

156114

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

LİF LEVHA ENDÜSTRİSİNDE BAKIM PLANLAMANIN
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Orm. End. Yük. Müh. Yener TOP

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Doktor"
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.04.2004
Tezin Savunma Tarihi : 04.06.2004

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hicabi CINDIK

Juri Üyesi : Prof. Dr. Ergün İLTER

Juri Üyesi : Doç. Dr. Mustafa KÖSEOĞLU

Juri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ

Juri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2004

ÖNSÖZ

Artan otomasyon ve mekanizasyonla birlikte, üretim süreçleri, odak noktasını işçilerden makinelere doğru çevirmektedirler. Bunun sonucu olarak, miktar, kalite ve maliyetlerin denetiminde makine bakımının rolü önceye göre daha belirgin ve önemlidir. Bu yeni çevrede başarılı olmak için, makineler, ideal üretim şartları içinde tutulmalı ve etken bir şekilde çalışmalıdır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın tamamlanmasına kadar tüm aşamalarda sürekli yardım ve desteğini gördüğüm değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hicabi CINDIK'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Ergün İLTER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca, tez izleme komitesinde yer alıp benim için zaman ayıran değerli hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal ÜÇÜNCÜ, Sayın Doç. Dr. Mustafa KÖSEOĞLU ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Uygulamanın yapılmasında, tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Orm. End. Müh. Barış SAĞRA'ya, yine yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Sayın Dr. Metin SANCAKTAR, Sayın Dr. Ali KANDEMİR, Sayın Araş. Gör. İlker AKYÜZ ve Sayın Araş. Gör. Hasan SERİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca varlığını ve desteğini hiç eksik etmeyip karşılaştığım zorlukları aşmada hep yardımcı ve cesaretlendirici tavrından dolayı sevgili eşime de minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Tekrar yardımlarını gördüğüm herkese teşekkürlerimi sunarım.

Yener TOP
Trabzon, 2004

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1. Giriş.....	1
1.2. Bakım Planlama ile İlgili Çalışmalar.....	2
1.2.1. Muayene Modelleri.....	3
1.2.2. Minimal Bakım Modelleri.....	8
1.3. Bakım Planlama.....	12
1.4. Bakım Planlamanın Gelişimi.....	14
1.5. Bakım Politikaları.....	15
1.6. Toplam Verimli Bakım.....	20
1.7. Stok Bulundurmanın Bakım Planlamaya Etkisi.....	23
1.8. Hata Kaynakları.....	24
1.8.1. İnsan Hataları.....	25
1.8.2. Yazılım Hataları.....	25
1.8.3. Elektrik Hataları.....	26
1.8.4. Mekanik Hataları.....	27
1.8.5. Hidrolik Hataları.....	27
1.8.6. Elektronik Hataları.....	27
1.9. Bakım ve Kalite İlişkisi.....	29
1.9.1. Bakım ve Üretim.....	30
1.9.2. Bakım ve Kalite.....	31
1.9.3. Bakım Kalite İlişkisinin Modellenmesi.....	34
1.9.4. Eksik Bakım Kavramını Kullanan Modeller.....	37

1.10.	Orman Ürünleri Endüstrisi.....	38
1.10.1.	Orman Ürünleri Endüstrisinin Tanımlanması.....	38
1.10.2.	Orman Ürünleri Endüstrisinin Yapısı.....	39
1.10.3.	Odun Tabanlı Levha Endüstrisi.....	40
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	45
2.1.	Materyal ve Yöntem.....	45
2.1.1.	Materyal.....	45
2.1.1.1.	Orta Yoğunlukta Lif Levha Üretim Teknolojisi.....	47
2.1.1.2.	Verilerin Toplanması.....	48
2.1.2.	Yöntem.....	48
2.1.2.1.	Model Kurma.....	49
2.1.2.2.	Simulasyon Modelinin Kurulması.....	50
2.1.2.3.	Sabit Süreli Koruyucu Bakım Politikası.....	51
2.1.2.3.1.	Sabit Süreli Koruyucu Bakım Politikasının İşleyişi.....	54
2.1.2.4.	Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikası.....	55
2.1.2.4.1.	Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikasının İşleyişi.....	59
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	61
3.1.	Sabit Zamanlı Koruyucu Bakım Politikası Bulguları.....	61
3.2.	Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikası Bulguları.....	67
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
4.1.	Sonuçlar.....	76
4.2.	Öneriler.....	78
5.	KAYNAKLAR	79
6.	EKLER	87
	ÖZGEÇMİŞ	101

ÖZET

Malların üretimi ve hizmetlerin dağıtımında kullanılan sistemler, kullanım ve yaşa bağlı olarak bozulmaya maruz kalırlar. Sistem bozulmaları, çoğunlukla daha yüksek üretim maliyetleri ve daha düşük ürün kalitesi olarak yansır. Koruyucu bakımların, bakım sayısındaki artışa paralel olarak kayıp zamanları artırdığı için optimum bir değerde olması gerekir.

Bu çalışmada bakım ve kalite arasındaki ilişki araştırılmıştır. İki ayrı bakım politikası için üretim sisteminin davranışları incelenerek elde edilen üretim değerlerinin ürün kalitesi ve miktarı, üretim hızı, arıza duruşları, müşteri memnuniyeti ile ilişkisini karşılaştırmalı olarak ortaya koymak amaçlanmıştır.

Materyal olarak, Orman Ürünleri Sanayi içinde yer alan, kuru yöntemle orta yoğunlukta lif levha üreten orta ölçekli bir işletme seçilmiştir. İşletme tam kapasite ile sürekli olarak üretim yapmaktadır. Bunun sonucu makineler arızalanır ve bakıma gereksinim duyarlar.

Çalışmanın amacına ulaşmada yöntem olarak simülasyon kullanılmıştır. İki ayrı bakım politikasının kesikli simülasyon modelleri kurulmuştur. İlk modelde koruyucu bakım, sabit zaman aralıklarında gerçekleştirilmiştir. İkinci modelde koruyucu bakım, arıza sayılarına bağlı olarak yapılmış ve gereğinden fazla yapılan koruyucu bakımların neden olduğu zaman kayıplarını azaltmak için en uygun koruyucu bakım sayısı simülasyon modelinin farklı değerler alarak koşturulmasıyla elde edilmiştir.

Arıza sayılarına bağlı olarak yapılan koruyucu bakım, ürün kalite ve miktarı, arızalar ve kullanılabilirlik yönlerinden daha başarılıdır.

Anahtar Kelimeler: Bakım Planlama, Kalite, Orman Ürünleri Sanayi, Orta Yoğunlukta Lif Levha ve Simülasyon

SUMMARY

Maintenance Planning in the Fiber Board Industry and It's Affect on the Quality

Systems used in the production of goods and delivery services are subject to deterioration with usage and age. System deterioration is often reflected in higher production costs and lower product quality. There is a pressure to reduce number of the preventive maintenance because their costs are also added to the operating cost of the system.

In this study, the relation between maintenance and quality has been investigated. To find this relation out, the characteristics of the production systems from the perspective of two different maintenance policies have been examined comparatively. The characteristics which are important to get the aim of this study are the quality and quantity of products, the speed of production, the quantity of downtime and customer satisfaction.

As a research material, an organization produced medium density fiber board in the forest products industry has been selected to examine. The organization continuously produces at full capacity. The used equipments shut down and need to be maintained.

To gain the purpose, simulation has been used as a method. Two different discrete simulation models have been modelled. One of them are depends on fixed time periods and other failure numbers. The optimal failure number which balances between down time and preventive maintenance duration has been found by running the simulation according to different failure number.

The maintenance depends on failure numbers has positively had more effects on the quality and quantity of products, breakdowns, availability and customer satisfaction.

Key Words: Maintenance Planning, Quality, Fiber Board Industry, Medium Density Fiberboard and Simulation

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yanlış bakım politikası seçiminin potansiyel sonuçları.....	13
Şekil 2. Hataların zamana bağlı olarak meydana gelmeleri (banyo küveti yayı).....	16
Şekil 3. Toplam verimli bakım ve uygulanmasında etkili olan elamanlar.....	21
Şekil 4. Toplam verimli bakımın yedi elamanı.....	22
Şekil 5. Farklı bakım politikalarına göre tamir ve koruyucu bakım maliyetlerinin karşılaştırılması.....	23
Şekil 6. Kaynaklarına göre hata sayılarının grafik gösterimi.....	25
Şekil 7. Üretim ve bakım ilişkisi.....	30
Şekil 8. Üretim, kalite ve bakım ilişkisi.....	35
Şekil 9. İşlem süreci.....	36
Şekil 10. Türkiye de 1995-2002 yıllarında yonga levha ve MDF üretim ve tüketimi.....	41
Şekil 11. Türkiye’de levha endüstrisinin üretim kapasitesi.....	42
Şekil 12. Türkiye’de levha endüstrisinin ithalat ve ihracat değerleri.....	42
Şekil 13. Orta yoğunlukta lif levha üretim süreci ve makinelerin yerleştirilmesi.....	46
Şekil 14. Üretim, arıza ve bakım aralıklarının zamana bağlı olarak ortaya çıkışları.....	50
Şekil 15. Sabit zamanlı bakım politikası için kurulan modelin grafiksel ifadesi.....	51
Şekil 16. Arıza sayısına bağlı koruyucu bakım politikası için kurulan modelin grafiksel ifadesi.....	56
Şekil 17. Tamir sürelerinin histogram grafiği	67
Şekil 18. Farklı deneme arıza sayılarına karşılık gelen kaynak kullanım oranları.....	69
Şekil 19. Farklı arıza sayılarına karşılık oluşan üretim miktarları.....	69
Şekil 20. Farklı arıza sayılarına karşılık oluşan atıl kapasite miktarları.....	70

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Hatalar arası ortalama zaman için tanımlayıcı istatistikler.....	26
Tablo 2. Tamir süreleri için tanımlayıcı istatistikler.....	26
Tablo 3. Hatalar arası ortalama zaman ve tamir sürelerinin uygunluk gösterdiği olasılık dağılımları.....	28
Tablo 4. 1992 yılı verilerine göre imalat sanayi içerisinde orman ürünleri sanayinin yeri.	39
Tablo 5. Orman ürünleri sanayinde talep ve üretim düzeyleri.....	40
Tablo 6. Birleşmiş Milletler orman ürünleri istatistiklerine göre 1997-2001 yılları arasında Türkiye'nin üretim ve tüketim değerleri.....	44
Tablo 7. Modelde tanımlı istatistik değerlerin program çıktı değerleri.....	61
Tablo 8. Model içinde numaraya göre tanımlanmış dosyaların aldıkları istatistik değerler	62
Tablo 9. Preslemeyi kesintiye uğratmayan arızaların ortaya çıkış zamanları.....	62
Tablo 10. Bakım aralığı nedeniyle tamiri ya da üretimi kesintiye uğrayan arıza ya da üretim olaylarının eksik kalan sürelerinin saklandığı ATRIB(3)'ün değerleri...	64
Tablo 11. Model içinde numaraya göre tanımlanmış servis faaliyetlerinin aldıkları istatistik değerler.....	64
Tablo 12. Simulasyon süresinin akışı ve buna bağlı olarak kullanıcı tarafından belirlenen bağımlı değişkenlerin aldığı değerler.....	65
Tablo 13. Arıza sayısı olarak, 5 ve 5'in katlarına karşılık gelen değerler için modelin ürettiği sonuçlar.....	68
Tablo 14. Modelin 33 ve 38 sayıları arasında birer aralıklı olarak koşturulmasından elde edilen sonuçlar.....	68
Tablo 15. Her otuz beşinci arızadan sonra bakım yapılması halinde modelin ürettiği istatistikler.....	70
Tablo 16. Her otuz beşinci arızadan sonra bakım politikası için, modelde tanımlı dosya numaralarına karşılık gelen değerler.....	71
Tablo 17. Modelde tanımlı faaliyetlerin aldığı değerler.....	71
Tablo 18. Girdilerin oluşumu ve buna bağlı olarak simulasyon içinde tanımlanan değişkenlerin aldığı değerlerin isteğe bağlı olarak çıktılarının elde edilmesi.....	72

SEMBOLLER DİZİNİ

ATRI $B(I)$: Simulasyon içinde I. varlığın aldığı değer
EÜM	: Ekonomik üretim miktarı
LASTARRIVE (I)	: Son I. olayın aldığı değer
JİPE	: Japon Fabrika Mühendisleri Enstitüsü
MIL-STD	: Askeri Standartlar
NNACT(I)	: I. servisi almakta olan olayların sayısı
NNCNT(I):	: I. servisi almış olan olayların sayısı
PROB(I):	: Olasılık fonksiyonu
RNORM(xmn,std):	: xmn ortalamalı, std varyanslı normal dağılım
TME	: Tüm Makine Etkenliği
TNOW	: Simulasyon akış zamanı
TVB	: Toplam Verimli Bakım
XX(I):	: I. değişkenin aldığı değer
MDF	: Orta Yoğunlukta Lif Levha

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde yaşanan küreselleşme sürecinin bir sonucu olarak işletmeler, sadece ulusal sınırlar içindeki rakipleriyle değil aynı zamanda dünyanın herhangi bir yerindeki rakipleriyle de rekabet etmek zorundadırlar. Drucker'in [1] ifadesiyle, "imhacı rekabet işletmeleri kendi pazarlarında da etkilemektedir".

Korumacılığın büyük ölçüde kaldırılması, gümrük oranlarının azaltılması, yabancı sermayeye geniş imkanların tanınması ve diğer bir çok gelişme güçlü ve dinamik kuruluşların ulusal sınırların ötesine çok daha kolay erişmelerine fırsat vermiştir. Bu durum rekabetin getirdiği sorunlarla beraber müşteri tabanını genişletmek için fırsat yaratmıştır [2].

Günümüzde, rekabetin boyutu maliyet üstünlüğünden kalite üstünlüğüne kaymıştır. Aynı ürünü aynı maliyetle üretebilen çok sayıda işletme için rekabet unsuru kalite olmuştur. Pazarlarda, daha iyi ürün kalitesi ve hizmet dağıtımı, işletmeler için müşteri memnuniyeti oluşturma ve sürdürülebilir rekabet avantajı için önemli bir araçtır [3, 4]. Bunun sonucu olarak kalite, işletmenin kârlılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [5, 6]. Kavrakoğlu [7], bir rekabet aracı olarak kaliteye hız unsurunu da eklemektedir. Buna göre, tüketici isteğine uygun ürünleri daha kısa sürede pazara sunabilen işletmeler rekabet güçlerini artırmış olurlar.

Bir sonraki sürecin müşteri olarak görüldüğü kalite döngüsü içinde, müşteri memnuniyetinin karşılanabilmesinde ürünün bir sonraki sürece zamanında teslim edilmesi önemli olmaktadır. Tam kapasitenin kullanıldığı ve zamanın sınırlı bir kaynak olarak düşünüldüğü durumda arızalar yada yanlış seçilmiş bakım aralıkları nedeniyle yitirilen zaman, sonsuza kadar kaybedilir [8]. Talep miktarının arz miktarından fazla olduğu ülkemiz lif levha endüstrisi için bu ifadeler özellikle önemlidir. Bakım yoluyla arızaların azaltılması, kalite döngüsü içindeki iç ve dış müşteri memnuniyetini artırmasının yanında kayıp üretim sürelerini azaltarak ürünlerin zamanında pazarlara sunulmasını da olanaklı kılar.

Üretim hızının artması, kısa sürede çok sayıda ürünün üretilmesi olanağı yaratırken diğer yandan, üretim sistemi içindeki her hangi bir makinede ortaya çıkan düzensizlik kısa sürede çok sayıda hasarlı ürünün üretilmesine neden olabilir [9].

Odun ve odun ürünleri, diğer ürün ve malzemeler ile sürekli rekabet içersindedirler. Ürün ve malzemelerin pazar başarısı çeşitli etkenlere bağlıdır. Bir ürünün pazarda başarılı olmasında gereken en önemli etken, alıcının ihtiyacını ve isteğini karşılıyor olmasıdır. Fakat, bu tek etken değildir. Alıcılar ürüne doğru yerde ve doğru zamanda sahip olmak isterler [10]. Bunun olabilmesi üretimin programlara uygun biçimde sürdürülmesi, makine ve tesislerin aksamadan çalışmasına bağlıdır. Makinelerin belirli zamanlardaki bakımlarının yapılması ve beklenmedik zamanlarda ortaya çıkan arızaların giderilmesi ürünün en kısa sürede tamamlanarak pazara sunulmasında önemli olmaktadır [11]. Uygun bakım politikaları yolu ile makine düzensizlikleri ve bakım aralıkları belirlendikten sonra kusurlu üretim ve zaman kayıpları en aza indirilerek müşteri memnuniyetine, diğer bir ifadeyle kaliteye ulaşılabilir.

Lif levha endüstrisinde bakım planlamanın kalite üzerine etkisi adını taşıyan bu çalışmada simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Her birimin oldukça uzun bir süre için geniş hacimde üretildiği bir lif levha işletmesi örnek olarak seçilmiştir. İşletmenin üretim sistemi iki farklı bakım politikası için modellenmiştir. Birinci bakım politikası için makinelerin bakımları, sabit aralıklarla yapılmaktadır. Bakım süresi de yine sabit bir süre olarak alınmaktadır. Üretim esnasında oluşan arıza sayılarına bağlı olarak yapılan ikinci bakım politikası için en uygun arıza sayısının bulunması, simülasyon modelinin farklı değerleri için deneyerek bulunmuştur. Bulunan en uygun arıza sayısına göre bakım yapılması halinde oluşan üretim değerleri ile ilk bakım politikasının üretim değerleri ürün kalitesi, üretim hızı, iç ve dış müşteri memnuniyeti yönlerinden karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde sırasıyla; bakım planlama ve kalite konularına yer verilmiştir. İkinci bölümde örnek olarak seçilen lif levha fabrikasının üretim akışı ve teknolojisi ile yöntem olarak seçilen simülasyonun tanıtımı ve işletmenin simülasyon modelinin kurulması yer almaktadır. Üçüncü bölümde, iki ayrı bakım politikasının simülasyon çıktıları ile simülasyonda kullanılan veriler ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Dördüncü bölümde sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

1.2. Bakım Planlama ile İlgili Çalışmalar

Burada anlatılan bakım modelleri tek birim olarak düşünülebilecek sistemler ile ilgilidir. Bir sistemin birkaç bileşenden oluşabilmesine karşın, tek başına sistemin

güvenilirliğini etkileyemeyen bir birim olarak sistemi bir bütün halinde düşünmek çoğu zaman pratiktir. Sistemi bir bütün olarak düşünmenin diğer bir önemli sebebi de, sistemin küçük bileşenleri için güvenilir veriler elde etmenin zor olmasıdır. Buna karşın tüm sistemin davranışı ile ilgili verileri elde etmek daha kolaydır. Tek birimli sistemler için bakım modelleri, daha karmaşık sistemlerin bir parçası olan ayrı ayrı bileşenlerin modellenmesi için de faydalıdır [12].

1.2.1. Muayene Modelleri

Sistemlerin fiziksel durumlarının sürekli olarak izlenmesi her zaman mümkün değildir. Ancak muayene ederek uygun faaliyeti gerçekleştirmeden önce sistemin durumunu bilmek mümkün olabilir. Bozulan yada yaşlanan sistemler için optimal muayene çizelgeleri sorunu geniş olarak incelenmiştir. Rastgele hataya maruz sistemler için kayıp zamanlar, düzenli muayeneler ve kontrollerle azaltılabilir. Ancak, muayene sayılarının azaltılması üzerinde, muayene aralıklarının da maliyetlere eklenmesi nedeniyle bir baskı vardır [13].

Muayene modelleri, genellikle muayene yapılmadıkça sistemin durumunun tam olarak bilinemeyeceğini kabul eder. Normal olarak her muayenenin hatasız olarak sistemin doğru durumunu ortaya koyduğu kabul edilir. Genelde, her karar döneminde iki karar verilmelidir. Birincisi, belirli bir durumda sistemin yenileme veya bakımının yada olduğu gibi bırakılıp bırakılmayacağına karar verilmesidir. İkinci karar, bir sonraki muayene aralığının ne zaman olacağına karar verilmesidir. Bundan dolayı, bakım problemi iki boyutludur.

Bu konuda çalışanlar, çeşitli muayene modelleri için, ilginç ve önemli sonuçlar üretmişlerdir. Farklı modellerin geliştirilmesi, zaman, elde edilebilir veri miktarı, maliyet fonksiyonu, modelin amacı, sistemin kısıtları v.b. etkenleri dikkate alınarak yapılan varsayımlara bağlıdır. Geliştirilen farklı modeller, Barlow ve arkadaşlarınca [14] sunulan temel modelle çok benzerdir. Bu temel model, yaşa bağlı olarak sistemin yenilenmesi için bir muayene modelidir; koruyucu bakımın yapılmadığı varsayılır ve sistem sadece hata olduğunda yenilenir.

Temel modeldeki varsayımlar şunlardır:

- Sistem hatası, sadece muayene vasıtasıyla bilinir,
- Muayene sisteme zarar vermez,
- Sistem, muayene sırasında arızalanmaz,

- Her bir muayene maliyeti c_1 'dir ve
- Birim zaman başına fark edilmemiş hatayı bırakmanın maliyeti c_2 'dir.

Böylece muayene döngüsü başına toplam maliyet aşağıdaki gibi verilir:

$$C(t, x) = c_1 n + c_2 (x_n - t), \quad (1)$$

burada t hata zamanları, $x = (x_1, x_2, \dots)$, muayene zamanları sırası $x_1 < x_2 < x_3 \dots$, ve n , $x_{n-1} < t \leq x_n$ gibidir. Genel olarak optimum muayene politikası x^* , $E[C(T, x)]$ 'i en az yapan değerdir, burada T (sistem hata zamanı) negatif olmadığı var sayılan rastgele bir değişkendir.

Hatalı sistemin yenilenmesinin mümkün olduğu yada olmadığı durumlarda Beichelt [15], Barlow ve arkadaşlarının [14] muayeneler için temel maliyet modelini kullanarak, optimal muayene zamanlarını belirlemiştir. Sistemin hayat dağılımının tamamen bilinmediği ve kısmen bilinmediği zamanlar için optimal çizelgeler elde edilmiştir.

Farklı bir yaklaşım, Luss [16] tarafından kullanılmıştır. Luss, bozulma derecesinin muayene yoluyla gözlemlenebildiği sistemleri incelemiş ve muayene yoluyla sistemin bozulma derecesinin belirlenebileceğini saptamıştır. Durum bağımlı politikalar, birim başına uzun dönemde beklenen maliyetleri minimum yapmak için karşılaştırılır. Luss, muayene zamanlarında sistemin herhangi bir $0, 1, 2, 3, \dots, L$ durumunda olabileceğini varsayar. Eğer sistem L durumunda ise (arıza durumu) hatadan önce yapılan yenilemeden daha yüksek bir maliyetle hemen yenilenir. Sistemin diğer bozulma derecelerindeki yenileme maliyeti sabittir.

Benzer bir model, Sengupta [17] tarafından sunulmuştur. Ancak, yenileme maliyetinin, bozulma durumunun artan bir fonksiyonu olduğunu ve gecikmeli yenileme maliyetine izin verdiğini kabul etmiştir. Birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyeti minimum yapan politikanın, muayene ve sistemin bozulma durumunu azaltan gecikmeli yenileme aralıklarını gerektirdiğini bulmuştur. Ayrıca, yenilemelerin muayene zamanlarında yapıldığı zaman en uygun çözümün, kontrol sınır politikası olduğunu göstermiştir.

Zuckerman [18], Luss'un modeline çok benzer bir model sunmuştur. Zuckerman, sistemin durumunun muayene ile belirlenebileceği bir model sunar. Hata belirlendiğinde, sistem derhal yenisi ile değiştirilir. Oluşan maliyet, muayene maliyetleri, işlem maliyetleri, hata maliyeti ve önceden planlanan yenileme maliyetini içerir. Muayene politikasını periyodik muayene olarak sınırlandırır. Karar değişkenleri, muayene aralığı ve koruyucu yenilemelerin çizelgelenmesini içerir. Hatanın ancak muayene ile bulunabileceği var sayılır. Sistemin sıralı

şoklara maruz kaldığını ve şokların oluş aralıklarının exponansiyel dağılımlı olduğunu göz önüne alır. Ayrıca, her şok rastgele hasar miktarına neden olur ve bu sistemin bozulmasına eklenir. Böylece sistemin durumu herhangi bir negatif olmayan gerçek sayı olabilir. Muayene ve yenilemelerin gecikmesiz olduğu varsayılır. Zuckerman optimal politikayı hesaplamak için genel bir algoritma sunmaz fakat optimal çözümü bulmanın güçlüğüne sistemin hayat fonksiyonunun yapısına ve şok büyüklüklerinin dağılımına bağlı olduğunu belirtmektedir.

Abdel-Hameed [19], Zuckerman tarafından sunulan modeli genelleştirir ve daha genel bir hasar yapısı sunar. Bozulmayı modellemek için, artan Markov sürecini kullanır. Bozulma seviyesi yeni durumdan az önceki duruma eşit yada daha büyük olduğunda sistem arızalanır ve hatadan önce sistemin yenileme maliyetinden daha büyük bir maliyetle hemen yenilenirler. Sistemin bozulma seviyesi periyodik olarak izlenir. Abdel-Hameed birim başına uzun dönem beklenen maliyetleri en az yapan uygun muayene periyodunu bulur.

Eşitlik (1) için, sistemin hata dağılımı exponansiyel olduğu zaman, periyodik muayene politikası en uygundur [14]. Exponansiyel hata zamanı varsayımı yapmayan modeller için periyodik muayene politikası en uygun politika değildir. Rosenfield [20, 21], sistemin kesik zamanlı Markov zincirine göre bozulmaya uğradığı varsayılan bir model sunar. Üretim ve yenileme maliyetlerinin, durum sayısı ile birlikte arttığı ve muayenelerin tam olduğu varsayılır. Rosenfield, hem birim başına uzun dönem beklenen hem de toplam beklenen indirimli maliyetler için modeller sunar. Herhangi özel bir algoritma sunmaz, ancak en uygun çözüm, Markov karar süreçleri için standart politika yenilenmesini kullanarak elde edilebilir. White [22, 23], Rosenfield gibi aynı sorunu araştırmış ve daha az sınırlayıcı şartlar için aynı sonuçları bulmuştur.

Kander [24], kesikli bozulma seviyelerine sınıflandırılabilen sistemler için muayeneyi incelemiştir. Birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyetleri en az yapacak optimal muayene çizelgelerini belirlemek için yarı-Markov sürecini kullanarak problemi modeller. %100 kontrol, azaltılmış sayıda kontrol ve izlemeyi takip eden kontrol diye adlandırılan üç muayene politikasını göz önüne alır. %100 kontrol muayene politikası altında, birbirini takip eden kontrol zamanları, izlenen sistemin son durumu üzerine kurulur. Azaltılmış sayıdaki kontrol muayene politikası altında, sistemin durumu temel olarak iyi yada kötüdür. Eğer muayene zamanında sistemin durumu iyi ise, gelecek muayene zamanının belirlenmesi gerçekleştirilir. Buna karşın; sistemin durumu kötü olarak bulunursa, birim değiştirilir ve döngü tamamlanır. İzlemeyi takiben yapılan kontrol politikasında, sistemin durumu iki kısma

bölünür. Eğer muayenede sistem iyi olarak kabul edilen durumda ise bir sonraki muayene zamanı, azaltılmış kontrol politikası olarak kararlaştırılır ve izleme yapılmaz. Ancak, sistemin durumu iyi olarak kabul edilmez ise, sistem, sistem hatası oluşuncaya kadar belirli bir maliyetle sürekli olarak izlenir. Hata fark edildiğinde sistem derhal yenilenir.

Değişik bir muayene modeli, Nakagawa [25] tarafından önerilir. Periyodik olarak sistemin yenilenmeye ihtiyacı olup olmadığını görmek için sistem incelenir. Eğer sistem, iyi durumda değil ise derhal yenilenir. Bu modelde, sistem, kontrolden sonra p olasılıklı önceki gibi aynı yaşa sahiptir ve $q=1-p$ olasılıklı yeni sistem kadar iyidir. Hata ve hatadan önce beklenen muayene sayıları için, yenileme-tipi eşitlikler kullanılarak, ortalama zaman elde edilir. Nakagawa [25], sistemin hata oranı arttığı zaman, hataya kadar beklenen muayene sayısı ve hata için ortalama zamanın özelliklerini araştırır. Ayrıca, hataya kadar birim zaman başına beklenen maliyet ve toplam beklenen maliyeti ayırır. Nakagawa, en uygun muayene zamanları için analitik çözümler elde etmenin çok güç olduğunu belirtir ve sayısal tarama süreçlerinin kullanılmasını önerir.

Menipaz [26], muayene ve üretim durma maliyetlerinin zaman boyunca değiştiği muayene modelini incelemiştir. Aşağıdaki durumlar için en uygun muayene politikalarını bulmuştur: a) sistem zaman içinde kesikli noktalarda kontrol edilir ve hata bulunur bulunmaz yenilenir, b) önceden belirlenen yaşa kadar kontrol edilir ve hata oluşmasa bile yenilenir, c) belirli bir yaşa kadar yada arızaya kadar kesikli zaman noktalarında muayene edilir; t zamanına kadar arıza oluşmamışsa, t anından itibaren sürekli olarak izlenir ve arıza anında yenilenir. Luss [27], muayeneler ve tamirler için gerekli sürelerin önemsiz olmadığı muayene modelini incelemiştir. Modelde, sabit muayene ve tamir (yenileme) periyotları süresince sistemin çalışamayacağı varsayılır. Optimal muayene çizelgelerinin sınırlı olduğu optimal şartları elde eder. Sorunu çözmek için iki algoritma sunulur. Daha etkin olan algoritma, sistemin artan hata oranına sahip olmasını gerektirirken, daha az etkin olan algoritma böyle sınırlamalar içermez.

Wattanapanom ve Shaw [28], hata zamanlarının exponansiyel ve uniform dağılımlı olması halinde optimal muayene zamanlarını bulmak için algoritmalar verir. Her muayenenin riskli olduğunu ve sistemi bozabileceğini varsayarlar. İ. muayenenin hayat döngüsü, dağılımın şeklini değiştirmeksizin hata oranını artıracakını kabul ederler. Rastgele hataya maruz sistemler için, Keller [29], arıza yüzünden oluşan beklenen kayıplardan daha küçük muayene maliyetli, muayene modelleri için asimtotik bir çözüm sunar. Schultz [30], genel

hata dağılımı altında, temel modele yaklaşık periyodik muayene çözümü sunar. Göreceli olarak bu yaklaşımın, muayene maliyetinin fark edilmemiş hata maliyetinden daha düşük olduğu sürece iyi olduğudur. Üstelik, Schultz'un yaklaşımı kolayca hesaplanır ve sadece hatanın ortalama zamanının bilinmesini gerektirir. Diğer yandan Anbar [31], asimtotik optimal muayene politikalarını inceler. Hata dağılımı exponansiyel olduğunda periyodik muayene politikalarının optimal olduğu sonucuna varılır.

Nakagawa ve Yasui [32], hata dağılımının exponansiyel olmadığı durumlarda, yaklaşık-optimal muayene politikalarını hesaplamak için bir algoritma sunmuşlardır. Yaklaşımın Weibull dağılımı için iyi olduğunu gösteren sayısal bir örnek verilmiştir. Risk oranı arttığı zaman, Munford [33], yaşın bir fonksiyonu olarak ard arda muayeneler arası artan aralıklı muayene politikalarının periyodik politikalara üstünlüğü olduğunu göstermiştir. Munford, muayene problemleri için alternatif maliyet modelini aşağıdaki gibi sunmuştur.

$$C(t, x) = c_1 n + c_2 (x_n - x_{n-1}) \quad (2)$$

Tüm birimlerin muayeneler arası sistem hataları nedeniyle yeniden çalıştırılmak zorunda olduğu ve arızalı birim hakkında bilgi olmadığı varsayıldığı durumlar için bu modelin geçerli olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca muayeneler arası aralıkların, sistem yaşı ile birlikte kısaldığını ispat etmiştir.

