

TAMSAYILI PROGRAMLAMA TEKNİĞİ İLE ORMANLARIN ÇOK AMAÇLI PLANLANMASI

Sedat KELEŞ*, A.İhsan KADIOĞULLARI, E.Zeki BAŞKENT

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080, Trabzon.

ÖZET

Bu çalışmada, ormanların su ve sediment üretimi fonksiyonları odun üretimi ile birlikte bir planda bütünleştirilmiştir. Bu amaçla, hipotetik bir orman oluşturulmuş ve bu ormanın su ve sediment üretimi meşcere yaşı ile ilişkiye getirilmiştir. Planlamada farklı plan seçenekleri geliştirilmiş ve tamsayıli programlama tekniğı ile çözülmüştür. Sonuçta, ormandan beklenen farklı amaçlar ve kısıtlayıcı koşulların, meşcerelerin kesim dönemleri üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca, tamsayıli programlama tekniğı ile meşcerelere planlama periyotlarında bölünmeden bir bütün olarak müdahale edilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su üretimi, Sediment, Tamsayıli programlama, Orman amenajmanı.

MULTI-OBJECTIVE PLANNING OF FORESTS USING INTEGER PROGRAMMING

ABSTRACT

In this research, water and sediment values of forests were integrated with timber production. A hypothetical forest was formed and water and sediment production were estimated by stand age. Various planning strategies were developed and solved with integer programming. Finally, it was concluded that various objectives and restrictions expected from the hypothetical forest are effective on stands' harvest periods. Besides, with integer programming management interventions are scheduled on individual stands as a whole overtime.

Keywords: Water production, Sediment, Integer programming, Forest management.

1. GİRİŞ

Ormanlar, toplumun odun hammaddesi ihtiyacını karşılama yanında su üretimi, toprak koruma, çığ önleme, hayvanlara habitat oluşturma, oksijen üretimi, karbon depolama gibi toplum hizmetleri sunarak yer kürenin sürekliliğine katkı sağlamaktadır. Ormanlar yenilenebilir bir kaynak olmasına karşın, özellikle son yıllarda, nüfusun hızla artması, endüstrileşme ve toplumun değişen tüketim alışkanlıkları bu kaynakların bilinçsizce kullanımına neden olmuş ve neticede ormanların yapı ve fonksiyonları üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkmıştır. Orman kaynaklarında meydana gelen bu değişimler ise, erozyon, sel, taşkın gibi doğal afetlerin yoğun olarak rastlanmasına, sera etkisine, odun hammaddesi gereksiniminin belirli bir düzende karşılanamamasına ve çeşitli biyolojik türlerin yok olmasına ya da nesli tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına sebep olmuştur.

Su üretimi ve sediment taşınımını önleme, ormanların sunmuş olduğu iki önemli değerdir. Yeryüzünde mevcut kullanılabilir suyun önemli bir kısmı ormanla kaplı havzalardan sağlanmaktadır. Ormanlar, su ekonomisini düzenleme, su üretiminin sürekliliğini sağlama, içme suyunun kalite ve miktarını yükseltme gibi gördüğü hizmetler nedeniyle birer su deposu niteliğindedir [1]. Benzer şekilde, ormanlar toprağı tutarak taşınmasını önleme, toprak kaymalarına ve çığlara engel olma, kumulları tespit etme gibi esas itibarıyla su ve rüzgar erozyonuna karşı koruyucu bir görev üstlenmektedir [2].

Bununla birlikte; ormanlardan odun ve hizmet değeri üretimi amacıyla yapılacak her tür faaliyet, suyun miktar ve kalitesi ile sediment üretimi üzerinde çok büyük etki yapmaktadır. Yanlış uygulanacak işletme faaliyetleri, su kalitesinin bozulmasına, derelerin ve bunların mansaplarındaki baraj gibi toplama alanlarının sediment ile dolmasına veya dere kenarlarındaki yaban hayatı türlerinin habitat alanlarının bozulmasına neden olabilmektedir.

Bu koşullar altındaki ormancılığın en önemli sorunlarından biri; ormanların sağladığı mal ve hizmet değerlerinin orman ekosistem dengesinin korunarak planlı ve sistemli olarak topluma sunulmasıdır. Dünyadaki doğal orman ekosistemleri yakın tarihe kadar sadece odun üretimi amaçlı işletilmiş ve bunun doğal sonucu olarak da ekosistemin sunduğu diğer değerler korunamamış hatta bu değerlerin sürekliliği de işlenememiştir [3]. Bu nedenlerle, günümüzde pek çok ülkede orman amenajmanı planlama yaklaşım ve tekniklerinde arayışlar içerisine girilmiş, klasik planlama anlayışı terk edilmiştir. Yani sadece odun üretimine yönelik uygulanmakta olan ormanların planlama felsefesi, çok amaçlı planlama çerçevesi içerisinde ve de çok değişik kapsam ve nitelikte matematiksel optimizasyon ve hüristik tekniklerin ormanların planlamasında uygulanması yönünde değişikliğe uğramıştır.

Farklı matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılarak, ormanların toprak koruma ve su üretimi fonksiyonlarını içeren orman işletme planı örnekleri daha önceden bazı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Hof ve Bevers [4] alt birimlere ayrılmış bir havzayı, sediment kontrolü amacı ve odun üretimi kısıtı altında doğrusal programlama tekniği ile planlamıştır. Gül [5], bir ormanı; odun üretimi, toprak koruma, su üretimi, doğa koruma, oksijen üretimi ve estetik değer olmak üzere altı işletme ünitesine ayırmıştır. Mısır [6], ormanların, odun üretimi, su üretimi ve toprak koruma fonksiyonlarını esas almış ve bu fonksiyonların optimizasyonu amaç programlama tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara benzer diğer çalışmalarda ise, Keleş [7] ormanların su ve odun üretimini hem miktar olarak hem de parasal olarak doğrusal programlama tekniği ile optimize ederken, Karahalil [8] ormanların toprak koruma ve odun üretimini benzer teknikle yine miktar ve parasal olarak optimize etmiştir. Bu çalışmalardan Hof ve Bevers [4] dışındaki diğer çalışmaların hepsinde odun dışı fonksiyonlar, meşcere göğüs yüzeyi ile ilişkiye getirilmiştir.

