Tablo 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3: Deneme Alanlarındaki Ağaçların Alana Geliş Frekans ve Birikimli Frekansları.

ALAN1				ALAN2			
X	F _i	F _i /167	F(x)	X	F _i	F _i /170	F(x)
0	65	65/167	167/167	0	96	96/170	170/170
1	58	58/167	102/167	1	42	42/170	74/170
2	21	21/167	44/167	2	19	19/170	32/170
3	10	10/167	23/167	3	11	11/170	13/170
4	8	8/167	13/167	4	1	1/170	2/170
5	3	3/167	5/167	5	1	1/170	1/170
6	2	2/167	2/167				

- X = bir yılda alana gelen ağaç sayısı
F_i = X' in frekansı
F_i/Q = frekans oranları (ALAN1 için Q=167, ALAN2 için Q=170)
F(x) = X' in birikimli dağılım fonksiyonunu

Dağılım fonksiyonu, X' in fonksiyonu olarak, her deneme alanı için

$$F(x) = e^{a_0 + a_1 X} \quad (3.37)$$

formülü ile bulunmuştur. Bu fonksiyonun açık ifadeleri ALAN1 için

$$F_1(x) = e^{0.15683796 - 0.73303036X}$$

$$R = -0.9961, R^2 = 0.9922, S_{F(x).x} = 0.15411278$$

ALAN2 için

$$F_2(x) = e^{0.26348165 - 1.12834211X}$$

$$R = -0.9716, R^2 = 0.9440, S_{F(x).x} = 0.57485152$$

dir.

Rasgele sayı üreten RANDU isimli alt programdan üretilen r_i rasgele sayıları; $0 \leq r_i \leq 1$ koşulunu sağladığından ve $0 \leq F(x) \leq 1$ olması nedeniyle $r_i = F(x)$ alınarak (3.37)' nolu denklemden (X) değerlerini hesaplamak mümkün olmaktadır. Buna göre;

$$X = \frac{\ln F(x) - a_0}{a_1} \quad (3.38)$$

formülü ile bir yılda meşçereye katılacak ağaç sayıları hesaplanmıştır. Bulunan bu sayı; meşçereye bir yıl içerisinde katılıp ileride yaşama şansı bulacak ağaç sayısı olduğundan, Akalp' in (5) de belirttiği gibi, ileride oluşacak kurumaları da dikkate almak amacıyla; denklemlerle bulunan sayının iki katı alınmıştır.

3.2.1.6. Meşçere Simülasyon Modeline Ait Bilgisayar Programlarının Tanıtılması

Meşçerede büyümeyi tahmin için oluşturulan meşçere simülasyon modeli bilgisayar programı her deneme alanı için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Deneme alanları için deneme alanı numarası, eni (m), boyu (m), ortalama eğimi (%), ağaç sayısı, ağaçlar için göğüs çapı (cm), boy (m), tepe uzunluğu (m), tepe çapı (m), son 10 yıllık kabuksuz çap artımı (mm), son beş yıllık kabuksuz çap artımı (mm), göğüs yüksekliği yıllık halka sayısı, koordinatları (m), kabuk kalınlığı (mm), göğüs çapının son 1 cm.'sindeki yıllık halka sayısı değerleri simülasyon programının girdilerini oluşturmaktadır.

Simülasyon programı; bir ana ve 13 alt programdan oluşmaktadır. Programlar ve işlevleri aşağıda verilmiştir.

ANA PROGRAM: Değişkenlerin tanımlanması, kabuk faktörü,

başlangıç meşçeresi için ağaçların kabuksuz çap ve tepe yüksekliklerinin hesaplanması, ayrıca eğer varsa meşçereye yapılacak müdahaleleri (kesimler) içermektedir.

ARTIM ALT PROGRAMI: 10 yıllık bir dönem için ağaçların kabuksuz ve kabuklu çap artımını, kuruyan ağaçları, dönem sonu itibariyle kabuklu ve kabuksuz göğüs çapı, ağaç boyu, tepe çapı, tepe uzunluğu değerlerini hesaplamaktadır.

REKABET ALT PROGRAMI: 10 yıllık bir dönem içinde yaşayan ağaçların yarışma endekslerini hesaplamaktadır.

YENBRY ALT PROGRAMI: Meşçereye yeni katılan bireylerin çap, boy, tepe çapı ve tepe uzunluklarını hesaplamaktadır.

APSORD ALT PROGRAMI: Meşçereye yeni katılan bireylerin rasgele sayılardan yararlanarak meşçere içindeki koordinatlarını (konumlarını) hesaplamaktadır. Şöyleki, meşçereye yeni katılacak her bir birey için, meşçerenin apsis ve ordinatı ile meşçere içerisinde bulunan dikili ağaçlar dikkate alınarak, rasgele sayılar yardımıyla apsis ve ordinat değerleri hesaplanmaktadır.

RND ALT PROGRAMI: $0 \leq r_1 \leq 1$ koşulunu sağlayan normal dağılımlı rasgele sayı üretmektedir.

NORMAL ALT PROGRAMI: Regresyon denklemi etrafında tahminde bulunmaktadır.

EXPEND ALT PROGRAMI: Bir yıllık bir süre içinde meşçereye yeni katılacak ağaç sayılarını hesaplamaktadır.

DAGILM ALT PROGRAMI: Dönem başı ve dönem sonu itibariyle meşçeredeki ağaçların çeşitli özelliklerini listelemektedir.

REGRES ALT PROGRAMI: Regresyon analizlerini yapmaktadır.

CARP ALT PROGRAMI: Varyans-Kovaryans matrislerini hesaplamaktadır.

INVERS ALT PROGRAMI: Matris inversi (tersi) almaktadır.

STATIS ALT PROGRAMI: Yanılma olasılığı ve serbestlik derececelerine göre F ve t tablo değerlerini hesaplar (bu alt program IBM 4341 bilgisayarının belleğindeki D kütüğünden alınmıştır).

BLOCK DATA ALT PROGRAMI: Sayısal değişkenlere başlangıç değeri olarak sıfır değeri aktarılması işlemini yapmaktadır.

Ana program ve ana programca çağrılan alt programlara ait akış şeması EK A da, bilgisayar programları ise EK B de verilmiştir.

3.2.1.7. Meşçere Simülasyon Modelinin Farklı Müdahale Biçimleri ile Uygulanması

Her alanda olduğu gibi ormancılık alanında da teknigin ilerlemesi ile yeni yöntemler geliştirilmekte ve böylece meşçereye yapılan müdahale ve yararlanma biçimleri çeşitlilik göstermektedir.

Herhangi bir meşçere tipi için uygulanacak silvikültürel müdahale biçiminin ne olacağı sorusuna verilen cevaplar işletme amaçlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle işletme amaçlarına uygun belli meşçere kuruluşları oluşmaktadır. Bunlar;

- eşit yaşlı saf meşçereler
- karışık meşçereler
 - bir katlı karışık meşçereler
 - çok katlı meşçereler
 - düşey kapalı meşçereler
- baltalık ve korulu baltalık

olarak belirtilebilirler (7).

Değişik yaşlı ladin meşcerelerinden alınan deneme alanı verileri dikkate alınarak aşağıda belirtilen meşçere kuruluşları için simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Bunlar; doğal büyüme, bir katlı meşçereye (tek tabakalı meşçere) dönüştürme, düşey kapalı (seçme işletmesi) meşçereye dönüştürme biçiminde üç ayrı yaklaşımla ele alınmıştır.

3.2.1.7.1. Doğal Büyümenin Simülasyonu

Meşçere simülasyon modeli (Bölüm 3) bölümünde belirtilen istatistiksel ilişkiler, meşçereye katılma, kuruma ve ayrılma varsayımlarından yararlanarak on yıllık bir dönemin sonunda ağaçların kabuklu ve kabuksuz göğüs çapı, boyu, tepe uzunluğu, tepe çapı, hacmi, son on yıllık kabuksuz çap artımı, yaşı, deneme alanı içerisindeki koordinatlar, meşçereden ayrılan ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri hesaplanmaktadır. Ayrıca, bu değerlere bağlı olarak 4'er cm. lik çap kademeleri oluşturularak; 10 yıllık bir dönem için çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri, kuruma ihtimalleri, ve yeni bireylerin belli çap kademelerine geçiş ihtimalleri belirlenmiştir.

Deneme alanlarında çap kademeleri dikkate alınarak; yaşayan ağaç sayısı, ağaç hacmi, göğüs yüzeyi, ortalama boyu, kuruyan ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi ile bunların toplam değerleri olarak verilmiştir.

Program 10'ar yıllık dönemler halinde 100 yıllık bir süre için 8 kez koşturularak elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır.

3.2.1.7.2. Seçme İşletmesi Simülasyonu

Seçme işletmesi simülasyon modeli; 44, 52 ve 60 cm.' lik üç değişik amaç çapına göre düzenlenmiştir. MODEL1'de yarışma endeksi (YI) < 120 ve göğüs çapı (D) > 44 cm, MODEL2' de YI < 120 ve D > 52 cm ve MODEL3 ' de YI <120 ve D > 60 cm koşullarını sağlayan ağaçlar 10 yıllık dönemin sonunda kesilerek program 100 yıla kadar 8 kez koşturulmuştur. Sonuçta ortalama değerler olarak ağaçların; kabuklu ve kabuksuz göğüs çapı, boyu, tepe uzunluğu, tepe çapı, hacmi, son 10 yıllık kabuksuz çap artımı, yaşı, koordinatları, meşçereden ayrılan ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri ile bu değerlere bağlı olarak; çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri, kuruma ve meşçereye katılma ihtimalleri hesaplanmaktadır. Ayrıca, çap kademelerine göre kalan ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacmi, aritmetik orta boyu, kuruyan ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi ile amaç çapına ulaşmaları nedeniyle hasat edilen ağaçların sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmini veren tablolar düzenlenmiştir.

3.2.1.7.3. Tek Tabakalı Meşçere Simülasyonu

Her dönem sonu için meşçerenin aritmetik orta boyu ve standart sapması hesaplanarak, aritmetik orta boydan iki standart sapmadan daha küçük boya sahip ağaçlar kesilerek alandan uzaklaştırılmıştır. Ayrıca % 80 ve daha fazla baskıya (yarışma endeksi < 120) uğrayan ağaçların da meşçereden uzaklaştırılması uygun görülmüştür. Bu yaklaşımlar altında çalıştırılan simülasyon modeli çıktı olarak 3.2.1.7.2. bölümünde belirtilen değerleri vermektedir.

3.2.2. Değişik Yaşlı Meşçerelerde Büyümenin Markov Zincirleri ile Analizi

Markov Zincirleri yöneylem araştırmasının çeşitli modellerinde kullanılmaktadır. Envanter modellerinde dönem sonu gözlenen stok miktarları, kuyruk modellerinde çeşitli zamanlarda kuyrukta bekleyen müşteri sayısı, güvenilirlik modellerinde bir makinanın dönemler itibariyle yaşı genellikle bir Markov Zincirini tanımlar. Ayrıca, Markov Karar Kuramı ile bu modelleri ilişkin çeşitli yönetim ve optimizasyon problemlerini incelemek mümkündür (76), (77).

Ormancılıktaki bazı problemlerin Markov Zincirleri yönteminden yararlanarak çözüldüğünü son 20 yıl içerisinde yapılan araştırmalardan görmekteyiz.

Peden et al., kuruma, üst çap kademelerine geçiş ve koruya katılma ihtimallerini dikkate alarak, Markov Zincirleri ile meşçerelerin bir dönem sonraki durumlarını (envantere ilişkin bilgi edinmek amacı ile) hesaplamışlardır (50). Lembersky ve Jhonson, aynı yaşlı meşçerelerde, birim alandaki dikim, bakım, son hasılat masrafları, meşçere büyümesi ve pazar durumlarını hesaba katarak Markov Zincirleri ile optimal işletme politikaları belirlemişlerdir (37). Boungiorno ve Miche, seçme ormanlarında, çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimallerini kapsayan bir geçiş matrisi ile meşçere sıklığının fonksiyonu olarak hesaplanan koruya katılmayı birlikte dikkate alarak seçme ormanlarındaki dinamizmi incelemeye çalışmışlardır (38). Binkley, belirli tür gruplarından oluşan bir meşçerede, zamanla türler arasında olabilecek değişimlerin "Düzenli Markov Zincirleri" ile formüle edilip edilemeyeceğini tartışmışlardır (51). Boychuk ve Martel, orman yangınlarının önlenmesinde, Markov Zincirleri ile optimal çözüm modelini oluşturmuşlardır (54). Hassler et al., hasat sırasındaki zaman kayıplarını minimize etmek için

Markov Zincirlerini kullanmışlardır (53). Kaya ve Buongiorno bugünkü meşçere ve pazar durumları ile ilişkili olarak değişik yaşlı meşçerelerin işletme problemini Markov Zincirleri ile çözmüşlerdir (40). Valentine ve Furnival, meşçeredeki kuruma ve hasatı dikkate alarak koruya katılmayı belirleyen ve düzenli çap dağılımını Markov Zincirleri ile hesaplayan bir meşçere tasarım yöntemi sunmuşlardır (54).

Şimdiye kadar ülkemizde ormancılık alanında Markov Zincirleri yaklaşımı ile ele alınan bir araştırma bulunmamasına rağmen ekonomi, endüstri ve işletme dalları ile inşaat ve makina mühendisliği dallarında yapılmış araştırmalar bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; Markov Zincirleri ile Hasta Kabul Programlaması (78), ilköğretimde Öğrenci Hareketliliğinin Markov Modeli (79), Baraj Göllerinde Çökeltmenin Rassal Yöntemle incelenmesi (80), Elemanları Rassal Olarak Bozulan Sistemlerin Yenilenmesi ve Dinamik Bir Sistem Yenileme Modeli (81), Birimler Arası Personel Geçişlerinin Kestiriminde Markov Zinciri Yaklaşımı (82), Mamul Paketlerinin Geri Dönüşlerine Markov Zinciri Yaklaşımı (83), İş Gücü Hareketliliği ve Markov Süreçleri (84), Markov Yenileme Süreçleri ve En İyi Durma Problemi Üzerine (85), Bir Markov Zinciri Yöntemi ile Orta Öğretimde Öğrenci Sayılarının Kestirimi (86) verilebilir.

Çalışmamızın 3.2.2.1 bölümünde Markov Zincirleri hakkında kuramsal bazı bilgiler verildikten sonra, doğal büyüenin Markov Zincirleri ile analizi 3.2.2.2 bölümünde, seçme işletmesi modelinin Markov Zincirleri ile analizi ise 3.2.2.3 bölümünde sunulmuştur.

3.2.2.1. Stokastik Süreçler ve Markov Zincirleri Hakkında Özet Bilgiler

Stokastik süreçler ve Markov Zincirleri hakkında aşağıda verilen kuramsal bilgiler (76), (77), (87), (88), (89),

(90), (91) ve (92)'nolu kaynaklardan yararlanarak hazırlanmıştır.

Bir stokastik süreç $X = (X_t; t \in T)$ tesadüfi değişkenlerinden oluşan bir kümedir. Burada T ; genellikle zamanı gösterir. Böylece, X_t bir sistemin (t) zamanındaki durumunu göstermektedir. Ayrıca, X 'in alabileceği tüm durumların meydana getirdiği (E) kümesine X 'in "durum uzayı" denir.

E_i durumundaki bir sistem bir süre sonra E_j durumuna geçmişse, sistem

$$E_i \longrightarrow E_j$$

terimlerinden bir "geçiş (transition)" yapmıştır denir. Burada, E_i ' ler ayrıktır ve sistemin alabileceği tüm durumları temsil etmektedir.

Bir Markov Zinciri

$$X = (X_n; n \in \{0, 1, 2, \dots\})$$

ise

$$P \{X_{n+1}=j / X_0=a, X_1=b, \dots, X_n=i\}$$

$$P \{X_{n+1}=j / X_n=i\} \quad (3.39)$$

olarak ifade edilen Markov özelliğine sahip bir stokastik süreçtir. Yani, Markov Zincirlerinde sürecin geleceği, şayet şimdiki durumu biliniyorsa, geçmişten bağımsızdır. (3.40) formülü ile gösterilen bu ihtimal, eğer (n) ' den bağımsız ise, bu Markov Zincirine "homojen (homogen)" dir denir.

(i) durumunda bulunan bir sürecin bir dönem sonra (j) durumunda olma ihtimali

$$P \{X_n=j / X_{n-1}=i\} = P_{ij} \quad (3.40)$$

ile gösterilmektedir. Yukarıdaki tanımlara göre

$$0 \leq P_{ij} \leq 1 \text{ ve } \sum_j P_{ij} = 1, (i= 1, 2, \dots, n) \quad (3.41)$$

olmaktadır. Eger $P_{ij} \neq 0$ ise (i) durumundan (j) durumuna "erişilebilir (accessible)" denir.

Satırları P_{ij} ihtimallerinden oluşan matrise "geçiş matrisi(transition matrix)" denir. Geçiş matrisi, bir Markov Zincirinin istatistiksel yapısını açıklayan en önemli veridir. Geçiş matrisinin aynı satır elemanları toplamı 1'e eşittir. Bu özelliğe sahip matrislere, genel olarak, "stokastik matris (stochastic matrix)" adı verilmektedir.

(3.40) formülü ile gösterilen ihtimal, gerçekte

$$P (X_{n+m}=j / X_n=i) = P_{ij}^{(n)} \quad (3.42)$$

ihtimalinin (n=1) için özel halidir.

$P_{ij}^{(n)}$ ihtimaline "n-adımlı geçiş ihtimali (n-step transition probability)" denir. Bu ihtimal (m)' den bağımsızdır.

Sistemin başlangıç durumunda olma ihtimalini $V(0)$ ile gösterelim.

$$V(0) = P (X_0 = i) \quad (3.43)$$

Bu ihtimal verilmemişse dedüktif ya da endüktif (deneysel) yolla bulunabilmektedir.

(T) kümesi $T = (0, 1, 2, \dots)$ pozitif tamsayılardan meydana geliyorsa (X) bir Markov Zinciridir. (T) kümesi $T = [0, +\infty)$ şeklinde sürekli bir küme ise (X)'e Markov Süreci denilmektedir. Dolayısıyla, Markov Süreçleri sistemi herhangi bir an için tanımlarken, Markov Zincirleri ancak belirli anlar için tanımlamaktadır. Kuramsal olarak, Markov Zincirleri ile Markov Süreçleri, bazı matematiksel sonuçlar dışında önemli farklar göstermezler. Durum uzayı kümesinin sürekli alınması bu çalışmanın amacına daha uygun düştüğünden,

bundan sonraki açıklamalarda Markov Zincirleri üzerinde durulacaktır.

Sistemin başlangıç dağılımı $V_0(i)$, geçiş ihtimali P_{ij} ve bir dönem sonra (j) durumunda bulunma ihtimali $P_j^{(1)}$ ise, bu üç ihtimal arasındaki bağıntı

$$P_j^{(1)} = \sum_{i=1}^{\infty} P_{ij} * V_0(i) \quad (3.44)$$

şeklindedir.

Genel olarak, homojen zincirlerde (P), geçiş matrisi, $P^{(n)}$, n 'inci dönemdeki geçiş matrisi ise

$$P^{(n)} = P^n * P^{(0)} \quad (3.45)$$

bağıntısı vardır. Burada P^n , n -adımlı geçiş ihtimallerini (P_{ij}^n), içermektedir.

Markov Zincirleri kuramında önemli bir yer tutan bir değişken de (T_j) ile ifade edilebilecek (j) durumuna ilk geçiş zamanıdır. Bu tesadüfi değişken matematiksel olarak

$$T_j = \inf \{n \geq 1 : X_n = j\} \quad (3.46)$$

şeklinde gösterilmektedir. Bu değişkenin dağılımı

$$B^n(i,j) = P(T_j=n / X_0=i) \quad (3.47)$$

matrisi ile tanımlanırsa, Markov özelliği kullanılarak

$$B^n(i,j) = \begin{cases} P(i,j) & , n=1 \\ \sum_{k=j}^{\infty} P(i,k) * B^{(n-1)}(k,j) & , n \geq 2 \end{cases} \quad (3.48)$$

dönüşsel (recursive) ilişkisi ile hesaplanmaktadır. Yani, $B^1 = P$ dir ve B^n daha önce bulunan $B^{(n-1)}$ kullanılarak bulunabilir.

Tanımlanan (T_j) değişkenine ilişkin diğer bir husus ise

(i) durumunda başlayan bir sürecin mutlaka (j) durumuna geçme ihtimalidir. Bu ihtimal

$$F(i,j) = P(T_j < \infty / X_0 = i) \quad (3.49)$$

matrisi ile tanımlanırsa, yine Markov özelliği kullanılarak

$$F(i,j) = P(i,j) + \sum_{k \neq j}^{\infty} P(i,k) * F(k,j) \quad (3.50)$$

dogrusal denklem sistemi ile elde edilmektedir. Bu denklem sisteminin çözülmesi ile mutlak geçiş ihtimalleri bulunmaktadır.

Eldeki geçiş matrisi kullanılarak hesaplanabilecek diğer bir bilgi ise

$$M(i,j) = E(T_j / X_0 = i) \quad (3.51)$$

olarak tanımlanan, beklenen geçiş zamanları matrisidir. Bu matris

$$M(i,j) = 1 + \sum_{k \neq j}^{\infty} P(i,k) * M(k,j) \quad (3.52)$$

dogrusal denklem sistemi çözülerek bulunabilmektedir.

Şu ana kadar açıklanan kavramları kullanarak bir Markov Zincirinin durumlarını sınıflandırmak mümkündür. Bundan sonraki incelemelerde gerekli olduğundan bu sınıflandırmaya ilişkin tanımlar aşağıda verilmiştir.

- 1- $F(i,i) = 1$ ise (i) durumuna "kalıcı (recurrent)",
- 2- $F(i,i) = 1$ ve $M(i,i) < + \infty$ ise (i) durumuna "pozitif kalıcı (positive recurrent)",
- 3- $F(i,i) = 1$ ve $M(i,i) = + \infty$ ise (i) durumuna "negative kalıcı (negative recurrent)",
- 4- $F(i,i) < 1$ ise (i) durumuna "geçici (transient)",
- 5- $P(i,i) = 1$ ise (i) durumuna "tutucu (absorbing)" denir.

- 6- $P(T_i = n.t ; n= 1, 2, \dots / X_0 = i)$ ise (i) durumu peryodu $t \geq 2$ olan "periyodik (periodic)" bir durumdur; aksi halde (i) "aperiyodik (aperiodik)" dir.
- 7- Bütün durumları pozitif kalıcı, aperiodyk ve birbirlerinden ulaşılabilen, yani, $F(i,j) = 1$ olan bir Markov Zincirine "ergodik (ergodic)" denir.

Çalışmanın niteliği gözönünde bulundurularak, bundan sonraki açıklamalarda, Markov Zincirlerinin ergodik olduğu varsayılacaktır.

Daha önce tanımlanan T_j tesadüfi değişkeni gibi diğer önemli bir değişken (j) durumuna yapılan "toplam ziyaret sayısı" dır. Böylece,

$$R(i,j) = E [N_j / X_0 = i] \quad (3.53)$$

matrisi önemli bir bilgiyi içermektedir. (j)' nin kalıcı olması, yani $F(j,j) = 1$, halinde $R(j,j) \rightarrow + \infty$ dur. Aynı şekilde, her kalıcı durum (j) ve $i \neq j$ için $R(i,j) = F(i,j) / R(j,j)$ olduğundan beklenen ziyaret sayısı, $F(i,j) = 0$ ise 0, $F(i,j) > 0$ ise sonsuzdur. Eger (j) durumu geçici ve (i) durumu kalıcı ise $F(i,j) = 0$ olduğundan $R(i,j) = 0$ 'dır. Bu nedenle, asıl sorun (i) ve (j)'nin geçici olması halinde $R(i,j)$ 'yi hesaplamaktır. Eger (F) matrisi biliniyorsa

$$R(j,j) = 1 / (1 - F(j,j)) \quad (3.54)$$

$$R(i,j) = F(i,j) / R(j,j), \quad i \neq j \quad (3.55)$$

formülleri kullanılabilir. F'nin bilinmemesi durumunda ise her geçici (i) ve (j) durumu için $Q(i,j) = P(i,j)$ şeklinde tanımlanan matristen yararlanarak

$$R(i,j) = (I-Q)^{-1}(i,j) \quad (3.56)$$

ters matrisi ile beklenen ziyaret sayıları hesaplanabilmektedir.

Özellikle uygulamalarda önem arzeden bir bilgi Markov Zincirlerinin "denge dağılımı (steady state)" dır. Ergodik bir zincirde

$$\begin{aligned} \pi(j) &= \lim_{n \rightarrow \infty} P(X_n = j / X_0 = i) \\ &= \lim_{n \rightarrow \infty} P^n(i, j) = P^\infty(i, j) \end{aligned} \quad (3.57)$$

olarak tanımlanan limit dağılımı

$$\pi(j) = \sum_j \pi(j) * P(i, j), \quad \sum_j \pi(j) = 1 \quad (3.58)$$

doğrusal denklem sistemi çözülerek hesaplanmaktadır. Burada görüldüğü gibi denge dağılımı, başlama dağılımından bağımsız olduğu için, ayrıca

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(X_n = j) = \pi(j) \quad (3.59)$$

dir.

3.2.2.2. Doğal Büyümenin Markov Zincirleri ile Analizi

Bir sistemin Markov Zincirleri ile analiz edilmesinde en önemli sorun; sistemin bulunabileceği tüm farklı durumların saptanması ve durumlar arası geçiş ihtimallerinin hesaplanarak, geçiş matrisinin oluşturulmasıdır. Buongiorno ve Michie, oluşturdukları bir geçiş matrisi ile beş yıllık dönemler ($\theta=5$ yıl) halinde değişik yaşlı bir meşçerenin doğal büyümesini aşağıda açıklanan şekilde modellemişlerdir (38).

5-7, 7-9, , 15-17, ve 17 inch' ten büyük olmak üzere yedi çap kademesi oluşturarak, (t) zamanında çap kademelerindeki ağaç sayılarını

$$Y_t = [Y_{it}], i=1, 2, \dots, n$$

sütun vektörü ile göstermişlerdir.

(t) zamanında (i)' inci çap kademesinde bulunan ağaçların (t+θ) zamanında yine aynı çap kademesinde kalma ihtimalini (a), (i+1)' inci çap kademesine geçme ihtimalini (b) ve yine aynı zaman aralığında koruya katılacak ağaç sayısını (I_t) ile göstererek, meşçerelerin (t+θ) zamanındaki durumlarını (t) zamanındaki durumlarından yararlanarak aşağıda gösterilen (n) sayıdaki (çap kademeleri sayısı kadar) denklem ile ifade etmişlerdir.

$$\begin{aligned} Y_{1t+\theta} &= I_t + a_1 \cdot Y_{1t} \\ Y_{1t+\theta} &= b_2 \cdot Y_{1t} + a_2 \cdot Y_{2t} \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ Y_{nt+\theta} &= b_n \cdot Y_{n-1t} + a_n \cdot Y_{nt} \end{aligned} \quad (3.60)$$

Burada, koruya katılma fonksiyonu, I_t , meşçere göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı ile ilişkiye getirilerek

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^n B_i \cdot Y_{it} + \beta_2 \sum_{i=1}^n Y_{it} \quad (3.61)$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = katsayılar
 B_i = i'inci çap kademesi ortasındaki ağacın göğüs yüzeyi

biçiminde bir regresyon denklemi ile hesaplamışlardır.

Koruya katılma fonksiyonu, I_t , (3.61) formülünde yerine koyularak gerekli matematiksel düzenlemeler yapıldıktan sonra, meşçerenin t+θ zamanındaki durumu

$$Y_{t+\theta} = G \cdot Y_t + c \quad (3.62)$$

formülü ile ifade etmişlerdir. Burada, (G) ve (c) sabit te-

rimlerin oluşturduğu bir matris ve bir vektördür.

$$G = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & \dots & d_n \\ b_2 & a_2 & \emptyset & \dots & \emptyset \\ & b_3 & a_3 & \emptyset & \dots & \emptyset \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & b_n & a_n \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} d_1 = a_1 + \beta_1 B_1 + \beta_2 \\ d_i = \beta_1 B_i + \beta_2, \quad i > 1 \end{array} \quad c = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \emptyset \\ \emptyset \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (3.63)$$

Ayrıca, meşçerenin başlangıçtaki durumu, y_0 , verilerek (3.62)' nolu denklemin çözümünden, (θ) büyüme aralığında (K) dönem sonraki meşçere durumunu

$$y_{kQ} = G^k \cdot Y_0 + \sum_{k=0}^{n-1} G^k \cdot c \quad (3.64)$$

formülü ile hesaplamışlardır. Ayrıca, yukarıda belirtilen koşullar altında doğal büyümeye bırakılmış değişik yaşlı bir meşçerenin uzun bir dönem sonra bir denge dağılımına ulaşacağını belirtmişlerdir. Denge dağılımını

$$Y_{t+\theta} = Y_t = Y^* \quad (3.65)$$

eşitliği ile göstererek

$$Y^* = (I - G)^{-1} \cdot c \quad (3.66)$$

formülü ile hesaplamışlardır (I : birim matris, y : denge dağılımı vektörüdür). Bu formülden de görülebileceği gibi, modelde kesim (amenajman) rejimi bulunmadığı durumda denge dağılımı, sadece (G) matrisi ve (c) vektörüne bağlı olup, bir önceki meşçere koşullarından bağımsızdır.

Yukarıda açıklanan geçiş matrisinde, G , çap kademelerine göre doğal kuruma ihtimalleri bulunmamaktadır. Ayrıca, G ' nin aynı satır ya da aynı sütun elemanlarının toplamı 1'e eşit olmadığından stokastik matris özelliğini de taşımamaktadır.

Valentine ve Furnival, değişik yaşı bir meşçerede düzenli çap dağılımını hesaplamak için aşağıda açıklanan yöntemi kullanmışlardır (52).

Meşçerede, ince çaplı olmaları nedeni ile ölçülmeyen ağaçlar ile hasat ve kuruma sonucu oluşacak rezerv alanlara gelecek ağaçlar için 0'inci çap kademesini tanımlamışlardır. Diğer ağaçlar için; alt sınırları $S_1=30$, $S_2=40$, $S_3=50$ ve $S_4=60$ cm. olan dört çap kademesi oluşturmuşlardır.

Başlangıç dağılımı $a(0)$ ve geçiş matrisi (P) yardımıyla (t=1) anındaki dağılımı

$$a(1) = a_0.P \quad (3.67)$$

formülü ile hesaplamışlardır. Buna göre, $t = k, (k=1, 2, \dots)$ için

$$a(k) = a(k-1).P = a(0).P^k \quad (3.68)$$

olmaktadır. (t) zamanında (i)' inci çap kademesinde yaşayan ağaçların oranını

$$b_i(t) = a_i(t)/(1-a_0(t)), \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3.69)$$

formülü ile hesaplamışlardır. Burada,

$$\sum_{i=1}^n b_i(t) = 1 \quad (3.70)$$

dir.

Eğer sonlu bir zaman içinde bir ağacın herhangi bir çap kademesine geçme ihtimali sıfır veya 1'e eşit değilse, (P) matrisi düzenli bir stokastik matris olduğundan

$$a^* = a^*.P$$

ve

$$\sum_{i=1}^n a_i^* = 0 \quad (3.71)$$

(n+1) lineer homojen denklemin çözümü ile denge dağılımını (a) hesaplamışlardır.

Buongiorno ve Miche'nin yaklaşımında (38), geçiş matrisi stokastik olmayıp (geçiş matrisinin satır veya sütun elemanlarının toplamı 1'e eşit değil), meşçere koşullarına bağlı olarak, doğrusal bir regresyon denklemi ile koruya katılma miktarlarını belirlemişlerdir (3.61'inci formül). Valentine ve Furnival'ın yaklaşımında ise, çap kademeleri yerine çap sınıfları arasındaki geçiş ihtimalleri kullanılarak, stokastik bir geçiş ihtimali matrisi oluşturulmuş ve varsayılan farklı koruya katılma miktarlarına göre meşçere denge durumunun nasıl bir değişim gösterdiği araştırılmıştır (52).

Bu çalışmada, doğal meşçere büyümesi (herhangi bir hasat rejimi uygulanmamış) ve çeşitli hasat (amenajman) rejimleri altında seçme işletmesi modelleri için çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimallerine dayalı olarak, iki farklı geçiş ihtimal matrisi oluşturulmuştur. Doğal büyüme için oluşturulan geçiş matrisi ile çeşitli hasat rejimleri için oluşturulan geçiş matrisi arasında; amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilme ve fazla baskı nedeniyle meşçereden çıkarma ihtimalleri dışında bir farklılık bulunmamaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi Valentine ve Furnival'ın modelinde ise, çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri yerine çap sınıfları arasındaki geçiş ihtimalleri kullanılmış ve herhangi bir hasat rejimi uygulanmamıştır (52). Ayrıca, bu çalışmada; Buongiorno ve Miche (38), ile Valentine ve Furnival'ın (52), araştırmalarında yer almayan, çap kademeleri arasındaki; "beklenen geçiş zamanları" ile "ilk geçiş zamanı" ihtimallerinin hesaplanma yöntemi açıklanmıştır.

Bu çalışmada, doğal meşçere büyümesi geçiş matrisi için; belli bir büyüme dönemi, θ , sırasında aynı çap kademe-

sinde kalma ihtimali (a_i), bir üst çap kademesine geçme ihtimali (b_i), doğal kuruma ihtimali (c_i) ve meşçereye katılma ihtimali (sıfırinci çap kademesinden 1, 2, ... çap kademelerine geçme ihtimali) (d_i) ile gösterilerek, geçiş matrisi

Çap Kademeleri

$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ \cdot \\ n \\ c \\ d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & \emptyset & \emptyset & \dots & \dots & \emptyset & c_1 & \emptyset \\ \emptyset & a_2 & b_2 & \emptyset & \dots & \dots & \emptyset & c_2 & \emptyset \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \emptyset & \emptyset & \emptyset & \emptyset & \dots & \dots & a_n & c_n & \emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \emptyset & \emptyset & \dots & \dots & \emptyset & 1 & \emptyset \\ d_1 & d_2 & d_3 & \emptyset & \dots & \dots & \emptyset & \emptyset & d_n \end{bmatrix} \quad (3.72)$$

biçiminde oluşturulmuştur.

Başlangıç dağılımını (V_t) vektörü ile gösterirsek ($t+\theta$) dönemi sonundaki dağılım

$$V_{t+\theta} = V_t \cdot P \quad (3.73)$$

formülü ile, başlangıçtan $k\theta$, ($k=1, 2, \dots$) dönemi sonrası dağılımı ise

$$V_{k\theta} = V_{(k-1)\theta} \cdot P = V_t \cdot P^k \quad (3.74)$$

formülleri ile hesaplanabilmektedir.

Geçiş matrisi, (P)'nin aynı satır elemanlarının toplamı 1'e eşit olduğundan, (P) stokastik bir matristir.

(P) stokastik matrisinin durumlarının sınıflandırılabilmesi için "mutlak geçiş ihtimali matrisi", (F) ve "beklenen geçiş zamanları matrisi", (M)'nin elemanlarının hesaplanması gerekir. (F) ve (M) matrislerinin elemanlarının (P) geçiş matrisinden yaralanarak (3.50) ve (3.52) formülleri ile hesaplandığı 3.2.2.1 bölümünde belirtilmişti. (3.50)'nolu

bilinmeyen terimleri eşitliğin bir tarafına alırsak, matris biçimde

$$A_{n.n} \cdot X_{n.n} = Y_{n.n}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -P_{12} & -P_{13} & \dots & -P_{1n} \\ P_{21} & 1-P_{22} & -P_{23} & \dots & -P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & -P_{n2} & -P_{n3} & \dots & 1-P_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F_{11} \\ F_{22} \\ \vdots \\ F_{n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} \\ P_{21} \\ \vdots \\ P_{n1} \end{bmatrix} \quad (3.79)$$

olmaktadır. Eşitliğin her ik tarafını soldan A^{-1} ile çarparsak

$$\begin{aligned} A^{-1} \cdot A \cdot X &= A^{-1} \cdot Y, \quad A^{-1} \cdot A = I, \quad (I: \text{birim matris}) \\ I \cdot X &= A^{-1} \cdot Y, \quad (I \cdot X = X) \\ X &= A^{-1} \cdot Y \end{aligned} \quad (3.80)$$

eşitliği ile bilinmeyen terimler hesaplanabilmektedir. (F) matrisinin diğer bilinmeyen sütun vektörlerinin elemanları yukarıda açıklanan matematiksel işlemlerin tekrarlanması ile hesaplanmaktadır.

(3.52) formülüne göre beklenen geçiş zamanları matrisi (M)' nin elemanları

$$M_{n.n} = P_{n.n} \cdot M_{1n.n} \cdot M_{2n.n} \quad (3.81)$$

$$\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & F_{13} & \dots & M_{1n} \\ M_{21} & M_{22} & F_{23} & \dots & M_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{n1} & M_{n2} & M_{n3} & \dots & M_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{n3} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & M_{12} & M_{13} & \dots & M_{1n} \\ M_{21} & 0 & M_{23} & \dots & M_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{n1} & M_{n2} & M_{n3} & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

biçimindedir. (M) matrisinin n^2 sayıdaki bilinmeyen terimlerinin hesaplanması için sırası ile (M) matrisinin 1, 2, ...n sütun vektörleri bilinmeyen vektörleri olarak alınarak çözümlenebilir. Buna göre (M) matrisinin sütun bilinmeyen vek-

törleri

$$\begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{21} \\ \vdots \\ M_{n1} \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} 0 \\ M_{21} \\ \vdots \\ M_{n1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ \vdots \\ M_{n2} \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} M_{12} \\ 0 \\ M_{32} \\ \vdots \\ M_{3n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} M_{n1} \\ M_{n2} \\ \vdots \\ M_{nn} \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} M_{n1} \\ M_{n2} \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.82)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. Çözüm için (M) matrisinin 1'inci sütun bilinmeyen vektörünü örnek olarak alırsak

$$\begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{21} \\ \vdots \\ M_{n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{n3} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ M_{21} \\ \vdots \\ M_{n1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.83)$$

(n) adet denklem sistemi oluşturup

$$\begin{aligned} M_{11} &= P_{12} \cdot M_{21} + P_{13} \cdot M_{31} \dots + P_{1n} \cdot M_{nn} \\ M_{21} &= P_{22} \cdot M_{21} + P_{23} \cdot M_{31} \dots + P_{2n} \cdot M_{nn} \\ &\vdots \\ M_{n1} &= P_{n2} \cdot M_{21} + P_{n3} \cdot M_{31} \dots + P_{nn} \cdot M_{nn} \end{aligned} \quad (3.84)$$

bilinmeyen yerimleri eşitliğin bir tarafına alırsak, matris biçimde

$$A_{n.n} \cdot X_{n.n} = Y_{n.n}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -P_{12} & -P_{13} & \dots & -P_{1n} \\ P_{21} & 1-P_{22} & -P_{23} & \dots & -P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & -P_{n2} & -P_{n3} & \dots & 1-P_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{21} \\ \vdots \\ M_{n1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.85)$$

olmaktadır. (3.80)'nolu formülden de görülebileceği gibi $X = A^{-1} \cdot Y$ eşitliği ile bilinmeyen terimler hesaplanabilmektedir. (M) matrisinin diğer bilinmeyen sütun vektörlerinin elemanları yukarıda açıklanan matematiksel işlemlerin tekrarlanması

ile hesaplanmaktadır. (M) matrisinin her bir elemanı i' inci durumdan j' inci duruma geçişin beklenen süresini (dönem uzunluğunu) vermektedir.

Eger sistemin bütün durumları pozitif kalıcı, aperyodik, birbirlerinden ulaşılabilen, yani $F(i,j) = 1$ ise süreç "ergodik" olacağından bir "denge dağılımı" gösterecektir.

Denge dağılımında:

$$\pi(i) = \pi(i) \cdot P, \pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n), \sum_i \pi(i) = 1 \quad (3.86)$$

dir. Matris biçiminde gösterimi ise

$$[\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] \cdot \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{n3} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} = [\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n] \quad (3.87)$$

biçiminde olmaktadır. Çarpma işlemi yapılarak,

$$\begin{bmatrix} P_{11} \cdot \pi_1 & P_{21} \cdot \pi_2 & P_{31} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n1} \cdot \pi_n \\ P_{12} \cdot \pi_1 & P_{22} \cdot \pi_2 & P_{32} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n2} \cdot \pi_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{1n} \cdot \pi_1 & P_{2n} \cdot \pi_2 & P_{3n} \cdot \pi_3 & \dots & P_{nn} \cdot \pi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \dots \\ \pi_n \end{bmatrix} \quad (3.88)$$

bilinmeyen terimler eşitliğin bir tarafına toplanırsa,

$$\begin{bmatrix} 1 - P_{11} \cdot \pi_1 & P_{21} \cdot \pi_2 & P_{31} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n1} \cdot \pi_n \\ P_{12} \cdot \pi_1 & 1 - P_{22} \cdot \pi_2 & P_{32} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n2} \cdot \pi_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{1n} \cdot \pi_1 & P_{2n} \cdot \pi_2 & P_{3n} \cdot \pi_3 & \dots & 1 - P_{nn} \cdot \pi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.89)$$

olmaktadır. n'inci denklem; kendinden önceki (n-1) sayıdaki denklemi içerdiğinden, (n)' inci satır yerine (3.86) nolu formüldeki koşulu koyarak, matris formunda yazılırsa

$$\begin{bmatrix} 1-P_{11} \cdot \pi_1 & P_{21} \cdot \pi_2 & P_{31} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n1} \cdot \pi_n \\ P_{12} \cdot \pi_1 & 1-P_{22} \cdot \pi_2 & P_{32} \cdot \pi_3 & \dots & P_{n2} \cdot \pi_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \vdots \\ \pi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.89)$$

A.X= Y biçimine dönüşmektedir. Böylece, (3.80) nolu formül ile bilinmeyen terimler hesaplanabilmektedir (ilgili bilgisayar programı ve algoritması Ek 3 ve EK 4' de verilmiştir).

3.2.2.3. Seçme İşletmesi Modelinin Markov Zincirleri ile Analizi

Seçme işletmesi simülasyon modeli üç değişik amaç çapına göre düzenlenmiştir. 10' ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda yarışma endeksi 120'den küçük (baskı % 80 ve daha büyük) olan ağaçlar ile amaç çapına ulaşan ağaçlar hasat edilerek, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 olmak üzere üç değişik seçme işletmesi simülasyon modeli oluşturulmuştur (bölüm 3.2.1.7. 2). Bu modellerin uygulanması sonucu elde edilecek sonuçlardan her bir model için geçiş matrislerinin elemanları hesaplanacaktır. Her üç modelin geçiş matrisleri, farklı sayıda çap kademelerinden oluşmaları nedeniyle, boyutları dışında farklılık göstermemektedir.

Geçiş matrisi, (P), 3.2.2.2 bölümünde belirtilen geçiş matrisinden farklı olarak, her çap kademesi için fazla baskı deneniyle çap kademelerinden çıkarılacak ağaçların ihtimallerini içermektedir.

3.2.2.2 bölümünde olduğu gibi bu bölümde de; büyüme dönemi ($\theta=10$ yıl) boyunca aynı çap kademesinde kalma ihtimali (a_1), bir üst çap kademesine geçme ihtimali (b_1), kuruma ihtimali (c_1), meşçereye katılma ihtimali (d_1) ile gösterilmiş, ayrıca, fazla baskı nedeniyle meşçereden uzaklaştırma ihtimali (e_1), amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilme

ihtimali (f_i) ile gösterilerek, seçme işletmesi modelleri için geçiş matrisi

Çap Kademeleri

1	2	3	4	n	c	d	e	f
---	---	---	---	-------	---	---	---	---	---

$$P = \begin{bmatrix} 1 & a_1 & b_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & c_1 & 0 & e_1 & 0 \\ 2 & 0 & a_2 & b_2 & 0 & \dots & 0 & c_2 & 0 & e_2 & 0 \\ 3 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ n & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n & c_n & 0 & e_n & f_n \\ c & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ d & d_1 & d_2 & d_3 & 0 & \dots & 0 & 0 & d_n & 0 & 0 \\ e & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ f & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.93)$$

biçiminde düzenlenmiştir.

(t) başlangıç zamanından (t+ θ) dönemi sonundaki dağılım; (3.73), (k θ) dönemi sonrası dağılımları ise, (3.74) no.lu formüller ile hesaplanmıştır.

Burada, (P) matrisi stokastik bir matristir. Uç değişik amaç çapına göre düzenlenen (P) matrislerinin durumlarının sınıflandırılabilmesi için "mutlak geçiş ihtimalleri matrisi", (F(i,j)), ile "beklenen geçiş zamanları matrisi", (M(i,j))'nin elemanlarının saptanması gerekmektedir. Bu elemanların saptanmasından sonra, sözü edilen matrislerin ergodik bir matris olup olmadıkları denetlenecek, eğer ergodik iseler denge dağılımları hesaplanacaktır (bu konuda ayrıntılı bilgi 3.2.2.2 bölümünde verilmiştir).

Böylece, Markov Zincirleri ile büyümesi tasarlanan değişik yaşlı bir meşçerede; farklı hasat rejimlerinin uygulanması ile, $\theta=10$ yıllık büyüme dönemlerinin sonunda ve denge durumlarında, çap kademeleri ağaç sayılarının dağılımı, çap kademelerine göre göğüs yüzeyi ve hasat edilen ağaçların dağılımı hesaplanacak ve bu elemanların ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerindeki değişimi irdelenecektir.

4. BULGULAR

ALAN1 ve ALAN2 sembolleri ile gösterilen deneme alanları başlangıç meşcereleri olarak ayrı ayrı dikkate alınarak 3.2 bölümünde açıklanan değişkenler, değişkenler arası ilişkiler ve çeşitli varsayımlar altında bu meşcerelerin doğal büyüme, üç değişik amaç çapına göre (44, 52 ve 60 cm.) seçme işletmesi ve tek tabakalı kuruluş simülasyon modelleri oluşturulmuştur.

Doğal büyüme, seçme işletmesi ve tek tabakalı kuruluş simülasyon modellerine ilişkin bulgular sırasıyla 4.1.1, 4.1.2 ve 4.1.3 bölümlerinde sunulmuştur.

Doğal büyüme ve seçme işletmesi simülasyon modeli sonuçlarından yararlanarak oluşturulan geçiş matrisleri ile ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin doğal büyüme ve seçme işletmesi modelleri Markov Zincirleri Yöntemi ile analiz edilerek elde edilen bulgular 4.2.1 ve 4.2.2 bölümlerinde sunulmuştur.

4.1. Meşcere Simülasyon Modellerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada, çap kademeleri aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır. Dönem uzunluğu (θ) 10 yıl alınıp, başlangıç duru-

Çap Kademesi No	Çap kademesi Sınırları (cm)	Kademe Ortası Çap (cm)
1	0.0- 3.9	2
2	4.0- 7.9	6
3	8.0-11.9	10
.	.	.
.	.	.
.	.	.

mundan 10 dönem (100 yıl) sonrasına kadar simülasyon yapılmıştır.

Simülasyon modellerinde; rasgele sayılardan yararlanılması nedeniyle, daha duyarlı sonuçlar elde edebilmek amacıyla, ilgili bilgisayar programı (EK 2) 8 kez koşturularak elde edilen sonuçların ortalama değerleri alınmıştır.

4.1.1. Doğal Büyüme Simülasyon Modeline İlişkin Bulgular

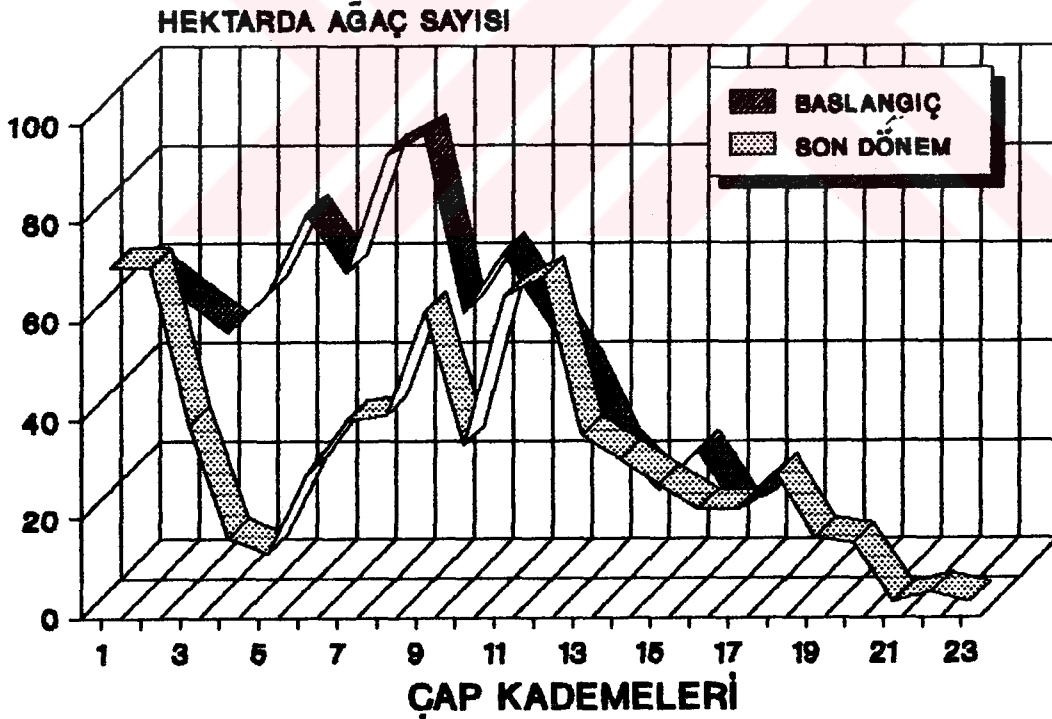
ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri başlangıç meşçereleri olarak alınıp, 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda çap kademeleri ağaç sayıları Tablo 4.1 ve 4.2 de, yine her iki meşçerenin başlangıç ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademeleri ağaç sayıları Şekil 4.1 ve 4.2 de grafikler halinde verilmiştir.

Doğal büyüme simülasyon modeline göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda; çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri Tablo 4.3 ve 4.4 de, başlangıç ve son dönem boy grafikleri ise Şekil 4.3 ve 4.4 de gösterilmiştir. Bu meşçerelerin 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda; hektarda kalan ağaç sayısı, üst boy (en kalın çaplı ağaçlardan başlayarak, hektarda 100 ağaç hesabı ile, deneme alanına düşen galip ağaçların orta çapına meşçere boy egrisinden karşılık gelen boy değeri), hacim, göğüs yüzeyi ve ayrılan hacim miktarları Tablo 4.5 ve 4.6 da verilmiştir.

10'ar yıllık dönemler halinde simüle edilen ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için, 10 dönemin ortalama değerleri alınarak, her iki meşçere için ayrı ayrı olmak üzere, aynı çap kademesinde kalma, bir üst çap kademesine geçme ve kuruma ihtimallerini kapsayan geçiş matrisleri Tablo 4.7 ve 4.8 de verilmiştir. Ayrıca, Her iki meşçerenin bir üst çap kademesine geçme ihtimalleri Şekil 4.5 de grafik halinde gösterilmiştir.

Beş çap sınıfı oluşturularak (I: 0-7.9 cm, II: 8-19.9 cm, III: 20-35.9 cm, IV: 36-51.9 cm, V: \geq 52 cm), başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda çap sınıflarındaki göğüs yüzeyi değerleri ALAN1 için Şekil 4.6, ALAN2 için Şekil 4.7 de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 de görüldüğü gibi ALAN1 meşçeresinde başlangıç durumunda ağaçlar 1-17. çap kademeleri arasında dağılım göstermektedir. Bu aralıkta sadece 2. çap kademesinde ağaç bulunmamaktadır ve ağaçlar daha çok 3-12. çap kademeleri arasında yoğunlaşmaktadır. 10'ar yıllık büyüme dönemleri sonunda ise başlangıç durumuna göre kalın çap kademeleri ağaç sayılarında artış, ince çap kademeleri ağaç sayılarında ise azalış olmuştur. Bu meşçerenin başlangıç ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademesi ağaç sayıları aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 4.1: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem için Çap Kademeleri Ağaç Sayıları Dağılımı.

Tablo 4.1: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Başlangıç Durumu ve 10'ar Yıllık Büyüme Dönemi Sonları ile ALAN1 Meşçeresinin Hektarda Çap Kademeleri Ağaç Sayıları.

	1 ^x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
&	60	48	56	72	60	84	88	52	64	52	40	24	16	24	12	16							
10 [#]	70	82	27	55	62	65	68	77	78	69	55	34	26	28	16	17	16	4					
20	61	95	27	50	48	69	65	79	86	56	58	37	29	26	18	24	15	9					
30	77	111	32	33	54	49	60	88	76	58	64	35	39	15	28	22	14	14	2				
40	81	84	44	22	44	40	71	73	68	76	70	34	32	20	28	20	18	18	4	1			
50	82	95	45	17	33	46	66	53	71	77	74	34	31	27	16	31	19	18	6	2			
60	80	87	44	17	25	48	48	54	67	82	65	40	38	27	17	28	21	13	13	3	1		
70	71	93	40	17	23	39	38	58	73	63	60	52	40	26	16	22	28	16	15	4	1		
80	70	87	40	17	17	36	37	52	73	56	57	64	37	20	22	14	34	19	13	5	4	1	
90	74	82	41	15	15	29	40	45	70	50	62	68	32	32	25	17	25	24	13	11	2	3	
100	69	69	37	14	11	27	38	39	60	33	63	67	35	30	25	20	20	27	14	13	1	3	1

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

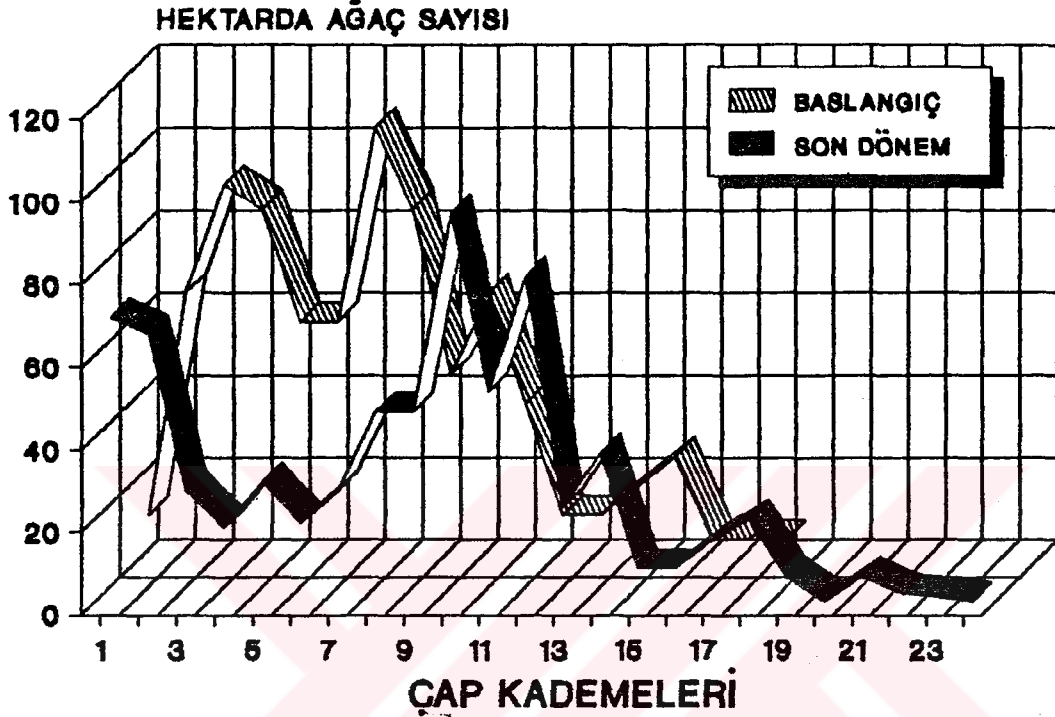
Tablo 4.2 de ALAN2 meşçeresinin başlangıç durumundaki ve 10'ar yıllık büyüme dönemi sonlarındaki hektarda ağaç sayıları verilmiştir. Başlangıç durumunda ağaç sayıları 1-18. çap kademeleri arasındadır. 14. çap kademesinde ağaç bulunmamakla birlikte, ağaçların dağılımı 2-11. çap kademeleri arasında yoğunlaşmaktadır. 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda; çap kademeleri ağaç sayıları ALAN1 meşçeresinde olduğu gibi başlangıç durumuna göre kalın çap kademelerinde artış, ince çap kademelerinde ise azalış olmuştur.

Tablo 4.2: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Başlangıç Durumu ve 10'ar Yıllık Büyüme Dönemi Sonları ile ALAN2 Meşçeresinin Hektarda Çap Kademeleri Ağaç Sayıları.

	1 ^x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
&	13	67	93	87	60	60	107	87	47	67	40	13	13	27	7	7	7							
10 [#]	57	65	85	72	64	59	57	105	79	48	65	13	13	7	15	9	7							
20	66	90	69	63	57	58	69	84	72	63	60	34	13	12	4	22	7	7	7					
30	81	87	75	47	47	47	73	77	87	67	62	38	6	13	7	24	9	7						
40	87	82	56	49	31	45	61	72	87	63	77	40	23	7	9	27	16	2	5	7				
50	99	93	56	44	28	47	66	99	62	72	43	32	12	12	15	21	4	7	2	5				
60	102	87	42	40	31	39	40	57	102	65	67	52	32	22	10	5	31	7	4	3	6			
70	89	72	48	40	28	33	38	47	86	77	48	48	46	24	7	7	26	13	1	6	5	2		
80	62	82	37	26	27	26	39	47	67	91	55	70	39	26	9	9	15	25		6	2	6		
90	79	87	33	21	27	23	37	44	57	91	58	77	30	36	12	12	14	25		4	3	4	2	
100	70	66	28	19	30	20	28	47	47	95	52	80	24	37	9	9	16	21	7	1	7	3	2	1

*: Çap kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen süre (Yıl)

Şekil 4.2 de doğal büyüme simülasyon modeline göre ALAN2 meşçeresinin, başlangıç ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademeleri ağaç sayıları dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.2: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem için Çap Kademeleri Ağaç Sayıları Dağılımı.

Tablo 4.3 ve 4.4 de görülebileceği gibi ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri 10'ar yıllık büyüme dönemleri sonunda, başlangıç durumuna göre giderek yükselmekte olup, daha kararlı bir durum göstermektedir. Bu durum Şekil 4.3 ve 4.4 de açıkça görülmektedir.

Doğal büyüme simülasyon modelinde; Tablo 4.5 ve 4.6 da görülebileceği gibi 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri ağaç sayılarında başlangıç durumuna göre azalma, hacım, üst boy ve göğüs yüzeyi değerlerinde ise artış olmuştur. Meşçereden ayrılan hacım değerlerinde ALAN1 meşçeresi için 7. büyüme dönemi sonuna kadar artış, 8-

10. büyüme dönemi sonlarında azalma olmuştur. ALAN2 meşçeresinde ise ayrılan hacim miktarları büyüme dönemlerine göre kararlı bir değişim göstermemesine rağmen, en fazla ayrılan hacim miktarı 7 ve 10. büyüme dönemlerinin sonunda olmuştur.