Bazı zamanlar, muayeneler, sistemin doğru durumunu açığa çıkarmaz yada muayene vasıtasıyla elde edilen bilgiler güvenilir değildir. Christer ve Waller [34], hem tam hem de eksik muayeneler için optimal muayene ve yenileme politikaları sunarlar. Gecikmiş zaman analizi diye adlandırılan bir teknik kullanırlar. Hatanın gecikme zamanı, sistem hatasının ilk fark edildiği zamandan kabul edilen şartlar nedeniyle yenilenmesinin daha fazla ertelenemeyeceği zamana kadar ki hatalı çalışma zamanıdır. Muayeneler arası optimal aralıkları belirlemek için modellerin kurulmasını mümkün kılacak gecikme zamanı olasılık yoğunluk fonksiyonunu ve birim zaman başına beklenen durmayı en az yapacak optimal yenileme zamanını yada birim zaman başına beklenen işlem maliyetlerini tahmin ederler. Optimal politikayı bulabilmek için bir algoritma sunmamalarına karşın, maliyet modeli çok basit olduğundan çözüm kolaylıkla elde edilebilir.

Muayene zamanlarında, sistem kontrol ediliyorken zarar oluşabilir. Chou ve Butler [35] ve Butler [36], yaşlanan sistemler için zarar-muayene modellerini araştırmışlardır. Muayene altındaki sistemin hayat döngüsünü en fazla yapacak optimal politikaları bulmuşlardır. Onların modelinde, her bir muayene, ya oluşan hataya neden olur yada hata

oranını artırır. Sistemleri üç sınıfa ayırmışlardır: Tam işlevsel, işlevsel fakat hasarlı ve hasarlı. Hasarlı durum dolaysız olarak gözlemlenebilir. Ancak diğer durumlar, sadece muayene ile ayırt edilebilir. Muayenenin tam olduğu ve sistemin doğru durumunun daima hemen fark edildiği varsayılmıştır.

1.2.2. Minimal Bakım Modelleri

Bakım planlama amacıyla birkaç bileşenli karmaşık sistemlerin tek birim olarak alındığı pek çok örnek vardır. Ancak, karmaşık sistemlerin performansı, bireysel bileşenlere bağlıdır. Bundan dolayı karmaşık sistemlerin bir bileşeni arızalandığında çoğunlukla bunun etkisi tüm sistemce yansıtılır. Sistem hatasında, sistemi değiştirmenin mi yoksa hatalı bileşenin tamirinin mi ekonomik olduğu kararının verilmesi ve sistemin işler hale döndürülmesi gerekir. Eğer hatalı bileşenin tamiri tüm sistemin işlevini yeniler ancak sistem hata oranı, hata oluşmadan az önceki ile aynı kalırsa minimal tamir olarak adlandırılır. Çoğu karmaşık sistemlerin hata oranları, yaş ile birlikte arttığından minimal tamir yoluyla üretimin devamlılığını sürdürmek artan bir şekilde pahalı olacaktır.

Geçen yıllarda, hata anında minimal tamir uygulanan karmaşık sistemlerin, optimal yaşa bağlı yenilenmesi sorununa özel bir ilgi gösterilmiştir. Minimal tamir üzerindeki özgün çalışma 1960 yılına gider, ki bu zamanda Barlow ve Hunter [37], değiştirmeler arası minimal tamirli periyodik yenileme modellerini kullanarak sorunu ilk olarak tartışmışlardır. Barlow ve Hunter tarafından geliştirilen temel minimal tamir modeli, daha gerçekçi durumlara uyacak şekilde geliştirilmiştir. Minimal tamir modelinin amacı, değiştirmelerin ve minimal tamirlerin birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyetini en az yapacak t^* değiştirme yaşını bulmaktır. t^* dan önce oluşan hatalar minimal tamirle giderilir ve t^* zamanında sistem yenisi ile değiştirilir.

Genel olarak minimal tamir modelleri aşağıdaki varsayımları yapar:

- a) Sistemin hata oranı fonksiyonu artar,
- b) Minimal tamirler sistemin hata oranını etkilemez,
- c) Minimal tamir maliyeti (C_f), tüm sistemin yenileme maliyetinden (C_r) daha azdır ve
- d) Sistem hataları derhal fark edilir. Birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyet, t değiştirme yaşını kullanarak temel model için aşağıdaki gibi bulunur.

$$C(t) = \frac{C_f N(t) + C_r}{t}, \quad (3)$$

burada $N(t)$, $(0, t)$ periyodu süresince beklenen hata sayısını belirtir.

Eşitlik (3)'deki temel minimal tamir modelini kullanarak, Tilquin ve Cléroux [38, 39], ik ($i = 1, 2, 3, \dots$ ve $k > 0$) yaşında ve C_r ve C_f temel maliyetlerine eklenen ayarlama maliyeti $C_a(ik)$ olduğu durumlar için optimal yenileme politikasını araştırmışlardır. Tilquin ve Cléroux, sundukları modelin, gerçek duruma temel modelden daha yakın olduğunu ifade etmişlerdir. Çünkü, ayarlama maliyeti, sistemin çalışmasında ortaya çıkan maliyetleri yansıtmak için kullanılabilir. Sorun sistemin değiştirileceği optimal yaşı, t^* , bulmaktır. t^* , birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyeti en az yapacaktır.

$$C(t) = \frac{c_f N(t) + c_r + c_a^*(v(t))}{t}, \quad (4)$$

ki burada, $c_a^*(v(t)) = \sum_{i=0}^{v(t)} c_a ik$ ve $v(t)$, $(0, t)$ periyodu içindeki ayarlama sayısını gösterir.

Eşitlik (4) için $(0, \infty)$ aralığında global bir minimum olduğu gösterilir.

Daha sonraki çalışmalarda Cléroux ve arkadaşları [40], temel modelin başka bir modifikasyonunu incelerler. Temel modeldeki minimal tamir maliyetinin, C_f ile ifade edilen rastgele bir değişken olduğunu varsayarlar. Hata oluşunca, eğer rastgele minimal tamir maliyeti C_f , sabit yenileme maliyeti C_r ile çarpılan sabit $0 \leq \delta \leq 1$ 'den büyük ise sistem değiştirilir. Ancak, $C_f \leq \delta c_r$ ise minimal tamir yapılır. δ parametresini, tecrübeye göre karar verici tarafından seçilen c_r maliyetinin yüzdesi olarak yorumlarlar. Artan hata oranı varsayımı altında, optimal yenileme yaşını bulmak için basit bir algoritma verirler.

Boland ve Proschan [41], Cléroux'a çok benzer olarak minimal tamir maliyetinin sabit olmadığı, ancak son yenileme döneminden sonra sistemin maruz kaldığı, minimal tamir sayısına bağlı olduğu durumlar için bir model sunarlar. Minimal tamir maliyeti, k 'ncü hata için, $c_f = a + bk$ olarak yazılır, burada $a > 0$ ve $b \geq 0$, sabitlerdir.

Boland [42], minimal tamir maliyetinin, minimal tamir sayılarına bağlı olmasından daha çok sistemin yaşına bağlı olduğu varsayımıyla modeli genişletir. Böylece, c_f , yaşın sürekli artan bir fonksiyonu olarak düşünülür. Bundan dolayı, sistem, yaşlandıkça minimal tamir maliyetleri de artar. Boland'ın uzun dönem beklenen maliyeti Eşitlik (5)'te olduğu gibidir.

$$C_t = \frac{\int_0^t c_f(u)h(u)d(u) + c_r}{t}, \quad (5)$$

ki burada; h, hata oranıdır.

Abdel-Hameed [43], arızalanan sistemin $p(t)$ olasılığıyla değiştirildiği ve $1-p(t)$ olasılık değeri ile minimal tamir yapıldığı durum için bir minimal tamir modeli sunar. Olasılıklar, hata zamanındaki sistemin yaşına bağlıdır ve sistem periyodik olarak değiştirilir. Abdel-Hameed, birim zaman başına uzun dönem maliyeti minimum yapan optimal blok yenileme zamanını bulur.

Aven [44], hem yenileme hem de tamir maliyetinin farklı olduğunu kabul ederek temel modeli daha da genelleştirir. Onun modeli, sistemin hata oranının ölçülebilir ve hem minimal tamir maliyetinin hem de yenileme maliyetlerinin rastgele değişkenler olduğunu varsayar. Minimal tamir ne sistemin yaşını ne de sistem ile ilgili bilgi şartlarını değiştirir.

Muth [45], eğer t^* sabit zamanından önce arızalanırsa minimal tamir, t^* sabit zamanındaki ilk arızada ise sistemin değiştirilmesi gerektiği modeli geliştirmiştir. Böylece t^* 'in anlamı Barlow ve Hunter'de olduğu gibi sabit yenileme zamanından belirli bir noktaya değişir. Muth'un hipotezi, sistemin geri kalan ortalama hayat fonksiyonu bazı t_0 yaşından sonra kuvvetli bir biçimde arttığını varsaymıştır. Pozitif yaşlanma diye adlandırılan bu varsayım altında, sistem, arızadan sonra sistemin değiştirilmesinin uzun süre ekonomik olarak doğruluğunun açıklanamadığı şartlara ulaşır. Hata oluştuğunda sistem, eğer $t < t^*$ ise minimal tamire tabi tutulur, aksi durumda ($t \geq t^*$) ise değiştirilir.

Park [46], Barlow ve Hunter tarafından sunulan minimal tamir altında yaşa bağlı yenilemeyi tamamen değiştiren bir model sunar. Optimal yenileme politikası olarak yaşa bağlı sabit yenileme zamanlarını bulmak yerine, sistem yenilenmeden önce hata ve minimal tamir sayılarını bulur. Sistemin hata dağılımının Weibull olduğu durum için, modelin yakın şekil çözümünü gösterir. Barlow ve Hunter'in optimal yaşa bağlı değiştirme politikasından elde edilen sonuçlarla, kendi modelinin sonuçlarını karşılaştırır. Park'ın politikası Barlow ve Hunter'inkine oranla birim zaman başına daha düşük uzun dönem beklenen maliyetler ortaya koyar. Ancak bu sonuçlar, Weibull dağılımı için sayısal olarak görülür ve matematiksel ispat yapılmamıştır. Park'ın modeli için maliyet fonksiyonu aşağıda olduğu gibidir.

$$C_n = \frac{(n-1)c_f + c_r}{E(\text{döngü})}, \quad (6)$$

buradaki $E(\text{döngü})$ değeri, sistemin hata dağılımına ve yenilemeden önceki hata sayılarına (n) bağlıdır.

Phelps [47], Barlow ve Hunter [37], Muth [45] ve Park [46] tarafından geliştirilen minimal tamir politikalarını inceler ve artan hata oranı fonksiyonunu kullanarak onları karşılaştırır. Birim zaman başına beklenen uzun dönem maliyeti kullanarak, Muth'un politikasının (t zamanından sonra oluşan ilk hatada yenilemek), diğer üç politikası arasında en uygun olduğunu gösterir. Ayrıca Phelps, Park'ın politikasının Barlow ve Hunter'inkinden daha iyi olduğunu sonucuna ulaşmıştır. Muth'un politikası için t^* 'ı elde etmek güç olduğundan, Park'ın modelinden elde edilen t^* 'ın kullanılabilirliğini ve hala iyi bir yenileme politikası yapacağını önerir. Daha sonraki çalışmalarında, Phelps [48], yarı-Markov karar sürecini kullanarak, hata dağılımının artan olduğu tüm yenileme politikaları arasında Muth'un politikasının optimal olduğunu gösterir.

Nakagawa [49, 50], temel minimal tamir modelinin dört modifikasyonunu sunar: Tüm modeller t_0 ve t^* zamanlarını yerleştirir. Eğer t_0 zamanından önce hata oluşursa, minimal tamir yapılır. Eğer sistem, t^* zamanında çalışıyorsa yenileme yapılır. t_0 ve t^* arasında hata oluşursa o zaman:

- a) Sistem yenilenmez ve t^* zamanına kadar hatalı bırakılır,
- b) İhtiyaç duyulduğu sürece t^* zamanına kadar sistem yedek ile değiştirilir,
- c) Hatalı sistem arıza anında yenisi ile değiştirilir,
- d) c ile t_0 ve t^* 'in belirlenme şekli hariç aynıdır.

Model a, b ve c'de t_0 , Eşitlik (3)'ü minimum yapacak şekilde belirlenir. Model d' deki t_0 , Eşitlik (3)'de ve t^* uzun dönem ortalama maliyetleri minimum yaparak belirlenir.

Nakagawa [51], sistem hatalarının homojen olmayan Poison sürecine göre oluştuğu ve hataları önlemek için değiştirmelerin $n t$ periyodik zamanlarında çizelgelendiği yeni bir minimal tamir politikası sunar. Eğer toplam hata sayısı, özel k sayısından büyük yada eşit ise değiştirme çizelgelenmiş bir sonraki zamanda yapılır. Aksi durumda bakım yapılmaz. Birim zaman başına uzun dönem beklenen maliyetleri ayırır ve değiştirmeden önceki optimum k^* sayısını belirler.

Daha sonraki çalışmalarında Nakagawa [52]; i) periyodik zamanlarda yapılan, ii) sabit aralıklarda yapılan koruyucu bakım politikalarını göz önüne alır. Sistem, n . koruyucu bakım

döneminde değiştirilir ve bakım dönemleri arasında minimal tamir uygulanır. Değiştirmeden önceki optimum koruyucu bakım dönemi sayısını ve politika (b) için optimal bakım dönemleri sırasını tartışır. Benzer bir sorunda, Nakagawa [53], koruyucu bakımı, sistemin sürekliliğini sağlamaya ayrılmış kaynaklara bağlı olarak incelemiştir.

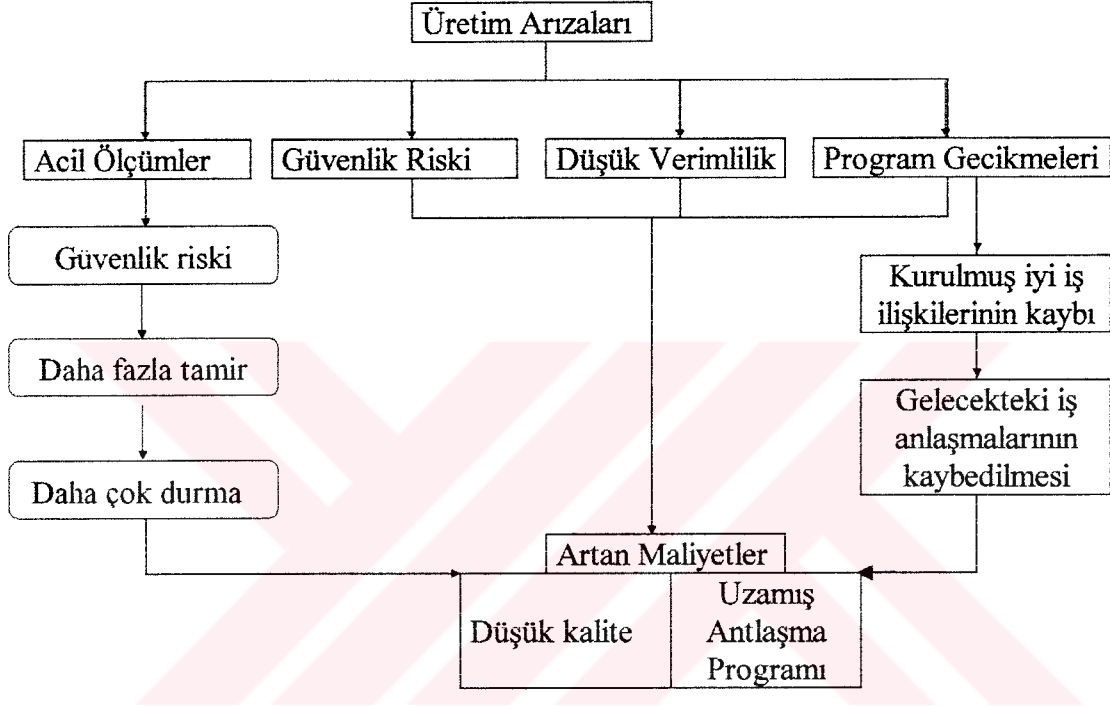
Minimal tamir politikaları genellikle sistemin hata dağılımı bilindiğini varsayarlar. Uygulamada sadece benzer sistemlerden elde edilen verilere ulaşılabilir ve hata dağılımı tahmin edilir.

1.3. Bakım Planlama

Ürünlerin üretimi ve hizmetlerin dağıtımında kullanılan sistemler, çoğu endüstrilerin sermayelerinin büyük bir kısmını oluştururlar. Bu sistemler, kullanım ve yaşlanma ile birlikte yıpranmaya maruz kalırlar. Sistemlerin yıpranması, daha yüksek üretim maliyeti ve düşük kalite olarak kendini gösterir. Kalite seviyesini koruyarak üretim maliyetini aşağıda tutmak için bu tür sistemler, çoğunlukla koruyucu bakıma tabi tutulurlar [12].

Bakım, sistemi belirli şartlar içinde tutmak yada kabul edilebilir üretim şartlarını sağlayacak şekilde tamirini içeren koruyucu ve düzeltici faaliyetleri içerir. Optimum bakım politikaları, sistem güvenilirliğini ve sağlamlığını mümkün olan en düşük maliyetle sürdürmeyi amaçlar. Geçen yıllarda sistemin güvenilirlik ve sağlamlık gereksinimlerindeki artışlar, makinelerin karmaşıklığı, materyal ve işgücü maliyetlerindeki artışlar nedeniyle uygun bakım politikalarının bulunması üzerine odaklanılmıştır [54]. Bu, üretim sürecinin kontrol dışında olabileceği ve büyük miktarda hatalı parça meydana getiren güvenilir olmayan bir sistem için özellikle doğrudur. Güvenilir olmayan böyle bir sistemde, sistemin kusuru hemen görülmeyebilir. Tersine, sistem, düşük verimle bir süre daha çalışmasını sürdürebilir. Böyle bir durumda, süreç çıktılarının örneklenmesi ve sürecin muayenesi sistemin durumu hakkında bilgi edinmek için esastır [55]. Bazı kritik sistemler için, örneğin, hava trafik kontrolü, uçak kontrolü, gerçek askeri uygulamalar, otomobil mekaniği ve güvenliği ve hasta izleme sistemleri gibi, sistemin arızalanması halinde ortaya çıkabilecek sonuçlardan kaçınmak çok önemlidir. Çünkü bu sistemlerde oluşan hataların sonucu, tehlikeli ve hayat kaybıyla sonuçlanabilir [56, 57]. Bundan dolayı işletmeler, kalite sorunu olmayan, güvenilir ve tutarlı sistemlere gereksinim duyarlar. Ancak, hatalar nedeniyle üretim durmalarının en az olduğu, üretim hızı kaybı ve kalite sorunları olmayan hatasız üretim,

maliyetler ise, daha yüksek direk maliyetler, daha uzun birim ürün üretim süresi, daha düşük kalite seviyesi ve müşteri memnuniyeti gibi işletmelerin tüm performansı üzerinde etkilidir. Üretim makinelerindeki düzensizliklerin ve kullanışsızlığın nedeni, uygun bakım politikalarının olmayışı olarak düşünülür [58]. Yanlış bakım politikalarının potansiyel sonuçları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yanlış bakım politikası seçiminin potansiyel sonuçları

Sistemin hatalı çalıştığı fark edildiğinde düzeltici bakım yapılacaktır. Düzeltici bakım belli bir zaman boyunca sistemin durdurulmasını gerektirir. Sistemin çalışma zamanı kaybını ve üretilen kusurlu parçaların sayısını azaltmak için göreceli olarak daha kısa bir süre sistemin durdurulmasını gerektiren koruyucu bakım, önceden belirlenen bir zamanda gerçekleştirilebilir. Uygulamada, koruyucu bakım, çoğunlukla vardiya dışında yada planlı bir zamanda yapılır. Bununla birlikte fazlaca yapılan koruyucu bakım uygulamaları, sistemin işleyişinde bir kusur olmayabileceği halde sürecin durdurulması nedeniyle sistemin çalışma süresini azaltır. Bundan dolayı, koruyucu bakımın yapılması için optimal politikaların belirlenmesi, günümüz üretim sistemlerinin yüz yüze olduğu önemli problemlerden biridir [55, 59, 57].

işleyişinde bir kusur olmayabileceği halde sürecin durdurulması nedeniyle sistemin çalışma süresini azaltır. Bundan dolayı, koruyucu bakımın yapılması için optimal politikaların belirlenmesi, günümüz üretim sistemlerinin yüz yüze olduğu önemli problemlerden biridir [55, 59, 57].

Tipik olarak üretim sistemleri için bakım ve kalite kontrol politikaları, birbirlerinden bağımsız olarak belirlenir. Ne kadar çok koruyucu bakım yapılırsa üretim sisteminin kontrol altında olma ihtimali o kadar yüksek olacaktır. Bunun sonucu olarak kalite kontrol uygulamaları daha az olacaktır. Diğer taraftan, kalite kontrol uygulamaları vasıtasıyla hatalı parçaların ortaya çıkarılması, üretim sürecinin kontrol dışında olduğu anlamına gelir. Bundan dolayı, süreç denetimi ve ardından bakım işleminin göz önüne alınması gerekir. Bu, mantıksal olarak, kalite kontrol ve bakım politikalarının etkilerinin birbirleriyle etkileşimde oldukları anlamına gelir.

1.4. Bakım Planlamanın Gelişimi

Bakım disiplininin gelişmesi, endüstriyel mühendislik, üretim araştırmaları ve iş yönetimi gibi akademik disiplinlerce etkilenmiş ve yönlendirilmiştir. Başlangıçta mühendislik konusu olarak ele alınmış, daha sonra üretim araştırmaları içinde incelenmiş ve bugün iş ve yönetim disiplinlerince daha fazla üzerinde durulmaktadır. Bakımın gelişmesi daha çok endüstrinin ihtiyaçları tarafından yönlendirilmiştir [60].

Geçen on yıl boyunca, önleyici bakım ve bakımın işletme çapına yayılması üzerinde daha çok durulmuştur. Makineleri arıza oluşuncaya kadar çalıştırmak, çok pahalı olmaktadır ve bunun yerine önleyici bakım politikaları geliştirildi. Bakım faaliyetleri işletmenin değişik seviyelerinde diğer iş disiplinlerine de yayıldı.

Toplam verimli bakım kavramı, bakımı, makine tasarımı, üretim ve işletmelerin kalite geliştirme süreçlerine dahil etmiştir. Burada amaç, makine operatörleri ile bakım personeli arasındaki iç etkileşimdir. Bakım personelinin günlük olarak yapılan bakım faaliyetleri, üretim takımlarının sorumluluğunun bir parçası olmuştur. Toplam verimli bakımın bir diğer gözde basit yaklaşımı da, bakım personelinin günlük yapması gereken bakım konularında makine operatörlerinin eğitilmesi ve desteklenmesidir. Böylece bakım personeli uzmanlık gerektiren bakım işlerini yapar. Sonuç olarak bakım, işletme çapına yayılmış ve organizasyonların tüm kullanılabilirliğini büyük oranda artırmalarına yardım etmiştir. Bakım

planlamaya bu şekilde yaklaşılması kitle üretim endüstrileri için önemlidir. Patterson [61] ve arkadaşları toplam verimli bakımın, makine kullanılabilirliğini geliştirdiğini, ürün döngü zamanında belirgin artışa neden olduğunu, daha yüksek kalite seviyesine ulaşıldığını ve tüm verimliliği artırdığını bir durum çalışmasıyla ortaya koymuşlardır.

Uygun bakım yaklaşımlarının var olmasına karşın, ne bakım uygulamalarının ne de bakım teorilerinin tam olarak gelişimleri tamamlanamamıştır.

1.5. Bakım Politikaları

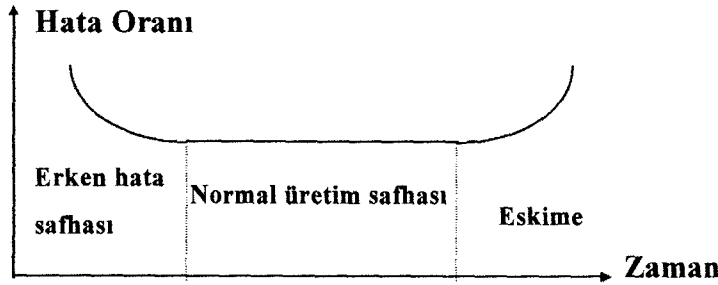
Bakım politikaları geleneksel olarak düzeltici yada koruyucu olarak sınıflandırılabilir. Düzeltici bakım, sistem arızalandığı zaman yapılan herhangi bir bakım faaliyetidir. Bazı yazarlar düzeltici bakımı tamir olarak ifade ederler. MIL-STD-72113'ye göre, düzeltici bakım, hata sonrası hatalı kısmın belirli şartları sağlayacak şekilde onarılması için yapılan tüm faaliyetler anlamına gelmektedir. Koruyucu bakım, sistemin işleyişini sürdürmesi sırasında gerçekleştirilen herhangi bir bakım faaliyetidir. MIL-STD-72113'ye göre, koruyucu bakım, sistematik muayene, karar verme ve başlangıç hatalarının önlenmesini sağlayarak sistemi belirli şartlar içinde tutmak için yapılan tüm çabalardır [56]. Koruyucu bakım politikaları da ayrıca kullanım tabanlı, durum tabanlı, fırsat tabanlı, tasarım ve yedek makine bulundurma diye sınıflandırılabilirler [62].

a) Hata tabanlı bakım yaklaşımı, planlanır ancak arıza oluşuktan sonra harekete geçilir. Arıza meydana gelene kadar hiçbir faaliyette bulunulmaz. Tipik düzeltici bakım faaliyetleri, acil bakım, tamir, aksaklık giderici ve diğer planlanmamış bakımlardır. Çoğu durumda üretim hattının mümkün olduğunca çabuk tekrar çalışabilmesi için geçici tamirler yapılabilir yada eksik malzeme kullanılabilir.

Ana tamirler daha sonra uygun bir zamanda yapılır. Bazı faaliyetler eksik malzeme yada maliyet nedeniyle geciktirilebilir. Bu durumda yapılan tamir maliyetlerinin kullanım tabanlı yada durum tabanlı politikada yapılan tamirden üç kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Kriz durumunda, makinenin çalışabilir duruma getirilme maliyetinin yüksekliği, arızanın oluşturduğu ikincil hasar, güvenlik riski ve üretim kaybı ile ilgili gelecek siparişlerin azalması ve cezalar yüzünden maliyetler yüksektir. Düzeltici bakım yada hata tabanlı bakım, bazı durumlarda en uygun bakım politikası olabilir. Sadece üretim arızalarının tamamen rastgele olduğu ve üretimin durma maliyetlerinin düşük olduğu durumlarda en iyi bakım

politikası olabilir. Ancak bu, çoğu işletmeler için geçerli değildir. Sistem rastgele arıza dağılımına sahip olabilir ancak sistem içindeki bileşen ve parçalar muhtemelen artan hata oranı dağılımlarına sahiptir. Bunun için koruyucu bakım, çok daha uygun olabilir. Sistem arızalanır ancak parçalar yenilenir, bundan dolayı parça seviyesinde verilerin toplanması doğru analizlerin yapılabilmesi için gereklidir.

b) Kullanım tabanlı bakım, koruyucu bir politikadır ve önceden belirlenen aralıklarda yada belirli ölçülere uygun olarak gerçekleştirilerek, hata oranını yada bir parçanın sistem performansının kötüleşmesini azaltır. Koruyucu bakımın amacı, belirli sayıda birim yada zaman kullanıldıktan sonra parçaları tamir ederek veya değiştirerek arıza olasılığını azaltmaktır. Tüm kullanım tabanlı bakımların amacı, daha düşük makine hata oranıdır. Eğer hata oranı azalıyor ise kullanım tabanlı bakım oranı artışla sonuçlanır. Eğer hata oranı sabitse, değiştirilmez. Başlangıçta hata meydana gelme olasılığı azdır ve bu olasılık uzun bir süre de düşük kalır. Kullanım süresinin sonuna doğru parçaların bozulma olasılığı artmaktadır [63]. Geleneksel banyo küveti yayında, parça yada sistemin hata oranının onun hayat döngüsünün bir fonksiyonu olarak gösterildiği yer olan eskime bölgesinde, artan bir hata oranı bulunur (Şekil 2). Bu bölgeden önce yapılan koruyucu bakım, sistemin hata oranını azaltmaksızın sadece masrafa neden olacaktır. Sherwin ve Bossche, sistem ve parçalar seviyesinde hata oranları arasındaki farkın yanlış anlaşıldığını ifade etmektedirler. Banyo küveti yayı sistemlerin hata oranlarını resimler, ancak, parça yada bileşenler farklı hata oranı şekillerine sahip olabilir. Ancak, tamir edilebilir parçalar içeren bileşenler için benzer bir yay çizilebilir [64, 65, 66].



Şekil 2. Hataların zamana bağlı olarak meydana gelmeleri (banyo küveti yayı)

Kullanım tabanlı bakım altında veri analizi gerçekleştirerek hata eğilimi belirlemenin olumlu bir etkisi, analizi yapan kişi, hatanın nedenine doğru bir fikir sahibi olur, uygun

koruyucu faaliyetleri görür ve gelecekte olacak hatalarından kaçınmak için sistemi iyileştirme fikri elde eder. Bu etkiler, planlamanın, hata tahmininin ve tamirin nadiren aynı kişi tarafından gerçekleştirilmesi nedeniyle azalır. Çizelgeler, her zaman bakım modelleri üzerine kurulmazlar daha çok makine çizelgeleri üzerine kurulur. Bu oldukça tehlikeli olabilir çünkü bu çizelgeler çoğunlukla farklı fabrikalar ve çevrelerdeki yada hiç olmayan geçmiş vasat veriler üzerine kurulur. Kullanım tabanlı bakım politikalarının doğru olarak uygulanabilmesi için uygun verilerin elde edilmesi gerekir. Bunun için de kapsamlı ve bütünlük bir bilgi sistemi kurulmalıdır. Kullanım tabanlı bakım, önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen karmaşıklığı, parça hatalarına karşılık sistemlerin yanlış anlaşılması ve uygun veri olmayışı başarılı bir şekilde uygulanmasını güçleştirir. Bundan dolayı kullanım tabanlı bakım, en az kullanılan koruyucu bakım politikasıdır [67].

c) Durum tabanlı bakım, rutin yada sürekli izlenen herhangi bir parçanın durumundaki değişikliğin (aşınmanın) sonucu olarak başlanılan koruyucu bakımı içerir. Hata oluşmadan önce, başlangıç değerinden hata değerine doğru fiziksel değişimin altında yatan anahtar özellikler değiştiği için, potansiyel hata nedenleri tanımlanmalıdır. Ölçülebilir tahmin edici karakteristikler bulunmadıkça durum tabanlı bakım uygulanamaz. Zamanla biriken aşınma miktarını ölçmek ve kontrol etmek için değişik zamanlarda parçalar gözlemlenirler. Aşınma, önceden belirlenen sınır değerine ulaşırsa parça yenilenir yada tamir edilir, sınırı aşarsa arıza oluşur [68]. Durum tabanlı bakım, son zamanlarda daha önemli olmaya başlamıştır. Organizasyonlar daha hızlı üretim hatlarına sahip olmalarının sonucu olarak kalite ve esneklik üzerine odaklanmışlardır. Hızlı üretim hatlarında oluşan arızalar daha ciddi maliyetlerle sonuçlanmakta ve bunun bir sonucu olarak, işletmeler, potansiyel hata nedenlerinin erken ortaya çıkarılmasına ihtiyaç duymaktadırlar.