Çok amaçlı planlama çerçevesi içinde yapılan bu çalışmalarda, doğrusal programlama ve amaç programlama teknikleri kullanılmıştır. Bu iki tekniğin doğası gereği, model çözümü sonucunda bazı karar değişkenleri bölünebilmekte, yani kesirli sonuçlar alınabilmektedir. Bu sonuçlar ise, bu tekniklerle yapılan planların uygulanabilirliğini sınırlandırmaktadır. Örneğin, uzun bir planlama yörüngesi için yapılan bir orman amenajman planında, herhangi bir meşcerenin farklı periyotlarda kesime alınması yani parçalanması uygulamada zorluklar teşkil edebilmektedir. Çünkü o meşcerenin ilgili periyotta kesilecek miktarının, meşcerenin neresinden kesileceğine ilişkin bir cevap alınmaz. Bu sorunun çözümü ise, meşcerelerin herhangi bir periyotta bir defada kesilmesine izin veren ve mutlak tamsayı sonuçlar üretilmesini sağlayan tamsayı programlama tekniğidir.

Bu çalışmada, ormanların su üretimi ve sediment kontrolü değerlerinin odun üretimi değeri ile birlikte, tamsayı programlama tekniği ile bir planda bütünleştirilmesi imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla, hipotetik bir ormanda su üretimi ve sediment kontrolü meşcere parametrelerinden yaş ile ilişkiye getirilmiştir. Daha sonra, odun üretimi ile birlikte bu iki fonksiyon farklı amaç stratejileri ve kısıtlayıcı koşullar doğrultusunda tamsayı programlama tekniği ile planlanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. PLANLAMA YAKLAŞIMI

Bu çalışmada 3686 hektarlık hipotetik bir orman altlık olarak kullanılmıştır. Bu ormanın saf kızılçam meşcerelerinden (ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık itibarıyla birbirinden ayrılan orman parçası) oluştuğu varsayılmıştır. Ormanlık alanda toplam 124 adet meşcere bulunmaktadır (Şekil 1). Bunlardan 64 adeti dere kenarında koruma zonunda yer alan meşcerelerden oluşmaktadır. Ormanlık alanın yaş sınıflarına dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan meşcerelere ilişkin yaş, servet ve artım verileri, daha önce içerisinde kızılçam meşcereleri bulunan farklı planlama birimleri için yapılmış orman amenajman planlarının kıyaslanması sonucu elde edilmiştir. Meşcerelerin gençleştirilmesinden sonraki meşcere parametreleri ise Kızılçam hasılat tablosundan [9] alınmıştır. Araştırmaya konu ormanın orta bonitete sahip olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 1. Araştırmaya konu ormanın yaş sınıfı dağılımı.

Yaş Sınıfı	0	I	II	III	IV	V	VI
Yaş Sınıfı Aralığı	0	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Alan (ha)	123.1	213.3	280.8	391.3	1045.9	667.6	964.0

Orman içerisinde sürekli ve mevsimlik olmak üzere iki dere tasarlanmıştır. Bu dere kenarlarının sahip olduğu önemden (örneğin; kaliteli su, biyolojik çeşitlilik) dolayı sürekli derelerin etrafında 50’şer metrelik, mevsimlik derelerin etrafında ise 25’er metrelik koruma zonları oluşturulmuştur. Koruma zonlarının oluşturulmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. İki işletme müdahalesi oluşturulmuştur; birincisi, minimum kesim yaşını dolduran meşcerelerin traşlama kesilmesi ve ikincisi ise meşcerelere müdahale etmemektir. Bununla birlikte; koruma zonlarında yer alan meşcereleri kendi haline terk etmek şeklinde bir işletme seçeneği uygulanmış olup, modele meşcereleri kesme veya kesmeme şansı verilmemiştir. Ancak, su ve sediment miktarının hesaplanmasında bu zonda yer alan meşcerelerden elde edilen su ve sediment miktarları çözüm sonuçlarına yansıtılmıştır. Meşcerelerin minimum kesim yaşı 50 olarak belirlenmiştir.

Bu ormandan üç farklı plan çıktısı elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunlar; odun üretimi, su üretimi ve sediment kontrolüdür. Modelin içerisinde yer alan odun üretimine ilişkin matrisler her bir meşcerenin mevcut yaş, mevcut serveti ve o yaşlardaki artımlarının simülasyonu ile hesaplanmıştır. Sediment miktarı ve su üretimine ilişkin matrislerin hesaplanmasında ise sırasıyla Hof ve Bevers [4] ve Creedy ve Wurzbacher [10] tarafından farklı meşcerelerden oluşan alanlar için meşcere yaşına bağlı olarak geliştirilen aşağıdaki denklemlerden faydalanılmıştır.

$$b_{ijmt} = 300 * \left(\frac{1}{2^{A_{imt}/10}} \right) * \left(\frac{2}{D_{ij} + 1} \right) \quad (1)$$

$$y(t) = 11.9 * (6.1) * (0.039) * (t - 2) * \exp[1 - 0.039 * (t - 2)] \quad (2)$$

Burada;