Tablo 4.3: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Başlangıç Durumu ve 10'ar Yıllık Büyüme Dönemi Sonları ile ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

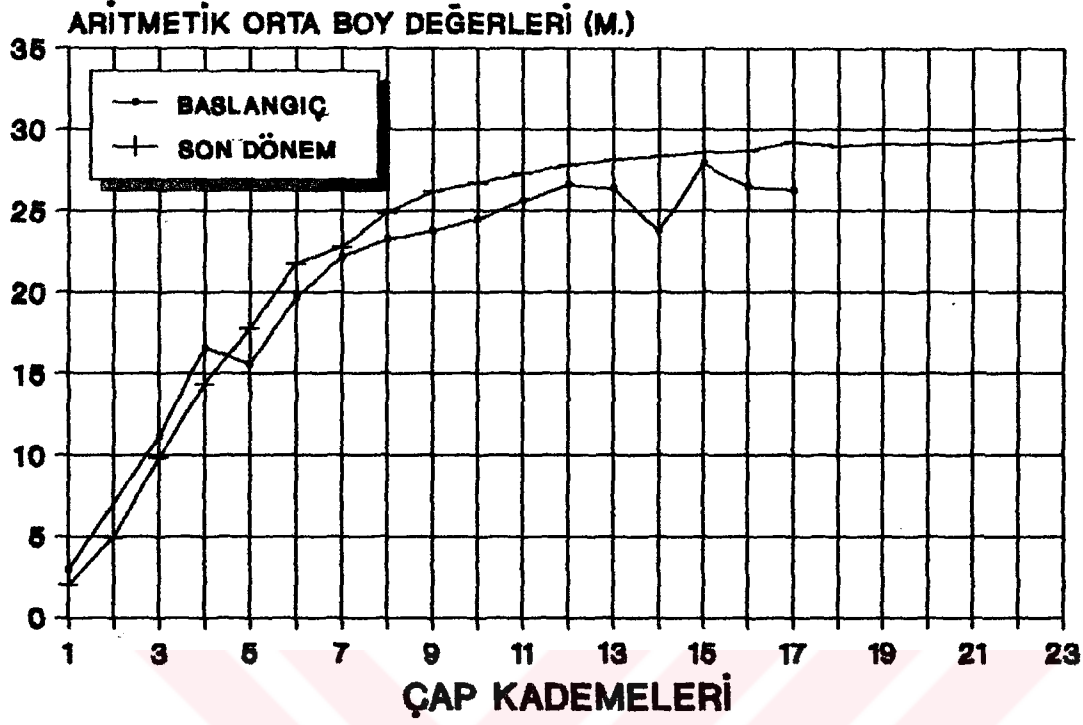
1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
&	2.9	11.1	16.6	15.6	19.7	22.2	23.3	23.8	24.5	25.6	26.6	26.4	23.8	27.9	26.5	26.3							
#10	1.9	4.5	11.5	14.0	17.2	19.9	22.7	23.3	24.5	25.1	25.9	26.3	26.6	26.9	29.1	27.1	27.3	26.1					
20	2.0	4.9	7.8	15.2	17.2	20.3	22.4	23.8	24.8	25.6	26.2	26.9	26.6	27.5	27.7	28.3	27.6	27.7					
30	1.9	4.7	8.6	15.6	17.9	20.8	22.5	24.3	25.1	25.8	26.5	26.9	27.2	27.6	27.8	28.8	27.9	28.1	28.2				
40	2.0	5.0	8.9	16.4	18.4	20.5	22.7	24.6	25.2	26.1	26.7	27.2	27.6	27.8	28.1	29.0	28.2	28.3	28.4	28.1			
50	2.0	5.0	8.7	14.3	19.2	20.5	23.1	24.8	25.3	26.2	27.0	27.4	27.7	27.8	28.1	28.7	28.6	28.5	28.7	28.7			
60	1.9	4.7	8.7	14.3	19.4	21.0	23.4	24.8	25.5	26.3	27.1	27.4	27.8	28.0	28.4	28.6	29.0	28.6	28.8	28.8	28.7		
70	2.0	4.7	9.1	14.2	19.5	21.3	23.4	24.8	25.7	26.4	27.1	27.4	28.0	28.1	28.3	28.7	29.0	28.8	28.9	29.0	28.9		
80	2.0	4.9	8.9	14.1	19.1	21.5	23.3	24.6	25.9	26.6	27.2	27.6	28.1	28.3	28.4	28.6	29.0	28.8	28.9	28.0	29.1	29.2	
90	1.9	4.7	9.4	14.6	18.7	21.7	23.2	24.8	26.1	26.7	27.2	27.7	28.1	28.4	28.5	28.7	29.1	28.9	29.0	29.1	29.1	29.2	
100	2.0	4.9	9.8	14.4	17.8	21.8	22.3	24.9	26.2	26.7	27.3	27.8	28.1	28.4	28.6	28.7	29.2	29.0	29.1	29.1	29.1	29.3	29.4

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

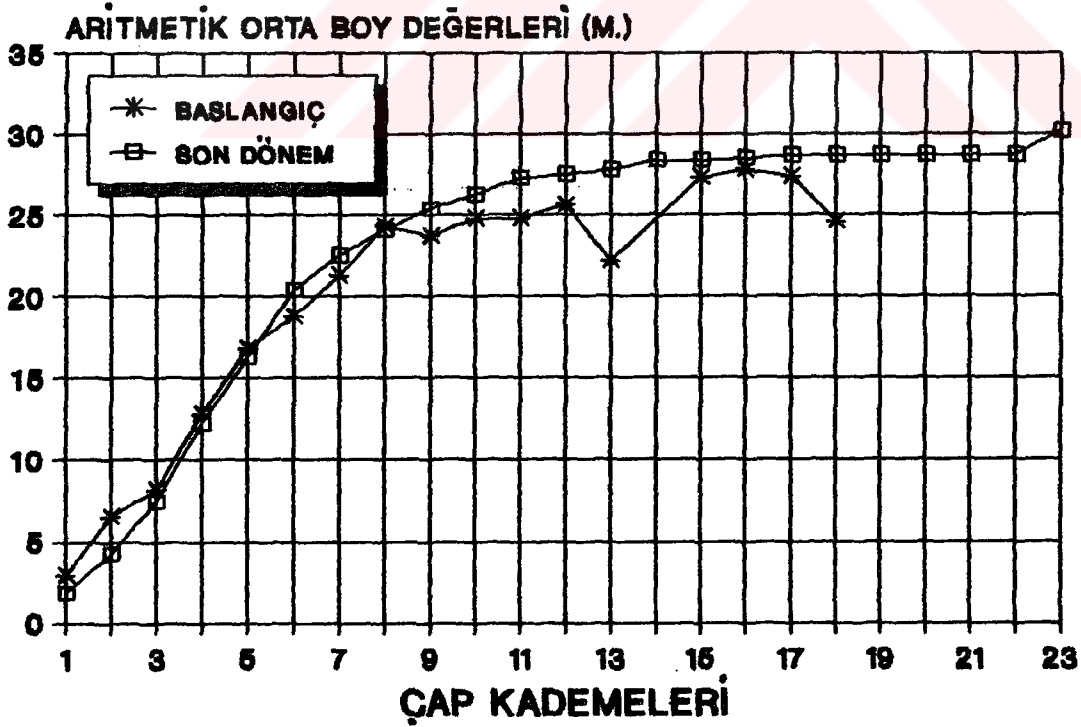
Tablo 4.4: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Başlangıç Durumu ve 10'ar Yıllık Büyüme Dönemi Sonları ile ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
&	2.9	6.5	8.1	12.8	16.8	18.8	21.3	24.3	23.7	24.8	24.8	25.6	22.2	27.3	27.8	27.4	24.6						
#10	1.6	3.8	8.2	13.4	16.5	19.2	21.6	23.2	25.1	25.2	25.8	25.9	26.3	26.4	28.3	26.9	27.4	26.0					
20	1.6	3.9	8.3	13.7	16.8	19.9	22.1	23.8	25.1	25.7	26.3	26.3	26.6	26.6	30.0	27.4	27.8	27.4	26.8				
30	1.8	4.2	8.2	12.9	17.7	19.6	22.2	24.0	25.1	26.0	26.5	26.6	26.9	27.0	27.1	26.9	27.6	27.4	27.5				
40	1.7	4.2	7.8	12.2	17.5	19.7	22.6	24.1	25.2	25.9	26.7	26.8	27.1	27.2	27.4	28.2	27.6	27.5	27.5	27.6			
50	1.9	3.9	7.6	12.8	16.5	20.2	22.5	24.1	25.2	26.2	26.8	27.0	27.2	27.4	27.5	28.9	27.7	27.7	27.8	27.7			
60	1.8	3.9	8.0	12.6	16.8	20.3	22.5	24.1	25.4	26.3	26.8	27.1	27.4	27.5	27.7	28.4	28.1	28.0	28.0	28.0	27.9		
70	1.6	3.7	8.0	13.0	16.9	20.5	22.4	24.1	25.5	26.2	26.8	27.2	27.5	27.7	27.8	27.9	28.7	28.1	28.2	28.2	28.0	28.1	
80	1.8	3.9	8.1	13.6	16.3	19.9	22.4	24.2	25.4	26.2	26.9	27.3	27.7	27.9	28.0	28.2	29.1	28.2	28.2	28.2	28.5		
90	1.6	4.2	7.4	12.3	16.1	20.1	22.6	24.2	25.5	26.3	26.9	27.4	27.7	27.9	28.1	28.2	29.1	28.4	28.4	28.4	28.6	28.4	30.1
100	1.8	4.2	7.4	12.2	16.3	20.4	22.5	24.1	25.4	26.3	27.0	27.5	27.8	28.0	28.1	28.4	28.7	28.6	28.5	28.5	28.6	28.5	30.2

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.3. Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri.



Şekil 4.4. Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri.

Tablo 4.5: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1
Meşçeresi için Çeşitli Hektar Değerleri.

H E K T A R D A					
Geçen Süre (Yıl)	Ağaç Sayısı	Ust Boy m	Hacım m ³	Göğüs Yüzeyi m ²	Ayrılan Hacım m ³
0	768	26.4	767.373	65.206	
10	845	27.1	842.832	70.165	6.215
20	850	27.7	905.842	74.363	10.822
30	869	28.0	958.308	77.853	14.288
40	841	28.3	1006.305	81.014	13.414
50	839	28.6	1047.517	83.727	16.838
60	812	28.8	1084.228	86.109	18.213
70	789	28.9	1112.248	87.891	25.469
80	770	29.0	1147.679	90.266	16.942
90	761	29.1	1187.868	93.033	10.932
100	731	29.2	1226.883	95.704	10.669

Tablo 4.6: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN2
Meşçeresi için Çeşitli Hektar Değerleri.

H E K T A R D A					
Geçen Süre (Yıl)	Ağaç Sayısı	Ust Boy m	Hacım m ³	Göğüs Yüzeyi m ²	Ayrılan Hacım m ³
0	800	26.1	618.135	53.611	
10	837	26.7	695.150	58.823	6.721
20	860	27.1	760.663	63.630	10.171
30	869	27.5	824.729	68.227	8.167
40	853	27.6	883.154	72.395	8.632
50	858	27.7	936.139	76.197	9.510
60	846	28.0	984.780	79.645	8.528
70	708	28.2	1018.509	81.890	18.668
80	769	28.3	1058.974	84.710	10.191
90	779	28.7	1098.212	87.468	10.174
100	736	28.9	1129.409	89.538	16.447

Tablo 4.7 de ALAN1, Tablo 4.8 de ALAN2 meşçerelerinin doğal büyüme simülasyon modeline göre 10 yıllık bir dönem için çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri verilmiştir. Tablo 4.7 ve 4.8 deki "0" sembolü; meşçerede kuruyan ağaçların katıldığı "potansiyel çap kademesi" ni göstermektedir. Çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimallerinin gösterildiği Tablo 4.8'den 1'inci çap kademesini örnek olarak alırsak; 10 yıllık bir dönem sonunda bu çap kademelerindeki ağaçların kuruma ihtimali (0. çap kademesine geçme ihtimali)

Tablo 4.7: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri[#].

#	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0		.550	.398	.052									
1	.695	.181	.124										
2	.491		.405	.104									
3	.229			.594	.177								
4	.083				.648	.269							
5	.072					.643	.285						
6	.049						.687	.264					
7	.036							.691	.273				
8	.039								.692	.269			
9	.021									.755	.224		
10	.019										.746	.235	
11	.022											.777	.221

Tablo 4.7'nin Devamı

#	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12	.011	.757	.232										
13	.017		.724	.259									
14	.006			.685	.309								
15					.662	.338							
16						.702	.298						
17							.713	.287					
18								.754	.246				
19									.735	.265			
20										.819	.181		
21											.820	.180	
22												.889	.111

#: Çap Kademeleri, #: Dönem Uzunluğu (10 Yıl)

0.709, aynı çap kademesinde kalma (1'inci çap kademesi) ihtimali 0.166 ve bir üst çap kademesine geçme (2'inci çap kademesi) ihtimali 0.125 olup, bu ihtimallerin toplamı 1'e eşittir. Tablo 4.7 ve 4.8 de görülebileceği gibi, potansiyel ağaçların bulunduğu 0'ıncı çap kademesi hariç, diğer çap kademelerindeki ağaçların bir kısmı 10 yıllık bir dönem sonunda ancak bir üst çap kademelerine geçebilmişlerdir. Her iki meşçere için kuruma ihtimalleri; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalmakta olup, meşçereye katılma

Tablo 4.8: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri#.

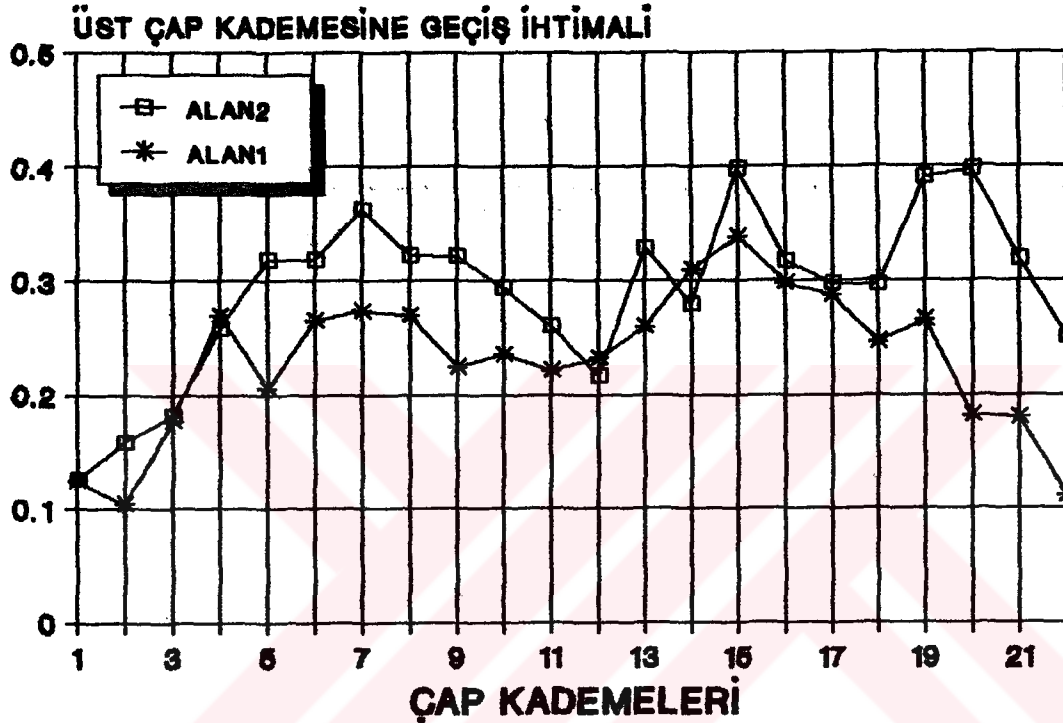
#	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0		.545	.398	.057										
1	.709		.166	.125										
2	.491			.339	.158									
3	.229				.586	.182								
4	.083					.622	.257							
5	.072						.629	.318						
6	.049							.622	.318					
7	.036								.613	.362				
8	.039									.666	.322			
9	.021										.679	.321		
10	.019											.694	.294	
11	.022												.721	.260
12	.011													.775 .216

Tablo 4.8'in Devamı

#	0	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13	.017	.671	.329										
14	.006		.721	.279									
15				.602	.398								
16					.683	.317							
17						.786	.211						
18							.796	.200					
19								.610	.390				
20									.603	.397			
21										.681	.319		
22											.750	.250	
23												.833	.167

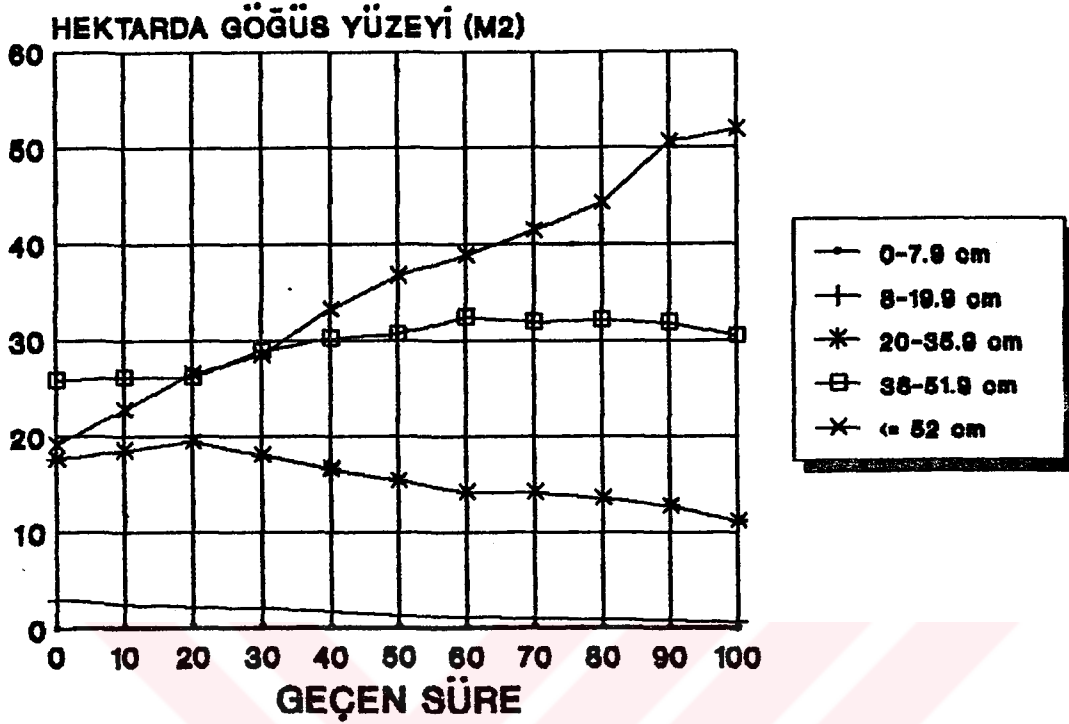
#: Çap Kademeleri, #:Dönem Uzunluğu (10 Yıl)

ihtimalleri (\emptyset 'inci çap kademesinden 1, 2 ve 3'üncü çap kademelerine geçiş ihtimalleri) bakımından her iki meşçere arasında fark bulunmamıştır. Bir üst çap kademelerine geçiş ihtimalleri dikkate alındığında; ALAN2 meşçeresinin ALAN1 meşçeresinden daha yüksek geçiş ihtimallerine sahip olduğu Şekil 4.5 de görülmektedir.

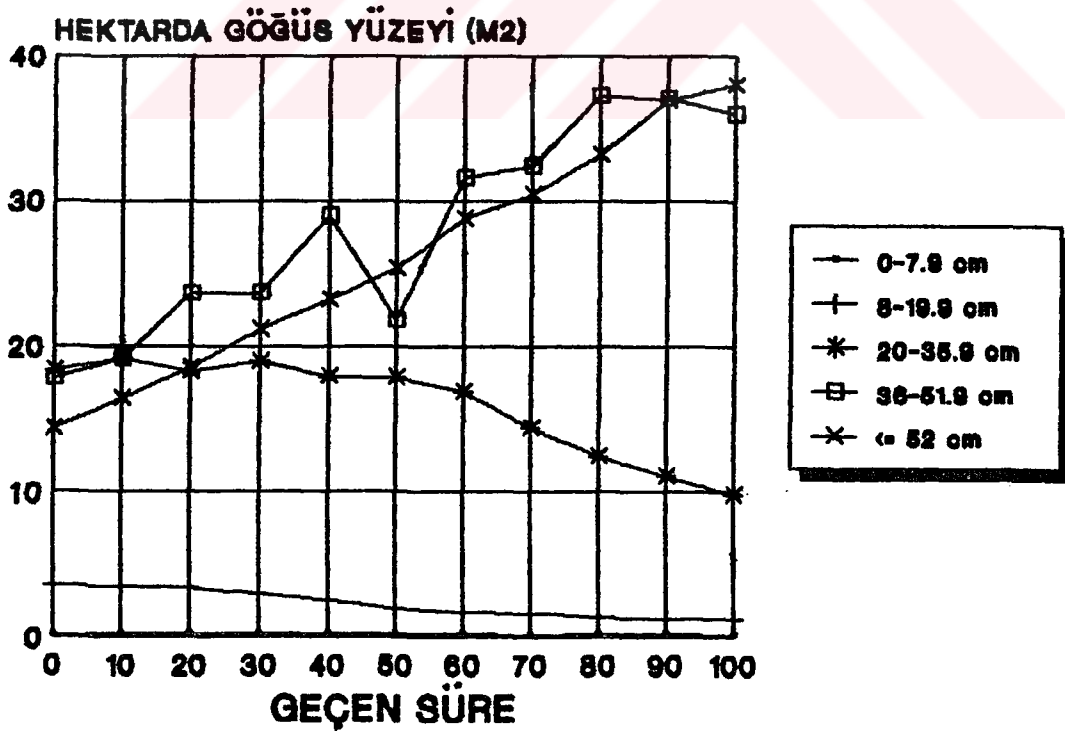


Şekil 4.5: Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre ALAN1 ve ALAN2 Meşçerelerinin Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri ($\emptyset=10$ Yıl).

Şekil 4.6 ve 4.7 de ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin doğal büyüme simülasyon modeline göre 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda çap sınıfları göğüs yüzeyi değerleri verilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte göğüs yüzeyi değerleri I. çap sınıfında sabit kalırken, II ve III. çap sınıfında azalmış, IV ve V. çap sınıflarında ise artmıştır. ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde I-IV'üncü çap sınıfları göğüs yüzeyi değerleri arasında önemli farklar bulunmamakla birlikte, V'inci çap sınıfında ALAN1 meşçeresi ALAN2 meşçeresinden daha fazla göğüs yüzeyine sahiptir.



Sekil 4.6: ALAN1 Meşçeresinin Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Çap Sınıfı Gögüs Yüzeyi Değerleri.



Sekil 4.7: ALAN2 Meşçeresinin Doğal Büyüme Simülasyon Modeline Göre Çap Sınıfı Gögüs Yüzeyi Değerleri.

4.1.2. Seçme İşletmesi İçin Farklı Amenajman Rejimlerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada, seçme işletmesi simülasyon modeli 44, 52 ve 60 cm'lik üç değişik amaç çapına göre düzenlenmiştir. Anlatımda karmaşıklığa yol açmamak düşüncesi ile bundan sonra 44 cm amaç çapı için MODEL1, 52 cm amaç çapı için MODEL2 ve 60 cm amaç çapı için MODEL3 sembolleri kullanılmıştır.

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 için büyüme dönemleri itibarıyla ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademelerine göre hektarda ağaç sayıları; Tablo 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14 de verilmiştir. Ayrıca, her iki meşçerenin başlangıç durumu ve son dönemde (100 yıl sonra) hektarda çap kademesi ağaç sayıları; MODEL1 için Şekil 4.8 ve 4.9 da, MODEL2 için Şekil 4.10 ve 4.11 de, MODEL3 için Şekil 4.12 ve 4.13 de gösterilmiştir.

ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumları ve 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda çap kademesi aritmetik orta boy değerleri; MODEL1 için tablo 4.15 ve 4.16 da, MODEL2 için Tablo 4.17 ve 4.18 de, MODEL3 için Tablo 4.19 ve 4.20 de verilmiştir. Ayrıca, Her iki meşçerenin başlangıç durumu ve son dönemde (100 yıl sonra) çap kademesi aritmetik orta boy değerleri; MODEL1 için Şekil 4.14 ve 4.15 de, MODEL2 için Şekil 4.16 ve 4.17 de, MODEL3 için Şekil 4.18 ve 4.19 da gösterilmiştir.

MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda hektarda; kalan ağaç sayıları, üst boy, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri ile kuruyan, fazla baskı (% 80 ve daha fazla) çıkarılan ve amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen hacim değerleri Tablo 4.21 ve 4.22 de, MODEL2 için bu değerler Tablo 4.23 ve 4.24 de, MODEL3 için aynı değerler Tablo 4.25 ve 4.26 da ve-

rilmiştir.

($\Theta=10$) yıllık büyüme dönemi itibariyle, 10 büyüme döneminin ortalama değerlerine bağlı olarak ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerindeki ağaçlar için aynı çap kademesinde kalma, bir üst çap kademesine geçme, kuruma, maglup olma ihtimalleri ile amaç çapına ulaşma ihtimalleri; MODEL1 için Tablo 4.27 ve 4.28 de, MODEL2 için bu değerler Tablo 4.29 ve 4.30 da, MODEL3 için aynı değerler Tablo 4.31 ve 4.32 de verilmiştir.

Bir üst çap kademesine geçiş ihtimalleri bakımından, ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri arasında bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla, her iki meşçereye ilişkin bu ihtimaller MODEL1 için Şekil 4.20 de, MODEL2 için Şekil 4.21 de ve MODEL3 için Şekil 4.22 de birlikte grafikler halinde gösterilmiştir.

4.1.1. bölümünde olduğu gibi bu bölümde de 5 çap sınıfı oluşturularak (I: 0-7.9 cm, II: 8-19.9 cm, III: 20-35.9 cm, IV: 36-51.9 cm, V: \geq 52 cm) ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, bu sınıflardaki göğüs yüzeyi değerleri; MODEL1 için Şekil 4.23 ve 4.24 de, MODEL2 için şekil 4.25 ve 4.26 da., MODEL3 için Şekil 4.27 ve 4.28 de gösterilmiştir.

MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10' ar yıllık büyüme dönemleri sonunda; hektarda çap kademeleri ağaç sayıları Tablo 4.9 ve 4.10 da verilmiştir.

Bu tablolardan da görülebileceği gibi ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte, başlangıç durumuna göre ince çap kademelerindeki (1-6'inci çap kademeleri) ağaç sayıları artarken, diğer çap kademelerinde (7-11' inci çap kademeleri) kararlı bir değişim olmamıştır.

MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve son dönemde (100 yıl sonra) hektarda çap kademeleri

ağaç sayılarının grafikler halinde gösterildiği Şekil 4.8 ve 4.9 de görülebileceği gibi her iki meşçerede; son dönem için çap kademeleri ağaç sayıları başlangıç durumunun aksine, bazı sapmalar dışında genellikle, ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalmaktadır.

Tablo 4.9: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi
Sonları itibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

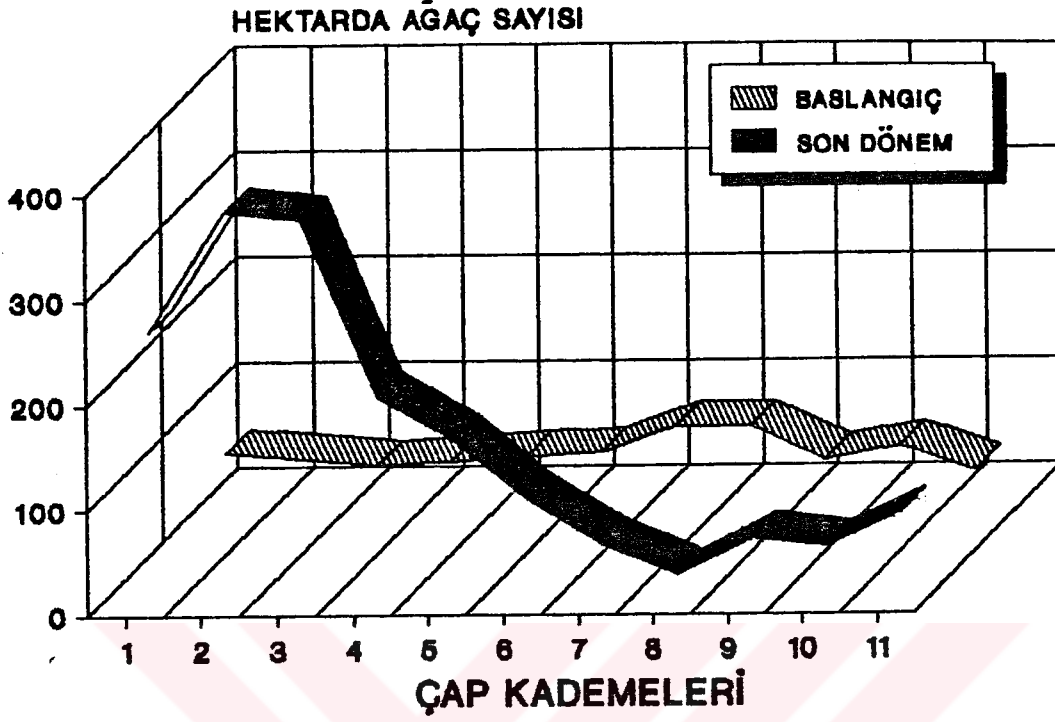
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
&	60	-	48	52	56	60	84	84	52	64	40
10#	122	158	18	62	34	60	76	60	76	58	52
20	196	236	38	48	34	48	64	70	78	46	60
30	174	274	143	20	52	32	53	76	64	56	64
40	222	376	184	36	48	22	62	56	56	74	50
50	246	402	244	94	26	30	40	44	76	80	42
60	246	446	308	114	24	36	30	56	58	54	64
70	226	440	296	144	76	36	18	52	42	79	68
80	254	374	352	186	94	58	16	42	46	64	64
90	192	386	340	208	100	66	38	20	56	50	66
100	246	360	352	184	144	86	42	14	48	40	72

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

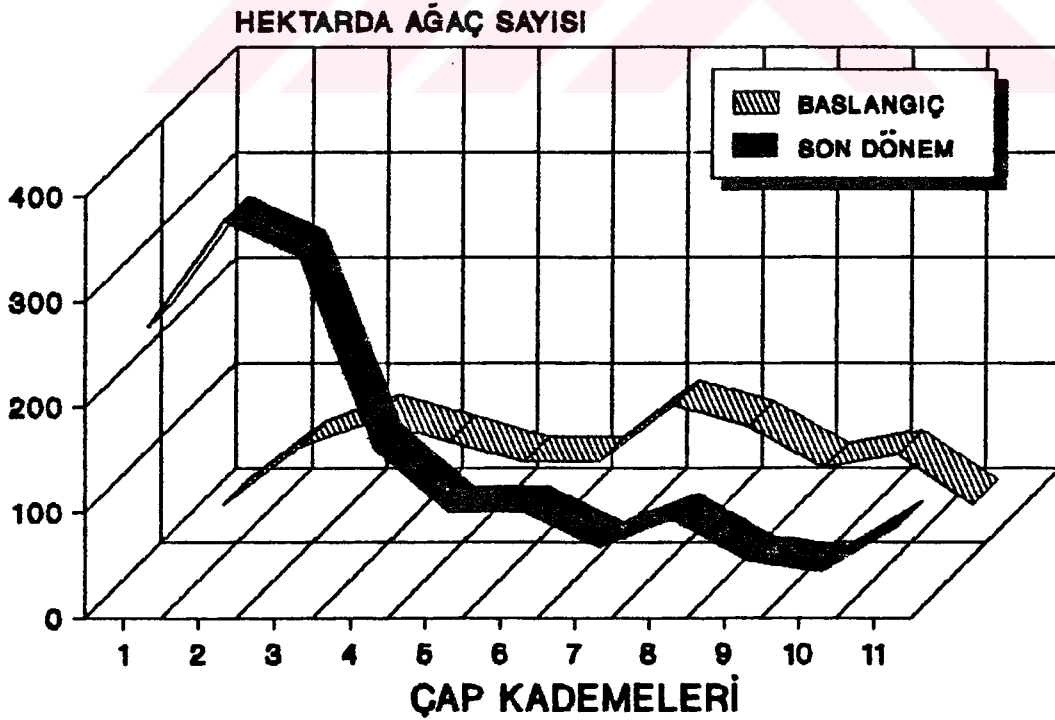
Tablo 4.10: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi
Sonları itibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
&	13	67	93	73	53	107	87	47	60	40	13
10#	167	97	87	70	57	53	58	87	87	37	63
20	223	177	110	53	60	47	60	63	57	57	53
30	223	347	123	63	57	40	23	67	60	57	70
40	222	376	184	36	48	22	62	56	56	74	50
50	357	360	210	43	63	63	16	50	70	47	67
60	283	387	247	77	30	83	26	23	70	57	63
70	250	360	277	117	37	57	50	23	43	73	57
80	173	397	293	110	73	30	80	20	27	70	73
90	143	357	343	103	93	43	73	40	23	47	63
100	253	353	320	137	77	77	43	70	30	20	63

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.8: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 4.9: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.

MODEL2 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemleri sonunda; hektarda çap kademeleri ağaç sayılarının verildiği Tablo 4.11 ve 4.12 de görüldüğü gibi ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte; başlangıç durumuna göre ince çap kademelerindeki (1-3' üncü) ağaç sayıları artarken, diğer çap kademelerinde (4-13' üncü) kararlı bir değişim olmamıştır. Şekil 4.10 ve 4.11 de ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL2 için başlangıç ve son dönem çap kademeleri ağaç sayıları dağılımı görülmektedir.

Tablo 4.11: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

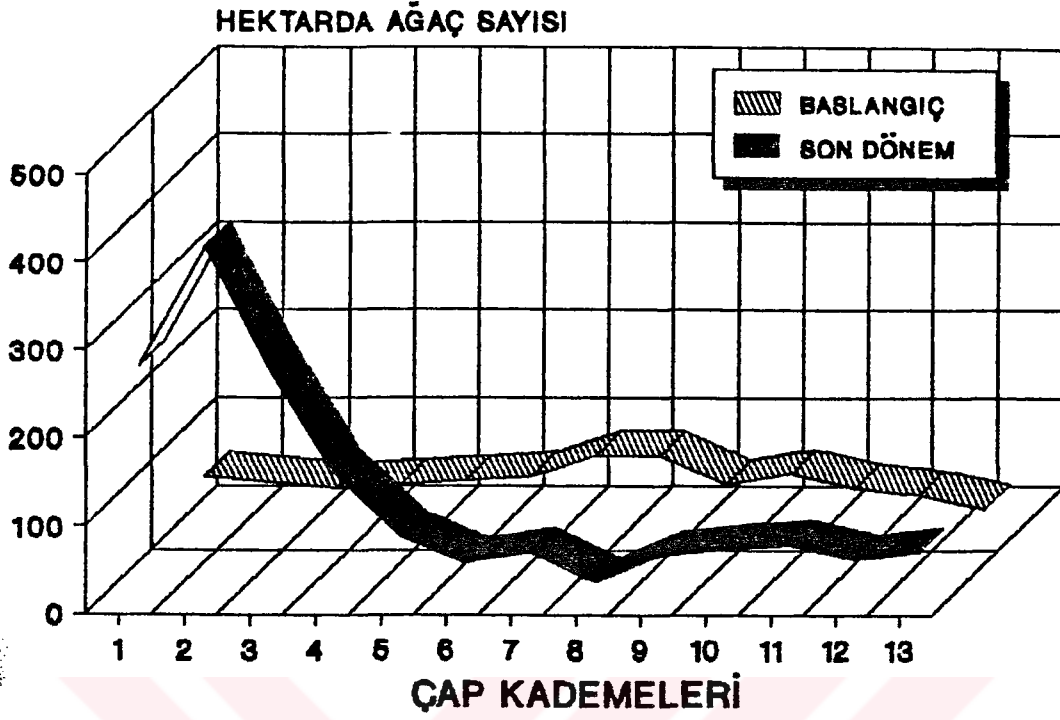
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
&	60	-	48	52	56	60	84	84	52	64	48	40	24
10#	138	108	24	56	38	56	72	70	70	68	40	42	24
20	164	196	42	42	32	62	66	78	78	44	52	36	30
30	148	268	86	26	38	40	50	70	54	58	56	40	42
40	210	328	126	20	40	22	56	54	58	64	50	42	32
50	192	346	178	38	24	24	48	44	58	62	52	50	40
60	254	348	226	52	20	40	28	52	56	60	54	58	30
70	272	350	250	76	28	38	18	50	48	56	50	52	46
80	292	328	244	106	42	38	20	36	56	50	52	54	50
90	286	380	258	120	54	30	35	18	52	46	66	44	50
100	260	396	256	136	66	36	48	14	44	52	56	40	48

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

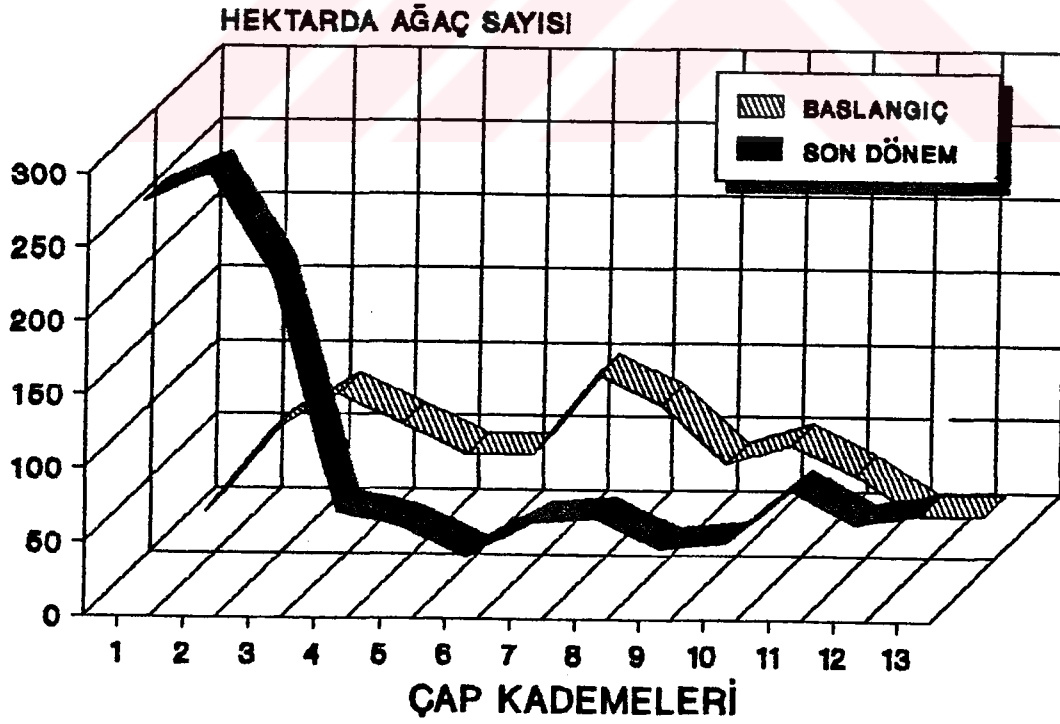
Tablo 4.12: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
&	13	67	93	73	53	53	107	87	47	60	40	13	13
10#	143	160	97	67	57	43	67	87	87	40	57	20	13
20	183	247	113	47	60	40	60	70	60	53	43	33	13
30	247	263	140	50	70	20	60	63	60	67	37	40	27
40	190	313	133	60	60	43	30	57	67	63	57	43	27
50	223	300	173	60	50	53	23	53	70	60	43	40	40
60	267	300	203	60	43	63	27	23	73	53	63	50	43
70	220	337	187	67	43	53	43	20	47	77	57	47	53
80	250	333	177	80	30	50	53	33	27	87	57	47	40
90	200	260	197	60	53	33	53	50	17	53	87	43	47
100	267	287	217	57	47	27	50	53	33	37	73	50	57

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.10: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 4.11: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.

MODEL3 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu ve 10'ar yıllık büyüme dönemleri sonunda; hektarda çap kademeleri ağaç sayılarının verildiği Tablo 4.13 ve 4.14 de görüldüğü gibi ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte; başlangıç durumuna göre ince çap kademelerindeki (1-3' üncü) ağaç sayıları artarken, diğer çap kademelerinde (4-15'inci) kararlı bir değişim olmamıştır. Şekil 4.12 ve 4.13 de ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL2 için başlangıç ve son dönem çap kademesi ağaç sayıları dağılımı görülmektedir.

Tablo 4.13: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

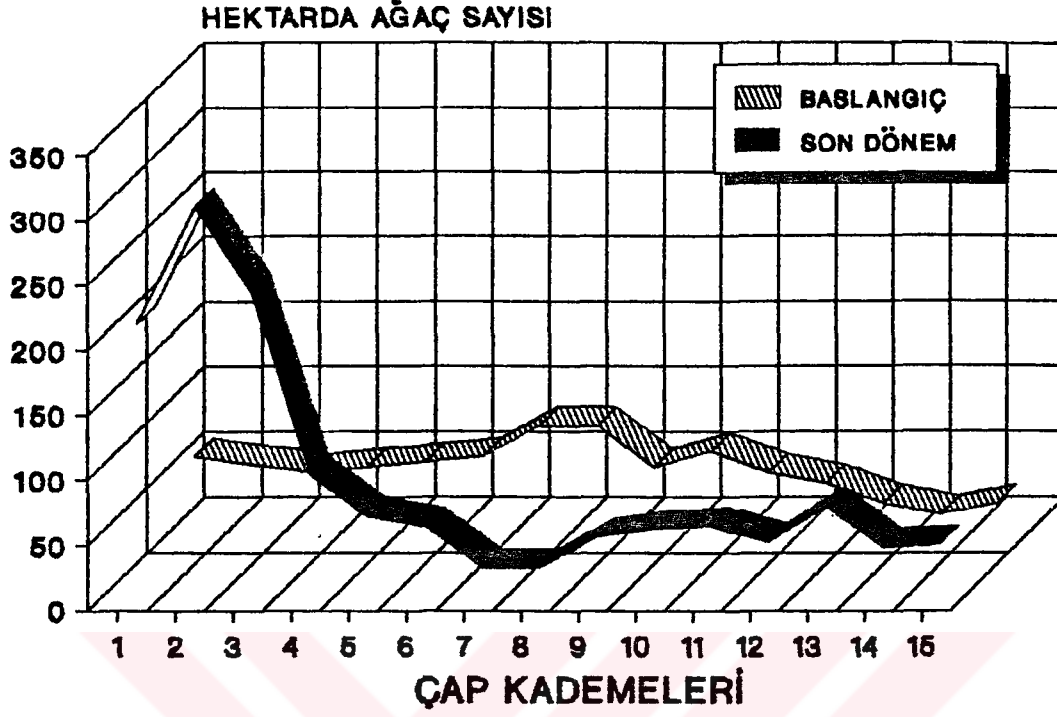
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
&	60	-	48	52	56	60	84	84	52	64	48	40	24	15	24
10#	114	148	30	56	42	54	68	64	64	64	48	34	26	30	14
20	200	254	60	42	24	50	62	66	68	46	48	40	28	24	18
30	132	246	108	18	32	42	48	58	52	64	56	36	42	14	28
40	212	292	156	26	24	18	52	58	56	62	56	40	34	22	28
50	242	300	166	54	12	20	50	38	64	52	64	36	40	28	14
60	274	322	218	64	20	20	24	50	60	46	64	48	34	30	24
70	266	322	238	68	38	14	26	46	50	50	54	56	36	36	22
80	230	312	224	88	48	16	24	38	46	52	32	80	36	32	28
90	206	318	240	94	54	32	22	26	38	54	44	56	52	30	38
100	206	296	230	90	58	50	18	18	42	48	50	38	66	34	36

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

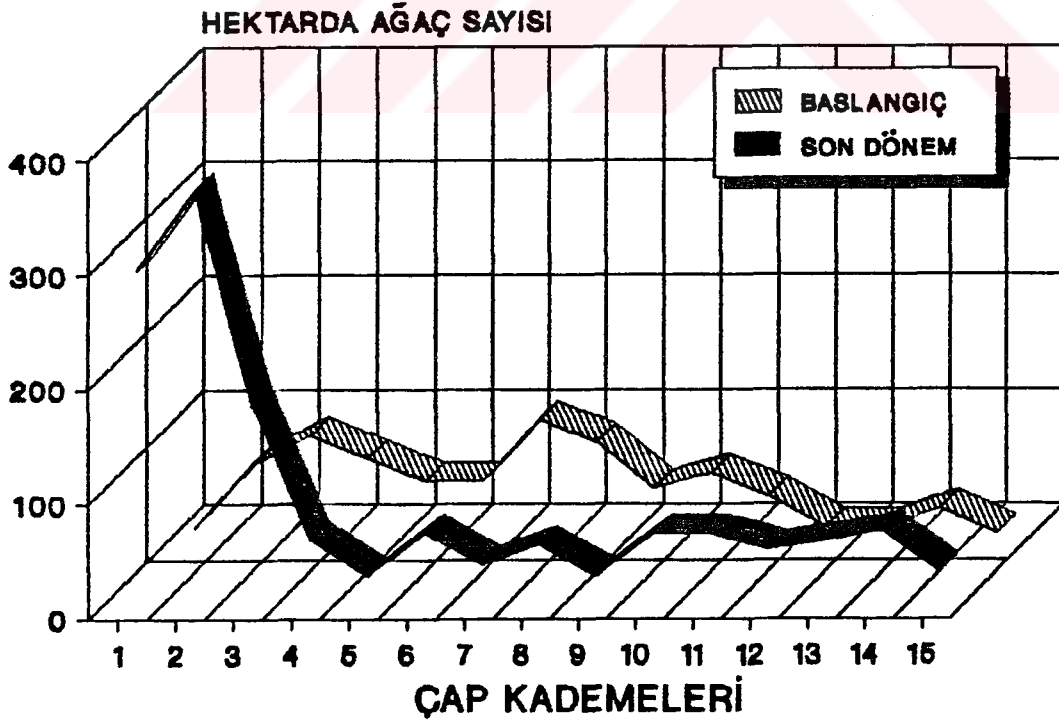
Tablo 4.14: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çap Kademesi Ağaç Sayıları

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
&	13	67	93	73	53	53	107	87	47	60	40	13	13	29	7
10#	187	113	97	67	60	53	57	87	87	47	50	17	13	7	13
20	203	283	83	47	47	47	60	67	60	67	43	33	10	17	-
30	310	292	160	37	60	20	57	63	57	97	43	37	17	13	7
40	327	247	200	60	33	43	40	63	57	67	57	43	27	10	10
50	253	303	187	90	17	53	23	53	77	47	70	40	43	10	13
60	197	320	180	83	40	27	30	30	33	50	63	50	50	20	17
70	320	340	183	57	63	17	40	27	63	67	47	53	50	30	13
80	313	337	197	47	57	33	37	33	20	97	43	53	47	43	17
90	323	410	193	47	53	37	40	37	13	83	50	47	50	53	20
100	287	357	173	53	20	57	30	47	20	57	57	43	50	60	23

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.12: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 4.13: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönemde Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.

Tablo 4.15 ve 4.16 dan da görülebileceği gibi MODEL1 için büyüme dönemleri itibariyle ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için çap kademeleri aritmetik orta boy değerlerinde belirgin bir yükselme görülmektedir. Ayrıca, her iki meşçereye ait boy eğrileri; büyüme dönemleri itibariyle başlangıç durumuna göre daha kararlı bir eğri halini almaktadır. ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL1 için başlangıç durumları ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri Şekil 4.14 ve 4.15 de gösterilmiştir.

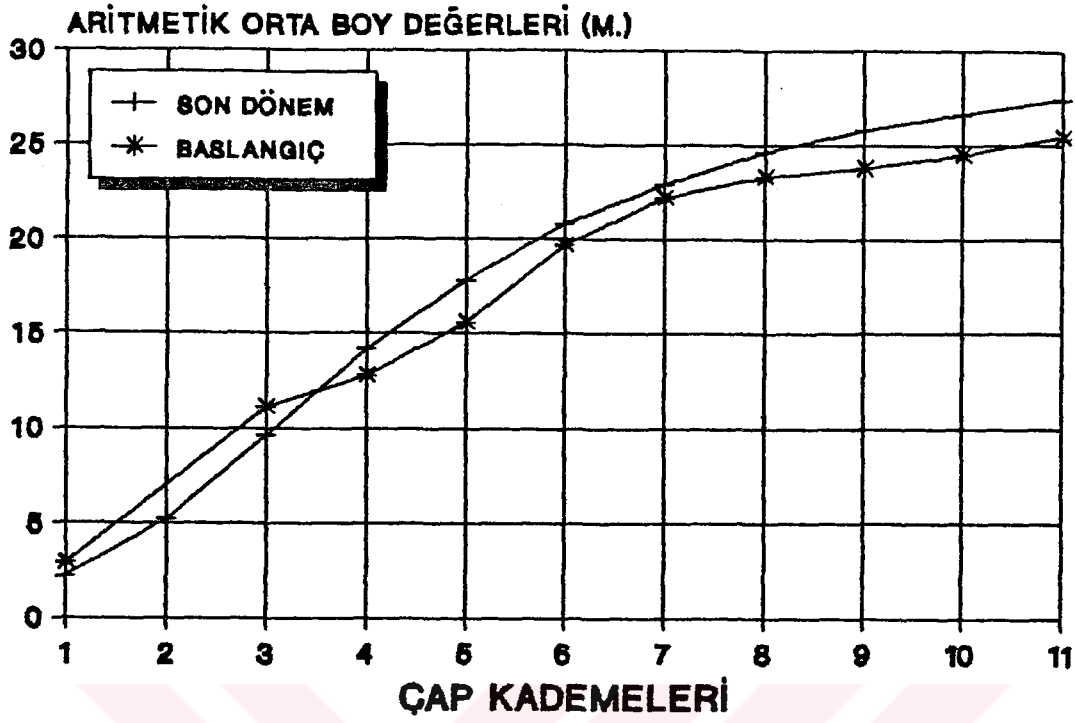
Tablo 4.15: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
&	2.9	-	11.1	12.8	15.6	19.7	22.2	23.3	23.8	24.5	25.4
10 [#]	2.0	4.6	10.7	13.4	16.9	19.4	22.5	23.5	24.6	25.3	26.1
20	2.1	5.1	8.0	15.4	16.8	20.6	22.0	24.0	24.9	25.9	26.0
30	2.2	5.0	8.7	16.7	17.4	20.5	22.4	24.1	25.3	25.9	26.5
40	2.3	5.2	9.4	12.8	18.9	20.5	22.6	24.4	25.4	26.0	26.8
50	2.3	5.1	9.1	13.6	19.8	20.2	22.8	24.1	25.4	26.2	26.9
60	2.3	5.2	9.5	14.3	17.4	20.0	23.1	24.2	25.7	26.3	26.8
70	2.3	5.3	9.6	13.7	17.4	21.2	23.0	24.4	24.9	26.5	27.0
80	2.1	5.2	9.4	14.3	18.3	21.2	22.7	24.6	25.5	26.5	27.1
90	2.3	5.3	9.4	14.2	17.9	20.5	22.7	24.7	25.6	26.5	27.3
100	2.2	5.2	9.6	14.2	17.8	20.8	22.9	24.6	25.8	26.6	27.4

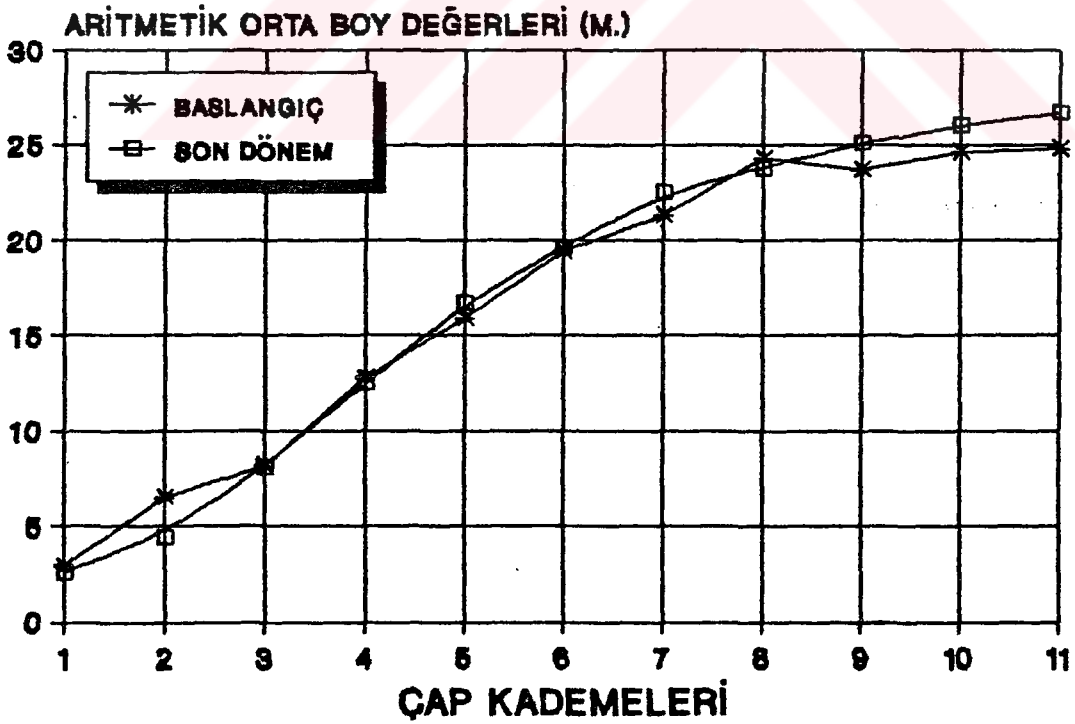
Tablo 4.16: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
&	2.9	6.5	8.1	12.8	15.9	19.4	21.3	24.3	23.7	24.6	24.8
10 [#]	1.7	4.0	8.1	13.0	16.7	19.5	22.2	22.6	25.3	24.9	26.2
20	2.0	4.1	7.8	13.1	17.0	20.3	22.5	24.0	25.3	25.6	25.9
30	2.0	3.8	7.7	12.5	17.3	20.1	22.5	24.0	24.9	26.0	26.1
40	2.3	3.8	7.5	12.8	17.4	19.9	23.0	24.1	25.0	26.0	26.4
50	2.0	4.0	7.5	11.9	17.0	20.2	22.7	24.3	25.2	25.9	26.4
60	1.9	4.1	7.4	12.1	17.4	20.0	22.1	23.9	25.2	25.9	26.5
70	2.0	3.6	7.6	12.4	16.0	20.2	22.1	24.3	25.4	25.9	26.5
80	2.9	4.2	7.9	12.5	16.6	20.4	22.2	23.7	24.9	26.0	26.6
90	2.7	4.2	7.9	12.5	16.5	19.3	22.5	23.8	25.1	26.0	26.6
100	2.6	4.4	8.1	12.5	16.7	19.6	22.5	23.8	25.1	26.0	26.7

#: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.14: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.



Şekil 4.15: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

Tablo 4.17 ve 4.18 den de görülebileceği gibi MODEL2 için büyüme dönemleri itibariyle ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için çap kademeleri aritmetik orta boy değerlerinde belirgin bir yükselme görülmektedir. Ayrıca, her iki meşçereye ait boy eğrileri; büyüme dönemleri itibariyle başlangıç durumuna göre daha kararlı bir eğri halini almaktadır. ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL2 için başlangıç durumları ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri Şekil 4.16 ve 4.17 de gösterilmiştir.

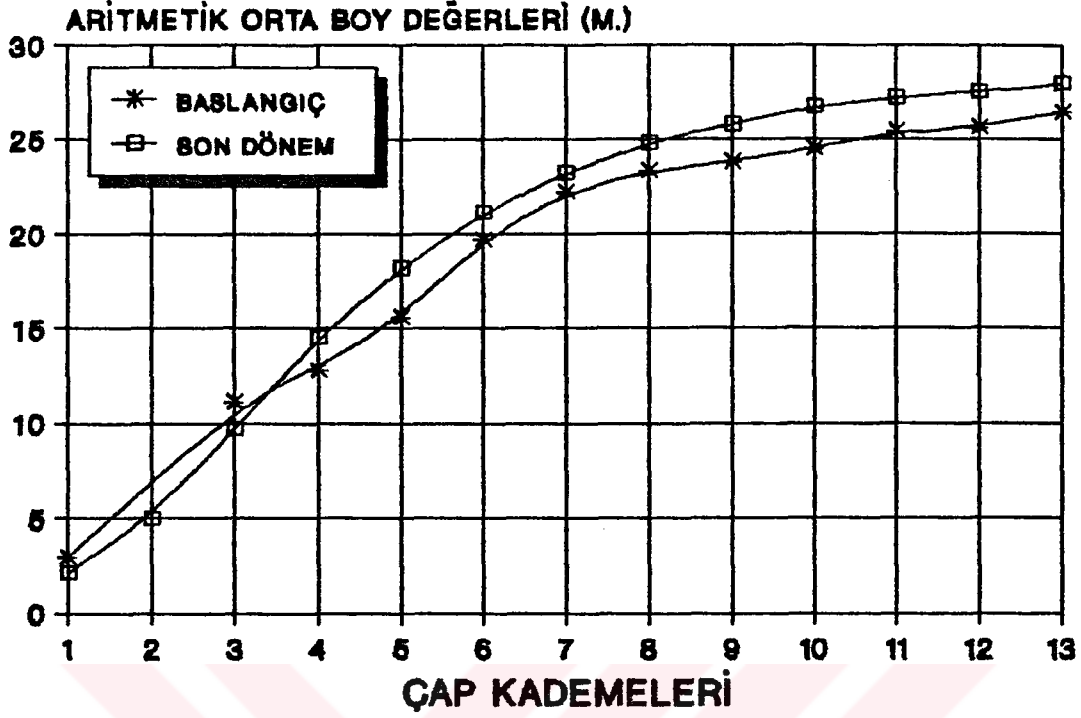
Tablo 4.17: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⊗	2.9	-	11.1	12.8	15.6	19.7	22.2	23.3	23.8	24.5	25.4	25.6	26.4
10 [#]	1.9	4.4	11.9	13.6	17.2	19.6	22.6	23.4	24.5	25.2	25.9	26.6	26.9
20	2.1	4.9	8.2	15.5	17.0	20.3	22.3	24.0	24.9	25.7	26.3	26.8	26.9
30	2.0	4.9	8.9	17.0	17.6	20.8	22.7	24.3	25.2	25.7	26.3	27.0	27.3
40	2.0	5.1	9.0	13.5	19.1	20.6	22.7	24.2	25.5	25.9	26.6	27.1	27.4
50	2.1	5.1	9.1	14.0	19.9	20.8	23.2	24.3	25.6	26.1	26.7	27.1	27.5
60	2.1	5.0	9.3	14.0	18.2	21.1	23.2	24.4	25.6	26.3	26.7	27.3	27.6
70	2.1	5.1	9.5	14.2	18.3	21.7	23.2	24.7	25.6	26.7	26.9	27.3	27.6
80	2.0	5.2	9.6	12.3	18.2	21.6	23.1	24.7	25.6	26.7	26.9	27.4	27.7
90	2.1	5.1	9.7	14.3	18.3	21.1	23.1	24.9	25.7	26.5	27.6	27.4	27.8
100	2.1	5.0	9.7	14.5	18.2	21.1	23.2	24.8	25.8	26.7	27.2	27.5	27.9

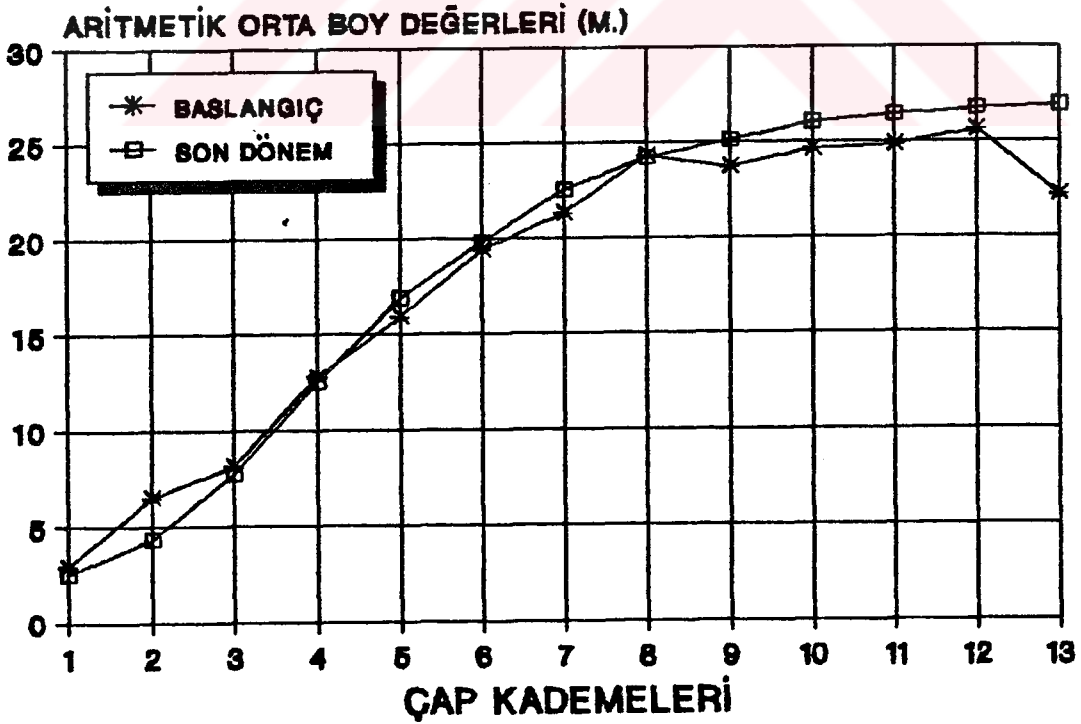
Tablo 4.18: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
⊗	2.9	6.5	8.1	12.8	15.9	19.4	21.3	24.3	23.7	24.6	24.8	25.6	22.2
10 [#]	1.7	3.8	8.0	13.3	17.1	19.6	22.3	23.2	25.2	24.7	25.5	25.2	25.4
20	1.7	3.6	7.9	12.6	17.4	21.0	22.8	24.0	25.3	25.4	25.6	25.7	26.0
30	1.7	3.7	7.7	12.8	17.6	20.0	22.8	24.2	25.0	25.9	25.7	26.1	26.0
40	1.9	3.9	7.2	12.4	17.5	20.5	23.4	24.3	25.1	25.9	26.2	26.2	26.2
50	1.7	4.0	7.2	12.8	17.4	20.4	23.0	24.6	25.3	25.9	26.3	26.3	26.3
60	2.0	3.9	7.3	12.5	17.5	20.8	22.3	24.6	25.4	25.8	26.3	26.5	26.5
70	2.2	3.9	7.4	12.3	17.3	20.8	23.0	24.5	25.5	25.9	26.3	26.6	26.6
80	1.9	4.0	7.5	12.5	16.7	20.4	22.7	24.3	25.4	26.0	26.3	26.6	26.6
90	2.4	4.0	7.2	12.2	16.8	20.8	22.8	24.4	25.5	26.0	26.3	26.7	26.8
100	2.5	4.3	7.7	12.5	16.9	19.8	22.5	24.2	25.1	26.0	26.4	26.7	26.9

⊗: Çap Kademeleri, ⊗: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.16: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.