Durum izleme teknikleri, örneğin, titreşim izleme, süreç-parametre takibi, ısı ve sürtünme, durum tabanlı bakım politikalarında anahtar rol oynar. Operatörler tarafından yapılan gözle izleme de durum izleme tekniği olarak düşünülebilir. Potansiyel hataların çoğu, makinelerin durumlarını sürekli izleyerek beş insan duyusu ile fark edilebilir. Maggard ve Rhyne [69] tarafından yapılan araştırmaya göre, bakım problemlerin %75'i, operatörlerce hata oluşmadan önlenir. Operatörlerin toplam verimli bakıma dahil edilmeleri ardında yatan temel ilke budur. Uygun planlı verilerin toplanması ve dağılımı, kullanım tabanlı politikada olduğu gibi durum izleme için de kritiktir.

d) Fırsat-tabanlı bakım, yaz aylarında, düşük kullanım dönemlerinde yada makinelerde oluşan arızalar nedeniyle durmalar esnasında gerçekleştirilir. Üretimin geçici olarak durması esnasında yapılan bakımın olumsuz bir yanı, kapsamlı bakım işlerinden çok kısa süreli bakım işlerinin yapılmasıdır. Bu durumda kapsamlı bakımlar tekrarlı olarak ertelenir.

e) Tasarım bakımı, tasarım aşamasında yada donanımın daha sonra fiziksel olarak değiştirilerek güvenilirliğinin ve sürekliliğinin sağlanması ile ilgilidir. Tasarım bakımı bir bakım politikası olarak görülmeyebilir. Gelecekte oluşabilecek hataların çoğu tasarım aşamasında önlenir. Bakım tecrübelerinin tasarım sürecine etkili bir şekilde dahil edilmesi, makine tasarımına geri veri beslenmesini gerektirir. Tasarım aşamasında bakımın dikkate alınmasının önemi ve faydaları açık olmasına karşın bu konuda yapılmış çalışma pek bulunmamaktadır.

f) Yedek makine bulundurma, ilave bir politikadır. Tipik olarak arıza riski ve maliyetinin aşırı yüksek olduğu ve donanımın çok pahalı olmadığı yada stokta bulundurma veya alternatif kaynaklardan daha ucuz olduğu zaman kullanılır [60].

Pham ve Wang [56], bakımı, yapılan bakımın derecesine göre aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır:

a) Tam Bakım: Sistem üretim şartlarının, yenisi kadar iyi tamir edilmesi faaliyetidir, yani, sistemin onarıldıktan sonraki ömür dağılımı ve hata oranı fonksiyonu yenisi ile aynıdır. Rotmili kırılan bir motorun tamamı ile gözden geçirilmesi tam bakıma bir örnektir. Genellikle hatalı sistemin yenisi ile değiştirilmesi tam bakımdır.

b) Minimal Bakım: Sistemin, bozulduğu andaki hata oranına sahip olacak şekilde onarılmasıdır. Onarımın bir sonucu olarak sistem yaşı değişmez [70]. Sistemin çalışma durumu, eskisi kadar kötü olarak adlandırılır. Profili kayıp olmuş bir tekerin (kabak) otomobile takılması yada bozuk bir fan kayışının motora takılması minimal tamire örnektir. Burada otomobilin tüm hata oranı temelde değişmemiştir [71, 12].

c) Eksik Bakım: Sistemi yenisi kadar iyi duruma getirmeyen ancak önceki halinden daha iyi duruma getiren bakım faaliyetidir. Genellikle eksik bakımın, sistemin çalışma durumunu yenisi kadar iyi ile eskisi kadar kötü bir yer arasında onardığı varsayılır. Eksik tamir, iki uç durumu içeren genel bir tamirdir: Minimal ve tam bakım. Motorun ayarlanması eksik bakıma bir örnektir. Çünkü motorun ayarlanması onu yenisi kadar iyi yapmayabilir. Ancak performansını büyük oranda artırabilir.

d) Kötü Bakım: Sistem hata oranını yada gerçek yaşımı artıran ancak sistemi çalışır tutan bakım faaliyetleridir. Kötü bakım, sistemin çalışma durumunu arıza anındakinden daha kötü yapar.

e) En Kötü Bakım: Sistemin hata ve durmalarını artırır.

Bakım personeli yüzünden en kötü, kötü ve eksik bakımın bazı nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [55].

- Yanlış kısmın tamiri,
- Hatalı parçanın sadece kısmen tamiri,
- Hatalı kısmın (kısmen yada tamamen) tamiri, ancak komşu kısımların hasar görmesi,
- Gözden geçirilen birimin durumunun yanlış değerlendirilmesi,
- Bakım faaliyetlerinin gerektiği zaman yerine daha sonra yapılması.

Kötü yada en kötü bakıma neden olan diğer bir kaç sebep de şöyledir [72]:

- Bakım sırasında fark edilemeyen gizli hatalar ve arızalar,
- Yanlış değerlendirme ve bakım sırasında daha fazla hasar verme gibi insan hataları ,
- Yenilenen parçanın da kusurlu olması.

Brown ve Proschan'a [71] göre, planlı kontrollere dayalı bakım politikaları, periyodik kontrol ve yaşa bağlı kontrol aralığıdır. Periyodik kontrollerle hatalı birim belirlenir yada birimin işlevini yapıp yapmadığı anlaşılır. Birimin yaşlanması ile birlikte kontrol aralığı kısaltılabilir.

Yukarıdaki sınıflandırmalara göre, koruyucu bakımın, minimal, tam, eksik, kötü ve en kötü koruyucu bakım olduğunu söyleyebiliriz. Benzer şekilde düzeltici bakımın da, minimal, tam, eksik, kötü yada en kötü düzeltici bakım olduğu söylenebilir.

Buraya kadar anlatılan bakım politikaları işletme içinde ve işletmenin sahip olduğu olanaklarla gerçekleştirilir. Ancak karmaşık donanımların arıza sonrası tamirleri özel araçlar ve uzman gerektirir. Çoğunlukla böyle donanımlara sahip işletmelerin özel araçlara sahip olması ve uzmanlar istihdam etmesi ekonomik değildir. Bu durumda donanımların (koruyucu ve düzeltici) bakımının işletme dışında gerçekleştirilmesi çok daha ekonomiktir. Böylece donanımların bakımı başka bir hizmet işletmesi tarafından gerçekleştirilir ve işletme bakım hizmeti veren işletmenin müşterisi olarak görülebilir. Genelde servis işletmesi birden çok bakım seçeneği sunar ve müşteri kendisi için en uygun olanını seçme sorunuyla karşı

karşıya kalır. Müşteri için en uygun olan seçeneğin belirlenmesi işletmenin sahip olduğu özelliklere bağlıdır [73].

1.6. Toplam Verimli Bakım

Japon fabrika mühendisleri enstitüsü (JIPE), toplam verimli bakımı aşağıdaki gibi tanımlamaktadır: Toplam verimli bakım, tepe yönetiminden işçiye kadar tüm çalışanların katılımıyla makinelerin tüm ömürlerini içeren kapsamlı bir bakım sistemi kurarak, makinelerle ilgili tüm alanlara (planlama, kullanım, bakım v.s.) yayılarak makine etkinliğini en fazla yapmak ve motivasyon yönetimi yada küçük gönüllü grup faaliyetleri yoluyla verimli bakımı geliştirmek için tasarlanır [74]. Toplam verimli bakım, tepe yönetimden işçilere kadar herkesin katılımıyla makinelerin tüm ömrünü içeren kapsamlı bir verimli bakım sistemini yerleştirecek donanım verimliliğini artırmak için tasarlanmıştır.

Toplam verimli bakım, genellikle uzun ve kısa dönemlere bölünmüş bakım yönetimine şirket çapında bir yaklaşım sunar. Kısa dönemde, üretim bölümünün örnek bakım programına, bakım bölümünün planlı bakım programına ve üretim ile bakım bölümü çalışanlarının becerilerini geliştirmeleri üzerinde odaklanılır.

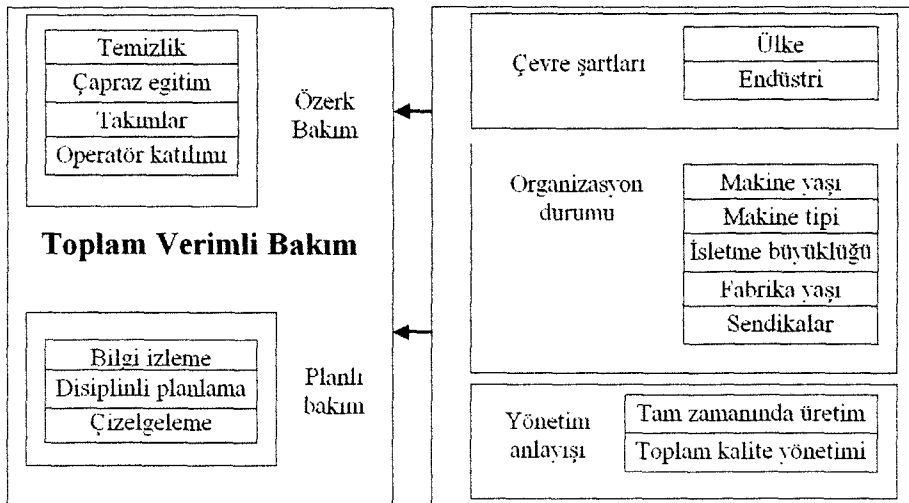
Özerk bakım, toplam verimli bakımın dört ana amacı göz önüne alınarak en iyi şekilde tanımlanabilir. İlk olarak, program, bakım ve üretim çalışanlarının takım halinde makinelerin bozulmasını durdurmaya ve şartlarının sabitleştirilmesini getirir [58]. İkinci olarak, günlük bakım görevlerinin sorumluluğunu paylaşarak üretim ve bakım personelinin donanımın tüm güvenilirliğini geliştirmektir. Özerk bakımlar yoluyla, makine operatörleri bakım personelinin nadiren zaman bulabildikleri günlük görevleri gerçekleştirmeyi öğrenirler. Bu görevler, temizlik, yoklama, yağlama, gürültü kontrolleri ve diğer hafif bakım görevleridir. Bu görevler, operatörlere verildikten sonra bakım çalışanları diğer önleyici bakım planlarının geliştirilmesi ve uygulanması üzerine odaklanabilirler. Üçüncüsü, toplam verimli bakım, operatörlere kullandıkları makinelerin fonksiyonlarının nasıl olduğu, hangi yaygın sorunların neden ortaya çıktıkları ve bu sorunlar ortaya çıkmadan onlardan nasıl korunulacağını öğretmektir. Bu çapraz eğitim, operatörlere makinelerin çalışma devamlılığını sürdürmeyi, onları tanımlamayı ve pek çok basit makine hatalarını çözme yeteneği kazandırır. Dördüncüsü, toplam verimli bakım programları, operatörleri, donanım güvenliğinin ve tüm performansının geliştirilmesinde bakım ve mühendislik personelinin aktif yardımcıları

yapar. Özerk bakım amaçlarının elde edilebilmesi için, programın, üretim ve bakım çalışanlarının makine durumunu koruyarak günlük faaliyetleri, operatör becerilerini geliştirecek çapraz eğitimi, bakım işlerinde üretim çalışanlarının katılımını geliştirecek çapraz eğitimi ve bakım işlerinde üretim çalışanlarının katılımını içermesi gerekir [58, 75].

McKone ve arkadaşları [75], toplam verimli bakımın uygulanmasında, çevre şartları, organizasyon durumu ve yönetim anlayışının (Şekil 3) etkisini araştırmışlar ve aşağıdaki sonuçlara ulaşmışlardır:

1. Çevre şartları (ülke ve endüstri),
2. Organizasyon durumu (makine yaşı ve tipi, işletme büyüklüğü, fabrika yaşı ve sendikalar) ve
3. Yönetim anlayışı (tam zamanında üretim, toplam kalite yönetimi ve endüstri mühendisliği kullanımı) toplam verimli bakım uygulama seviyelerinin farklı olmasında etkilidir.

Yine bu araştırma sonuçlarına göre, makinelerin yeni ve iyi durumda olması, genel amaçlı makinelerin olması, işletme ölçeğinin büyük olması ve sendikal örgütlenmenin az olması toplam verimli bakımın uygulanabilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. Araştırma öncesi, rekabetin ve müşteri isteklerinin çok daha önemli olduğu düşünülen endüstri tipi için (otomobil), bakım planlamanın çok daha önemli olacağı düşünülmüş, ancak diğerleri ile arasında (elektronik, makine) toplam verimli bakımın uygulanma seviyesi yönünden fark olduğunu gösteren yeterli delil araştırma sonrasında elde edilememiştir [75].



Şekil 3. Toplam verimli bakım ve uygulanmasında etkili olan elamanlar

Planlı bakım, tipik olarak uzman bakım teknisyenleri tarafından gerçekleştirilen işleri içerir. Özerk bakım yoluyla ne kadar çok bakım görevi operatörlere devredilirse, bakım bölümü de o kadar çok önleyici yaklaşıma yönelir ve bakım işleri için disiplinli bir planlama süreci geliştirebilir. Örneğin, makinelerin değiştirilmesi, tamiri ve tasarım eksiklikleri için iç ölçülerin belirlenmesi gibi. Tipik olarak, güçlü planlama bölümleri süreç verilerini toplamayı mümkün kılacak iyi bir bilgi izleme sistemine de sahiptir. Bu veriler makine arıza eğilimlerini tanımlamaya yardımcı olurlar. Bakım teknisyenlerinden, üretim gereksinimleri karşılanırken, önceden belirlenmiş zaman içinde bakım işlerini tamamlamaları beklenir. Önceden belirlenmiş (çizelgelenmiş) zamanın esnekliği, planlı bakım sistemlerinin doğruluğunun önemli bir belirteçidir [75].

Özerk Bakım	Planlı Bakım
1. Üretim ve bakım personelinin takım oluşu,	5. Bakım işlerinin disiplinli planlanması,
2. Üretim hattının temiz tutulması,	6. Donanım ve süreç bilgilerinin
3. Bakım işleri için operatörlerin eğitilmesi,	izlenmesi,
4. Operatörlerin bakım sistemi içine dahil edilmesi.	7. Planlama esnekliği.

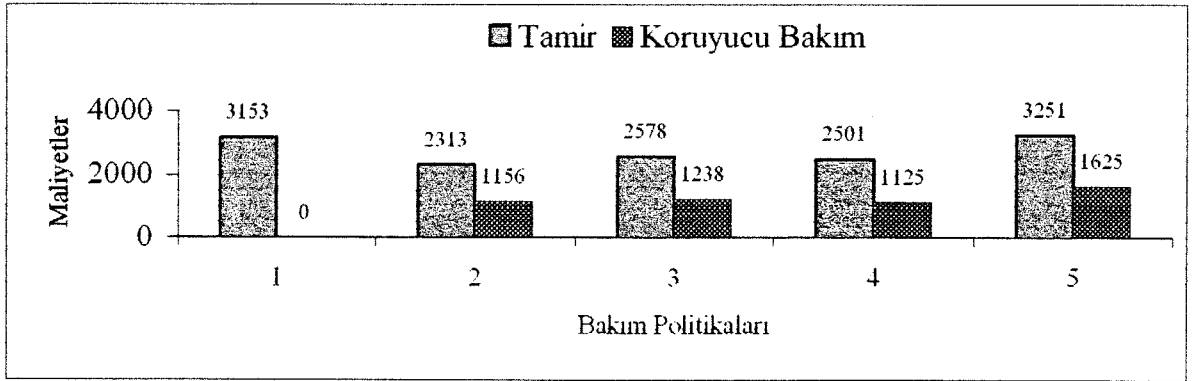
Şekil 4. Toplam verimli bakımın yedi elamanı

Çoğu işletme, çalışanların kendi etki ve sorumluluk alanlarında yönetime katılabileceklerini fark etmişlerdir. Çalışanlarının katılımı, kalite geliştirme takımları, çalışan öneri programları, ki bunlar hem tam zamanında üretim hem de toplam kalite yönetimi programlarını destekler, sorunların çözülmeye çalışılmasında birer etkindir. Çalışanların katılımı toplam verimli bakımın uygulanmasında da önemli yer tutar. Donanımın günlük çalışmasını çok iyi bilen operatörler ve donanımın uzun dönem performansı ile teknik özelliklerini çok iyi bilen bakım bölümü çalışanları donanım performanslarını geliştirmek isteyen işletmeler için en büyük bilgi kaynağıdır. Hem üretim hem de bakım teknisyenleri donanımı anlarlar ve güvenli donanımlardan uzun ve kısa dönem faydalarını elde edebilirler. Tüm çalışanların katılımı işletmelere mevcut kaynaklarını daha iyi kullanmalarına olanak verir. Bundan dolayı, çalışanların katılımlarının olduğu işletmelerin toplam verimli bakıma uyabilmeleri daha kolay olacaktır.

1.7. Stok Bulundurmanın Bakım Planlamaya Etkisi

Pek çok işletme, pazarda oluşan değişikliklere daha iyi cevap vermeye çabalarken stoklarını azaltmaktadır. Donanım açısından, stokların azaltılması arıza duruşları ile ilgili maliyetlerin artışı anlamına gelmektedir. Tek bir parçanın hatası sadece donanımın tek bir bölümünün atıl kalmasına değil, süreç içi stokların azaltılması nedeniyle, tüm üretim hattının kısa sürede atıl kalmasına neden olmaktadır [76, 77].

İtme tipi üretim sistemlerinde, güvenlik stokları, sistem düzensizliklerine karşı korunmak için faydalıdır ve başlangıçta sistem ile birlikte göz önüne alınırlar. Fakat çekme tipi üretim sistemleri için ara stoklar soruna neden olurlar ve üretim sisteminin tasarımı aşamasında elimine edilirler. Arızaların sıkça oluşması halinde çekme tipi üretim sisteminin ne çalışmasından ne de başarı performansından söz edilemez. Çünkü, bu tip üretim sistemi içinde oluşan bir arıza sistemin aşamalı bir şekilde durmasına neden olur [78]. Durmuşoğlu'nun [78], makine arızalarının itme ve çekme tipi üretim sistemleri üzerindeki etkisini araştıran çalışma sonucuna göre: Çekme sisteminin kanban hareketleri ile üretimi daha çok engellediği ve geliştirilen beş farklı bakım politikasından koruyucu bakım politikasının (2 numaralı bakım politikası), doğru olarak tasarlanması koşulu ile, bakım maliyetleri ve arıza sayısı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Farklı bakım politikalarına göre tamir ve koruyucu bakım maliyetlerinin karşılaştırılması

Schouten ve Vanneste [79], süreç durmalarının çok pahalı olduğu bir üretim sisteminde, iş istasyonları arasında stok bulundurulması durumunda koruyucu bakım

stratejisi geliştirmişlerdir. Buna göre bir önceki iş istasyonunda arıza olması yada koruyucu bakım yapılması halinde ara stokun kullanılarak üretim durmalarının etkisini sıfırlamak amaçlanmıştır. Bu durumda koruyucu bakıma başlama kararı verilirken sadece makinelerin yaş ve fiziksel durumları değil aynı zamanda ara stokların durumu da göz önüne alınır.

Bakım yöneticilerinin karşı karşıya oldukları rutin önemli kararlardan biri de, yedek parça seviyesine karar verilmesidir. Yetersiz yedek parça stoku, arıza anında makinelerin atıl kalma zamanlarının uzamasına yol açabilir. Diğer yandan, fazla miktarda stok bulundurmak taşıma maliyetlerine ve yer sorununa neden olabilir.

Yedek parçalar için birkaç sınıflandırma şekli vardır. Yüksek maliyetli, düşük talepli ve kritik parçalar bu sınıflardan birini oluşturur. Bu tür parçalar çoğu üretim sisteminde toplam yatırımın büyük bir kısmını oluşturur.

Genellikle toplam bakım maliyeti, (a) bakım faaliyetleri ile ilgili maliyetler, (b) bakım araç ve gereçlerinin temin edilmesi ve elde bulundurulması maliyeti ve (c) beklenilmeksizin oluşan arıza maliyetleridir. Bazı durumlarda yedek bulundurmama ciddi sonuçlara yol açmaz, ancak diğer durumlarda çok ciddi sonuçlara neden olabilir. Yedek parça bulundurmamak, üretim kaybı (atıl işgücü, çalıştırılmayan makine yada kapasite kaybı), ürünün tamamlanmasının gecikmesi (üretimi planlanmış ürünlerin zamanında bitirilememesi nedeniyle katlanılan maliyetler/tazminatlar), kâr kaybı (ürünlerin zamanında pazarlara sunulamaması nedeniyle oluşan satış kayıpları) ve gelecekteki kâr kaybı (iyi niyetin yıpranması / imaj aşınması) ile sonuçlanabilir [80, 81].

Bakım ve yedek parça stok politikaları, uygulamada ayrı olarak belirlenir. Gerekli olduğunda üretimde kullanılan parçaları elde etmek için çokça stok edilmeleri yönünde bir eğilim vardır. Aşırı stoklar önemli bir sermayeyi de içerir. Yedek parça stok seviyesi, bakım politikalarına bağlıdır. Bunun için bakım politikaları, bakım ve stokla ilgili maliyetleri azaltacak şekilde tasarlanmalıdır. Sarker ve Haque [80]'nin yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, bakım ve stok politikalarının birlikte optimizasyonu ayrı ayrı optimizasyon edilmelerinden daha iyi sonuçlar vermiştir.

1.8. Hata Kaynakları

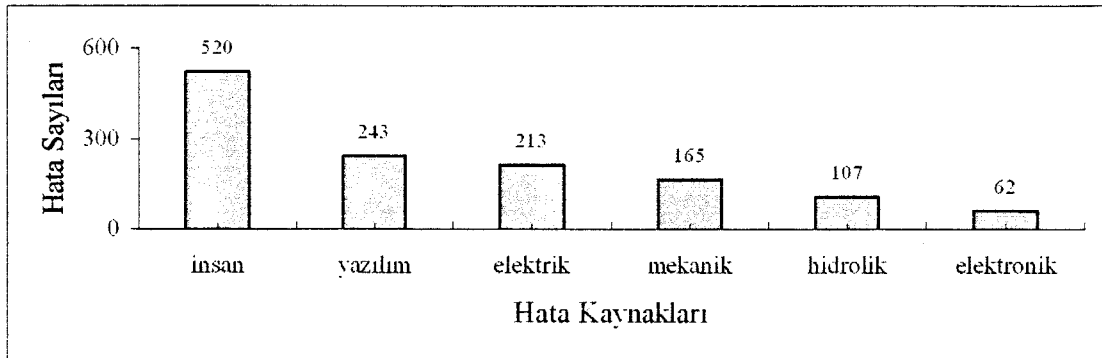
Vineyard [76] ve arkadaşlarınca yapılan bir araştırmaya göre oluşan hata tipleri ve bunlara ait özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1.8.1 İnsan Hataları

Vineyard ve arkadaşları [76], yaptıkları araştırmada insan hatalarını tüm hataların %40'ı olarak bulmuşlardır, ki bu diğer hata tiplerinin her birinden daha büyüktür. Bu sınıf içindeki hatalar insanlar tarafından yapılan uygun olmayan hareketlerin neden olduğu sistem durmalarını içerir. Uygunsuz faaliyetler, yanlış düğmeye basılması yada yanlış yağ kullanımı gibi şeylerin oluşmasını içerir. İnsan hataları en düşük arızalar arası ortalama zaman değerine sahiptir. Bu çalışmada, her 17 saatte bir arızaya karşılık gelmektedir. Düşük arızalar arası ortalama zaman ve bunun karşılığı yüksek hata sayısı kısmen yetersiz eğitim ile açıklanabilir. İnsan hatalarının sayısı ve oranı, üretim ve bakım personelinin niteliğinin bir fonksiyonudur. İnsan hatalarının tamir süresi mekanik hataların tamir sürelerine yakın bulunmuştur [76].

1.8.2. Yazılım Hataları

Yazılım hataları ikinci en büyük hata sayısı olarak bulunmuş ve tüm hataların %19'unu oluşturmuştur. Yazılım hataları ılımlı bir hatalar arası ortalama zaman değerine sahiptir, ve ortalama her 42 saatte bir hata oluşmaktadır. Yazılım hataları uygun olmayan mantık ve yanlış kodlamalar nedeniyle oluşurlar. Yazılım hataları insan hatalarının özelliklerinin çoğunu gösterir. Yazılım hatalarının nedeni de yine bir insan olan programcının yaptığı hatalardır. Yazılım hatalarını insan hatalarından ayıran önemli bir özellik, düzeltilmeleri halinde tekrar ortaya çıkmamalarıdır.



Şekil 6. Kaynaklarına göre hata sayılarının grafik gösterimi

Yazılım hataları ilümlü bir hatalar arası ortalama zamana sahiptir ancak tamir zamanları kısadır. Tamir zamanının düşük olmasının nedeni çoğu yazılım sorunlarının çevrim dışında çözümlenebilmesinden dolayıdır. Yani, makineler çalışmaya devam ederken programcı odasında sorun üzerinde çalışabilir.

Tablo 1. Hatalar arası ortalama zaman için tanımlayıcı istatistikler

Hata Türü	Ortalama (saat)	Sapma Sabiti
İnsan	17.03	1.45
Yazılım	41.54	1.09
Elektrik	39.32	1.53
Mekanik	56.77	1.94
Hidrolik	86.78	1.94
Elektronik	142.72	1.35

Tablo 2. Tamir süreleri için tanımlayıcı istatistikler

Hata Türü	Ortalama (saat)	Sapma Sabiti
İnsan	0.92	2.71
Yazılım	0.67	2.34
Elektrik	0.50	2.22
Mekanik	0.96	2.21
Hidrolik	1.45	1.33
Elektronik	0.91	1.52

1.8.3. Elektrik Hataları

Tüm hataların %16'sını elektrik hataları oluşturur. Bu hata sınıfı, motor, ateşleyici, döndürücüler ve tüm kablolar gibi elektro-mekaniksel kısımları içerir. Elektriksel hatalar ikinci en kısa arızalar arası ortalama zaman (ortalama her 39 saatte bir) süresine sahiptir. Elektriksel hatalar en düşük tamir süresi ortalamasına sahiptir. Ortalama tamir zamanı 0.5 saattir. Ayrıca elektrik arızaları tamir süresi en düşük varyansa sahiptir.

1.8.4. Mekanik Hataları

Mekanik hatalar tüm hataların %13'ünü oluşturur. Hatalar arası ortalama zaman 57 saat olarak bulunmuştur. Bu tür hata sınıfı yataklar, dişliler, sabitlikler ve aletler gibi geleneksel bileşenlerde oluşan hatalardır. Bu tür hataların tamir edilmesi için uzunca bir süre makinelerin çalışmasının durdurulması gerekir. Mekanik hataların onarılma süresinin uzunluğu bakımından hidrolik hatalardan sonra ikincidir. Mekanik hataların ortalama tamir zamanı 0.96 saattir.

1.8.5. Hidrolik Hataları

Tüm hataların %8'ini hidrolikten kaynaklanan hatalar oluşturmaktadır. Hidrolik hatalar pompalar, sarmal bobinler, supablar ve borularda oluşan hataları içerir. Bu tür hatalar ikinci en uzun hatalar arası ortalama zamana sahiptir. Bunun nedeni kullanılan hidrolik teknolojinin güvenilir olması ve teknolojinin iyi anlaşılmasıdır. Bunun sonucu olarak düzenli olarak yapılan bakım çalışmalarında bu sistemler için güvenilir istatistikler elde edilir. Ne var ki, hidrolik hatalar en uzun tamir süresi ortalamasına sahiptir. Ortalama tamir süresi 1.45 saattir. Tamir süresinin uzun olmasının nedeni, hidrolik sistemlerin doğasından kaynaklanmaktadır. Arıza oluştuğunda yada koruyucu bakım uygulanacağı zaman tüm faaliyet boyunca tüm makinenin üretim dışında olması gerekir. Bu durum sistem çalışmaya devam ederken bakım faaliyetlerinin yapılabildiği diğer hata tiplerine terstir.

1.8.6. Elektronik Hataları

Elektronik hatalar tüm hataların %5'ini oluşturur. Ortalama hatalar arası zaman, 143 saat ile en uzun hatalar arası ortalama zaman değerine sahiptir. Bunun nedeni bu teknolojinin belirgin bir güvenilirliğe ulaşmış olmasındandır. Bu tür hatalar, bilgisayarlar, güç sağlayıcılar ve mantık hatalarını içerir. Ortalama 0.91 saatlik tamir süresine sahiptir.

Hata türlerinin sahip oldukları hatalar arası ortama zaman ve tamir sürelerinin uygunluk gösterdiği olasılık dağılımları tablo halinde aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

Tablo 3. Hatalar arası ortalama zaman ve tamir sürelerinin uygunluk gösterdiği olasılık dağılımları

Hata Türü	Hatalar Arası Ortalama Zaman İçin Olasılık Dağılımları	Tamir Süreleri İçin Olasılık Dağılımları
İnsan	Weibull	Lognormal
Yazılım	Weibull	Lognormal
Elektrik	Lognormal	Lognormal
Mekanik	Weibull	Lognormal
Hidrolik	Weibull	Gamma
Elektronik	Weibull	Weibull

Tamir sürelerinin varyans sabiti ve ortalaması, çalışan bakım personelinin niteliğine bağlıdır. Söylenmesi gereken bir başka şey de, tanımlanması en zor olan hata türünün insan hatalarının olduğudur. İnsanın doğası ve korkuları gereği işçiler sistem hatasıyla sonuçlanan bir yanlış kabul etmekte gönülsüz davranırlar. Üstelik bu yanlışlıklar çoğunlukla makinelerin hasar görmesiyle sonuçlandığı için bazı insan hatalarının çoğunlukla makine hataları içinde sınıflandırılması muhtemeldir. Bundan dolayı, mekanik hataların rapor edilenden daha az insan hatalarının ise rapor edilenden gerçekte daha fazla olduğuna inanılır.

Sonuç olarak diğer bir olasılıkta farklı hata tipleri arasındaki muhtemel iç etkileşimlerdir. Bu iç etkileşimler nedeniyle gerçek hata dağılımı birkaç dağılımın kombinasyonu olabilir. Bu durum simülasyon içinde önemlidir çünkü, simülasyonda bilinen bir dağılım kullanılır. Gerçekte hata dağılımı tek bir dağılımın değil birkaç dağılımın kombinasyonudur [76, 77]. Hatalar, her bir hata için farklı hata dağılımlı değişik sebeplerden dolayı oluşabilir. Hata dağılımının doğasına bağlı olarak belirli bir nedenden dolayı oluşan hata olasılığı, son hata zamanına bağlı yada bağımsız olabilir. Ayrıca her hangi bir zaman noktasındaki toplam hata oranı üretimdeki makine sayısına bağlı olabilir. Genel olarak parça hata dağılımlarının çoğu Weibull, tamir zamanlarının çoğu da Lognormal dağılımla karakterize edilebilir [76].

Kuei ve Madu [81], çalışmalarında, tamir ve hata zamanlarının üslü dağılım gösterdiklerini kabul etmişlerdir. Wartenhorst [82], arıza zamanlarının Poison, tamir sürelerinin ise üslü dağılıma uydukları varsayımını kabul etmiştir.

1.9. Bakım ve Kalite İlişkisi

Kalitenin değişik tanımlarına rastlamak mümkündür. Bunlardan bazıları aşağıda sıralandığı gibidir:

-Kalite, kullanıma uygunluktur [83],

-Kalite, bir ürün yada hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır [84],

-Kalite, ürün yada hizmeti ekonomik bir yoldan ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir [85],

-Kalite, müşteri tatminidir. Ürün ve hizmetin ne kadar iyi olduğu konusundaki son kararın verdiği memnuniyettir [86],

-Kalite, bir programa uymaktır. İşleri zamanında yapmaktır [86].