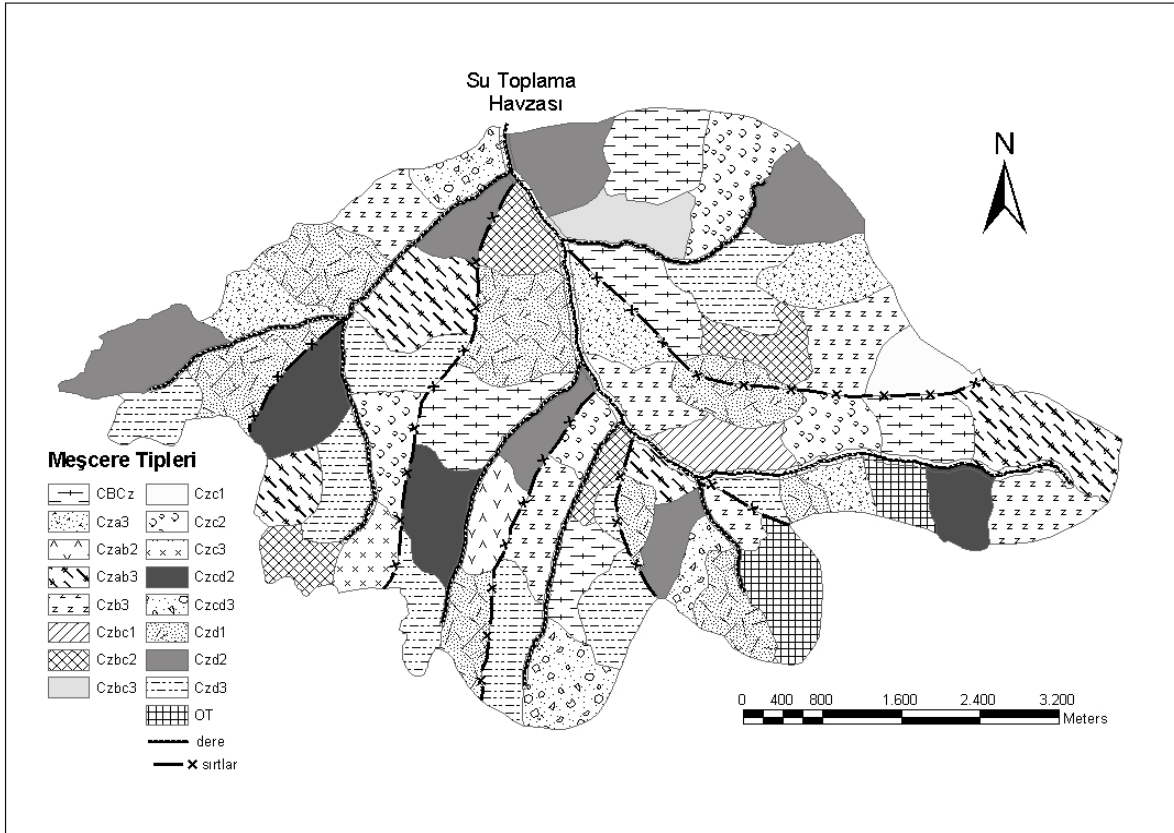
b_{ijmt} , m silvikültürel müdahalesi altında t periyodunda i meşceresinden j dere segmentine ulaşan sediment miktarını (ton/yıl)

A_{imt} ,m silvikültürel müdahalesi altında t periyodunda i meşceresinin yaşı

D_{ij} , i meşceresinin ağırlık merkezinin komşusu olduğu j dere segmentinin merkezine olan uzaklığını (km) (bu değerin hesaplanmasında CBS’den yararlanılmıştır).

$y(t)$, ilgili meşcereden bir yılda üretilen su miktarını (ton),

t ise o meşcerenin yaşını göstermektedir.



Şekil 1. Planlama biriminin genel tanıtımı.

Bu denklemlerden ilki incelendiğinde, sediment miktarı meşcereler yaşlandıkça ve meşcerelerin komşusu oldukları dere segmentlerine olan uzaklıkları arttıkça azalmaktadır. İkinci denklemde ise, meşcereler kurulduktan sonra yaklaşık 30 yaşına kadar su üretimi meşcere yaşlandıkça azalmakta, bu yaştan sonra ise artmaya başlamaktadır. Çalışmada, odun üretimi, su ve sediment parametreleri ile model çıktıları periyot ortasına göre düzenlenmiştir.

Sediment, su ve odun üretimi değerlerinin planlanmasında 0-1 Tamsayı programlama tekniği kullanılmıştır. Geliştirilen planlama stratejileri 50 yıllık planlama yörüngesi (toplam 5 periyot) için geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan Tamsayı Programlama modelinin genel yapısı aşağıda verilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$Z_{\max} = TE ; Z_{\min} = TS ; \text{veya } Z_{\max} = TW \quad (3)$$

Kısıtlayıcı denklemler ve hesap değişkenleri:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K a_{ik} x_{ik} \right) - H_k = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K b_i x_{ik} \right) - TE = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K c_{ik} x_{ik} \right) - S_k = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K d_i x_{ik} \right) - TS = 0 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K e_{ik} x_{ik} \right) - W_k = 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=1}^K f_i x_{ik} \right) - TW = 0 \quad (9)$$

$$\left(-(1-y)H_k + H_{k+1} \right) \geq 0 \quad (10)$$

$$\left(-(1+y)H_k + H_{k+1} \right) \leq 0 \quad (11)$$

$$\sum_{k=0}^K x_{ik} = 1 \quad (12)$$

x_{ik} (0, 1); i meşçeresi k periyotunda kesilirse 1, aksi takdirde 0.

Burada;

x_{ik} : k . periyotta üretime tahsis edilen i meşçeresinin nispi miktarı

a_{ik} : k . periyotta i . meşçereden hasat edilen odun üretimi miktarı (m^3).

b_i : i . meşçereden planlama yörüngesi sonunda üretilen odun üretimi miktarı (m^3).

c_{ik} : k . periyotta i . meşçereden üretilen sediment miktarı (ton).

d_i : i . meşçereden planlama yörüngesi sonunda üretilen sediment miktarı (ton).

e_{ik} : k . periyotta i . meşçereden elde edilen su üretimi miktarı (ton).

f_i : i . meşçereden planlama yörüngesi sonunda üretilen su üretimi miktarı (ton).

H_k : k . periyotta hasat edilen toplam odun üretimi miktarı (m^3).

TE : planlama yörüngesi sonunda hasat edilen toplam odun üretimi miktarı (m^3).

S_k : k . periyotta üretilen sediment miktarı (ton).

TS : planlama yörüngesi sonunda üretilen sediment miktarı (ton).

W_k : k . periyotta üretilen su miktarı (ton).

TW : planlama yörüngesi sonunda üretilen toplam su üretimi miktarı (ton).

n : meşçere sayısı

K : periyot sayısı

y : periyotlar arasında etada müsaade edilen değişim oranı (%).

Burada sıralanan denklemlerden denklem 3 planlama modelinin farklı amaç fonksiyonlarını ifade etmektedir. 4, 6 ve 8 nolu denklemler sırasıyla her bir periyotta üretilen odun, sediment ve su üretimi miktarlarını gösterirken; 5, 7 ve 9 nolu denklemler yine sırasıyla planlama yörüngesi sonundaki odun, sediment ve su üretimi miktarlarını göstermektedir. 10 ve 11 nolu denklemler periyotlar arasında müsaade edilen etada dalgalanmasını güvenceye almaktadır. Son denklem (12) ise, mutlak koruma zonu dışında yer alan meşçerelerin müdahale etmeme seçeneğini de içermekle birlikte, her bir meşçereye planlama yörüngesi boyunca herhangi bir periyotta sadece bir defa üretim amacıyla girilmesini sağlamaktadır.