Şekil 4.17: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

Tablo 4.19 ve 4.20 den de görülebileceği gibi MODEL3 için büyüme dönemleri itibariyle ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için çap kademeleri aritmetik orta boy değerlerinde belirgin bir yükselme görülmektedir. Ayrıca, her iki meşçereye ait boy eğrileri; büyüme dönemleri itibariyle başlangıç durumuna göre daha kararlı bir eğri halini almaktadır. ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL3 için başlangıç durumları ve son dönem (100 yıl sonra) çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri Şekil 4.18 ve 4.19 da gösterilmiştir.

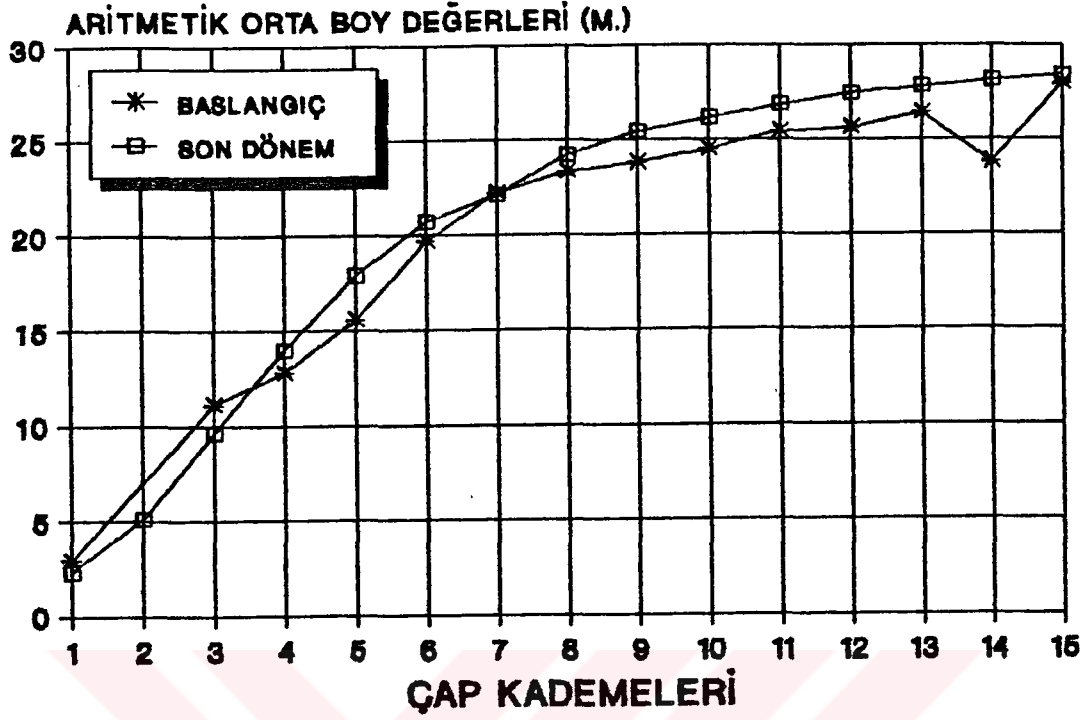
Tablo 4.19: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø	2.9	-	11.1	12.8	15.6	19.7	22.2	23.3	23.8	24.5	25.4	25.6	26.4	23.8	27.9
10 [#]	2.0	4.3	11.1	13.8	17.2	19.9	22.0	23.4	24.5	25.1	26.0	26.2	26.7	27.0	29.0
20	2.0	4.9	8.9	15.4	16.7	19.9	22.1	23.5	24.9	25.8	26.2	27.0	27.0	27.8	27.9
30	2.3	5.0	8.4	15.8	18.1	20.4	22.6	23.7	25.0	25.7	26.4	27.0	27.5	27.9	28.0
40	2.1	5.1	8.8	13.1	19.4	20.1	22.2	23.8	24.9	25.9	26.7	27.2	27.5	27.8	28.3
50	2.2	5.1	9.0	13.3	19.2	20.6	22.8	24.2	25.0	26.1	26.7	27.1	27.7	27.9	28.3
60	2.2	5.3	9.1	13.9	17.2	21.6	22.8	24.0	25.2	26.0	26.7	27.3	27.7	28.0	28.3
70	2.0	5.3	9.2	14.0	17.3	21.6	22.5	24.3	25.3	26.1	26.8	27.3	27.7	28.1	28.3
80	2.2	5.3	9.4	14.1	17.9	20.4	22.9	24.4	25.3	26.1	26.7	27.3	27.8	28.1	28.3
90	2.3	5.3	9.5	13.9	18.0	20.3	23.3	24.4	25.3	26.1	26.8	27.3	27.8	28.0	28.2
100	2.3	5.1	9.6	14.0	17.9	20.7	22.1	24.2	25.4	26.1	26.8	27.4	27.8	28.1	28.4

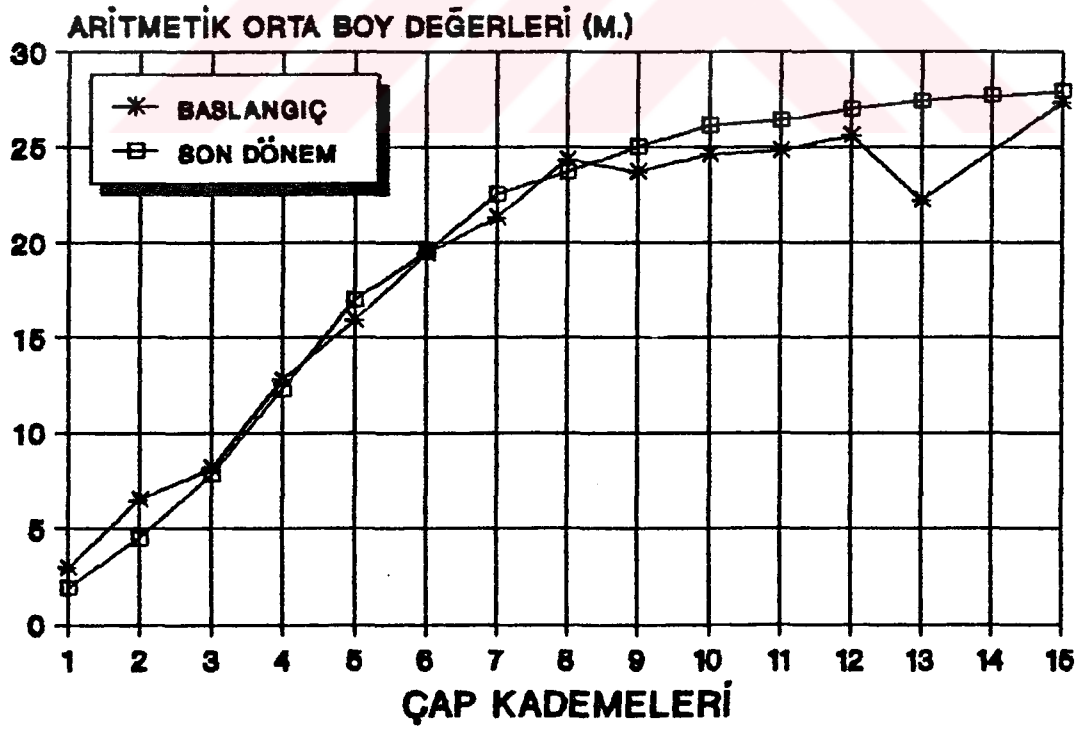
Tablo 4.20: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ø	2.9	6.5	8.1	12.8	15.9	19.4	21.3	24.3	23.7	24.6	24.8	25.6	22.2	-	27.3
10 [#]	1.7	3.8	8.1	13.0	16.6	19.3	22.0	22.9	25.2	25.1	25.8	25.8	26.4	25.8	28.6
20	1.8	4.0	7.6	12.0	16.8	19.9	21.9	23.6	25.3	25.6	26.3	26.4	26.9	27.0	-
30	2.2	4.1	7.5	12.7	17.0	19.4	21.9	23.6	24.7	26.0	26.5	26.6	27.0	27.3	27.2
40	1.9	2.3	7.6	11.7	16.8	19.5	22.5	23.8	25.0	26.0	26.4	27.0	27.1	27.3	27.4
50	1.7	4.1	7.6	12.3	16.0	19.8	22.3	23.9	25.0	25.9	26.6	27.0	27.2	27.4	27.6
60	2.2	4.2	7.8	12.5	16.2	20.5	21.9	23.9	25.0	25.8	26.6	26.9	27.3	27.4	27.7
70	1.9	4.2	7.8	12.1	16.4	29.8	22.0	23.8	25.3	25.9	26.6	27.0	27.4	27.4	27.7
80	1.9	4.2	7.8	12.5	17.9	19.9	22.5	23.9	25.4	26.0	26.7	27.0	27.4	27.6	27.7
90	2.1	4.2	7.7	12.1	17.1	19.6	22.5	24.0	24.8	26.0	26.5	27.0	27.3	27.6	27.8
100	1.9	4.5	7.8	12.3	17.0	19.5	22.5	23.7	25.0	26.1	26.4	27.0	27.4	27.7	27.9

Ø: Çap Kademeleri, Ø: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.18: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.



Şekil 4.19: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

Tablo 4.21 ve 4.22 de görüldüğü gibi büyüme dönemi ilerledikçe her iki meşçerede de hektardaki toplam ağaç sayılarında başlangıç durumuna göre bir artış olmuştur. Kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve mağlup olma nedeniyle meşçereden çıkarılan hacim miktarları ile kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacim miktarları büyüme dönemlerine göre kararsız bir dağılım göstermektedir.

Bununla birlikte, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, toplam çıkarılan hacim, kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacim değerlerinin aritmetik ortalaması sırasıyla, ALAN1 için 51.429 (S=11.349) m³, 34.447 (S=1.019) m² ve 385.606 (S=6.193) m³, ALAN2 için 65.909 (S=19.459) m³, 32.837 (S=1.052) m² ve 369.605 (S=14.788) m³ dür.

Tablo 4.21: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları İtibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yıl	Kuruyan Hacim m ³	Hasat Hacim m ³	Mağlup Hacim m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacim m ³
&	-	373.611	13.062	386.673	608	33.701	380.701
10 [#]	0.787	27.028	23.920	51.735	788	33.543	384.329
20	0.971	32.425	15.172	48.568	944	33.675	387.950
30	0.678	32.306	14.216	47.200	1024	33.965	391.685
40	1.114	47.431	16.496	65.141	1200	33.135	379.049
50	1.204	40.517	7.517	49.238	1352	33.834	382.910
60	1.382	44.561	11.644	57.587	1444	33.371	376.017
70	1.602	15.981	8.937	26.520	1480	35.495	415.170
80	1.758	64.108	0.982	66.848	1530	34.806	388.506
90	1.177	52.516	1.681	55.374	1522	35.063	388.418
100	1.900	36.097	9.984	46.081	1588	35.880	396.495

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.22: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yıl	Kuru Hacım m ³	Hasat Hacım m ³	Mağlup Hacım m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacım m ³
&	-	227.581	16.651	243.232	693	33.616	374.905
10 [#]	2.205	18.994	19.154	40.355	860	35.231	399.931
20	4.971	52.818	38.334	96.123	960	32.460	369.487
30	1.188	52.467	11.294	64.949	967	32.035	365.685
40	0.968	32.702	9.961	43.332	1140	32.667	383.647
50	1.569	67.443	6.646	75.658	1347	32.157	370.819
60	1.842	66.143	1.180	69.165	1347	32.353	362.004
70	1.958	53.427	3.141	58.506	1350	32.702	363.450
80	2.305	40.664	1.379	44.348	1347	34.309	380.319
90	1.855	86.760	1.751	90.366	1430	32.481	353.816
100	3.254	73.038	-	76.292	1443	31.650	341.600

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.23 ve 4.24 de görüldüğü gibi büyüme dönemi ilerledikçe her iki meşçerede de hektardaki toplam ağaç sayılarında başlangıç durumuna göre bir artış olmuştur. Kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve mağlup olma nedeniyle meşçereden çıkarılan hacim miktarları ile kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacim miktarları büyüme dönemlerine göre kararsız bir dağılım göstermektedir.

Bununla birlikte, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, toplam çıkarılan hacim, kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacim değerlerinin aritmetik ortalaması sırasıyla, ALAN1 için 57.359 (S=21.574) m³, 45.802 (S=1.068) m² ve 540.713 (S=15.831) m³, ALAN2 için 52.673 (S=19.949) m³, 44.979 (S=3.773) m² ve 522.713 (S=49.812) m³ dür.

Tablo 4.23: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yılı	Kuru. Hacım m ³	Hasat Hacım m ³	Mağlup Hacım m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacım m ³
&	-	233.599	13.062	246.661	672	45.142	520.713
10 [#]	0.564	34.526	26.078	61.168	808	44.875	526.110
20	0.815	33.850	42.864	77.529	912	45.615	526.545
30	1.275	-	30.729	32.004	976	46.321	551.512
40	1.189	66.934	25.624	93.747	1102	43.446	516.157
50	1.520	17.069	3.273	21.862	1164	46.086	549.473
60	1.482	50.344	8.581	60.407	1278	45.766	544.881
70	1.612	33.699	15.436	50.747	1334	46.187	549.310
80	1.746	34.346	4.749	40.839	1368	47.465	564.874
90	1.516	61.128	3.729	66.373	1444	46.909	555.418
100	2.224	50.211	16.479	68.914	1452	46.013	542.857

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.24: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yılı	Kuru. Hacım m ³	Hasat Hacım m ³	Mağlup Hacım m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacım m ³
&	-	172.880	15.651	188.531	720	38.349	429.605
10 [#]	1.469	17.444	18.402	37.315	737	40.593	466.379
20	2.148	17.301	60.691	80.140	1013	39.552	455.161
30	1.603	19.662	4.763	26.028	1150	43.159	499.705
40	3.189	18.320	14.640	36.149	1143	45.553	530.716
50	2.077	54.867	10.447	67.391	1190	45.546	530.714
60	2.686	26.697	2.605	31.988	1303	48.423	566.008
70	4.046	46.684	2.082	52.912	1250	49.274	577.736
80	3.016	73.507	6.121	82.644	1263	47.681	558.129
90	3.514	46.074	1.885	51.473	1153	48.250	567.554
100	2.383	55.164	3.140	60.687	1253	48.398	568.141

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.25 ve 4.26 da görüldüğü gibi büyüme dönemi ilerledikçe her iki meşçerede de hektardaki toplam ağaç sayılarında başlangıç durumuna göre bir artış olmuştur. Kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve mağlup olma nedeniyle meşçereden çıkarılan hacım miktarları ile kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacım miktarları büyüme dönemlerine göre

kararsız bir dağılım göstermektedir. Bununla birlikte, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, toplam çıkarılan hacım, kalan göğüs yüzeyi ve kalan hacım değerlerinin aritmetik ortalaması sırasıyla, ALAN1 için 52.407 (S=21.391) m³, 56.904 (S=3.143) m² ve 686.041 (S=43.328) m³, ALAN2 için 43.878 (S=29.562) m³, 53.202 (S=8.23) m² ve 647.175 (S=89.996) m³ dür.

Tablo 4.25: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yılı	Kuru. Hacım m ³	Hasat Hacım m ³	Mağlup Hacım m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacım m ³
&	-	110.399	13.062	123.461	712	55.078	643.914
10#	0.317	37.253	42.276	79.846	856	53.955	641.965
20	1.530	46.301	29.806	77.637	1030	52.974	634.346
30	1.523	7.832	18.193	27.548	976	55.472	670.648
40	1.899	29.850	25.994	57.743	1142	55.907	676.725
50	1.991	68.094	13.296	83.381	1180	54.064	654.221
60	1.190	7.683	17.562	26.435	1298	56.794	687.680
70	3.067	22.612	16.500	42.179	1322	58.233	706.045
80	2.820	30.137	10.803	43.760	1286	59.531	723.115
90	1.744	30.273	4.299	36.316	1304	61.585	748.416
100	3.219	30.213	15.798	49.230	1280	62.347	759.382

Tablo 4.26: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları itibariyle Çeşitli Hektar Değerleri.

Geçen Süre Yılı	Kuru. Hacım m ³	Hasat Hacım m ³	Mağlup Hacım m ³	Toplam Çık.Hac. m ³	Kalan Ağ.Say.	Kalan Göğ.Yüz. m ²	Kalan Hacım m ³
&	-	110.399	13.062	123.461	712	55.078	643.914
10#	4.666	47.506	19.073	73.497	953	45.325	525.164
20	2.674	51.586	37.029	91.290	1080	43.666	507.648
30	2.909	-	4.845	7.754	1273	48.659	569.897
40	2.475	24.517	27.655	54.647	1283	49.712	584.858
50	3.439	-	7.167	10.606	1279	54.214	642.611
60	3.087	-	10.636	13.723	1244	58.372	696.887
70	3.627	59.598	14.213	67.439	1370	58.164	695.363
80	4.123	12.219	4.502	20.845	1373	61.557	739.787
90	4.513	24.616	11.590	40.719	1457	63.626	765.682
100	5.272	37.202	15.786	58.261	1333	63.588	743.856

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.27 ve 4.28 de görülebileceği gibi, MODEL1 de kuruma ihtimalleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, mağlup olma ihtimallerinde kararlı bir değişim söz konusu değildir. ALAN1 meşçeresinde tüm çap kademeleri için bir üst çap kademesine geçme ihtimali aynı çap kademesinde kalma ihtimalinden küçük olmasına rağmen ALAN2 meşçeresinde bu ihtimaller birbirlerinden çok küçük farklar göstermektedirler.

Şekil 4.20 de görülebileceği gibi MODEL1 için 10 yıllık bir dönemde bir üst çap kademesine geçiş ihtimalleri; ALAN2 meşçeresi için ALAN1 meşçeresine göre genellikle daha yüksektir.

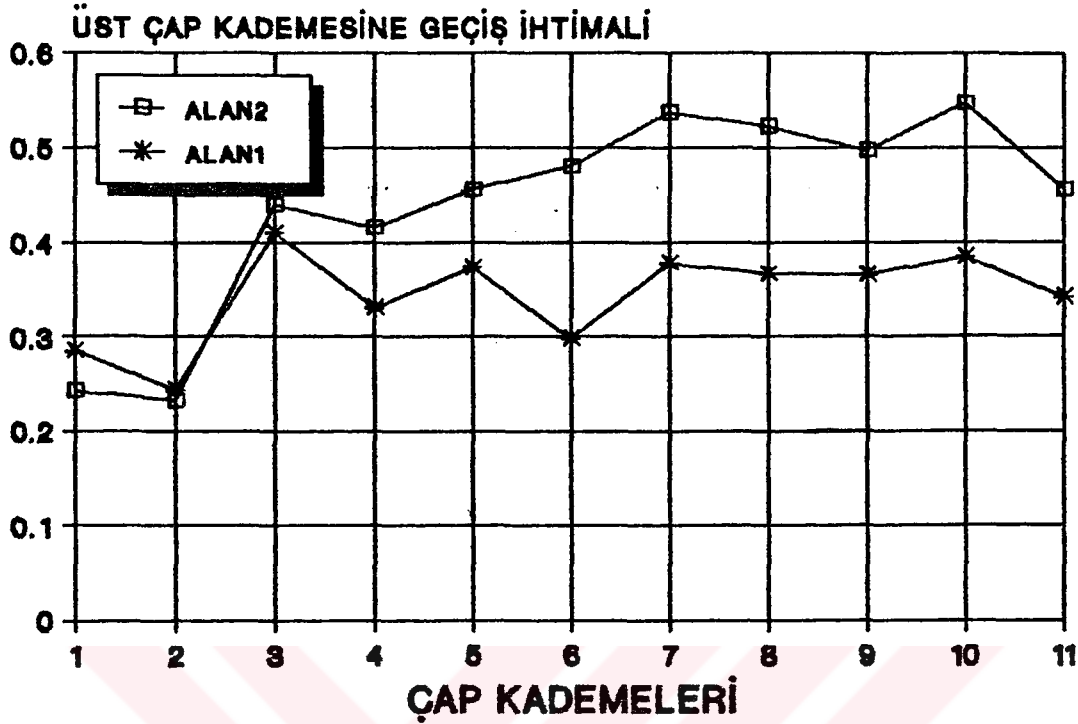
Tablo 4.27: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	@	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 [#]														
2	.245		.469	.285										
3	.133			.623	.244									
4	.039	.001			.550	.410								
5	.004	.068				.597	.331							
6		.037					.590	.373						
7		.038						.663	.299					
8		.033							.589	.378				
9		.022								.611	.367			
10		.029									.605	.366		
11		.019										.597	.384	
12		.031											.628	.341

Tablo 4.28: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	@	1 [#]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 [#]														
2	.372		.385	.243										
3	.202			.566	.232									
4	.023				.537	.440								
5	.022	.068				.494	.416							
6	.006	.058					.506	.456						
7		.020						.500	.480					
8		.029							.434	.537				
9		.051								.421	.522			
10		.013									.490	.497		
11		.005										.448	.547	
12		.027											.517	.455

#: Çap Kademeleri, &: Kuruma ihtimali, @: Mağlup Olma ihtimali



Şekil 4.20: MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 Meşçerelerinin Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri.

Tablo 4.29 ve 4.30 dan görülebileceği gibi, MODEL2 de kuruma ihtimalleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, mağlup olma ihtimallerinde kararlı bir değişim söz konusu değildir.

ALAN1 meşçeresinde tüm çap kademeleri için bir üst çap kademesine geçme ihtimali aynı çap kademesinde kalma ihtimalinden küçük olmasına rağmen, ALAN2 meşçeresinde bu ihtimaller birbirlerinden çok küçük farklar göstermektedirler.

Şekil 4.21 de görülebileceği gibi MODEL2 için 10 yıllık bir dönemde bir üst çap kademesine geçiş ihtimalleri; ALAN2 meşçeresi için ALAN1 meşçeresine göre genellikle daha yüksektir.

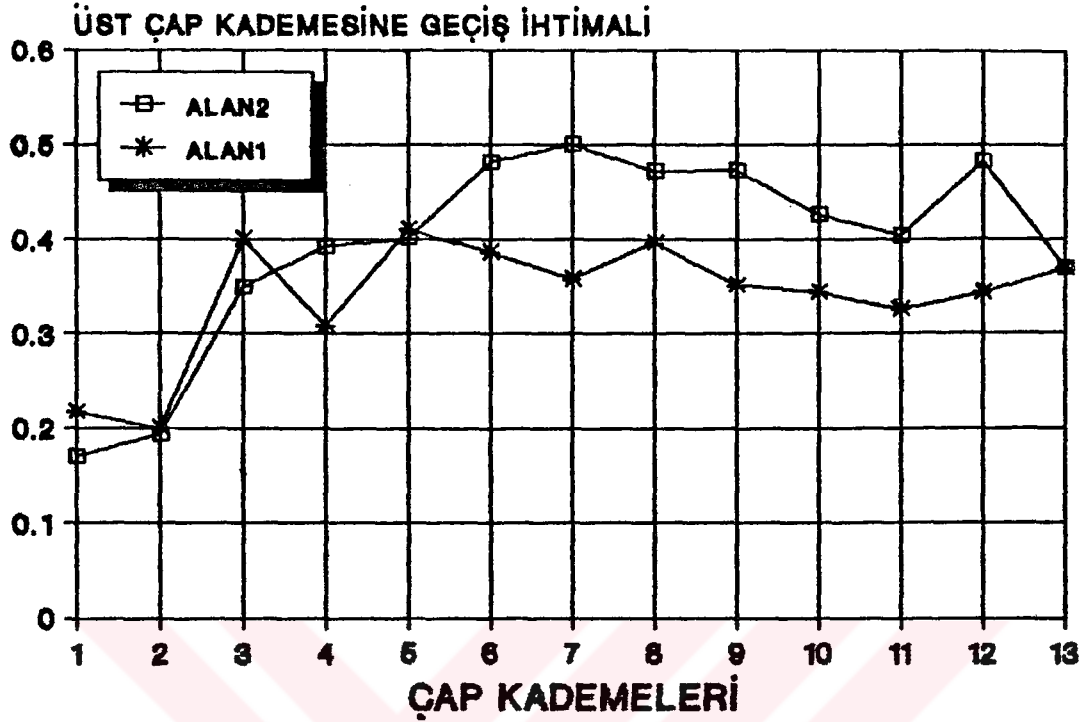
Tablo 4.29: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	ø	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1*	.330		.453	.217												
2	.175			.625	.200											
3	.076				.524	.400										
4	.007	.066				.618	.309									
5		.026					.554	.410								
6		.040						.574	.385							
7		.034							.608	.358						
8		.033								.571	.395					
9		.040									.608	.352				
10		.028										.628	.344			
11		.023											.651	.326		
12		.043												.614	.343	
13															.632	0.368

Tablo 4.30: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	ø	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1*	.494		.336	.170												
2	.279			.528	.193											
3	.050				.600	.350										
4	.022	.067				.519	.392									
5	.026	.076					.497	.401								
6		.045						.474	.481							
7		.019							.481	.500						
8		.068								.460	.472					
9		.012									.515	.473				
10		.037										.537	.426			
11		.025											.571	.404		
12														.518	.482	
13															.631	.369

*: Çap Kademeleri, &: Kuruma ihtimali, ø: Maglup Olma ihtimali



Şekil 4.21: MODEL2 için ALAN1 ve ALAN2 Meşçerelerinin Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri.

Tablo 4.31 ve 4.32 den görülebileceği gibi, MODEL3 de kuruma ihtimalleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, mağlup olma ihtimallerinde kararlı bir değişim söz konusu değildir.

ALAN1 meşçeresinde tüm çap kademeleri için bir üst çap kademesine geçme ihtimali aynı çap kademesinde kalma ihtimalinden küçük olmasına rağmen, ALAN2 meşçeresinde bu ihtimaller birbirlerinden çok küçük farklar göstermektedirler.

Şekil 4.22 de görülebileceği gibi MODEL3 için 10 yıllık bir dönemde bir üst çap kademesine geçiş ihtimalleri; ALAN2 meşçeresi için ALAN1 meşçeresine göre genellikle daha yüksektir.

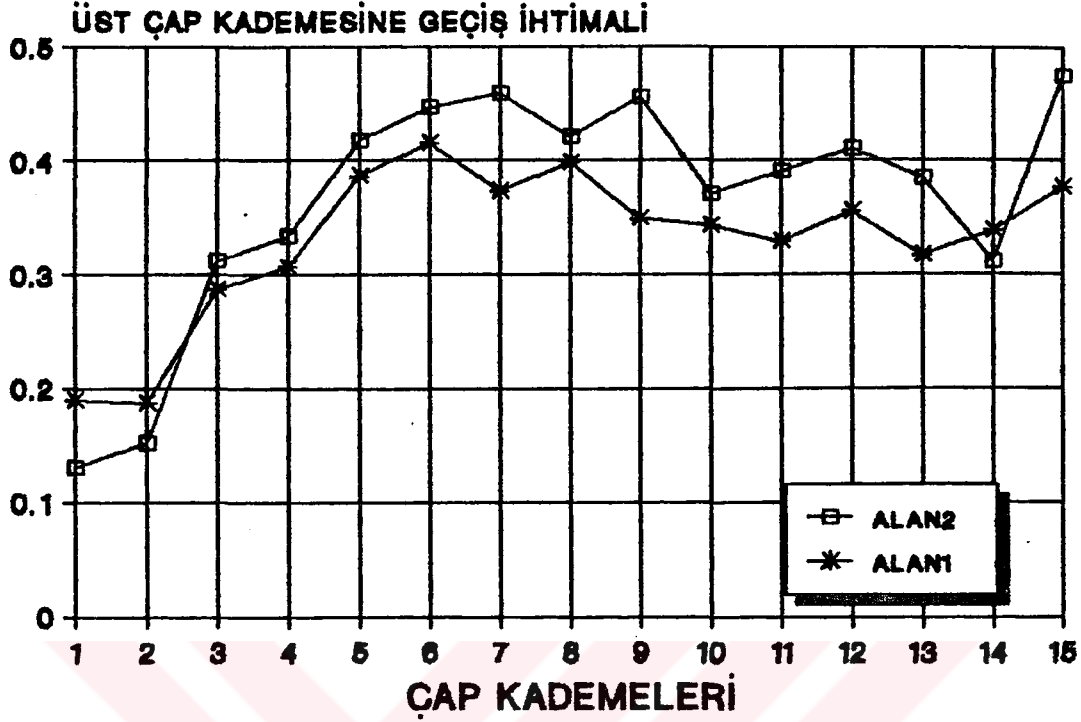
Tablo 4.31: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	ø	1 ^z	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 ^z	.388		.423	.189														
2	.218			.595	.187													
3	.080				.633	.287												
4	.011	.103				.580	.306											
5		.113					.401	.486										
6		.036						.549	.415									
7		.057							.570	.373								
8		.049								.553	.398							
9		.051									.600	.349						
10		.032										.625	.343					
11		.039											.632	.329				
12		.004												.641	.355			
13		.029													.655	.316		
14																.662	.338	
15																	.624	.376

Tablo 4.32: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Arasındaki Geçiş İhtimalleri ($\Theta = 10$ yıl).

	&	ø	1 ^z	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 ^z	.531		.339	.130														
2	.329			.519	.152													
3	.064				.624	.312												
4	.044	.095				.528	.333											
5	.020	.047					.536	.397										
6		.050						.504	.446									
7		.035							.507	.458								
8		.051								.529	.420							
9		.018									.528	.455						
10		.020										.609	.371					
11		.071											.539	.390				
12		.009												.581	.410			
13															.615	.385		
14																.689	.311	
15																	.525	.475

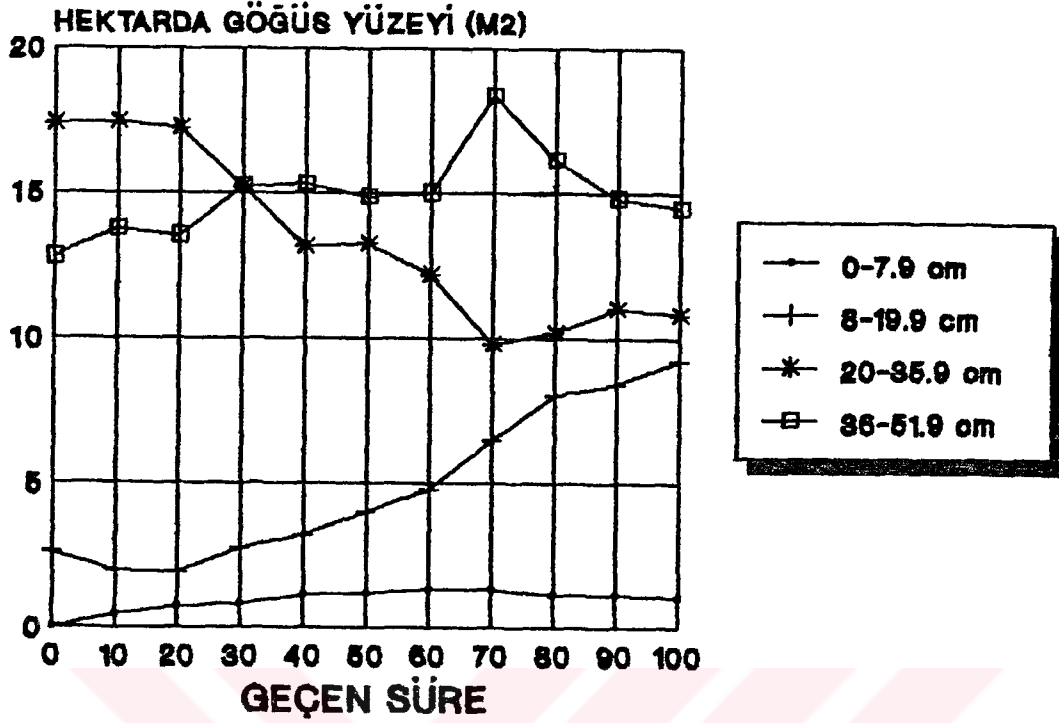
z: Çap Kademeleri, &: Kuruma ihtimali, ø: Maglup Olma ihtimali



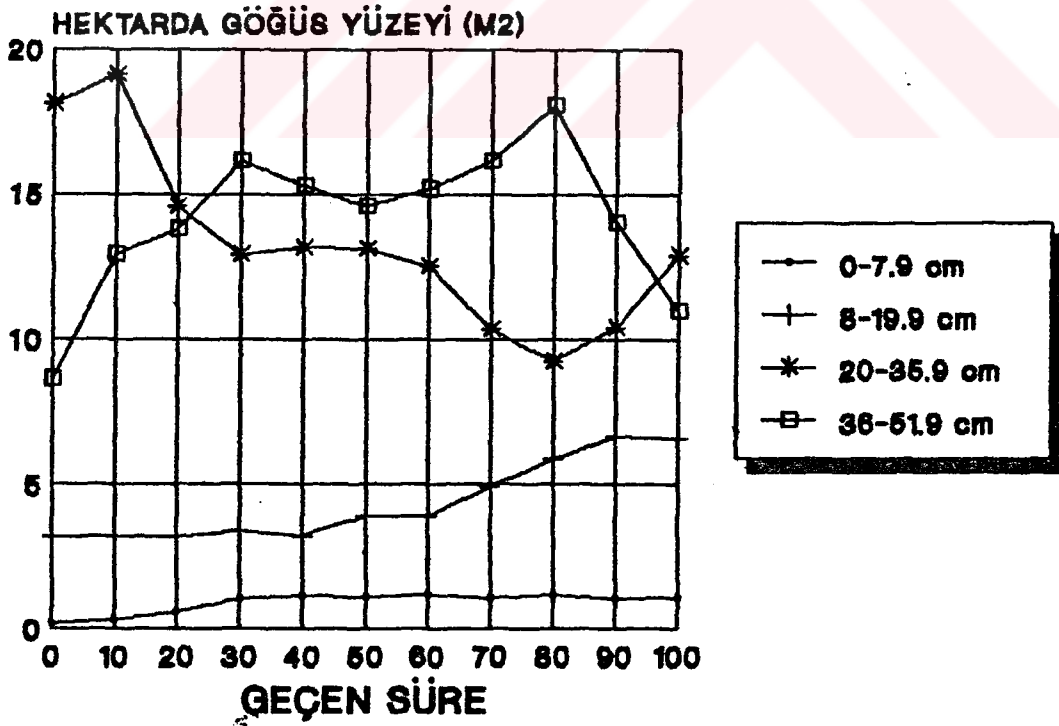
Şekil 4.22: MODEL3 için ALAN1 ve ALAN2 Meşçerelerinin Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri.

MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin büyüme dönemlerinin sonları itibariyle, çap sınıflarındaki göğüs yüzeyi değerleri Şekil 4.23 ve 4.24 de verilmiştir. Bu tablolardan da görülebileceği gibi, her iki meşçerede; büyüme dönemleri ilerlerken, göğüs yüzeyi değerleri I ve II. çap sınıfında artış göstermiş, III. çap sınıfında azalmış ve IV. çap sınıfında kararsız bir değişim göstermiştir. MODEL2' de ise Şekil 4.25 ve 4.26 da görülebileceği gibi, I ve II. çap sınıflarında MODEL1'e göre daha az artış olurken, III. çap sınıfında azalış ve IV. çap sınıfında MODEL1'in aksine kararlı bir artış olmuştur.

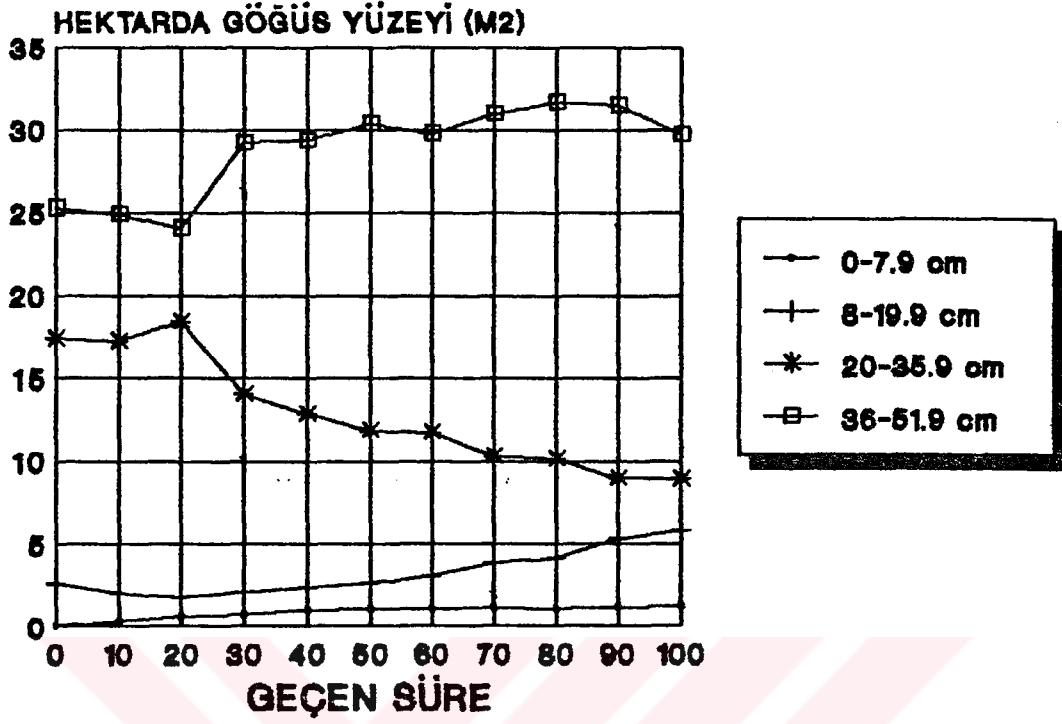
MODEL3' de beş çap sınıfı bulunmaktadır. Şekil 4.27 ve 4.28 de görülebileceği gibi, büyüme dönemi sonları itibariyle, başlangıç durumuna göre, I, II, IV ve V. çap sınıflarında artış olurken, III. çap sınıfında; MODEL1 ve MODEL2' de olduğu gibi azalış olmuştur.



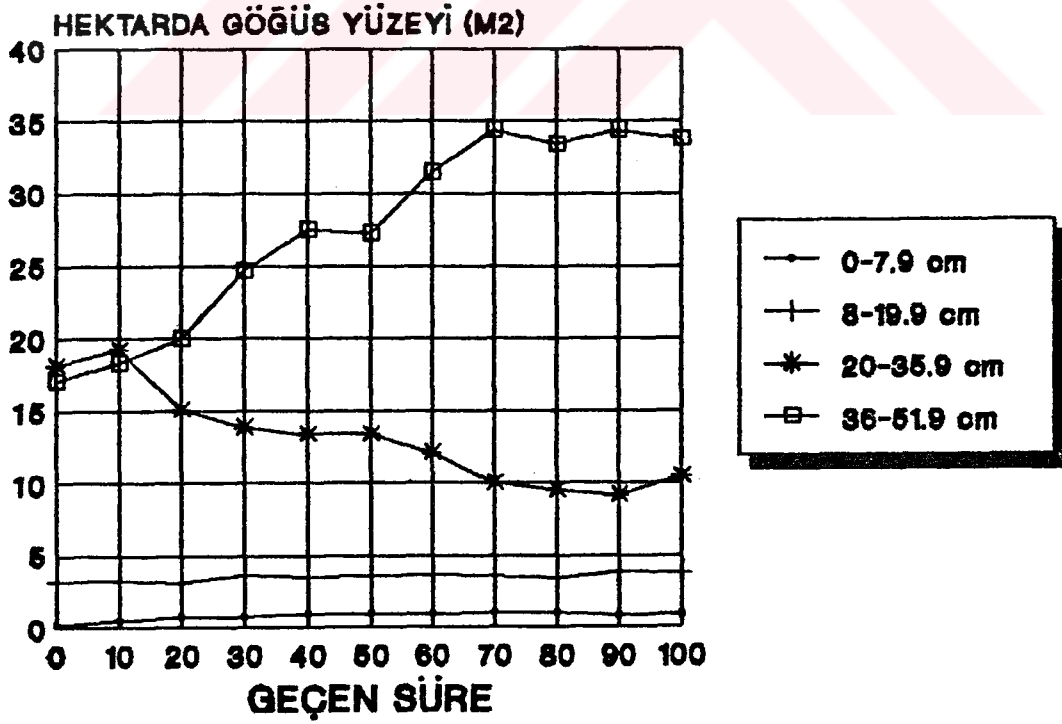
Şekil 4.23: MODEL1 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.



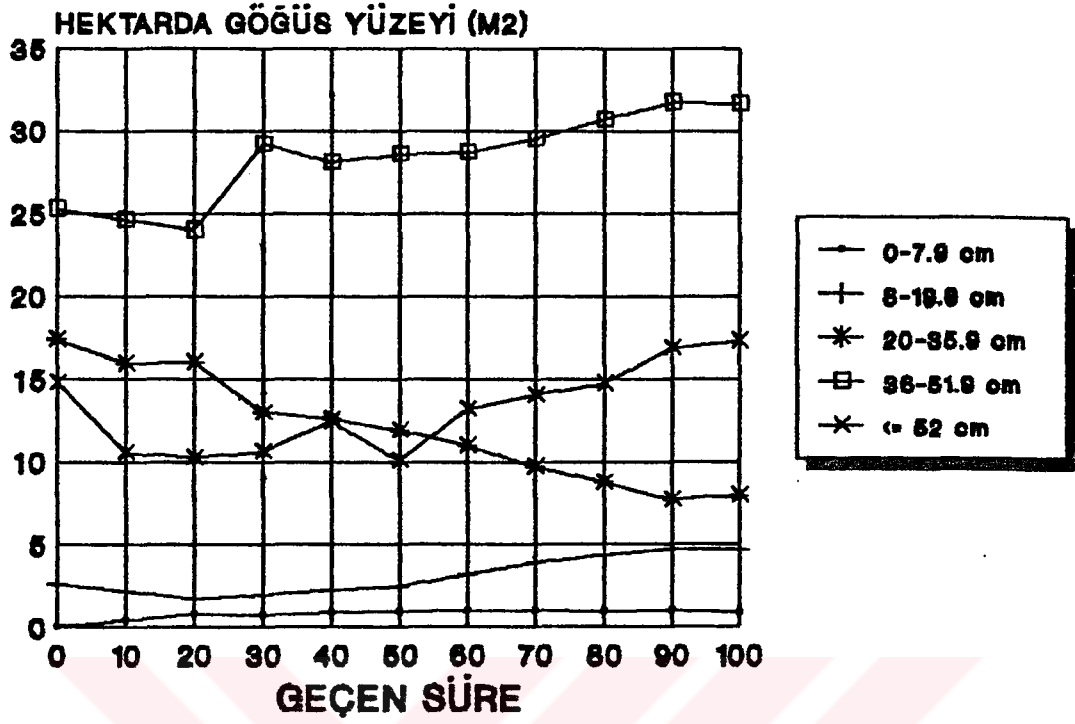
Şekil 4.24: MODEL1 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.



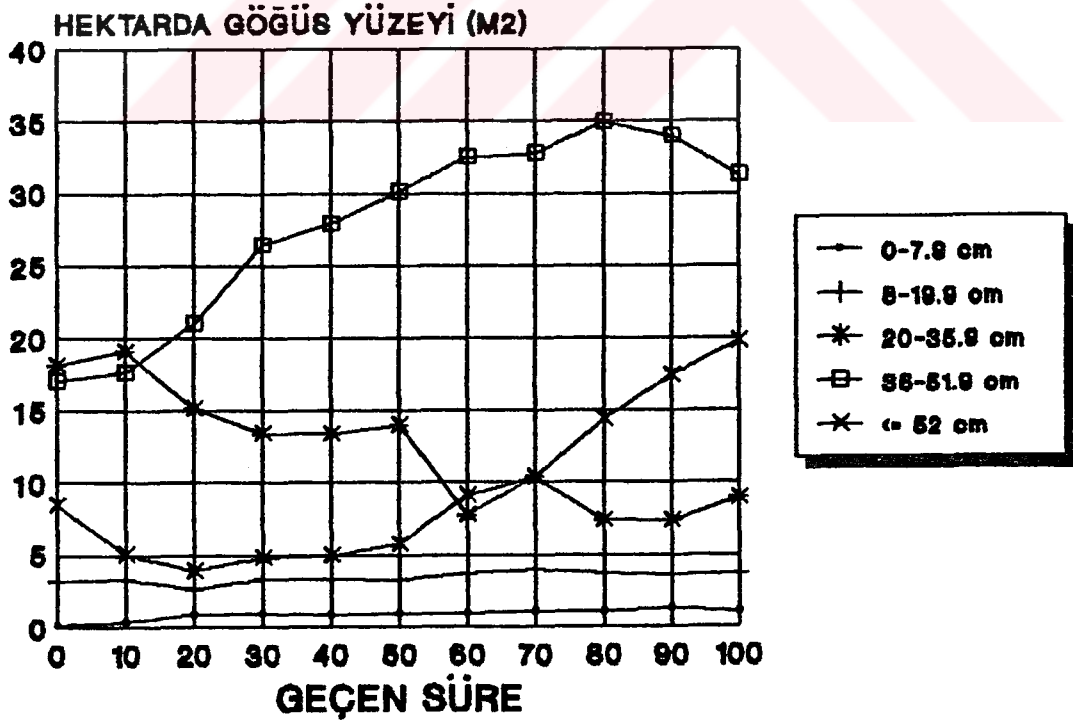
Şekil 4.25: MODEL2 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzevi Değerleri.



Şekil 4.26: MODEL2 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzevi Değerleri.



Şekil 4.27: MODEL3 için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.28: MODEL3 için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemi Sonları ile Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.

4.1.3. Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline İlişkin Bulgular

Tek tabakalı meşçere kuruluşu simülasyon modelinde; 10'ar yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, meşçeredeki ağaçlardan, meşçerenin aritmetik orta boyundan 2 standart sapmadan daha az boya sahip ağaçlar ile % 80 ve daha fazla baskıya uğrayan (yarışma endeksi 120'den daha küçük olan ağaçlar) ağaçlar meşçereden çıkarılmıştır. Bu yaklaşımlar ile, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, 10' ar yıllık büyüme dönemi ortalama değerlerine bağlı olarak, çap kademelerine göre hektardaki ağaç sayıları Tablo 4.33 ve 4.34 de verilmiş, her iki meşçerenin başlangıç ve son dönem çap kademesi ağaç sayıları Şekil 4.29 ve 4.30 da gösterilmiştir.

10' ar yıllık büyüme dönemi sonu itibariyle, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademelerine göre aritmetik orta boy değerleri Tablo 4.35 ve 4.36 da verilmiştir. Ayrıca, bu meşçerelerin başlangıç ve son dönem çap kademesi aritmetik orta boy değerleri Şekil 4.31 ve 4.32 de gösterilmiştir.

Tek tabakalı meşçere simülasyon modeline göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin 10'ar yıllık büyüme dönemleri itibariyle, kalan ağaç sayısı, üst boy, hacim ve göğüs yüzeyi ile meşçereden çıkarılan hacim değerleri Tablo 4.37 ve 4.38 de verilmiştir.

Doğal büyüme ve seçme işletmesi simülasyon modellerinde olduğu gibi tek tabakalı meşçere simülasyon modelinde de beş çap sınıfı oluşturularak, büyüme dönemi sonları itibariyle, bu çap sınıflarındaki göğüs yüzeyi değişimleri Şekil 4.33 ve 4.34 de gösterilmiştir.

Tablo 4.33 ve 4.34 den de görülebileceği gibi 10'ar yıllık büyüme dönemleri itibariyle, çap kademeleri ağaç sayıları ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru ka-

yarken, meşçeredeki toplam ağaç sayısı azalmaktadır. 100 yıllık bir büyüme dönemi sonunda ALAN1 meşçeresinin en kalın çap kademesi 17'den 24'e çıkarken, ALAN2 meşçeresinde 18'den 24'e yükselmiştir. Yine 100 yıllık büyüme döneminin sonunda ALAN1 meşçeresindeki ağaçlar 6-23 çap kademeleri arasında değişirken, bu aralık ALAN2 meşçeresinde 10-24'dür (Şekil 4.29 ve 4.30).

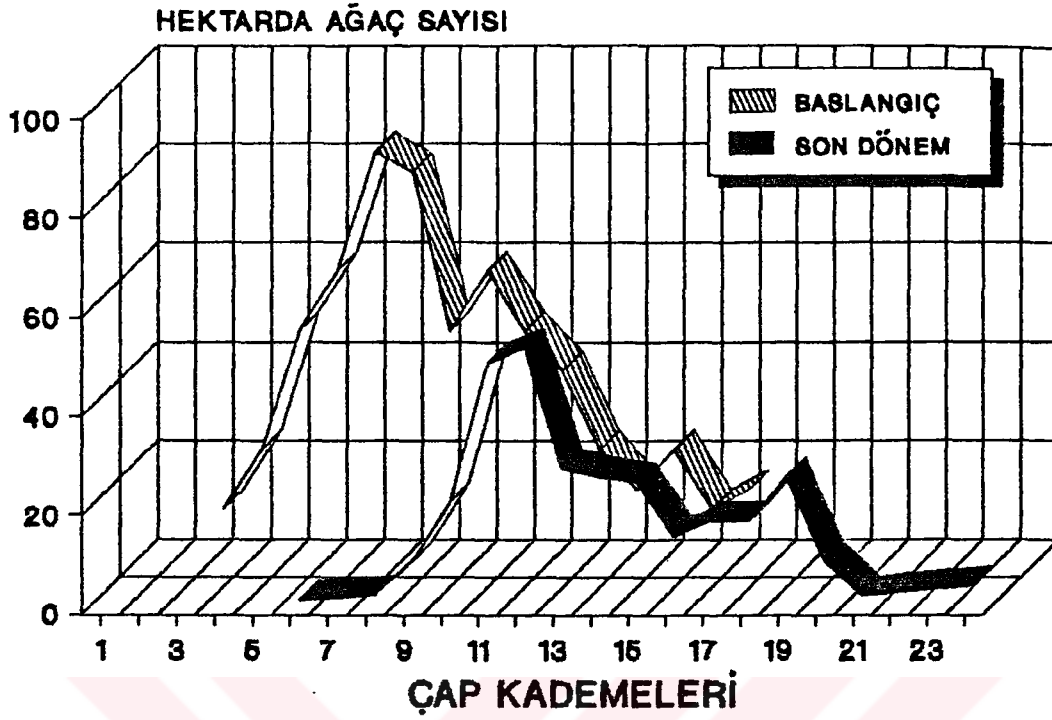
Tablo 4.33: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Hektarda Çap Kademeleri Ağaç Sayıları.

	3 [#]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
&	12	24	48	60	84	80	48	60	48	40	24	16	24	12	16							
10 [#]	4	4	9	65	69	64	72	65	42	34	18	36	16	16	16	4						
20		7	1	31	55	77	58	65	44	32	27	22	26	20	17	3	4					
30		4	1	6	44	70	47	66	41	39	32	10	34	20	18	9	4					
40		2	2	1	25	56	57	54	59	32	28	16	23	24	20	16		4	4			
50			3		11	38	52	58	64	24	36	22	13	26	28	15	3		4			
60				1	6	19	48	49	66	32	31	25	9	26	28	14	8			4		
70				1	1	9	38	49	59	39	29	28	14	20	22	22	13	1		1	3	
80				1	1	5	21	48	56	41	32	28	17	18	19	24	16	3			3	
90				1	1	3	15	34	53	49	27	27	23	14	19	20	23	6				
100				1		2	9	21	49	52	28	26	25	14	17	17	26	9	2			4

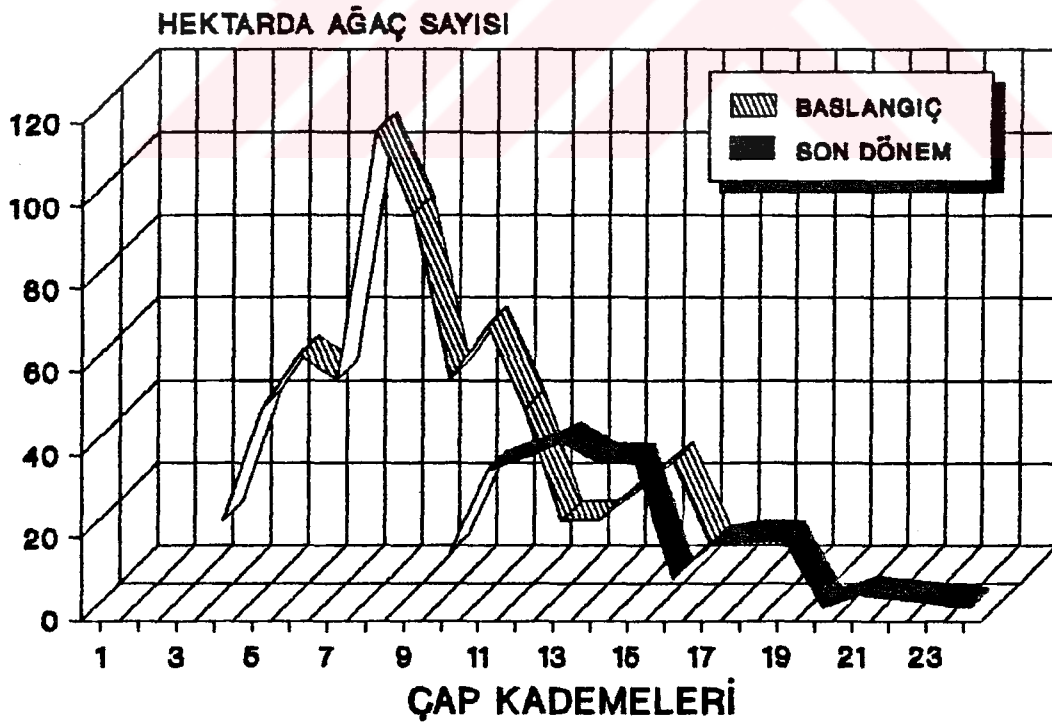
Tablo 4.34: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN2 Meşçeresinin Hektarda Çap Kademeleri Ağaç Sayıları.

	3 [#]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
&	13	40	53	47	107	87	47	60	40	13	13		27	7	7	7						
20 [#]			9	41	54	75	65	58	48	31	13	12	8	18	7	7	7					
30			1	9	51	60	59	76	42	38	13	13	7	27	7	7		7				
40					25	47	69	63	56	34	23	7	11	25	14	2	5	7				
50					3	25	76	52	50	48	29	11	13	15	23		7	7				
60					1	9	61	59	42	49	31	22	9	10	27	7	3	3	7			
70						3	28	53	40	44	46	27	5	12	20	17		7	3	1		
80							8	50	40	39	37	30	16	12	14	23	1	5	2	4		
90							3	31	48	30	42	40	25	9	10	26	7	3	4	4		
100								14	34	37	41	36	36	8	16	17	17	1	4	3	2	1

* : Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.29: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline İçin ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları.



Şekil 4.30: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline İçin ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları.

Tablo 4.35 ve 4.36 dan görülebileceği gibi ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için çap kademelerine ait aritmetik orta boy değerleri, 10'ar yıllık dönemler halinde, giderek büyümekte olup, başlangıçtaki boy egrileri de ilerleyen dönemlerle birlikte daha kararlı bir şekil almaktadırlar. Ayrıca, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerine ait aritmetik orta boy değerleri; ilerleyen büyüme dönemleri ile birbirlerine çok yakın değerler almaktadırlar (Şekil 4.31 ve 4.32).

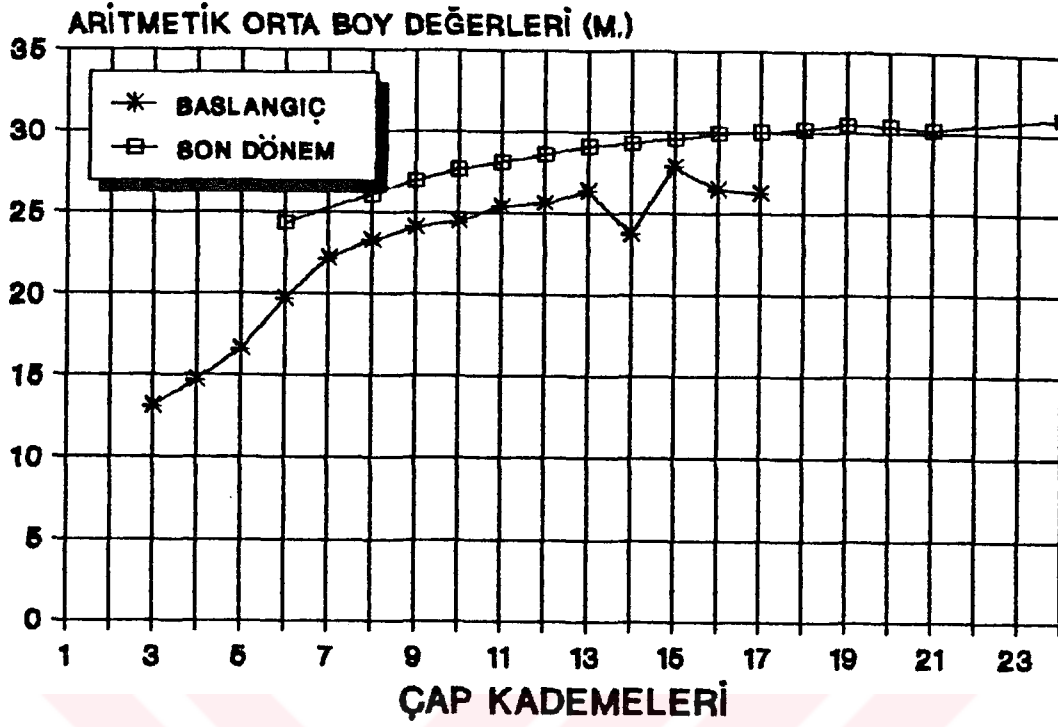
Tablo 4.35: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresinin Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m.).

	3 ¹	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
&	19.6	14.7	16.6	19.7	22.2	23.3	24.1	24.5	25.4	25.6	26.4	23.8	27.9	26.5	26.3								
#10	23.7	21.1	18.4	20.2	22.3	23.2	24.7	25.1	26.0	26.2	26.6	26.9	28.7	27.1	27.3	26.8							
20		22.8	21.4	21.9	22.8	23.7	25.0	25.5	26.3	26.8	26.8	27.4	28.3	27.9	27.6	27.9	27.7						
30		23.8	21.4	23.7	23.1	24.4	25.0	26.0	26.3	27.0	27.2	28.0	28.0	28.6	28.0	28.3	28.3						
40		24.0	23.6	24.3	23.3	24.7	25.3	26.3	26.6	27.3	27.6	27.8	28.1	28.7	28.7	28.5	28.9						
50			23.9	24.2	24.8	25.5	26.2	26.8	27.2	27.8	28.1	28.3	28.8	28.8	28.9	29.0	29.2						
60			23.7	24.0	24.7	25.2	25.9	26.5	27.2	27.6	28.1	28.2	28.4	29.1	29.1	29.4	29.3	29.7					
70				23.8	25.0	25.3	26.1	26.8	27.4	27.8	28.3	28.5	28.8	29.3	29.4	29.5	29.6	30.0	30.0				
80				23.8	24.5	23.1	26.6	27.0	27.7	28.1	28.6	28.7	29.1	29.4	29.7	29.8	29.8	30.1	30.1	30.4	30.4		
90				33.9	25.1	25.5	26.7	27.4	27.9	28.4	28.6	29.0	29.3	29.5	29.9	30.1	30.2	30.3	30.3	31.0	31.0		
100				24.4	26.1	27.0	27.7	28.1	28.6	29.1	29.3	29.6	29.9	29.9	30.0	30.2	30.5	30.4	30.2	31.0	31.0		

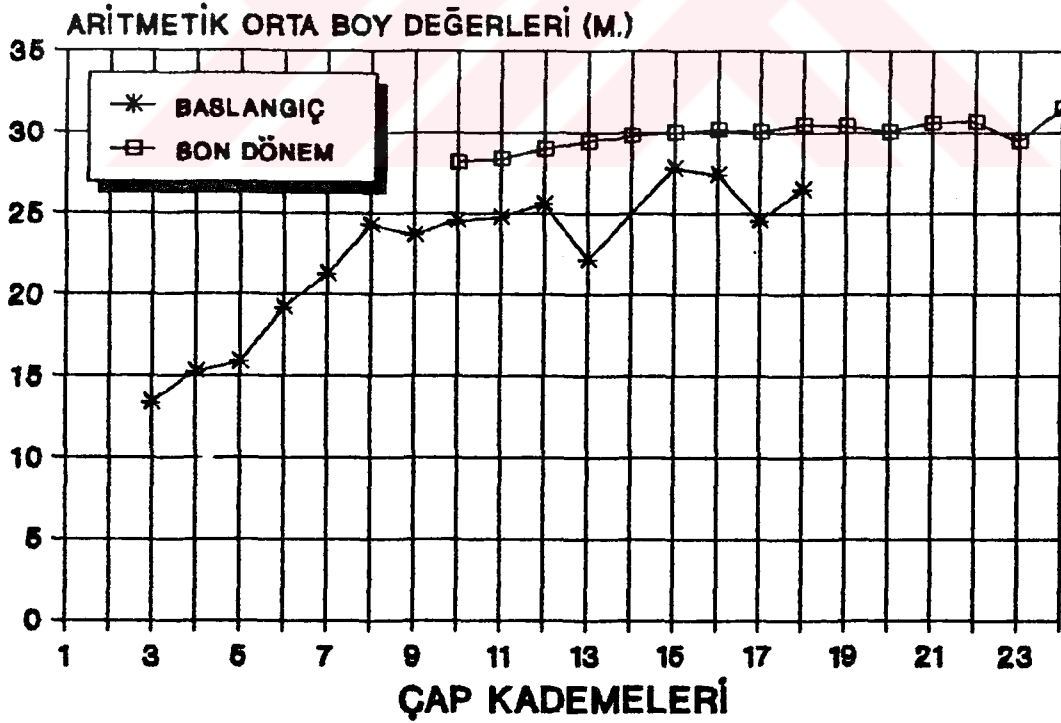
Tablo 4.36: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN2 Meşçeresinin Çap Kademeleri Aritmetik Orta Boy Değerleri (m.).