Kalite, işletmeleri, başarıya, büyümeye ve rekabet imkanlarını artırmaya götüren bir iş stratejisi olmuştur. Başarılı kalite geliştirme programları olan organizasyonlar, belirgin bir rekabet üstünlüğüne sahip olabilmişlerdir.

Artan mekanizasyon ve otomasyonla birlikte, üretim süreçleri, odak noktasını işçilerden makinelere doğru çevirmektedirler. Sonuç olarak, miktar, kalite ve maliyetlerin denetiminde makine bakımının rolü önceye göre daha belirgin ve önemlidir. Bu yeni çevrede başarılı olmak için, makineler, uygun üretim şartları içinde tutulmalı ve etkin bir şekilde çalışmalıdır.

Kalite geliştirme ve verimlilik arasındaki ilişki, iyi bir şekilde kurulmuştur [87]. Kalite geliştirme, çoğunlukla maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılmasına neden olan yeniden işleme ve hurda gibi israfların ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir.

Toplam kalite yönetimi (TKY) felsefesi içinde, kalite uzun süredir ürün üzerinde denetlenilmemektedir. Son kontrol denetimi, uygun süreç kontrol teknikleri vasıtası ile süreç seviyesine taşınmıştır. Sonuç olarak, kusur ve sapmalar, kaynaklarında ortadan kaldırılmaktadırlar. Özellikle makine performans sorunları, önceden tanımlanır. Makine etkinliği uzun süredir kullanılabilirlikle sınırlı değildir ancak kalite ve etkinlik gibi diğer faktörleri içerir.

Bakım ve kalite arasındaki ilişki, tamamen gizli olmamasına karşın, literatürde yeterince incelenmemiştir. Toplam verimli bakımın (TVB) odak noktası makinelerin yönetimidir. Kalite, makine etkinliğini ölçmede anahtar bir etkidir. Nakajima [58]

tarafından tanımlandığı şekliyle, herhangi bir makinenin arızalanması, ayarlanması ve yüklenmesi, atıl kalması, hız kaybı, süreç kusurları ve ürün sayısının azalması gibi altı büyük kaybirdan her biri direk olarak kalite ile ilgilidir. Kalite ve bakım arasındaki ilişkinin yeterince tanımlanmamış olmasının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

-Geleneksel olarak bakım, gerekli bir külfet olarak görülmüştür. Kârlılık için olan önemi yakın zamanda fark edilmiştir.

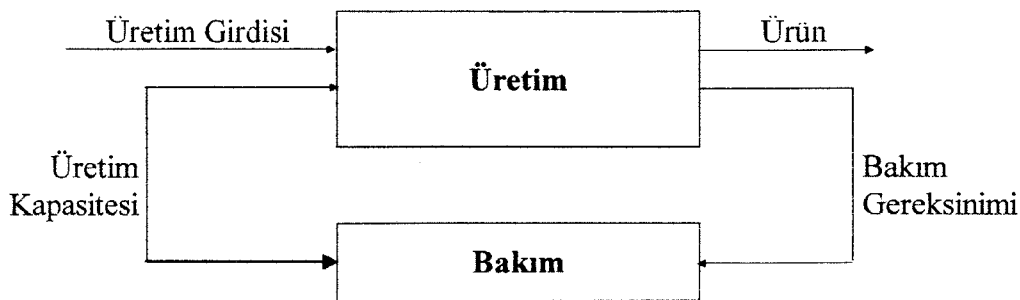
-Bakım, organizasyon içinde bir fonksiyon olarak, diğer fonksiyonlarla karmaşık ilişkilere sahiptir.

-Bakım bölümünün çıktılarını tanımlamak güçtür. Bundan dolayı açık bir girdi/çıkıtı ilişkisi geliştirmek çok daha zordur. Ayrıca, bakım çıktısını ve kalite üzerine etkisini ölçmek ve ifade etmek üretim ile karşılaştırıldığında daha zordur.

Bakım faaliyetlerinin kalitesi, makine performansını ve sonuç olarak bitmiş ürünün kalitesini etkilediği için tek başına önemli bir tartışma konusudur. Bununla birlikte bakım faaliyetleri ve bitmiş ürün kalitesi arasındaki açık ilişkinin modellenmesi yeterince incelenmemiştir [88].

1.9.1. Bakım ve Üretim

Bakım, organizasyon içinde üretim ile paralel olarak yürüyen bir fonksiyondur. Üretimin asıl çıktısı, istenilen nitelikte ürün ve ikinci çıktısı bakım gereksinimidir. Bakım, üretim kapasitesi şeklinde ikinci bir üretim girdisi ortaya çıkarır. Üretim fonksiyonu, ürünleri imal ediyorken, bakım fonksiyonu, üretim için kapasite üretir. Bundan dolayı, bakım, üretim kapasitesini artırarak ve çıktının miktar ve kalitesini kontrol ederek üretimi etkiler. Bu ilişki Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Üretim ve bakım ilişkisi

Üretim amaçlarının gerçekleştirilmesinde, bakımın rolü literatürde incelenmiştir. Ancak üretim ve bakımı bütünleştirmek için yapılacak çoğu işler aynı kalmaktadır. Çoğu modellerde, bakım sınırlı bir kısıt olarak görülür ve sorun, bakım kısıtları içinde ana üretim planının nasıl karşılanacağıdır. Bakım ve üretimin bütünleşmesi, ikisi arasındaki ilişkinin açıkça anlaşılması üzerine kurulmalıdır.

Üretim ve envanter analizi literatüründe, ekonomik üretim miktarı, değişik şartlar altında incelenmektedir [89, 90]. Tartışılan modellerin çoğu, üretim sürecinin arızalanmayacağı ve daima kabul edilebilir kalitede ürünler üretileceği varsayımı üzerine kurulmuştur. Ancak, daha gerçekçi bir yaklaşım, ürün kalitesinin daima kabul edilebilir olmadığıdır. Bunun nedeni üretim süreci şartlarının zamanla bozulmaya doğru gitmesidir. Bozulmaya doğru giden böyle bir sistemin beklenen toplam maliyetini en aza indirmek için ekonomik üretim miktarı (EÜM) ve bakım çizelgesi beraberce belirlenir. Bu modellerin genel bir özelliği, bakım kavramının kapsanmış ancak bakım miktarının/sayısının optimize edilmemiş olmasıdır. Sürecin, bazı olasılık dağılımlarına göre "kontrol içinde" durumundan "kontrol dışında" durumuna değiştiği varsayılır. Bu durum, değişimin muayene ile fark edilmesi halinde, süreç, sabit bir maliyetle "kontrol içinde" durumuna gelecek şekilde onarılır.

Bu sorunun modellenmesine getirilmek istenen boyut, optimize edilecek bir karar değişkeni olarak bakım faaliyetlerinin kapsanmasıdır. Ayrıca, bakım faaliyetleri, makine hata dağılımı üzerinde etkilidir. Diğer bir ifade ile, bakım faaliyetleri, makine hayat döngüsü ve makine hata kalıbını etkiler, ki bu da üretim, kalite ve bir sonraki bakım faaliyeti üzerinde etkilidir [91].

1.9.2. Bakım ve Kalite

Bir işletmenin uzun dönem kârlılığı içinde, bakımın rolünün uzun süredir farkına varılmış ve bu da araştırmacılar gibi uygulayıcıları da uzun dönemde kârlılığa katkıda bulunacak bakım stratejileri geliştirmeye yöneltmiştir. Ancak, kârlılık ve sürdürülebilirlik, ürün kalitesini koruyamadan başarılmaz. Bugünün küresel ekonomisi ve yoğun rekabeti içinde kalite, uzun dönem kârlılık ve rekabet için büyük bir alan olarak fark edilmiştir. Bu çaba içinde bakımın rolü, ihmal edilemez. Genel olarak, bakımsız makineler ve arızalar, periyodik olarak hız kayıplarına ve kesinliğin azalmasına ve böylece hatalı üretim karakterine

sahip olur. Bakımsız makineler, bakımlı olanlardan daha çok kontrol dışına çıkarlar. Kontrol dışında olan süreç hatalı üretir ve organizasyonun devamlılığını tehlikeye atan kârlılığın azalmasına neden olan üretim maliyetlerini artırır.

Önleyici ve durum tabanlı bakım, makine bilgilerinin elde edildiği ve planlı bakım kararlarının yapımında kullanılan sürekli bir bakım stratejisi kullanır. Bakım kararları belirli bir standardın kullanımı üzerine kurulur ve bu seviyeye ulaşıldığında ilgili makinelerin bakımı yapılır. Böyle bir strateji yüksek ürün kalitesi sağlayacaktır.

Yukarıda anlatılanlar makine bakımı ve ürün kalitesi arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişki ayrıca toplam verimli bakım felsefesi içinde tanımlanır. Tüm makine etkinliğini sağlamak için, toplam verimli bakım, aşağıdaki önemli makine kayıplarını yok etmeye çalışır [92]:

- Arıza Kayıpları: İki türü vardır. Verimlilik düştüğünde oluşan zaman kayıpları ve kusurlu ürünlerin neden olduğu miktar kayıplarıdır. Bu kayıpları azaltmak aşırı derecede zordur.
- Ayarlama ve Düzeltme: Üretimi yapılan ürünlerden birinin üretimi tamamlanıp üretimine başlanılacak olan ürünün gerektirdiği ayarlamaların yapılmasında oluşan kayıplardır.
- Boşta Çalışma ve Küçük Aralıklar: Geçici yanlış makine hataları oluştuğunda meydana gelen kayıplardır.
- Düşük Hız: Düşük hız kayıpları, tasarlanmış hız ile gerçekleşen hız arasındaki farktır. Hızdaki farklılığın nedeni, mekanik yada kalite problemleri olabilir.
- Kalite Kusurları: Kalite kusurları ve yeniden işleme kayıpları, üretim donanımlarının yanlış fonksiyonu sonucu oluşur. Bu kusurları azaltmak, sistemin incelenmesini ve yeni yöntemlerin kullanılmasını gerektirir.
- Başlangıç Kayıpları: Bu kayıplar üretimin ilk aşamasında oluşur. Kayıp miktarı, üretim şartlarının kararlılığı derecesinde değişir.

Tüm bu kayıplar doğrudan yada dolaylı olarak kalite ile ilgilidir. Örneğin, hatalı makinece tam arızaya ulaşmadan önce yapılan üretim kusurlu olacaktır. Ayarlama ve düzeltme genellikle en uygun ayar değerlerini bulmak için yapılır. Makineler her zaman en uygun şartlarda üretimde bulunmadıklarından ötürü hatalı üretimin olması beklendiği için ayarlamalar yapılır. Ayrıca ayarlama ve düzeltme durumunda optimal ayar bulununcaya kadar hatalı üretim yapılır. Boş çalışma, küçük aralıklar ve düşük hız çoğunlukla kusur

oluşturur, çünkü ürün parametreleri hızın bir fonksiyonudur. Örneğin işlemede yüzey durumu hızın bir fonksiyonudur. Toplam verimli bakım uygulayan işletmelerin ürün kusurlarında % 90 azalma gerçekleştirdikleri rapor edilmiştir [58].

Toplam verimli bakımda, bu altı kaybı göz önünde bulunduran makine etkenliğinin ölçüştü tanımlanır. Tüm makine etkenliği aşağıdaki gibi verilir:

$$\text{Tüm makine etkenliği} = \text{Kullanılabilirlik} \times \text{Performans etkenliği} \times \text{Kalite oranı} \quad (7)$$

Burada,

$$\text{Kullanılabilirlik} = (\text{Yükleme zamanı} - \text{Durma zamanı}) / \text{Yükleme zamanı} \quad (8)$$

$$\text{Performans etkenliği} = (\text{Teorik dönüşüm zamanı} \times \text{Üretim miktarı}) / \text{İşlem zamanı} \quad (9)$$

$$\text{Kalite Oranı} = (\text{Üretim miktarı} - \text{Kusurlu üretim sayısı}) / \text{Üretim miktarı} \quad (10)$$

Tüm makine etkenliği (TME) aşağıdaki şekle indirgenebilir:

$$\text{TME} = (\text{Teorik dönüşüm zamanı} \times \text{Üretim miktarı} \times \text{Kalite oranı}) / \text{Yükleme zamanı} \quad (11)$$

Teorik dönüşüm zamanı ve yükleme zamanı gün başına sabittir. Bundan dolayı, tüm makine etkenliği direk olarak istenilen kalitede ürünlerin miktarı ile ilgilidir. TME, kullanılabilirlik, performans etkenliği ve çok önemli olarak kalite oranı iyileştirilerek artırılabilir. Kullanılabilirliğin, arıza duruşlarını azaltarak ve performans etkenliğinin de, dönüşüm zamanını azaltarak geliştirilebileceği görülebilir.

Kalite oranını artırmak için makinelerin yüksek kalitede ürünler ürettiği durum tanımlanmalıdır. O zaman, bakım politikası, makinelerin bu tanımlanan durumda tutulması olarak tanımlanabilir. Böylece, bakımın amacı, sıfır hatanın olduğu durumda makinelerin tutulması olabilir.

1980'li yılların ortalarında pek çok organizasyonun eş zamanlı olarak maliyetleri düşürüp, kaliteyi artırma çabaları sırasında "iç müşteri" terimi kullanılır olmaya başlanılmıştır [93].

Bu terim, organizasyon içindeki her bir bölümün, dış müşteri yada başka bir bölüme hizmet sunduğunu kabul eder. Organizasyon, bir birinden girdi alan ve dış müşteri hizmetine doğru giden birbirleriyle etkileşimli birimlerin oluşturduğu bir zincirdir. Temel varsayım, eğer herkes iç müşterisine daha iyi hizmet sunmaya çaba gösterirse, son müşteri daha yüksek kalitede hizmet elde eder [93].

Organizasyon içinde her bölüm yada süreç diğerinden iş alır. Bundan dolayı her bölüm kendini hem müşteri hem de tedarikçi olarak görmeye ihtiyaç duyar. Başka bölümlerden girdiler alınır, alınan girdiye değer katıldıktan sonra işin çıktıları başka bölümlere gönderir.

Eğer her bölüm, işlerinin çıktılarını alan bölümü müşteri olarak görürse, süreç geliştirilebilir ve böylece kalite geliştirilebilir [93].

Geleneksel olarak serbest pazar şartlarında, dış müşteriler tedarikçileri ile olan ilişkilerinde serbest bir seçime sahiptirler. Bu durum, organizasyonları müşterilerine en yüksek hizmet kalitesini sunmaya zorlar yada sonuç olarak iş dünyasının dışına çıkarılırlar. İç müşteriler, böyle pazar şartlarıyla yüz yüze değildirlir ve bundan dolayı verdikleri hizmetin kalitesine önem vermeyebilirler. İç müşteriler için geleneksel olarak müşterilerinden ayrılma yada seçim fırsatı yoktur. Ancak, artan dış kaynak fırsatlarındaki artış, bu durumu değiştirebilmektedir. İç müşterisine iyi hizmet sunamayan bölümlerde dış pazar şartlarındaki gibi elenebilmektedir [93].

Yoğun rekabetçi pazarlarda hayatta kalabilmek için organizasyonlar, sadık ve hoşnut müşteriler sağlayan ürün ve hizmetleri sunmaya gereksinim duyarlar. Müşteriler hoşnut oldukları zaman muhtemelen çoğu tekrar geri gelirler, hoşnutsuz olduklarında da muhtemelen çoğu başka bir tedarikçiye gider. Çok bağlı müşterilerin varlığının devam etmesi organizasyonların hayatta kalabilmeleri için anahtar bir role sahiptir. Mükemmel iç müşteri desteğinin varlığını korumayı başarmak, dış müşteriye hizmet eden iç sistemlerin doğru olarak düzenlenmesini gerektirir. İç sistemlerin her biri birbirine bağlıdır ve ürüne değer katarlar [94].

Organizasyon içindeki birimler başkalarının beklentilerini öğrenirlerse onları karşılamaya çalışırlar.

Eğer bölüm üyeleri, iç müşteriye sundukları hizmetin etkenliğinin, hizmeti alan bölümün beklentilerinden daha yüksek olduğuna inanırlarsa, bölüm gelişmek için üzerinde durulması gereken alanların geliştirilmesinde başarısız olacaktır. Gilbert [94], iş takımlarının hizmet verdikleri bölümlerin hoşnutluğunun, gerçekte sunulan hizmetin etkenliğinden daha fazla olarak tahmin ettiklerini sonucuna ulaşmıştır.

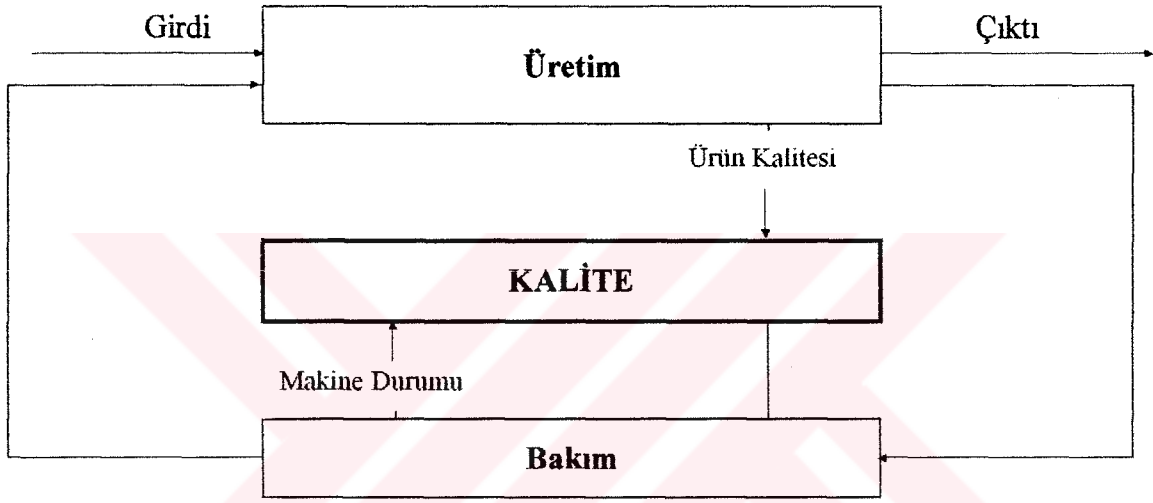
1.9.3. Bakım Kalite İlişkisinin Modellenmesi

Bakımın kaliteyi etkilediğinin açık olmasına karşın, bu ilişki modellenmeye ve ölçülmeye ihtiyaç duyar. Bakım ve ürün kalitesi ile ilgili modeller literatürde tam olarak geliştirilmemiştir. Gereğinden fazla bakım, gereksiz maliyetlerle sonuçlanır. Diğer yandan

eğer makinelerin bakımı yeterince yapılmazsa arıza ve kusurlu üretimle sonuçlanır. Herhangi bir üretim sisteminin bu üç önemli bileşeni arasındaki bağımlılık Şekil 8'de gösterilir [88].

Üretimin ikinci çıktısı bakımdır ve onun da çıktısı üretim kapasitesinin artmasıdır. Son ürünün kalitesi, hem üretim süreci hem de makine şartlarını etkileyen bakım işleminin kalitesi tarafından etkilenir.

Önerilen modelin altında yatan düşünce, üretim ve kalite yada üretim ve bakımı bütünleştirmede kullanılanla benzerdir [88].



Şekil 8. Üretim, kalite ve bakım ilişkisi

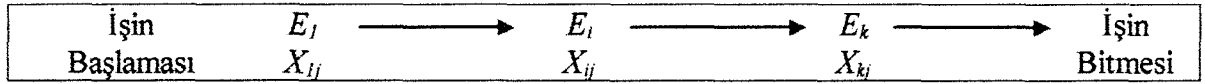
Juran [95], servisi, başkası için yapılan iş olarak tanımlamaktadır. Parasuraman ve arkadaşlarına göre [96], müşteri, hizmet kalitesini değerlendirmek için beklentilerini ve bilgisini kullanır. Müşteri beklentileri, servis kalitesi üzerinde daha fazla etkilidir. Buna göre müşteri beklentisi iki seviyedir: Arzu edilen ve kabul edilebilir. Arzu edilen servis kalitesi ile kabul edilebilir servis kalitesi arasındaki fark tolerans olarak adlandırılır. Tolerans aralığı kişiden kişiye ve diğer satıcıların servis kalite standartlarına göre değişir. Sunulan hizmetin kalitesi, alıcı tarafından kabul edilebilir seviyesinin altında gerçekleşirse, müşteri özel nedenler olmadıkça tekrar geri gelmeyecektir. Sunulan hizmetin kalite seviyesi tolerans aralığına düşerse, müşteri hizmeti kabul edilebilir bulacaktır. Arzu edilen seviye ulaşırsa, alıcı sadık bir müşteri olacaktır.

Servis kalitesi üzerinde pek çok faktör etkili olabilir. Bunlar iki grupta toplanabilir: Nitelikler ve nicelikler. Nicelikler tam değer olarak ölçülebilir. Örneğin, hizmetin başlangıç

zamanından bitiş zamanına kadar olan süre ve belirli bir zaman aralığında sunulan hizmet sayısı gibi. Nicelikler, kolay ölçülemezler. Örneğin, servis işçilerinin sahip oldukları yetenekler gibi.

Chang [97], zamanın stratejik bir rekabet aracı olduğunu ve Japonların, küresel pazarlardaki rekabet üstünlüklerini devam ettirebilmek için, ürün geliştirme ve üretim zamanını kısaltmak için büyük harcamalarda bulduklarını ifade etmektedir.

Chen ve arkadaşları [98], zamana bağlı olarak hizmet etkenliğini Şekil 9'daki gibi sunmuşlardır:



Şekil 9. İşlem süreci

Burada;

E_i : Bir işin i birim servis yada işlem zamanı,

k : Proses sayısı,

X_{ij} : j işinin E_i 'ye geçmek için servis zamanı, taşıma zamanını da içerir,

U_{ij} : j işinin tamamlanması için tanımlı en geç süre,

T_j : j işi için toplam servis yada işlem zamanıdır.

T_j ve X_{ij} arasındaki ilişki,

$$T_j = \sum_{ij=1}^k x_{ij} \quad (12)$$

olarak sunulur. Normal olarak X_{ij} için E_i 'nin servis zamanı sabit değildir, bundan dolayı X_{ij} 'yi rastgele bir değişken olarak kabul edebiliriz. Tüm diğer şartların eşit kalması halinde daha kısa X_{ij} elde edilirse servis kalite seviyesi daha iyidir. Kalite yönetimi açısından, dağıtılacak servis için kullanılan sürenin aralığı daha kısa ise daha iyidir. Ancak, her E_i süresi için her zaman bir U_{ij} sınırı vardır. Limit servis personeli tarafından belirlenir ve bir işin bitmesi için gerekli en geç süre olarak tanımlanır. X_{ij} , U_{ij} 'ye eşit yada küçük ise E_i 'nin sürecinde herhangi bir gecikme yoktur fakat X_{ij} , U_{ij} 'den büyük ise gecikme vardır.

Her işlem farklı servis süresine sahip olduğu için X_{ij} 'yi servis etkenliğini ölçmede kullanmak uygun değildir. Bunun yerine, U_{ij} ve X_{ij} arasındaki fark servis etkenliğini ölçmede daha iyi bir değerdir. $Y_{ij} = \frac{(U_{ij} - X_{ij})}{U_{ij}}$, göreceli servis zamanıdır. Servis etkenliği aşağıdaki gibidir:

$$Ie_i = \frac{\mu Y_{ij}}{\sigma Y_{ij}} \quad i = 1,2,3,..k \quad (13)$$

Burada, μY_{ij} , Y_{ij} 'nin ortalamasıdır ve σY_{ij} , Y_{ij} 'nin standart sapmasıdır. μY_{ij} büyük olduğunda, U_{ij} 'de büyüktür ve bunun anlamı servis etkenliğinin iyi olduğudur. σY_{ij} , küçük olduğunda işlem zamanı değişkenliği daha az ve etkenlik daha iyidir. Eğer negatif ise iş zamanında bitirilemez. Ie_{ij} pozitif bir sayı ise iş servis etkenliği sayısından daha yüksektir [98].

1.9.4. Eksik Bakım Kavramlarını Kullanan Modeller

Koruyucu bakımın amacı, sorunun doğasını belirleme teknikleri kullanarak hatayı başlangıcında tespit etmek, hata sayısını azaltmak yada hatayı önlemektir. Çoğu koruyucu bakım modellerinde, sistem, koruyucu bakım yapıldıktan sonra yenisi kadar iyi olarak kabul edilir. Koruyucu bakım yapılan sistemin hata kalıbının değiştiği daha gerçekçi bir durumdur. Bunu modellemenin bir yolu, her koruyucu bakımdan sonra sistemin hata oranının yenisi kadar iyi ile eskisi kadar kötü arasında bir yerde olduğunu kabul etmektir. Bu yaklaşım eksik bakım olarak adlandırılır. Her koruyucu bakımdan sonra makine hata oranı sayısının belirli bir miktar azaldığı kabul edilebilir. Bu, makinenin yaşındaki azalmayı da içerir. Bazı olasılık dağılımlarına göre arızaya maruz kalan sistemler için optimal kalite kontrol çizelgeleri çoğu yazarlar tarafından tartışılmıştır. Bu modellerdeki ana kavram hataların üretim kalitesini nasıl etkilediğidir. İstenilen kalite amaçlarına ulaşmak için hata kalıplarını değiştiren koruyucu bakım çabalarını optimize etmek için herhangi bir teşebbüs yoktur. Bir sisteme eksik bakım kavramı kullanılarak koruyucu bakım uygulandığında sistemin hata davranışı yada olasılık dağılımı her bir koruyucu bakımdan sonra değiştirilir. Sonuç olarak, bu, kalite kontrol çizelgelerini etkileyecektir. Bu gözlem, bakım ve kaliteyi bütünleştirecek modellerin geliştirilmesi için temel oluşturur ve her ikisinin beraber optimizasyonuna olanak verir [85].

1.10. Orman Ürünleri Endüstrisi

1.10.1. Orman Ürünleri Endüstrisinin Tanımlanması

Orman ürünleri sanayi, imalat sanayinin alt sektörüdür. Bu sektörde kendi içerisinde alt sektörlerle veya faaliyet gruplarına ayrılmaktadır. İmalat sanayi kapsamında bulunan sektörel gruplar, uluslararası standart sanayi sınıflandırmasına göre aşağıdaki gibidir:

30. İmalat Sanayi

31. Gıda, içki ve tütün sanayi,

32. Dokuma giyim eşyası ve deri sanayi,

33. Orman ürünleri ve mobilya sanayi,

34. Kağıt - kağıt ürünleri ve basım sanayi,

35. Kimya - petrol, kömür, kauçuk ve plastik ürünleri sanayi,

36. Taş ve toprağa dayalı sanayi,

37. Metal ana sanayi,

38. Metal eşya-makine, ulaşım araçları, ilmi ve mesleki ölçme aletleri sanayi,

39. Diğer imalat sanayi.

Uluslararası standart sanayi sınıflandırmasına göre imalat sanayinin ikili bir alt sanayi grubu olan orman ürünleri sanayi; ara malı üreten sanayiler arasında yer alan ağaç ve mantar ürünleri ile tüketim malı üreten sanayiler arasında yer alan mobilya sanayinden oluşmaktadır [99].

Bu sektör; ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ham ürünlerin özellikle odunun, yarma, kesme, soyma ve biçme şeklinde biçim değiştirerek, yongalayarak veya liflere ayırarak yapıştırıcı madde kullanarak veya kullanmaksızın presleme, buharlama, kurutma, emprenye etme ve benzeri işlemlerle odunun bünyesini değiştirmeden veya değiştirerek yarı ürün veya ürün mal üreten gerektiğinde birinin ürününü hammadde olarak kullanıp entegre düzende üretim yapan bir sanayi koludur [100].

1. Birincil İmalat Sanayi Ana Grubu: Bu grupta odunu doğrudan hammadde olarak kullanan sanayi çeşitleri toplanmaktadır. Bu ana grup, elde edilen ürünlerin çeşitlerine göre üç kısma ayrılmaktadır:

1.1. Bıçkı Sanayi: Kereste, Ambalaj, v.s...

1.2. Levha Sanayi: Lif Levha, Kaplama, Kontrplak, Kontrtabla, Yonga Levha, v.s...

1.3. Kağıt Hamuru ve Kağıt Sanayi

2. İkincil İmalat Sanayi Ana Grubu: Bu grup birincil imalat sanayi tarafından üretilen ürünleri işleyerek ahşap, parke, doğrama, mobilya, prefabrik inşaat elemanları v.b ürünleri üreten sanayi dallarını içine almaktadır. İkinci imalat sanayi ana grubu: kalem, kibrit, oyuncak, karoser, silah dipçığı, müzik aletleri, el aletleri parçaları, ayakkabı topuğu ve burada sayılamayacak kadar çok geniş bir alanı kaplamaktadır [101]

1.10.2. Orman Ürünleri Endüstrisinin Yapısı

Orman ürünleri endüstrisi, üretim değeri ve katma değeri açısından devlet ekonomisi içinde küçük bir sektördür. Endüstri, özellikle kereste, ülke çapına yayılmıştır. Çoğu küçük ölçekli kereste fabrikaları, kırsal bölgelerde istihdam ve gelir imkanı sunar. Bundan dolayı bölgesel farklılığın kalkması, gelir dağılımı ve istihdam gibi gelişmişlik kriterleri açısından önem taşır [102]. Tablo 4’de orman ürünleri sanayinin imalat sanayi içindeki yeri görülebilir.

Tablo 4. Orman Ürünleri Endüstrisi’nin 1992 yılı verilerine göre imalat sanayi içerisinde yeri

	İşyeri Büyüklüğü (çalışan sayısı)	İşyeri Sayısı	İstihdam Sayısı
İmalat Sanayi	1 – 9	186.574	545.809
	10 – 49	2.743	96.448
	50 - +	3.231	809.290
	Toplam	192.548	1.451.547
Orman Ürünleri Sanayi	1 – 9	43.317	114.416
	10 – 49	97	3.387
	50 - +	106	15.343
	Toplam	43.520	133.146
İmalat Sanayi İçindeki % Payı	1 – 9	23,2	21
	10 – 49	3,5	3,5
	50 - +	3,2	1,9
	Toplam	22	9,2

1992 yılı verileri incelendiğinde imalat sanayi içerisinde orman ürünleri sanayisinin ağırlığı işyeri sayısında % 22 düzeyinde olup istihdam alanında ise % 9,2 seviyesindedir [101].

Kamuya ait orman ürünleri işletme ve teşebbüsleri 1993 yılında hızlı bir şekilde özelleştirilmiştir. Ancak özelleştirmeden beklenen faydalar; teknolojik yenilik, verimlilik ve üretim artışı elde edilememiştir. Hammadde ve düşük üretim maliyeti gibi avantajlarından dolayı Doğu Avrupa ülkelerine yatırımlar yapılmıştır. Özelleştirme süreci sırasında

özelleştirilen birkaç fabrikada israfi azaltıcı ve üretimi artırıcı çalışmalar yapılmış olmasına karşın, çoğu hala kapalı yada düşük kapasite ile çalışmaktadır [102].

Türkiye'nin ağaç türleri açısından zengin olmasına karşın, yüksek kaliteli yuvarlak odun arzındaki yetersizlik, ulusal pazarlarda rekabet eden yüksek kaliteli ürünlerin üretilmesinde önemli bir engeldir. Odun hasat maliyetlerinin yüksek olması, nakliyenin pahalı olması sektörün içinde bulunduğu zorluklardandır. Diğer yandan, tüketim alışkanlıklarındaki hızlı dönüşüm, nüfus artışı, büyük şehirlere göç ve büyük ve dinamik iç pazar sektörün olumlu yanlarıdır [102].