Bu örnek çalışma kapsamında oluşturulan farklı planlama seçenekleri aşağıdaki gibidir.

SEC1→ Toplam odun üretimi maksimizasyonu ve periyotlar arasında %10 etada dalgalanması

SEC2→ Toplam su üretimi maksimizasyonu

SEC3→ Toplam su üretimi maksimizasyonu ve periyotlar arasında %10 etada dalgalanması

SEC4→ Toplam sediment minimizasyonu ve Toplam etada $\geq 400\,000\,m^3$

SEC5→ Toplam sediment minimizasyonu, Toplam eta $\geq 400\ 000\ m^3$ ve periyotlar arasında %10 eta dalgalanması

SEC6→ Toplam sediment minimizasyonu, Toplam eta $\geq 300\ 000\ m^3$ ve Toplam su $\geq 1\ 600\ 000$ ton

Burada vurgulanması gereken önemli bir nokta, planlama biriminden elde edilen su üretimi ve yine bu alandan ortaya çıkan sediment miktarının ana dere çıkışında (kuzey yönünde, su toplanma yeri olarak kabul edilmiştir) toplanacağı kabul edilmesidir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Odun Üretiminin Amaç Olduğu Plan Seçeneklerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Odun üretiminin ana amaç olduğu SEC1'de $547\ 840\ m^3$ ile SEC2'den sonra en fazla eta elde edilirken, tüm seçenekler içerisinde en fazla sediment kaybı $248\ 202$ ton ile yine bu seçenekte oluşmuştur (Tablo 2). Bunun nedeni ise, periyotlar arasında %10 eta dalgalanmasının gerçekleşebilmesi için, minimum kesim yaşını doldurmuş veya dolduran meşcerelerin izleyen periyotlarda hemen kesime tabi tutulması ve bunun sediment miktarı üzerinde olumsuz etki yaratmasıdır (Şekil 1 ve 2a kıyaslandığında, ilk periyotlarda öncelikle yaşını dolduran meşcereler kesilmiştir). Çünkü meşcere yaşı ve sediment arasındaki ilişkide, meşcere yaşı arttıkça meşcerelerden üretilen sediment miktarı azalmaktadır. Dolayısıyla meşcerenin yaşlanmasına müsaade edilmeden kesilmesi durumunda meşcere yaşı düşecek ve sediment miktarı da o oranda artacaktır.

Tablo 2. Plan seçeneklerinin planlama yörüngesi sonundaki toplam plan çıktıları.

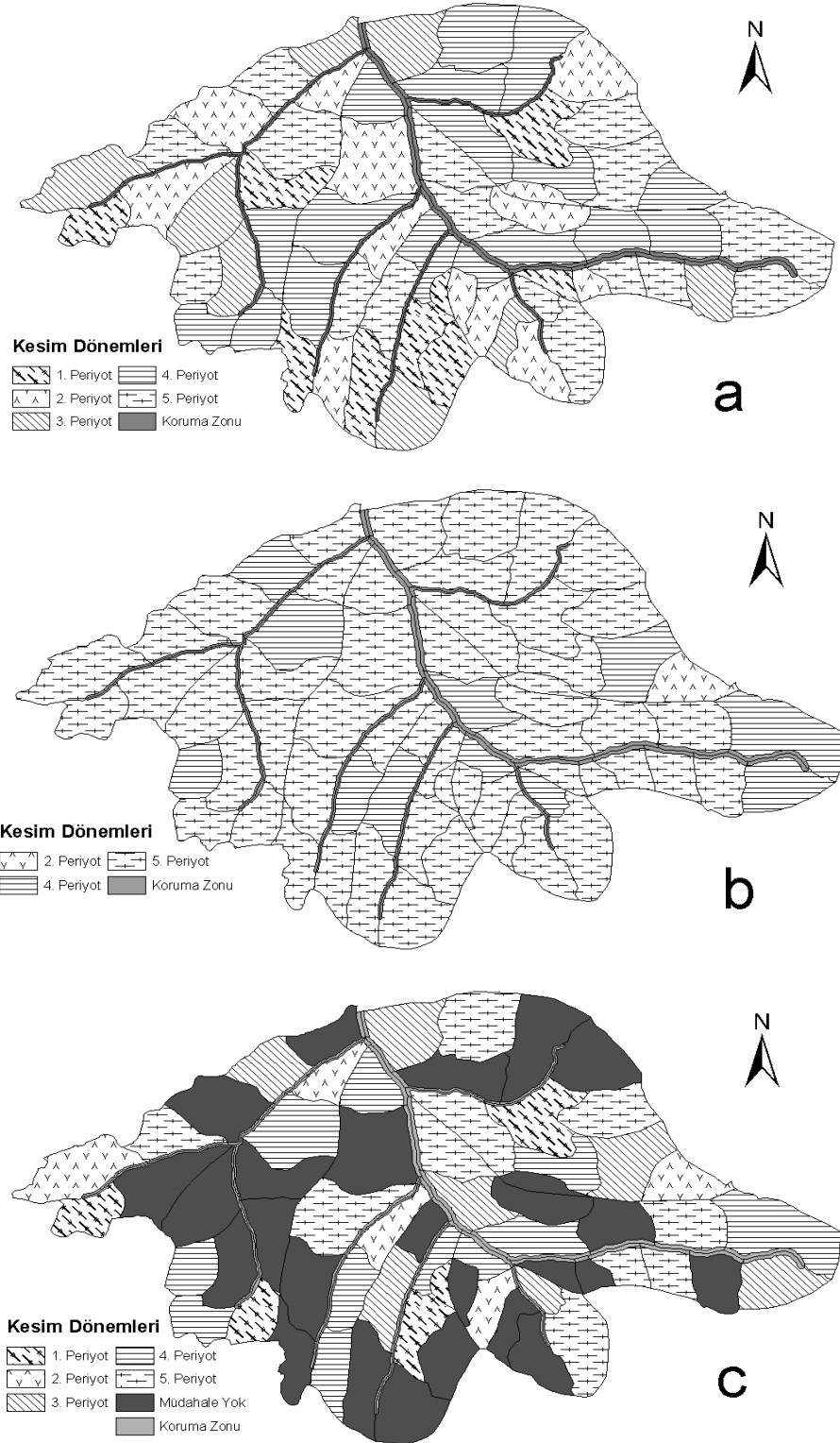
Plan Çıktıları	Plan Seçenekleri					
	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6
Eta (m^3)	547840	637976	255395	400000	400000	300000
Sediment(ton)	248202	188694	157139	96182	156388	78192
Su (ton)	1475467	1863549	1800808	1512430	1461207	1600000