	3 ¹	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
&	13.4	15.3	15.9	19.2	21.3	24.3	23.7	24.6	24.8	25.6	22.2	27.8	27.4	24.6	26.5								
#10	20.8	17.5	19.6	22.3	22.9	25.1	25.0	25.6	25.8	26.1	25.8	27.8	27.2	27.4	26.5								
20		20.6	20.8	22.4	23.7	25.1	25.6	26.0	26.2	26.7	26.7	27.4	27.0	27.8	27.7	27.1							
30		20.8	21.6	22.7	24.1	25.0	26.0	26.3	26.7	26.7	27.4	27.0	28.1	27.9	28.0	28.0	28.0						
40				23.4	24.2	25.3	26.2	26.6	27.0	27.2	27.7	27.9	28.5	28.1	28.0	28.2	28.1						
50				23.9	24.6	25.6	26.3	27.1	27.2	27.9	27.8	28.2	28.8	28.5	27.8	28.4	28.7	29.1					
60				24.3	25.4	26.0	26.7	27.3	27.7	28.0	28.3	28.7	29.4	28.8	28.9	29.1	29.0	29.3					
70					25.4	26.3	26.8	27.6	27.9	28.4	28.7	28.7	29.3	29.4	29.3	29.3	29.6	27.8					
80						26.6	27.1	27.9	28.4	28.7	29.0	29.3	29.4	29.7	29.7	29.3	29.9	30.2	29.4				
90							27.0	27.6	28.1	28.8	29.0	29.5	29.5	29.8	29.7	30.1	30.0	30.1	30.6	29.7			
100								28.2	28.4	29.0	29.4	29.8	30.0	30.2	30.1	30.5	30.4	30.1	30.6	30.7	29.5	31.5	

*: Çap Kademeleri, &: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)



Şekil 4.31: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline İçin ALAN1 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.



Şekil 4.32: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline İçin ALAN2 Meşçeresinin Başlangıç ve Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

Doğal büyüme simülasyon modeli sonuçlarında olduğu gibi (Bölüm 4.1.1. Tablo 4.5 ve 4.6), tek tabakalı meşçere simülasyon modelinde de 10' ar yıllık büyüme dönemleri sonunda; Tablo 4.37 ve 4.38 de görülebileceği gibi, ALAN1 ve ALAN2 meşçeresi ağaç sayılarında başlangıç durumuna göre bir azalma, üst boy, hacim ve göğüs yüzeyi değerlerinde ise artış olmuştur.

Tek tabakalı meşçere simülasyon modeli sonuçlarından; meşçereden ayrılan hacim miktarları büyüme dönemlerine göre bir kararlılık göstermemekle birlikte (Tablo 4.37 ve 4.38), ortalama değerler olarak ALAN1 meşçeresinde; 38.113 (S=20.591) m³, ALAN2 meşçeresinde; 31.534 (S=10.761) m³ dür. ALAN1 meşçeresi başlangıç durumunda; 26.4 m üst boy, 734.868 m³ hacim ve 61.916 m² göğüs yüzeyine sahipken, 100 yıl sonra bu değerler 30.5 m, 968.420 m³ ve 71.548 m²,e yükselmiştir. ALAN2 meşçeresinde ise başlangıç ve 100 yıl sonraki üst boy 25.7-30.6 m, hacim 591.364-884.051 m³ ve göğüs yüzeyi 50.561-65.815 m² olmuştur.

Tablo 4.37: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN1 Meşçeresi İçin Çeşitli Hektar Değerleri.

HEKTARDA					
Geçen Süre (Yıl)	Ağaç Sayısı	Üst Boy m	Hacim m ³	Göğüs Yüzeyi m ²	Ayrıla Hacim m ³
&	596	26.4	734.868	61.916	32.508
10 [#]	528	27.2	776.392	63.824	39.285
20	488	27.7	812.296	65.644	32.695
30	448	28.2	833.752	66.532	41.376
40	420	28.8	861.252	68.024	27.029
50	396	29.0	887.460	69.432	26.086
60	368	29.4	894.500	69.324	42.367
70	348	29.9	915.708	70.340	28.808
80	332	30.1	933.740	71.124	26.612
90	316	30.4	946.888	71.552	38.107
100	304	30.5	968.420	71.548	26.718

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

Tablo 4.38: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN2 Meşçeresi İçin Çeşitli Hektar Değerleri.

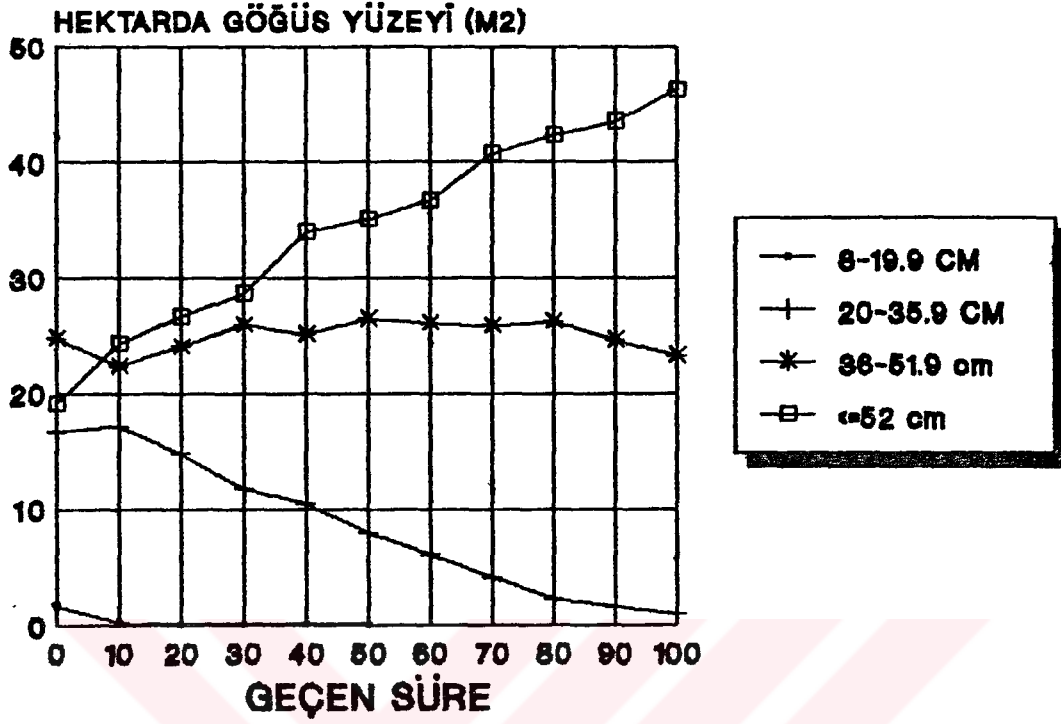
H E K T A R D A					
Geçen Süre (Yıl)	Agaç Sayısı	Üst Boy m	Hacım m ³	Göğüs Yüzeyi m ²	Ayrılan Hacım m ³
&	567	25.7	591.364	50.561	26.773
10 [#]	513	27.0	643.187	53.733	25.050
20	453	27.4	671.587	55.093	43.352
30	413	28.0	703.721	56.912	30.443
40	387	28.1	738.896	58.945	28.106
50	360	28.7	763.297	60.123	33.839
60	333	29.1	790.182	61.456	30.420
70	307	29.2	789.235	60.729	56.116
80	287	29.8	812.093	61.756	32.717
90	280	30.3	853.133	64.154	14.385
100	267	30.6	884.051	65.815	25.674

&: Başlangıç Durumu, #: Geçen Süre (Yıl)

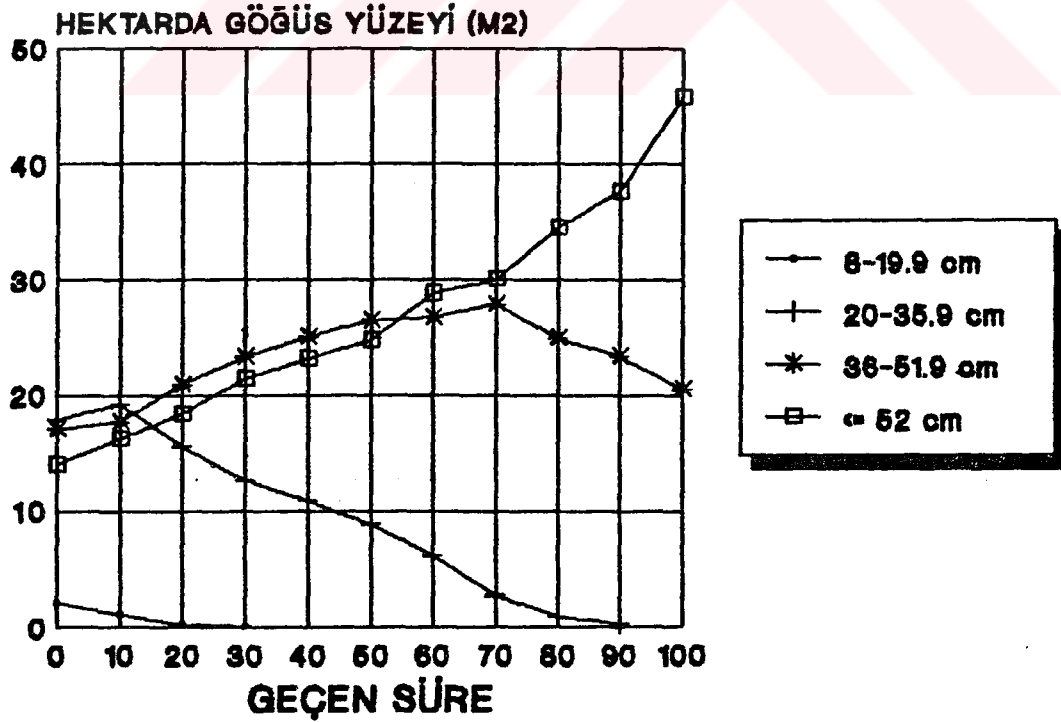
Şekil 4.33 ve 4.34 de tek tabakalı meşçere simülasyon modeline göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap sınıfları göğüs yüzeyi değerleri büyüme dönemleri itibariyle verilmiştir.

Şekil 4.33 de görülebileceği gibi büyüme dönemleri itibariyle ALAN1 meşçeresinin II ve III. çap sınıfı göğüs yüzeyi değerleri azalırken, IV. çap sınıfı göğüs yüzeyi değerleri hemen hemen sabit kalmış, V. çap sınıfı değerlerinde ise hızlı bir yükselme olmuştur.

Şekil 4.34 de; büyüme dönemleri itibariyle ALAN2 meşçeresinin II ve III. çap sınıfı göğüs yüzeyi değerlerinde hızlı bir azalış, IV. çap sınıfı değerlerinde 7'inci büyüme döneminin (70 yıl sonra) sonuna kadar artış, 7-10'uncu büyüme dönemleri arasında azalış ve V. çap sınıfı göğüs yüzeyi değerlerinde ise hızlı bir yükseliş olduğu görülmektedir.



Şekil 4.33: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN1 için Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.34: Tek Tabakalı Meşçere Simülasyon Modeline Göre ALAN2 için Çap Sınıfı Göğüs Yüzeyi Değerleri.

4.2. Markov Zincirleri Yöntemi ile Elde Edilen Bulgular

4.1 bölümünde olduğu gibi bu bölümde de ALAN1 ve ALAN2 meşcereleri başlangıç meşcereleri olarak alınmıştır. Bu yöntemde; 0-7.9 cm çapındaki ağaçlar (1. ve 2. çap kademesindeki ağaçlar) ile meşcerede küçüklükleri nedeniyle ölçülemeyen, hasat sonucu çıkarılan ve doğal kuruma sonucu boşalan alanlara gelecek ağaçlar için rezerv olarak sıfırcıncı çap kademesi tanımlanarak, diğer çap kademeleri 4.1. bölümündeki notasyona uygun olarak 4'er cm ara ile oluşturulmuştur.

Başlangıç meşcereleri için çap kademeleri ağaç sayılıları ile geçiş matrislerine ait değerler 4.1 bölümünden alınıp Markov Zincirleri ile doğal büyüme modeli ve üç değişik amaç çapına göre seçme işletmesi modelleri oluşturularak elde edilen bulgular 4.2.1 ve 4.2.2 bölümlerinde sunulmuştur.

4.2.1. Markov Zincirleri Yöntemine Göre Doğal Büyüme Modeli Sonuçları

Doğal büyüme simülasyonu sonuçlarından oluşturulan geçiş matrisleri; ALAN1 ve ALAN2 meşcereleri için ayrı ayrı dikkate alınıp, mutlak geçiş ihtimali matrisinin, $F(i,j)$, $i,j= 0, 3, 4, 5, \dots 23$ elemanları hesaplanarak, her iki deneme alanı için $F(i,j)= 1$, $i,j= 0, 3, 4, 5, \dots 23$ bulunmuştur. Yani, meşcerelerin bugünkü durumu ne olursa olsun (potansiyel ağaçların meşcereye katılma ihtimali sıfıra eşit olmadığı sürece) tüm çap kademelerine mutlaka geçilecektir.

Beklenen geçiş zamanları (dönemleri) matrisinin $M(i,j)$, $i,j= 0, 3, 4, 5, \dots 23$ elemanları hesaplanarak, ALAN1 ve ALAN2 meşcereleri için $1 < M(i,j) < \infty$ aralığında bulunmuştur. M matrisinin elemanlarının yorumlanması amacıyla ALAN1 ve ALAN2 meşcereleri için $M(i,j)$, $i=0, j= 3, 4, 5, \dots 23$

değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.39: Doğal Büyüme Modeline Göre Sıfırinci Çap Kademesinden Diğer Çap Kademelerine Beklenen Geçiş Dönemi Sayıları ($\theta=10$ yıl).

	ALAN1	ALAN2		ALAN1	ALAN2
$M(0,3)=$	1.2	1.3	$M(0,14)=$	88.8	60.3
$M(0,4)=$	3.3	3.3	$M(0,15)=$	94.5	63.3
$M(0,5)=$	11.4	12.4	$M(0,16)=$	97.7	66.9
$M(0,6)=$	18.7	18.9	$M(0,17)=$	100.6	69.4
$M(0,7)=$	26.1	26.0	$M(0,18)=$	100.4	73.6
$M(0,8)=$	33.7	31.1	$M(0,19)=$	107.5	79.9
$M(0,9)=$	42.7	35.1	$M(0,20)=$	111.6	84.9
$M(0,10)=$	50.6	38.2	$M(0,21)=$	115.3	87.5
$M(0,11)=$	59.5	42.9	$M(0,22)=$	120.9	90.0
$M(0,12)=$	70.6	49.6	$M(0,23)=$	125.4	93.1
$M(0,13)=$	79.1	55.7			

Tablo 4.39 dan da görülebileceği gibi potansiyel ağaçların bulunduğu sıfırinci çap kademesinden (0-7.9 cm.) 23'üncü çap kademesine (90-93.9 cm.) geçişin beklenen süresi ALAN1 meşçeresi için 125.4 dönem (1254 yıl) ve ALAN2 meşçeresi için 93.1 dönem (931 yıl) dır. Bu değerlere göre beklenen yıllık ortalama çap artımı; ALAN1 meşçeresi için 0.72, ALAN2 meşçeresi için 0.97 mm/yıl dır. Potansiyel ağaçların 90 cm' lik çapa ulaşması için beklenen geçiş süresinin en az 931 yıl olması; Doğu Ladini (*Picea orientalis*) doğal ömür süresine ters düşmesine rağmen, geçiş matrisinin zamanla değişmeyeceği varsayımı altında bu değerler bulunmuştur. Meşçerede bazı ağaçların doğal ömür sürelerini tamamlamaları ya da çevresel baskılar nedeniyle doğal kurumalar sonucunda ağaçların tümünün 90 cm' lik bir çapa ulaşması mümkün olmayabilir. Böylece meşçereden bazı ağaçlar uzaklaşırken, kalan ağaçlara daha geniş bir büyüme alanı sağlanacağından, bu durum üst çap kademelerine geçişi hızlandırabilir.

ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için mutlak geçiş ihtimali matris, $F(i,j)=1$, $i,j= 0, 3, 4, 5, \dots 23$, beklenen geçiş zamanları matrisi, $1 < M(i,j) < +\infty$, $i,j= 0, 3, 4, 5, \dots 23$

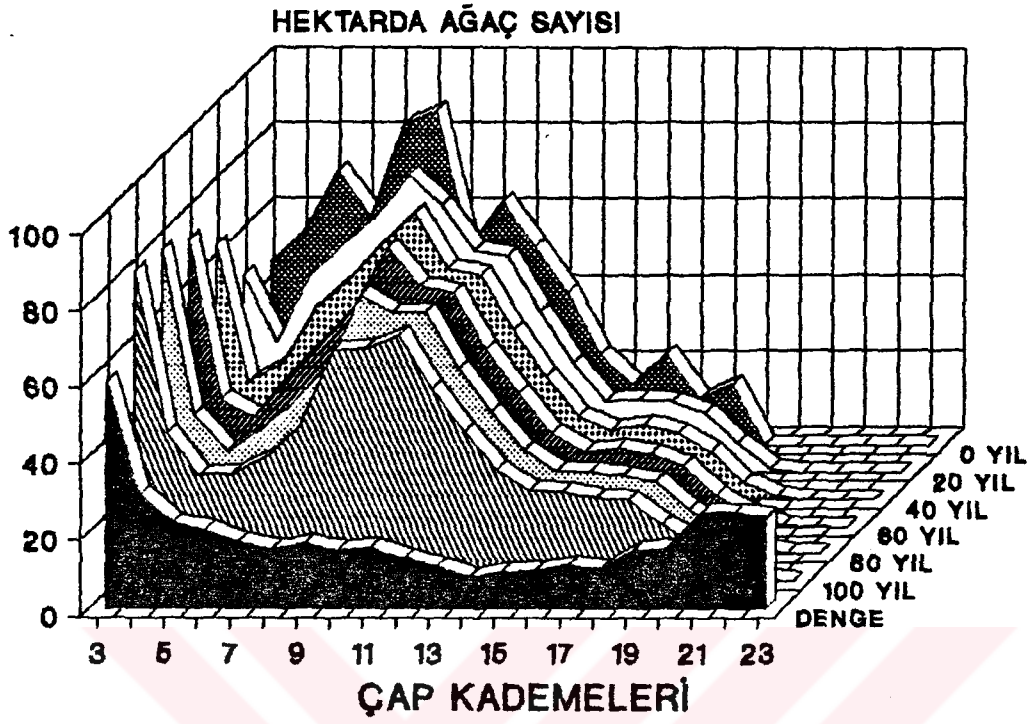
ve sistemin aperyodik olması nedenleriyle ergodik bir durum söz konusu olmaktadır. Ergodik bir Markov Zinciri uzun bir dönem sonra denge durumuna ulaşacağından ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin denge durumu ihtimalleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.40: Doğal Büyüme Modeline Göre ALAN1 ve ALAN2 Meşçerelerinin Denge Durumu Dağılımları.

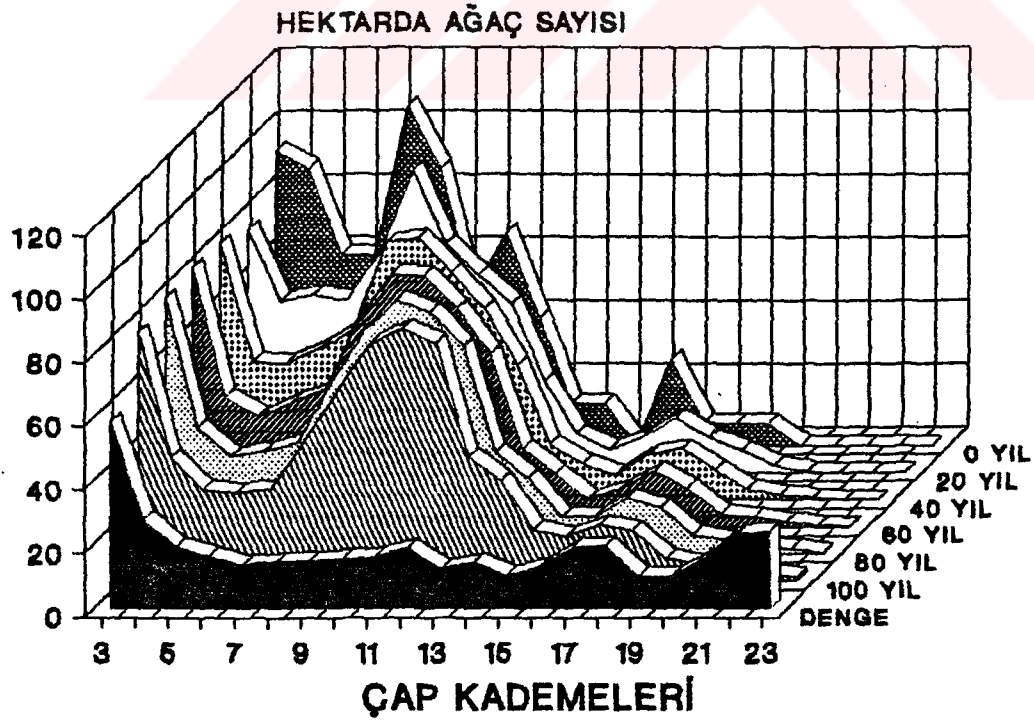
	ALAN1	ALAN2		ALAN1	ALAN2
$\pi(3)=$	0.1481	0.1465	$\pi(14)=$	0.0226	0.0363
$\pi(4)=$	0.0744	0.0705	$\pi(15)=$	0.0206	0.0255
$\pi(5)=$	0.0561	0.0489	$\pi(16)=$	0.0234	0.0320
$\pi(6)=$	0.0511	0.0411	$\pi(17)=$	0.0243	0.0473
$\pi(7)=$	0.0436	0.0338	$\pi(18)=$	0.0283	0.0490
$\pi(8)=$	0.0387	0.0366	$\pi(19)=$	0.0263	0.0251
$\pi(9)=$	0.0425	0.0367	$\pi(20)=$	0.0385	0.0247
$\pi(10)=$	0.0375	0.0385	$\pi(21)=$	0.0387	0.0307
$\pi(11)=$	0.0395	0.0406	$\pi(22)=$	0.0628	0.0392
$\pi(12)=$	0.0326	0.0469	$\pi(23)=$	0.0628	0.0586
$\pi(13)=$	0.0274	0.0308	$\pi(0) =$	0.0601	0.0607
			$\Sigma\pi(i)=$	1	

Geçiş matrisleri ve başlangıç dağılımından yararlanarak ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademelerine göre başlangıç durumundan 20 yıllık büyüme dönemleri itibariyle oluşan durumlar ile denge durumları, kalan ağaç sayıları için Şekil 4.35 ve 4.36 da, kalan göğüs yüzeyi için Şekil 4.37 ve 4.38 de, ayrılan ağaç sayısı için Şekil 4.39 ve 4.40 gösterilmiştir.

Doğal büyüme modelinde (D.B.M.), Şekil 4.35 ve 4.36 da görülebileceği gibi, büyüme dönemleri itibariyle, ince çap kademelerinde artık ağaç bulunmamaktadır. Başlangıç durumunda; ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde çap kademesi ağaç sayıları sola çarpık bir normal dağılım gösterirken, denge durumunda bu dağılım geniş bir "u" harfine benzemektedir.



Şekil 4.35: D.B.M.'inde ALAN1 için Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Hektarda Kalan Ağaç Sayıları.



Şekil 4.36: D.B.M.'inde ALAN1 için Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Hektarda Kalan Ağaç Sayıları.

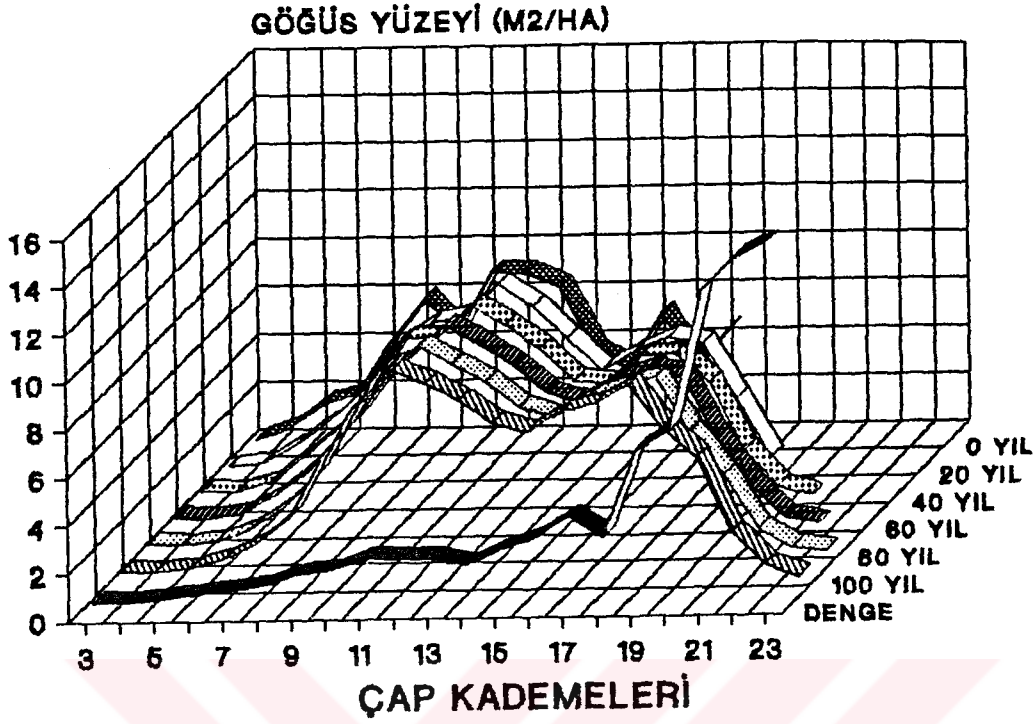
Doğal büyüme modelinde (D.B.M.), Şekil 4.37 ve 4.38 de görülebileceği gibi, büyüme dönemleri ilerledikçe, çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru gittikçe artmaktadır.

ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin doğal büyüme modeli denge dağılımında; çap kademeleri göğüs yüzeyi değerleri Şekil 4.37 ve 4.38 de gösterilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin denge dağılımındaki çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru artış göstermektedir ve Şekil itibariyle, ALAN1 meşçeresinin ALAN2 meşçeresinden daha kararlı bir artış gösterdiği Şekil 4.37 ve 4.38 de görülmektedir.

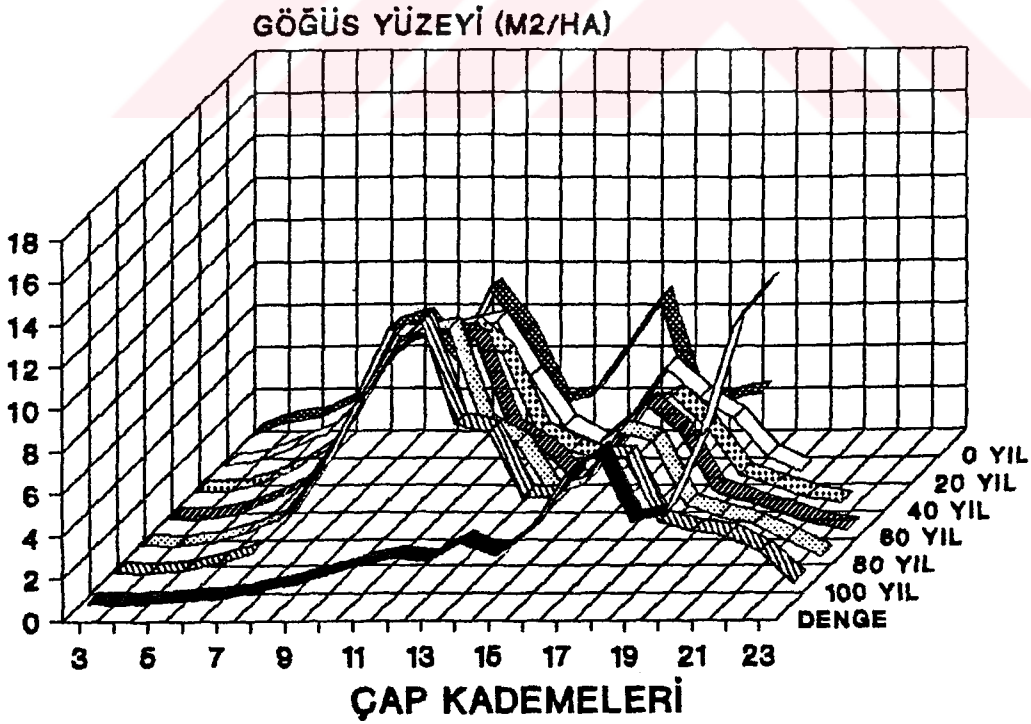
Şekil 4.39 ve 4.40 da ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin 20 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda ve denge durumunda; hektarda ayrılan ağaç sayıları gösterilmiştir. Bu şekiller birlikte incelendiğinde, ayrılan ağaç sayılarının ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azaldığı, ayrıca, ALAN1 meşçeresinde ALAN2 meşçeresinden daha fazla ağacın doğal kuruma sonucu meşçereden uzaklaştığı görülmektedir.

Doğal büyüme modelinde (D.B.M.), ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri denge dağılımına ulaştıklarında, ayrılan ağaç sayıları; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru hızlı bir azalış göstermektedir (Şekil 4.39 ve 4.40).

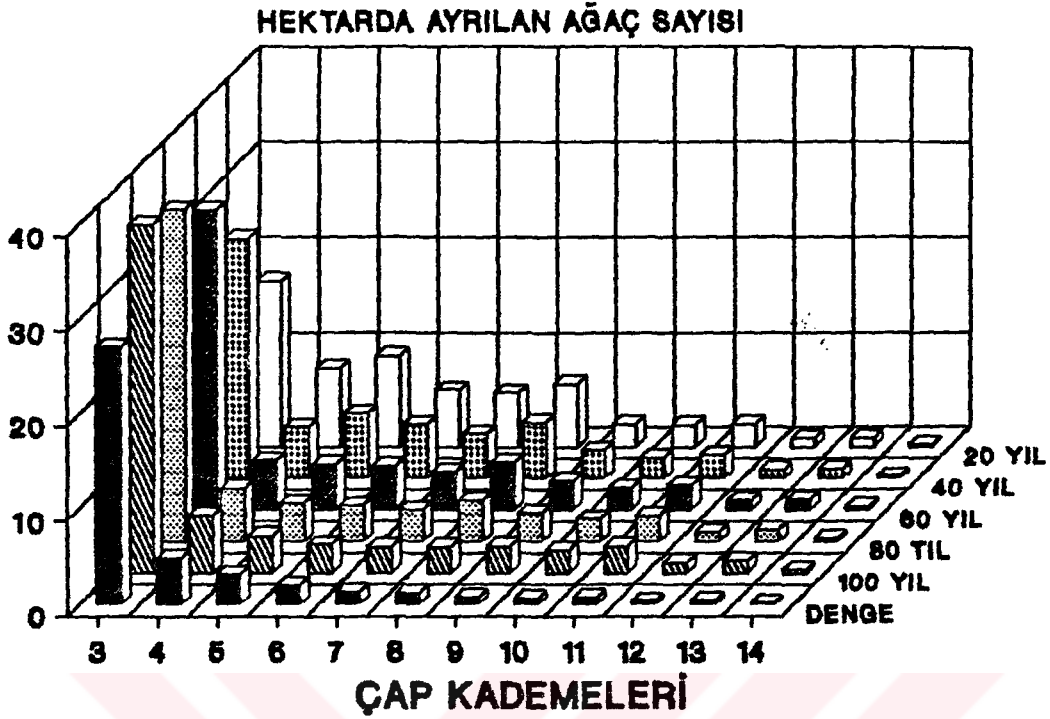
Doğal büyüme modeline göre ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri denge durumuna ulaştıklarında; her iki meşçere için çap kademelerinden ayrılacak ağaç sayıları arasında belirgin farklar görülmemekle birlikte, denge durumunda çap kademelerinden ayrılan ağaç sayıları, bu meşçerelerin denge durumuna ulaşmasına kadar geçen dönemlerdeki ayrılan ağaç sayılarından daha az olmuştur (Şekil 4.39 ve 4.40).



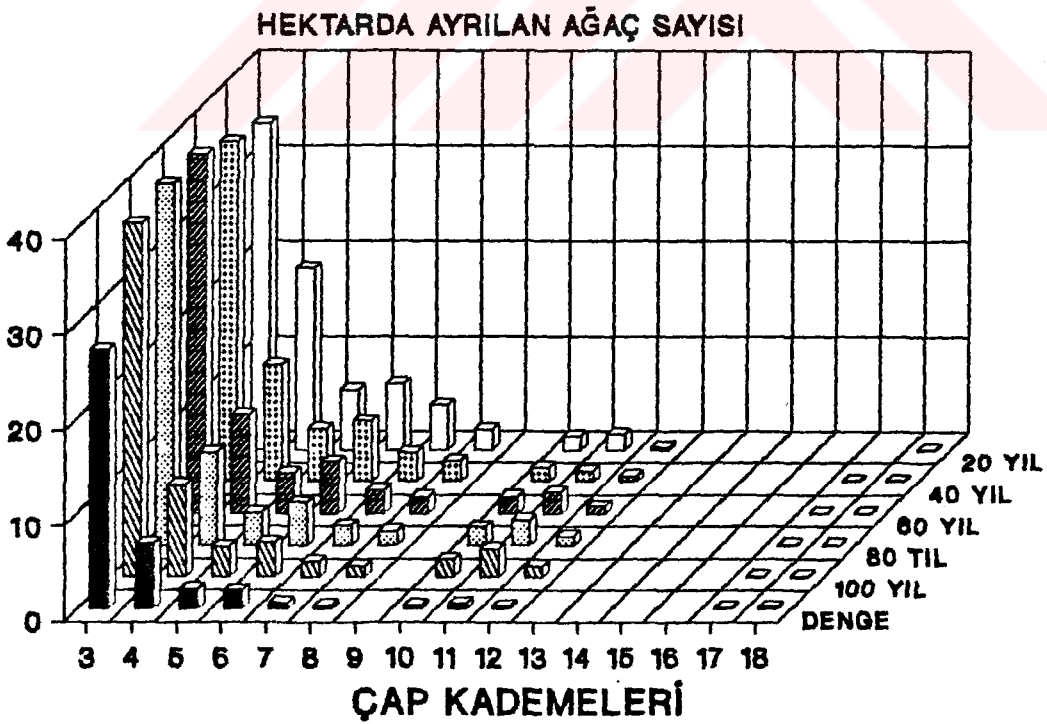
Şekil 4.37: Doğal Büyüme Modeli (D.B.M.) için ALAN1 Meççeresinde Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Kalan Ağaçların Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.38: Doğal Büyüme Modeli (D.B.M.) için ALAN2 Meççeresinde Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Kalan Ağaçların Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.39: Doğal Büyüme Modeli için ALAN1 Meşçeresinin Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Hektarda Ayrılan Ağaç Sayıları.



Şekil 4.40: Doğal Büyüme Modeli için ALAN2 Meşçeresinin Büyüme Dönemleri ve Çap Kademelerine Göre Hektarda Ayrılan Ağaç Sayıları.

4.2.2. Markov Zincirleri Yöntemine Göre Seçme İşletmesi Modeli Sonuçları

Seçme işletmesi simülasyon modeli sonuçlarından oluşturulan geçiş matrisleri ile MODEL1 MODEL2 ve MODEL3' e göre ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için ayrı ayrı olmak üzere mutlak geçiş ihtimali matrislerinin, $F(i,j)$, elemanları hesaplanmıştır. Buna göre, MODEL1 için $F(i,j) = 1$, $i,j = 0,3,4, \dots,11$, MODEL2 için $F(i,j) = 1$, $i,j = 0, 3, 4, \dots, 13$, MODEL3 için $F(i,j) = 1$, $i,j = 0, 3, 4, \dots, 15$ bulunmuştur. Bu sonuçlara göre potansiyel (rezerv) ağaçların meşçereye katılma ihtimali sıfırdan büyük olduğu sürece, bugünkü meşçere durumu ne olursa olsun mutlaka diğer çap kademelerine geçişler olacaktır.

Beklenen geçiş zamanları (dönemleri) matrisi, M 'nin elemanları MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre ve ALAN1 ile ALAN2 meşçereleri için ayrı ayrı hesaplanarak, $1 < M(i,j) < \infty$ aralığında bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda (M) matrisinin en son satırındaki elemanlar verilmiştir.

Tablo 4.41: Seçme İşletmesi Modeline Göre Sıfırinci Çap Kademelerinden Diğer Çap Kademelerine Beklenen Geçiş Dönemi Sayıları ($\theta=10$ yıl).

	MODEL1		MODEL2		MODEL3	
	ALAN1	ALAN2	ALAN1	ALAN2	ALAN1	ALAN2
$M(0,3)=$	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
$M(0,4)=$	2.1	2.1	2.6	2.1	2.9	2.2
$M(0,5)=$	5.3	5.0	7.1	5.9	10.5	7.3
$M(0,6)=$	9.1	8.0	10.9	10.4	16.7	11.8
$M(0,7)=$	12.8	10.6	14.6	14.0	20.3	15.8
$M(0,8)=$	16.8	13.3	18.0	16.6	26.0	19.4
$M(0,9)=$	20.6	16.7	23.3	21.1	32.1	24.1
$M(0,10)=$	25.1	19.1	28.6	23.8	39.5	27.4
$M(0,11)=$	29.1	21.3	33.9	28.1	46.3	31.1
$M(0,12)=$			39.4	32.3	54.9	39.8
$M(0,13)=$			47.6	34.3	58.6	43.3
$M(0,14)=$					66.9	45.7
$M(0,15)=$					70.1	48.3

Tablo 4.41 den de görülebileceği gibi, MODEL1 için potansiyel ağaçların bulunduğu sıfırinci çap kademesinden (0-7.9 cm) 11'inci (40-43.9 cm) çap kademesine geçişin beklenen süresi ALAN1 meşçeresi için 29.1 dönem (291 yıl), ALAN2 için 21.3 dönem (213 yıl) dır. MODEL2'ye göre aynı çap kademesine geçişin beklenen süresi ALAN1 için 339, ALAN2 için 281 yıldır. MODEL3'e göre ise bu değerler ALAN1 için 46.3, ALAN2 için 311 yıldır. Yine aynı tablodan; potansiyel ağaçların 13'üncü çap kademesine (48-51.9 cm) geçişin beklenen süresi MODEL1'e göre ALAN1 için 476 yıl, ALAN2 için 348 yıldır. MODEL3'e göre aynı çap kademelerine geçişin beklenen süresi ALAN1 için 586, ALAN2 için 433 yıldır. MODEL3'e göre 15'inci çap kademesine (56-59.9 cm) geçişin beklenen süresi; ALAN1 için 701 yılken, ALAN2 için 483 yıl olmaktadır. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi, amaç çapı büyüdükçe üst çap kademelerine geçiş dönemleri de artmaktadır. Ayrıca, yine Tablo 4.41 den görülebileceği gibi, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre sıfırinci çap kademesinden diğer çap kademelerine beklenen geçiş dönemleri sayıları bakımından ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri arasında da büyük farklar görülmektedir. MODEL1 MODEL2 ve MODEL3 için bir üst çap kademelerine geçişler; ALAN2 meşçeresinde ALAN1 meşçeresinden daha hızlı gerçekleşmektedir.

44 cm amaç çapına göre düzenlenen MODEL1 de beklenen yıllık genel ortalama çap artımı ALAN1 meşçeresi için 1.51 mm, ALAN2 için 2.07 mm dir. 52 cm amaç çapına göre düzenlenen MODEL2 de beklenen yıllık genel ortalama çap artımı ALAN1 meşçeresi için 1.09 mm, ALAN2 için 1.49 mm dir. 60 cm amaç çapına göre düzenlenen MODEL3 de bu değerler ALAN1 için 0.86 mm/yıl, ALAN2 için 1.24 mm/yıl olmaktadır.

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için mutlak geçiş ihtimali matrisleri $F(i,j) = 1$, beklenen geçiş zamanları matrisi $1 < M(i,j) < + \infty$ değerleri arasında kalması ve sistemin aperyodik olması nedenleri ile ergodik bir durum söz konusu olmaktadır. Ergodik bir Markov

Zinciri uzun bir dönem sonra bir denge durumuna ulaşacağından, her üç modele göre ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin denge durumları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.42: Seçme işletmesi Modellerine Göre ALAN1 ve ALAN2 Meşcerelerinin Denge Durumu Dağılımı.

	MODEL1		MODEL2		MODEL3	
	ALAN1	ALAN2	ALAN1	ALAN2	ALAN1	ALAN2
$\pi(3)=$	0.1407	0.1564	0.1593	0.1754	0.2465	0.1789
$\pi(4)=$	0.1431	0.1360	0.1251	0.1276	0.1174	0.1182
$\pi(5)=$	0.1155	0.1145	0.0887	0.0994	0.0600	0.0849
$\pi(6)=$	0.1056	0.1044	0.0853	0.0758	0.0646	0.0679
$\pi(7)=$	0.0951	0.0886	0.0840	0.0703	0.0624	0.0614
$\pi(8)=$	0.0925	0.0821	0.0701	0.0651	0.0520	0.0598
$\pi(9)=$	0.0858	0.0841	0.0708	0.0633	0.0518	0.0532
$\pi(10)=$	0.0780	0.0757	0.0670	0.0647	0.0482	0.0619
$\pi(11)=$	0.0805	0.0857	0.0661	0.0642	0.0449	0.0498
$\pi(12)=$			0.0558	0.0538	0.0412	0.0463
$\pi(13)=$			0.0520	0.0703	0.0423	0.0494
$\pi(14)=$					0.0396	0.0611
$\pi(15)=$					0.0356	0.0400
$\pi(0)=$	0.0633	0.0724	0.0758	0.0701	0.0937	0.0673
$\Sigma\pi(i)=$	1	1	1	1	1	1

Tablo 4.42 de görülebileceği gibi her üç modele göre ve her iki alan için uzun bir dönem sonra oluşacak denge durumlarında ağaçların çap kademelerinde bulunma ihtimalleri; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru gittikçe azalmaktadır. Bu durum; seçme işletmesi ormanlarındaki ağaçların çap kademelerine göre dağılımına benzemektedir.

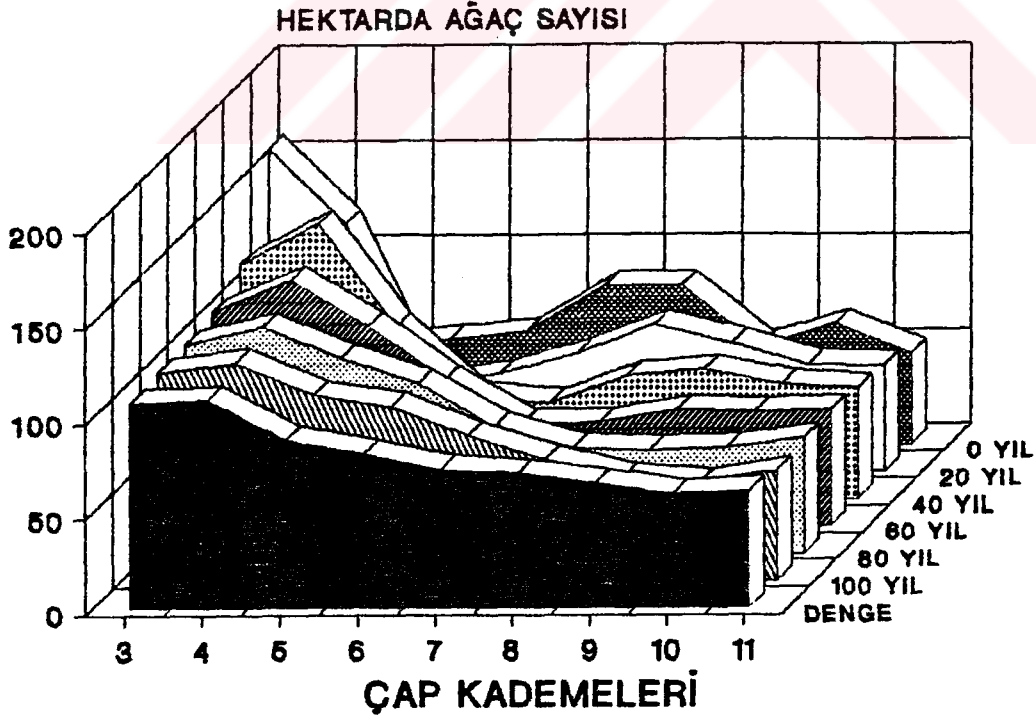
Geçiş matrisleri ve başlangıç dağılımından yararlanarak ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin başlangıç durumundan 20 yıllık büyüme dönemleri itibarıyla çap kademelerine göre kalan ağaç sayıları, göğüs yüzeyi ve ayrılan ağaç sayıları ile bunların denge durumu dağılımları hesaplanmıştır.

Çap kademeleri, büyüme dönemleri ve denge durumu itibarıyla ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin MODEL1'e göre kalan ağaç sayıları Şekil 4.41 ve 4.42 de, MODEL2'ye göre Şekil 4.43 ve 4.44 de, MODEL3'e göre Şekil 4.45 ve 4.46 da verilmiştir.

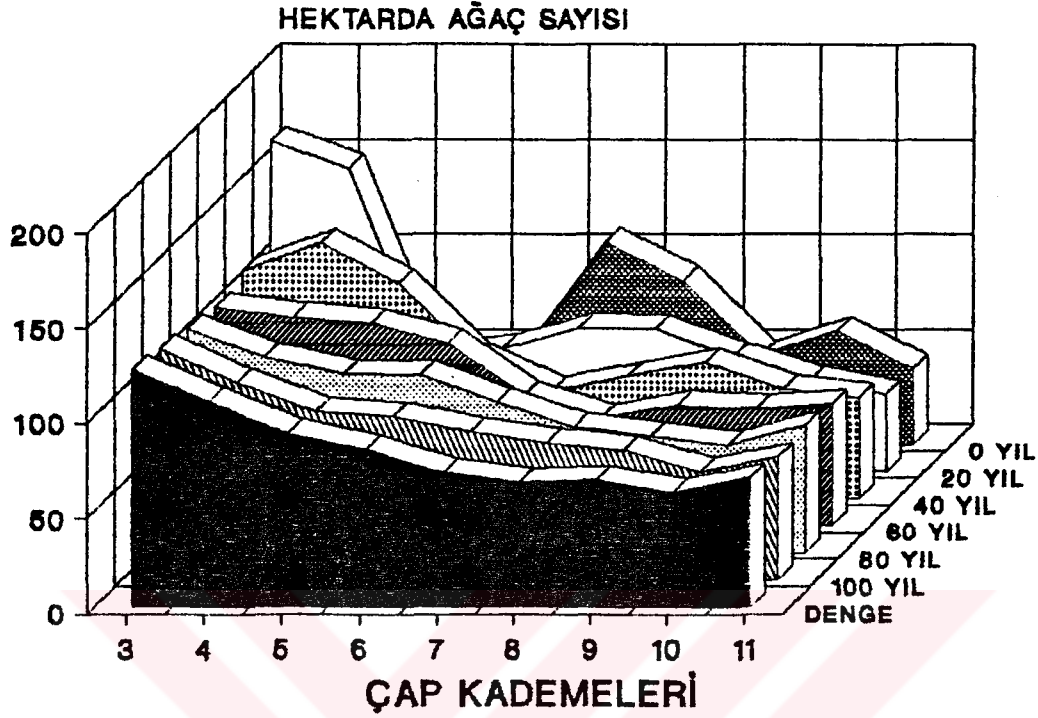
ALAN1 ve ALAN2 meşçeresi için bu ağaçların çap kademeleri itibariyle göğüs yüzeyi değerleri; MODEL1 için Şekil 4.47 ve 4.48 de, MODEL2 için Şekil 4.49 ve 4.50 de, ve MODEL3 için Şekil 4.51 ve 4.52 de gösterilmiştir.

Çap kademeleri, büyüme dönemleri ve denge durumu itibariyle ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL1'e göre çıkarılan ağaç sayısı değerleri Şekil 4.53 ve 4.54 de, MODEL2'ye göre Şekil 4.55 ve 4.56 da ve MODEL3'e göre Şekil 4.57 ve 4.58 de verilmiştir.

Şekil 4.41 ve 4.42 de görüldüğü gibi MODEL1 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, 6. büyüme dönemi (60 yıl sonra) sonunda denge dağılımına çok yakın bir dağılıma ulaştığı açıkça görülmektedir. Denge dağılımlarında; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru ağaç sayılarında yavaş yavaş bir azalma görülürken, seçme kuruluşuna benzer bir dağılım ortaya çıkmaktadır.



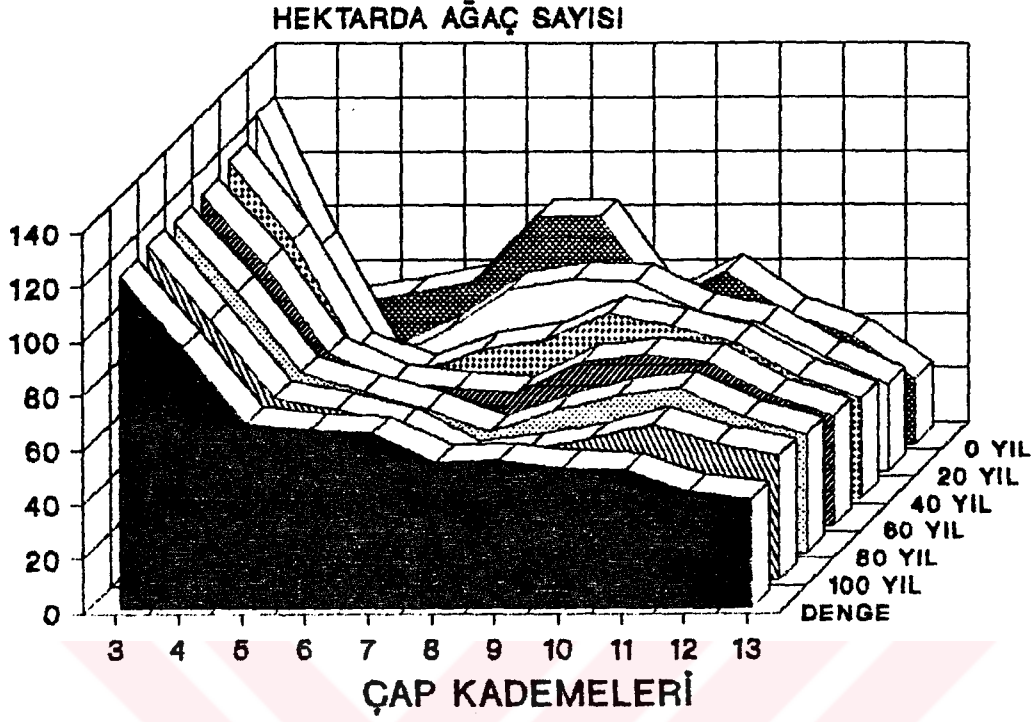
Şekil 4.41: ALAN1 Meşçeresinin MODEL1 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.



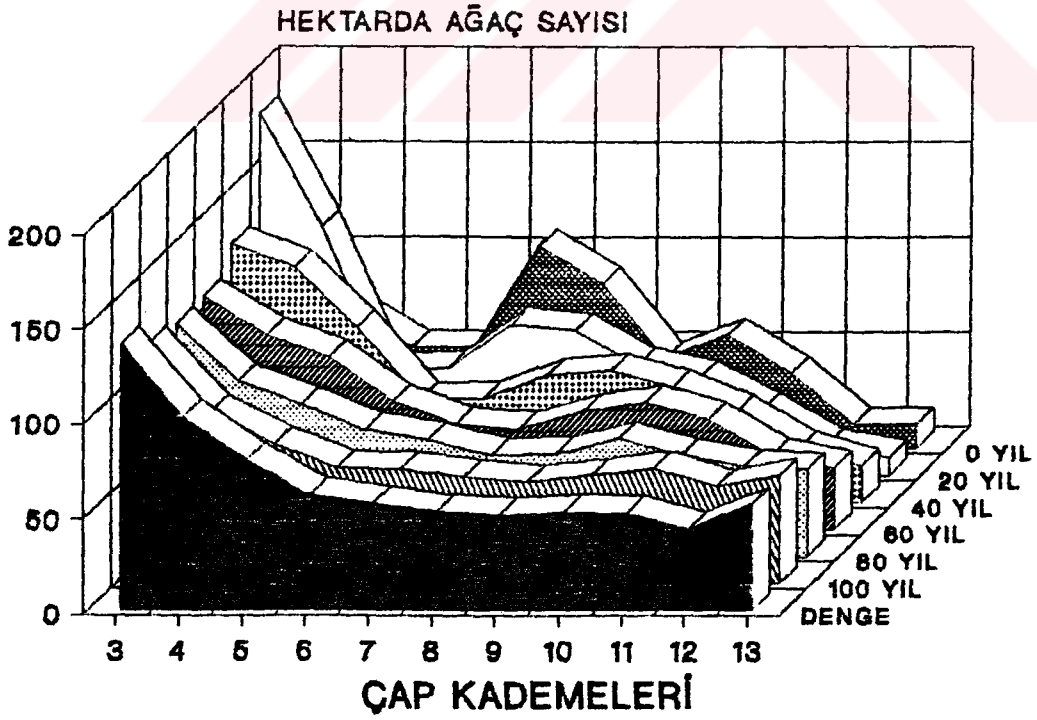
Şekil 4.42: ALAN2 Meşçeresinin MODEL1 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.

MODEL2'ye göre düzenlenen Şekil 4.43 ve 4.44 de görülebileceği gibi, çap kademelerine göre ağaç sayısı değerleri büyüme dönemleri itibariyle giderek seçme kuruluşuna benzer bir dağılım göstermektedir. Bu değişim; 2'inci büyüme dönemi (20 yıl sonra) sonunda daha belirgin bir durum alırken, her iki meşçerede de başlangıç durumuna göre ince çap kademelerinde fazla kalın çap kademelerinde ise daha az sayıda ağaç bulunmaktadır.

MODEL2 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademesi ağaç sayılarına göre ulaştıkları denge durumları dikkate alındığında; 3, 4 ve 5. çap kademelerinde ALAN2 meşçeresinde ALAN1 meşçeresinden daha fazla sayıda ağaç bulunmasına rağmen, diğer çap kademelerinde (6-11'inci çap kademeleri arasında) hemen hemen eşit sayıda ağaç bulunmaktadır.



Şekil 4.43: ALAN1 Meşçeresinin MODEL2 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.

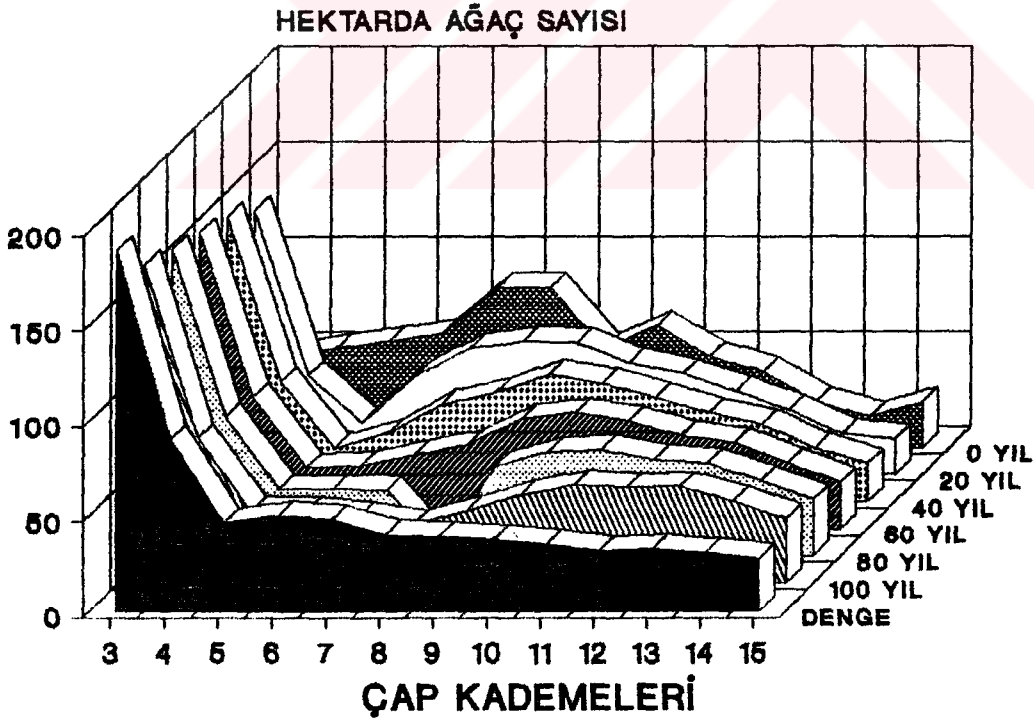


Şekil 4.44: ALAN2 Meşçeresinin MODEL2 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.

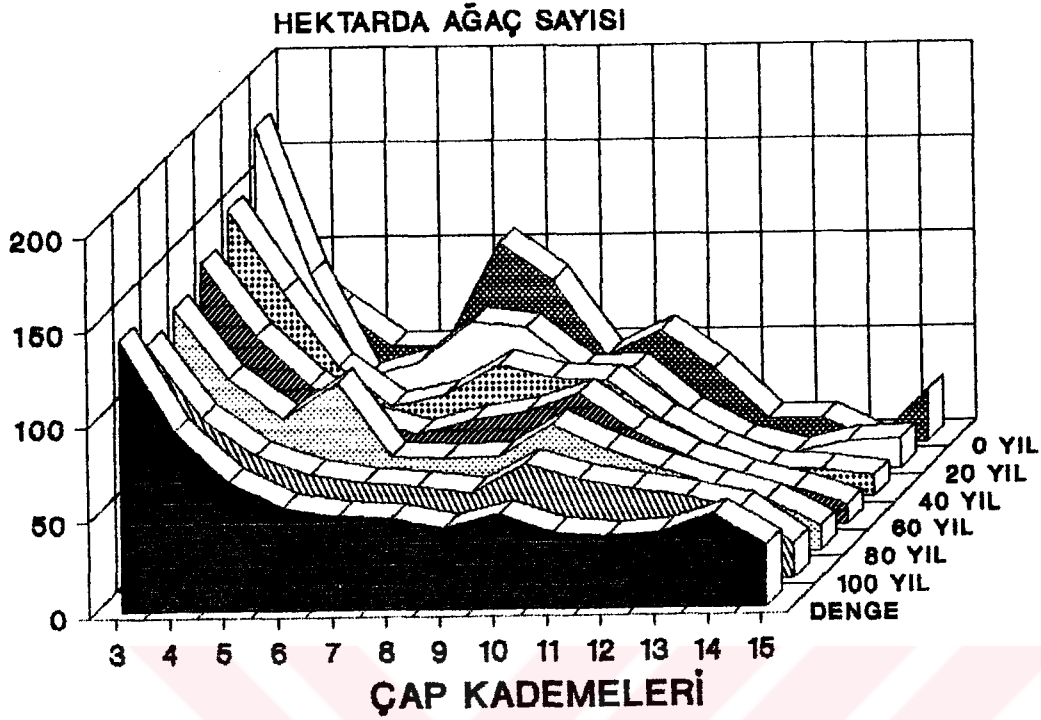
Şekil 4.45 ve 4.46 da görüldüğü gibi, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumunda ince ve kalın çap kademelerindeki ağaç sayıları orta çap kademelerinden daha azdır. Bu durum, büyüme dönemleri itibariyle değişiklik göstererek, ağaç sayılarında; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru bir azalmaktadır.