Orman ürünleri sanayisinin 1984 ve 1994 yılları arasındaki talep ve üretim düzeyleri Tablo 5' de gösterilmektedir [103].

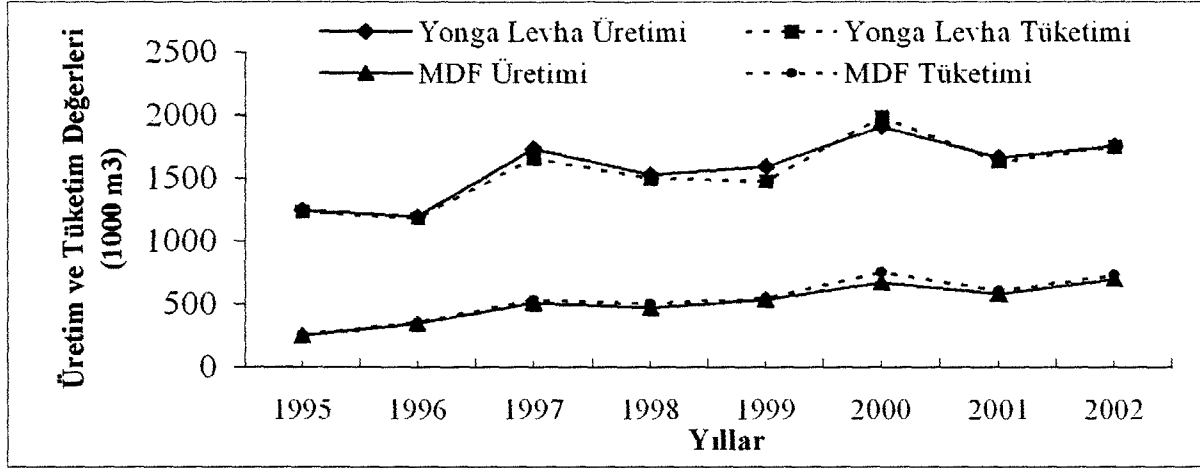
Tablo 5. Orman ürünleri sanayinde talep ve üretim düzeyleri

Ürünler	1984		1990		1992		1994	
	Talep	Arz	Talep	Arz	Talep	Arz	Talep	Arz
Kereste (m3)	3.610	3.680	5.818	5.832	5.860	5.830	6.053	6.060
Doğrama(m3)	2.725	2.865	4.915	4.603	4.310	4.300	4.262	4.262
Parke (m3)	1.625	1.625	2.833	2.833	3.150	3.150	3.260	3.260
Amb. San.(Ad)	127.00	136.00	180.33	188.33	176.67	176.67	188.00	188.00
Kontrplak(m3)	55	55	73	72	76	74	80	75
Lif levha(ton)	47	47	45	45	58	56	147	117
Yonga levha(ton)	450	450	886	873	863	859	920	890
Mobilya(adet)	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaplama(m3)	26.470	26.470	39.628	38.428	51.300	51.300	50.000	50.000
Lamine l(m2)	6.225	6.225	7.616	7.613	7.800	7.800	2.660	2.660

1.10.3. Odun Tabanlı Levha Endüstrisi

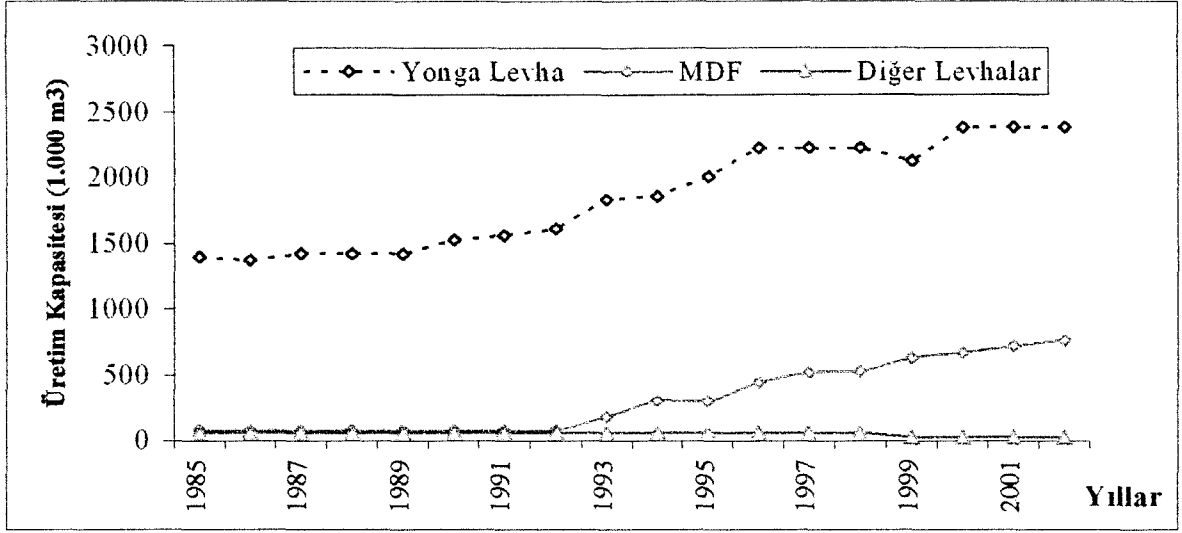
Odun tabanlı levha endüstrisi, 1996 yılına kadar büyük oranda yonga levha ile karakterize edilen dengeli büyümeden sonra yavaşlamıştır. Buna karşın yeni kapasite yatırımları devam etmektedir. Sektörün ihracatı önemli bir pazar oluşturmaz ve üretim iç pazara yöneliktir. Yonga levha kapasitesi 1989 ve 1996 yılları arasında hızla artmış ancak bu kapasite artışından sonra kapasite değeri talep değerini aşmıştır. Bunun sonucu olarak yonga levha iç pazarında rekabet çok yoğundur. Yonga levha üretimi ve tüketimi benzer büyüme eğilimi göstermiştir ve Yonga Levha ve Lif Levha Üreticileri Birliği'nin verilerine göre Şekil 10'da görülebileceği gibi 2000 yılında 2 milyon m³'e ulaşmıştır [104]. Arz ve talebin

artmasından dolayı, genel ekonomik şartlara bağlı olarak gözle görülür bir dalgalanma vardır.



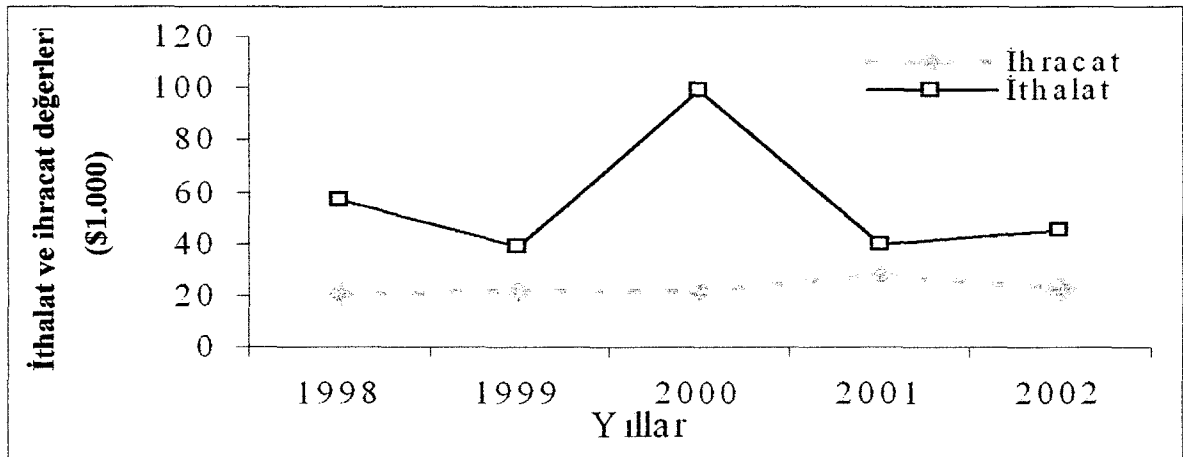
Şekil 10. Türkiye de 1995-2002 yıllarında yonga levha ve MDF üretim ve tüketimi

Son ekonomik kriz (2001) levha sektörünü, diğer odun endüstrilerinde olduğu gibi güçlü bir şekilde etkilemiştir. Ancak orta yoğunlukta lif levha (MDF) buna istisna oluşturur. 2001 yılında 24 yonga levha fabrikasından 9'u üretimlerini durdurmuş, 2'si azaltmıştır. Bunun sonucu yaklaşık 400.000 m³'lük üretim kapasitesi atıl kalmıştır. MDF sektörü aşırı olarak faaldir ve büyük bir büyüme potansiyeline sahiptir. Sık ekonomik krizlere rağmen, talep ve üretim kesintisiz artmaktadır. Levha sektöründeki üretim kapasite değerleri, 1985-2002 yılları için Şekil 11'de olduğu gibidir. Şekle göre diğer levha ürünlerinde azalma olmasına karşın yonga levha ve MDF'de artış görülmektedir. Yonga levhadaki artışın dalgalı ve küçük adımlı olmasına karşın MDF'deki artış daha istikrarlı ve büyük adımlıdır.



Şekil 11. Türkiye’de levha endüstrisinin üretim kapasitesi

Devam eden yatırımlara göre, MDF kapasitesinin 2005 yılında %100’lük artışla 1.3 milyon m³’e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Diğer lif levha üretimleri az miktardadır ve büyüme göstermesi beklenmemektedir. 1999 yılında bu alanda üretim yapan üç fabrikadan biri kapanmıştır. Kontrplak endüstrisi içinde faaliyet gösteren 21 işletmenin 114.000m³’lük üretim kapasitesi vardır. 1998-2000 yılları için ülkemiz levha endüstrisinin ithalat ve ihracat değerleri Şekil 12’de olduğu gibidir.



Şekil 12. Türkiye’de levha endüstrisinin ithalat ve ihracat değerleri

Türkiye'nin 1997 ile 2001 yılları arasındaki MDF üretim ve tüketim değerleri Birleşmiş Milletler'in Orman Ürünleri İstatistikleri'nde Tablo 6'da olduğu gibidir [105]. Tabloya göre tüketim değerleri, üretim değerlerinden daha yüksektir. Bunun anlamı işletmelerin tam kapasite ile üretim yaptıkları halde tüketim değerlerini karşılayamadığıdır. İthalat miktarının ihracata göre düşük kalması, MDF pazarındaki işletmelerin uluslar arası rekabete açık olduğunu göstermektedir. 1992-2001 yılları arasında ithalatın toplam tüketim içindeki payı, sırasıyla, %5,4, %15,29, %5,7, %27,44 ve %20,55 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 6'da gözükten T'ler ilgili rakamların tahmini değerler olduğunu belirtir.



Tablo 6. Birleşmiş Milletler orman ürünleri istatistiklerine göre 1997-2001 yılları arasında Türkiye'nin üretim ve tüketim değerleri

Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF)															
	Üretim (1000m ³)					İthalat (1000m ³)					İhracat (1000m ³)				
	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001	1997	1998	1999	2000	2001
Avrupa Birliği	4801	5734	6293	7064	7405	2091	2444	2559	3363	2874	2367	2679	2905	3021	2962
Türkiye	530	357	348	284 T	259 T	30	63	21	104	59	7	8	6	9	31
Kuzey Amerika	2691	3192	3394	3360	3348	468	704	973	2380	2959	466	723	978	989	1075
	Tüketim (1000m ³)					İthalat (1000 \$)					İhracat (1000 \$)				
Avrupa Birliği	4526	5499	5947	7405	7317	49686	52154	51111	54303	55157	620569	589660	695429	609226	57356
Türkiye	553	412	363	379	287	13740	24166	9912	23106	12554	2481	1885	1421	2239	6182
Kuzey Amerika	2693	3173	3389	4681	4631	10689	20366	25561	34020	43382	105921	186197	253566	267897	255184

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

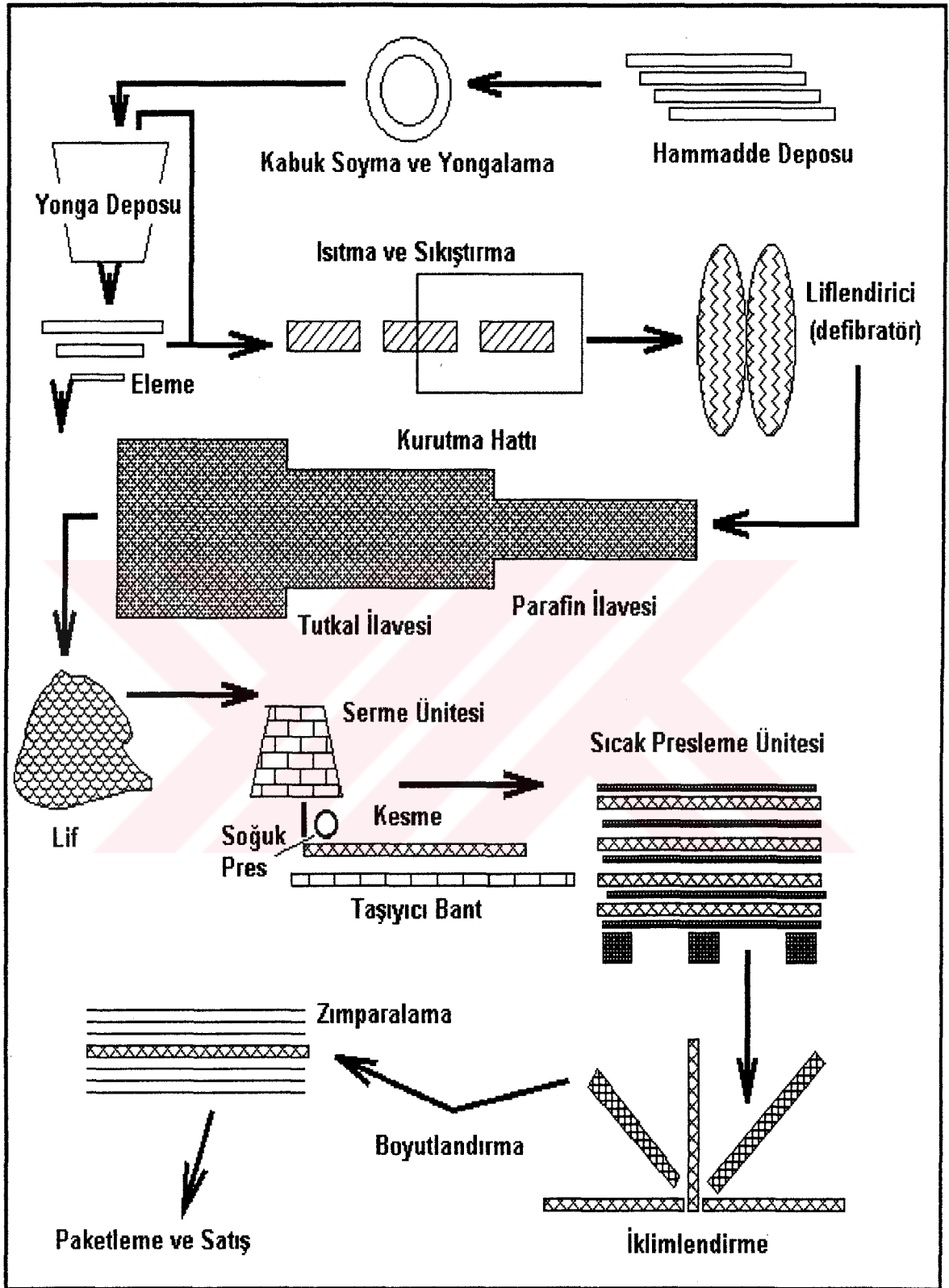
2.1. Materyal ve Yöntem

2.1.1. Materyal

Çalışma materyali olarak, sanayi sınıflandırmasına göre Orman Ürünleri Sanayi içinde yer alan orta yoğunlukta lif levha üreten bir işletme seçilmiştir. İşletme, kuru yöntemle orta yoğunlukta lif levha üretmektedir. Lif levha üretimi yapan işletmelerin, orman ürünleri sanayi işletmeleri göz önüne alındığında büyük ölçekli oldukları, her birimin oldukça uzun bir süre için geniş hacimde üretildiği ve bunun sonucu olarak bakım planlamanın daha önemli, teknoloji düzeyinin iyileşme eğilimli, kalite ve standartlaşmaya daha ilgili ve sorunların üstesinden gelmek için çabaların yoğun olacağı düşünülmüştür [106].

Makinelerin düzenlenmesi, hammadde odunun levha şeklini alıncaya kadar izlediği yol üzerinde işlemlerin gerektirdiği sıraya uygun olarak düzenlenmiştir. Bu düzenleme mamule göre yerleştirme olarak adlandırılır. Mamule göre düzenlemede, belirli bir mamulün üretilmesine tahsis olunan özel veya otomatik tezgahlar bir doğru boyunca sıralanır. Hammadde bu doğrunun bir ucundan üretim sürecine girer ve birbirini takip eden işlemlerden geçerek mamul haline dönüşür. Proses devamınca her işleme belli bir süre tahsis edilmiş olup, duraklama, stok ve malzeme taşıma süreleri en aza indirilmiştir. Her mamul aynı toplam sürede üretilmektedir [107]. Orta yoğunlukta lif levha üretim süreci ve makinelerin düzenlenmesi, Şekil 13'de gösterilmektedir [URL-1, 2004]. MDF üretim süreci, birbirine doğrudan bağlı bir dizi faaliyet ve işlemin yürütülmesiyle mamul elde edilecek şekilde düzenlendiği için sürekli üretime göre yerleşim olarakta düşünülebilir. Ancak sürekli üretime göre yerleştirme mamule göre yerleştirme içerisinde düşünülebilir [107].

İşletme genel olarak mamule göre yerleştirmenin sahip olduğu olumlu ve olumsuz yanlarını taşımaktadır. Yarı mamul stoklarının az olması mamule göre yerleştirmenin olumlu yanlarından biri olarak görülmesine karşın bakım planlama açısından olumsuzluk taşır. Küçük bir arıza halinde bile bütün hattın boş durması ihtimali yüksektir [107].



Şekil 13. Orta yoğunlukta lif levha üretim süreci ve makinelerin yerleştirilmesi

2.1.1.1. Orta Yoğunlukta Lif Levha Üretim Teknolojisi

Orta yoğunlukta lif levha (MDF), odun tabanlı bir kompozittir. Başlıca bileşeni yonga levhalarda kullanılanlardan çok daha küçük liflerine ayrılmış odundur. Yumuşak odun türlerinin büyük kısmı, MDF için uygundur. Artık kağıt, artık odun ve bambu da MDF üretiminde başarıyla kullanılmaktadır. Üretim süreci Şekil 13'deki gibidir.

Odun hammaddesinin elde edilmesinden sonraki ilk aşama kabukların soyulmasıdır. Kütükler kabuklarıyla da kullanılabilirler. Çok küçük sert parçacıkların makineler üzerindeki kötü etkisini azaltmak, levha taslağı oluşumu sırasında suyun çabuk çekilmesine olanak vermek (yaş yöntem), organik artığı azaltmak, pH seviyesini sabitlemek (makinelere korozyonunu artırır) ve yüzey işleminin kalitesini artırmak için kabuklar uzaklaştırılmalıdır. Bu çalışmanın konusu olan işletmede odun, kabuklu olarak kullanılmaktadır.

Bazı işletmeler hammaddeyi yonga olarak alabilirler. Bu tür işletmeler için kabuk soymanın ve yongalamanın önemi yoktur. Ancak tipik olarak yongalama MDF fabrikasında yapılır. 4-16 bıçak taşıyabilen disk yongalayıcı kullanılır. Bıçaklar diskin üzerine radyal olarak yerleştirilirler ve dönen disk kütüklerle 90° olarak temas eder. Kütüklerin beslenme hızı, bıçak diskinin radyal hızı ve bıçakların açıları yonga boyutlarının oluşmasında etkilidir.

Yongalar daha sonra elenirler. Büyük boyutlu olanlar tekrar yongalanabilirken küçük boyutlu olanlar yakıt olarak kullanılırlar. Yongalar yıkanır ve manyetik ya da diğer tarayıcılardan geçirilir.

Yongalar 30-120 dakika basınç altında pişirilirlir. Bu işlem odun hücresinin orta lamelinde bulunan ligninin yumuşamasını sağlayarak liflendirmeyi kolaylaştırır. Yumuşayan yongalar daha sonra liflendiriciye (defibratör) gönderilir. Liflendirici birbirine ters yönlerde dönen iki diske sahiptir. Yonga hamuru diskler arasına gönderilir ve merkez kaç kuvvetinin etkisiyle diskler arasından disk çevresine doğru hareket eder. Yüksek sıcaklık (150 °C) ve basınç bu kısımda da vardır.

Liflendirme bölümünden sonra lifler, başlangıçta sadece 40 mm çapında olan kurutma bölümüne geçerler. Lifler yüksek hızlı hava akımıyla kurutma hattı boyunca taşınırlar. Hattın başlangıç kısmında lifler henüz ıslak iken ürefoormaldehit ve parafin katılır. Daha sonra hattın çapı 1500 mm'ye çıkar ve 288 °C'da kurutulurlar. Hava-lif karışımının hızı yaklaşık 152,5m/dakikadır. Hattan çıkış ısısı yaklaşık 82 °C'dır. Siklona gelen hava-lif karışımı

burada ayrışır. Lifler bunkerde toplanır ve genelde levha yapımı bu aşamada başlar. Liflerin rutubet içeriği %12' dir.

Bunkerden gelen lifler serme ünitesinde 230-610 mm kalınlıkta levha taslaklarına dönüşür. Serme bölümünden çıkan levha taslağı soğuk preslemenin ardından boyuna kesilirler.

Levhanın yoğunluk profili istenilen direnç özelliklerini sağlamada kritiktir ve bu aşama sıcak presleme yoluyla oluşur. Sıcak preslemede levha taslağının hacmi daraltılarak son kalınlık değerine ulaşır ve en az ağırlıkla en yüksek direnç sağlanır. Bu özellikle presin başlangıçta hızlı daha sonra yavaşça kapanmasıyla gerçekleştirilir. 16 mm'lik levha için presin aşamalı kapanması aşağıdaki gibidir:

- Pres levha taslağını 20 saniyede 28 mm kalınlığa indirir,
- 28 saniyede 26 mm'ye ulaşır,
- 23 saniyede 25 mm'ye ulaşır,
- 125 saniyede 18.3 mm'ye ulaşır,
- Toplam 330 saniyede levha 16 mm kalınlığa düşer ve daha sonra pres açılır.

Presten çıkan levhalar daha sonra yıldız soğutucuda soğutulmalarını takiben kenarlardaki fazlalıklar kesilir ve zımparalanarak sınıflandırılmalarından sonra depolanırlar [URL-1, 2004].

2.1.1.2. Verilerin Toplanması

İşletmede direkt olarak bakım planlama ile ilgili veri toplanmamaktadır. Modelde kullanılan presleme süresi ve pres için gelen levha süreleri işletme verilerinden alınmıştır. Arızalar arası ortalama süre ve tamir için gerekli sürelerin belirlenmesinde her iş istasyonunda çalışanlarca tutulan kayıtlardan; ki bu kayıtlar çok ayrıntılı değildir ve sekiz yılı aşkın süreyle üretim bölümünde çalışan orman endüstri mühendisinin tecrübelerinden yararlanılmıştır.

2.1.2. Yöntem

Yöntem olarak simülasyon kullanılmıştır. En geniş anlamıyla, bilgisayar simülasyonu, gerçek bir sistemin matematiksel-mantıksal modelinin tasarımı süreci ve sistemin

davranışlarını anlamak ve ya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır [108, 109].

Bilgisayar yazılımı olarak genel amaçlı simülasyon [110] dillerinden biri olan AweSim kullanılmıştır. AweSim, bir simülasyon projesinin gerçekleştirilmesi için gerekli iş parçalarını destekleyen bir programdır. Ayrıca, saklama, tekrar elde etme, inceleme ve harici programlarla uyumluluk yeteneklerine sahiptir. Veri tabanları, tablolama programları ve kelime işlem programlarına açık ve iç etkileşimlidir [111, 112]. Bakım ve donanımların yönetimi önemli kullanım özelliklerinden biridir [109].

Simülasyon, optimal çözümü vermez, değişik şartlar ve parametre değerlerine karşılık gelen sistem performansını ortaya koyar [109]. Özel bir veri seti ya da model karakteristikleri verildikten sonra model çalıştırılır ve simülasyonu yapılan davranış (ya da sistem) izlenir. Değişik performans değerlerine karşılık gelen sonuçlar arasında en iyi olan uygulama için tavsiye edilir [113].

2.1.2.1. Model Kurma

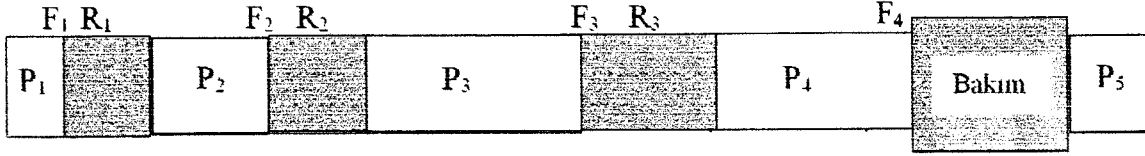
Sistemlerin modelleri, sürekli değişken ya da kesikli değişkenden biri olarak sınıflandırılabilir. Bu terimler gerçek sistemi değil sistemin modelini tanımlar. Çoğu simülasyonda, zaman, belirgin bağımsız değişkendir. Diğer değişkenler zamanın fonksiyonlarıdır ve bağımlıdır.

Sürekli simülasyonlarda, modelin bağımlı değişkenleri sürekli olarak değişebilir. Buna karşılık kesikli simülasyonlarda, bağımlı değişkenler sadece olay zamanlarında değişir. Sistem sınırları içindeki nesnelere, örneğin, insan, makine, siparişler ve hammadde, varlık olarak adlandırılırlar.

Bu çalışmada kurulan simülasyon modelleri aşağıdaki ortak niteliklere sahiptir:

- Arızaların oluşumu ve tamir için gerekli süre normal dağılım göstermektedirler.
- Arıza anında üretim durduğu için aynı anda yalnız bir arıza oluşmaktadır.
- Sistem tam kapasite ile üç vardiya olarak çalışmaktadır.
- Yedek parça kıtlığından kaynaklanan üretim kaybının olmadığı kabul edilmiştir.
- Üretim süresince oluşan arızalar minimal bakım ile giderilmektedir.

Modelin şekille ifadesi aşağıda gösterildiği gibidir:



F_i : Hataların oluşması, P_i : Sistemin çalışması, R_i : Sistemin üretim dışı kalması .

Şekil 14. Üretim, arıza ve bakım aralıklarının zamana bağlı olarak ortaya çıkışları

Bakım aralığı içinde, makinelerin yağlanmaları ve temizlikleri yapılmaktadır. Ayrıca, üretim esnasında operatörlerce yapılan ses ve titreşim ölçümleri sonuçlarına göre makinelerin tamir ya da yenilenmeleri yapılmaktadır. Yedek parçalar için asgari ve azami stok miktarları belirlenmiştir.

2.1.2.2. Simulasyon Modelinin Kurulması

Simulasyon modelinin kurulması, iki ana kısımdan oluşmaktadır. İlk aşamada simulasyon, grafiksel olarak (Visual SLAM) ifade edilmekte daha sonra modelin çalışma şartlarını belirleyen kontrol dosyası oluşturulmaktadır. Modelin koşturulması öncesinde, grafik model, AweSim'e dönüştürülmektedir.

Orta yoğunlukta lif levha üretim hattı göz önüne alındığında, levha taslakları sıcak pres işlemini takiben soğutulmakta ve boyutlandırılmaktadır. Sıcak pres bölümü, tamir edilinceye kadar üretimin durmasına neden olan arızalara uğramaktadır. Bu durumda sıcak pres bölümü, kaynak, levha taslakları, arızalar ve bakım aralıkları ise olaylar olarak modellenir.

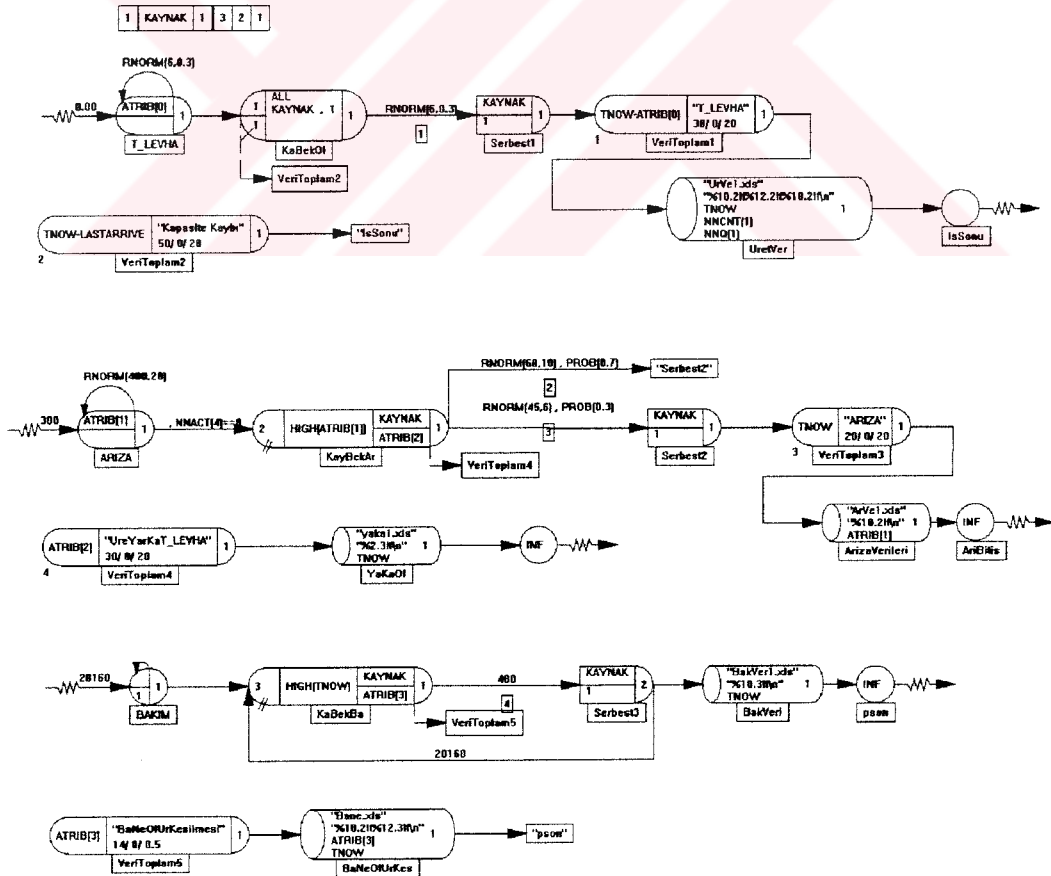
Sistem içinde değişikliklere neden olan olayların akışı şöyle oluşur: Levha taslakları sıcak presleme bölümüne gelerek preslenmeyi beklerler. Preslenmeleri için ihtiyaç duydukları bir birim kaynak, bir önceki olay, arıza ya da koruyucu bakım tarafından kullanılmıyorsa, zaman kaybı olmadan preslenirler. Arıza oluşması halinde, kaynak, işlenmekte olan olaydan alınıp arızanın giderilmesine aktarılır. Modelde, kaynağın kullanılmasında öncelik arızaların giderilmesine tanınmıştır. Preslenmeleri tamamlanamayan olaylar, sistem içinden çıkarılırlar ve iç başarısızlık olarak kabul edilirler.