SEC1 su üretimi açısından değerlendirildiğinde ise, SEC5'den sonra en az su üretimi yine bu seçenekte gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, burada da minimum kesim yaşını dolduran meşcerelerin kesilmesi su üretim miktarının düşük olmasına neden olmuştur. Çünkü su üretimi ve meşcere yaşı arasındaki ilişkide, su üretim miktarı meşcere yaklaşık 30 yaşına gelinceye kadar azalmakta ve bu yaştan sonra artmaya başlamaktadır. SEC1'de ise, modele konulan kısıt nedeniyle, meşcereler daha fazla yaşlanmadan minimum kesim yaşını doldurduktan hemen sonra kesilmiştir ve bu durum su üretiminin diğer seçeneklere göre daha az gerçekleşmesini sağlamıştır.

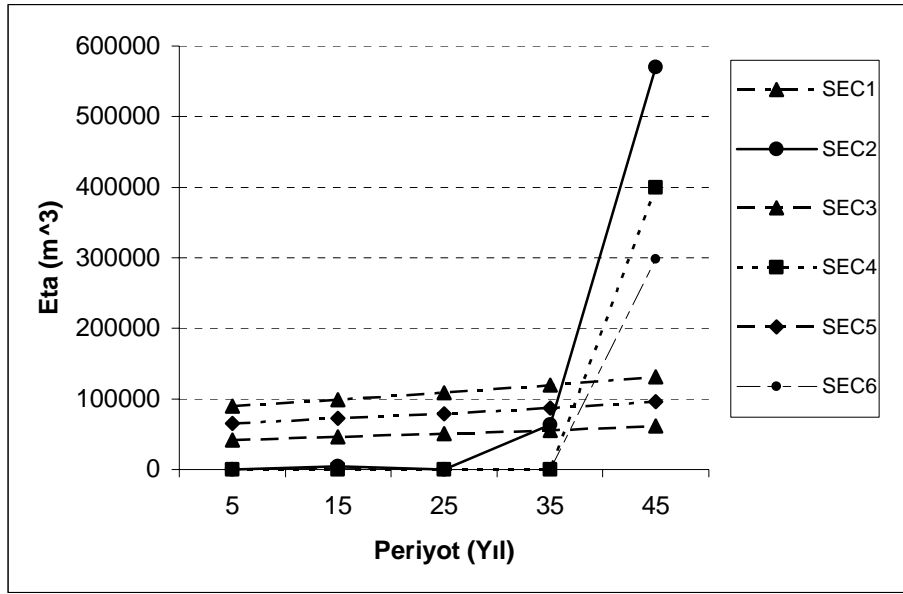
Bununla birlikte, bu seçenekte planlama periyotları arasındaki %10 odun üretimi akışı gerçekleşmiştir (Şekil 3). Şekil incelendiğinde, periyotlar arasında %10 sınırları içerisinde sürekli artan bir odun üretiminin meydana geldiği görülecektir. Bu durum ise, minimum kesim yaşını dolduran ve ilk periyotta kesime alınmayan meşcerelerin ilerleyen periyotlarda yaşının ve bunun sonucu olarak vereceği eta miktarının artması ile açıklanabilmektedir.

3.2. Su Üretiminin Amaç Olduğu Plan Seçeneklerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Su üretiminin amaç olduğu plan seçenekleri SEC2 ve SEC3'tür. Bu seçeneklerden, en yüksek su üretimi $1\ 863\ 549$ ton ile SEC2'de meydana gelmiştir. SEC3'te ise $1\ 800\ 808$ ton su üretimi meydana gelmiştir (Tablo 2). SEC3'ün SEC2'ye göre daha düşük su üretimi değeri vermesi, bu seçenekte periyotlar arasında %10 eta akışının bağlayıcı kısıt olarak yer alması ile açıklanmaktadır. SEC2 çözüm sonuçları incelendiğinde (Şekil 2b), meşcerelerin hemen hepsinin 4 ve 5. periyotlarda kesildiği görülecektir. Burada dikkate alınması gereken nokta, meşcere yaşı 30'u geçtikten sonra su üretiminin arttığı bilinmesine rağmen meşcereler genelde 4 ve 5. periyotlarda kesime tabi tutulmuş ve müdahale etmeme seçeneğine hiçbir meşcere bırakılmamıştır. Bunun açıklaması ise, meşcerelerin kesilmesi ile meşcere yaşı 0'a ineceğinden bu durumda üreteceği su üretiminin denklem 2'ye göre hiç müdahale etmeme işletme seçeneğine göre daha fazla olacaktır. Bu nedenle meşcereler son iki periyotta kesime tabi tutulmuştur. SEC3'te ise periyotlar arasında %10 eta akışının sağlanması koşulu meşcerelerin kesim dönemlerinin.



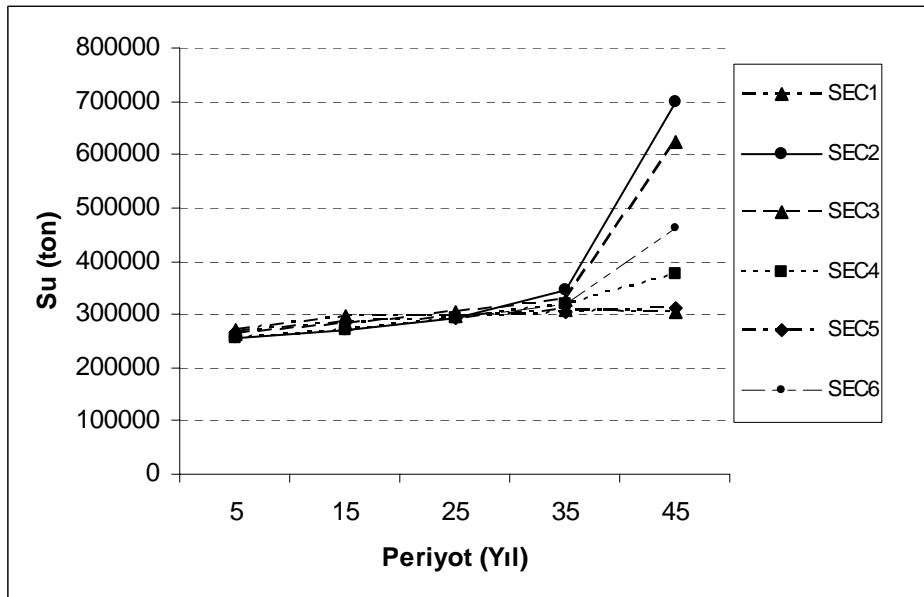
Şekil 2. Sırasıyla, a) SEC1 b) SEC2 ve c) SEC3 plan seçeneklerinin çözüm sonuçlarına göre meşcerelerin kesim dönemleri.