MODEL3'e göre hesaplanan ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademeleri denge dağılımları seçme kuruluşuna benzer bir dağılım göstermektedir. Denge dağılımında; ALAN1 meşçeresinin çap kademeleri ağaç sayıları, ALAN2' ye göre daha yüksek bir eğimle azalış göstermektedir.

MODEL3 için hesaplanan denge dağılımlarında; ALAN1 meşçeresi ALAN2 meşçeresine göre, ince çap kademelerinde daha fazla, kalın çap kademelerinde ise daha az sayıda ağaç bulunmaktadır.



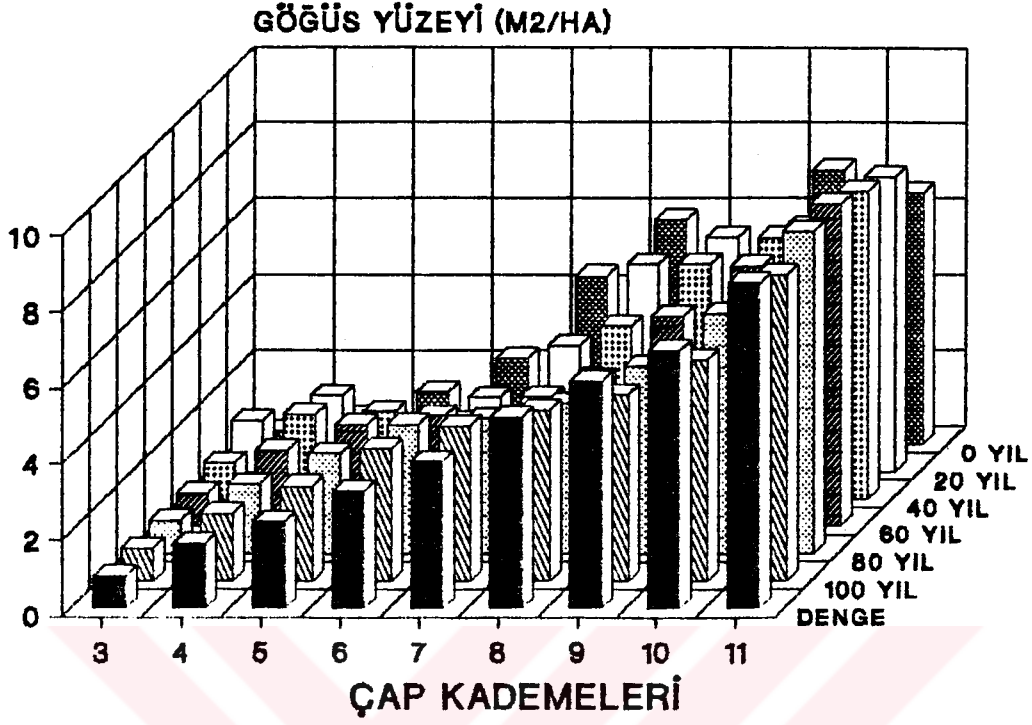
Şekil 4.45: ALAN1 Meşçeresinin MODEL3 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.



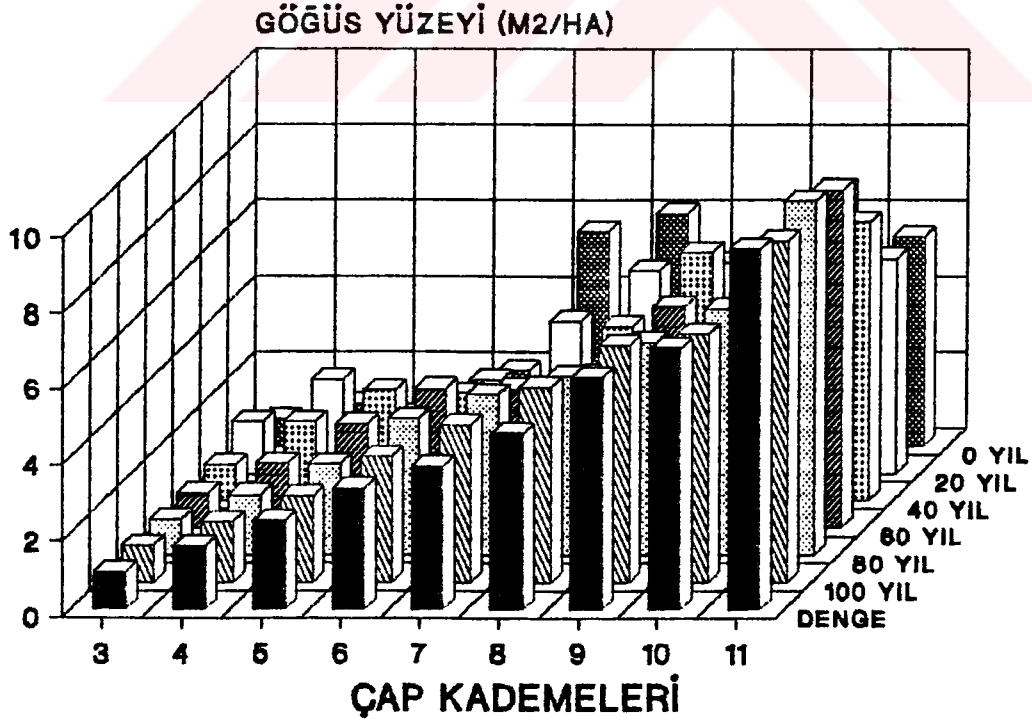
Şekil 4.46: ALAN2 Meşçeresinin MODEL3 için Hektarda Kalan Ağaç Sayısı Değerleri.

Şekil 4.47 ve 4.48 de görülebileceği gibi büyüme dönemleri itibariyle, çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri gittikçe denge dağılımına yaklaşmaktadır. Denge dağılımında ise, ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru göğüs yüzeyi değerleri artmaktadır. MODEL1'e göre oluşan denge dağılımında; ALAN1 meşçeresinde 38.1, ALAN2 meşçeresinde ise 39.03 m²/ha göğüs yüzeyi bulunmaktadır.

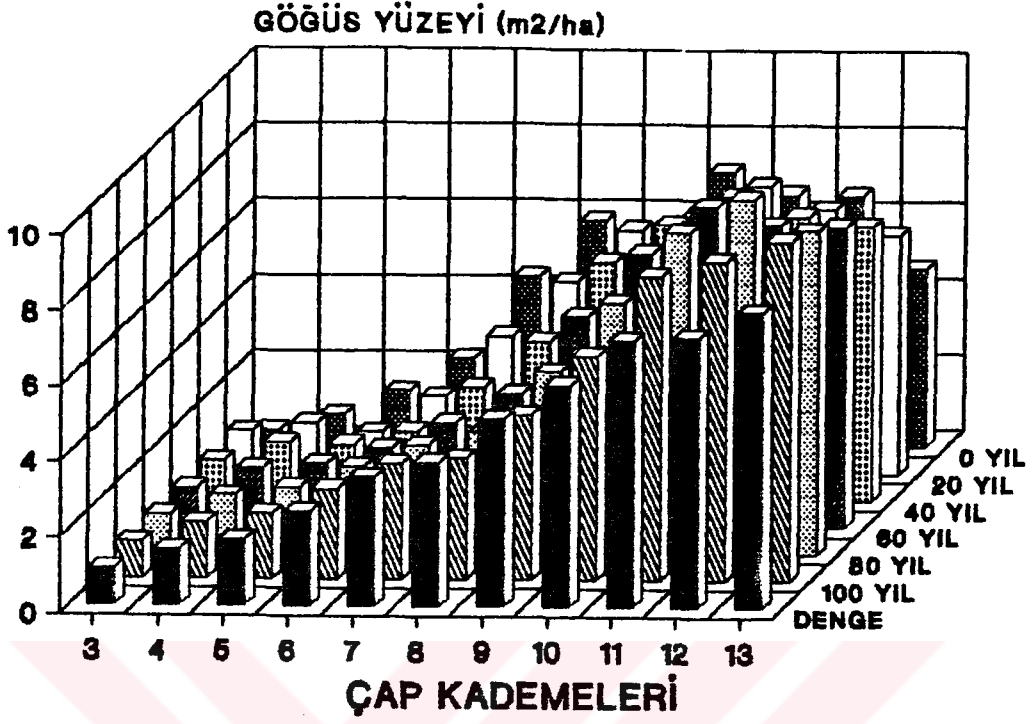
Şekil 4.49 ve 4.50 de; büyüme dönemleri ve çap kademeleri itibariyle, MODEL2 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademeleri göğüs yüzeyi değerleri verilmiştir. Başlangıç durumunda çap kademelerine göre düzenli bir dağılım göstermeyen çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri, büyüme dönemleri ilerledikçe, daha düzenli bir dağılım göstermiş, denge durumunda ise göğüs yüzeyi değerleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru yavaş yavaş artış göstererek, ALAN1 için 44.77, ALAN2 için 49.40 m²/ha bulunmuştur.



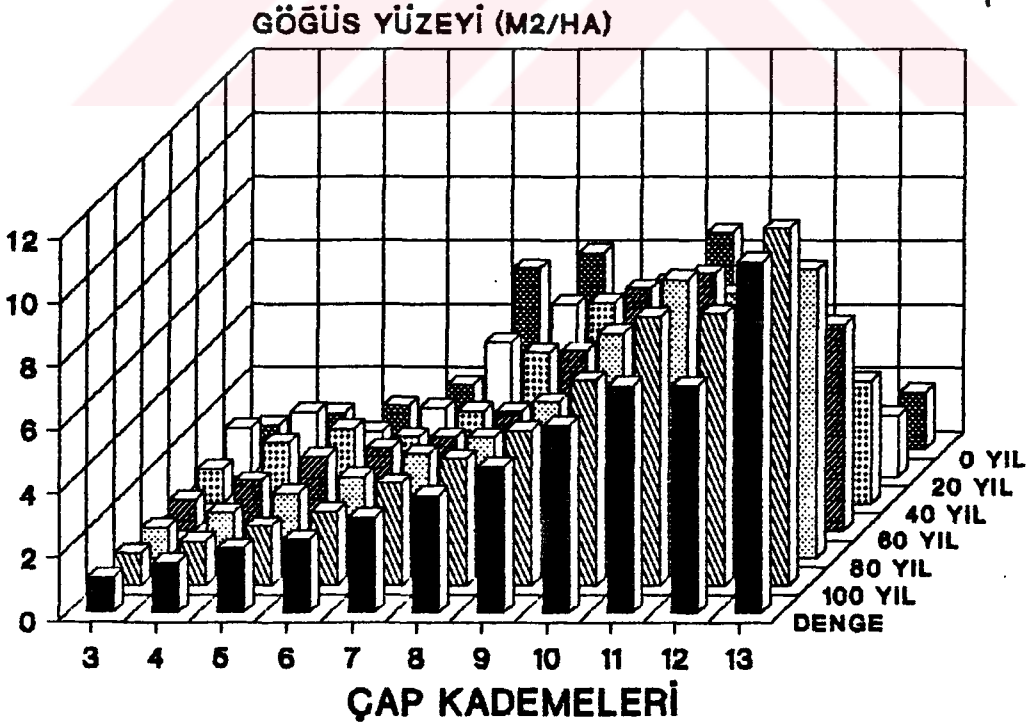
Şekil 4.47: MODEL1 için ALAN1 meşçeresinin Çap Kademesi Gögüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.48: MODEL1 için ALAN2 meşçeresinin Çap Kademesi Gögüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 4.49: MODEL2 için ALAN1 meşçeresinin Çap Kademesi Göğüs Yüzeği Değerleri.

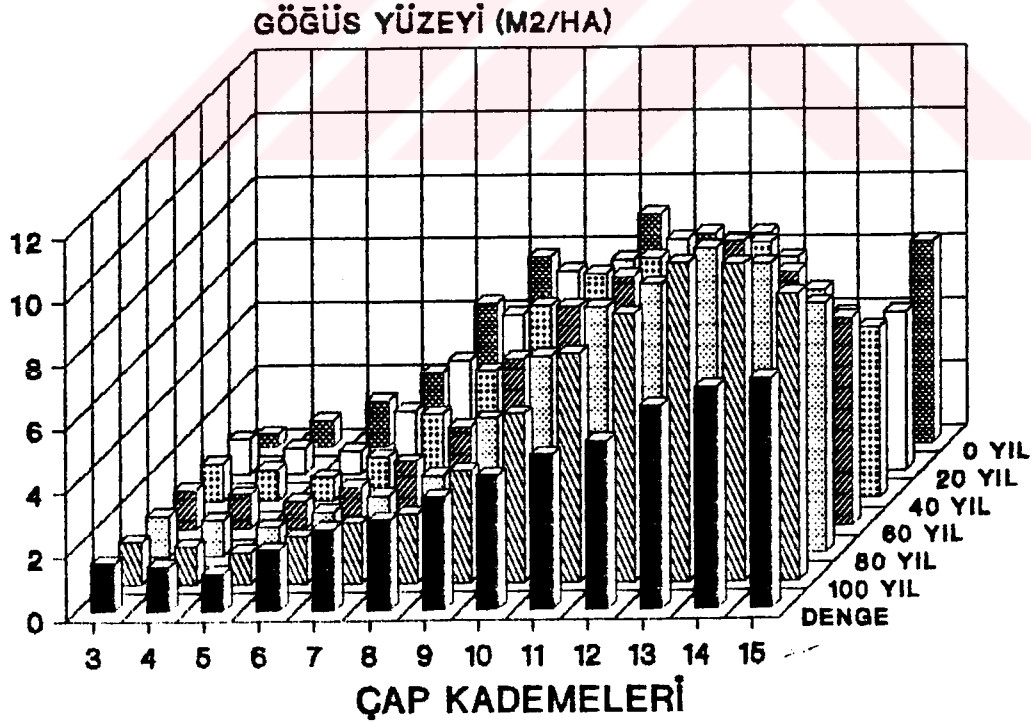


Şekil 4.50: MODEL2 için ALAN2 meşçeresinin Çap Kademesi Göğüs Yüzeği Değerleri.

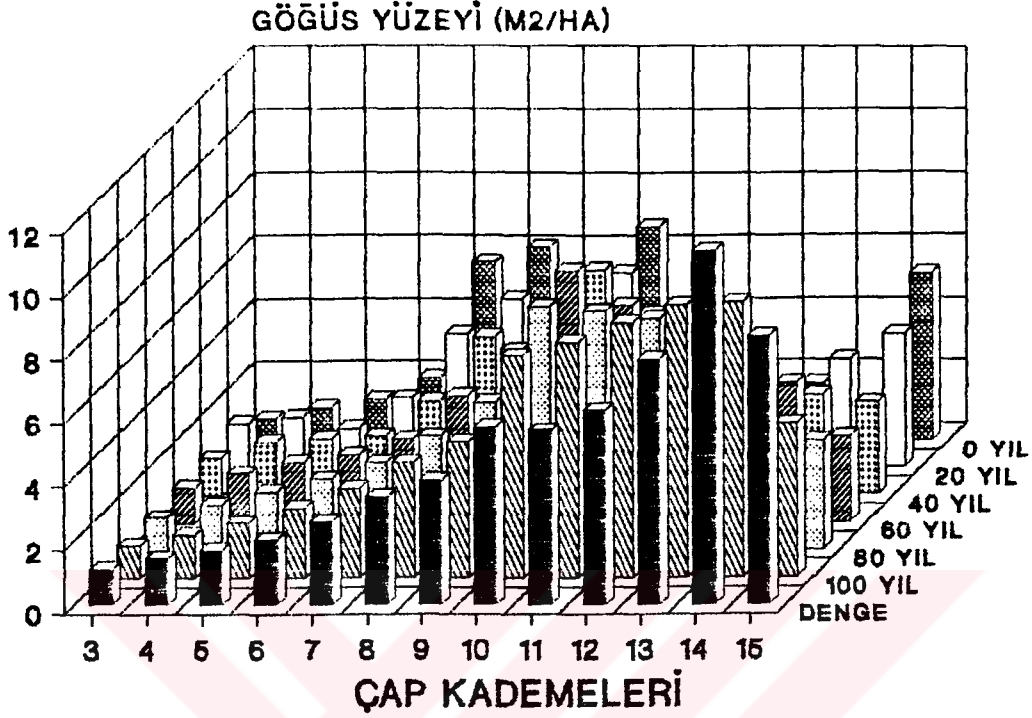
Şekil 4.51 ve 4.52 de; büyüme dönemleri ve çap kademeleri itibariyle, MODEL3 için ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademeleri göğüs yüzeyi değerleri verilmiştir.

Başlangıç durumunda; çap kademelerine göre düzenli bir dağılım göstermeyen çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri, MODEL3'e göre, büyüme dönemleri ilerledikçe, daha düzenli bir dağılım göstermiş, denge durumunda ise göğüs yüzeyi değerleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru artış göstermiştir.

MODEL3'e göre denge dağılımında; ALAN1 meşçeresi $49.63 \text{ m}^2/\text{ha}$, ALAN2 meşçeresi ise $50.86 \text{ m}^2/\text{ha}$ göğüs yüzeyi değerine sahiptir. Bu modele göre oluşan denge durumunda; çap kademeleri itibariyle, ALAN1 meşçeresi ALAN2 meşçeresinden daha kararlı bir göğüs yüzeyi dağılımı göstermiştir (Şekil 4.51 ve 4.52).



Şekil 4.51: MODEL3 için ALAN1 meşçeresinin Çap Kademesi Göğüs Yüzeyi Değerleri.

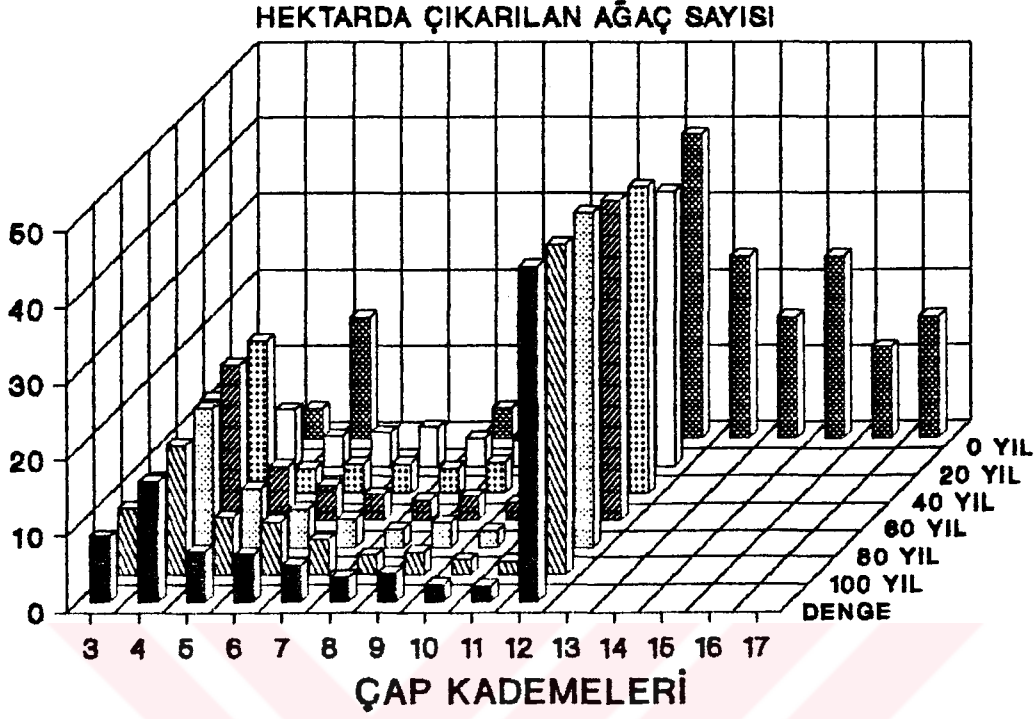


Şekil 4.52: MODEL3 için ALAN2 meşçeresinin Çap Kademesi Göğüs Yüzeyi Değerleri.

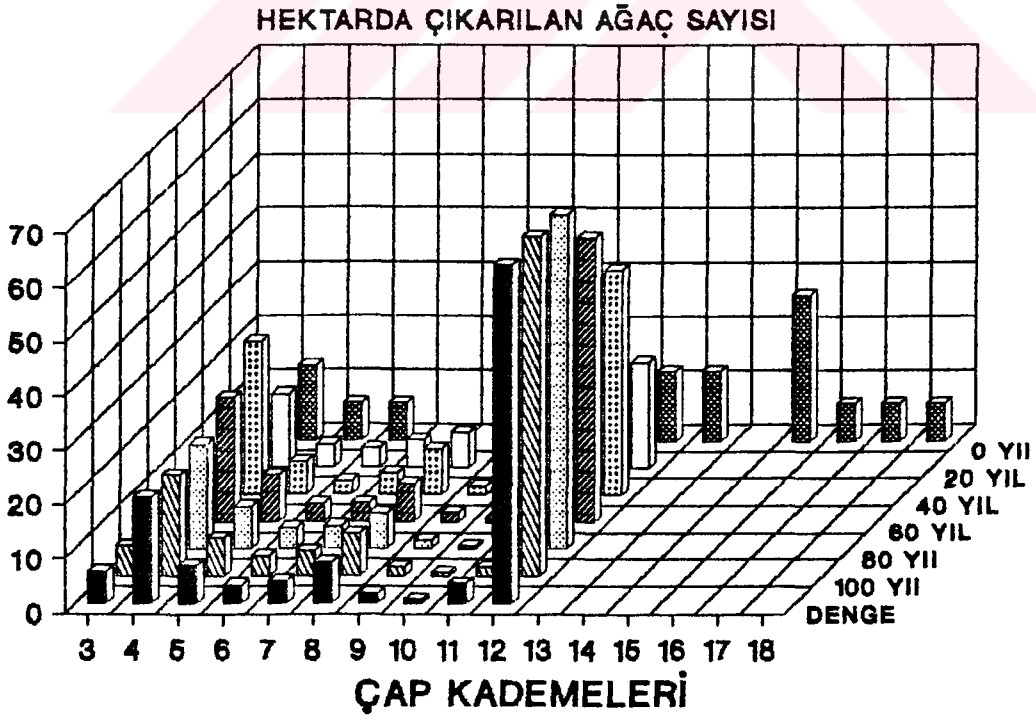
Şekil 4.53 ve 4.54 de MODEL1 için, çap kademeleri ve büyüme dönemleri itibariyle, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinden çıkarılan ağaç sayıları gösterilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi, büyüme dönemleri itibariyle, çıkarılan ağaç sayıları giderek denge durumuna yaklaşmaktadır.

Çıkarılan ağaç sayıları bakımından, amaç çapına ulaşan ağaçlar dışında, genellikle ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru bir azalma olmaktadır.

MODEL1'e göre denge durumuna ulaşıldığında; 20 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, amaç çapına ulaşan (≥ 44 cm) ağaç sayıları, ALAN1 için 44.6 ve ALAN2 için 62.6/ha olmaktadır.



Sekil 4.53: ALAN1 Meşçeresinin MODEL1'e Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

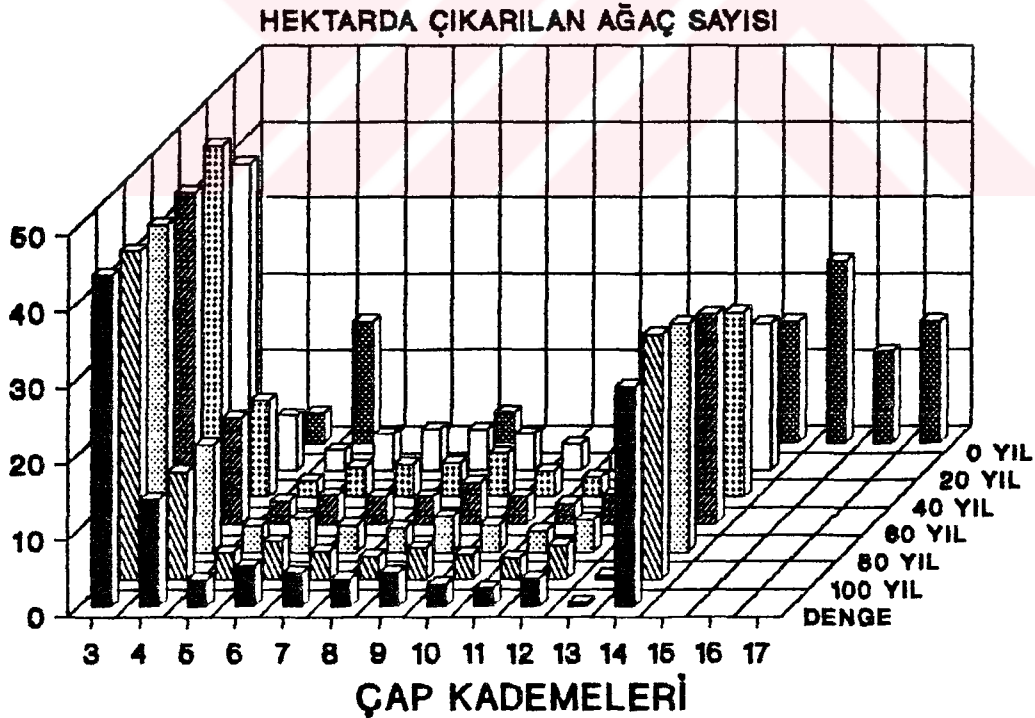


Sekil 4.54: ALAN2 Meşçeresinin MODEL1'e Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

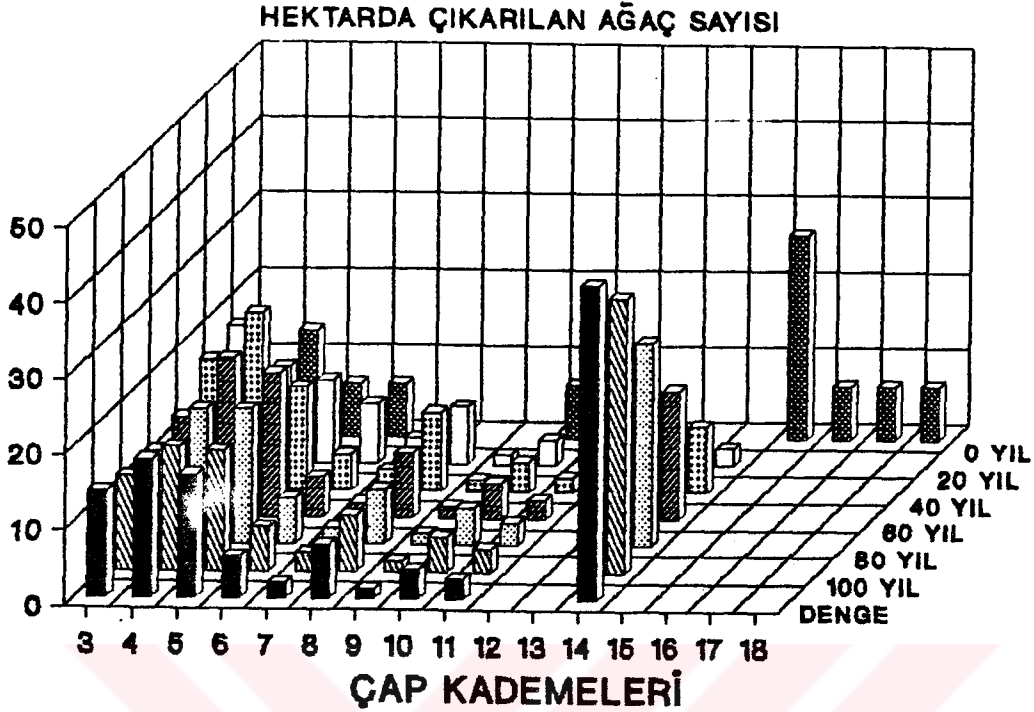
Şekil 4.55 ve 4.56 de MODEL2 için, çap kademeleri ve büyüme dönemleri itibariyle, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinden çıkarılan ağaç sayıları gösterilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi, büyüme dönemleri itibariyle, çıkarılan ağaç sayıları giderek denge durumuna yaklaşmaktadır.

Çıkarılan ağaç sayıları bakımından, amaç çapına ulaşan ağaçlar dışında, genellikle ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru bir azalma olmaktadır.

MODEL2'ye göre denge durumuna ulaşıldığında; 20 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, amaç çapına ulaşan (≥ 52 cm) ağaç sayıları, ALAN1 için 28.9 ve ALAN2 için 41.5/ha olmaktadır.



Şekil 4.55 ALAN1 Meşçeresinin MODEL2'ye Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

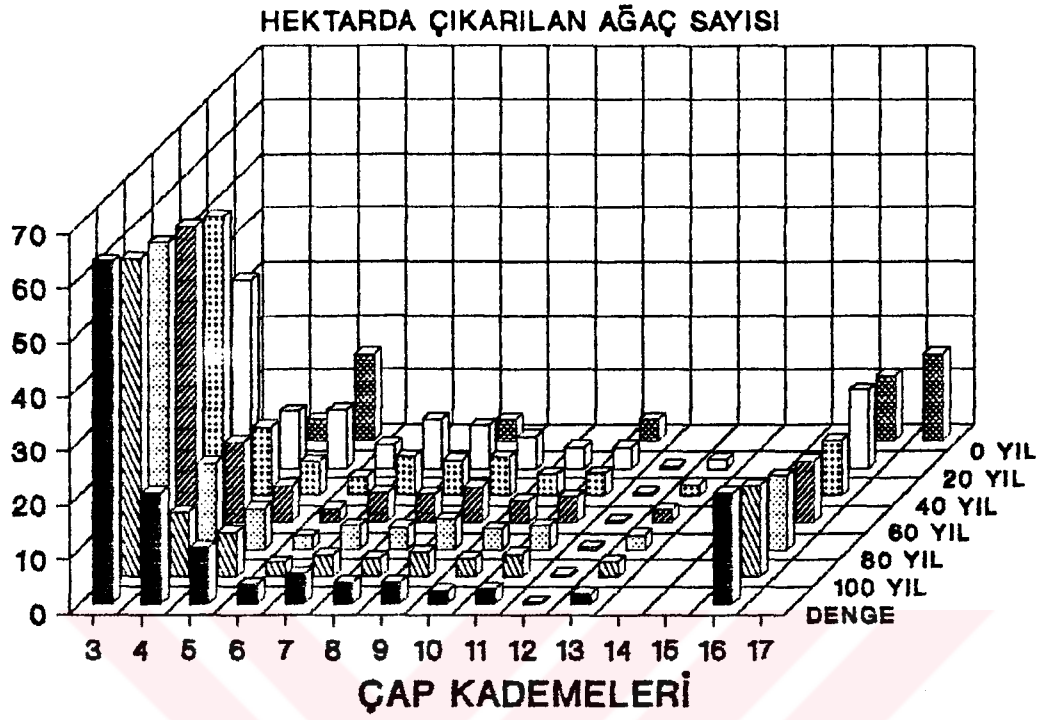


Şekil 4.56 ALAN2 Meşçeresinin MODEL2'ye Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

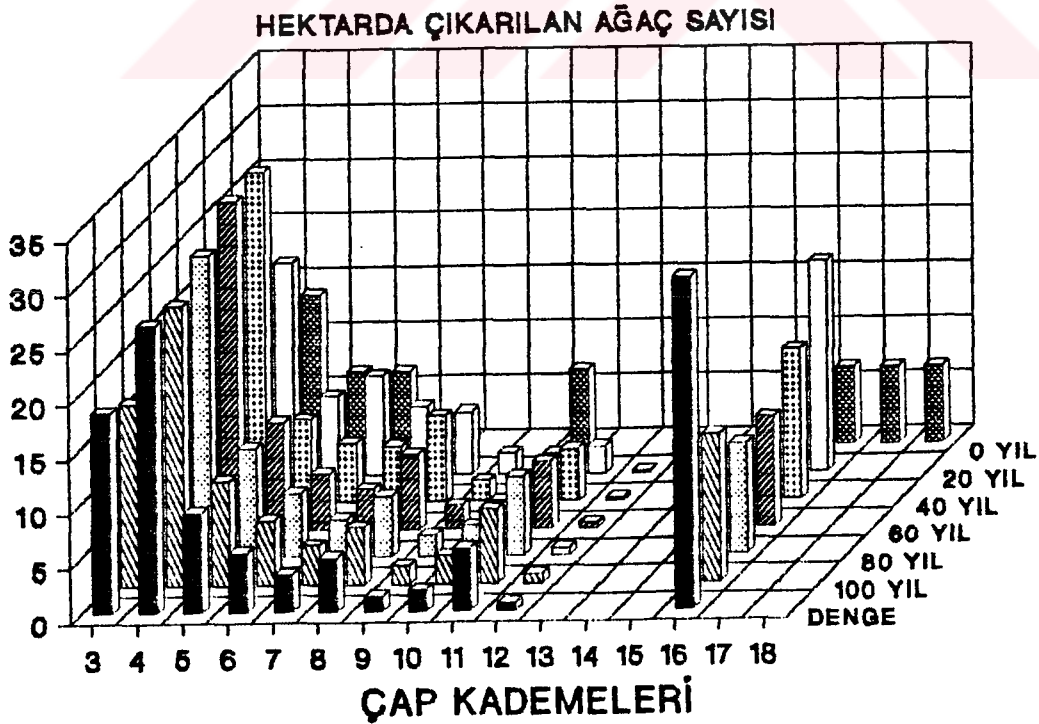
Şekil 4.57 ve 4.58 de MODEL3 için, çap kademeleri ve büyüme dönemleri itibariyle, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinden çıkarılan ağaç sayıları gösterilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi, büyüme dönemleri itibariyle, çıkarılan ağaç sayıları giderek denge durumuna yaklaşmaktadır.

Çıkarılan ağaç sayıları bakımından, amaç çapına ulaşan ağaçlar dışında, genellikle ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru bir azalma olmaktadır.

MODEL3'e göre denge durumuna ulaşıldığında; 20 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda, amaç çapına ulaşan (≥ 60 cm) ağaç sayıları, ALAN1 için 20.5 ve ALAN2 için 30.4/ha olmaktadır.



Şekil 4.57 ALAN1 Meşçeresinin MODEL3'e Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.



Şekil 4.58: ALAN2 Meşçeresinin MODEL3'e Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Meşçere Simülasyon Modeli ve Sonuçların İrdelenmesi

Bu çalışmada; değişik yaşlı bir meşçerede büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile analizi amaçlanmıştır. Değişik yaşlı meşçerelerde büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile analiz edilebilmesi için ağaçların çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri, çap kademeleri itibariyle ağaçların meşçereden ayrılma (kuruma) ihtimalleri ve koruya katılma (meşçerede küçük boyutlu olmaları nedeniyle ölçülemeyen ya da ölçülmeyen ve daha sonra büyümeleri sonucu meşçereye katılan ya da ekonomik çapa ulaşan ağaç sayısı) miktarının belirlenmesi gerekir (38), (51). Bu değerlerin belirlenebilmesi için devamlı deneme alanı verilerine gerek duyulmaktadır (37). Ülkemizde değişik yaşlı Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.Link) meşçerelerine ait devamlı deneme alanı bulunmaması nedeniyle meşçeredeki dinanizmi belirlemek için meşçere simülasyon modeli geliştirilmiştir. Simülasyon modelinde her bir ağaç tek tek ele alınıp, dönemsel kabuksuz çap artımları (10 yıllık); dönem başı kabuklu çap ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak üstel bir regresyon denklemi ile hesaplanmıştır. Bu regresyon denklemi ile hesaplanan dönemsel kabuksuz çap artımı değerleri; normal dağılımlı rasgele sayılar ile düzeltilerek, düzeltilmiş değerlerin $\pm 2 S$ (S: standart sapma) aralığında kalması koşulu dikkate alınmıştır. Bu yolla bulunan dönemsel kabuksuz çap artımı değerleri kabuk faktörü ile çarpılıp, dönem başındaki kabuklu göğüs çapına ilave edilerek, dönem sonu kabuklu göğüs çapları hesaplanmıştır. Bu ağaçların dönem sonundaki boyu, tepe çapı ve tepe uzunluğu değerleri; dönem sonu kabuklu göğüs çapının fonksiyonu olarak 3.2.1.2 bölümünde sunulan regresyon denklemleri ile he-

saplanmış ve bu değerler; normal dağılımlı rasgele sayılar ile regresyon denklemlerinin varyansları dikkate alınarak; düzeltilmiş dönem sonu boy, tepe çapı ve tepe uzunluğu değerleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, dönemsel çap artımları (dönem uzunluğu 10 yıl alınmıştır); göğüs çapı ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak oluşturulan üstel bir regresyon denklemi ile ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır (ALAN1'de

$$\log \text{Çart} = -4.054321 - 0.336456 \log D + 2.427356 \log YI$$

(0.081225) (0.104071)

Sy.x= 0.10866, R²= 0.8517, ALAN2'de

$$\log \text{Çart} = -3.486202 - 0.116252 \log D + 2.198143 \log YI$$

(0.100066) (0.128074)

Sy.x= 0.134662 R²= 0.8098 olarak bulunmuş ve yapılan varyans analizi sonucu her iki regresyon denkleminin de $\alpha < 0.001$ yanılma olasılığı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır serbestlik derecesi ≥ 64).

Alemdağ, dönemsel çap artımlarını; sadece yarışma endeksinin fonksiyonu olarak hesaplamış ve çeşitli yarışma endekslerini kullanarak, regresyon denklemlerinin belirtme katsayılarını (R²), $0.223 \leq R^2 \leq 0.596$ arasında bulmuş ve kısa dönemler itibariyle, yarışma endeksinin fonksiyonu olarak, çap artımlarının hesaplanabileceği sonucuna varmıştır (36). Liu ise, dönemsel göğüs yüzeyi artımlarını; yarışma endeksi ve yarışma endeksi-bonitet endeksinin fonksiyonu olarak iki ayrı doğrusal regresyon denklemi ile hesaplamış, regresyon denklemlerine ilişkin belirtme katsayılarını (R²), birinci denklem için 0.37373 ve ikinci denklem için 0.8745 olarak hesaplamıştır (43). Tome ve Burkhart, uzaklığa bağlı çeşitli yarışma endekslerinin fonksiyonu olarak oluşturdukları regresyon denklemleri ile dönemsel çap artımlarını hesaplayarak, belirtme katsayılarını, $0.664 \leq R^2 \leq 0.679$ arasında bulmuşlardır (44). Daniels ise, çeşitli yarışma endeksleri ile yıllık çap artımları arasındaki korelasyon katsayılarını $-0.027 \leq R^2 \leq -0.424$ olarak hesaplamıştır (46). Martin ve Ek tarafından, üstel bir regresyon denklemi ile

gögüs çapı, bonitet endeksi ve çeşitli yarışma endekslerinin fonksiyonu olarak, dönemsel çap artımları hesaplanmış, denklemlere ilişkin belirtme katsayıları, $0.523 \leq R^2 \leq 0.650$ arasında bulunmuştur (47). Holmes ve Reed ise, yıllık çap artımı ile çeşitli yarışma endeksleri arasındaki korelasyon katsayılarını, $-0.400 \leq R^2 \leq -0.580$ olarak hesaplamışlardır (50). Değişik bir yaklaşımla Akalp, değişik yaşlı Doğu Ladinini meşçerelerinde artım ve büyümenin simülasyonu amacıyla dönemsel çap artımlarını belirleyebilmek için önce; göğüs yüzeyi yıllık halka sayısı ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak üstel bir regresyon denklemi ile dönem başı kabuksuz göğüs çaplarını hesaplamış, daha sonra, dönem uzunluğunu göğüs yüksekliği yıllık halka sayısına ilave ederek, bu yaş ve yarışma endeksine göre dönem sonu kabuksuz çapları hesaplayıp, dönem başı kabuklu çap değerlerinden farkını alarak dönemsel kabuksuz çap artımlarını hesaplamış, ancak regresyon denklemine ilişkin istatistiksel sonuçlar hakkında bilgi verilmemiştir (5). Çeşitli araştırmacılar tarafından, çap artımı regresyon denklemine ilişkin olarak, yukarıda verilen istatistiksel sonuçlar dikkate alındığında; bu çalışmada elde edilen çap artımı regresyon denkleminin de güvenli bir şekilde kullanılabilceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ağaç boyu (h), tepe uzunluğu (h') ve tepe çapı (t_c) regresyon denklemleri başlangıç durumunda ALAN1 meşçeresi için

$$h = D^2 / (9.73584 - 0.04991 D + 0.03786 D^2), \quad S_{y.x} = 7.11, \quad R^2 = 0.8512 \\ (0.11857) \quad (0.00179)$$

$$h' = 0.106384 + 0.576556 D - 0.004689 D^2, \quad S_{y.x} = 3.27, \quad R^2 = 0.6598 \\ (0.054634) \quad (0.000829)$$

$$t_c = 1.25904 + 0.085647 D, \quad S_{y.x} = 0.8373, \quad R^2 = 0.7156 \\ (0.003926)$$

ALAN2 meşçeresi için aynı denklemler

$$h = D^2 / (8.97331 - 0.04827 D + 0.03684 D^2), \quad S_{y.x} = 7.06, \quad R^2 = 0.8346 \\ (0.08123) \quad (0.00097)$$

$$h' = 0.145681 + 0.561132 D - 0.004561 D^2, \quad S_{y.x}=3.11, \quad R^2=0.6718 \\ (0.046143) \quad (0.000761)$$

$$t_c = 1.31434 + 0.084444 D, \quad S_{y.x} = 0.7076, \quad R^2=0.7082 \\ (0.003621)$$

biçiminde hesaplanmıştır (serbestlik der. ≥ 64 , $\alpha < 0.001$).

Meşçerede kuruma ve ayrılmaların hesaplanmasında; devamlı deneme alanlarından sağlanan verilerle oluşturulan denklemler ya da bazı varsayımlardan yararlanılabileceği belirtilmektedir (47). Bu çalışmada, ikinci durum söz konusu olduğundan kuruma ve ayrılmaların hesaplanmasında; Akalp'in varsayımlarından yararlanarak (5), 10 yıllık bir büyüme döneminin sonunda 1 mm.'den daha az kabuksuz çap artımı yapan ağaçların kuruyacağı ve 400 yaşından büyük ağaçların doğal ömür sürelerini tamamlayacağı düşüncesinden hareket edilmiştir.

Meşçereye katılmaların hesaplanmasında; çeşitli araştırmacıların meşçere koşullarına bağlı olarak önerdikleri yöntemlerden (38), (40), devamlı deneme alanlarının mevcut olmaması nedeniyle yararlanılamamış, bununla birlikte, ALAN1 ve ALAN2 başlangıç meşçeresindeki ağaçların göğüs yüksekliğindeki yıllık halka sayıları dikkate alınarak, 3.2.1.5 bölümünde açıklanan yöntemle meşçereye bir yılda katılacak ağaç sayıları hesaplanmıştır.

Yukarıda açıklanan yöntem ve varsayımlar altında oluşturulan simülasyon modeli ile ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin doğal büyümesi simüle edilmiştir. Yine aynı yöntem ve varsayımlar altında fakat meşçereye her büyüme döneminin sonunda çeşitli teknik müdahaleler uygulanarak seçme işletmesi ve tek tabakalı meşçere simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Yapılan teknik müdahale biçimine göre seçme işletmesi simülasyon modeli için üç farklı model geliştirilmiştir. Birinci modelde (MODEL1) amaç çapı 44 cm alınarak, her büyüme döneminin sonunda bu çapa ulaşan ağaçlar ile % 80' den daha fazla baskıya uğrayan (YI < 120) ağaçlar meşçereden çıkarılmış-

tır. İkinci modelde (MODEL2); amaç çapı 52 cm alınmış ve yine % 80'den daha fazla baskıya uğrayan ağaçlar ile amaç çapına ulaşan ağaçlar meşçereden uzaklaştırılmıştır. Üçüncü modelde (MODEL3); amaç çapı 60 cm alınarak, diğer iki modelde olduğu gibi amaç çapına ulaşan ağaçlar ile % 80'den daha fazla baskıya uğrayan ağaçlar meşçereden uzaklaştırılmıştır.

Tek tabakalı meşçere simülasyon modelinin oluşturulmasında; her büyüme döneminin sonunda meşçerenin aritmetik orta boyu hesaplanarak, bu boydan iki standart sapmadan daha küçük ağaçlar ile % 80'den daha fazla baskıya uğrayan ağaçlar kesilerek meşçereden uzaklaştırılmıştır.

Meşçere simülasyon modelinde, yaşayan ağaçların çap, boy, tepe çapı ve tepe uzunluklarının hesaplanmasında rasgele sayılardan yararlanılması nedeniyle, daha duyarlı sonuçlar elde edebilmek için ilgili bilgisayar programı 8'er defa koşturularak elde edilen sonuçların ortalama değerleri alınmıştır.

Doğal büyüme simülasyon modeline göre, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde; ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte, ağaçlar ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru kaymaktadırlar (Tablo 4.1 ve 4.2, Şekil 4.1 ve 4.2). Her iki meşçerede, çap kademesi aritmetik orta boy değerleri; büyüme dönemleri ile birlikte, başlangıç durumlarına göre daha kararlı bir eğri halini alırken, boylanma bakımından ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri arasında belirgin farklar görülmemiştir (Tablo 4.3 ve 4.4, Şekil 4.3 ve 4.4).

Doğal büyüme simülasyon modelinde ağaç sayısı bakımından ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte bir azalma görülmüştür. ALAN1 meşçeresinde başlangıç durumunda hektarda 768 ağaç bulunmasına rağmen, büyüme dönemleri itibariyle giderek azalarak 10 dönem sonra (100 yıl) bu sayı 731'e düşmüştür. ALAN2 meşçeresinde de aynı durum söz konusu olup, ağaç sayısı 800'den 736'ya düşmüştür. Üst boy, hacim ve gö-

gös yüzeyi değerleri bakımından her iki meşçerede de büyüme dönemleri ile birlikte bir artış olmuştur. ALAN1 meşçeresi başlangıç durumunda 26.4 m. üst boy değerinden, son dönemde (100 yıl sonra) 29.2 m.'reye, ALAN2 meşçeresi ise, 26.1 m.'den 28.9 m.'lik üst boya ulaşmıştır. ALAN1 meşçeresi başlangıçta, hacım olarak 767.373 m³, den 1226.883 m³, e, ALAN2 meşçeresi ise, 618.135 m³, den 1129.409 m³ hacme yükselmiştir. Gögüs yüzeyi bakımından ALAN1 meşçeresi 65.206 m², den 95.704 m², ye, ALAN2 meşçeresi 53.611 m², den 89.588 m², ye yükselmiştir. Büyüme dönemleri itibariyle meşçereden ayrılan (kuru-yan) hacım değerleri bakımından bir istikrar söz konusu olmamakla birlikte ALAN1 meşçeresinde 6.215-25.469 m³, ALAN2 meşçeresinde 6.721-16.45 m³/ha arasında bir değişim olmuştur (Tablo 4.5 ve 4.6). İnce ve kalın çap kademelerinden bir üst çap kademelerine geçişler orta çap kademelerine göre daha yavaş olurken, üst çap kademelerine geçiş ihtimalleri bakımından ALAN2 meşçeresi ALAN1 meşçeresinden daha yüksek değerlere sahiptir (Tablo 4.7, 4.8 ve Şekil 4.5). Şekil 3.5 ve 3.6 da, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin başlangıç durumu kro-kileri verilmiştir. Bu iki şekil birlikte incelendiğinde; ALAN1 meşçeresinin ALAN2 meşçeresinden daha fazla bir tepe kapalılığına sahip olduğu görülmektedir. Başlangıç durumu ve çap sınıfları itibariyle gögüs yüzeyi değerleri dikkate alındığında; ALAN1 meşçeresinin kalın çap sınıfı gögüs yüzeyi değerlerinin, ALAN2 meşçeresinden daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.6 ve 4.7). Ayrıca, bu meşçerelerde aynı yaş kademesindeki ağaçlar birlikte dikkate alındığında; genellikle, ALAN2 meşçeresindeki ağaçların ALAN1 meşçeresindeki ağaçlardan daha kalın çaplı olduğu görülmektedir. Bu nedenlerle, ALAN2 meşçeresindeki ağaçların ALAN1 meşçeresindekilere göre, üst çap kademelerine geçişte daha hızlı olmaları meşçere kapalılığı ve yetiştirme ortamı koşullarının farklı olmalarından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Akalp, değişik yaşlı ladin meşçereleri için geliştirdiği simülasyon modelinde; hektarda ağaç sayısı 708, gögüs yüzeyi 68.764 m² ve hacım 812.917 m³, e sahip bir başlangıç

meşçeresinden hareket ederek meşçerenin 100 yıl sonraki durumunda hektarda ağaç sayısını 1088, göğüs yüzeyini 53.141 m² ve hacim değerini 645.51 m³ bulmuştur (5). Yani meşçerede başlangıç durumuna göre ağaç sayısında bir artış, göğüs yüzeyi ve hacim değerlerinde ise bir azalış olmuştur. 100 yıllık bir süre içerisinde meşçereden genellikle kalın çaplı ağaçlar ayrılmış ve yerlerini daha fazla sayıda genç ağaçlara bırakmıştır. Çalışmamızda, başlangıç meşçereleri olarak kullandığımız ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin Akalp'in başlangıç meşçeresine göre; ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri bakımından benzer bir yapıda olmalarına rağmen doğal büyüme simülasyon modeli sonuçlarına göre farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Bunun nedenlerini açıklamadan önce, simülasyon modellerimiz arasındaki bazı farklılıkları belirtmemiz gerekir. Gerek Akalp'in modelinde ve gerekse bu çalışmaya konu olan modelde kuruma ve ayrılmaların hesaplanmasında aynı varsayımlardan hareket edilerek; 10 yıllık bir büyüme dönemi sonunda 1 mm.'den daha az çap artımı yapan ağaçlar ile 400 yaşını geçen ağaçların meşçereden ayrılacağı varsayılmıştır. Bununla birlikte, çap artışlarının hesaplanmasında birbirinden farklı yollar izlenmiştir. Akalp, yaş ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak dönem başı kabuksuz çap ile dönem sonu kabuksuz çapları hesaplayarak, bunların farklarını alıp dönemsel kabuksuz çap artışlarını hesaplamıştır. Simülasyon modelimizde ise dönemsel kabuksuz çap artışları doğrudan çap ve yarışma endeksinin fonksiyonu olarak hesaplanarak, normal dağılımlı rasgele sayılar ile düzeltilmişlerdir. Gerek Akalp'in modelinde ve gerekse bu modelde 10'uncu dönemin (100 yıl) sonunda bile doğal ömür süresini tamamlayan ağaç bulunmadığından kurumalar sadece 10 yıllık bir dönemde 1 mm.'den daha az çap artımı yapan ağaçlar nedeniyle olmuştur. Akalp'in çalışmasında; ağaçların yarışma endeksi puanları verilmediğinden kuruyan ağaçların ne kadar baskıya uğradıkları bilinmemekte ve bu nedenle bir karşılaştırma yapılamamaktadır.

Uç değişik amaç çapına göre (44, 52 ve 60 cm) oluşturulan MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 seçme işletmesi simülasyon

modeli sonuçlarından, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde; büyüme dönemleri itibariyle, ince çap kademelerindeki ağaç sayıları artarken, kalın çap kademelerinde düzensiz bir artış ve azalış olmaktadır (Tablo 4.9-4.14 ve Şekil 4.8-4.13).

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri büyüme dönemleri ile birlikte başlangıç durumlarına göre giderek daha yüksekten seyrederken, kararlı bir eğri haline dönüşmektedir. MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre elde edilen çap kademeleri aritmetik orta boy değerleri arasında büyüme dönemleri ile birlikte belirli farklar görülmezken, her üç modele göre elde edilen çap kademesi aritmetik orta boy değerleri dikkate alındığında; genellikle ALAN1 meşçeresi ALAN2 meşçeresinden daha yüksek değerlere sahiptir (Tablo 4.15-4.20 ve şekil 4.14-4.19).

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 seçme işletmesi simülasyon modeli sonuçlarından ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin büyüme dönemleri itibariyle seçme işletmesine benzer bir yapıya ulaştıklarını görmekteyiz. Başlangıç durumundan 10'uncu büyüme dönemine kadar (100 yıl sonra) ALAN1 meşçeresinde hacim 376.017-415.170 m³ arasında değişirken, ALAN2 meşçeresinde 341.600-399.931 m³ arasındadır. Gögüs yüzeyi değerleri dikkate alındığında; ALAN1 meşçeresinde 33.135-35.880 m², ALAN2 meşçeresinde 31.650-34.309 m² arasında değişmektedir. Ağaç sayılarında ise ALAN1 meşçeresi 608'den 1558'e, ALAN2 meşçeresi 693'den 1443'e yükselmiştir. Kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve meşçerede fazla baskıya uğramaları sonucu (% 80'den daha fazla baskı) çıkarılan ağaçların hacim değerleri büyüme dönemleri ile birlikte bir ilişki göstermemelerine rağmen toplam değerler olarak; ALAN1 meşçeresinde 26.520-66.848 m³, ALAN2 meşçeresinde 40.355-90.366 m³ arasında değişmektedir. Başlangıç durumlarında ise ALAN1 meşçeresinde amaç çapına (44 cm) ulaşan ağaçlar ile maglup olan ağaçlar meşçereden çıkarılarak 373.611+12.062=385.673 m³'lük hasat elde edilmiştir. Bu değerler ALAN2

meşçeresinde $227.581+16.651=243.232 \text{ m}^3$, dür (Tablo 4.21 ve 4.22).

Seçme işletmesi MODEL2'ye göre (amaç çapı 52 cm); ALAN1 meşçeresinden toplam olarak 246.661 m^3 hasat edilerek kalan meşçere hacmi 520.713 m^3 , dür. ALAN2 meşçeresinden 188.531 m^3 hasat edilerek, kalan meşçere hacmi 429.605 m^3 , dür. 0-10'uncu büyüme dönemleri arasında; ALAN1 meşçeresinde kalan ağaç sayıları 672'den 1452'ye, ALAN2 meşçeresinde 720'den 1253'e yükselmiştir. Kalan meşçere hacim değerleri; ALAN1 meşçeresinde $516.157-564.874 \text{ m}^3$, ALAN2 meşçeresinde $429.605-568.143 \text{ m}^3$ arasında değişmektedir. Kalan göğüs yüzeyi değerleri ise ALAN1 meşçeresinde $43.446-47.465 \text{ m}^2$, ALAN2 meşçeresinde $38.349-49.274 \text{ m}^2$ arasındadır. MODEL2'ye göre 1-10'uncu büyüme dönemleri arasında; kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve mağlup olma nedeniyle meşçereden çıkarılan hacim toplamı ALAN1 meşçeresinde $21.862-93.747 \text{ m}^3$, ALAN2 meşçeresinde $26.028-82.644 \text{ m}^3$ arasındadır (Tablo 4.23 ve 4.24).

MODEL3'e göre ALAN1 meşçeresinden başlangıç durumunda amaç çapına ulaşma nedeniyle 110.399 m^3 ve mağlup olma nedeniyle 13.062 m^3 ve toplam olarak 123.461 m^3 , lük hasat yapılmışken, ALAN2 meşçeresinde bu değerler $172.880+15.651=188.531 \text{ m}^3$, dür. 0-10'uncu büyüme dönemleri arasında kalan ağaç sayısı bakımından ALAN1 meşçeresi 712'den 1280'e yükselmişken, ALAN2 meşçeresi 720'den 1373'e yükselmiştir. Yine aynı büyüme dönemleri arasında kalan göğüs yüzeyi değerleri ALAN1 meşçeresinde $52.974-62.347 \text{ m}^2$, ALAN2 meşçeresinde $38.349-63.626 \text{ m}^2$ arasında değişmektedir. Kalan hacim değerleri ise ALAN1 meşçeresinde $641.965-759.382 \text{ m}^3$, ALAN2 meşçeresinde $429.605-743.856 \text{ m}^3$ arasında değişiklik göstermektedir. Kuruyan, amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilen ve mağlup olma nedeniyle meşçereden çıkarılan hacim miktarları ise ALAN1 meşçeresinde $26.435-83.381 \text{ m}^3$, ALAN2 meşçeresinde $7.754-91.290 \text{ m}^3$ arasındadır (Tablo 4.25 ve 4.26).

ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için MODEL1'e göre elde edilen kuruma ihtimalleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, mağlup olma ihtimalleri bakımından düzenli bir değişim olmamıştır. Bir üst çap kademelerine geçiş ihtimalleri bakımından ALAN2 meşçeresi ALAN1 meşçeresinden daha yüksek değerlere sahiptir. ALAN1 meşçeresinde aynı çap kademesinde kalma ihtimalleri bir üst çap kademesine geçme ihtimallerinden daima büyük olmasına rağmen ALAN2 meşçeresinde bu değerler arasında belirgin farklar bulunmamaktadır (Tablo 4.27, 4.28 ve Şekil 4.20).

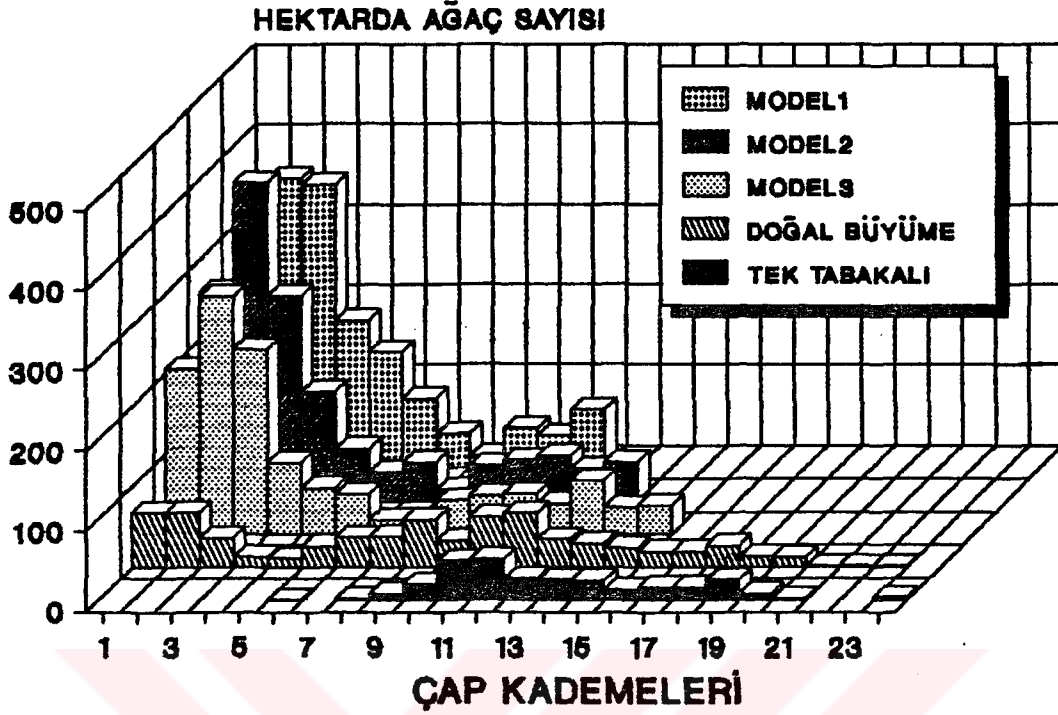
MODEL2 ve MODEL3'e göre elde edilen kuruma ihtimalleri MODEL1 de olduğu gibi ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, amaç çapının büyümesi sonucu MODEL1'den MODEL3'e doğru artmaktadır. Mağlup olma ihtimallerinde ise çap kademeleri arasında belirgin farklar görülmezken, amaç çapının büyümesi sonucu, MODEL1'den MODEL3'e doğru artmaktadır. Bir üst çap kademelerine geçiş ihtimalleri bakımından büyükten küçüğe doğru sıralama yapıldığında; amaç çapının büyümesi ile de ilişkili olarak MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 sıralaması elde edilmektedir (Tablo 4.29-4.32 ve Şekil 4.21, 4.22).

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 sonuçlarından, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, başlangıç durumuna göre ve büyüme dönemleri itibariyle çap sınıfları göğüs yüzeyi değerlerinde, III. çap sınıfı dışında, artış olmuştur. III. çap sınıfında azalma olmasının nedeni ise, başlangıç durumunda bu çap sınıfında (20-35.9 cm), diğer çap sınıflarına göre daha fazla sayıda ağaç bulunması ve ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte, bu ağaçların bir kısmı IV ve V. çap sınıflarına geçerken, ince çap sınıflarından (I ve II'inci) daha az sayıda ağacın III. çap sınıfına geçmiş olmasıdır (Şekil 4.23-4.28).