Koruyucu bakım sırasında arıza oluşmaz. Arızalar ve koruyucu bakımlar nedeniyle kaybedilen kapasite miktarının belirlenebilmesi için olayların sisteme gelişleri devam

ettirilmekte ancak gereksinim duydukları kaynak olmadığı için sistem içinde sonlandırılmaktadırlar. Kaynağın kullanılmasında öncelik koruyucu bakım, arıza ve olaylar olarak tanımlanmışlardır.

2.1.2.3. Sabit Süreli Koruyucu Bakım Politikası

Bakım aralıklarının sabit sürelerle bağlı olarak planlandığı bu bakım politikasında, bakım aralığı bir vardiya süresine karşılık gelen 480 dakika olarak alınmıştır. Üretim aralığı ise üç vardiyalı 14 iş günü üretim süresine karşılık gelen değer olarak alınmıştır. Üretim dönemi içinde oluşan arızalar minimal tamire tabi tutulurlar. Bakım döneminde ise tüm makineler gözden geçirilerek gerekli görülen yenilemeler yapılmaktadır. Sistem çalışıyor durumda iken koruyucu bakım için üretime ara verilir. Sabit süreli koruyucu bakım için oluşturulan simülasyon modelinin, grafik şekli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 15. Sabit zamanlı bakım politikası için kurulan modelin grafiksel ifadesi

Modelin kontrol dosyası ve metinsel ifadesi sırasıyla aşağıdaki gibidir.

AweSim! Input Translator, version 1.4

Reading control DTEZCON1 ...

```

1 GEN,"YT","SABIT ZAMAN ARALIKLI BAKIM
POLITIKASI",02.02.2004,1,YES,YES,0;
2 LIMITS,-1,-1,-1,4,-1,-1,300;
3 INITIALIZE,0,520000,YES;
4 MONTR,TRACE(),47000,49000;
5 NETWORK,READ;
6 FIN;
```

DTEZCON1.CON successfully read

```

1 #line 0 NET_1.NET
1 RESOURCE,1,KAYNAK,1,{3,2,1};
2 #line 0 NET_1.NET
2 T_LEVHA: CREATE,RNORM(6,0.3),0.00,ATRIB[0],,1;
3 ACTIVITY,6;
4 KaBekOl: AWAIT,1,{{KAYNAK,1}},ALL,1,BALK(VeriToplam2),1;
5 ACTIVITY,1,RNORM(6,0.3),,,1,"UretSür";
6 Serbest1: FREE,{{KAYNAK,1}},1;
7 ACTIVITY,,,,,"Urün Sayısı";
8 VeriToplam1: COLCT,1,TNOW-ATRIB[0],"T_LEVHA",30,0,20,1;
9 ACTIVITY;
10 UretVer: WRITE,"UrVe1.xls",NO,"%2.2lf%4.0lf\n",{tnow,ATRIB[1]},1;
11 ACTIVITY;
12 IsSonu: TERMINATE;
13 VeriToplam2: COLCT,2,TNOW-LASTARRIVE,"Kapasite_Kaybı",50,0,20,1;
14 ACTIVITY,,,,,"IsSonu",,"Kapasite Kayb.";
15 ARIZA: CREATE,RNORM(400,20),300,ATRIB[1],,1;
16 ACTIVITY,, ,NNACT(4)==0;
17 KayBekAr: PREEMPT,2,HIGH(ATRIB[1]),KAYNAK,VeriToplam4,ATRIB[2],1;
18 ACTIVITY,2,RNORM(60,10),PROB(0.7),"Serbest2",1,"MekArTam";
```

```

19  ACTIVITY,3,RNORM(45,6),PROB(0.3), ,1,"EleArTam";
20 Serbest2: FREE,{{KAYNAK,1}},1;
21  ACTIVITY;
22 VeriToplam3: COLCT,3,TNOW-ATRIB[1],"ARIZA",20,0,20,1;
23  ACTIVITY;
24 ArizaVerileri: WRITE,"ArVe1.xls",YES,"%2.2lf%10.2lf\n",{TNOW-
ATRIB[1],NNCNT(2)},1;
25  ACTIVITY;
26 AriBitis: TERMINATE,INF;
27 VeriToplam4: COLCT,4,TNOW-LASTARRIVE,"UreYarKaT_LEVHA",30,0,20,1;
28  ACTIVITY;
29 YaKaOl: WRITE,"yaka1.xls",NO,"%2.3lf\n",{TNOW},1;
30  ACTIVITY;
31  TERMINATE,INF;
32 BAKIM: CREATE, ,20160, ,1,1;
33  ACTIVITY;
34 KaBekBa: PREEMPT,3,HIGH(TNOW),KAYNAK,VeriToplam5,ATRIB[3],1;
35  ACTIVITY,4,480, , ,1,"PerBakimIsi";
36 Serbest3: FREE,{{KAYNAK,1}},2;
37  ACTIVITY;
38  ACTIVITY, ,20160, ,"KaBekBa";
39 BakVeri: WRITE,"BakVer1.xls",NO,"%10.3lf\n",{TNOW},1;
40  ACTIVITY;
41 pson: TERMINATE,INF;
42 VeriToplam5: COLCT, ,TNOW-LASTARRIVE,"BaNeOIUrKesilmesi",14,0,0.5,1;
43  ACTIVITY;
44 BaNeOIUrKes: WRITE,"Bane.xls",NO,"%10.2lf\n",{ATRIB[3]},1;
45  ACTIVITY, , , ,"pson";
46  END;

```

1.MNT successfully read

Translated network file 1.TRN successfully written

2.1.2.3.1. Sabit Süreli Koruyucu Bakım Politikasının İşleyişi

İlk T_LEVHA olayı “0.” dakikada sisteme girer. Daha sonraki levha taslakları ortalaması 6 dakika, standart sapması 0.3 dakika olan normal dağılıma uygunluk göstererek sisteme girerler. Zamana bağlı olarak olayların sisteme gelişleri ATRIB(0)’ atanır. Levha taslaklarının preslenmeleri için gerekli kaynak var ise zaman kaybı olmaksızın KayBekOl’ düğümüne gelirler. Daha sonra ortalaması 6 dakika standart sapması 0.1 dakika olan normal dağılıma uygunluk göstererek preslenirler. Pres işlemi sırasında arıza oluşmaması halinde Serbest1 düğümüne gelirler. Levhanın bu düğümüne ulaşması ile birlikte pres işlemi için kullanılan bir birim kaynak serbest kalır. Serbest kalan kaynak arıza oluşmamış ise bir sonraki levha taslağının preslenmesine aktarılır. Serbest1’den sonra levhalar, UretVer düğümüne geçerler. Düğümde tanımlı veriler toplandıktan sonra IsSonu düğümünde olay sonlandırılır.

İlk arıza 300. dakikada oluşur ve daha sonraki arızalar ortalaması 400, standart sapması 20 dakika olan normal dağılıma (RNORM[400,20]) uygunluk göstererek ortaya çıkarlar. Arızaların ortaya çıkışları ile ilgili zaman bilgileri ATRIB(1)’e atanır. Arıza olarak sisteme giren olayların KayBekAr düğümüne geçebilmeleri için NNACT(4)=0 şartını sağlamaları gerekir. Bu şartın anlamı, bakım yapılıyorken arızaların oluşamayacağıdır. Eğer arıza olarak sisteme olay girdiğinde bakım işlemi yok ise KayBekAr düğümüne geçerler. Olayın, bu düğümüne girmesiyle birlikte levhaların preslenmesinde kullanılan kaynak arızanın giderilmesine aktarılır. Bundan ötürü levhanın sıcak presi tamamlanamadan kesilir. Üretimi kesintiye uğrayan levha VerToplam4 düğümüne gönderilir. Levhaların eksik kalan preslenme süreleri ATRIB(2)’ye atanır ve daha sonra sistemden çıkarılır. Kaynağın arızaya tahsisinin hemen ardından arızanın türü ile ilgili olasılık şartlarına bağlı olarak, mekanik arıza ya da elektrik arızasından biri olarak belirlenir. Oluşan arızaların %70’i mekanik, %30’u elektrik arızası olarak modellenmiştir. Mekanik arızaların tamiri RNORM(60,10), elektrik arızalarının tamiri RNORM(45,6)’dır. Tamirin bitmesiyle birlikte olay Serbest2’ye gelir ve kaynak serbest kalır. Kaynağın serbest kalmasıyla birlikte yeniden levhaların preslenmesine başlanır.

Oluşan arızaların tamiri süresince, modelin T_LEVHA olarak ürettiği olaylara tahsis edilecek kaynak olmadığı için KaBekOl düğümü yönlendirilmiş olarak modellendiğinden

ötürü, olaylar bu düğüme ulaşmadan VeriToplam2 düğüme yönlendirilirler. Burada gerekli verilerin toplanmasının ardından sistemden çıkarılırlar.

Simulasyon süresi 20160. dakikaya ulaştığında ilk bakım aralığı için kaynak bakım işlemine aktarılır. Bakım süresi sabit olarak 480 dakikadır. Bu sürenin sonunda kaynak serbest kalır ve yeniden levhalar preslenmeye başlanır. 20.160 dakika süreyle, kaynak, üretime aktarılır. Ancak bu süre içinde arıza olursa kaynak arızanın giderilmesine aktarılır.

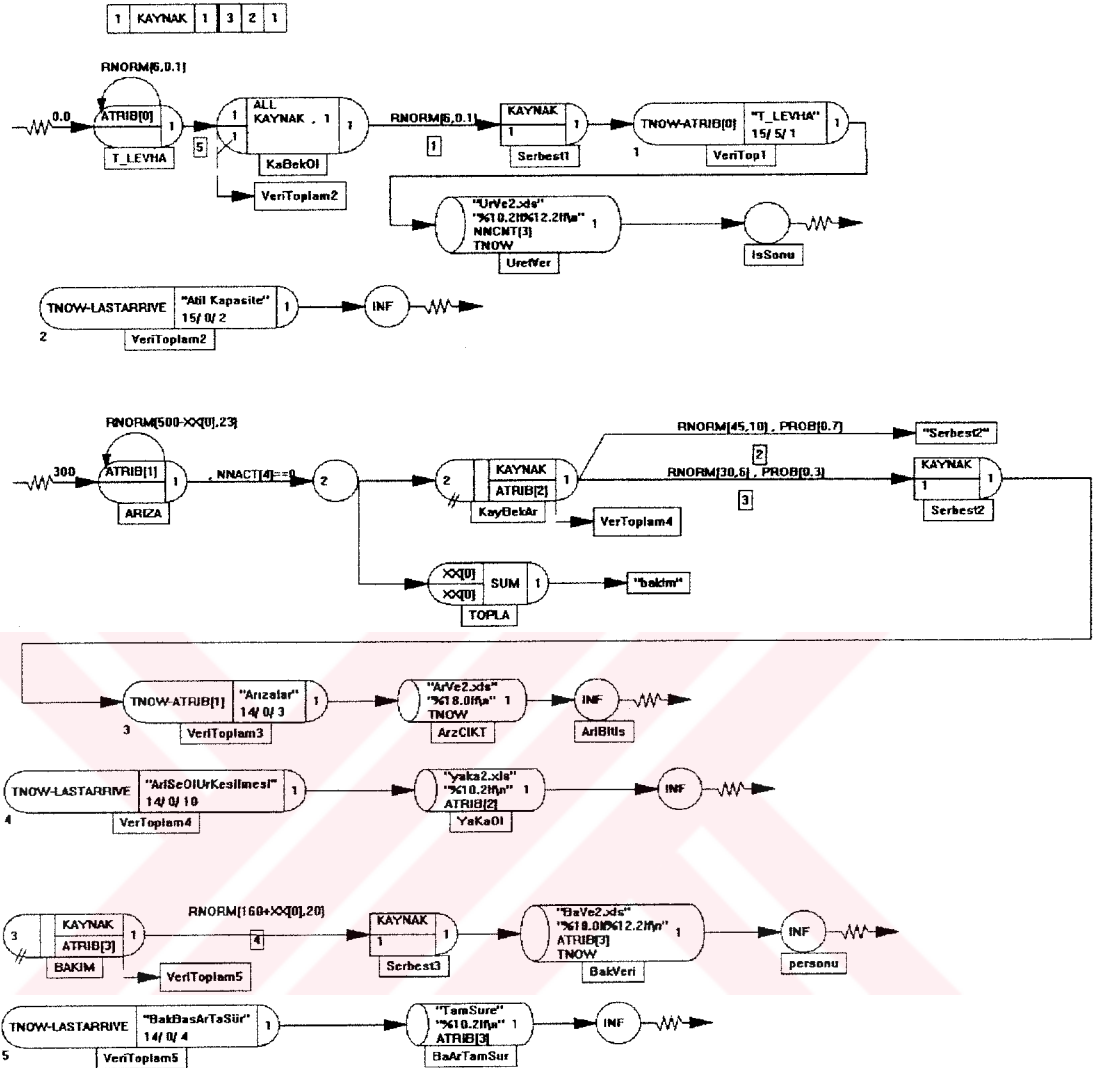
Bu modelde, bakım periyodunun başlaması için sabit zaman aralıkları kullanılmıştır. Sistemin işleyişinde bir arıza yok iken bakım için üretime ara verilir.

2.1.2.4. Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikası

İkinci bakım politikasında, üretim ve koruyucu bakım aralıkları, oluşan arıza sayılarına bağlı olarak belirlenir. Buna göre değişik arıza sayılarına karşılık gelen üretim miktarları ve atıl kapasite değerleri elde edilerek en uygun arıza sayısının bulunması amaçlanır. Denemelerle en iyi sonucu veren arıza sayısına ulaşıncaya kadar koruyucu bakım yapılır. Buna bağlı olarak arızaların oluşması ve koruyucu bakım süresi değişir. Kabul edilen arıza sayısı arttıkça, arızalar arası sürenin kısaldığı buna karşın koruyucu bakım süresinin uzadığı varsayılır.

Bu bakım politikasında, bakım ile ilgili bazı uygulamalar çalışanların katılımıyla yapılmakta olduğundan bakım dönemi diğer bakım politikasına oranla daha kısa sürmektedir. Bakım dönemi içinde, oluşan son arızanın tamiri, takip edilen makinelerin koruyucu bakımları ve gerekli yenilemeler yapılmaktadır.

Üretim akışı Şekil 16'da olduğu gibi modellenmiştir.



Şekil 16. Arıza sayısına bağlı koruyucu bakım politikası için kurulan modelin grafiksel ifadesi

Modelin kontrol dosyası ve metinsel ifadesi sırasıyla aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

AweSim! Input Translator, version 1.4

Reading control DTEZCON2 ...

1 GEN,"YT","ARIZA SAYISINA BAGLI BAKIM

POLITIKASI",02.02.2004,1,YES,YES,0;

2 LIMITS,1,-1,-1,3,0,-1,300;

3 PRIORITY,{{1,FIFO},{2,FIFO},{3,FIFO}};

```

4 REPORT,80,YES,YES,EVERY(1),{{ALL, }};
5 INTLC,{{XX[0],35}};
6 INITIALIZE,0,520000,YES;
7 MONTR,TRACE(),0.0,1000;
8 NETWORK,READ;
9 FIN;

```

DTEZCON2.CON successfully read

Translated file 2.TRA successfully written

Reading network file 2.MNT ...

```

1 #line 0 NET_2.NET
1  RESOURCE,1,KAYNAK,1,{3,2,1};
2 #line 0 NET_2.NET
2 T_LEVHA: CREATE,RNORM(6,0.1),0.0,ATRIB[0],,1;
3  ACTIVITY,5;
4 KaBekOl: AWAIT,1,{{KAYNAK,1}},ALL,1,BALK(VeriToplam2),1;
5  ACTIVITY,1,RNORM(6,0.1),,,1,"UretSür";
6 Serbest1: FREE,{{KAYNAK,1}},1;
7  ACTIVITY;
8 VeriTop1: COLCT,1,TNOW-ATRIB[0],"T_LEVHA",15,5,1,1;
9  ACTIVITY;
10 UretVer: WRITE,"UrVe2.xls",YES,"%10.2lf%12.2lf\n",{NNCNT(3),TNOW},1;
11  ACTIVITY;
12 IsSonu: TERMINATE;
13 VeriToplam2: COLCT,2,TNOW-LASTARRIVE,"Atil Kapasite",15,0,2,1;
14  ACTIVITY;
15  TERMINATE,INF;
16 ARIZA: CREATE,RNORM(500-XX[0],23),300,ATRIB[1],,1;
17  ACTIVITY,, ,NNACT(4)==0;
18  GOON,2;
19  ACTIVITY;
20  ACTIVITY,, ,,"TOPLA";
21 KayBekAr: PREEMPT,2, ,KAYNAK,VerToplam4,ATRIB[2],1;

```

```

22  ACTIVITY,2,RNORM(45,10),PROB(0.7),"Serbest2",1,"MekArTam";
23  ACTIVITY,3,RNORM(30,6),PROB(0.3),,1,"EleArTam";
24  Serbest2: FREE,{{KAYNAK,1}},1;
25  ACTIVITY;
26  VeriToplam3: COLCT,3,TNOW-ATRIB[1],"Arızalar",14,0,3,1;
27  ACTIVITY;
28  ArzCIKT: WRITE,"ArVe2.xls",YES,"%10.3lf%14.3lf%16.0lf%18.0lf\n",
{TNOW,ATRIB[1],NNCNT(2),NNCNT(3)},1;
29  ACTIVITY;
30  AriBitis: TERMINATE,INF;
31  TOPLA: ACCUMULATE,XX[0],XX[0],SUM,1;
32  ACTIVITY,,,"bakim";
33  VerToplam4: COLCT,4,TNOW-LASTARRIVE,"AriSeOIUrKesilmesi",14,0,10,1;
34  ACTIVITY;
35  YaKaOl: WRITE,"yaka2.xls",NO,"%10.2lf\n",{ATRIB[2]},1;
36  ACTIVITY;
37  TERMINATE,INF;
38  BAKIM: PREEMPT,3, ,KAYNAK,VeriToplam5,ATRIB[3],1;
39  ACTIVITY,4,RNORM(160+XX[0],20),, ,1,"PerBakimIsi";
40  Serbest3: FREE,{{KAYNAK,1}},1;
41  ACTIVITY;
42  BakVeri: WRITE,"BaVe2.xls",YES,"%10.0lf%12.2lf\n",{ATRIB[3],TNOW},1;
43  ACTIVITY;
44  Personu: TERMINATE,INF;
45  VeriToplam5: COLCT,5,TNOW-LASTARRIVE,"BakBasArTaSür",14,0,4,1;
46  ACTIVITY;
47  BaArTamSur: WRITE,"TamSure",NO,"%10.2lf\n",{ATRIB[3]},1;
48  ACTIVITY;
49  TERMINATE,INF;
50  END;

```

2.MNT successfully read

Translated network file 2.TRN successfully written

Arıza sayısına bağlı bakım politikasının tanımlanan değişkenlere bağlı olarak sayısal değerler olarak akışı Ek 1’de verilmiştir.

2.1.2.4.1. Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikasının İşleyişi

İlk T_LEVHA’nın 0. dakikada sisteme girmesine izin verilmiştir. Daha sonra RNORM(6,0.1)’e uyararak sisteme giren T_LEVHA’lar, preslenmeleri için gerekli bir birim kaynağın bakım ya da arıza olaylarınca kullanılmıyor olması durumunda zaman kaybı olmaksızın KaBekOl düğümüne gelirler. Buraya ulaşan olaya bir birim KAYNAK tahsis edilir ve daha sonra RNORM(6,0.1) süreyle preslenir. Presin bitiminden sonra olayın Serbest1 düğümüne gelmesiyle kaynak serbest kalır ve bir sonraki levhanın preslenmesine verilir. Serbest1 düğümünden sonra olay, sırasıyla VeriToplam1 ve UretVer düğümlerine ulaşır. Son olarak IsSonu düğümüne ulaştığında bir pres işlemi tamamlanmış olur.

İlk arıza 300. dakikada oluşur. Arıza olarak sisteme giren olayın NNACT(4)=0 şartını sağlamasının ardından olay ikiye dallanır. Birinci dal, olayı KayBekAr düğümüne ulaştırarak kaynağın presten alınıp arızanın tamiri sürecinin başlamasına sebep olur. Daha sonra arızanın türü ile ilgili olasılığa bağlı olarak arıza minimal tamirle giderilir. Tamir süresinin sonunda olayın Serbest2’ye ulaşmasıyla kaynak serbest kalır ve preslenmeyi bekleyen levhaya tahsis edilir. Arıza nedeniyle preslenmesi yarım kalan olay VerToplam4 düğümüne yönlendirilir ve ATRIB(2)’de pres işleminin yarım kalan süresi kaydedilir. İkinci dal, olayı topla düğümüne ulaştırır. Olayın burdan sonraki aşmaya geçmesi için XX(0) sayısal değerine ulaşması gerekir. XX(0)’ın sayısal değeri kontrol dosyasında tanımlanır. Bu düğümde oluşan arıza sayıları toplanır. Arıza sayısı XX(0) değerine ulaşınca olay BAKIM düğümüne gönderilir.

Arızaların tamiri ve bakım süresince sisteme girmelerine izin verilen T_LEVHA olayları, kullanımlarına verilecek kaynak olmadığı için KaBekOl düğümünün yönlendirilmiş olması nedeniyle VeriToplam2 düğümüne yönlendirilirler ve daha sonra sistemden çıkarılırlar.

XX(0)’a ve katlarına eşit sayısal değerlerde arızalar oluştuğunda eş zamanlı olarak şunlar oluşur: Arıza olayı KayBekAr düğümüne ulaştığında kaynak, arızanın tamirine aktarılır, yarım kalan pres süresi ATRIB(2)’de kaydedilir ve T_LEVHA olayı VeriToplam4 düğümüne yönlendirilir. Aynı olayın ikinci dalı, TOPLA düğümüne ulaştığında burada

tanımlı şartı sağlar ve BAKIM düğümüne geçer. Olayın bakım düğümüne ulaşması koruyucu bakımın başlamasına neden olur. T_LEVHA olayının preslenmesinden arızaya aktarılan kaynak, eş zamanlı olarak bakım işine aktarılır. ATRIB(3), BAKIM tarafından kesilen arıza olayının süresini gösterir. Bu süre, oluşan arıza için tahmin edilen tamir süresine eşittir. Kaynak aktarımı eş zamanlı olduğu için arızanın geri kalan süresi değildir.

BAKIM düğümünden sonra RNORM(160+XX(0), 20) dağılımına uyan süreler içinde bakım yapılır. Buradaki XX(0), koruyucu bakıma başlanılmadan önce oluşan arızaların sayısıdır. XX(0)'ın değeri arttıkça, arızalar arası süre kısalır, bakım için gerekli süre uzar, değer küçüldükçe arızalar arası süre uzar, bakım için gerekli süre kısalır. Koruyucu bakımın bitiminde olay, Serbest3'e ulaşır ve KAYNAK serbest kalır. Daha sonra bakım olayı sistemden çıkarılır ve ilk bakım aralığı son bulur. Bu modelde sistem çalışıyor durumda iken koruyucu bakıma başlanılmaz.



3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Sabit Zamanlı Koruyucu Bakım Politikası Bulguları

Simulasyon modeli, kabul edilen nitelikler için aşağıdaki sonuçları üretmiştir. Bu sonuçların üretilmesi iki şekilde olmaktadır. Bunlar sırasıyla, simulasyon programının kendisi tarafından üretilen çıktılar ve "WRITE" komutu aracılığıyla kullanıcı tarafından belirlenen, simulasyon içinde zamana bağlı olarak değerler alan değişkenlerin değerleridir. Bu çıktıları elde etmek, simulasyonun doğruluğunu ve akışını denetlemek için önemlidir.

Tablo 7. Modelde tanımlı istatistik değerlerin program çıktı değerleri

Adı	Ortalama Değer (dakika)	Standart Sapma (dakika)	Değişme Emsali	En Küçük Değer (dakika)	En büyük Değer (dakika)	Gözlem Sayısı (adet)
T_LEVHA	9,193563	11,1233107	1,2099020	4,7608986	501,52762	72092
Kapasite Kaybı	39,09576	95,4875541	2,4424016	4,9386135	435,28976	13291
ARIZA	408,1605	73,0172706	0,1788935	318,85076	1247,4322	1274
ÜreYarKaT_LEVHA	410,0865	74,4734288	0,1816042	335,771392	1254,30663	1267
BaNeOlÜrKesilmesi	20640,0	0,0	0,0	20640,0	20640,0	25

Tablo 7’de, T_LEVHA istatistik değerlerine göre 72.092 adet pres olayı, kesintiye uğramadan istenilen niteliklerde üretim gerçekleşmiştir. Üretim süresi ortalaması, 6 dakikadır. Burada üretim süresinin 9,193563 olarak çıkmasının nedeni; arıza ya da bakım aralığı için üretimi yarıda kesilen olay, VeriToplam 4 ya da 5’e yönlendirip sistemden çıkarılır, bir sonraki T_LEVHA olayı, KaBekOl düğümüne gelir ve arıza ya da bakım aralığının bitiminden sonra ilk olarak preslenir, bu düğümde bekleyen olayların bekleme sürelerinin dosya numarası 1’dir. Bu bekleme süresi de üretim süresi olarak kabul edildiği için üretim süresi modelde tanımlı 6 dakika değerinden fazla gözükmektedir. Tablo 8’de de görülebileceği gibi 1 numaralı dosyada yer alan olayların ortalama bekleme süresi 3,19’dir. Bu değer, simulasyon modelinin ürettiği değer ile modelde tanımlı değer arasındaki farka karşılık gelir.

Tablo 8. Model içinde numaraya göre tanımlanmış dosyaların aldıkları istatistik değerler

Dosya Numarası	Oluşturulduğu Yer	Ortalama Uzunluk	Standart Sapma	En Büyük Uzunluk	Ortalama Bekleme Zamanı (dakika)
1	KAYNAK	0,4499668	0,4974904	1	3,1883838
2	KAYNAK	0	0	0	0
3	KAYNAK	0	0	0	0

Tablo 8’de tanımlı diğer dosya numaraları için 0 değerlerinin elde edilmiş olmasının anlamı, bu dosyalarda bekleyen olayların olmayışdır. Dosya numarası 2 arızaları, 3 ise bakım aralıklarını gösterir ve arıza ya da bakım aralığı oluştuğunda zaman kaybı olmaksızın kaynak bu olaylara aktarılır.

Tablo 7’de oluşan arıza sayısı 1.274 olarak görülür ancak istatistik verilerin toplanması için modelin ilgili kısmında, TNOW-LASTARRIVE olarak tanımlı olduğundan gözlem sayısı 1 eksik olarak oluşmuştur. Oluşan toplam arıza sayısı, 1.275’dir. Ancak oluşan arızaların 1.267’i preslenmekte olan levhaların işleminin yarıda kesilmesine neden olmuştur. Farkı oluşturan 7 arıza, pres işleminin kesilmesine neden olmamıştır, çünkü arızanın oluş zamanı levha taslaklarının prese girmelerinin öncesine rastlamıştır. Bu olayların oluş zamanları Tablo 9’de gösterilmiştir.

Tablo 9. Preslemeyi kesintiye uğratmayan arızaların ortaya çıkış zamanları

Simulasyon Zamanı (dakika)	Arıza Olay Numarası	Arıza Tamir Süresi (dakika)
47078,95	7911	37,203
54626,20	9169	62,448
343974,86	58149	53,097
358405,16	60596	74,802
395454,95	66862	45,005
401422,82	67867	51,917
488757,73	82646	72,86

Oluşan 1275 arızanın 1267 adedi, bakım aralığı dışında oluşmuş ve tamiri yapılmıştır. Bir arızanın oluş zamanı ile bakım aralığı çakıştığı için arızanın tamiri bakım aralığı içinde tamamlanmıştır. Bu olayın oluşumu, simulasyon akışı içinde aşağıdaki gibidir:

288459.861908 COLCT VERITOPLAM1(NET_1.NET:8) Arrival of entity 48818

release ACTIVITY (NET_1.NET:9) dur. 0.000000

288459.861908 WRITE URETVER(NET_1.NET:10) Arrival of entity 48818

release ACTIVITY (NET_1.NET:11) dur. 0.000000
 288459.861908 TERMINATE ISSONU(NET_1.NET:12) Arrival of entity 48818
 288462.601429 CREATE ARIZA(NET_1.NET:15) Arrival of entity 48756
 release ACTIVITY (NET_1.NET:16) dur. 0.000000
 288462.601429 PREEMPT KAYBEKAR(NET_1.NET:17) Arrival of entity 48756
 ACTIVITY (NET_1.NET:18) not released
 release ACTIVITY #3(NET_1.NET:19) dur. 49.788150
 288462.601429 COLCT VERITOPLAM4(NET_1.NET:27) Arrival of entity 48819
 release ACTIVITY (NET_1.NET:28) dur. 0.000000
 288462.601429 WRITE YAKAOL(NET_1.NET:29) Arrival of entity 48819
 release ACTIVITY (NET_1.NET:30) dur. 0.000000
 288462.601429 TERMINATE (NET_1.NET:31) Arrival of entity 48819
 288464.095973 CREATE T_LEVHA(NET_1.NET:2) Arrival of entity 48820
 release ACTIVITY #6(NET_1.NET:3) dur. 0.000000
 288464.095973 AWAIT KABEKOL(NET_1.NET:4) Arrival of entity 48820
 288469.798862 CREATE T_LEVHA(NET_1.NET:2) Arrival of entity 48822
 release ACTIVITY #6(NET_1.NET:3) dur. 0.000000
 288469.798862 AWAIT KABEKOL(NET_1.NET:4) Arrival of entity 48822
 288469.798862 COLCT VERITOPLAM2(NET_1.NET:13) Arrival of entity 48822
 release ACTIVITY (NET_1.NET:14) dur. 0.000000
 288469.798862 TERMINATE ISSONU(NET_1.NET:12) Arrival of entity 48822
 288475.889850 CREATE T_LEVHA(NET_1.NET:2) Arrival of entity 48823
 release ACTIVITY #6(NET_1.NET:3) dur. 0.000000
 288475.889850 AWAIT KABEKOL(NET_1.NET:4) Arrival of entity 48823
 288475.889850 COLCT VERITOPLAM2(NET_1.NET:13) Arrival of entity 48823
 release ACTIVITY (NET_1.NET:14) dur. 0.000000
 288475.889850 TERMINATE ISSONU(NET_1.NET:12) Arrival of entity 48823
 288480.000000 PREEMPT KABEKBA(NET_1.NET:34) Arrival of entity 45408
 release ACTIVITY #4(NET_1.NET:35) dur. 480.000000
 288480.000000 COLCT VERITOPLAM5(NET_1.NET:42) Arrival of entity 48756
 release ACTIVITY (NET_1.NET:43) dur. 0.000000
 288480.000000 WRITE BANEOLURKES(NET_1.NET:44) Arrival of entity 48756

release ACTIVITY (NET_1.NET:45) dur. 0.000000
 288480.000000 TERMINATE PSON(NET_1.NET:41) Arrival of entity 48756
 288481.571936 CREATE T_LEVHA(NET_1.NET:2) Arrival of entity 48824

Akıştan alınan kesitte görülebileceği gibi simülasyon süresi 288462,01429'de, 48756 olay numaralı arıza oluşur. Arıza mekanik arızasıdır ve tamir süresi 49,788150'dir. Ancak 288480,0'da bakım aralığı başladığı için arızanın tamirine aktarılan kaynak bakıma aktarılır ve arıza olayı VeriToplam5 düğümüne gönderilerek sonlandırılır. Bakım aralığının başlama zamanı, arızanın tamirinin 13,3986. dakikasına rastlar. Geri kalan 32,38 dakika, Tablo 10'da bakım aralığı nedeniyle kesilen olayların geri kalan sürelerinin saklandığı ATRIB(3)'de de görülebilir.