Şekil 3. Plan seçeneklerinin periyotlara göre eta miktarları.

her bir periyoda dağıtılmasına neden olmuştur (Şekil 2c). Böylelikle, SEC3'e su üretiminin en yüksek olduğu periyotlarda kesme şansı kısıtlanmış ve sonuçta bu seçenekte meydana gelen su üretimi SEC2'den daha az gerçekleşmiştir. Mısır [6] ve Keleş [7] tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yani, göğüz yüzeyinde meydana gelen artışa bağlı olarak su üretiminde azalmalar meydana gelmiştir

Bu iki seçeneğin üretim sonuçlarına göre periyotlar arasında ürettiği su üretimi miktarları incelendiğinde, ilk dört periyot arasında büyük dalgalanmaların olmadığı görülecektir. Ancak, son periyotta büyük bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4). Bunun nedeni ise, daha önce değinildiği gibi son periyotta meşcerelerin büyük bir çoğunluğunun kesilmesi etkili olmuştur.



Şekil 4. Plan seçeneklerinin periyotlara göre su üretimi miktarları.

SEC2 ve SEC3 model çözümü sonucu eta miktarları itibariyle değerlendirildiğinde, SEC2’de tüm plan seçenekleri arasında 637 976 m³ ile en yüksek eta meydana gelmiştir (Tablo 2). Bu seçenekte, meşcerelerin hemen hepsinin son iki periyotta kesilmesi önemli rol oynamıştır. Çünkü meşcerelerin bu iki periyotta kesilmesi meşcerelerin bu periyotlara erişinceye kadar yaşlarının ve dolayısıyla servetlerinin artmasına neden olmuştur. Ancak SEC3’te periyotlar arasında %10 eta dalgalanması ve amacın su üretimi olması bu seçeneğin tüm seçenekler arasında en düşük etaya sahip olması sonucunu doğurmuştur. Burada önemli bir husus, SEC2’de en yüksek eta elde edilmesine rağmen, odun üretimi sürekliliği açısından bu seçeneğin olumsuz bir tarafı bulunmaktadır. Çünkü Şekil 3 incelendiğinde, toplam etanın hemen hepsinin son iki periyotta alındığı ve diğer periyotlarda etanın alınmadığı (ikinci periyottaki 4634 m³ ihmal edildiğinde) görülmektedir.

Planlama yörüngesi sonunda plan seçeneklerinde meydana gelen sediment miktarı açısından, SEC1’den sonra en yüksek miktarlar SEC2 ve SEC3’te oluşmuştur (Tablo 2). Bunun açıklaması ise, meşcerelerin tamamına planlama yörüngesi boyunca müdahale edilmesinden kaynaklanmıştır. Oysaki meşcerelere müdahale etmemek veya uygun periyotlarda (meşcere yaşlarında) müdahale etmek sediment üretiminin minimizasyonu açısından oldukça önemlidir.

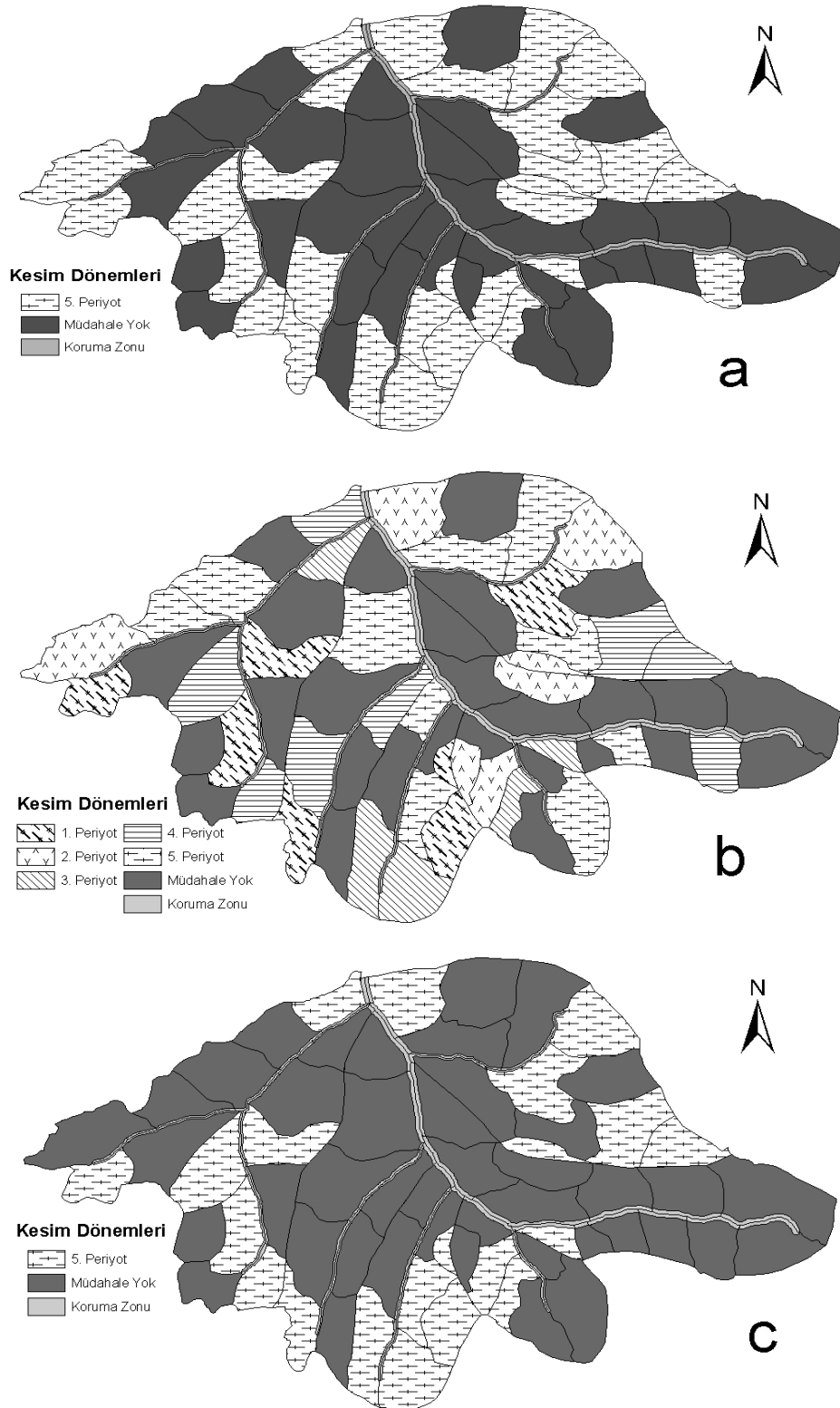
3.3. Sediment Minimizasyonun Amaç Olduğu Plan Seçeneklerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