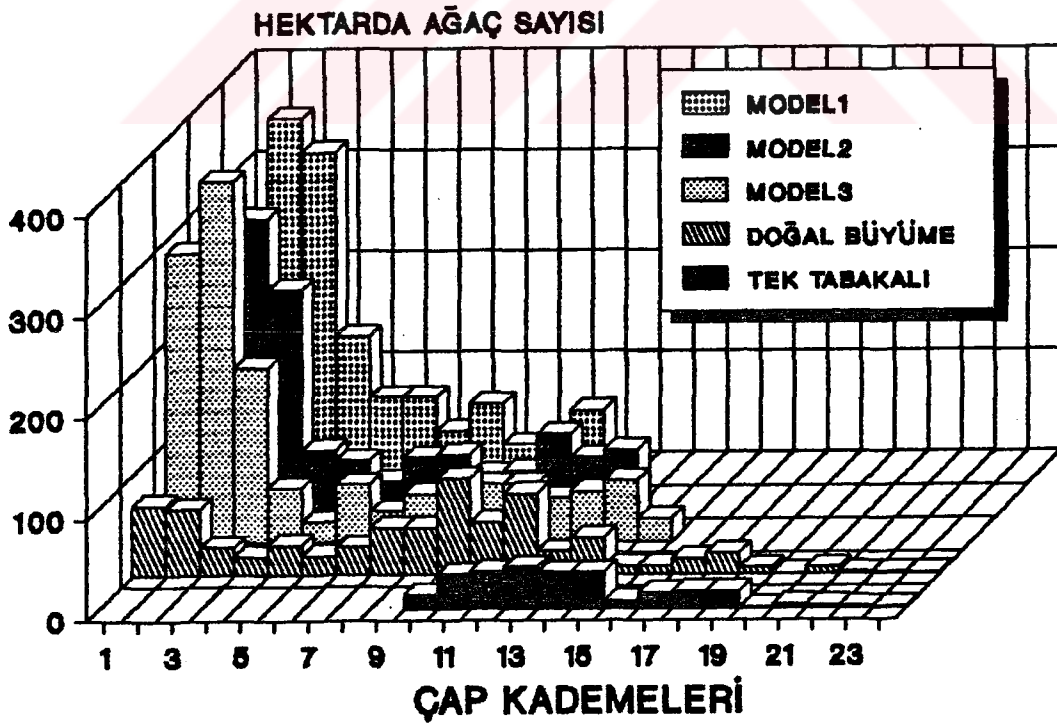
Tek tabakalı meşçere simülasyon modeline göre 10'ar yıllık büyüme dönemleri ile birlikte ağaçlar; ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru kayarken, meşçerede

toplam ağaç sayısı bakımından bir azalma görülmektedir (Tablo 4.33 ve 4.34, Şekil 4.29 ve 4.30). Çap kademeleri aritmetik orta boy değerlerinde ise ağaçların kalın çap kademelerine kaymaları ve meşçere aritmetik orta boyundan 2 standart sapmadan daha kısa boya sahip ağaçların her büyüme dönemi sonunda çıkarılması ile doğal olarak yükselmektedir (Tablo 4.35 ve 4.36, Şekil 4.31 ve 4.32). Büyüme dönemleri ile birlikte kalan meşçere hacmi ve göğüs yüzeyi değerlerinde artış olurken, ayrılan hacim değerleri bakımından kararlı bir değişim söz konusu değildir. 0-10'uncu büyüme dönemleri arasında kalan meşçere hacmi; ALAN1 meşçeresinde 734.868' den 968.420 m³, e, ALAN2 de ise 591.364'den 884.015'e yükselmiştir. Aynı dönemler arasında ALAN1 meşçeresinde göğüs yüzeyi 61.916'dan 71.548 m², reye, ALAN2 meşçeresinde 50.501' den 65.815 m², reye yükselmiştir. Ayrılan hacim değerleri ise büyüme dönemleri ile birlikte ALAN1 meşçeresinde 26.086-42.367 m³, ALAN2 meşçeresinde 14.385-56.116 m³ arasında kararsız olarak değişmiştir (Tablo 4.37 ve 4.38). Çap sınıfları göğüs yüzeyi değerleri bakımından ise, II ve III. çap sınıflarında artış, IV. çap sınıfında kararsız bir değişim ve V. çap sınıfında artış olmuştur (Şekil 4.33 ve 4.34).

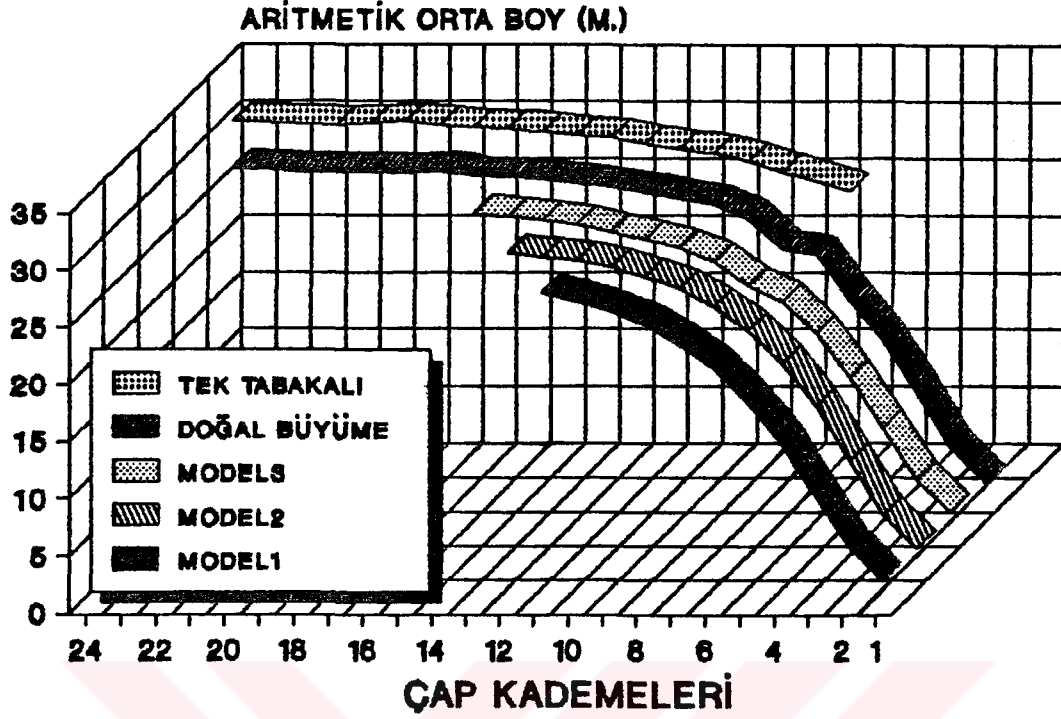
ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri için, doğal büyüme, tek tabakalı kuruluş ve üç değişik amaç çapına göre oluşturulan MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 seçme işletmesi simülasyon modellerinin son dönem (başlangıçtan 100 yıl sonraki durum) hektarda çap kademesi ağaç sayıları dağılımlarının verildiği Şekil 5.1 ve 5.2 den de görülebileceği gibi, ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine ve MODEL1 den MODEL2 ve MODEL3'e doğru çap kademesi ağaç sayılarında azalma olurken, doğal büyüme ve tek tabakalı meşçere modellerinde birbirlerinden fazla farklar göstermeyen bir dağılım oluşmuştur. Şekil 5.3 ve 5.4 de görülebileceği gibi, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin son dönemde; çap kademesi aritmetik orta boy değerleri, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 arasında belirgin bir farklılık göstermezken, tek tabakalı meşçere modeli ile doğal büyüme modeline göre daha yüksek boy değerleri elde edilmiştir.



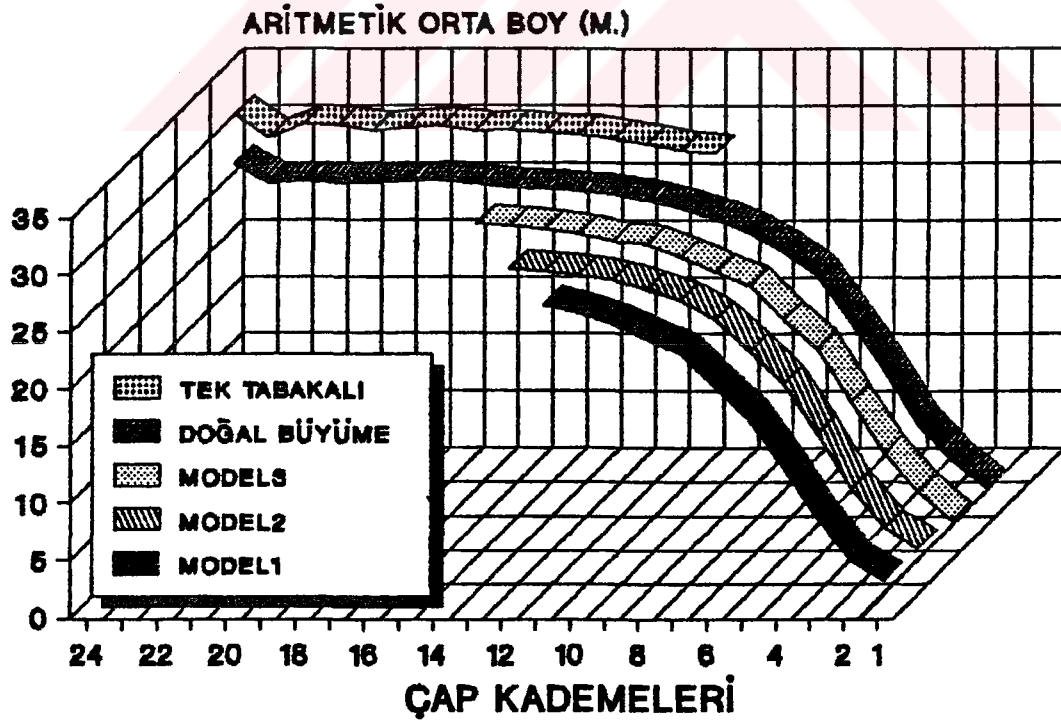
Şekil 5.1: ALAN1'in Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.2: ALAN2'in Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.3: ALAN1'in Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

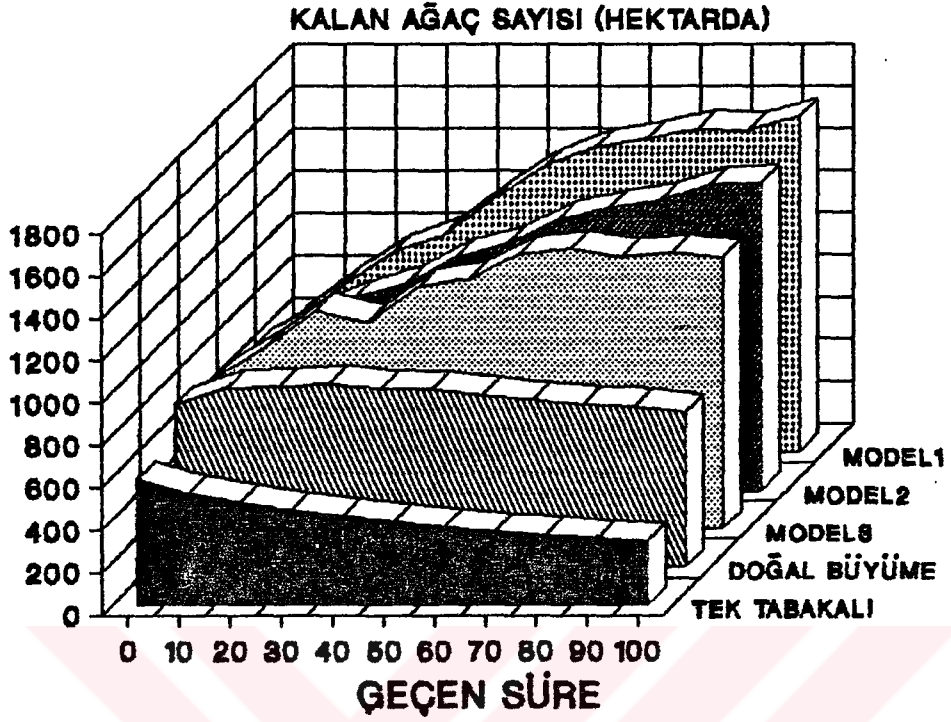


Şekil 5.4: ALAN2'in Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Aritmetik Orta Boy Değerleri.

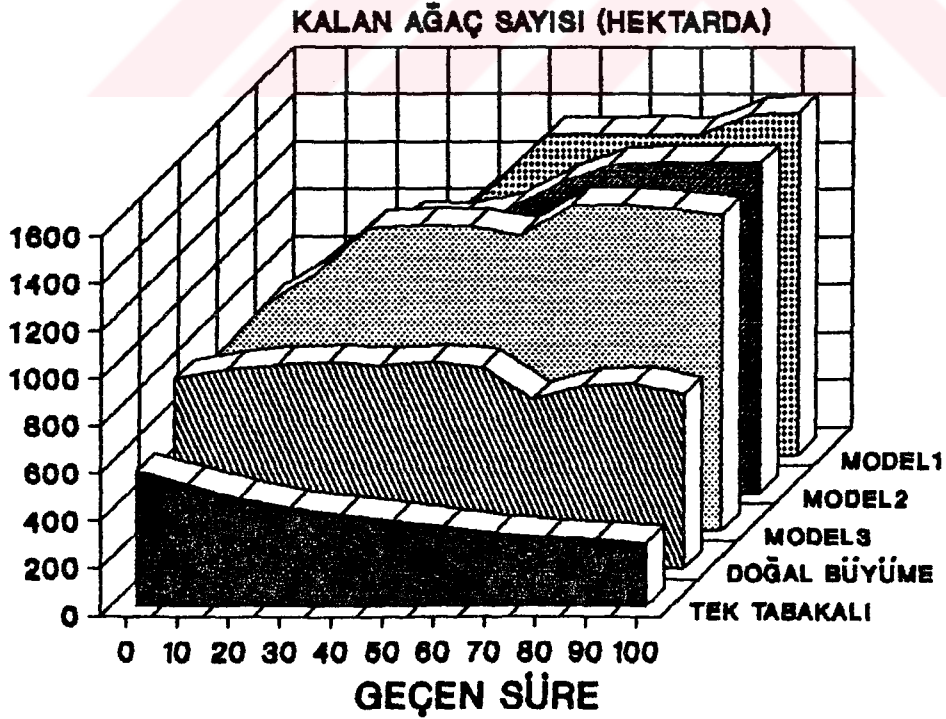
Şekil 5.5 ve 5.6 da ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin MODEL1, MODEL2, MODEL3, doğal büyüme ve tek tabakalı kuruluş simülasyon modellerine göre, 10'ar yıllık büyüme dönemleri sonu itibariyle, hektarda kalan ağaç sayıları verilmiştir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, büyüme dönemlerinin sonları itibariyle, tek tabakalı kuruluş ve doğal büyüme simülasyon modellerine göre, hektarda kalan ağaç sayıları azalırken, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3' e göre sürekli bir artış olmuştur. Meşçere göğüs yüzeyi (Şekil 5.7 ve 5.8) ve meşçere hacmi (Şekil 5.9 ve 5.10) değerlerinde ise, ALAN1 için MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre belirgin bir değişme olmamakla birlikte (sabit kabul edilebilir), tek tabakalı kuruluş ve doğal büyüme simülasyon modellerinde, sürekli bir artış, ALAN2 için MODEL1 ve MODEL2' ye göre, hemen hemen sabit bir göğüs yüzeyi ve hacim, MODEL3 tek tabakalı kuruluş ve doğal büyüme simülasyon modellerine göre sürekli artış olmuştur.

Şekil 5.11 ve 5.12 de ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme simülasyon modellerine göre, 10 yıllık bir dönem için, ağaçların bir üst çap kademesine geçiş ihtimalleri verilmiştir. Bir üst çap kademeslerine geçiş ihtimalleri bakımından büyükten küçüğe doğru bir sıralama yapıldığında; ALAN2 için MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme simülasyon modeli sıralaması elde edilirken, ALAN1 için MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 arasında belirgin farklar bulunmamış ve doğal büyüme simülasyon modeline ilişkin geçiş ihtimallerinden daha yüksek ihtimaller elde edilmiştir.

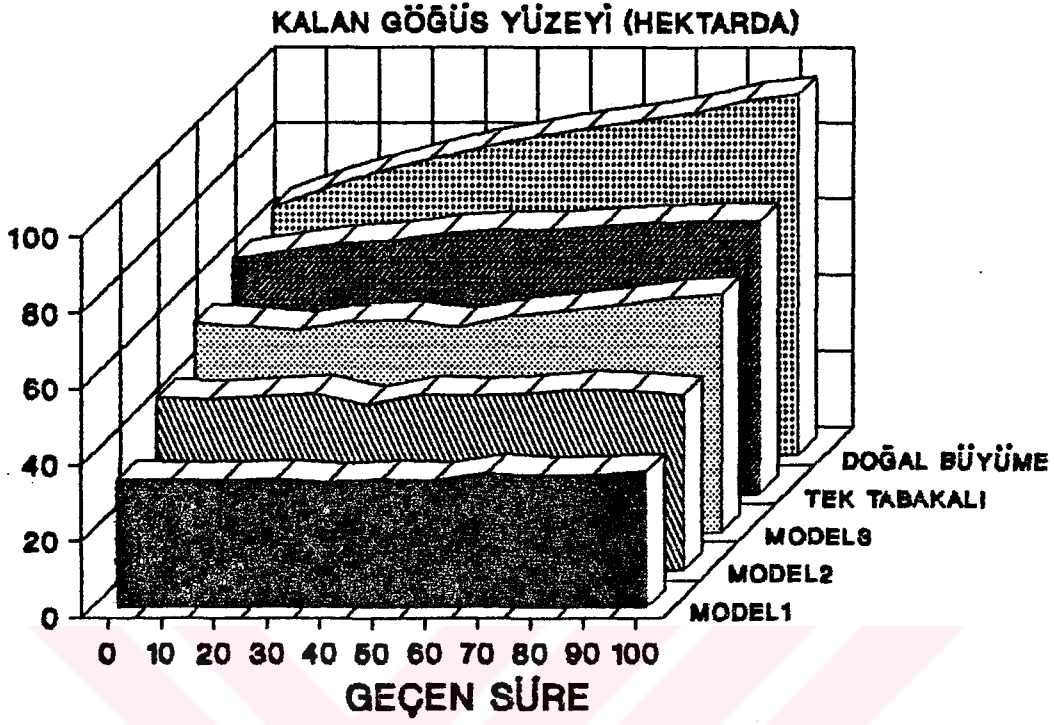
Şekil 5.13 ve 5.14 de görülebileceği gibi, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, doğal büyüme ve tek tabakalı kuruluş modellerine göre, büyüme dönemleri itibariyle çıkarılan hacim miktarlarında fazla farklılıklar bulunmamakla birlikte, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre, birbirini izleyen iki büyüme dönemi için, zıt yönde, bir artış bir azalış olmaktadır.



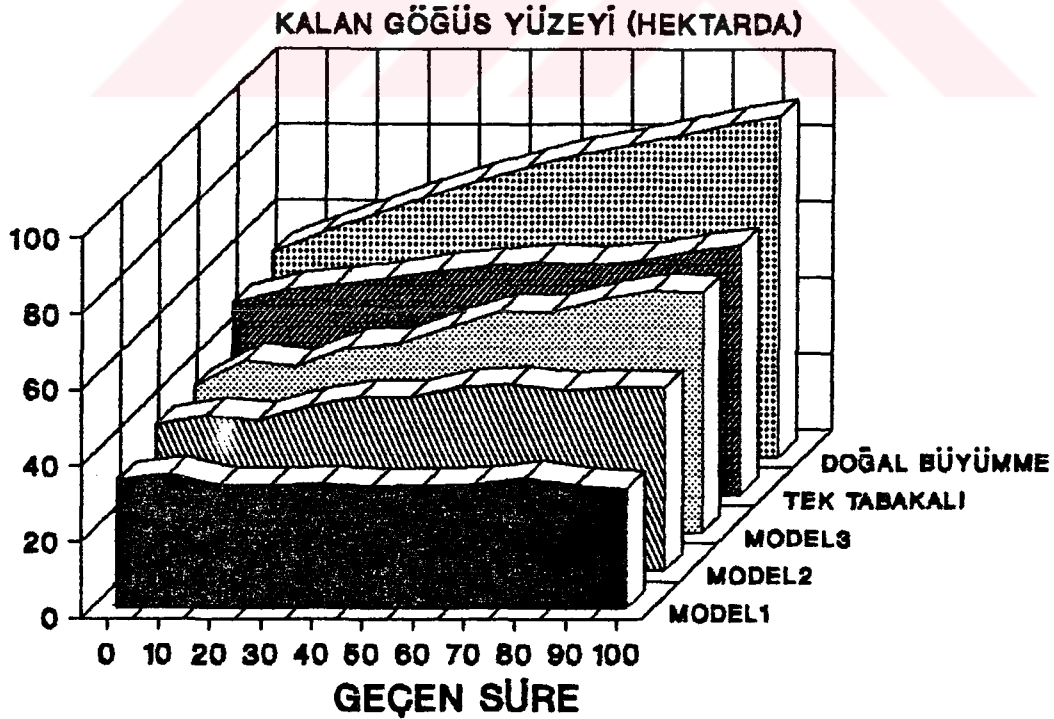
Şekil 5.5: ALAN1 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Kalan Ağaç Sayıları.



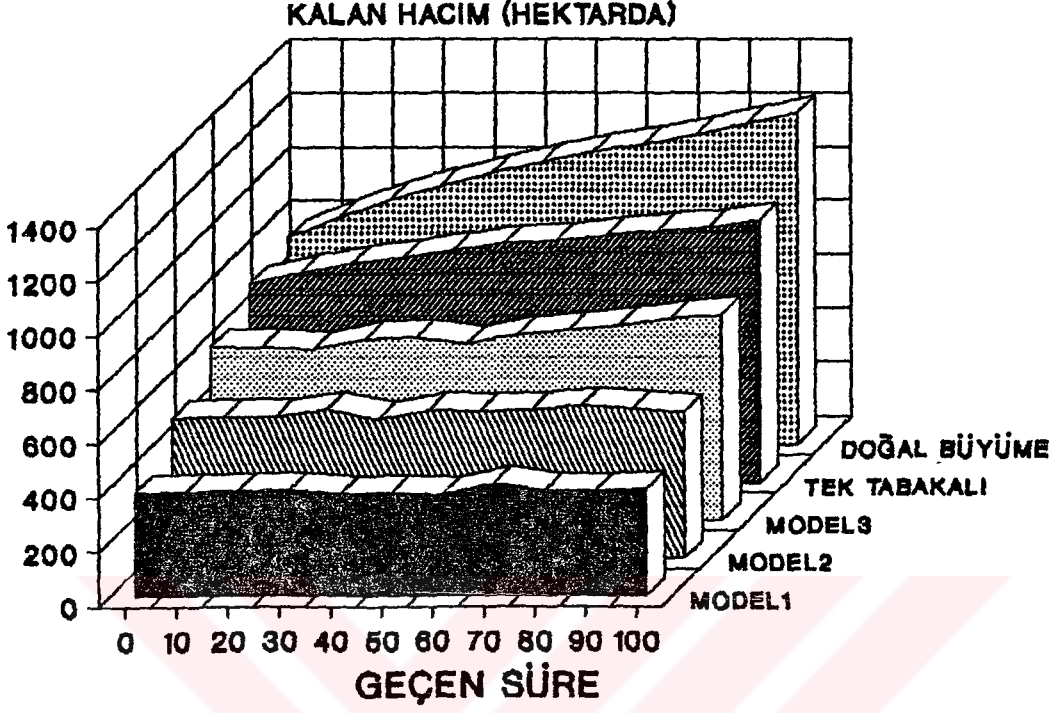
Şekil 5.6: ALAN2 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Kalan Ağaç Sayıları.



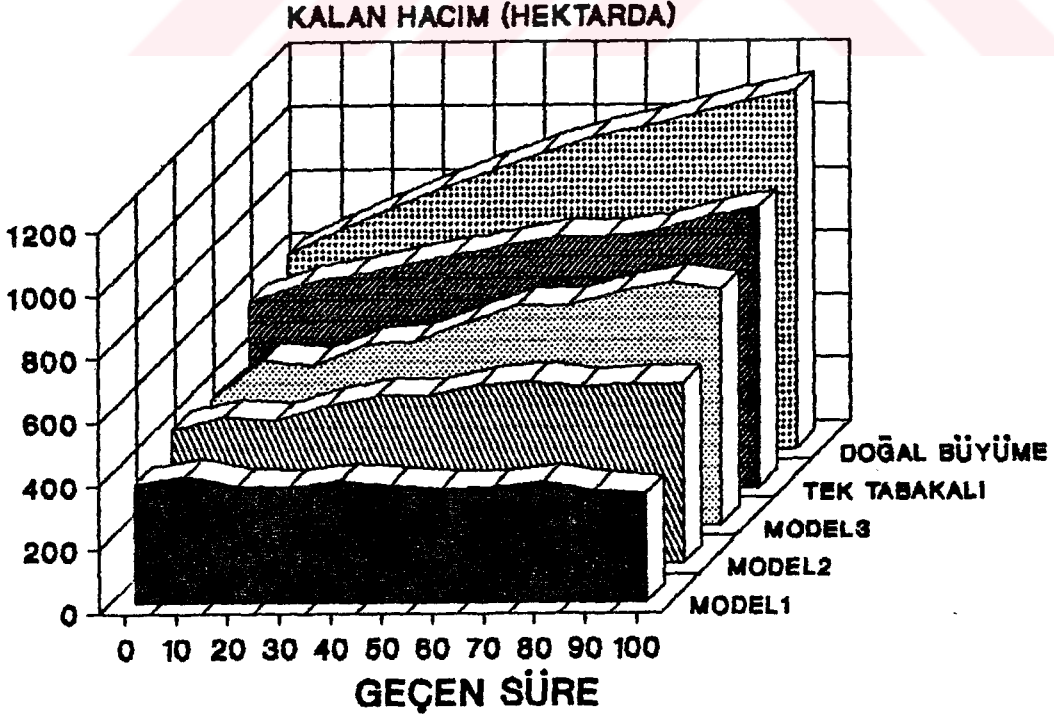
Şekil 5.7: ALAN1 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Gögüs Yüzeyi Değerleri.



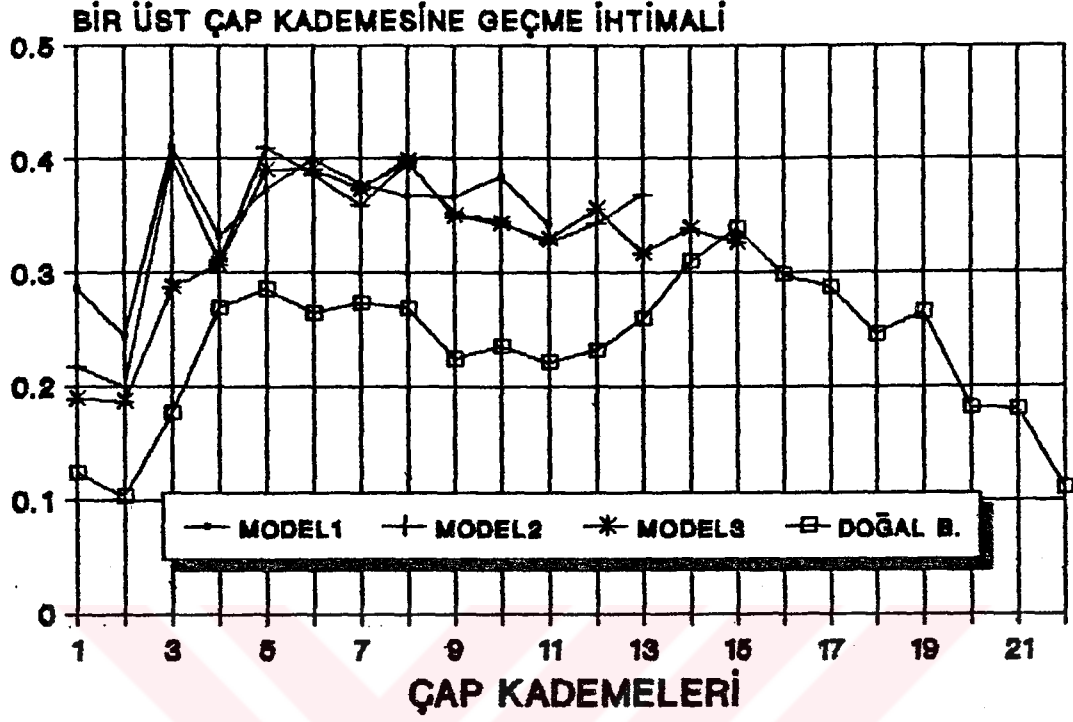
Şekil 5.8: ALAN2 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Gögüs Yüzeyi Değerleri.



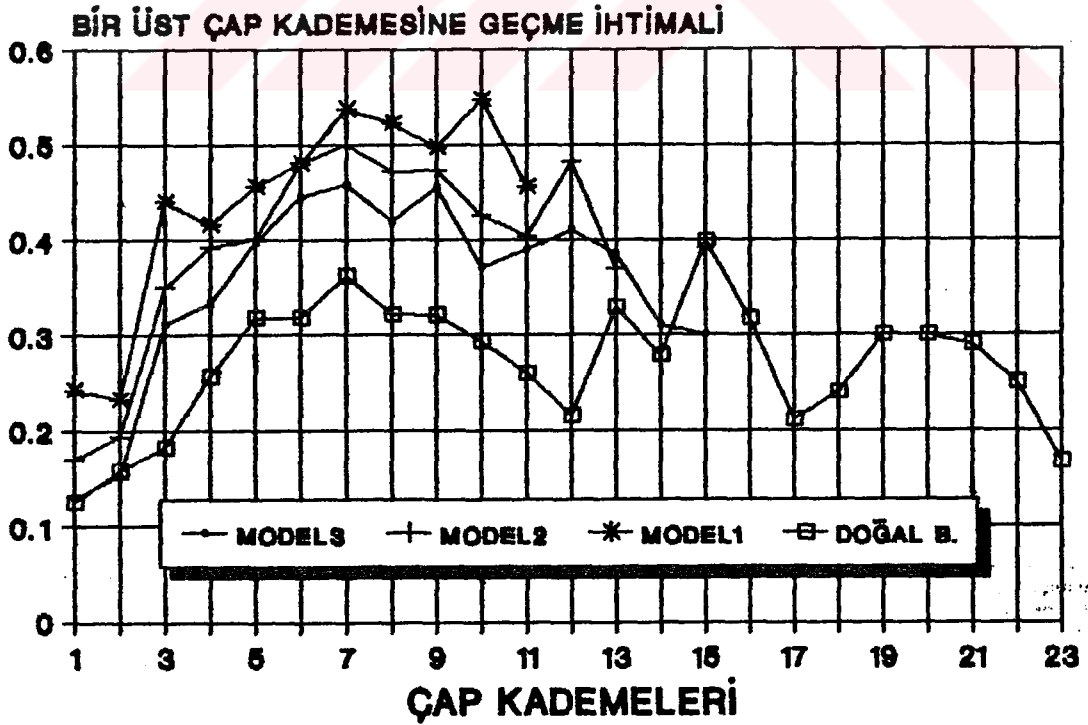
Şekil 5.9: ALAN1 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Kalan Hacim Değerleri.



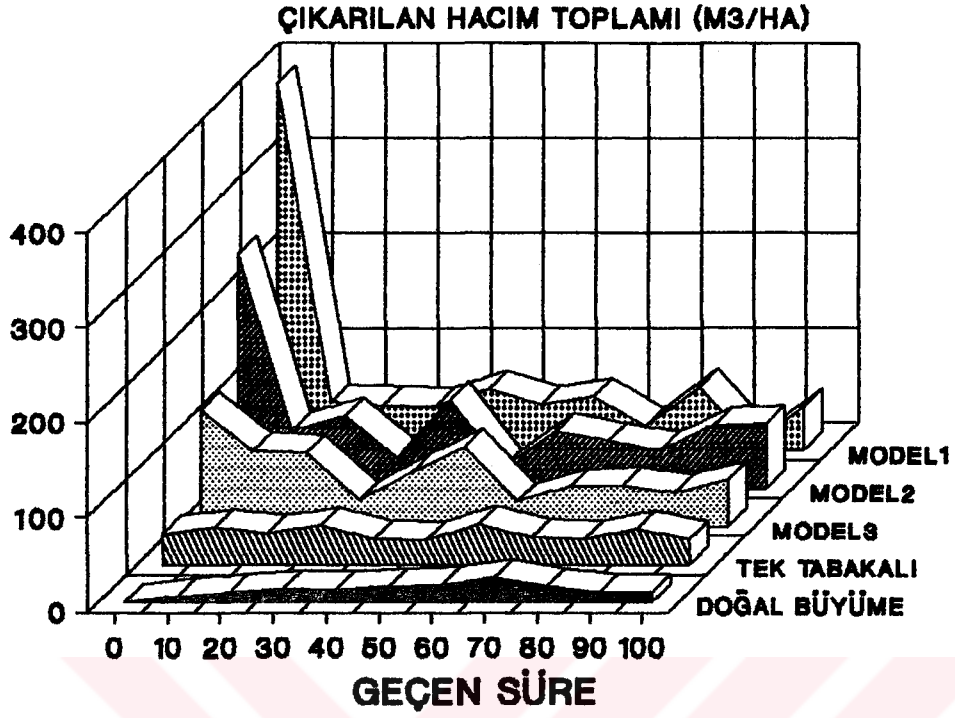
Şekil 5.10: ALAN2 için Meşçere Simülasyon Modelleri Ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Kalan Hacim Değerleri.



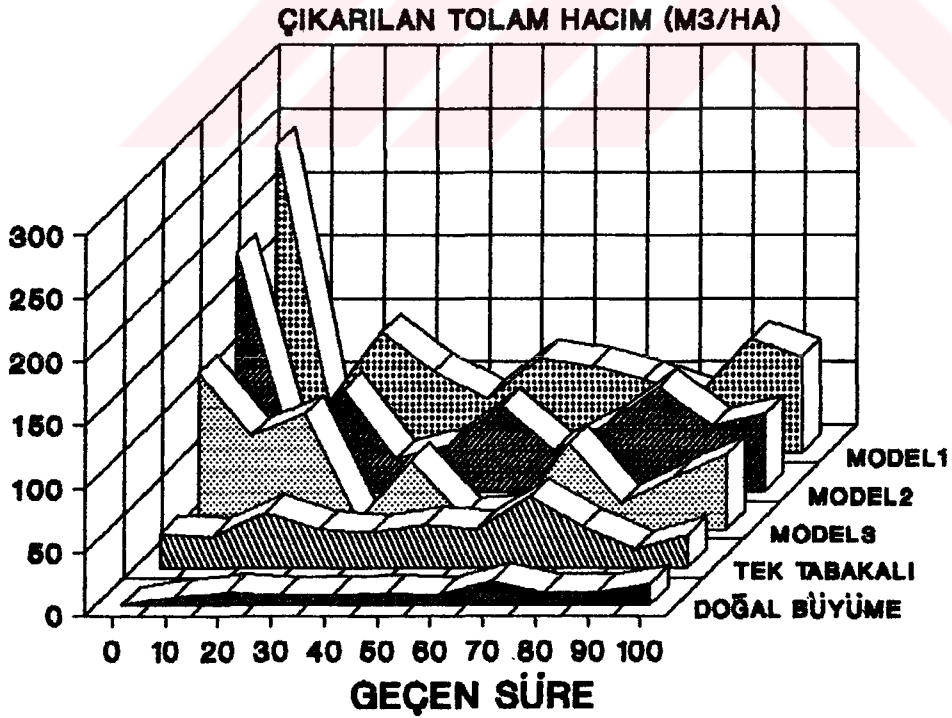
Sekil 5.11: ALAN1 için Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri.



Sekil 5.12: ALAN2 için Meşçere Simülasyon Modellerine Göre Bir Üst Çap Kademesine Geçiş İhtimalleri.



Şekil 5.13: ALAN1 için Meşçere Simülasyon Modelleri ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.



Şekil 5.14: ALAN2 için Meşçere Simülasyon Modelleri ve Büyüme Dönemlerine Göre Hektarda Çıkarılan Ağaç Sayıları.

5.2. Markov Zincirleri ile Doğal Büyüme Modeli ve Sonuçların İrdelenmesi

Doğal büyüme modeli simülasyon sonuçlarından elde edilen geçiş matrisleri ve başlangıç dağılımından yararlanarak ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin Markov Zincirleri ile doğal büyüme modelleri oluşturulmuştur. Şekil 4.35 ve 4.36 da görüldüğü gibi başlangıç durumunda ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde çap kademelerine göre ağaç sayıları dağılımı sola çarpık bir normal dağılım göstermektedir. Ancak, ilerleyen büyüme dönemleri ile birlikte ağaçlar sağa doğru (kalın çap kademelerine doğru) kayarken, ağaç sayılarında da bir azalma görülmektedir. Ayrıca, sonuçta ulaşılan denge dağılımı yönünden ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri birbirlerine çok benzer bir durum göstermekte ve denge dağılımının şekli başlangıç durumunun aksine çok geniş bir "U" harfine benzemektedir. Yani, orta çap kademelerinde ince ve kalın çap kademelerine göre daha az sayıda ağaç bulunmaktadır.

Buongiorno ve Miche, Kuzey Bölgesi değişik yaşlı iğne yapraklı ormanlarına ait bir geçiş matrisi ve seçme kuruluşuna benzer bir başlangıç meşçeresinden hareket ederek 5'er yıllık büyüme dönemleri ile 250 yıl sonrasına kadar ormanların doğal büyümelerini tasarlamışlar ve denge durumunu hesaplamışlardır (38). Söz konusu araştırmada; meşçeredeki ağaçlar büyüme dönemleri ile birlikte kalın çap kademelerine doğru kayarken, ağaç sayılarında da bir azalma görülmekte ve sonuçta geniş bir "U" harfine benzeyen bir denge durumuna ulaşmaktadır. Bu sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen ve yukarıda belirtilen sonuçlar birlikte dikkate alındığında meşçerede aynı yönde bir değişimin olduğu ve bulunan sonuçların birbirlerine ters düşmediği (uyumlu olduğu) söylenebilir.

Buongiorno ve Miche'nin modeline göre meşçere göğüs yüzeyi değeri başlangıç durumundan 80 yıl sonrasına kadar artarken 80-175 yıllar arasında bir azalış göstermekte ve

175-250 yıllar arasında tekrar artmaktadır (38). Söz konusu çalışmada esas alınan geçiş matrisindeki bir üst çap kademelerine geçiş ihtimalleri bu çalışmaya konu olan ihtimallere göre daha yüksek olması nedeniyle o meşcerelerde daha hızlı bir değişim olmuştur.

Bu çalışmada, değişik yaşlı meşcerelerin doğal büyümesi 100 yıl sonrasına kadar incelendiğinden, ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinde göğüs yüzeyi değerleri dikkate alındığında, 10'ar yıllık büyüme dönemleri ile belirgin bir artış söz konusudur. ALAN1 meşçeresi 65.206 m²'den 94.94 m²'reye, ALAN2 meşçeresi ise 53.611 m²'den 90.190 m²'reye yükselmiştir. Denge durumunda ise ALAN1 meşçeresinde 85.22 m², ALAN2 meşçeresinde 84.414 m² göğüs yüzeyi bulunmaktadır (Şekil 4.37 ve 4.38).

Meşcerelerden ayrılan ağaç sayıları ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, büyüme dönemleri ile birlikte azalan miktarda devam etmektedir ve denge durumunda da aynı durum söz konusu olmaktadır (Şekil 4.39 ve 4.40).

5.3. Markov Zincirleri ile Seçme İşletmesi Modeli ve Sonuçların İrdelenmesi

Seçme işletmesi simülasyon modeli sonuçlarından (4.1.2. bölüm) elde edilen geçiş matrisleri ve başlangıç dağılımından yararlanarak ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin Markov Zincirleri ile seçme işletmesi modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller üç değişik amaç çapına göre düzenlenmiş olup, 44 cm amaç çapı için MODEL1, 52 cm amaç çapı için MODEL2 ve 60 cm amaç çapı için MODEL3 sembolleri kullanılmıştır. Ayrıca, 0-7.9 cm arasında çapa sahip olan ağaçlar; meşçerede potansiyel ağaçlar olarak kabul edilerek, bundan sonraki çap kademeleri 3'den (8-11.9 cm) başlatılmıştır.

MODEL1'e göre Şekil 4.41 ve 4.42 de görülebileceği gibi büyüme dönemleri itibariyle çap kademeleri ağaç sayıları giderek denge durumuna ulaşmaktadır. Denge durumunda; ağaç sayıları ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru yavaş yavaş azalmaktadır. Başlangıç durumunda ALAN1 meşçeresinde hektarda ağaç sayısı 548, ALAN2 meşçeresinde 613 dür. 10 dönem (100 yıl) sonra hektarda ağaç sayısı; ALAN1 de 719, ALAN2 de 743'e ulaşmıştır. Denge durumunda ALAN1 meşçeresinin hektarda ağaç sayısı 720, ALAN2 de ise 742 olarak bulunmuştur.

MODEL2'ye göre Şekil 4.43 ve 4.44 de görülebileceği gibi çap kademesi ağaç sayıları büyüme dönemleri ile birlikte giderek denge durumuna ulaşmaktadır. Denge durumunda ağaç sayıları ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalırken, seçme kuruluşuna benzer bir durum ortaya çıkmaktadır. Başlangıç durumunda ALAN1 meşçeresinde hektarda ağaç sayısı 612, ALAN2 de 639 dur. 10 dönem sonra (100 yıl) ALAN1 meşçeresinde hektarda 708, ALAN2 meşçeresinde 746 ağaç bulunmaktadır. Denge durumunda ise ALAN1 meşçeresinde hektarda ağaç sayısı 710, ALAN2 'de 747 olarak bulunmuştur.

60 cm.'lik amaç çapına göre düzenlenen MODEL3'e göre de MODEL1 ve MODEL2'de olduğu gibi çap kademeleri ağaç sayıları dağılımı büyüme dönemleri ile birlikte giderek denge dağılımına yaklaşmaktadır (Şekil 4.45 ve 4.46). Denge dağılımı; diğer iki modelde olduğu gibi seçme kuruluşuna benzemektedir. MODEL3'e göre ALAN1 meşçeresinde başlangıç durumunda hektardaki ağaç sayısı 652, ALAN2 de 666'dır. 10 dönem sonra hektarda ağaç sayısı ALAN1 meşçeresinde 701 ve ALAN2 meşçeresinde 753'dür. Denge durumunda ise ALAN1 meşçeresinde 695, ALAN2 meşçeresinde 746'dır.

MODEL1'den MODEL2 ve MODEL3'e doğru denge durumuna ulaşma hızı azalırken, seçme kuruluşuna daha çok benzeyen dağılımlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, MODEL3'den MODEL2 ve MODEL1'e doğru ince çap kademelerindeki ağaç sayılarında da

belirgin bir azalma görülmüştür. Yani, amaç çapı büyüdükçe meşçerede ince çaplı ağaçların sayısının arttığı ve kalın çaplı ağaçların sayısının azaldığı ortaya çıkmaktadır.

Buongiorno ve Miche, Kuzey Bölgesi değişik yaşlı iğne yapraklı ormanlarının, 35 yıllık kesim dönemi ile her çap kademesinden belli oranlarda hasat yaparak, uzun dönem sonraki denge durumlarını hesaplamışlardır (38). Başlangıçta seçme kuruluşuna benzer bir dağılım gösteren meşçere; 35'er yıllık büyüme dönemleri sonunda ve denge durumunda da yine seçme kuruluşuna benzer bir dağılım göstermiştir. Uzun bir dönem sonra meşçerenin denge durumuna ulaşması ile çap kademelerinden her 35 yılda bir sabit oranlarda hasat elde edilmektedir.

Çalışmamızda, seçme işletmesi modeli için oluşturulan geçiş matrislerinin elemanlarının zamanla sabit olduğu varsayıldığından, her çap kademesi için doğal kuruma ve maglup olma ihtimalleri de sabit kalmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen seçme işletmesi modeli sonuçları ile Buongiorno ve Miche'nin elde ettiği ve yukarıda belirtilen sonuçlar dikkate alındığında bir benzerlik olduğu görülmektedir.

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinde; çap kademelerindeki ağaçların göğüs yüzeyi değerleri büyüme dönemleri ile birlikte giderek denge durumuna yaklaşırken, denge durumunda göğüs yüzeyi değerleri ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru artmaktadır. Bu artışın eğimi de MODEL3' den MODEL2 ve MODEL1'e doğru bir artış göstermektedir. MODEL1'e göre ALAN1 meşçeresi başlangıçta 33.89 m^2 göğüs yüzeyine sahipken, 10 dönem (100 yıl) sonra bu değer 36.01 m^2 ve denge durumunda 38.10 m^2 olmaktadır. Aynı modele göre ALAN2 meşçeresi başlangıç durumunda 33.65 m^2 , 10 dönem sonra 39.18 m^2 ve denge durumunda 39.03 m^2 göğüs yüzeyine sahiptir (Şekil 4.47 ve 4.48).

MODEL2'ye göre başlangıç durumu, 10 dönem sonra ve denge durumu ile ALAN1 meşçeresi 45.21, 49.42 ve 40.62 m² göğüs yüzeyine sahipken, ALAN2 meşçeresinde bu değerler 37.60, 53.22 ve 49.70 m² olarak bulunmuştur (Şekil 4.49 ve 4.50).

MODEL3'e göre ALAN1 meşçeresi başlangıç durumunda 55.24 m² göğüs yüzeyine sahipken, 10 dönem sonra 60.38 m² ve denge durumunda 49.63 m² göğüs yüzeyine sahip olmaktadır. Yine aynı modele göre ALAN2 meşçeresi başlangıç durumunda 42.90, 10 dönem sonra 61.52 ve denge durumunda 60.91 m² göğüs yüzeyine sahiptir (Şekil 4.51 ve 4.52).

MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre meşçereler denge durumuna ulaştıklarında sahip olacakları göğüs yüzeyi değerleri dikkate alındığında ALAN2 meşçeresinin ALAN1 meşçeresinden daha yüksek değerlere sahip olduğu yukarıda verilen değerlerden de görülebilmektedir.

Her üç seçme işletmesi modeline göre çap kademeleri itibari ile çıkarılacak ağaç sayıları 20 yıllık dönemler ile Şekil 4.53-4.58 de verilmiştir. MODEL1'e göre ALAN1 meşçeresinden başlangıç durumunda amaç çapının 44 cm olması nedeniyle bu çapa sahip ağaçlar ile daha kalın çaplı 132 ağaç ve diğer çap kademelerinden mağlup durumlu 32 ağaç olmak üzere toplam 164 ağaç çıkarılmıştır. Böylece, 10'ar yıllık dönemler halinde büyümesi gözlenen ALAN1 meşçeresi 8-10'uncu büyüme dönemleri (80-100 yıl) arasında hektarda 54 ağaç amaç çapına ulaşırken, diğer çap kademelerinden 43.4 ağaç mağlup durumlu olmaları nedeniyle meşçereden uzaklaştırılmıştır. ALAN1 meşçeresi MODEL1'e göre denge durumuna ulaştığında 20 yıllık dönemler halinde ve sabit değerler olarak hektarda toplam olarak 95.2 ağaç hasat edilebilecektir. Bu ağaçların 44'ü amaç çapına ulaşan ağaç sayısı, geriye kalan 51.2'si ise diğer çap kademelerindeki mağlup durumlu ağaçlardır (Şekil 4 53).

MODEL1'e göre ALAN2 meşçeresinden başlangıçta amaç çapında ve daha kalın çaplı 74 ağaç ile diğer çap kademelerinden mağlup durumlu 25 ağaç hasat edilmiştir. Bu meşçerede 8-10'uncu dönemler arasında 62.8 ağaç amaç çapına ulaşma nedeniyle ve 49.7 ağaç da mağlup durumlu olmaları nedeniyle hasat edilmiştir. ALAN1 meşçeresi MODEL1'e göre denge durumuna ulaştığında 20 yıllık büyüme dönemlerinin sonunda ve sabit değerler olarak 62.6 ağaç amaç çapına ulaşma nedeniyle ve 53.3 ağaç da diğer çap kademelerinde mağlup durumlu olmaları nedeniyle çıkarılacaktır (Şekil 4.54).

MODEL2'ye göre başlangıç durumunda; ALAN1 meşçeresinden amaç çapını geçen 58 ağaç ile mağlup durumlu 28 ağaç, ALAN2 meşçeresinden amaç çapını geçen 48 ve mağlup durumlu 48 ağaç çıkarılmıştır. Böylece, MODEL2'ye göre büyümesi tasarlanan ALAN1 meşçeresi 8-10'uncu dönemler arasında amaç çapına 32.1 ağaç ulaşırken, 87.1 ağaç da mağlup durumlu olmaları nedeniyle hasat edilmektedir (Şekil 4.55). Yine aynı model ve büyüme dönemleri arasında ALAN2 meşçeresinde amaç çapına ulaşan ağaç sayısı 36.3, mağlup durumlu ağaç sayısı ise 69 bulunmuştur (Şekil 4.56). Her iki meşçere MODEL2'ye göre denge durumuna ulaştığında 20 yıllık dönemler halinde ve sabit değerler olarak ALAN1 meşçeresinden amaç çapına ulaşma nedeniyle 28.9 ve mağlup durumlu 88, ALAN2 meşçeresinde amaç çapına ulaşma nedeniyle 41.5 ve mağlup durumlu 70.7 ağaç hasat edilebilecektir (Şekil 4.55 ve 4.56).

MODEL3'e göre başlangıç durumunda; ALAN1 meşçeresinde, amaç çapını geçen 28 ve mağlup durumlu 28 ağaç hasat edilirken, ALAN2 meşçeresinde amaç çapını geçen 21 ve mağlup durumlu 35 ağaç hasat edilmiştir. MODEL3'e göre 8-10'uncu büyüme dönemleri arasında ALAN1 meşçeresinde amaç çapını geçen ağaç sayısı 16.8 ve mağlup durumlu ağaç sayısı ise 109.7, ALAN2 meşçeresinde amaç çapını geçen ağaç sayısı 13.5 ve mağlup durumlu ağaç sayısı ise 78.3'dür. Her iki meşçere MODEL3'e göre denge durumuna ulaştığında; 20 yıllık dönemler halinde ve sabit değerler olarak ALAN1 meşçeresinde amaç çap-

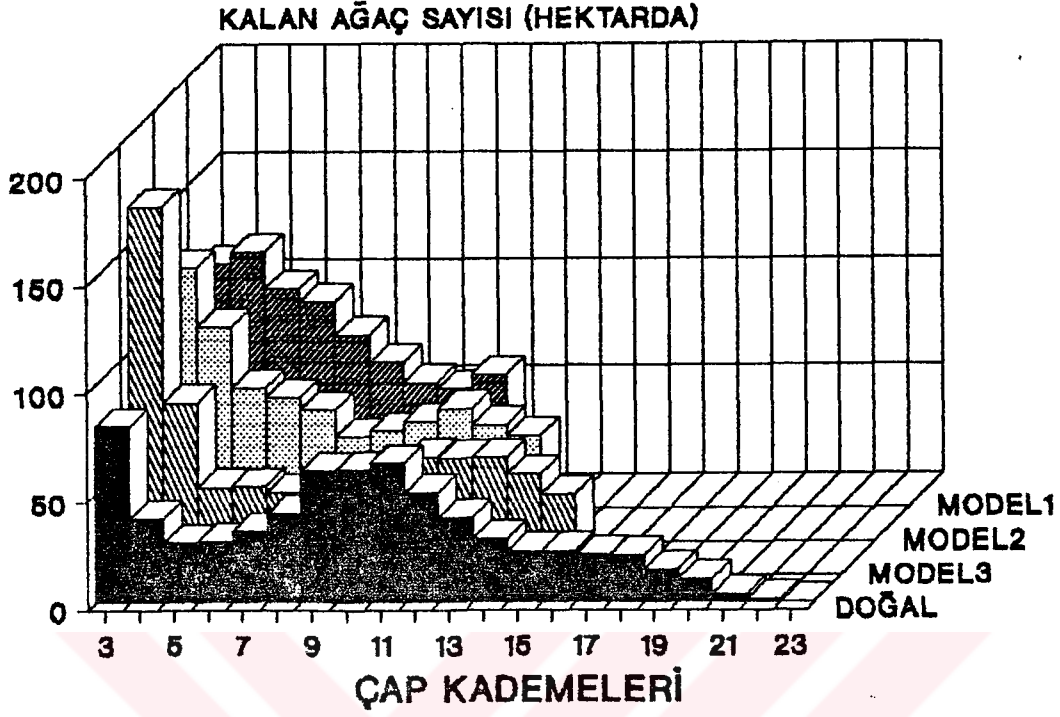
pına ulaşma nedeniyle 20.5 ve mağlup durumda 118.6, ALAN2 meşçeresinde amaç çapına ulaşma nedeniyle 30.4 ve mağlup durumda 77.2 ağaç hasat edilebilecektir (Şekil 4.57 ve 4.58).

Markov Zincirleri ile analiz edilen MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modellerine göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, son dönem (100 yıl sonra) çap kademesi ağaç sayıları; Şekil 5.15 ve 5.16 da, denge durumu çap kademesi ağaç sayıları ise Şekil 5.17 ve 5.18 de verilmiştir.

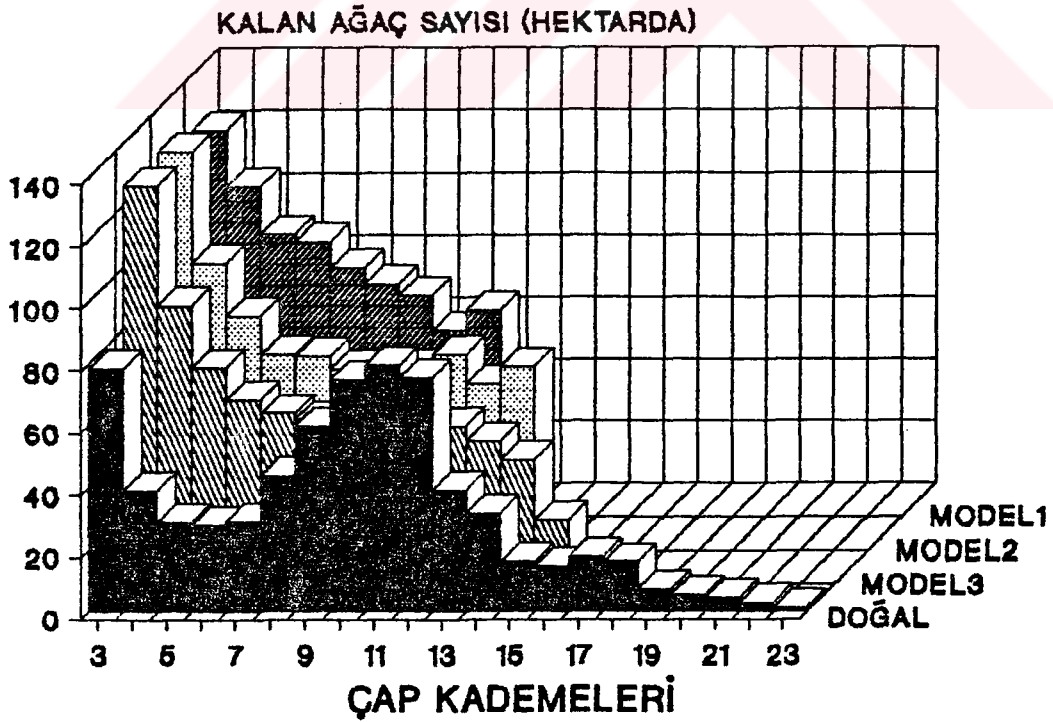
Şekil 5.15 ve 5.16 da görülebileceği gibi, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre son dönemde çap kademesi ağaç sayıları, ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalmaktadır. Ayrıca, çap kademesi ağaç sayıları; MODEL3'den MODEL2 ve MODEL1'e doğru artış göstermektedir. Doğal büyüme modelinde ise, ağaçlar daha çok orta çap kademelerinde yoğunlaşmaktadır.

Son dönemde olduğu gibi, denge dağılımında da, ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademesi ağaç sayıları; MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalmaktadır (Şekil 5.17 ve 5.18). Ancak, bu azalış, son dönemdeki (100 yıl sonraki) azalıştan daha kararlı olmuştur. Doğal büyüme modeline göre oluşan denge dağılımında ise, son dönemin aksine, orta çap kademelerinde, ince ve kalın çap kademelerine göre daha az sayıda ağaç bulunmaktadır.

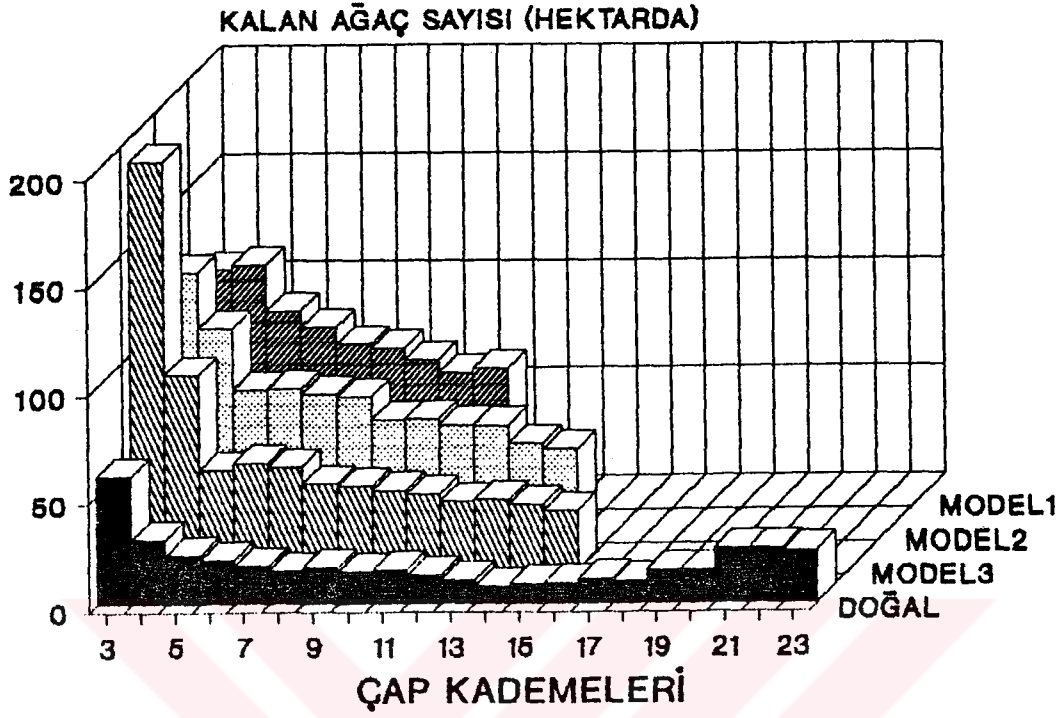
ALAN1 meşçeresinin, son dönem (100 yıl sonra) için meşçere simülasyon modeli ile elde edilen çap kademesi ağaç sayıları (Şekil 5.1) ile Markov Zincirleri yardımıyla elde edilen son dönem ağaç sayıları birlikte dikkate alındığında (Şekil 5.15), Markov Zincirleri ile elde edilen çap kademesi ağaç sayıları dağılımının daha kararlı olduğu görülmektedir. Aynı durum, ALAN2 meşçeresi için de geçerlidir (Şekil 5.2 ve 5.16).



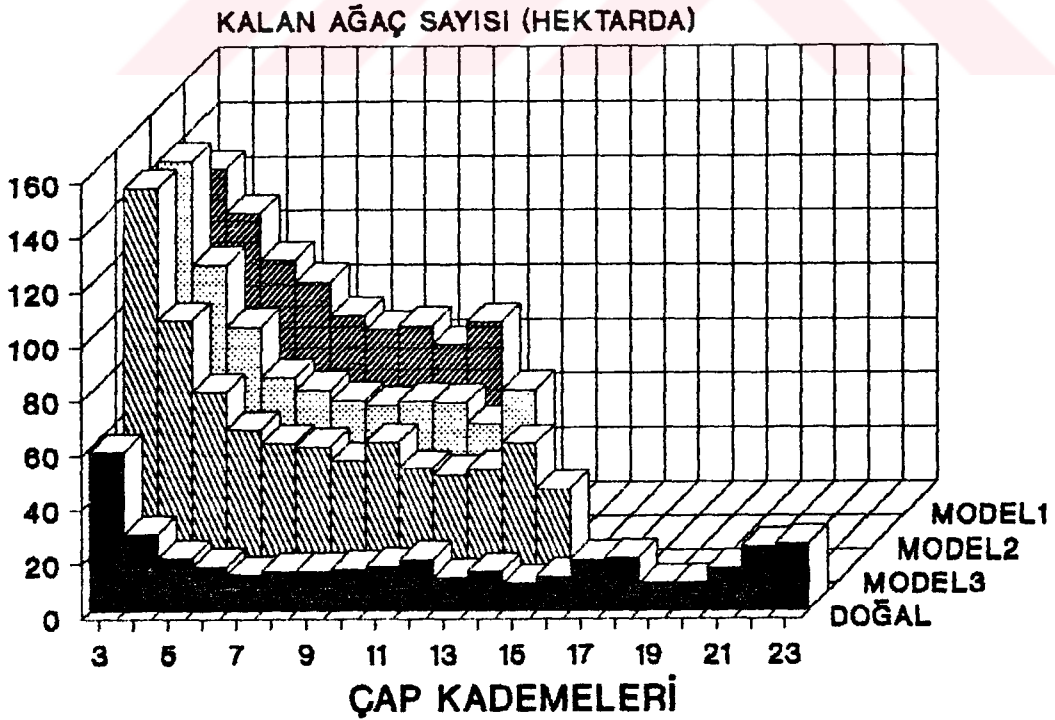
Şekil 5.15: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.16: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.17: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.18: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Ağaç Sayıları Dağılımı.