Tablo 10. Bakım aralığı nedeniyle tamiri ya da üretimi kesintiye uğrayan arıza ya da üretim olaylarının eksik kalan sürelerinin saklandığı ATRIB(3)'ün değerleri

ATRIB(3)'ün Değerleri (dakika)				
3,87	2,95	4,52	2,97	4,67
3,84	4,22	3,20	4,92	0,39
4,42	1,65	2,93	5,74	4,57
5,84	3,86	32,39	2,40	4,97
0,06	2,64	5,77	4,77	3,75

Modelde tanımlı 1 numaralı faaliyet, pres işlemine karşılık gelir ve Tablo 11'e göre kaynağın %83,87'si bu işlem için kullanılmıştır. Oluşan mekanik ve elektrik arızalarının tamirine karşılık gelen 2 ve 3 numaralı faaliyetlerin kaynağı kullanma oranları, sırasıyla %10,21 ve %3,27'dir. Kaynağın bakım faaliyeti için kullanım oranı %2,3'dür.

Tablo 11. Model içinde numaraya göre tanımlanmış servis faaliyetlerinin aldıkları istatistik değerler

Faaliyet Numarası	Adı	Ortalama Kullanım (%)	Standart Sapma (%)	En Büyük Kullanım (%)	Halen Kullanım	Olay Sayısı (adet)
1	ÜretSür	0.8387955	0.3677195	1	1	72092
2	MekArTam	0.1021017	0.3027820	1	0	893
3	EleArTam	0.0327260	0.1779185	1	0	381
4	PerBakımİşi	0.0230769	0.1501479	1	0	25

Tablo 7’de yer alan 13.291 rakamı, arızalar ve bakım aralıkları için kullanılan süre içerisinde oluşan atıl kapasite değerine karşılık gelir. Simule edilen bir yıllık üretim süresi boyunca hiç arıza ve bakım aralığı olmamış olsaydı sistem 86.678 pres işlemini başarabilirdi. Ancak oluşan arızalar ve bakım aralıklarının neden olduğu üretim kesintileri ve kayıp zamanlar, sistemin 72.092 adet pres işlemini olanaklı kılmıştır.

Tablo 12’yi oluşturan değerler simulasyonun akışı ve doğruluğunu denetlemede şu anlamları ifade etmektedir: Simulasyon süresi 300,0’ı gösterdiğinde ilk mekanik arıza ortaya çıkmış, 41,32 dakika içinde tamiri yapılmış ve 341,32’de sistem tekrar arıza öncesi hale döndürülmüştür. 341,32 dakikalık simulasyon süresi içinde, 49 defa presleme işleminin tamamlandığı, 1 mekanik arızanın oluştuğu ve henüz elektrik arızasının oluşmadığı tablodan anlaşılmaktadır. Simulasyon süresi 682,81 olduğunda, 105 presleme, 1 mekanik arıza ve 1 elektrik arızası oluşmuştur. Arızanın oluş ve bitiş zamanı sırasıyla 682,81 ve 730,44’dür.

Tablo 12. Simulasyon süresinin akışı ve buna bağlı olarak kullanıcı tarafından belirlenen bağımlı değişkenlerin aldığı değerler

Simulasyon Süresi (TNOW) (dak.)	Arızalar (ATRIB[1]) (dak.)	Servisi Biten Pres Sayısı (NNCNT[1]) (adet)	Tamiri Biten Mekanik Arıza Sayısı (NNCNT[2]) (adet)	Tamiri Biten Elektrik Arıza Sayısı (NNCNT[2]) (adet)
300,00	341,32	49,00	1	0
682,81	730,44	105,00	1	1
1054,24	1116,81	158,00	2	1
1423,44	1466,45	208,00	2	2
1840,10	1889,67	270,00	2	3
2209,23	2255,33	323,00	2	4
2580,54	2624,38	377,00	2	5
2949,23	2987,44	431,00	2	6
3324,23	3360,53	486,00	2	7
**	**	**	**	**
519879,67	519929,65	72081,00	893	381

Tablo değerlerinin ve aynı zamanda simulasyonun doğruluğu, simulasyon akışının adım adım izlenebildiği çıktı sonuçlarıyla da kontrol edilebilir. Simulasyon akışından alınan ilk kesit arızanın oluşumu ve tamir süresini;

.....

299.844436 AWAIT KABEKOL(DTEZNET1.NET:4) Arrival of entity 53 0.000000
300.000000 CREATE ARIZALAR(DTEZNET1.NET:15) Arrival of entity 2 0.000000

release ACTIVITY (DTEZNET1.NET:16) dur. 0.000000
 300.000000 QUEUE KUYRUK(DTEZNET1.NET:17) Arrival of entity 2 0.000000
 300.000000 QUEUE KUYRUK(DTEZNET1.NET:17)
 release ACTIVITY (DTEZNET1.NET:18) dur. 0.000000
 300.000000 PREEMPT KAYBEKAR(DTEZNET1.NET:19) Arrival of entity 2 0.0000
release ACTIVITY #2(DTEZNET1.NET:20) dur. 41.318537
 300.000000 COLCT VERTOPLAM3(DTEZNET1.NET:29) Arrival of entity 52 0.00
 release ACTIVITY (DTEZNET1.NET:30) dur. 0.000000

.....

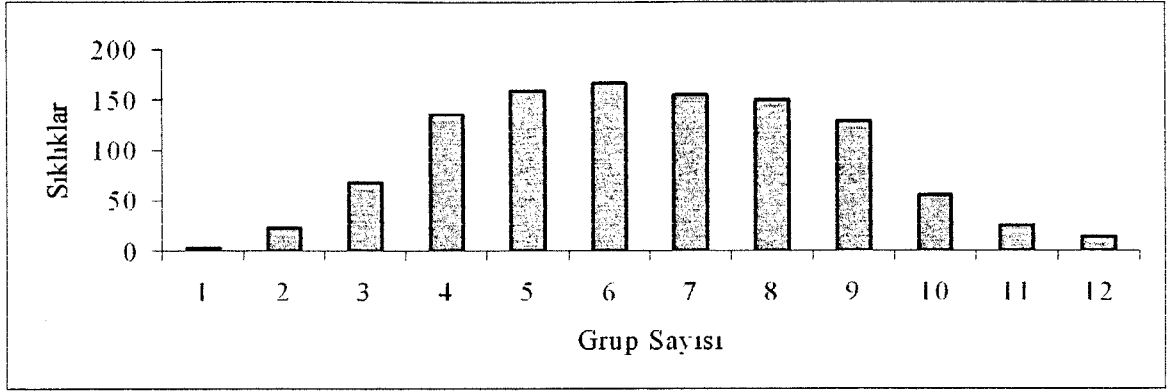
ikinci kesit ise tamirin tamamlanarak sistemin turettime dönüşünü gösterir.

.....

334.969820 TERMINATE ISSONU(DTEZNET1.NET:12) Arrival of entity 60 0.00000
 341.133224 CREATE GIRDI(DTEZNET1.NET:2) Arrival of entity 61 0.000000
 release ACTIVITY (DTEZNET1.NET:3) dur. 0.000000
 341.133224 AWAIT KABEKOL(DTEZNET1.NET:4) Arrival of entity 61 0.000000
 341.133224 COLCT VERITOPPLAM4(DTEZNET1.NET:13) Arrival of entity 61 0.0
 release ACTIVITY (DTEZNET1.NET:14) dur. 0.000000
 341.133224 TERMINATE ISSONU(DTEZNET1.NET:12) Arrival of entity 61 0.0000
341.318537 FREE KaySer2(DTEZNET1.NET:22) Arrival of entity 2 0.000000
 release ACTIVITY #1(DTEZNET1.NET:5) dur. 5.613778
 341.318537 COLCT VERTOPLAM2(DTEZNET1.NET:24) Arrival of entity 2
 0.00000

.....

Arızaların tamirlerinin yapıp kaynağın Serbest2 düğümünde serbest kaldığı simülasyon süresinden (TNOW), arızaların sisteme girdikleri ATRIB(1) sürelerini çıkardığımızda tüm arızaların tamir sürelerini elde ederiz. Elde edilen tamir süreleri iki farklı dağılıma göre türetildiği için yeni bir ortalama ve standart sapma [40,02; 11,15] değerine sahip olurlar. Bu yeni dağılımın histogram grafiği Şekil 17'de olduğu gibidir.



Şekil 17. Tamir sürelerinin histogram grafiği

3.2. Arıza Sayısına Bağlı Koruyucu Bakım Politikası Bulguları

Bu modelde, gerektiğinden sık sayıda yapılan bakımların neden olduğu üretim zamanı kaybı ile gerektiğinden az sayıda yapılan bakım sonucu arızaların artışının neden olduğu üretim zamanı kaybını en az yapmak için kurulan model farklı arıza sayıları için koşturulmuş (5 ve katları) ve en iyi sonucu veren sayı araştırılmıştır. Denemeler için elde edilen değerler Tablo 13'deki gibi bulunmuştur.

Tablo 13'e göre, her 35. arıza oluştuğunda bakım yapılması halinde en yüksek üretim değeri (77.801) elde edilmiş olur. Ancak optimum değer 35 sayısından önce ya da sonra bir değer olabilir. Tam olarak en uygun sayıyı bulmak için model, 33 ve 38 aralığında birer aralıkla koşturulmuş ve Tablo 14'deki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 14'e göre, 35. arızadan sonra bakım yapılması halinde yüzde olarak en yüksek üretim oranı elde edilmiştir.

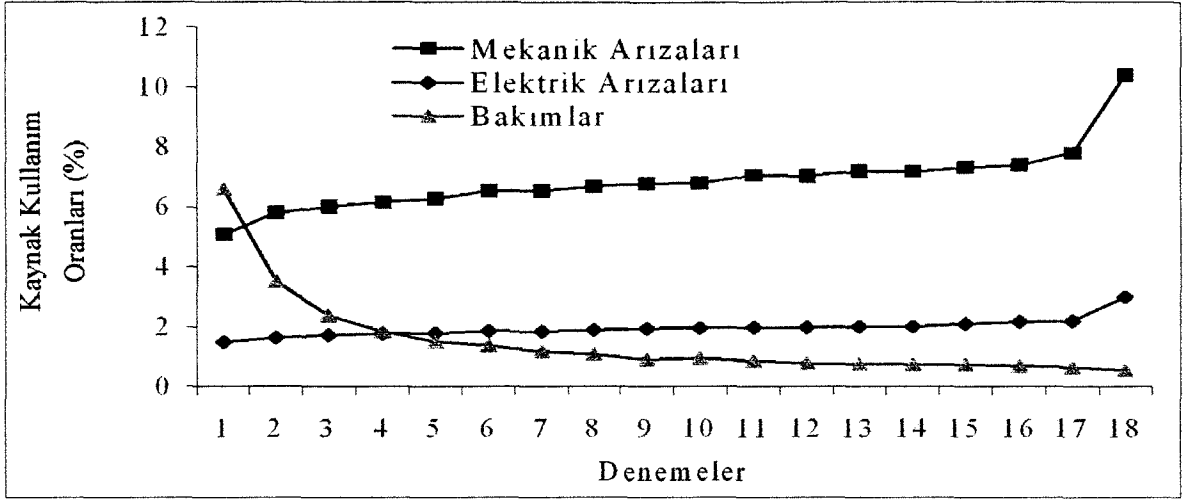
Tablo 13. Arıza sayısı olarak, 5 ve 5'in katlarına karşılık gelen değerler için modelin ürettiği sonuçlar

Deneme Arıza Sayısı	Üretim Miktarı (adet)	Kayıp Kapasite (adet)	Arıza Sayısı (adet)	Bakım Sayısı (adet)	Üretim Süresi (%)	Mekanik Arıza Tamir Süresi (%)	Elektrik Arıza Tamir Süresi (%)	Bakım Süresi (%)
5	74680	10949	1048	209	86,78	5,09	1,48	6,59
10	76629	8982	1062	106	89,02	5,79	1,62	3,5
15	77333	8267	1072	71	89,83	6,01	1,71	2,38
20	77614	7980	1081	54	90,17	6,17	1,77	1,84
25	77790	7787	1094	43	90,37	6,29	1,78	1,51
30	77613	7952	1106	36	90,19	6,53	1,85	1,36
35	77801	7753	1120	32	90,41	6,53	1,84	1,17
40	77698	7846	1130	28	90,29	6,68	1,89	1,09
45	77667	7860	1143	25	90,24	6,78	1,94	0,9
50	77676	7843	1157	23	90,27	6,79	1,95	0,93
55	77495	8012	1171	21	90,07	7,07	1,97	0,84
60	77564	7934	1180	19	90,17	7,03	1,98	0,77
65	77409	8073	1195	18	89,99	7,20	1,99	0,76
70	77418	8046	1210	17	90,02	7,18	2,01	0,74
75	77189	8263	1224	16	89,77	7,32	2,10	0,74
80	77126	8313	1139	15	89,72	7,38	2,16	0,68
100	76779	8596	1301	13	89,32	7,79	2,19	0,63
200	73695	11250	1724	8	86,02	10,40	2,98	0,55

Tablo 14. Modelin 33 ve 38 sayıları arasında birer aralıklı olarak koşturulmasından elde edilen sonuçlar

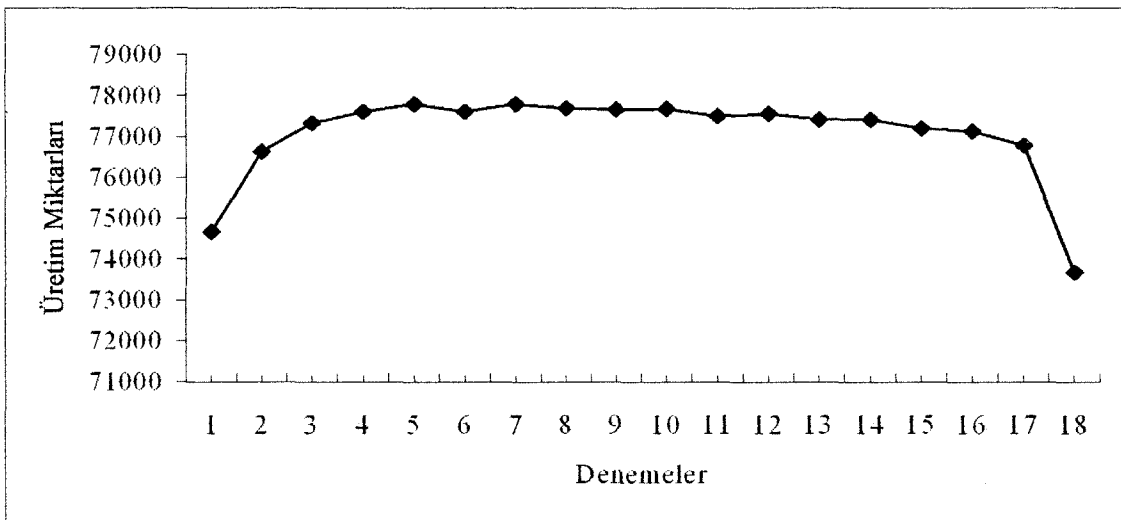
Deneme Arıza Sayısı	Üretim Miktarı (adet)	Kayıp Kapasite (adet)	Arıza Sayısı (adet)	Bakım Sayısı (adet)	Üretim Süresi (%)	Mekanik Arıza Tamir Süresi (%)	Elektrik Arıza Tamir Süresi (%)	Bakım Süresi (%)
33	77675	7886	1112	33	90,25	6,62	1,83	1,24
34	77728	7831	1116	32	90,32	6,55	1,86	1,21
35	77801	7753	1120	32	90,41	6,53	1,84	1,17
36	77784	7776	1119	31	90,40	6,50	1,86	1,18
37	77634	7919	1123	30	90,23	6,75	1,78	1,18
38	77757	7795	1127	29	90,35	6,61	1,90	1,08

Tablo 13'deki deneme sonuçlarına göre, arızaların ve bakım aralıklarının üretim süresi içindeki % oranlarının değişimi Şekil 18'de gösterilmiştir. Şekle göre bakımlar arası oluşan arıza sayıları arttıkça tamir için kullanılan süre artış göstermektedir. Bakım için kullanılan zamanın artışı, tamir için kullanılan zamanın azalmasına neden olur. Her 5. arızadan sonra bakım yapılması halinde arızalar için toplam üretim süresinin %6.57'si, her 200. arızadan sonra bakım yapılması halinde %13.38'ine gerek duyulur.



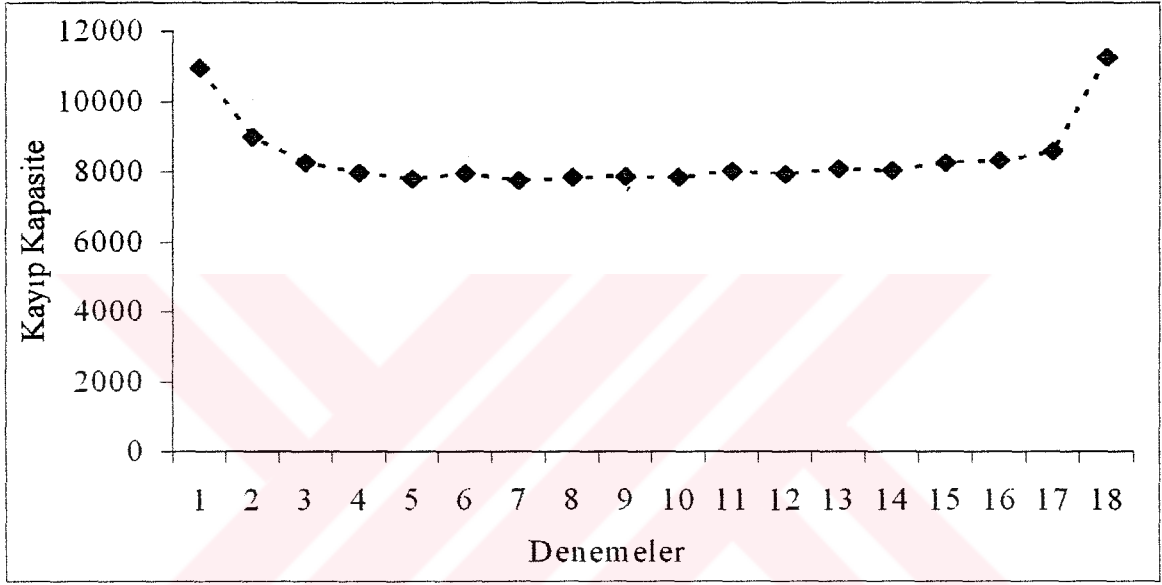
Şekil 18. Farklı deneme arıza sayılarına karşılık gelen kaynak kullanım oranları

Tablo 13' de yer alan deneme arıza sayılarına karşılık modelin ürettiği üretim miktarlarının değişimi, Şekil 19'da olduğu gibidir. Her 5. arızadan sonra bakım yapılması halinde 74.680 adet pres işlemi gerçekleştirilir. Bu değer düşük olmasının nedeni gereğinden fazla sayıda yapılan bakımlar nedeniyle yitirilen zamandır. Yine her 200. arızadan sonra bakım yapılması halinde, üretim miktarının düşük olmasının nedeni bu kez arızaların neden olduğu kayıp zamanlardaki artıştır. Şekil 18, 19 ve 20'de 1'den 18'e kadar olan rakamlar, Tablo 13'ün ilk sütunundaki deneme arıza sayılarına karşılık gelmektedir. Örneğin Şekil 18'deki 5 rakamı, Tablo 13'deki 25 arıza sayısına karşılık gelir.



Şekil 19. Farklı arıza sayılarına karşılık oluşan üretim miktarları

Şekil 20, deneme arıza sayılarına karşılık sistemin ürettiği atıl kapasite değerlerini göstermektedir. Her 5. arızadan sonra bakım yapılması halinde toplam 1.048 arıza ve bakım aralığının neden olduğu kapasite kaybı 10.949'dur. Buna karşın her 200. arızadan sonra bakım yapılması halinde 1.724 arıza ve bakım aralığının neden olduğu kapasite kaybı 11.250'dir. Her 35. arızadan sonra bakım yapılması halinde 1.120 arıza ve bakım aralığı için kayıp kapasite 7.753'dür ve bu en düşük değerdir.



Şekil 20. Farklı arıza sayılarına karşılık oluşan atıl kapasite miktarları

Her 35. arızadan sonra bakım yapılması halinde kaynakların üretimde kullanılma yüzdesi en yüksek bulunmuştur. Bu şartlar altında simülasyonun ürettiği değerler aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 15. Her otuz beşinci arızadan sonra bakım yapılması halinde modelin ürettiği istatistikler

Adı	Ortalama Değer (dakika)	Standart Sapma (dakika)	Değişme Emsali	En Küçük Değer (dakika)	En Büyük Değer (dakika)	Gözlem Sayısı (adet)
T LEVHA	9,099811	6,1863589	0,6798338	5,6146953	242,559877	77801
Kapasite Kaybı	67,03931	146,048750	2,1785537	5,6570754	515,685506	7752
ARIZA	40,02916	11,1570275	0,2787224	12,3688751	72,0057201	1088
AriSeOlürKesilme	464,4179	22,7267940	0,0489361	356,013695	540,892242	1119
BaNeOlürKesilmesi	16249,70	113,068362	0,0069582	15943,4342	16450,5228	31

Tablo 15'e göre, presler arası ortalama zaman 9,099'dur. modelde tanımlı 6 dakika ortalama ve 0,1 dakika standart sapma değerinden büyük olmasının nedeni, levha taslaklarının preslenmek için ihtiyaç duydukları kaynağın arıza ya da bakımca kullanılmasından dolayı beklemek zorunda olmasındandır. Tablo 16'daki ortalama bekleme zamanı olan 3,089 değeri aradaki farka eşittir. Presler arası en düşük süre 5,614 olarak gerçekleşmiştir. En büyük değer ise 242,55'dir. Bunun anlamı levha taslağının, bakım aralığı boyunca preslenmeyi beklemiş olmasıdır.

Arıza için elde edilen 40,02 değeri, modelde tanımlı iki farklı normal dağılımın ortalamasıdır. Bu değer için elde edilen grafik, daha önce Şekil 17'de gösterilmiştir.

Tablo 16. Her otuz beşinci arızadan sonra bakım politikası için, modelde tanımlı dosya numaralarına karşılık gelen değerler

Dosya Numarası	Oluşturulduğu Yer	Ortalama Uzunluk	Standart Sapma	En Büyük Uzunluk	Ortalama Bekleme Zamanı (dak.)
1	KAYNAK	0.4689387	0.4990343	1	3,0897359
2	KAYNAK	0	0	0	0
3	KAYNAK	0	0	0	0

Tablo 16'da 1'den 3'e kadar olan dosya numaraları, sırasıyla pres, arıza ve bakım olaylarına karşılık gelir. 2 ve 3 numaralı dosyaların sıfır olmasının nedeni, bu faaliyetlerin kaynağı kullanmada öncelikli olarak tanımlanmış olmalarıdır. Arıza giderilmeden üretime başlanılamaz.

Tablo 17. Modelde tanımlı faaliyetlerin aldığı değerler

Faaliyet Numarası	Adı	Ortalama Kullanım (%)	Standart Sapma (%)	En Büyük Kullanım (%)	Halen Kullanım	Olay Sayısı (adet)
1	ÜretSür	0.9041175	0.2944300	1	0	77801
2	MekArTam	0.0653397	0.2471244	1	0	762
3	EleArTam	0.0184136	0.1344416	1	0	326
4	PerBakimIsi	0.0117208	0.1076263	1	1	31
5	*	*	*	1	0	86675

Tablo 17, pres, arıza tamiri ve bakım aralıklarınca kullanım oranlarını göstermektedir. Buna göre, kaynak %90,41 oranında levhaların preslenmesi, %8,37 ve oranında arıların

giderilmesinde ve %1,2 oranında bakım aralıkları için kullanılmıştır. Yine bu tabloda yer alan standart sapma değerlerini, Tablo 11'in standart sapma değerleri ile karşılaştırdığımızda, kaynakların kullanım oranlarındaki değişkenliğin daha dar bir aralıkta olduğu görülür. Bakım uygulamalarının amaçlarından olan, makineleri belirli üretim şartları içinde tutmada bu bakım politikasının diğerine oranla daha başarılı olduğu tablo değerlerine dayanılarak söylenebilir.

Tablo 18. Girdilerin oluşumu ve buna bağlı olarak simulasyon içinde tanımlanan değişkenlerin aldığı değerlerin isteğe bağlı olarak çıktılarının elde edilmesi

Arıza Olaylarının Sisteme Girişleri (ATRIB[1]) (dakika)	Simulasyon Akış Zamanı (TNOW) (dakika)	Tamiri Biten Arıza (NNCNT[2]) (adet)	Tamiri Biten Arıza (NNCNT[3]) (adet)	Tamir Süresi (TNOW-LASTARRIVE) (dakika)
300,000	326,319	1	0	26,319
745,236	775,721	1	1	30,485
1237,470	1289,676	2	1	52,206
1689,878	1723,032	2	2	33,154
2167,922	2181,110	2	3	13,188
.....
519522,387	519575,943	762	326	53,556

Tablo 18, zamana bağlı olarak arızaların ortaya çıkışlarını, ne tür arıza olduğunu ve ne kadar sürede tamirinin yapıldığı gösterir. Tablo değerlerine göre ilk arızanın sistemde ortaya çıkışı 300. dakikada olmuştur. Bu arıza, simulasyon modelinde 2 olarak tanımlanmış bir faaliyettir ve 326,319. dakikada sistem üretir duruma döndürülmüştür. Tamir için kullanılan süre 26,319 dakika olarak gerçekleşmiştir. İkinci arıza 735,326. dakikada oluşmuştur ve bu bir elektrik hatasından kaynaklanmıştır. Bu arızanın tamiri için 30,485 dakika gerekmiştir. Simulasyon süresi içindeki son arıza 519.522,387. dakikada oluşmuş ve tamiri için 53,556 dakika gerekmiştir. 762'si mekanik, 326'sı elektrik olmak üzere toplam 1088 arıza oluşmuştur. Yüzde değer olarak arızaların oranları %70 ve %30'dur. Bu değerler modelde tanımlanan oranlarla aynı olarak gerçekleşmiştir. İlk arızanın ortaya çıkışı ve tamirinin yapılarak sistemden çıkışı simulasyon akışından alınan kesitte aşağıdaki gibi görülebilir.

.....

299.948145 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 52

release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

299.948145 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 52

300.000000 CREATE ARIZA(NET_2.NET:16) Arrival of entity 2
release ACTIVITY (NET_2.NET:17) dur. 0.000000

300.000000 GOON (NET_2.NET:18) Arrival of entity 2
release ACTIVITY (NET_2.NET:19) dur. 0.000000
release ACTIVITY (NET_2.NET:20) dur. 0.000000

300.000000 PREEMPT KAYBEKAR(NET_2.NET:21) Arrival of entity 2
release ACTIVITY #2(NET_2.NET:22) dur. **26.318537**

300.000000 COLCT VERTOPLAM4(NET_2.NET:33) Arrival of entity 51
release ACTIVITY (NET_2.NET:34) dur. 0.000000

300.000000 WRITE YAKAOL(NET_2.NET:35) Arrival of entity 51
release ACTIVITY (NET_2.NET:36) dur. 0.000000

300.000000 TERMINATE (NET_2.NET:37) Arrival of entity 51

300.000000 ACCUMULATE TOPLA(NET_2.NET:31) Arrival of entity 55

305.907718 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 53
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

305.907718 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 53

305.907718 COLCT VERITOPPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 53
release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

305.907718 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 53

312.029710 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 56
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

312.029710 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 56

312.029710 COLCT VERITOPPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 56
release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

312.029710 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 56

317.921889 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 57
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

317.921889 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 57

317.921889 COLCT VERITOPPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 57
release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

317.921889 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 57

323.830747 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 58

release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 323.830747 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 58
 323.830747 COLCT VERITOPPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 58
 release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000
 323.830747 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 58
 326.318537 FREE Serbest2(NET_2.NET:24) Arrival of entity 2
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.838052
 release ACTIVITY (NET_2.NET:25) dur. 0.000000
 326.318537 COLCT VERITOPPLAM3(NET_2.NET:26) Arrival of entity 2
 release ACTIVITY (NET_2.NET:27) dur. 0.000000
 326.318537 WRITE ARZCIKT(NET_2.NET:28) Arrival of entity 2

Literatürde, yaş ve kullanım nedeniyle bozulma eğilimi gösteren sistemlerin arıza dağılımlarının Weibull dağılımına uyduğu varsayımı yapılmıştır. Bu çalışmada yaşlanmanın etkisi dikkate alınmamıştır. Arıza dağılımının ise tecrübeye dayanılarak normal dağılıma uygunluk gösterdiği varsayılmıştır. Mann [114] ve arkadaşları, normal dağılımı en fazla kullanılan olasılık dağılımları arasında gösterirler.

Kobbacy [115] ve arkadaşları, işletmelerin, koruyucu bakımı da içeren bakım faaliyetleri hakkında veri toplamalarının her zaman pratik olmadığını hatta toplanılsa bile veri kalitesinin şüpheli olduğunu ifade ederler. Uygun olmayan verilerin modelleme içinde kullanılması da doğru değildir. Toplanan veriler, doğru olsalar dahi her bir parça için yeterli sayıda değildir. Cavalier ve Knapp [116], çoğu zaman koruyucu bakım ile ilgili yönetim kararlarının yetersiz geçmiş kayıtlara dayalı olarak yapıldığını, az sayıda veriye dayalı olarak yapılan koruyucu bakım kararlarının içerdiği riski araştıran çalışmalarında da, hata olasılık dağılımındaki kesinsizliğin kabul edilebilir olduğunda daha kısa koruyucu bakım aralıklarının seçilmesinin arıza durumlarından korunmada en iyi olabileceğini belirtirler.

Banks [110], simülasyon için kullanılacak uygun verilerin olmaması durumunda konu hakkında tecrübe sahibi kişi ya da kişilere başvurmayı simülasyonu yapanın sahip olduğu seçeneklerden biri olarak ifade eder. Çıkarılan sonuçların hatalı olabileceği ihtimalini de belirtir. Al-Najjar'ın [117] yaptığı çalışma literatürde buna örnek oluşturur.

Koelsch [118], bakım politikası olarak toplam verimli bakımı uygulayan işletmelerin, arızalardan ötürü oluşan işgücü kayıplarında %50, kayıp üretim azalmasında %70, makinelerin ayarlanmasında oluşan kayıplarda %50-90 ve bakım birimi başına maliyetlerde %60 azalma olduğunu ifade etmektedir. Ferrari ve arkadaşları [119], toplam verimli bakımın tüm donanım etkinliğinde %80'e kadar artış sağladığı sonucunu elde etmişlerdir. Wal ve Lynn [2], daha önce bakım faaliyetlerinin mühendis ve ustabaşların deneyimlerine göre yapıldığı kağıt fabrikasında, toplam verimli bakım politikasının başarıyla uygulandığını ve kullanılabilirlik, güvenilirlik, kalite ve israfın azaltılması üzerinde olumlu etki gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Bu çalışmada seçilen işletme, bakım politikası olarak toplam verimli bakımı uyguluyor değildir. Bakım aralıklarını sabit zaman aralıklarından, oluşan arıza sayısına bağlı olarak değiştirmiş ve makine operatörlerine bakımla ilgili basit işlerin yapılması sorumluluğunu vermiştir. Bu yeni durumda oluşan arıza sayıları azalmış, kapasite kullanım değeri ve kalite oranı artışla sonuçlanmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Soyut olarak bakım ve kalite arasında bir ilişkinin olduğu açıktır. Bu çalışmada, bu ilişkinin sayısal değerler ile ifade edilerek somutlaştırılmasına çalışılmıştır. Bunun için aynı üretim sisteminin iki ayrı bakım politikası altındaki davranışları, simulasyon modelleri kurularak incelenmiştir.