SEC4, SEC5 ve SEC6’da modelin amaç fonksiyonu sediment miktarının minimizasyonudur. Bu üç seçenek üretilen sediment miktarı bakımından kıyaslandığında, meydana gelen sediment miktarı küçükten büyüğe sırasıyla SEC6, SEC4 ve SEC5’te gerçekleşmiştir (Tablo 2). SEC4’te en az 400 000 m³’lük eta üretimi bağlayıcı kısıt olarak yer almıştır. Model çözümü incelendiğinde, bu etanın tamamı son periyotta alınmıştır. Diğer meşcerelere ise müdahale edilmemiştir (Şekil 5a). Bu seçeneğe ilişkin duyarlılık analizi yapıldığında, etanın miktarını bir birim artırmak ile amaç fonksiyonunda 0.19 birimlik bir artışın meydana geldiği saptanmıştır. Çünkü etanın kısıt olarak bu seçenekte yer almaması durumunda doğal olarak sediment minimizasyonu amaç olduğundan hiçbir meşcereye müdahale edilmeyecekti. Ancak, bu kısıtın modele dahil edilmesi ile bir birim eta elde etmek için amaç fonksiyonunda 0.19 birimlik bir artış olmuştur. Sonuçta, arzu edilen eta miktarında yapılacak artırım bazı meşcerelerin kesilmesine ve dolayısıyla sediment miktarının artmasına neden olmaktadır. SEC4’de önemli bir diğer nokta ise, Şekil 5a’dan görüleceği üzere kesime alınan meşcereler içinde, komşusu olduğu dere segmentine mümkün olduğunca en uzun olan meşcerelerin kesime alınmasıdır. Çünkü dere segmentine olan uzunluk arttıkça ortaya çıkacak sediment miktarı azalmaktadır.

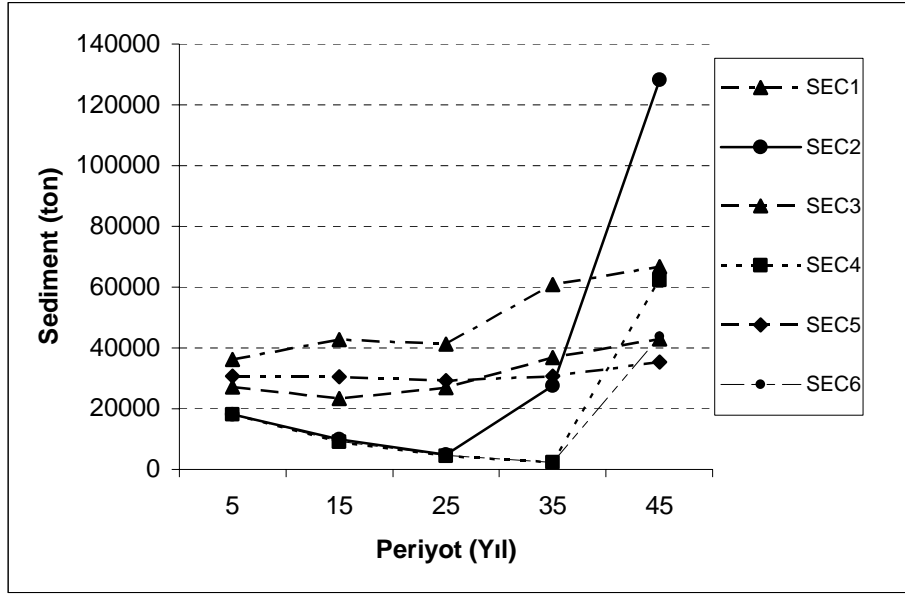
Aynı seçeneğe periyotlar arasında %10 eta akışı (Şekil 3) kısıtının yüklendiği SEC5’te, meşcerelerin kesim dönemlerin planlama yörüngesine dağılmasına ve dolayısıyla SEC4’ten daha fazla sedimentin oluşmasına neden olmuştur (Şekil 5b). SEC6’da ise 300 000 m³ eta kısıtı ve 1 600 000 ton su üretimi bağlayıcı kısıt olarak yer almıştır. Periyotlar arasında herhangi bir akışın istenmemesi nedeniyle, bu koşulları sağlayan meşcereler son periyotta kesilmiştir. Bu koşulların sağlanması için daha az meşcerenin kesime alınması yeterli olduğu için, daha fazla sayıda meşcereye müdahale edilmemiştir (Şekil 5c). Böylelikle bu seçenek SEC4’e göre daha az sediment miktarı üretmiştir. SEC6’ya ilişkin duyarlılık analizi yapıldığında, etanın miktarını bir birim artırmak amaç fonksiyonunu 0.16 birim, su miktarını bir birim artırmak ise 0.03 birim artırmıştır. Buradan çıkarılacak sonuç ise, etanın bir birim artırılması sediment miktarını olumsuz yönde önemli oranda etkilerken, su üretiminin bir birim artırılması önemli sayılabilecek derecede olumsuz etkilememektedir. Su üretiminin sediment miktarını olumsuz yönde önemli derecede etkilememesinin nedeni, su üretiminin meşcerelerin 30 yaşından 150 yaşına kadarki döneminde artması ve dolayısıyla hem sediment hem de su üretiminin bu durumdan olumlu etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlar, Mısır [6] ve Karahalil [8] tarafından yapılan çalışmalarda da görülmüş ve odun üretiminde meydana gelen artışa bağlı olarak sediment miktarı da artmıştır. Bu seçeneklerin planlama periyotları itibariyle sediment miktarları Şekil 6’da verilmiştir.