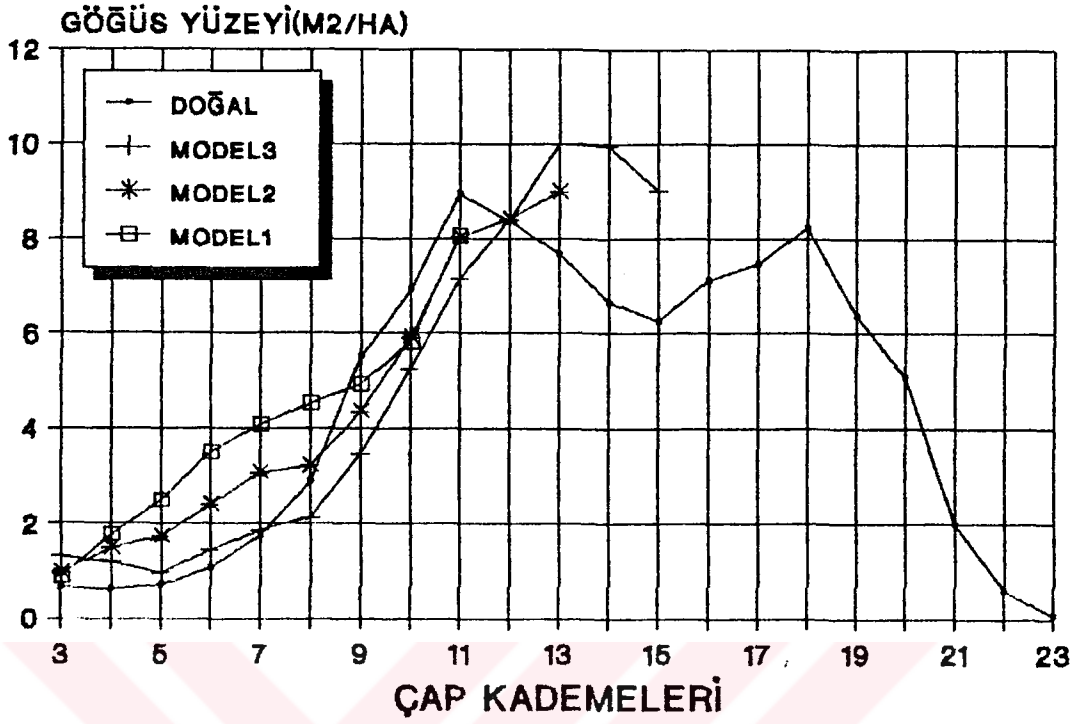
Markov Zincirleri ile analiz edilen MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modellerine göre ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin, son dönem (100 yıl sonra), çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri; Şekil 5.19 ve 5.20 de verilmiştir.

Şekil 5.19 ve 5.20 de görülebileceği gibi, çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri bakımından bir sıralama yapıldığında; 3-9'uncu çap kademeleri arasında, büyükten küçüğe doğru, MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modeli sıralaması elde edilmektedir. Diğer çap kademeleri için, belirgin bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

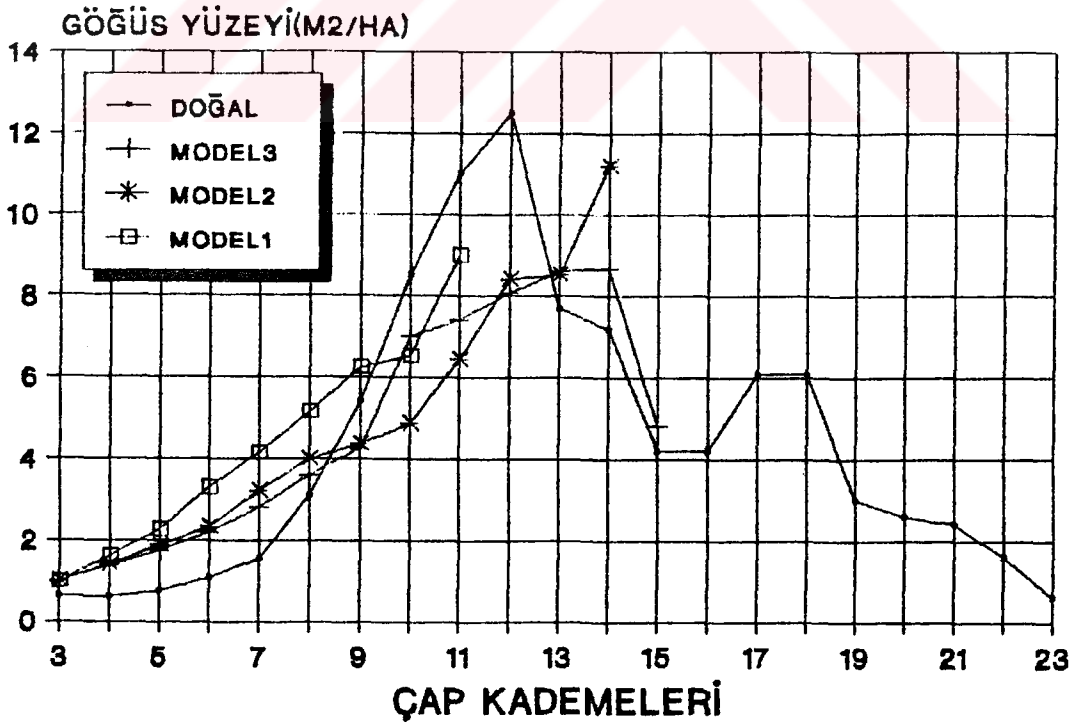
Son dönemde (100 yıl sonra), MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modelleri için, Markov Zincirleri ile elde edilen çap kademesi göğüs yüzeyi değerlerinin, simülasyon modelleri ile elde edilen çap kademesi göğüs yüzeyi değerlerine (4.1.2. bölüm) göre daha kararlı bir dağılım göstermiştir.

Doğal büyüme modeline göre, son dönemde (100 yıl sonra) ALAN1 meşçeresinin çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri ALAN2 meşçeresinden daha yüksek olmasına rağmen, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 için belirgin farklar oluşmamıştır (Şekil 5.19 ve 5.20). Denge dağılımında da ALAN1 ve ALAN2 meşçereleri arasında, göğüs yüzeyi değerleri bakımından, sadece doğal büyüme modeline göre farklar oluşmuş, bu farklılık ise, yalnız 19-23' üncü çap kademeleri arasında, ALAN1 meşçeresinin ALAN2 meşçeresinden daha fazla göğüs yüzeyi değerine sahip olmasından kaynaklanmıştır.

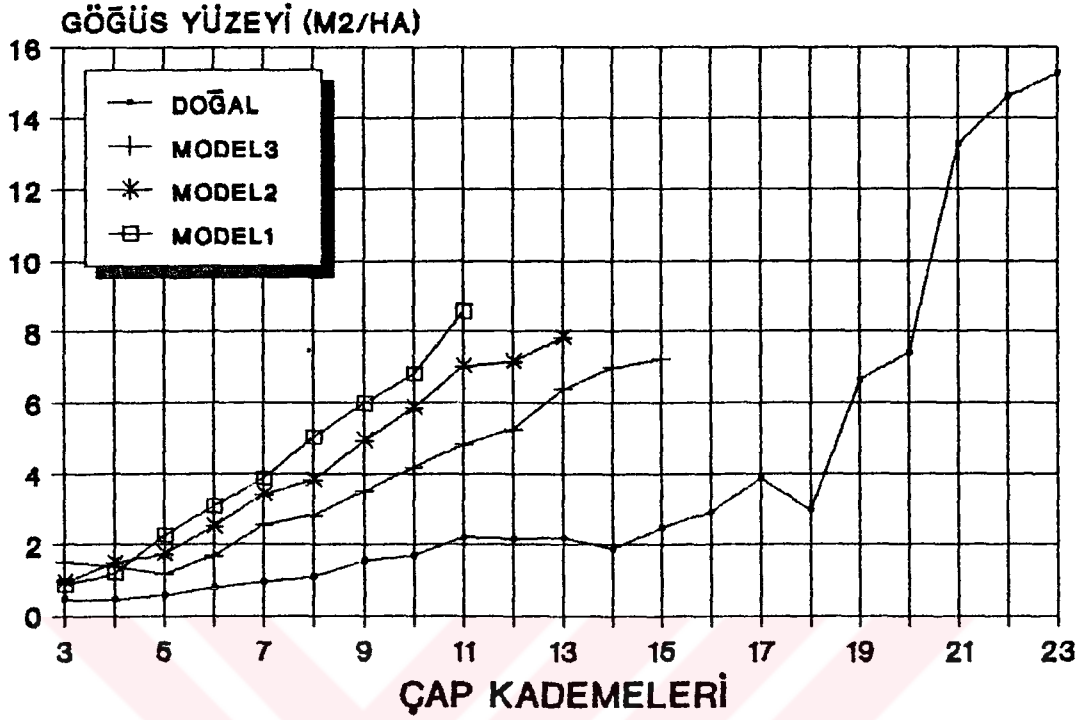
MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modelleri ile oluşacak denge dağılımlarında; ALAN1 ve ALAN2 meşçerelerinin çap kademesi göğüs yüzeyi değerleri, Şekil 5.21 ve 5.22 de birlikte verilmiştir. Bu iki şekilden, denge dağılımlarında; çap kademesi göğüs yüzeyi değerlerinin, MODEL1' den MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modellerine doğru azaldığı açıkça görülmektedir.



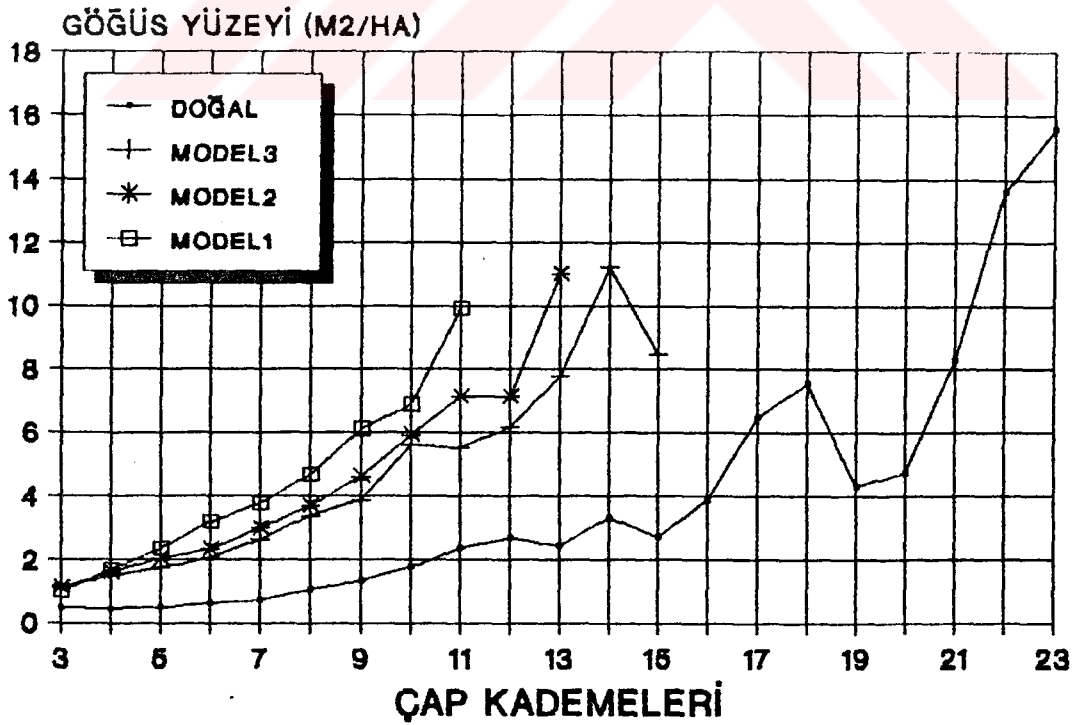
Şekil 5.19: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 5.20: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Göğüs Yüzeyi Değerleri.



Şekil 5.21: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Gögüs Yüzeyi Değerleri.



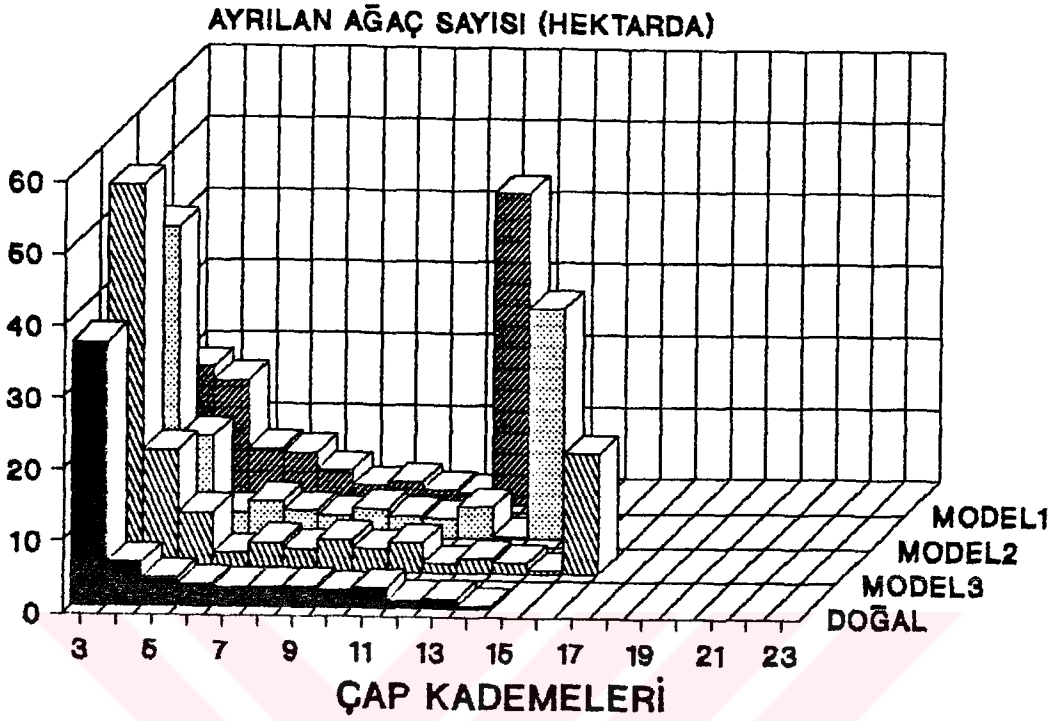
Şekil 5.22: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Gögüs Yüzeyi Değerleri.

Markov Zincirleri ile analiz edilen MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modellerine göre ALAN1 ve ALAN2 meşcerelerinin, son dönem (100 yıl sonra) için çap kademelerinden çıkarılan ağaç sayıları; Şekil 5.23 ve 5.24 de de, denge durumu için bu değerler Şekil 5.25 ve 5.26 da verilmiştir.

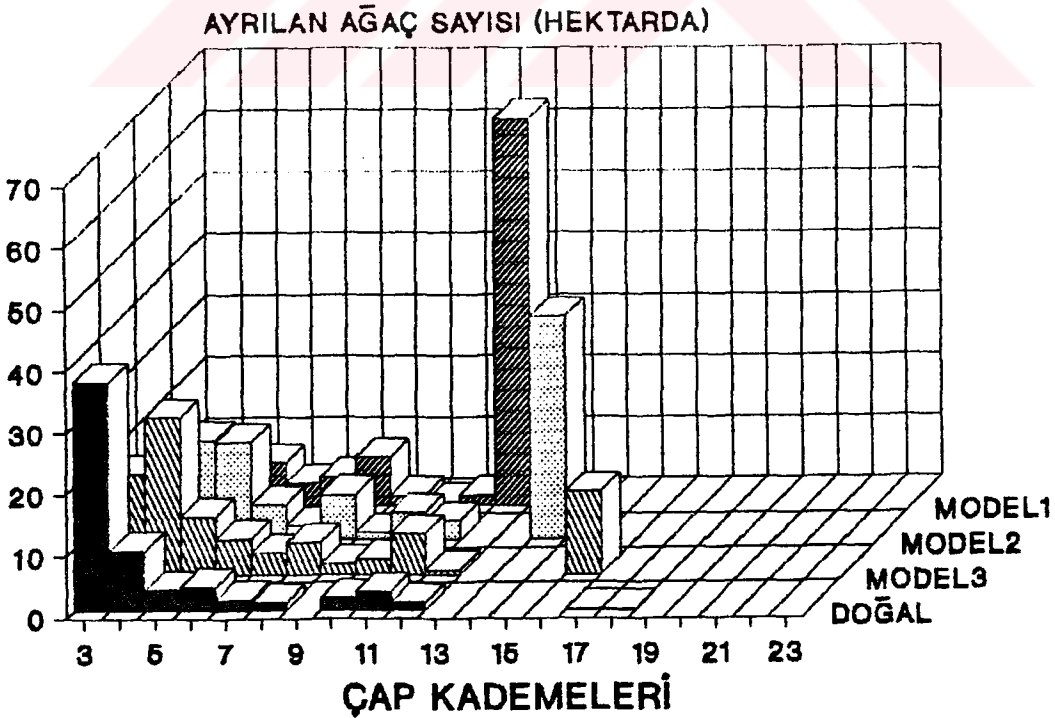
Şekil 5.23 ve 5.24 de görülebileceği gibi, amaç çapı büyüdükçe, ince çap kademelerinden çıkarılan ağaç sayıları artmış, diğer çap kademelerinden çıkarılan ağaç sayıları ise azalmıştır. Doğal büyüme modelinde de aynı durum söz konusu olup, meşcereden ayrılan ağaç sayıları ince çap kademelerinden kalın çap kademelerine doğru azalmış ve bu azalışın eğimi MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre artış göstermiştir.

Son dönemde (100 yıl sonra), 3'üncü çap kademesinden ayrılan ağaç sayıları dikkate alındığında; büyükten küçüğe doğru, ALAN1 için MODEL3, MODEL2, doğal büyüme modeli ve MODEL1 sıralaması elde edilirken, ALAN2 için bu sıralama, doğal büyüme modeli, MODEL3, MODEL2 ve MODEL1 şeklinde olmaktadır. Amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilecek ağaç sayıları bakımından ise, yine büyükten küçüğe doğru ve her iki meşçere için, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 sıralaması elde edilmektedir (Şekil 5.23 ve 5.24).

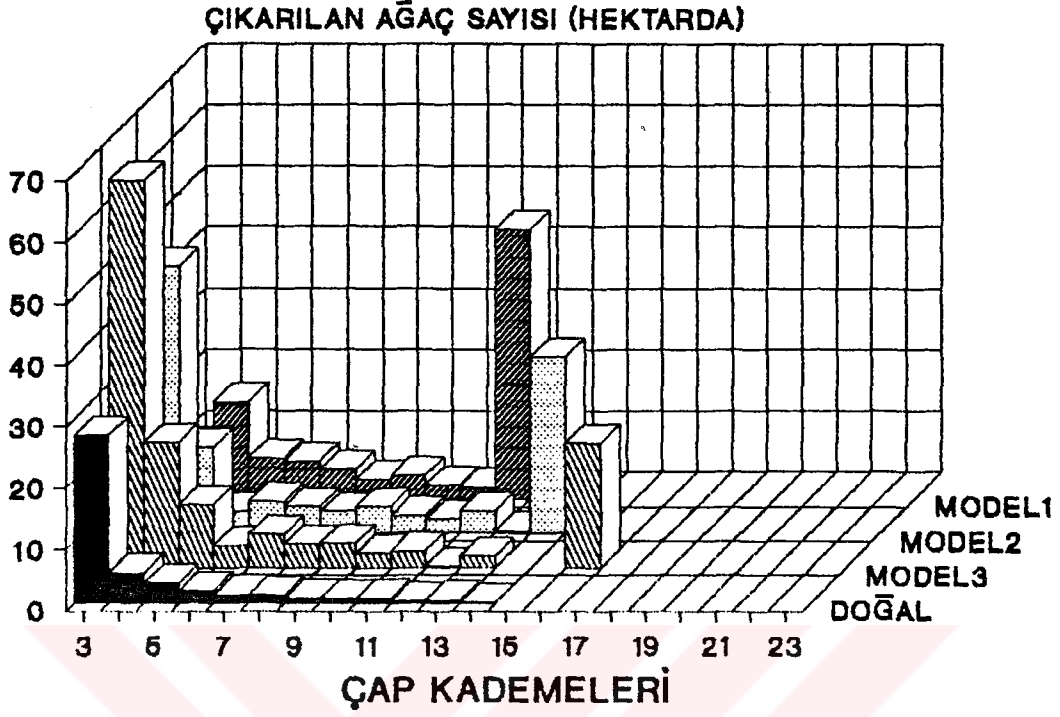
ALAN1 ve ALAN2 meşcereleri, MODEL1, MODEL2 ve MODEL3'e göre denge durumlarına ulaştıklarında; çap kademelerinden çıkarılacak ağaç sayıları bakımından, son dönem (100 yıl sonra) durumları arasında belirgin farklar bulunmamaktadır (Şekil 5.25 ve 5.26). Ancak, doğal büyüme modeli için, denge durumunda, son döneme göre daha fazla sayıda ağaç meşcereden ayrılmaktadır. Amaç çapına ulaşma nedeniyle hasat edilecek ağaç sayılarında; son dönem durumunda olduğu gibi, büyükten küçüğe doğru MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 sıralaması elde edilmiştir. Son dönemde, MODEL1, MODEL2, MODEL3 ve doğal büyüme modeli için Markov Zincirleri ile elde edilen, çap kademesi çıkarılan ağaç sayıları, simülasyon modeli ile elde edilenden (4.1.2. bölüm) daha kararlı bir dağılım göstermiştir.



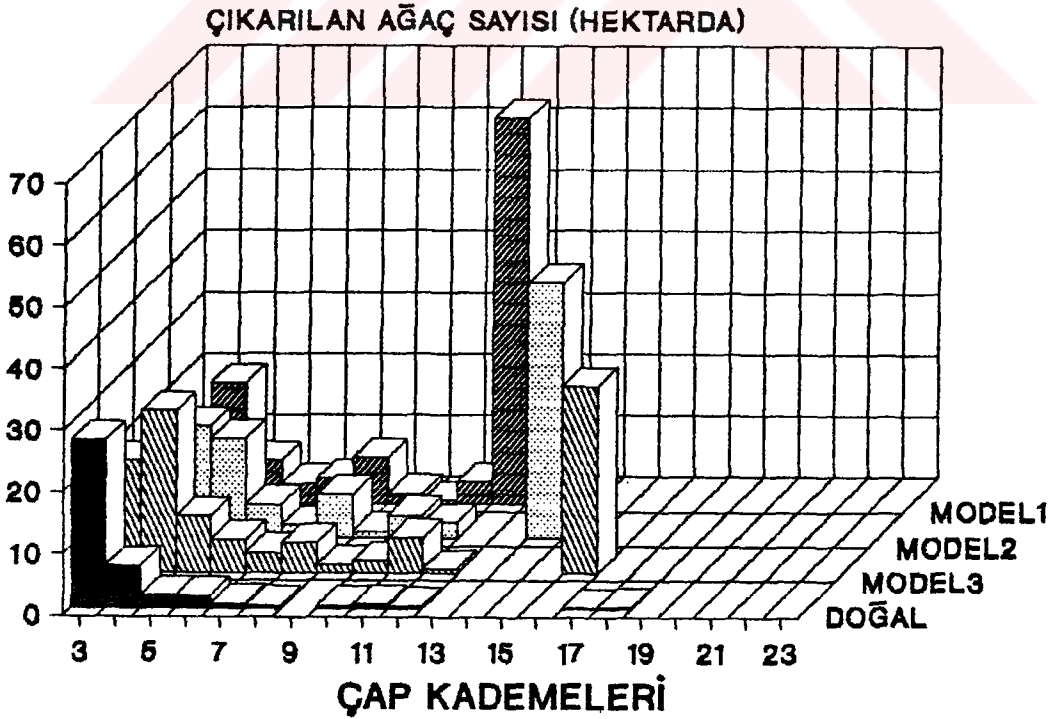
Şekil 5.23: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Çıkarılan AĞaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.24: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Son Dönem Çap Kademesi Çıkarılan AĞaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.25: ALAN1 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Çıkarılan Ağaç Sayıları Dağılımı.



Şekil 5.26: ALAN2 için Markov Modellerine Göre Denge Durumu Çap Kademesi Çıkarılan Ağaç Sayıları Dağılımı.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar "Markovian Özellik" ler altında geçerlidir. Markovian özellikte ise geçiş matrislerinin sabit olduğu, yani zamanla değişmediği ve meşçerenin bir dönem sonraki durumunun geçmiş durumlarından bağımsız ve sadece mevcut durumuna bağlı olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle, geçiş matrislerinin oluşturulmasında meşçere tipi ve yetiştirme ortamları itibari ile homojen birimlerden alınan devamlı deneme alanları ile sağlanan verilerin kullanılması gerekmektedir. Böylece, farklı meşçere tipi ve yetiştirme ortamlarından elde edilecek veriler ile ayrı ayrı büyüme matrisleri oluşturularak, bu matrisler ile meşçerelerin gelecek büyüme dönemlerindeki durumları daha duyarlı olarak hesaplanabilir. Ayrıca, meşçere tipi ve yetiştirme ortamları arasında; doğal kuruma, meşçereye katılma ve çap kademeleri arasındaki geçiş ihtimalleri bakımından olabilecek farklar ya da ilişkiler de gösterilebilir.

Bu çalışmada, değişik yaşlı meşçerelerin bilgisayar simülasyonu ile elde edilen sonuçların yararlanarak geçiş matrisleri oluşturulmuş ve bu matrisleri kullanarak Markov Zincirleri ile söz konusu meşçerelerin büyümeleri tasarlanmıştır. Bulunan sonuçlar; her ne kadar bu meşçerelerdeki dinamizm ters düşmese de, meşçere ekosistemi içerisinde bulunan ve birbirleri ile etkileşim halinde olan elemanların tam olarak simülasyonu mümkün olmamaktadır. Kuruma ve meşçereye katılmaların hesaplanmasında kullanılan varsayımlar her zaman gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle, devamlı deneme alanları oluşturularak, meşçere tasarımında bu alanlardan sağlanan verileri kullanmak daha tutarlı olacaktır.

Meşçerelere çeşitli teknik müdahaleler uygulayarak, Markov Zincirleri Yöntemi ile elde edilen denge durumlarında; her büyüme döneminin sonunda çap kademelerinden sabit miktarda hasat söz konusu olmaktadır. Diğer taraftan, hasattan elde edilebilecek odun ürünü çeşitleri ve bunların parasal değeri, hasat ve işletme masrafları ile gelecekteki fiyat hareketlerinin bilinmesi durumunda optimal işletme poli-

kalarının belirlenmesi mümkün olabilecektir.

Ulkemizde odun ürünü fiyatlarının ve enflasyonun yıllara göre kararsız bir değişim göstermesi; optimal işletme politikalarının saptanmasını güçleştirmektedir.



KAYNAKLAR

- 1- Günel, H.A., Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları, i.U. Orman Fakültesi, İstanbul, 1981, (Basılmamıştır).
- 2- Günel, H.A., Tek Ağac ve Mescerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri, i.U. Orman Fakültesi Yayın No 3051/327, İstanbul, 1978.
- 3- Kalıpsız, A., Dendrometri, i.U. Orman Fakültesi Yayın No: 3194/354, İstanbul, 1984.
- 4- Eraslan, i., Orman Amenajmanı, i.U. Orman Fakültesi Yayın No: 3010/318, İstanbul, 1982.
- 5- Akalp, T., Değişik Yaşlı Mescerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu, i.U. Orman Fakültesi Yayın No: 305/307 İstanbul, 1978.
- 6- Lawrence, S.D. ve Johnson, K.N., Forest Management, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1987.
- 7- Kalıpsız, A., Orman Hasılat Bilgisi, i.U. Orman Fakültesi Yayın No: 3052/328, İstanbul, 1982.
- 8- Fırat, F., Orman Hasılat Bilgisi, i. U. Orman Fakültesi Yayın No: 1642/166, İstanbul, 1972.
- 9- Yavuz, H., Hasılat Tablosu Düzenlenmesinde Normalite Kontrolü ve Bonitetlemenin Bilgisayar Yardımıyla Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.U. Orman Fakültesi, Trabzon, 1988.
- 10- Günel, H.A., Meşçere Verim Gücünün Tayininde Kullanılan

- Anamorfik Eğriler Yönteminin iyileştirilmesi Olanakları, 31(2), 1981a, 110-117.
- 11- Eraslan, İ., Demirköy ilçesi Meşe Ormanlarında Bonitet Araştırmaları, İ.U Orman Fakültesi Dergisi, 1(4), 1954a 74-84.
 - 12- Kalıpsız, A., Doğu Kayınında Artım ve Büyüme Araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Yayın No: 339/7, 1962.
 - 13- Alemdag, S., Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Ankara, Yayın No: 11, 1962.
 - 14- Kalıpsız, A., Türkiye'de (Pinus nigra Arnold) Mescerelerinin Tabii Büyümesi ve Verim Gücü Üzerine Araştırmalar, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Yayın No: 349/8, 1963.
 - 15- Evcimen, B. S., Türkiye'de Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Yayın No: 355, 1963.
 - 16- Alemdag, S., Türkiye'de Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Hususlar, Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Ankara, Yayın No: 20, 1967.
 - 17- Eraslan, İ. ve Evcimen, B.S., Trakya'daki Meşe Ormanlarının Hacim ve Hasılatı Hakkında Tamamlayıcı Araştırmalar, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 1, 1967, 31-50.
 - 18- Battı (Batu), F., Ertragstafeln Und Leistung-Potential Der Kiefer In Der Türkei, Doktora Tezi, Freiburg, 1971.

- 19- Erdemir, Ö., Sarıkamış, Göle ve Oltu Mintikaları Saf Sarıçam Mescerelerinde Hasılat Araştırmaları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülteni, Seri No: 59 1974.
- 20- Akalp, T., Türkiye'deki Doğu Ladini (Picea orientalis Link. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları, i. Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 2483/261, 1978.
- 21- Asan, Ü., Kazdağı Göknaarı (Abies equi-trojani Aschers. et Sinden.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar, i. Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3205/365, 1984.
- 22- Birler, A. S., I-214 Melez Kavağı Plantasyonlarında Hasılat Araştırmaları, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit, Teknik Bülten No 19, 1983.
- 23- Batu, F. ve Kapucu, F., Türkiye'de Kızılağaç Meşçerelerinin Hasılatı ve Amenajman Esasları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, (Basılmamıştır), 1992.
- 24- Buckman, R. E., Growth and Yield of Red Pine in Minnesota, U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 1272, 1962.
- 25- Clutter, J.R., Compatible Growth and Yield Models for Loblolly Pine, Forest Science, 9(1963), 354-371.
- 26- Brender, E.V. ve Clutter, J. R., Yield of Even-Aged Natural Stands of Loblolly Pine, Georgia Forest Research Council, Report 23, 1970.
- 27- Bailey, R.L, ve Dell, T.R., Quantifying Diameter Distributions with the Weibull Function, Forest Science,

19(1973), 97-104.

- 28- Borders, B.E. ve Patterson, W.D., Projecting Stand Tables: A Comparison of the Weibull Diameter Distribution Method, a Percentile-Based Method, Forest Science, 36, 2(1990), 413-424.
- 29- Marion, R.R., Thomas, E.B. ve Who-Chin, H., Goodness-of-Fit Tests and Model Selection Procedures for Diameter Distribution Models, Forest Science, 34, 2(1990), 373-399.
- 30- Schreuder, H. T., Hafley, M.L. ve Bennett, F.A., Yield Prediction for Unthinned Natural Slash Pine Stands, Forest Science, 25, 1(1979), 25-30.
- 31- Gove, J.H. ve Fairweather, S.E., Maximum-Likelihood Estimation of Weibull Function Parameters Using a General Interactive Optimizer and Grouped Data, Forest Ecology and Management, 28(1989), 61-69.
- 32- Bailey, R. L., Computer Programs for Quantifying Diameter with the Weibull Function, Forest Science, 20, 3(1974), 229-230.
- 33- Adams, D.M. ve Ek, A.R., Optimizing Management of Uneven-Aged Forest Stands, Can. J. Forest Res., 4(1974), 274-287.
- 34- Stage, A. R., Prognosis Model for Stand Development, U.S. Forest Service Research Paper, INT-137, 1973.
- 35- Daniels, A.R. ve Burkhart, H.E., Simulation of Individual Tree Growth and Development in Managed Loblolly Plantations, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Publication FWS-5-75, 1976.

- 36- Alemdag, i.Ş., Meşçere Modellerinin Hazırlanmasında Etkenlik Endekslerinin Yeri ve Yeni Bir Etkenlik Endeksi, i.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 28, 1(1978), 138-149.
- 37- Lembersky, M.R. ve Johnson, K.N., Optimal Policies for Managed Stands: An Infinite Horizon Markov Decision Process Approach, Forest Science, 21, 2(1979), 109-122.
- 38- Buongiorno, J. ve Miche, B.R., A Matrix Model of Uneven-Aged Forest Management, Forest Science, 26, 4(1980), 609-625.
- 39- Michie, B.R., Uneven-Aged Stand Management and the Value of Forest Land, Forest Science, 31, 1(1985), 116-121.
- 40- Kaya, i. ve Buongiorno, J., Economic Harvesting of Uneven-Aged Northern Hardwood Stands Under Risk: A Markovian Decision Model, Forest Science, 33,4(1987), 889-907.
- 41- Kaya, i. ve Buongiorno, J., A Harvesting Guide for Uneven-Aged Northern Stands, North J.Appl.For., 6(1987) 9-14.
- 42- Lembersky, M. R., Maximum Average Annual Volume for Managed Stands, Forest Science, 22(1976), 69-81.
- 43- Liu, C.J., Competition Index and Its Relationship to Individual Tree Growth, XVII. UFRO World Conference, 1981, Japonya, Bildiriler Kitabı, Cilt II, 135-147.
- 44- Tome, E. ve Burkhart, H.E., Distance-Dependent Competition Measures for Prejecting Growth of Individual

Trees, Forest Science, 35, 3(1989), 816-831.

- 45- Daniels, R. F., Simple Comparison Indices and Their Correlation with Annual Loblolly Pine Tree Growth, Forest Science, 22, 4(1976), 454-456.
- 46- Martin, G. L. ve Ek A.L., A Comparison of Competition Measures and Growth Models for Predicting Plantation Red Pine Diameter and Height Growth, Forest Science, 30, 9(1976), 450-460.
- 47- Glover, G.N. ve Hool, J.N., A Basal Area Ratio Predictor of Loblolly Pine Plantation Mortality, Forest Science, 25, 2(1979), 275-282.
- 48- Sun, O., Bir kızılçam Ağacının (Pinus brutia Ten.) Ağacının Büyüme Modeli, Doktora Tezi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ankara, 1977.
- 49- Holmes, M. J. ve Reed, D.D., Competition Indices for Mixed Species Northern Hardwoods, Forest Science, 37, 5(1991), 1338-1349.
- 50- Peden, L. M., Williams, J.S. ve Frayer, M.E., A Markov Model for Stand Projecting, Forest Science, 19, 4(1973), 303-314.
- 51- Binkly, C.S., Is Succession in Hardwood Forest a Stationary Markov Process?, Forest Science, 26, 4(1990), 566-570.
- 52- Valentine, H.T. ve Furnival, G.M., Projections with In-growth by Markov Chains, Forest Science, 35, 1(1989), 245-250.

- 53- Hassler, C. C., Disney, R.L. ve Sinclair, S.A., A Discrete State, Continuous Parameter Markov Process Approach to Timber Harvesting Analysis, Forest Science, 34, 2(1988), 276-291.
- 54- Boynchuk, D. ve Martell, D.L., A Markov Chain Model for Evaluating Seasonal Forest Fire Requirements, Forest Science, 34, 3(1988), 647-661.
- 55- Pelz, D. R., Determination of Optimal Growing Stock Levels by Inventory Theory, Forest Science, 23, 2(1977), 183-189.
- 56- Chang, S.J., Determination of Optimal Growing Stock and Cutting Cycle for an Uneven-Aged Stand, Forest Science, 27, 4(1981), 739-744.
- 57- Haight, R. G., A Comparison of Dynamic and Static Economic Models of Uneven-Aged Stand Management, Forest Science, 23, 2(1977), 183-189.
- 58- Saraçoğlu, Ö., Karadeniz Yöresi Göknaar Mescerelerinde Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul, 1988.
- 59- Causton, D.R. ve Venus, J.C., The Biometry of Plant Growth, First Edition, Edward Arnold Ltd. Londra, 1981.
- 60- Günel, H.A., Eğrisel ilişkilerin Doğrusal Hale Getirilmesi ve Doğrusal Çoğul Regresyon Analizi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 21, 1(1971), 220-227.
- 61- Kalıpsız, A., İstatistik Yöntemler, Doyuran Matbaası, İstanbul, 1988.

- 62- Batu, F., Uygulamalı İstatistik, K.T.U. Orman Fakültesi Teksir Serisi 25, Trabzon, 1989.
- 63- Ertek, T., Ekonometriye Giriş, Dördüncü Bası, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1987.
- 64- Korum, U., Matematiksel İstatistiğe Giriş, Üçüncü Bası, A.U.S.B.F. ve Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi, Ankara, 1985.
- 65- Köksal, B.A., İstatistik Analiz Metodları, Üçüncü Bası, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1980.
- 66- Mısırlı, E. ve Eren, Ş., İkinci Derece Ters Polinomlarda Parametre Tahminlerinin Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Uygulamalı İstatistik, E. U. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü, 4, 1(1981), 39-46.
- 67- Okur, M. C., Doğrusal Çoklu Regresyon Denklemlerinde Tahmin Gücünün Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Uygulamalı İstatistik, E. U. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü, 4, 2(1981), 105-116.
- 68- Günel, H.A., İstatistik Analiz ve Kalite Kontrolü, K.T.U. Orman Fakültesi Yayın No: 102, Trabzon, 1986.
- 69- Günel, H. A., Basit Doğrusal Regresyon, İ.U. Orman Fakültesi Dergisi, B, 2(1970), 209-224.
- 70- Rabiner, L.R. ve Gold, B, Theory and Application of Digital Signal Processing, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- 71- Hekimoğlu, Ş., Rasgele Sayıların Üretilmesi, K.T.U. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü Monograf No: 2, K.T.U.

Basımevi, Trabzon, 1981.

- 72- Sezgin, F., Uniform Şans Sayılarının Toplamının Dağılışı, Uygulamalı İstatistik, E. Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü, 1, 2(1978), 75-96.
- 73- Thomas, J.B., An Introduction to Statistical Communication Theory, John Wiley and Sons. Inc., New York, 1969.
- 74- Jenkins, G.M. ve Watts, D.G., Spectral Analysis and Its Applications, Holden Day, San Francisco, 1968.
- 75- Hamilton, D.A., Event Probabilities Estimated by Regression, U.S. Forest Service Research Paper INT-152, 1974.
- 76- TÜBİTAK, Yöneylem Araştırması Lisans Üstü Yaz Okulu Kurs Notları, (Basılmamıştır), Gebze-Kocaeli, 1986.
- 77- Hallaç, O., Kantitatif Karar Verme Teknikleri, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayın No: 86, İstanbul, 1978.
- 78- Uyar, M.K., Markov Zincirleri ile Hasta Kabul Programması, Boğaziçi Üniversitesi Dergisi, 2(1978), 76-95.
- 79- Kara, İ., İlköğretimde Öğrenci Hareketliliğinin Markov Modeli, Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Mayıs 1979, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 79, 341-354.
- 80- Yücel, Ö., Baraj Göllerinde Çökmenin Rassal Yöntemle İncelenmesi, Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Mayıs 1979, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler 79, 369-393.

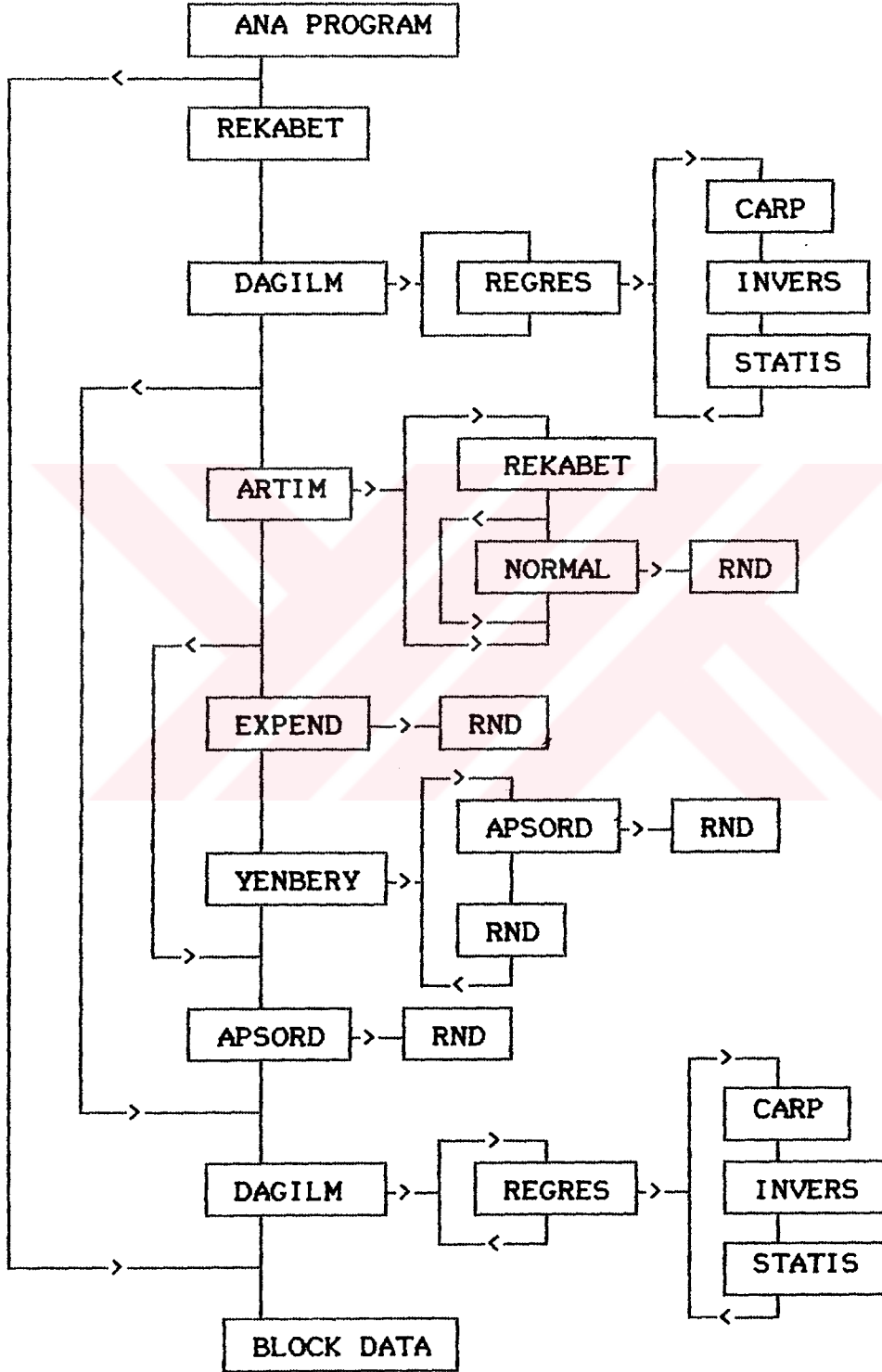
- 81- Özkaya, G., Elemanları Rassal Olarak Bozulan Sistemlerin Yenilenmesi ve Dinamik Bir Sisteme Yenileme Modeli, Yöneylem Araştırması 5. Ulusal Kongresi, Mayıs 1979, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 79, 324-338.
- 82- Saatçioğlu, Ö., Birimler Arası Personel Geçişlerinin Kestiriminde Markov Zinciri Yaklaşımı, Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi, Haziran 1978, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 78, 251-271.
- 83- Kara, İ., Mamul Paketlerinin Geri Dönüşlerine Markov Zinciri Yaklaşımı, Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi, Haziran 1978, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 78, 167-178.
- 84- Fişek, H., İş Gücü Hareketliliği ve Markov Süreçleri, Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi, Haziran 1978, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 78, 70-78.
- 85- Özekici, S., Markov Yenileme Süreçleri ve En İyi Durma Problemi Üzerine, Yöneylem Araştırması 4. Ulusal Kongresi, Haziran 1978, İstanbul, Yöneylem Araştırması Bildiriler' 78, 272-283.
- 86- Aluş, A.Ö, Bir Markov Zinciri Modeli ile Orta Öğretimde Öğrenci sayılarının Kestirimi, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 8, 2(1985), 93-100.
- 87- Bhat, U.N., Elements of Applied Stochastic Processes, John Wiley & Sons, Inc., Kanada, 1972.
- 88- Kemeny, J. G. ve Snell, J. L., Finite Markov Chain, Springer-Verlag, New York, 1976.
- 89- Gihman, İ.İ. ve Skorohod, A.U., The Theory of Stochas-

tik Processes II, Springer-Verlag, Berlin, 1975.

- 90- Howard, R.A., Dynamic Probabilistic Systems, Volume I: Markov Models, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971.
- 91- Bharucha-Reid, A.T., Elements of the Theory of Markov Processes and Their Applications, McGraw-Hill Book Company, London, 1960.
- 92- Medhi, J., Stochastic Processes, John Wiley & Sons, Inc., London, 1982.

EKLER

Ek Tablo A: Meşçere Simülasyon Modeli Bilgisayar Programına İlişkin Akış Şeması.



Ek Tablo B: Meşçere Simülasyonuna İlişkin Bilgisayar Programı.

PROGRAM TD

C S F C M F İ S L E T M E S İ
C S I M U L A S Y O N P R O G R A M I

C DEĞİSKEN BOYUTLARININ BELİRLENMESİ VE BLOCK DATA ALT PROGRAMI İLE
C BU DEĞİSKENLERİN SIFIRLANMASI

PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DFA/XX(I,J),X1(J,I),Y(J),AW(J),B1(J),ZL(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DFR/ZI(I,I),Q(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKS(J),
COMMON/DFC/BOY(J),TPR(J),TEPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(J)
COMMON/DFD/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(I)
COMMON/DEF/Y0,Y1,Y2,Z0,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOFRK,XMA
COMMON/DFE/STEPUZ,STPR,SBOY,SCPKBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,S
COMMON/KAA/NTPK(I),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO(I,J,N,M),IBY,IBA,ITAS,IX,N
COMMON/DEG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),D
COMMON/DEH/TEPUZW(JC),CAPKW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,P(J
COMMON/DFI/RIW,SOB,S1W,TEW,STB,SBW,SCW,EYSMN(J),SG1,SG2,SG3,SSSP
COMMON/KBB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASB,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),M1
COMMON/DEJ/YZ1(JC),UKURU(J),EKES(KJ),EMAG(J)

C VERİ KÜTÜĞÜNDEN DENEME ALANININ NOSU, ENI(M), BOYL(M), VE AĞAÇ
C SAYISININ OKUTULMASI

READ(5,*)INDNO,XMAX,YMAX,EGIM,ITAS

C VERİ KÜTÜĞÜNDEN: ÇAPI(CM), TEPE UZUNLUĞU(M), TEPE ÇAPI(M), SON ON
C YILLIK KABUKSUZ ÇAP ARTIMI(MM), SON BEŞ YILLIK HALKA KALINLIĞI(MM),
C GÖĞÜS YÜKSEKLİĞİNDEKİ HALKA SAYISI, APSIS(M), ORDINAT(M), KABUK
C KALINLIĞI(MM), GÖĞÜS ÇAPININ SON BİR CM SINDEKİ HALKA SAYISININ
C OKUTULMASI

DO 1 IA=1,ITAS
1 READ(5,*)CAP(IA),BOY(IA),TEPUZ(IA),TPR(IA),CAPART(IA),YILH5(IA),I
*HS(IA),A(IA),B(IA),SKABUK(IA),CMHALK(IA)
IX=54309
XA1=0.0
XA2=0.0
ITASW=ITAS

C KABUK FAKTÖRÜ(XKBFK), TEPE YÜKSEKLİKLERİ(TPYUK), KABUKSUZ ÇAPLARIN
C HESAPLANMASI VE AĞAÇLARIN ÖLÇÜLEN ÖZELLİKLERİNİN YEDEK DEĞİSKENLERDE
C SAKLANMASI

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
DO 2 IB=1, ITAS
CAPKBS(IB)=CAP(IB)-SKABUK(IB)
TPYUK(IB)=BOY(IB)-TFPUZ(IB)
XA1=XA1+CAP(IB)
XA2=XA2+CAPKBS(IB)
IO(IB)=1
CAPW(IB)=CAP(IB)
BOYW(IB)=BOY(IB)
TPYUKW(IB)=TPYUK(IB)
AI(IB)=A(IB)
BI(IB)=B(IB)
TPRW(IB)=TPR(IB)
TFPUZW(IB)=TFPUZ(IB)
CAPKW(IB)=CAPKBS(IB)
IYHSW(IB)=IYHS(IB)
IQW(IB)=IO(IB)
P(IB)=CAPART(IB)
CONTINUE
```

C. AGACLARIN BIRBIRLERINE OLAN UZAKLIKLARININ KONTROL EDILMESI

```
DO 6 LX=1, ITAS
DO 6 LW=1, ITAS
IF(LX=LW)3,6,3
UZAK=SQRT((A(LX)-A(LW))**2+(B(LX)-B(LW))**2)
CTOP=(CAP(LX)+CAP(LW))/100.
IF(UZAK-CTOP)4,6,6
WRITE(2,5)LW,LX
FORMAT(13,' VF ',13,' NOLU AGACLAR COK YAKIN DURUMDADIRLAR.')
CONTINUE
XKRFK=XA1/XA2
KVC=0
ITAS=ITASW
NY=0
```

C. DEGISKENLERE BASLANGIC DEGERLERININ AKTARILMASI

```
DO 8 NW=1, ITAS
CAP(NW)=CAPW(NW)
FKFSIK(NW)=0.
FMAG(NW)=0.
BOY(NW)=BOYW(NW)
TPYUK(NW)=TPYUKW(NW)
IYHS(NW)=IYHSW(NW)
A(NW)=AI(NW)
B(NW)=BI(NW)
IO(NW)=IQW(NW)
TPR(NW)=TPRW(NW)
TFPUZ(NW)=TFPUZW(NW)
CAPART(NW)=P(NW)
UKURU(NW)=0.
CAPKBS(NW)=CAPKW(NW)
```

C. CAP KADEMELERININ OLUSTURULMASI

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
DO 9 KI=1, ITAS
IFS(KI)=CAP(KI)/4.1+1.
9 IY(KI)=IFS(KI)
JVS=ITAS+1
```

C DEĞİSKENLERİN SIFIRLANMASI

```
DO 10 MR=JVS, 700
CAPW(MR)=0.
BOYW(MR)=0.
TPYUKW(MR)=0.
AI(MR)=0.
RI(MR)=0.
TPRW(MR)=0.
TFPIU7W(MR)=0.
CAPKW(MR)=0.
IYHSW(MR)=0
PI(MR)=0.
IFS(MR)=0
FYSMN(MR)=0.
UKURU(MR)=0.
FKFSIK(MR)=0.
FMAG(MR)=0.
10 IOW(MR)=0
```

C BASIANGIC MFSCERFSİNDEKİ AĞAÇLARIN YARIŞMA ENDEKSLERİNİN HESAPLANMASI

```
DO 15 MO=1, ITAS
YSMEN(MO)=200.0
IF(CAP(MO).LT.60.) GOTO 11
IO(MO)=0
FKFSIK(MO)=1.
GOTO 15
11 DO 14 MU=1, ITAS
IF(MO-MU)12,14,12
12 IF(IO(MU))14,14,13
13 CALL REKABT
14 CONTINUE
FYSMN(MO)=YSMEN(MO)
IF(CAP(MO).LT.13.) GOTO 15
IF(YSMEN(MO).GT.120.) GOTO 15
IO(MO)=0
FMAG(MO)=1.
15 CONTINUE
```

C DENEME ALANINDA ÖLÇÜLEN DEĞERLERİN TABLOLAR HALİNDE SUNULMASI VE
C CAPARTIMI, BOY, KABUKSUZ CAP, TEPE ÇAPI, TEPE UZUNLUĞU REGRESYON
C DENKLEMLERİN AIT KATSAYILARIN BULUNARAK TEST EDİLMESİ

CALL DAGILM

```
IRA=1
NAS=ITAS
DO 30 NY=10,250,10
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

C AĞAÇLARIN DÖNEM SONU ÇAP KADEMESİ NUMARALARININ VE YARIŞMA ENDEKSİ
C DEĞERLERİNİN SAKLANMASI

DO 16 KU=1. ITAS
IFY(KU)=IFY(KU)
FYSMN(KU)=YSMEN(KU)
16 CONTINUE

C 10 YILLIK BİR DÖNEM İÇİN KABUKSUZ VE KABUKLU ÇAP ARTIMLARINI, KURUYAN
C AĞAÇLARI, DÖNEM SONU İTİBARIYLA KABUKLU VE KABUKSUZ GÖĞÜS ÇAPİ, BOYU,
C TEPE ÇAPİ VE TEPE UZUNLUĞU DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

CALL ARTIM
DO 19 IBY=1.10
IRA=IRA+NAS

C BİR YILLIK BİR SÜRE İÇİNDE MESCEREYE KATILACAK AĞAÇ SAYILARININ
C SAPTANMASI

CALL EXPEND(X.IX.YFL)
NAS=X*4.
IF(NAS<18.19.17
17 ITAS=ITAS+NAS

C MESCEREFYE YENİ KATILAN BİREYLERİN ÇAP, BOY, TEPE ÇAPİ VE TEPE
C UZUNLUKLARININ SAPTANMASI

CALL YENBRV
GO TO 19
18 NAS=0
19 CONTINUE
20 DO 24 IK=1. ITAS
IFY(IK)=24.24.21
21 DO 24 IY=1. ITAS
IFY(IY)=24.24.22
22 IF(IK-IY)23.24.23
23 EZMSF=(CAP(IK)+CAP(IY))/100.
RAKIP=SQRT((A(IK)-A(IY))*2+(B(IK)-B(IY))*2)
IFY(RAKIP-EZMSF)25.25.24
24 CONTINUE
GO TO 26
25 IJ=IY

C MESCEREFYE YENİ KATILAN BİREYLERİN KORDİNATLARININ BELİRLENMESİ

CALL APSORD
GO TO 20

C 4*ER C. LİK ÇAP KADEMELERİNİN OLUŞTURULMASI

DO 27 MR=1. ITAS
IRT=(CAP(MR)/4.)+1.
27 IYF(MR)=IRT
DO 29 KCA=1. ITAS

Ek Tablo B'nin Devami.

```
IF(I0(KCA),FU,0) GOTO 29
IF(CAP(KCA),LT,60.) GO TO 28
I0(KCA)=0
EKESIK(KCA)=1.
GOTO 29
28 IF(CAP(KCA),IT,13.) GOTO 29
IF(YSMEN(KCA),GT,120.) GOTO 29
I0(KCA)=0
FMAG(KCA)=1.
29 CONTINUE
```

C DENFME ALANINDA ÖLÇÜ EN DEĞERLERİN TABLOLAR HALİNDE SUNULMASI VE
C CAPARTIMI, BOY, KABUKSUZ CAP, TEPE ÇAPI, TEPE UZUNLUĞU REGRESYON
C DENKİMLERİNE AIT KATSAYILARIN BULUNARAK TEST EDİLMESİ

CALL CAGILM

```
30 CONTINUE
KVC=KVC+1
WRITE(2,31)KVC
31 FORMAT('KVC= ',15)
IF(KVC,IT,15) GOTO 7
STOP
END
```

SUBROUTINE ARTIM

```
PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),XI(J,I),Y(J),AW(J),BI(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DEB/ZI(I,I),G(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKBS(J),
COMMON/DEC/BOY(J),TPR(J),TEPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),I0(J),YSMEN(
COMMON/DED/YLH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(
COMMON/DEF/Y0,Y1,Y2,70,71,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOFRK,XMA)
COMMON/DFE/STPUZ,STPR,SBOY,SCPBS,YMAX,EG(M,XKBFK,TBOY(K),YFL,S1
COMMON/KEA/NTP(K),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO(I,J,N,M),IbY,IbA,ITAS,IX,NI
COMMON/DFG/CAPW(JC),ROYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),OR
COMMON/DFH/TFPUZW(JC),CAPKBW(JC),YDW,Y1W,Y2W,ZCW,Z1W,Z2W,ROW,P(JC)
COMMON/DFI/R1W,SOw,S1W,TEW,Stw,SBw,SCW,EYSMN(J),SQ1,SQ2,SQ3,SSSPC
COMMON/KEB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASW,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),MI
COMMON/DEJ/YZ1(JC),UKURU(J),EKESIK(J),EMAG(J)
KCF=0
DO 28 MO=1,ITAS
IF(I0(MO))28,28,1
1 YSMEN(MO)=200,0
DO 4 MU=1,ITAS
IF(MO-MU)2,4,2
2 IF(I0(MU))4,4,3
```

C REKABT ALT PROGRAMININ ÇAĞIRILMASI İLE YAŞAYAN AĞAÇLARA AIT
C YARISMA ENDEKSİLERİNİN HESAPLANMASI

```
3 CALL REKABT
4 CONTINUE
```

C DENFME ALANI KENARLARINA 5 METREDEN DAHA YAKIN AĞAÇLARIN

Ek Tablo B'nin Devamı.

C YARISMA ENDEKSLERİNİN DÜZELTİLMESİ

```
IF(A(MO).LT.5.) GOTO 5
IF(A(MO).GT.45.) GOTO 5
IF(R(MO).LT.5.) GOTO 5
IF(R(MO).GT.45.) GOTO 5
GOTO 7
5 IF(YSMEN(MO).GT.100.)GOTO 6
  YSMEN(MO)=YSMEN(MO)*0.5
  GOTO 7
6 YSMEN(MO)=YSMEN(MO)-(200.-YSMEN(MO))/2.
7 IF(YSMEN(MO).GT.1.0)GOTO 8
  YSMEN(MO)=1.
```

C ÇAP ARTIMLARINI REGRESYON DENKLEMİ YARDIMIYLA TAHMİN EDEBİLMEK İÇİN
C "F" FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI (DENKLEMİN LOGARİTMİK OLMASI NEDENİ
C İF F FAKTÖRÜ HESAPLANMIŞTIR)

8 FAKTR=10.0**((1.1513*SSSPC**2))

C YARISMA ENDEKSI VE GÖĞÜS ÇAPININ FONKSİYONU OLARAK OLUSTURULAN
C REGRESYON DENKLEMİ YARDIMI İLE ÇAP ARTIMLARININ SAPTANMASI

CAPART(MO)=FAKTR*(10.0**((SQ1+SQ2*ALOG10(CAP(MO))+SQ3*ALOG10(YSMEN(MO))))

C ÜST LİMİTİ ORTALAMA DEĞER ARTI İKİ STANDART SAPMA VE ALT LİMİTİ
C ORTALAMA DEĞER EKSI İKİ STANDART SAPMA OLARAK ALIP NORMAL DAĞI-
C LİMDAN YARARLANARAK ÇAP ARTIMI İÇİN ORTALAMA ETRAFINDA TAHMİNDE
C BULUNULMASI

```
ORT=CAPART(MO)
STH=10.0**SSSPC
UUST=ORT+2.*STH
UALT=ORT-2.*STH
```

CALL NORMAL(ORT,STH,YFL.(X,XZ))

```
IF(X7.LT.UUST) GOTO 9
CAPART(MO)=UUST
GOTO 10
```

9 IF(X7.GT.UALT) GOTO 10
CAPART(MO)=UALT

C 1 MM' DEN DAHA AZ ÇAP ARTIMI YAPAN AĞAÇLARIN BELİRLENMESİ VE
C BU AĞAÇLARIN KURUYAN AĞAÇLAR SINIFINA DAHİL EDİLMESİ

```
10 CAPART(MO)=X7
  IF(CAPART(MO).GT.1.) GOTO 14
  IF(CAPART(MO).LE.8.0) GOTO 13
  IF(CAPART(MO))11.11.12
11 CAPART(MO)=0.01
12 GOTO 27
13 CAPART(MO)=1.0
14 ARTKRI=CAPART(MO)/10.*XKBFK
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

C DÖNEM SONU KABUKLU ÇAPLARIN SAPTANMASI

$$CAP(MO) = CAP(MO) + ARTKBL$$

C GÖĞÜS ÇAPININ FONKSİYONU OLARAK OLUŞTURULAN REGRESYON DENKLEMİ YARDIM
C İİF KABUKSUZ ÇAPLARIN HESAPLANMASI VE NORMAL DAĞILIMDAN YARARLANARAK
C ORTALAMA FTRAFINDA TAHMİNDE BULUNULMASI

$$CAPKB = S0 + S1 * CAP(MO)$$
$$ORT = CAPKB$$
$$STH = SCPKBS$$

CALL NORMAL(ORT,STH,YFL,IX,XZ)

$$CAPKB = XZ$$
$$IF(CAPKB - CAPKBS(MO)) 16,16,15$$

15 CAPKBS(MO) = CAPKB
16 IF(CAPKBS(MO) - CAP(MO)) 18,17,17
17 CAPKBS(MO) = CAP(MO) / XKBFK

C GÖĞÜS ÇAPININ FONKSİYONU OLARAK OLUŞTURULAN REGRESYON DENKLEMİ İLE
C BOYLARIN HESAPLANMASI VE NORMAL DAĞILIMDAN YARARLANARAK ORTALAMA
C FTRAFINDA TAHMİNDE BULUNULMASI

$$18 XROY = (CAP(MO)**2) / (Y0 + Y1 * CAP(MO) + Y2 * CAP(MO) * CAP(MO)) + 1.30$$
$$ORT = XROY$$
$$STH = SROY$$

CALL NORMAL(ORT,STH,YFL,IX,XZ)

$$BOYS = XZ$$
$$IF(BOYS - BOY(MO)) 20,20,19$$

19 BOY(MO) = BOYS

C GÖĞÜS ÇAPININ FONKSİYONU OLARAK OLUŞTURULAN REGRESYON DENKLEMİ İLE
C TEPPE ÇAPLARININ HESAPLANMASI VE NORMAL DAĞILIMDAN YARARLANARAK
C ORTALAMA FTRAFINDA TAHMİNDE BULUNULMASI

$$20 TP = R0 + R1 * CAP(MO)$$
$$IF(BOY(MO) - GE - 1.4) GOTO 80$$
$$BOY(MO) = 1.3 + CAP(MO) * 10.$$
$$80 ORT = TP$$
$$STH = STPR$$

CALL NORMAL(ORT,STH,YFL,IX,XZ)

$$TPS = XZ$$
$$IF(TPS - TPR(MO)) 22,22,21$$

21 TPR(MO) = TPS

C GÖĞÜS ÇAPININ FONKSİYONU OLARAK OLUŞTURULAN REGRESYON DENKLEMİ İLE
C TEPPE UZUNLUKLARININ HESAPLANMASI VE NORMAL DAĞILIMDAN YARARLANARAK
C ORTALAMA FTRAFINDA TAHMİNDE BULUNULMASI

Ek Tablo B'nin Devamı.