SEC4, SEC5 ve SEC6 seçeneklerinin çözümü sonucunda, istenilen eta miktarlarının hepsi karşılanmıştır. Yani, sırasıyla SEC4’te 400 000 m³, SEC5’te 400 000 m³ ve SEC6’da 300 000 m³ eta elde edilmiştir (Tablo 2). Ancak, odun üretimi sürekliliği açısından SEC4 ve SEC6’da tüm etanın son periyotta alınması bu seçenekler için bir dezavantaj oluşturmaktadır (Şekil 3).

Plan seçenekleri ürettikleri su üretimi açısından değerlendirildiklerinde, en yüksek su üretimi 1 600 000 ton kısıtının yer aldığı SEC6’da gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise, diğer seçeneklere göre daha fazla meşcerenin müdahale dışı tutulması ve kesilen meşcerelerin ise son periyotta kesilmesi neden olmuştur.



Şekil 5. Sırasıyla, a) SEC4 b) SEC5 ve c) SEC6 plan seçeneklerinin çözüm sonuçlarına göre meşcerelerin kesim dönemleri.



Şekil 6. Plan seçeneklerinin periyotlara göre sediment üretimi miktarları

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ormanların su üretimi, sediment kontrolü ve odun üretimi fonksiyonlarını içeren farklı çok amaçlı orman amenajman planlama stratejileri geliştirilmesinde tamsayı programlama tekniği ile çözüm imkanları araştırılmıştır. Bu amaçlara ulaşmak için, hipotetik bir orman planlama biriminin odun, su ve sediment üretimi değerleri sayısal olarak ortaya konmuştur. Odun üretimi matrisleri orman amenajman planı verilerinden yaklaşık değerler olarak, su ve sediment üretimi matrisleri ise meşcere parametrelerinden yaş ile ilişkiye getirilerek oluşturulmuştur.

Tamsayı programlama tekniği kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada, bu tekniğin en önemli avantajı olarak meşcerelerin tamamına herhangi bir periyotta girilme fırsatı gerçekleştirilmiştir. Oysaki daha önceki yıllarda Gül [5], Hof [4], Keleş [7] ve Karahalil [8] tarafından kullanılan Doğrusal Programlama tekniği ile Mısır [6] tarafından kullanılan Amaç Programlama tekniği ile elde edilen problem çözümü sonuçlarında, meşcerelerin periyotlara göre parçalandığı saptanmıştır. Bu durum ise uygulamada büyük sorunlar yaratabilmektedir. Çünkü bir meşcerenin farklı periyotlarda kesime tabi tutulması sonucunda uygulayıcı ilgili periyotta meşcerenin neresinden müdahale edilmesi gerektiği konusunda sorunlar yaşayabilmektedir. Oysaki tamsayı programlama tekniği vasıtasıyla bir meşcereye sadece bir periyotta kesme fırsatı verilmekte ve buda planın uygulanabilir özelliğini artırmaktadır. Ancak, bu tekniğin kullanılması ile ortaya çıkabilecek bir sorun ise, alanı çok büyük olan meşcerelerin bir periyotta kesime alınmasının biyolojik çeşitlilik veya farklı ağaç türlerinde gençleştirme sorununun ortaya çıkabilmesine neden olabilmesidir. Burada çözüm yolu ise plan yapılmadan önce, bu orman parçalarının büyüklüklerinin işletme amaçlarına göre optimal olarak belirlenmesi yahut bu meşcerelerin üretime alınmasında modelde tamsayı özelliği kaldırılmalıdır.

Ülkemizde orman işletme planları, son birkaç yılda sezgisel olarak yapılan çok amaçlı planlar dışında halen odun üretimi eksenli düzenlenmektedir. Oysaki günümüzde toplumun ormanlardan beklediği ürün ve hizmetler çeşitlenmiş ve sürekli olarak artmaktadır. Bu taleplerin karşılanması ise, ancak ormanların çok amaçlı olarak planlanması ile mümkündür. Bununla birlikte, çok amaçlı orman işletme planlarının yapılabilmesi için; planlama biriminin sahip olduğu orman ekosistem değerlerinin belirlenmesi, bu değerlerin sayısal olarak ortaya konulması ve bu değerlerin bilimsel karar verme teknikleri ile bir planda bütünleştirilmesi ile mümkündür.

Sonuç olarak, toplumun ormanlardan olan beklentilerinin en iyi şekilde karşılanabilmesi ve orman ekosistemlerinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için ormanlar çok amaçlı olarak planlanmalı, alternatif plan stratejileri oluşturulmalı ve planlamada bilimsel karar verme tekniklerine yer verilmelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Özhan, S. ve Gökbülak, F., Bitki Örtüsünün Su Üretim Havzalarının Su Verimi Üzerindeki Etkileri. 1. Türkiye Su Kongresi, Cilt 1, 8-10 Ocak, İstanbul, 105-112, 2001.
2. Asan, K. ve Şengönül, K., Orman Formlarının Fonksiyonel Açından Karşılaştırılması. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri B, Cilt 37, Sayı 4, 52-67, 1987.
3. Başkent, E.Z., Yolasığmaz, H.A. VE Mısır, M., Orman Ekosistem Amenajmanı, 1. Ulusal Ormancılık Kongresi, Türkiye Ormanlıklar Derneği Yayını, No : 1, 60-74, 2001.
4. Hof, J., Bevers, M., Optimal timber harvest scheduling with spatially defined sediment objectives. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 30, Issue 9, 1494-1500, 2000.
5. Gül, A.U., Orman Amenajmanında İşlevsel Planlamanın Doğrusal Programlama ile Gerçekleştirilmesi, Bireysel Araştırma. Yayınlanmamıştır, Trabzon, 1998.
6. Mısır, M., Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama İle Düzenlenmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2001.
7. Keleş, S., Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama Tekniği İle Optimizasyonu (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği). Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
8. Karahalil, U., Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama İle Modellenmesi (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği). Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
9. Alemdağ, Ş., Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılatı ve amenajmanı esasları. Orm. Araş. Enst. Yayını, No. 11, 1962.
10. Creedy, J., and Wurzbacher, A.D. The economic value of forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits. Ecological Economics 38, 71-83, 2001.