22 TPU=Z0+71*CAP(M0)+77*CAP(M0)*CAP(M0)
ORT=TPU
STH=STEPUZ

CALL NORMAL(ORT,STH,YFL,(X,XZ))

TFPUZS=X7
IF(TFPUZS)26,26,23
23 TFPUZ(M0)=TFPUZS
IF(TFPUZ(M0)-BOY(M0))25,25,24
24 TFPUZ(M0)=BOY(M0)-0.3
25 IYHS(M0)=IYHS(M0)+10
IF(IYHS(M0)-400)28,27,27
26 TFPUZ(M0)=0.0
TPR(M0)=0.0
27 I0(M0)=0
UKURU(M0)=1.
28 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE RFKART
PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),X1(J,I),Y(J),A(J),B1(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DFB/ZI(I,I),QI(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKS(J),X
COMMON/DFC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(J)
COMMON/DFD/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THACK
COMMON/DFE/Y0,Y1,Y2,Z0,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOPFRK,XMAX
COMMON/DEF/STEPUZ,STPR,SBOY,SCPKBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,ST
COMMON/KAA/NTPI(K),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO,(J,N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,N1
COMMON/DFG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),OR
COMMON/DEH/TFPUZW(JC),CAPKW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,P(JC
COMMON/DEI/R1W,SOW,S1W,TFW,STW,SBW,SCW,EYSMA(J),SG1,SG2,SG3,SSPC
COMMON/KBB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASH,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),MI
COMMON/DFJ/YZ1(JC),UKURU(J),EKES(K(J),EMAG(J)
TPR(M0)=TPR(M0)/2.
TPR(MU)=TPR(MU)/2.

C KONU AGAC ILE YARISMA HALINDEKI AGACLARIN SAPTANMASI

RAKIP=SQRT((A(M0)-A(MU))**2+(B(M0)-B(MU))**2)
IF(RAKIP-(TPR(M0)+TPR(MU)))1,23,23
1 WW1=A(M0)*A(M0)+B(M0)*B(M0)-TPR(M0)*TPR(M0)
WW2=A(MU)*A(MU)+B(MU)*B(MU)-TPR(MU)*TPR(MU)
FSALN2=3.14159*TPR(MU)*TPR(MU)
FSALN1=3.14159*TPR(M0)*TPR(M0)
XKOT1=EGIM*B(M0)+BOY(M0)-TFPUZ(M0)
XKOT2=EGIM*B(MU)+BOY(MU)-TFPUZ(MU)
IF(A(M0).EQ.A(MU)) GO TO 2
IF(B(M0).EQ.B(MU)) GO TO 4
GO TO 6

C KONU AGAC ILE YARISMACTI AGACLARIN ESIT APSIS DEGERLERINE SAHIP
C OLMASI DURUMU

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
2 XDD=-2.*A(MO)
  XFF=(WW2-WW1)/(2.*(B(MU)-B(MO)))
  XFF=XFF*XFF-2.*B(MO)*XFF+WW1
  DISD=XDD*XDD-4.*XFF
  IF(DISD)13,13,3
3 YOKX1=(-XDD+SQRT(DISD))/2.
  YOKX2=(-XDD-SQRT(DISD))/2.
  UZAK=0.5*ABS(YOKX1-YOKX2)
  GO TO 8
```

C. KÖNÜ AGAC İLE YARISMAI AGACLARIN ESIT ORDINAT DEGERLERINE SAHIP
C. ÖLMEZ DURUMU

```
4 XSS=-2.*B(MO)
  XKK=(WW2-WW1)/(2.*A(MU)-A(MO))
  XIL=XKK*XKK-2.*A(MO)*XKK+WW1
  DISD=XSS*XSS-4.*XIL
  IF(DISD)13,13,5
5 YOKY1=(-XSS+SQRT(DISD))/2.
  YOKY2=(-XSS-SQRT(DISD))/2.
  UZAK=0.5*ABS(YOKY1-YOKY2)
  GO TO 8
```

C. KÖNÜ AGAC İLE YARISMAI AGACLARIN APSIS VE ORDINATLARININ FARKLI
C. DEĞERLERDE OLMASI DURUMU

```
6 XMM=(A(MO)-A(MU))/(B(MU)-B(MO))
  XNN=(WW2-WW1)/(2.*(B(MU)-B(MO)))
  XAA=1.+XMM*XMM
  XBB=2.*(XMM*XNN-A(MO)-XMM*B(MO))
  XCC=XNN*XNN-2.*B(MO)*XAN+WW1
  DISCR=(XBB*XBB)-4.*XAA*XCC
  IF(DISCR)13,13,7
7 DISON=SQRT(DISCR)
  XX1=(-XBB+DISON)/(2.*XAA)
  XX2=(-XBB-DISON)/(2.*XAA)
  YY1=XMM*XX1+XNN
  YY2=XMM*XX2+XNN
  UZAK=0.5*SQRT((XX1-XX2)**2+(YY2-YY1)**2)
8 TT1=UZAK/TPR(MO)
  TT2=UZAK/TPR(MU)
  IF(ABS(TT1).GT.1.) GOTO 9
  GO TO 10
9 TT1=1.
10 IF(ABS(TT2).GT.1.) GOTO 11
  GO TO 12
11 TT2=1.
12 AC11=ARSIN(TT1)
  AC12=ARSIN(TT2)
```

C. KÖNÜ AGAC İLE YARISMAI AGAC ARASINDAKI ORTAK ALANIN SAPTANMASI

```
ALAN=AC11*TPR(MO)*TPR(MO)+AC12*TPR(MU)*TPR(MU)-RAKIP*UZAK
GO TO 16
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
13 IF(FSALN1-FSALN2)14,14,15
14 ALAN=FSALN1
   GO TO 16
15 ALAN=FSALN2
```

C DÜZELTME FAKTORU VE DÜZELTİLMİŞ ORTAK ALANLARIN SAPTANMASI

```
16 IF(XKOT1-XKOT2)17,17,19
17 CRFK=0.5-((XKOT1-XKOT2)/TFPUZ(MO))*0.5
   IF(CRFK.LT.1.0)GO TO 18
   ALANC=ALAN
   GO TO 22
18 ALANC=ALAN*CRFK
   GO TO 22
19 CRFK=0.5-((XKOT1-XKOT2)/TFPUZ(MU))*0.5
   IF(CRFK)21,21,20
20 ALANC=ALAN*CRFK
   GO TO 22
21 ALANC=0.
```

C KÖNÜ AĞACIN YARISMA FONKSİYONUNUN HESAPLANMASI

```
22 YSMEN(MO)=YSMEN(MO)-(ALANC/ESALN1)*100.
23 TPR(MO)=TPR(MO)*2.
   TPR(MU)=TPR(MU)*2.
   RETURN
   END
```

SUBROUTINE YFNBR

```
PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),X1(J,I),Y(J),AW(J),B1(J),ZU(I),BO(I),CX(I),D(I)
COMMON/DEB/ZI(I,I),Q(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKBS(J),X
COMMON/DFC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(J)
COMMON/DFD/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(K)
COMMON/DEF/YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TPFRK,XMAX
COMMON/DFE/STFPUZ,STPR,SBOY,SCPKBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,STF
COMMON/KAA/NTP(K),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO,I,J,N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,NI
COMMON/DEG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),GR1
COMMON/DFH/TFPUZW(JC),CAPKBW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,P(JC)
COMMON/DEI/RI,SOW,S1W,TFW,STW,SBW,SCW,EYSMN(J),SQ1,SQ2,SQ3,SSSPC
COMMON/KBB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASH,IBC,NAR,IES(J),IYE(J),MI
COMMON/DFJ/YZ1(JC),UKURU(J),EKESIK(J),EMAG(J)
DO 4 IJ=IBA,ITAS
```

C YENİ KATILAN BİREYLERİN KOORDİNATLARININ BELİRLENMESİ

CALL APSQRD

C YENİ KATILAN BİREYLERİN YAŞLARININ BELİRLENMESİ

```
IYHS(IJ)=10-(IBY-1)
AYHS=FLOAT(IYHS(IJ))
CAPART=0.5
CPIIS=8.
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

1 CALL RND(YFL,IX)

C YFNI KATILAN BIRFYLERIN CAP, BOY, TEPE CAPI, TEPE UZUNLUĞU VE
C YARISMA ENDEKSLERININ HESAPLANMASI

```
1 CAPKRS(IJ)=YFL*AYHS*2.  
IF(CAPKRS(IJ)-CPALT)1,3,2  
2 IF(CAPKRS(IJ)-CPUS)3,3,1  
3 CAP(IJ)=CAPKRS(IJ)*XKBFK  
TLUP=(CAP(IJ)**2/(Y0+Y1)*CAP(IJ)+Y2*CAP(IJ)*CAP(IJ))/1.30  
IF(TLUP.GT.1.4) GOTO 7  
BOY(IJ)=1.3+CAP(IJ)*10.  
7 BOY(IJ)=TLUP  
TPR(IJ)=RO+R1*CAP(IJ)  
TFPUZ(IJ)=BOY(IJ)/2.  
CAPART(IJ)=CAPKRS(IJ)*10.  
IO(IJ)=1  
YSMEN(IJ)=100.  
4 CONTINUE  
RETURN  
END
```

SUBROUTINE APSORD

```
PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)  
COMMON/DEA/XX(I,J),X1(J,I),Y(I),AW(J),B1(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)  
COMMON/DEB/ZI(I,I),O(I,I),H(6,6),Z(I,I),SI(I,I),CAP(J),CAPKRS(J),  
COMMON/DFC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(J)  
COMMON/DFD/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(I)  
COMMON/DFE/YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AH2,XZ,ALMAX,TOPFRK,XMA  
COMMON/DFE/STFPUZ,STPR,SBOY,SCP KBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,S  
COMMON/KAA/NTP(K),IYHS(I),MO,MU,NY,NDNO,IJ,N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,N  
COMMON/DFG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),O  
COMMON/DFH/TFPUZW(JC),CAPKBW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,PIJ  
COMMON/DFI/R1W,SOW,S1W,TEW,STW,SBW,SCW,EYSMN(J),SQ1,SQ2,SQ3,SSSP  
COMMON/KBB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASW,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),MI  
COMMON/DFJ/YZ(IJC),UKURU(J),EKES(K(J)),EMAG(J)
```

1 CALL RND(YFL,IX)

C YFNI KATILAN BIRFYLERIN MESCERE IGINDEKI KOORDINATLARININ BELIRLENMES

```
AA=YFL*10000.  
AI(IJ)=AINT(AA)/100.  
IF(AI(IJ))1,1,2  
2 IF(AI(IJ)-XMAX)3,1,1  
3 CALL RND(YFL,IX)  
RR=YFL*10000.  
RI(IJ)=AINT(RR)/100.  
IF(RI(IJ))3,3,4  
4 IF(RI(IJ)-YMAX)5,3,3  
5 RETURN
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

FND

SUBROUTINE RND(YFL,IX)

C 0-1 ARALIGINDA TESADUFI SAYI TURETILMESI

```
1  IY=IX*65539
2  IF(IY)1,2,2
1  IY=IY+7147483647+1
2  YFL=IY
YFL=YFL*.4656613E-9
IX=IY
RETURN
FND
```

SUBROUTINE NORMAL(ORT,STH,YFL,IX,XZ)

C 0-1 ARALIGINDAKI TESADUFI SAYILARDAN YARARLANARAK NORMAL DAGILIMLI
C RASTIANTI DEGISKENLERININ TURETILMESI

```
TOP=0.
DO 1 TN=1.12
CALL RND(YFL,IX)
1  TOP=TOP+YFL
XZ=(TOP-6.)*STH+ORT
RETURN
FND
```

SUBROUTINE EXPEND(X,IX,YFL)

```
CALL RND(YFL,IX)
X=(0.15683796-ALOG10(YFL)/0.43429)/0.73303036
RETURN
FND
```

SUBROUTINE DAGILM

```
PARAMETER(I=3,J=100,K=30,JC=700,NM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),X1(J,I),Y(J),AW(J),B1(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DEB/ZI(I,I),OI(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKBS(J),X
COMMON/DEC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(J)
COMMON/DED/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(K)
COMMON/DEF/YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOFRK,XMAX
COMMON/DEG/STPUZ,STPR,SBOY,SCPBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,STI
COMMON/KEA/NTP(K),YHS(J),MO,MU,NY,NDNO(I,J),N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,NI
COMMON/DEG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),OR
COMMON/DEH/TFPUZW(JC),CAPKW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,P(JC)
COMMON/DEI/RIW,SOW,S1W,TFW,STW,SBW,SCW,EYSMN(J),SCI,SQ2,SQ3,SSPC
COMMON/KEB/YHSW(JC),TOW(JC),ITASW,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),MI
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
1 COMMON/DEFJ/Y71(JC),UKURU(J),EKESIK(J),EMAG(J)
2 FORMAT(/,'CAP-BOY ILSKI KATSAYISI VE İSTATİSTİKLERİ',/42('*'))
3 FORMAT(/,'CAP-TEPE UZUNLUĞU İLSKI KATSAYISI VE İSTATİSTİKLERİ',
4 *2('*'))
5 FORMAT(/,'10 YILLIK CAP ARTIMI-(YARISMA ENDEKSI-CAP) İLISKI KATS
6 *İST VE İSTATİSTİKLERİ',/77('*'))
7 FORMAT(/,'CAP_TEPF CAPİ İLISKI KATSAYISI VE İSTATİSTİKLERİ',/48(
8 *))
9 FORMAT(/,'KBL, CAP_KBS, CAP İLSKI KATSAYISI VE İSTATİSTİKLERİ',/
10 *('*'))
11 FORMAT(/48X,'AYRILAN AĞACLARIN',/48X,I7('*'),/44X,'SAYISI',7X,'
12 *P, GÖG, YÜZ',7X,'TOP, HACIM',/43X,'ADET/HA',10X,'M2/HA',11X,'
13 */HA',10X,/44X,I5,F18.3,F17.3)
14 FORMAT(/16X,'D. S. NO:',I1,/16X,'GEÇEN SÜRE:',I3,'YIL',/41X,'A
15 *ILAN AĞACLARIN',/7)
16 FORMAT(' AĞAC NO CAP(KBL) CAP(KBS) BOY TEP, UZN, TEP, CAPİ HACIM
17 * YII, HAL, YAS APSİS ORDİNAT ES, CAP KD YF, CAP KD ES, YSM, YE, YSM,
18 * 12X,'CM, CM, M, M, M, M3 MM,
19 * M, M, /120('*'))
20 FORMAT(16X,I3,2X,F5.2,3X,F5.2,2X,F5.2,6X,F5.2,2X,F5.3,2X,I
21 *2,5X,I3,2X,F5.2,2X,F5.2,4X,I3,5X,I3,5X,F6.2,3X,F6.2)
22 FORMAT(2X,'GEÇEN SÜRE:',I3,'YIL D.S.NO:',I1,'D.S.ENİ:',F4.
23 *1,M, D.S.BOYU:',F4.1,'M, ALAN:',F6.4,'HA EGİM(%):',F3.2)
24 *2X,'SAHADA KALAN AĞACLARIN')
25 WRITE(2,101)NY
101 FORMAT('NY= ',I5)
26 ALAN=XMAX*YMAX/10000.
27 CF=1./ALAN
28 WRITE(6,10) NY,NDNO,XMAX,YMAX,ALAN,EGİM
29 WRITE(6,8)
30 DO 12 L=1,ITAS
31 IF(I0(L))12,12,11
32 HACİM=CAP(L)*CAP(L)*(32505.E-8+2453.E-8*BOY(L))
33 İP=(CAP(L)/4.)+1.
34 İYF(L)=İP
35 WRITE(6,9) L,CAP(L),CAPKBS(L),BOY(L),TEPUZ(L),TPR(L),HACİM,CAPARI
36 *L),İYHS(L),A(L),B(L),İFS(L),İYE(L),EYSMN(L),YSMEN(L)
37 CONTINUE
38 WRITE(6,13)
39 FORMAT('10 YILLIK BİR SÜRE İÇİNDE MESCEREYE YENİ KATILAN
40 * AĞAC SAYILARI',/ 0-3.9 4-7.9 8-11.9',/7X,'HEKTARDA')
41 C 10 YILLIK BİR SÜRE İÇERİSİNDE MESCEREYE KATILAN AĞACLARIN
42 C CAP KADINMLARINA GÖRE FRKANLARININ HESAPLANMASI VE BU
43 C DEĞERLERİN LİSTELENMESİ
```

```
IF=0
LF=0
LH=0
F11=0.
F12=0.
H11=0.
771=0.
772=0.
773=0.
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
DD 16 LD=1. ITAS
HACAT=CAP(LD)*CAP(LD)*(32505.E-8+2453.F-8*BOY(LD))
IF(IF5(LD).NE.0) GOTO 16
IF(IYF(LD).EQ.1) GOTO 14
IF(IYF(LD).EQ.2) GOTO 15
IH=LH+1
773=773+HACAT
GOTO 16
14 IF=IF+1
771=771+HACAT
GOTO 16
15 IF=IF+1
772=772+HACAT
16 CONTINUE
LDT=IF+LF+LH
OL1=IF*CF
OL2=LF*CF
OL3=LH*CF
IF(LDT.EQ.0) GOTO 17
F11=FLOAT(LF)/FLOAT(LDT)
FL1=FLOAT(LF)/FLOAT(LDT)
H11=FLOAT(LH)/FLOAT(LDT)
17 WRITE(6,18) OL1,OL2,OL3
18 FORMAT(F7.1,3X,F7.1,3X,F7.1, /27(' '))
WRITE(6,19)
19 FORMAT(5X,'NO KURU KAL GEC KES MAG KUR. HAC. KES. HAC. MAG. HAC.
*. /20X. *DFNFMF ALANINDA')
```

C 10 YTI IK BIR SUREF SONUNDA. KURUYAN. AYNI CAP SINIFINDA KALAN.
C BIR UST CAP SINIFINA GECEN. AMAC CAPINA ULASMASI NEDENIYLE
C KESII FN VF FAZLA BASKIDA KALAN (% 80 VE DAHA FAZLA BASKI)
C AGACLARIN CAP KADEMFLERINE GORE DAGILIMI

```
VV1=0.  
VV2=0.  
VV3=0.  
VV4=0.  
VV5=0.  
VV6=0.  
DD 26 LZ=1.30  
IC=0  
IV=0  
IU=0  
MC1=0  
MC2=0  
S11=0.  
S111=0.  
S1K=0.  
S1A=0.  
S2A=0.  
774=0.  
775=0.  
776=0.  
777=0.  
778=0.
```


Ek Tablo B'nin Devamı.

```

20 21 22 23 24 25 26 27 28
DN 24 LW=1. ITAS
HACAM=CAP(LW)*CAP(LW)*(32505.E-8+2453.F-8*BOY(LW))
IYF(LW)=(CAP(LW)/4.)+1.
IF(IFS(LW).NE.L7) GOTO 24
IF(IN(LW).NE.1) GOTO 21
IF(IYF(LW).EQ.LZ) GOTO 20
LV=LV+1
776=776+HACAM
GOTO 24
20 LC=LC+1
775=775+HACAM
GOTO 24
21 IF(FKFSIK(LW).EQ.1.) GOTO 22
IF(FMAG(LW).EQ.1.) GOTO 23
IF(UKURU(LW).NE.1.) GOTO 24
IU=IU+1
774=774+HACAM
UKURU(LW)=500.
GOTO 24
22 MC1=MC1+1
777=777+HACAM
FKFSIK(LW)=2.
GOTO 24
23 MC2=MC2+1
778=778+HACAM
FMAG(LW)=2.
GOTO 24
24 CONTINUE
ALT=0+4*(L7-1)
UST=3.9+4*(L7-1)
LVH=LU+LC+LV+MC1+MC2
IF(LVH.EQ.0) GOTO 26
S1I=FLOAT(LU)/FLOAT(LVH)
S1U=FLOAT(LC)/FLOAT(LVH)
S1K=FLOAT(LV)/FLOAT(LVH)
S1A=FLOAT(MC1)/FLOAT(LVH)
S2A=FLOAT(MC2)/FLOAT(LVH)
25 WRITE(6,25) ALT,UST,LU,LC,LV,MC1,MC2,ZZ4,ZZ7,ZZ8
FORMAT(F4.1,'-',F4.1,5(14),3(2X,F7.3))
VV1=VV1+ZZ4
VV2=VV2+ZZ5
VV3=VV3+ZZ6
VV4=VV4+ZZ7
VV5=VV5+ZZ8
26 CONTINUE
VV1=VV1*CF
VV4=VV4*CF
VV5=VV5*CF
VV6=VV1+VV4+VV5
27 WRITE(6,27) VV1,VV4,VV5,VV6
FORMAT(43(' '),/' KURUYAN KESILEN MAGLUP TOPLAM GIK HACIM'./17)
*.'HFKTARDA'./F7.3,2X,F7.3,2X,F7.3,5X,F7.3)
CF=1./ALAN
28 WRITE(6,28)
FORMAT(43(' '),/' CAP KAD. AGAC SAY. GOG. YUZ. HACIM
*ORT. BOY.')
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

C 10 YILLIK BIR DONEMIN SONUNDA CAP KADEMELERINE GORE KALAN
C AGAC SAYISI, GOGUS YUZFYI, HACIM VE ARITMETIK ORTA BOY
C DEGERLERININ LISTELENMESI

```
HCCC=0.
GYCC=0.
BAAC=0.
DO 31 IHU=1.30
DAC=0.
CAC=0.
BAC=0.
HAAAM=0.
DO 29 IHX=1.ITAS
IF(IN(IHX).EQ.0) GOTO 29
IF(IYF(IHX).NE.IHU) GOTO 29
BAC=BAC+1.
CAC=CAC+BOY(IHX)
DAC=DAC+((CAP(IHX)*CAP(IHX))/10000.)*3.1428/4.
HAAAM=CAP(IHX)*CAP(IHX)*(32505.E-8+2453.E-8*BOY(IHX))+HAAAM
29 CONTINUE
HCCC=HCCC+HAAAM
GYCC=GYCC+DAC
BAAC=BAAC+BAC
ALT=0+4*(IHU-1)
UST=3.9+4*(IHU-1)
YAC=BAC*CF
SAC=DAC*CF
XXAAM=HAAAM*CF
IF(BAC.EQ.0.) GOTO 31
BKAC=CAC/BAC
WRITE(6,30) ALT,UST,YAC,SAC,XXAAM,BKAC
30 FORMAT(F4.1,'-',F4.1,4X,F8.2,2X,F8.4,4X,F8.4,3X,F8.4)
31 CONTINUE
WRITE(6,32)
32 FORMAT('TOP. AG. SAY. TOP. GOG. YUZ. TOP. HACIM')
BAAC=BAAC*CF
GYCC=GYCC*CF
HCCC=HCCC*CF
WRITE(6,33) BAAC,GYCC,HCCC
33 FORMAT(3(2X,F10.5),/47('**'))
NTP=0
TG7=0.
THC=0.
DO 39 NM=1.30
TGY7(NM)=0.
THAC(NM)=0.
TBOY(NM)=0.
NTP(NM)=0
ALT=4.0+4.*(NM-1)
UST=7.9+4.*(NM-1)
DO 37 MN=1.ITAS
IF(IN(MN)37.37.34
34 IF(CAP(MN)-ALT)37.36.35
35 IF(CAP(MN)-UST)36.36.37
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
36 GY7=CF*0.785*CAP(MN)**2/10000.  
HAC(M)=CAP(MN)**2*(32505.F-8+2453.E-8*BOY(MN))*CF  
NTP(NM)=NTP(NM)+1  
TGY7(NM)=TGY7(NM)+GY7  
THAC(NM)=THAC(NM)+HAC(M)  
TBOY(NM)=TBOY(NM)+BOY(MN)  
37 CONTINUE  
NTP(NM)=NTP(NM)*CF  
NTP=NTP+NTP(NM)  
TG7=TG7+TGY7(NM)  
THC=THC+THAC(NM)  
TF(NTP(NM))39.39.38  
38 OGY7=TGY7(NM)/NTP(NM)  
OHAC=THAC(NM)/NTP(NM)  
OBOY=TBOY(NM)/NTP(NM)*CF  
C WRITE(6,8)NTP(NM),TGY7(NM),THAC(NM),ALT,UST,OGYZ,OHAC,OBOY  
39 CONTINUE  
NKC4=0  
DO 41 MX=1,ITAS  
IF(IN(MX))41.41.40  
40 IF(CAP(MX).GE.4.0) GO TO 41  
NKC4=NKC4+1  
41 CONTINUE  
NKC4=NKC4*CF  
NTGN=NTP+NKC4  
C WRITE(6,7)NKC4,NTGN,TG7,THC  
C WRITE(6,1)NDNO,NY
```

C CAP-BOY REGRESYON DENKLEMİNİN KATSAYILARININ SAPTANMASI VE BU
C DENKLEMİN AIT ÇESİTLİ İSTATİSTİKSEL BİLGİLERİN SUNULMASI

```
N=0  
DO 43 I=1,ITAS  
IF(IN(I))43.43.42  
42 N=N+1  
XX(1,N)=1.0  
XX(2,N)=CAP(I)  
XX(3,N)=CAP(I)*CAP(I)  
Y(N)=(CAP(I)**2)/(BOY(I)-1.3)  
YZ(N)=BOY(I)  
43 CONTINUE  
M=3
```

CALL REGRES

```
Y0=R0(1)  
Y1=R0(2)  
Y2=R0(3)  
ASFG=0.
```

C CAP-BOY REGRESYON DENKLEMİNİN VARYANSININ HESAPLANMASI

```
DO 44 LB=1,N  
44 ASFG=(XX(2,LB)**2)/(YG+XX(2,LB)*Y1+XX(2,LB)*XX(2,LB)*Y2)+1.30  
ASFG=ASFG+(YZ(LB)-ASFG)**2
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

C SROY=SQRT(ASF6/FLCAT(N-M))
C WRITE(6,2)

C CAP-TFPE UZUNLUĞU REGRESYON DENKLEMİNİN KATSAYILARININ SAPTANMASI VE
C BU DENKLEME AIT ÇEŞİTLİ İSTATİSTİKSEL BİLGİLERİN SUNULMASI

N=0
DO 46 IL=1,ITAS
IF(I0(IL))46,46,45
45 N=N+1
XX(1,N)=1.0
XX(2,N)=CAP(IL)
XX(3,N)=CAP(IL)*CAP(IL)
Y(N)=TFPUZ(IL)
46 CONTINUE
M=3

CALL REGRES

Z0=RQ(1)
Z1=RQ(2)
Z2=RQ(3)
STFPUZ=SQRT(AW2)
C WRITE(6,4)

C CAP-TFPE CAPI REGRESYON DENKLEMİNİN KATSAYILARININ SAPTANMASI VE
C BU DENKLEME AIT ÇEŞİTLİ İSTATİSTİKSEL BİLGİLERİN SUNULMASI

N=0
DO 47 IM=1,ITAS
IF(I0(IM))47,47,47
47 N=N+1
XX(1,N)=1.0
XX(2,N)=CAP(IM)
Y(N)=TPR(IM)
48 CONTINUE
M=2

CALL REGRES

R0=RQ(1)
R1=RQ(2)
STPR=SQRT(AW2)
C WRITE(6,5)

C CAP-KARIKSUZ CAP REGRESYON DENKLEMİNİN KATSAYILARININ SAPTANMASI VE
C BU DENKLEME AIT ÇEŞİTLİ İSTATİSTİKSEL BİLGİLERİN SUNULMASI

N=0
DO 49 IC=1,ITAS
IF(I0(IC))50,50,49
49 N=N+1
XX(1,N)=1.0
XX(2,N)=CAP(IC)
Y(N)=CAPKBS(IC)

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
50  CONTINUE
    M=2
    CALL REGRES
    S0=RO(1)
    S1=RO(2)
    SCPKS=SORT(AW2)
    IF(INV_GE.10) GOTO 53
C (CAP-YARISMA ENDEKSI)- CAP ARTIMI REGRESYON DENKLEMİNİN
C KATSAYILARININ SAPTANMASI VE BU DENKLEME AIT ÇEŞİTLİ
C İSTATİSTİKSEL BİLGİLERİN SUNULMASI
    N=0
    DO 52 IS=1,ITAS
    IF(IN(IS))52.52.51
51  IF(A(IS).LT.5.0)GOTO 52
    IF(A(IS).GT.45.0)GOTO 52
    IF(R(IS).LT.5.0)GOTO 52
    IF(R(IS).GT.45.0)GOTO 52
    IF(YSMFN(IS).LT.1.0) GOTO 52
    IF(CAPART(IS).LT.7.0) GOTO 52
    N=N+1
    XX(1,N)=1.0
    XX(2,N)=ALOG10(CAP(IS))
    XX(3,N)=ALOG10(YSMFN(IS))
    Y(N)=ALOG10(CAPART(IS))
52  CONTINUE
    M=3
C  WRITE(6,3)
    CALL REGRES
    S01=RO(1)
    S02=RO(2)
    S03=RO(3)
    SSSPC=SORT(AW2)
53  ICS=0
    DO 54 IYX=1,ITAS
    IF(IN(IYX))54.55.54
54  CONTINUE
    GO TO 58
55  NTOP=0
    TGZ=0.
    THC=0.
C  WRITE(6,7)NDND,NY
C  WRITE(6,8)
    DO 57 LL=1,ITAS
    IF(IN(LL))57.56.57
56  NTOP=NTOP+1
    GY7=CF*0.785*CAP(LL)**2/10000.
    HACIM=CAP(LL)*CAP(LL)*(.32505.E-8+2453.E-8*BOY(LL))
    HCM=HACIM*CF
    TGZ=TGZ+GY7
```

Ek Tablo B'nin Devamı.

THC=THC+HCM

C AYRILAN AGACLARA AIT CESITLI BOYUTLARIN LISTELENMESI

```

C      WRITE(6,9)LL,CAP(LL),CAPKBS(LL),BOY(LL),TEPUZ(LL),TPR(LL),HACIM,
C      *CAPART(LL),IYHS(LL),A(LL),R(LL),IES(LL),IYE(LL),EYSMN(LL),YSMEN(L
C      *)
57     CONTINUE
        NTOP=NTOP*CF
C      WRITE(6,6) NTOP,TGZ,THC
58     RETURN
        END

```

SUBROUTINE REGRFS

```

PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),X1(J,I),Y(J),AW(J),B1(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DEB/ZI(I,I),G(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKBS(J),
COMMON/DEC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(L
COMMON/DEF/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(I)
COMMON/DEE/YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOFPRK,XMA)
COMMON/DEE/STEPJ,STPR,SBOY,SCPKBS,YMAX,FGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,S1
COMMON/KAA/NTP(K),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO,IJ,N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,N1
COMMON/DFG/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),OF
COMMON/DFH/TFPUZW(JC),CAPKRW(JC),YDW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,P(JC)
COMMON/DEI/RIW,SOW,SIW,TEW,STW,SBW,SCW,EYSMN(J),SG1,SG2,SG3,SSPC
COMMON/KBB/IYHSW(JC),IOW(JC),ITASW,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),M1
COMMON/DEJ/YZ1(JC),UKURU(J),EKES(K(J),EMAG(J)
COMMON/DFS/LR(MM),A9(MM),FQ(MM),ESS(MM),GAM(MM),URC(MM),ESMC(MM)
COMMON/DEZ/GAMC(MM),AGCS(MM),GOGT(MM),TORB(MM),CAHT(MM)
DO 1 I1=1,M
DO 1 I2=1,N
1     X1(I2,I1)=XX(I1,I2)

```

C X*X⁰ MATRISININ HESAPLANMASI

CALL CARP(M,N,X1,XX,Z)

C X*X⁰ MATRISININ INVERSININ HESAPLANMASI

```

N1=M
M1=M*2
DO 2 I5=1,3
DO 2 I6=1,3
2     Z(I5,I6)=0.
DO 3 I5=1,6
DO 3 I6=1,6
3     H(I5,I6)=0.
DO 4 I5=1,N1
DO 4 I6=1,N1
4     H(I5,I6)=Z(I5,I6)

```

CALL INVERS(H,ZI,N1,M1)

C X⁰*Y MATRISININ HESAPLANMASI

Ek Tablo B'nin Devamı.

```

      DO 4 I3=1,M
      ZU(I3)=0.
      ZA=0.
      DO 5 I1=1,N
5      ZA=XX(I3,I1)*Y(I1)+ZA
6      ZU(I3)=ZA
7      WRITE(6,7)
C7     FORMAT(/6X,'DENKLEMİN KATSAYILARI',/6X,21('**'))

C DENKLEMİN KATSAYILARININ HESAPLANMASI

      DO 8 I3=1,M
      ZA=0.
      BU(I3)=0.
      DO 8 I4=1,M
      ZF=ZU(I3,I4)*ZU(I4)+ZB
8      BU(I3)=ZF
9      DO 9 I1=1,N
C9     WRITE(6,10) I1,BU(I1)
C10    FORMAT(/6X,'BETA(',I1,')=',F10.6)
      DO 12 I1=1,N
      ZC=0.
      BU(I1)=0.
      DO 11 I2=1,M
11     ZC=X1(I1,I2)*BU(I2)+ZC
12     BU(I1)=ZC
      DO 13 I1=1,N
13     AW(I1)=Y(I1)-BU(I1)
C      WRITE(6,14)
C14    FORMAT(/6X,'DENKLEMİN VARYANSININ DEĞERİ',/6X,27('**'))

C DENKLEMİN VARYANSININ HESAPLANMASI

      AW1=0.
      DO 15 I1=1,N
15     AW1=AW(I1)*AW(I1)+AW1
      AW2=AW1/FL0AT(N-M-1)
C      WRITE(6,16) AW2
C16    FORMAT(/6X,F16.6)
C      WRITE(6,17)
C17    FORMAT(/6X,'KATSAYILARIN VARYANSLARI',/6X,24('**'))

C DENKLEMİN KATSAYILARININ VARYANSLARININ HESAPLANMASI

      DO 19 I1=1,M
      DO 19 I2=1,M
      RW=ZU(I1,I2)*AW2
      IF(I1.NE.I2) GO TO 19
      CX(I2)=RW
C      WRITE(6,18) I1,RW
C18    FORMAT(/6X,'BETA(',I2,')=',F10.6)
19     CONTINUE
      AIFA=0.05
      IS=N-1
```


Ek Tablo B'nin Devamı.

ISF=7
ITANIM=1

CALL STATIS(ALFA,IS,ISF,ITANIM,CQ1,TABLO)

C WRITE(6,20) TABLO
C.20 FORMAT(/6X,'BFTALARIN TEST EDILMESI',/6X,23('*'),/6X,'T TABLO
C *DEĞERİ(ALFA=0.05)=',F10.4,/6X,40('*'))

C DENKLEMİN KATSAYILARININ TEST EDILMESİ

DO 22 I1=1,M
GHY=SQRT(CX(I1))
CX1=BQ(I1)/SQRT(CX(I1))
C WRITE(6,21) I1,GHY,CX1
C.21 FORMAT(/6X,'BFTA(',I2,'):',STR HATA',F10.6,' T HESAP',F10.6)
C CONTINUE
22 ORT=0.
DO 23 I1=1,N
23 ORT=ORT+Y(I1)
YORT=ORT/FLOAT(N)
YBW=0.
YBQ=0.
YBX=0.
DO 24 I1=1,N
YBW=YBW+(Y(I1)-YORT)**2
YBQ=YBQ+(B1(I1)-YORT)**2
YBX=YBX+(Y(I1)-B1(I1))**2
24 CONTINUE
C WRITE(6,25) YBW,YBQ,YBX
C.25 FORMAT(/6X,'SST=',F14.6,2X,'SSD=',F14.6,2X,'SSR=',F14.8)
C RX=SQRT(YBQ/YBW)
C WRITE(6,26) RX

C DENKLEM İLİSKİN ÇÜĞÜL KORELASYON KATSAYISI YA DA KORELASYON
C KATSAYISININ HESAPLANMASI

C.26 FORMAT(/6X,'DENKLEM İLİSKİN ÇÜĞÜL KORELASYON KATSAYISI=',F10.7)
FG=(RX*RX/FLOAT(M))/(1.0-RX*RX)/FLOAT(N-M-1)
C WRITE(6,27) FG
C.27 FORMAT(/6X,'ÇÜĞÜL KORELASYON KATSAYISININ F HESAP DEĞERİ=',F10.2,
C *)

C ÇÜĞÜL KORELASYON KATSAYISI YA DA KORELASYON KATSAYISININ TEST
C EDİLMESİ

ALFA=0.05
IS=M
ISF=N-M
ITANIM=2

CALL STATIS(ALFA,IS,ISF,ITANIM,CQ1,TABLO)

C WRITE(6,28) TABLO
C.28 FORMAT(/6X,'ÇÜĞÜL KORELASYON KATSAYISI F TABLO DEĞERİ(ALFA=0.05)=

Ek Tablo B'nin Devamı.

```
C      *.F10.2)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE CARP(M,N,X1,XX,Z)
      PARAMETER(I=3,J=1000)
      DIMENSION XX(I,J),X1(J,I),Z(I,I)
      DO 2 I1=1,M
      DO 2 I2=1,M
      CC=0.
      Z(I1,I2)=0.
      DO 1 I3=1,N
1      CC=XX(I1,I3)*X1(I3,I2)+CC
2      Z(I1,I2)=CC
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE INVERS(H,ZI,N1,M1)
      DIMENSION H(6,6),ZI(3,3)
```

C X*X* MATRISININ HESAPLANMASI

```
      N5=N1+1
      DO 3 M5=1,N1
      DO 3 M6=N5,M1
      M7=M6-M5
1      IF(M7-N1)1,2,1
      H(M5,M6)=0.
      GOTO 3
2      H(M5,M6)=1.
3      CONTINUE
      DO 9 K1=1,N1
      K2=K1+1
      K3=K1+N1-1
      IF(H(K1,K1).NE.0.) GOTO 7
      I1=K1+1
4      IF(H(I1,K1).NE.0.) GOTO 5
      I1=I1+1
      GOTO 4
5      DO 6 M6=1,M1
6      H(K1,M6)=H(K1,M6)+H(I1,M6)
7      DO 8 M6=1,M1
8      H(K1+N1,M6)=H(K1,M6)/H(K1,K1)
      DO 9 I7=K2,K3
      T=H(I7,K1)
      DO 9 M6=1,M1
9      H(I7,M6)=H(I7,M6)-H(K1+N1,M6)*T
      DO 10 IN=1,N1
      DO 10 JN=1,N1
10     ZI(IN,JN)=H(IN+N1,JN+N1)
      RETURN
      END
```

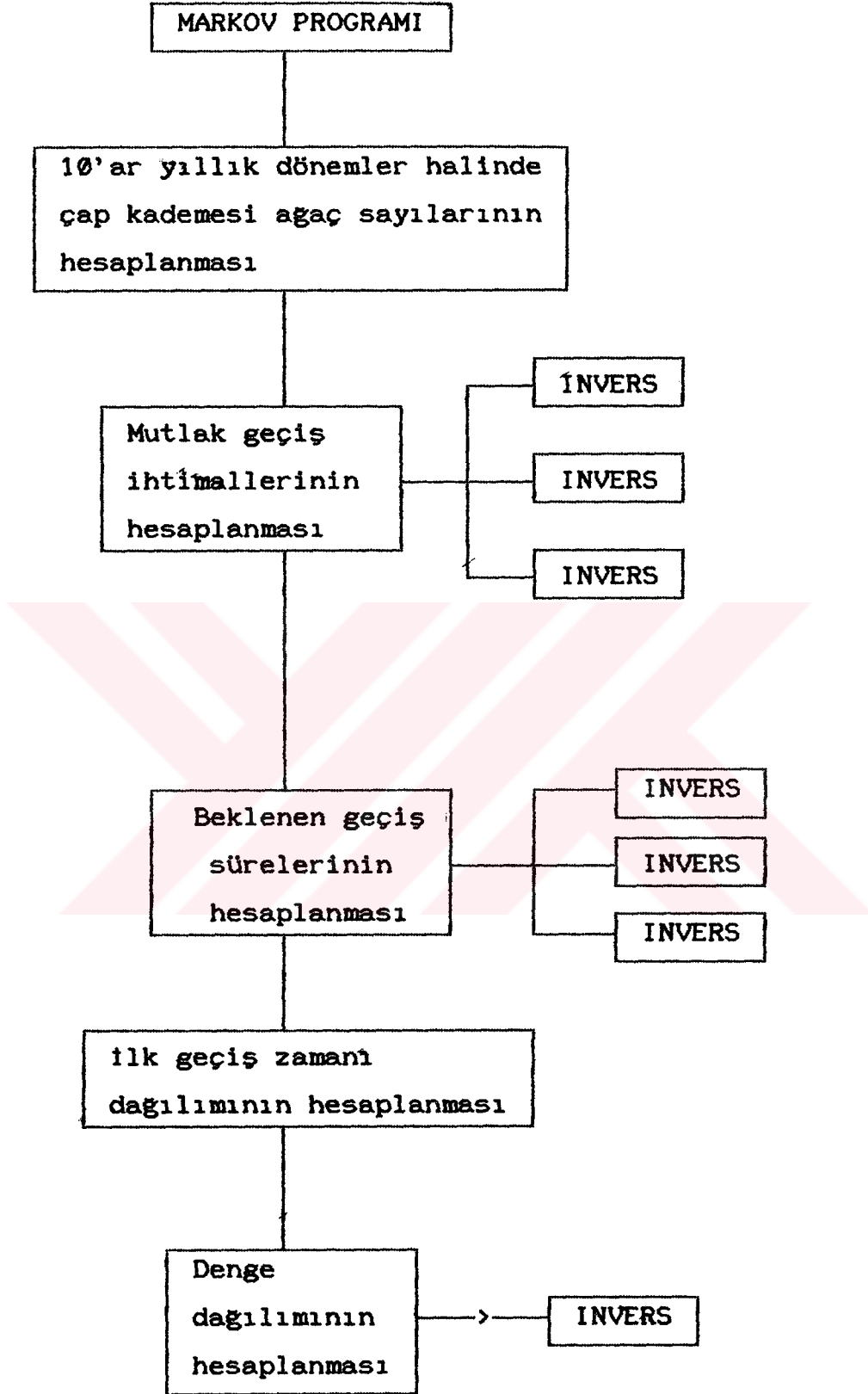
Ek Tablo B'nin Devami.

BLOCK DATA

C DEĞİSKENLERİN SIFIRLANMASI

```
PARAMETER(I=3,J=1000,K=30,JC=700,MM=24)
COMMON/DEA/XX(I,J),X(I,J),Y(J),AW(J),B1(J),ZU(I),BQ(I),CX(I),D(I)
COMMON/DEB/Z(I,I),Q(I,I),H(6,6),Z(I,I),S(I,I),CAP(J),CAPKS(J),)
COMMON/DEC/BOY(J),TPR(J),TFPUZ(J),TGYZ(K),CAPART(J),IO(J),YSMEN(I)
COMMON/DED/YILH5(J),TPYUK(J),CMHALK(J),A(J),B(J),SKABUK(J),THAC(H)
COMMON/DEF/YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,AW2,XZ,ALMAX,TOPFRK,XMA)
COMMON/DEE/STFPUZ,STPR,SBOY,SCP KBS,YMAX,EGIM,XKBFK,TBOY(K),YFL,S1
COMMON/DEG/NTPK(I),IYHS(J),MO,MU,NY,NDNO,IJ,N,M,IBY,IBA,ITAS,IX,N1
COMMON/DEH/CAPW(JC),BOYW(JC),TPYUKW(JC),AL(JC),BL(JC),TPRW(JC),OF
COMMON/DEI/TFPUZW(JC),CAPKW(JC),YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,R1W,SOW,S1W
COMMON/DEJ/RIW,SOW,S1W,TFW,STW,SBW,SCW,EYSMN(J),SQ1,SQ2,SQ3,SSPC
COMMON/DEK/RYHSW(JC),IOW(JC),ITASW,IBC,NAB,IES(J),IYE(J),M1
COMMON/DEL/YZ1(JC),UKURU(J),EKESIK(J),EMAG(J)
COMMON/DEM/UR(MM),A9(MM),EQ(MM),ESS(MM),GAM(MM),URC(MM),ESMC(MM)
COMMON/DEZ/GAMC(MM),AGCS(MM),GOGT(MM),TORB(MM),CAHT(MM)
DATA ZU,BQ,CX,D/3*0.,3*0.,3*0.,3*0./
DATA Y,R1,AW/1000*0.,1000*0.,1000*0./
DATA X1,XX/3000*0.,3000*0./
DATA S,Z,Z1,O,H/9*0.,9*0.,9*0.,9*0.,36*0./
DATA MO,MU,NY,NDNO,IJ,STFPUZ,STPR,SBOY,SCP KBS,IX,N1/5*0.,4*0.,2*0/
DATA YO,Y1,Y2,ZO,Z1,Z2,RO,R1,SO,S1,N,M,IBY,IBA,ITAS/10*0.,5*0/
DATA ALMAX,TOPFRK,XMAX,YMAX,EGIM,XKBFK,AW2,XZ/8*0./
DATA CAP,CAPKS,BOY,TPR/1000*0.,1000*0.,1000*0.,1000*0./
DATA IYHS,CAPART,IO,YSMEN/1000*0.,1000*0.,1000*0.,1000*0./
DATA YILH5,TPYUK,A,R/1000*0.,1000*0.,1000*0.,1000*0./
DATA TGYZ,THAC,TBOY,NTP,SKABUK/30*0.,30*0.,30*0.,30*0.,1000*0./
DATA TFPUZ,CMHALK,ORT,STH,YFL,X,M1/1000*0.,1000*0.,4*0.,0/
DATA YOW,Y1W,Y2W,ZOW,Z1W,Z2W,ROW,R1W,SOW,S1W/10*0./
DATA TFW,STW,SBW,SCW,TFPUZW,CAPKW/4*0.,700*0.,700*0./
DATA CAPW,BOYW,TPYUKW,TPRW/700*0.,700*0.,700*0.,700*0./
DATA AL,BL,IYHSW,ITASW,IBC,NAB/700*0.,700*0.,700*0.,3*0/
DATA EYSMN,IES,IYE/1000*0.,1000*0.,1000*0/
DATA YZ1,UKURU,EKESIK,EMAG/700*0.,1000*0.,1000*0.,1000*0./
DATA UR,A9,EQ,FSS,GAM,URC/24*0.,24*0.,24*0.,24*0.,24*0.,24*0./
DATA ESMC,GAMC,AGCS,GOGT/24*0.,24*0.,24*0.,24*0./
DATA TORB,CAHT,IOW/24*0.,24*0.,700*0/
END
```

Ek Tablo C: Markov Programına İlişkin Akış Çizelgesi.



Ek Tablo D: Markov Zincirlerine İlişkin Bilgisayar Programı.

PROGRAM MARKOV

```
PARAMETER(N=22,M=44,MA=3,MV=50)
DIMENSION P(N,N),C(N,N),C(N,N),XM(N,N),F(N,N),F2(N,N),KQ(N),BH(N)
DIMENSION F3(N,N),H(2*MA,2*N),Z(N,N),X(N),S(N),Y(N),Y1(N),PA(N,N)
```

C RASLANMIŞ DAĞILIMI VE GEÇİŞ MATRİSİNİN OKUTULMASI

```
READ(5,*) (Y(I),I=1,N)
WRITE(6,1) (Y(I),I=1,N)
1 FORMAT(22(F4.0))
DO 2 I=1,N-1
READ(5,*)P(I,I),P(I,I+1),P(I,N)
2 WRITE(6,3)P(I,I),P(I,I+1),P(I,N)
3 FORMAT(3(1X,F5.3))
DO 4 I=1,N
DO 4 J=1,N-1
IF(I,FQ,J) GOTO 4
IF(J,FQ,I+1) GOTO 4
P(I,J)=0.
4 CONTINUE
P(N-1,N-1)=0.833
P(N-1,N)=0.167
P(N,1)=1.0
P(N,N)=0.0
DO 5 I=1,N
5 WRITE(6,6)(P(I,J),J=1,N)
6 FORMAT(22(F4.3))
DO 7 I=1,N
7 KQ(I)=I+2
KQ(N)=0
WRITE(6,8)(KQ(I),I=1,N)
8 FORMAT(22(I6))
N1=N
M1=2*N
DO 9 I=1,N
DO 9 J=1,N
Q(I,J)=P(I,J)
F(I,J)=P(I,J)
PA(I,J)=P(I,J)
9 F2(I,J)=P(I,J)
C *O= 10*AR YILLIK DÖNEMLER HALİNDE GAP KADEMELERİ
C AGAC SAYILARININ HESAPLANMASI
DO 19 K=1,MV
DO 17 I=1,N
R=0.
```

Ek Tablo D'nin Devamı.

```

      DO 11 J=1,N
      R=R+Y(J)*P(J,I)
11    CONTINUE
      S(I)=R
12    CONTINUE
      DO 13 I=1,N-1
      VR=P(I,N)*Y(I)
13    RH(I)=VR
      WRITE(6,14)(RH(I),I=1,N-1)
14    FORMAT(22(F6.3))
      DO 15 I=1,N
      Y(I)=S(I)
15    WRITE(6,16)(S(I),I=1,N)
16    FORMAT(22(F6.1))
```

C CAP KADEMESİ GÖĞÜS YÜZFYİ MİKTARLARININ HESAPLANMASI

```

      Q7=0.06
      DO 17 I=1, N-1
      Q7=Q7+0.04
17    RH(I)=3.1428*(Q7*Q7/4.)*S(I)
      WRITE(6,18)(RH(I),I=1,N-1)
18    FORMAT(22(F6.3))
19    CONTINUE
```

C *MUTLAK GEÇİŞ İHTİMALİ MATRİSİ'NİN HESAPLANMASI

```

      DO 20 I=1,N
      DO 20 J=1,N
      P(I,J)=-1.*P(I,J)
      IF(I.NE.J) GO TO 20
      P(I,J)=P(I,J)+1.
20    Q(I,J)=P(I,J)
      DO 21 I=1,N
      Y(I)=0.
21    Y(1)=1.-P(1,1)
      Y(N)=-1.*P(N,1)
      Q(1,1)=1.
      Q(N,1)=0.
      DO 22 I=1,N
      DO 22 J=1,N
      Z(I,J)=0.
22    H(I,J)=Q(I,J)
      DO 23 I=1,N
      DO 23 J=N+1,M
23    H(I,J)=0.

      CALL INVERS(H,7I,N,M)

      DO 25 I=1,N
      RN=0.
      DO 24 J=1,N
24    RN=RN+Z(I,J)*Y(J)
25    X(I)=RN
      DO 26 L=1,N
```

Ek tablo D'nin Devamı.

```
26 C(I,1)=X(I)
   Y(I)=0.
   DO 33 K=2,N-1
   DO 27 I=1,N
   DO 27 J=1,N
27 Q(I,J)=P(I,J)
   Q(K,K)=1.
   Q(K-1,K)=0.
   Q(N,)=P(N,1)
   Y(K-1)=-1.*P(K-1,K)
   Y(K)=1.-P(K,K)
   DO 28 I=1,N
   DO 28 J=1,N
   Z(I,J)=0.
28 H(I,J)=Q(I,J)
   DO 29 I=1,N
   DO 29 J=N+1,M
29 H(I,J)=0.

   CALL INVERSI(H,Z,I,N,M)

   DO 31 I=1,N
   RN=0.
   DO 30 J=1,N
30 RN=RN+Z(I,J)*Y(J)
31 X(I)=RN
   DO 32 I=1,N
   C(I,K)=X(I)
32 Y(I)=0.
33 CONTINUE
   DO 34 I=1,N
34 Y(I)=-1.*P(I,N)
   Y(N)=1.-P(N,N)
   DO 35 I=1,N
   DO 35 J=1,N
35 Q(I,J)=P(I,J)
   DO 36 I=1,N
36 Q(I,N)=0.
   Q(N,1)=P(N,1)
   Q(N,N)=1.
   DO 37 I=1,N
   DO 37 J=1,N
   Z(I,J)=0.
37 H(I,J)=Q(I,J)
   DO 38 I=1,N
   DO 38 J=N+1,M
38 H(I,J)=0.

   CALL INVERSI(H,Z,I,N,M)

   DO 40 I=1,N
   RN=0.
   DO 39 J=1,N
39 RN=RN+Z(I,J)*Y(J)
40 X(I)=RN
```


Ek Tablo D'nin Devamı.

```

41  DO 41 I=1,N
    C(I,N)=X(I)
42  DO 42 I=1,N
    KO(I)=I
    WRITE(6,43)

43  FORMAT('MUTLAK GECIS IHT MALI MATRISI')

44  DO 44 I=1,N
    WRITE(6,45)(C(I,J),J=1,N)
45  FORMAT(22(F6.1))

C.  BFKLENNEN GECIS ZAMANI DAGILIMI

46  DO 46 I=1,N
    Y(I)=1.
    DO 46 J=1,N
    Q(I,J)=P(I,J)
    Q(1,1)=1.
    Q(N,1)=0.
47  DO 47 I=1,N
    DO 47 J=1,N
    Z(I,J)=0.
48  H(I,J)=Q(I,J)
    DO 48 I=1,N
    DO 48 J=N+1,M
49  H(I,J)=0.

    CALL INVERS(H,ZI,N,M)

50  DO 50 I=1,N
    RN=0.
    DO 49 J=1,N
    RN=RN+ZI(I,J)*Y(J)
51  X(I)=RN
    DO 51 L=1,N
    XM(L,1)=X(L)
    Y(L)=1.
    DO 58 K=2,N-1
    DO 52 I=1,N
    DO 52 J=1,N
    Q(I,J)=0.
52  Q(I,J)=P(I,J)
    Q(K,K)=1.
    Q(K-1,K)=0.
    Q(N-1,1)=P(N,1)
    Y(K-1)=-1.*P(K-1,K)
    Y(K)=1.-P(K,K)
    DO 53 I=1,N
    DO 53 J=1,N
    Z(I,J)=0.
53  H(I,J)=Q(I,J)
    DO 54 I=1,N
    DO 54 J=N+1,M
54  H(I,J)=0.
```

Ek Tablo D'nin Devami.

CALL INVERS(H,ZI,N,M)

```
DO 56 I=1,N
RN=0.
DO 55 J=1,N
55 RN=RN+ZI(I,J)*Y(J)
56 X(I)=RN
DO 57 I=1,N
XM(I,K)=X(I)
57 Y(I)=1.
58 CONTINUE
DO 59 I=1,N
59 Y(I)=1.
DO 60 I=1,N
DO 60 J=1,N
60 Q(I,J)=P(I,J)
DO 61 I=1,N
61 Q(I,N)=0.
Q(N,1)=P(N,1)
Q(N,N)=1.
DO 62 I=1,N
DO 62 J=1,N
7I(I,J)=0.
62 HI(I,J)=Q(I,J)
DO 63 I=1,N
DO 63 J=N+1,M
63 HI(I,J)=0.
```

CALL INVERS(H,ZI,N,M)

```
DO 65 I=1,N
RN=0.
DO 64 J=1,N
64 RN=RN+ZI(I,J)*Y(J)
65 X(I)=RN
DO 66 I=1,N
66 XM(I,N)=X(I)
WRITE(6,67)
```

67 FORMAT('BEKLENFEN GECIS ZAMANLARI MATRISI')

```
DO 68 I=1,N
68 WRITE(6,69)(XM(I,J),J=1,N)
69 FORMAT(22(1X,F5.1))
```

C İLK GECIS ZAMANI DAGILIMI İHTİMALLERİNİN HESAPLANMASI

```
DO 79 KA=1,MA-1
DO 74 I=1,N
DO 70 J=1,N
F2(J,I)=0.
70 Y1(J)=F(J,I)
DO 72 K=1,N
W=0.
```

Ek Tablo D'nin Devamı.

```

71  DO 71 L=1.N
    W=W+F2(K,L)*Y1(L)
    F3(K,L)=W
72  CONTINUE
    DO 73 K=1.N
    DO 73 L=1.N
73  F2(K,L)=F(K,L)
74  CONTINUE
    DO 75 I=1.N
    DO 75 J=1.N
75  F(I,J)=F3(I,J)
    IF(KA.NF.MA-1) GOTO 79
    WRITE(6,76)

76  FORMAT('ILK GFCİS ZAMANI İHTİMALLERİ')

    DO 77 I=1.N
77  WRITE(6,78) (F(I,J),J=1,N)
78  FORMAT(22(1X,F5.4))
79  CONTINUE

C  İMIT DAĞILIMININ HESAPLANMASI

    DO 80 I=1.N
    DO 80 J=1.N
80  Q(I,J)=PA(I,J)
    DO 81 I=1.N-1
    Q(I,I)=-1.+PA(I,I)
    Q(I+1,I)=PA(I,I+1)
    Q(I,I+1)=0.
81  Q(I,N)=0.
    Q(1,N)=Q(N,1)
    DO 82 I=1.N
82  Q(N,I)=1.
    DO 83 I=1.N
    DO 83 J=1.N
    Z(I,J)=0.
83  H(I,J)=Q(I,J)
    DO 84 I=1.N
    DO 84 J=N+1.M
84  H(I,J)=0.

    CALL INVERS(H,7I,N,M)

    WRITE(6,85)

85  FORMAT('LIMIT(DENGE) DAĞILIMI')

    WRITE(6,86) (Z(I,N),I=1,N)
86  FORMAT(22(1X,F5.4))
    STOP
    END

SUBROUTINE INVERS(H,7I,N,M)

```

Ek Tablo D'nin Devamı.

```
DIMENS (ON H(M1.M1),Z((N1.N1)
N5=N1+1
DO 3 M5=1.N1
DO 3 M6=N5.M1
M7=M6-M5
IF(M7-N1)1,2,1
1 H(M5.M6)=0.
GOTO 3
2 H(M5.M6)=1.
3 CONTINUE
DO 9 K1=1.N1
K2=K1+1
K3=K1+N1-1
IF(H(K1.K1).NE.0.) GOTO 7
I1=K1+1
4 IF(H(I1.K1).NE.0.) GOTO 5
I1=I1+1
GOTO 4
5 DO 6 M6=1.M1
6 H(K1.M6)=H(K1.M6)+H(I1.M6)
7 DO 8 M6=1.M1
8 H(K1+N1.M6)=H(K1.M6)/H(K1.K1)
DO 9 I7=K2.K3
T=H(I7.K1)
DO 9 M6=1.M1
9 H(I7.M6)=H(I7.M6)-H(K1+N1.M6)*T
DO 10 IN=1.N1
DO 10 JN=1.N1
10 Z((IN.JN)=H(IN+N1.JN+N1)
RETURN
END
```

ÖZGEÇMİŞ

Hakkı YAVUZ, 24.04.1960 yılında Trabzon-Akçaabat' da doğmuştur. 1978 yılında Akçaabat Lisesi'nden mezun olduktan sonra, 1979 yılında yapılan ÖYS sınavı ile K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'ne girmiştir. Bu bölümden 1983 yılında mezun olmuş, vatani görevini tamamladıktan sonra, 1986-1987 öğretim yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır. Şubat 1988'de yüksek lisansını tamamlamış ve aynı Anabilim Dalı'nda doktora programına başlamıştır.

İngilizce bilen Hakkı YAVUZ, 1985 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nün Orman Amenajmanı Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başlamış ve halen bu görevi yürütmektedir.