Genel olarak, koruyucu bakım aralıklarının arıza sayısına bağlı olarak planlandığı bakım politikası daha olumlu sonuçlar vermiştir. Her iki bakım politikasının ürettiği sonuçlar karşılaştırmalı olarak aşağıda olduğu gibidir:

1. Sabit süreli bakım politikası altında, bir yıllık üretim süresine karşılık, 72.092 adet pres işlemi gerçekleştirilmiştir. Bakım aralıkları, arıza sayılarına bağlı olarak gerçekleştirildiğinde 77.801 adet pres işlemi başarılmıştır. Arıza sayısına bağlı bakım politikası, diğer bakım politikasına oranla %7,9'luk üretim miktarı artışı göstermiştir.

2. Üretim ve bakım aralıklarının sabit olarak belirlendiği bakım politikasında, bakım aralıkları ve arızalar nedeniyle 13.291 ürünün üretilebileceği atıl kapasite değeri elde edilmiştir. Diğerinde 7.752 değerine karşılık %41,7'lik azalma oluşmuştur. Atıl kapasitede oluşan azalmanın sonucu, 5.709 adet pres işleminin yapılabilmesi mümkün olmuştur.

3. Arıza sayıları yönünden bakım politikaları karşılaştırıldığında, sabit zaman aralıklı bakım politikasında 1.275 arıza; arıza sayısına bağlı bakım politikasında 1.088 arıza oluşmuştur. İkinci bakım politikası arıza sayılarını birincisine oranla %14,6 azaltmıştır.

4. Koruyucu bakım aralığı sayısı, bir yıllık süre için 25 ve 31 olarak elde edilmiştir. Sabit zaman aralıklı bakım politikasında 25 kez koruyucu bakım uygulanmıştır. Arıza sayısına bağlı bakım ile karşılaştırıldığında bakım aralıklarının optimum belirlenmediği söylenebilir. Yanlış bakım aralığı seçiminin yansıması olarak daha fazla arıza sayısı, kusurlu ürün sayısı, kapasite kaybı v.b. değerleri elde edilmiştir.

5. Kaynak kullanım oranları, arıza sayısına bağlı bakım politikasında daha yüksektir. Burada kaynakların %90,4'ü üretim, %8'i tamirler ve geri kalan süre koruyucu bakım aralıkları için kullanılırken, sabit süreli koruyucu bakım politikasında, kaynakların %83,8'i üretim, %13,4'ü tamirler ve %2,8'i koruyucu bakım aralıkları için kullanılmıştır.

6. Gerçekleşen kalite oranlarına göre, arıza sayısına bağlı bakım politikası %3,6'lık artış sağlamıştır. Koruyucu bakım aralıklarının sabit aralıklarla yapılması halinde üretimin %1,76'sı, arıza sayısına bağlı koruyucu bakım politikasında ise %1,4'ü kusurludur.

7. Ortalama üretim süreleri yönünden her iki bakım politikası da yakın sonuçlar üretmiştir. Ancak bu ortalama süre içinde, levhaların tamir ya da bakım süreleri boyunca beklemeleri de dahildir. Arıza sayısına bağlı bakım politikası altında her bir levhanın sistem içinde kalış süresi 6 saniye daha kısadır.

8. Ortalama üretim sürelerinin yakın değerler göstermesine karşılık, bu sürelerin standart sapmaları arasındaki fark büyüktür. Arıza sayısına bağlı koruyucu bakım altında, üretim süresi 6,18 dakikalık standart sapma gösterirken, sabit süreli koruyucu bakım altında, 11,12 dakikalık standart sapma göstermiştir. Bu, arıza sayısına bağlı bakım politikasının, tamir ve bakım sürelerindeki değişkenliği azaltmada daha başarılı olduğu anlamına gelir.

9. Üretim hızları, bir yıllık üretim süresine karşılık gelen sürenin ilgili bakım politikası altında bu süre içinde üretimi gerçekleştirilen pres sayısına bölünmesi ile elde edilen süreler olarak karşılaştırıldığında, sabit zaman aralıklı bakım politikası için 7,2 dakika, arıza sayısına bağlı bakım politikası için ise 6,7 dakika olarak bulunmuştur. Bunun anlamı, kalitenin bir boyutu olan hız kavramını karşılamada arıza sayısına bağlı bakım politikasının daha başarılı olduğudur. Ortalama her 410,08 dakikada bir arıza olması nedeniyle üretimin kesintiye uğradığı, sabit zaman aralıklı bakım politikasına karşılık; sabit süreli bakım politikasında, arızalar arası ortalama süre 464,41 dakika olarak gerçekleşmiştir. Arızalar arası ortalama sürenin standart sapması, sabit zaman aralıklı bakım politikasında 74,47 dakika olmasına karşılık, arıza sayısına bağlı bakım politikasında bu değer 22,72 dakika olarak gerçekleşmiştir. Arızalar arası ortalama sürenin büyük olması, sürecin daha uzun süre kesintiye ve hız kaybına uğramadan üretim yapılabilmesini olanaklı kılar.

10. Simulasyon modellerinin ürettiği sonuçları, iç müşteri, dış müşteri ve hizmet etkenliği açılarından değerlendirdiğimizde genel olarak arıza sayısına bağlı bakım politikası daha olumludur. Bu bakım politikası altında, 1.088 kez arıza oluşmuştur. Bunun anlamı, iç müşterilerin bir sonraki sürece sundukları hizmetin, arızalar nedeniyle 1.088 kez gecikmesi ve iç başarısızlık kalite maliyetinin oluşmasıdır. İç müşteriler arasındaki gecikmelerin toplamının bir yansıması olarak üretilen levhaların dış müşteriye zamanında teslimi yapılamayacağı için dış müşteri tatmini oluşmayacak ve bu da dış başarısızlık kalite maliyetinin oluşmasına neden olacaktır. Sabit süreli bakım politikası da, iç ve dış müşteri

tatmininin oluşmasında daha başarılı değildir. Çünkü 1.275 kez makinaların üretim şartları dışına çıkışı arıza ile sonuçlanmış, hizmetlerin bir sonraki müşteriye teslimi tamir süresince gecikmiş ve bu gecikmelerin toplamının yansımaları olarak dış müşteriye zamanında teslim edilememesinin sonucu olarak dış müşteri tatminsizliği ve dış başarısızlık kalite maliyeti oluşmuştur. Bunun sonucu olarak müşteri gözünde kaliteye ulaşamamıştır.

Hizmet etkenliği, her iki bakım politikası için negatiftir. Bunun anlamı, üretim süreci içinde gecikmelerin olduğudur. Ancak arıza sayılarına bağlı olarak yapılan koruyucu bakımın servis etkenliği negatif olmasına karşın sıfır değerine daha yakındır. Bunun anlamı gecikmelerin daha az olmasıdır.

11. Üretim sisteminin arıza karakteristiğinin simülasyonunun yapılması, uygulamada işletmelere; farklı parametre değerlerine karşılık üretim sisteminin ne değerler üreteceği, alınan sipariş miktarının ne kadar süre içinde üretilebileceği gibi sonuçları verebilmesidir. Sipariş teslim tarihinin doğru olarak tahmini, dış müşteri tatminini sağlamada yararlı olacaktır.

4.2. Öneriler

1. Bu çalışmada tüm üretim sistemi tek birim olarak modellenmiştir. Bundan dolayı tüm sistemin arıza karakteristiği tek bir dağılımla değerlendirilmiştir. Yeterli ve amaca uygun verilerin elde edilebilir olması halinde arıza karakteristikleri, iş istasyonları ve parça başına modellenilebilir. Bu şekilde yapılacak bir çalışmanın daha güvenilir sonuçlar üreteceği tahmin edilebilir.

2. Üretimde kullanılan makinalar, zamanla ve kullanımla üretim koşulları dışına çıkma eğilimi gösterirler. Bu eğilim, arızanın ortaya çıkışıyla sonuçlanır. Bu çalışmada, arıza anında üretimin kesilmesiyle oluşan kayıplar hatalı üretim olarak alınmıştır. Makinaların, hataya ulaşmaya kadar geçen süre içinde ürettiği ürünlerin hatalılığı daha sonra yapılacak çalışmalarda incelenebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Drucker, F.P., Gelecek İçin Yönetim: 1990'lar ve Sonrası, 3. Baskı, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1995.
2. Wal, R.W.E. ve Lynn, D., Total Productive Maintenance in a South African Pulp and Paper Company: A Case Study, The TQM Magazine, 14, 6 (2002) 359-366.
3. Day, G.S., Market Driven Strategy, The Free Press, New York, 1990.
4. Porter, M.E., Competitive Strategy, The Free Press, New York, 1980.
5. Ophuis, P.A.M.O., ve Trijp, H.C.M.V., Perceived Quality: A Market Driven and Consumer Oriented Approach, Food Quality and Preference, 6 (1995) 177-183.
6. Montgomery, D.C., Introduction to Statistical Quality Control, 2. Baskı, John Willey & Sons, ISBN 0-4711-51988-X, 1991.
7. Kavrakoğlu, İ., Toplam Kalite Yönetimi, Kalder Yayınları 2, İstanbul, 1994.
8. Hansen, E., ve Bush, R.J., Understanding Customer Quality Requirements - Model and Application, Industrial Marketing Management, 28 (1999) 119-130.
9. Wassenhove, L.N.V., Vanneste, S.G., An Integrated and Structured Approach to Improve Maintenance, European Journal of Operational Research, 82 (1995) 241-257.
10. Hofer, P., Market Effects of Wood Promotion, Forest Products Annual Market Review, UNECE/FAO 2001-2002, Switzerland, 29-39.
11. Kobu, B., Üretim Yönetimi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No: 260, İstanbul, 1993.
12. Valdez-Flores, C. ve Feldman, R.M., A Survey of Preventive Maintenance Models for Stochastically Deteriorating Single-Unit Systems, Naval Research Logistics, 36, (1989) 419-446.
13. Kardon, B. ve Fredendall, L.D., Incorporating Overall Probability of System Failure into a Preventive Maintenance Model for a Serial System, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 8, 4 (2002) 331-345.
14. Barlow, R. E., Hunter, L.C., and Proschan, F., Optimum Checking Procedures, Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 4 (1963) 1078-1095.

15. Beichelt, F., Minimal Inspection Strategies for Single Unit Systems, Naval Research Logistics Quarterly, 28 (1981) 375-381.
16. Luss, H., Maintenance Policies when Deterioration Can Be Observed by Inspection, Operations Research, 24 (1976) 359-366.
17. Sengupta, B., Maintenance Policies under Imperfect Information, European Journal of Operations Research, 5 (1980) 198-204.
18. Zuckermann, D., Inspection and Replacement Policies, Journal of Applied Probability, 17 (1980) 168-177.
19. Abdel-Hameed, M., Inspection and Maintenance Policies of Devices Subject to Deterioration, Advances in Applied Probability, 10 (1987) 917-931.
20. Rosenfield, D., Markovian Deterioration with Uncertain Information, Operations Research, 24 (1976) 141-155 .
21. Rosenfield, D., Markovian Deterioration with Uncertain Information - A More General Model, Naval Research Logistics Quarterly, 23 (1976) 389-405.
22. White, C.C., Optimal Control-Limit Strategies for a Partially Observed Replacement Problem, International Journal of Systems Science, 10 (1979) 321-331.
23. White, C.C., Optimal Inspection and Repair for a Production Process Subject to Deterioration, Journal of the Operational Research Society, 29 (1978) 235-243.
24. Kander, Z., Inspection Policies for Deteriorating Equipment Characterized by N Quality Levels, Naval Research Logistics Quarterly, 25 (1978) 243-255.
25. Nakagawa, T., Periodic Inspection Policy with Preventive Maintenance, Naval Research Logistics Quarterly, 31 (1984) 33-40.
26. Menipaz, E., Cost Optimization of Some Stochastic Maintenance Policies, IEEE Transactions on Reliability, R-28 (1979) 133-136 .
27. Luss, H., Inspection Policies for a System which is Inoperative During Inspection Periods, AIIE Transactions, 9 (1977) 189-194.
28. Wattanapoom, N., and Shaw, L., Optimal Inspection Schedules for Failure Detection in a Model where Tests Hasten Failures, Operations Research, 27 (1979) 303-317.
29. Keller, J. B., Optimum Inspection Policies, Management Science, 28 (1982) 447-450.
30. Schlutz, C. R., A Note on Computing Periodic Inspection Policies, Management Science, 31 (1985) 1592-1596.

31. Anbar, D., An Asymptotically Optimal Inspection Policy, Naval Research Logistics Quarterly, 23 (1976) 211-218.
32. Nakagawa, T. ve Yasui, K., Approximate Calculation of Optimal Inspection Times, Journal of the Operational Research Society, 31 (1980) 851-853.
33. Munford, A. G., Comparison Among Certain Inspection Policies, Management Science, 27 (1981) 260-267.
34. Christer, A. H. ve Waller, W. M., Delay Time Models of Industrial Inspection Maintenance Problems, Journal of the Operational Research Society, 35 (1984) 401-406.
35. Chou, C-K. and Butler, D. A., Assessment of Hazardous - Inspection Policies, Naval Research Logistics Quarterly, 30 (1983) 171-177.
36. Butler, D. A., A Hazardous-Inspection Model, Management Science, 25 (1979)79-89.
37. Barlow, R. ve Hunter, L. C., Optimum Preventive Maintenance Policies, Operations Research, 8 (1960) 90-100.
38. Tilquin, C. and Cléroux, R., Periodic Replacement with Minimal Repair at Failure and Adjustment Costs, Naval Research Logistics Quarterly, 22 (1975) 243-254.
39. Tilquin, C. and Cléroux, R., Periodic Replacement with Minimal Repair at Failure and General Cost Function, Journal of Statistical Computer Simulation, 4 (1985) 63-77.
40. Cléroux, R., Cubuc, S., ve Tilquin, C., The Age Replacement problem with Minimal repair Costs, Operations Research, 27 (1979) 1158-1167.
41. Boland, P.J., ve Proschan, F., Periodic Replacement with Increasing Minimal Repair Costs at Failure, Operations Research, 30 (1983) 1183-1189.
42. Boland, P.J., Periodic Replacement when Minimal Repair Costs Vary with Time, Naval Research Logistics Quarterly, 29 (1982) 541-546.
43. Abdel-Hameed, M., An Imperfect Maintenance Model with Block Replacements, Applied Stochastic Models and Data Analysis, 3 (1987) 63-72.
44. Aven, T., Optimal Replacement under a Minimal Repair Strategy - A General Failure Model, Advances in Applied Probability, 15 (1983) 198-211.
45. Muth, E. J., An Optimal Decision Rule for Repair Replacement, IEEE Transactions on Reliability, R-26 (1977) 179-1181.

46. Park, K. S., Optimal Number of Minimal Repairs Before Replacement, IEEE Transactions on Reliability, R-28 (1979) 137-140.
47. Phelps, R. I., Replacement Policies under Minimal Repair, Journal of the Operational Research Society, 32 (1981) 549-554.
48. Phelps, R. I., Replacement Policies under Minimal Repair, Journal of the Operational Society, 34 (1983) 425-427.
49. Nakagawa, T., A Summary of Periodic Replacement with Minimal Repair at Failure, Journal of the Operations Research Society of Japan, 24 (1981) 213-228.
50. Nakagawa, T., Modified Periodic Replacement with Minimal Repair at Failure, IEEE Transactions on Reliability, R-30 (1981) 165-168.
51. Nakagawa T., Modified Discrete Preventive Maintenance Policies, Naval Research Logistics Quarterly, 33 (1986) 703-715.
52. Nakagawa T., Periodic and Sequential Preventive Maintenance Policies, Journal of Applied Probability, 23 (1986) 536-542.
53. Nakagawa T., Imperfect Preventive-Maintenance, IEEE Transactions on Reliability, R-28 (1979) 402.
54. Sherif, Y.S., ve Smith, M.L., Optimal Maintenance Models for Systems Subject to Failure-A Review, Naval Research Logistics Quarterly, 28, 1 (1981) 47-74
55. Hsu, L.F., ve Kuo, S., Design of Optimal Maintenance Policies Based on On-line Sampling Plans, European Journal of Operational Research, 86 (1995) 345-357.
56. Pham, H., ve Wang, H., Imperfect Maintenance, European Journal of Operational Research, 94, 3 (1996) 425-438.
57. Edwards, D.J., Holt, G.D., ve Harris, F.C., Predictive Maintenance Techniques and Their Relevance to Construction Plant, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 4, 1 (1998) 25-37.
58. Nakajima, S., Introduction to TPM, Productivity Press, Cambridge,1988.
59. Kennedy, W.J., Issues in the Maintenance of Flexible Manufacturing Systems, Maintenance Management International, 7 (1987) 43-52.
60. Johnson, P., Towards an Holistic Understanding of Disruptions in Operations Management, Journal of Operations Management, 18 (2000) 701-718.
61. Patterson, J.W., Fredendall, L.D., Kennedy, W.J., ve McGee, A., Adapting Total Productive Maintenance to Asten, Production and Inventory Management Journal, , 37, 4 (1996) 32-37.

62. Pintelon, L.M., ve Gelders, L.F., Maintenance Management Decision Making, European Journal of Operational Research, 58 (1992) 301-317.
63. Adams, J.L., Bir Mühendisin Dünyası, 8.Baskı, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu, , ISBN 975 403 019 7, Ankara, 1999.
64. Sherwin, D. J., The Reliability, Availability and Productiveness of Systems, Chapman & Hall, London.
65. August, J., Applied Reliability-Centered Maintenance, , PennWell, ISBN 0-87814-746-2, Uklahoma, 1999.
66. Meeker, W.Q., Statistical Methods for Reliability Data, John Willey & Sons, New York, 1998.
67. Johnson, P., The Status of Maintenance Management in Swedish Manufacturing Firms, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3, 4 (1997) 233-258.
68. Christer, A.H., ve Wang, W., A Simple Condition Monitoring Model for a Direct Monitoring Process, European Journal of Operational Research, 82 (1995) 258-269.
69. Maggard, B.N., ve Rhyne, D.M., Total Productive Maintenance: Timely Integration of Production and Maintenance, Production and Inventory Management Journal, 33, 4 (1992) 6-10.
70. Sandve, K., ve Aven, T., Cost Optimal Replacement of Monotone, Repairable Systems, European Journal of Operational Research, 116 (1999) 235-248.
71. Brown, M., ve Proschan, F., Imperfect Repair, Journal of Applied Probability, 30 (1983) 194-206.
72. Nakagawa, T., ve Yasui, K., Optimum Policies for a System with Imperfect Maintenance, IEEE Transactions on Reliability, R-36/, 5 (1987) 631-643.
73. Murthy, D.N.P., ve Asgharizadeh, E., Optimal Decision Making in a Maintenance Service Operation, European Journal of Operational Research, 116 (1999) 259-273.
74. Tsuchiya, S., Quality Maintenance: Zero Defects Through Equipment Management, Productivity Press, Cambridge, 1992.
75. McKone, K.E., Schroder, R.G., ve Cua, K.O., Total Productive Maintenance: A Contextual View, Journal of Operations Management, 17 (1999) 123-144.
76. Vineyard, M., Amoaka-Gyampah, K., Meredith., J.R., Failure Rate Distribution for Flexible Manufacturing Systems: An Empirical Study, European Journal of Operational Research, 116 (1999) 139-155.

77. Dhakar, T.S., Schmidt, C.P., ve Miller, D.M., Base Stock Level Determination for High Cost Low Demand Critical Repairable Spares, Computers Operations Research, 4, 21 (1994) 411-420.
78. Durmuşoğlu, S., Simulation of Pull Type Manufacturing System for Evaluating Maintenance Planning, International Journal of Production Economics, 30-31 (1993) 43-52.
79. Schouten, F.A., ve Vanneste, S.G., Maintenance Optimization of a Production System with Buffer Capacity, European Journal of Operational Research, 82 (1995) 323-338.
80. Sarker, R., Haque, A., Optimization of Maintenance and Spare Provisioning Policy Using Simulation, Applied Mathematical Modelling, 24 (2000) 751-760.
81. Kuei, C.H., Madu, C.N., Polynomial Metamodelling and Taguchi Designs in Simulation with Application to the Maintenance Float System, European Journal of Operational Research, 72 (1994) 364-375.
82. Wartenhorst, P., N Parallel Queuing Systems with Server Breakdown and Repair, European Journal of Operational Research, 82 (1995) 302-322.
83. Juran, J.M., Quality Control Handbook, 3. Baskı, McGraw-Hill, 1975.
84. Anonim, TSE-ISO 9005 Kalite Sözlüğü, TSE Yayını, Ankara, Aralık 1994.
85. Anonim, Kalite Notları, Türk Standartları Enstitüsü, 1995
86. Atayeter, C., Kalite Yönetimi, Ders Notları (Yayınlanmamış), Trabzon, 1995.
87. Montgomery, D.C., Introduction to Statistical Control, John Willey & Sons, Inc., New York, 1985.
88. Ben-Daya, M. ve Duffuaa, S.O., Maintenance and Quality: The Missing Link, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1, 1 (1996) 20-26.
89. Hax, A.C., ve Candea, D., Production and Inventory Management, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
90. Silver, E.A., ve Peterson, R., Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, John Willey & Sons, New York, 1985.
91. Porteus, E.L., Optimal Lot Sizing, Process Quality Improvement and Set-up Cost Reduction, Operations Research, 34 (1986) 137-44.
92. Svensson, G., A Generic Conceptual Framework of Interactive Service Quality, Managing Service Quality, 13, 4 (2003) 267-275.

93. Farner, S., Luthans, F. ve Sommer, S.M., An Emprical Assessment of Internal Customer Service, Managing Service Quality, 11,5 (2001) 350-358,
94. Gilbert, G.R., Measuring Internal Customer Satisfaction, Managing Service Quality, 10, 3 (2000) 178-186.
95. Juran, J.M., Universal Approach to Managing for Quality, Quality Progress, 19 (1986) 10-24.
96. Parasuraman, A., Leonard, L.B. ve Zeithaml, V.A., Understanding Customer Expectations of Service, Sloan Management Review, (1991) 39-48.
97. Chang, G.S., A Total for Business Re-Engineering - Time Efficiency Management, Management Magazine, 242 (1994) 68-72.
98. Chen, J.P., Chen, C.K. ve Chen, K.S., The Integrated Evaluation Model for Administration Quality Based Service Time, Managing Service Quality, 11,5 (2001) 342-349.
99. Özcan, B., Orman Ürünleri Sanayinin Önemi ve Ülke Ekonomisine Katkısı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, 61 (1991) 16.
100. Anonim, Orman Ürünleri Sanayi Genel Müdürlüğü 1980-1990 Faaliyetleri, Gelişim Matbası, Ankara, 1991.
101. Akyüz, K.C., Doğu Karadeniz Bölgesinde Yeralan Küçük ve Orta Ölçekli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Yapısal Analizi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
102. Bali, R., Trade Links Strengthening as Turkey's Forest Sector is Modernized Turkey's Forest Products Markets, Forest Products Annual Market Review, 2001-2002
103. Tarıkahya, F.N., Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayi Yapısı ve Verimlilik Göstergeleri, MPM Yayınları No: 588, Ankara, 1996.
104. Anonim, Yonga Levha ve Lif Levha Üreticileri Birliği.
105. Anonim, Forest Products Statistics 1997-2001, UN/ECE Trade Division, Switzerland 2002.
106. Cındık, H., Top, Y., Karayılmazlar, S. ve Akyüz, K.C., Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayinde Kalite Yönetimi Üzerine Bir Araştırma: Karadeniz Bölgesi Örneği, Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu, Bildiri Kitabı, İstanbul, 21-23 Ekim 1998.

107. Üçüncü, K., Tesis Planlama, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2003
108. Halaç, O., İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, İşletme Fakültesi Yayın No: 2936, İstanbul, 1982.
109. Pritsker, A.A.B., ve O'Reilly J.J., Simulation with Visual Slam and AweSim, John Willey & Sons, 1999.
110. Banks, J., Handbook of Simulation: Principles, Methods, Advances, Applications and Practise, Willey, New York, 1998.
111. O'Reilly J.J., and Lilegdon, W.R., Introduction to AweSim, Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, 1999.
112. Pritsker, A.A.B., ve O'Reilly, J.J., AweSim: The Integrated Simulation System, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1998.
113. Banks J., Burnette B., Kozloski H., ve Rose J., Introduction to Siman V and Cinema V, John Willey & Sons, New York, 1995.
114. Mann, L., Saxena, A. ve Knapp, G.M., Statistical-Based or Condition-Based Preventive Maintenance, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1, 1 (1995) 46-59.
115. Kobbacy, K.A.H., Percy, D.F. ve Fawzi, B.B., Small Data Sets and Preventive Maintenance Modelling, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3, 2 (1997) 136-142.
116. Cavalier, M.P. ve Knapp, G.M., Reducing Preventive Maintenance Cost Error Caused by Uncertainty, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2, 3 (1996) 21-36.
117. Al-Najjar, B., Economic Criteria to Select a Cost - Effective Maintenance Policy, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 5, 3 (1999) 236-247.
118. Koelsch, J.R., A Dose of TPM: Down Time Needn't Be a Bitter Pill, Manufacturing Engineering, April (1993) 63-66.
119. Ferrari, E., Pareschi, A., Persona, A. ve Regattierei, A., TPM: Situation and Procedure for a Soft Introduction in Italian Factories, The TQM Magazine, 14, 6 (2002) 350-358.

URL-1. <http://online.anu.edu.au/Forestry/wood/mdf/manufacture.html>, 10 Ocak 2004

6. EKLER

Ek 1.Toplam süresi 520.000 olan arıza sayılarına bağlı olarak yapılan bakım için kurulan modelin simülasyon akışının ilk 1000 dakikalık kesiti.

0.000000 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 1
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
0.000000 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 1
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.039890
5.981854 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 3
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
5.981854 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 3
6.039890 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 1
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.990767
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
6.039890 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 1
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
6.039890 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 1
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
6.039890 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 1
11.867777 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 4
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
11.867777 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 4
12.030657 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 3
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.964759
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
12.030657 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 3
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
12.030657 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 3
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
12.030657 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 3
17.964372 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 5
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
17.964372 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 5
17.995416 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 4
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.080625
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
17.995416 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 4
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
17.995416 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 4
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
17.995416 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 4
23.924743 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 6
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
23.924743 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 6
24.076040 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 5

release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.057450
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
24.076040 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 5
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
24.076040 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 5
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
24.076040 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 5
29.813073 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 7
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
29.813073 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 7
30.133490 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 6
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.092167
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
30.133490 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 6
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
30.133490 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 6
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
30.133490 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 6
35.709317 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 8
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
35.709317 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 8
36.225657 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 7
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.904896
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
36.225657 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 7
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
36.225657 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 7
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
36.225657 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 7
41.774920 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 9
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
41.774920 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 9
42.130552 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 8
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.862566
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
42.130552 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 8
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
42.130552 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 8
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
42.130552 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 8
47.791947 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 10
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
47.791947 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 10
47.993118 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 9
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.039748
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
47.993118 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 9

release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 47.993118 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 9
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 47.993118 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 9
 53.671546 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 11
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 53.671546 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 11
 54.032866 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 10
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.032991
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 54.032866 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 10
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 54.032866 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 10
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 54.032866 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 10
 59.726184 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 12
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 59.726184 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 12
 60.065857 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 11
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.979128
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 60.065857 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 11
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 60.065857 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 11
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 60.065857 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 11
 65.949839 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 13
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 65.949839 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 13
 66.044985 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 12
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.110797
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 66.044985 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 12
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 66.044985 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 12
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 66.044985 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 12
 71.800547 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 14
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 71.800547 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 14
 72.155782 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 13
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.026242
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 72.155782 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 13
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 72.155782 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 13
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000

72.155782 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 13
77.789892 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 15
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
77.789892 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 15
78.182024 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 14
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.994740
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
78.182024 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 14
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
78.182024 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 14
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
78.182024 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 14
83.659993 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 16
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
83.659993 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 16
84.176764 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 15
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.966115
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
84.176764 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 15
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
84.176764 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 15
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
84.176764 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 15
89.855311 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 17
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
89.855311 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 17
90.142879 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 16
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.102886
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
90.142879 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 16
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
90.142879 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 16
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
90.142879 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 16
95.929616 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 18
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
95.929616 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 18
96.245765 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 17
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.042698
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
96.245765 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 17
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
96.245765 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 17
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
96.245765 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 17
102.014250 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 19
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

102.014250 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 19
 102.288463 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 18
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.988539
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 102.288463 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 18
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 102.288463 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 18
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 102.288463 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 18
 107.948020 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 20
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 107.948020 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 20
 108.277001 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 19
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.166786
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 108.277001 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 19
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 108.277001 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 19
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 108.277001 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 19
 114.147206 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 21
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 114.147206 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 21
 114.443787 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 20
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.884616
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 114.443787 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 20
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 114.443787 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 20
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 114.443787 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 20
 120.210862 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 22
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 120.210862 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 22
 120.328403 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 21
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.065616
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 120.328403 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 21
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 120.328403 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 21
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 120.328403 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 21
 126.301015 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 23
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 126.301015 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 23
 126.394020 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 22
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.816534

release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 126.394020 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 22
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 126.394020 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 22
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 126.394020 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 22
 132.210554 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 23
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 132.210554 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 23
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 132.210554 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 23
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 132.210554 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 23
 132.340179 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 24
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 132.340179 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 24
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.016195
 138.235326 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 25
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 138.235326 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 25
 138.356375 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 24
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.133280
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 138.356375 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 24
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 138.356375 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 24
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 138.356375 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 24
 144.312941 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 26
 44.312941 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 26
 144.489655 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 25
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.007005
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 144.489655 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 25
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 144.489655 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 25
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 144.489655 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 25
 150.209422 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 27
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 150.209422 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 27
 150.496660 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 26
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.000464
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 150.496660 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 26
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 150.496660 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 26

release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 150.496660 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 26
 156.254377 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 28
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 156.254377 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 28
 156.497123 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 27
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.013178
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 156.497123 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 27
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 156.497123 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 27
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 156.497123 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 27
 162.345210 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 29
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 162.345210 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 29
 162.510301 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 28
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.141398
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 162.510301 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 28
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 162.510301 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 28
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 162.510301 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 28
 168.070266 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 30
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 168.070266 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 30
 168.651699 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 29
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.807620
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 168.651699 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 29
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 168.651699 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 29
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 168.651699 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 29
 174.339991 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 31
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 174.339991 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 31
 174.459319 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 30
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.099669
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 174.459319 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 30
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 174.459319 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 30
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 174.459319 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 30
 180.400283 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 32

release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 180.400283 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 32
 180.558987 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 31
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.023532
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 180.558987 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 31
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 180.558987 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 31
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 180.558987 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 31
 186.218994 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 33
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 186.218994 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 33
 186.582519 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 32
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.864320
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 186.582519 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 32
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 186.582519 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 32
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 186.582519 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 32
 192.271503 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 34
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 192.271503 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 34
 192.446839 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 33
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.124065
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 192.446839 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 33
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 192.446839 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 33
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 192.446839 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 33
 198.343766 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 35
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 198.343766 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 35
 198.570905 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 34
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.916001
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 198.570905 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 34
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 198.570905 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 34
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 198.570905 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 34
 204.474196 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 36
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 204.474196 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 36
 204.486906 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 35

release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.140783
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 204.486906 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 35
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 204.486906 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 35
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 204.486906 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 35
 210.571439 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 37
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 210.571439 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 37
 210.627690 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 36
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.966572
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 210.627690 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 36
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 210.627690 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 36
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 210.627690 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 36
 216.390510 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 38
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 216.390510 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 38
 216.594262 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 37
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.936712
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 216.594262 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 37
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 216.594262 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 37
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 216.594262 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 37
 222.394906 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 39
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 222.394906 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 39
 222.530974 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 38
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.119979
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 222.530974 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 38
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 222.530974 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 38
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 222.530974 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 38
 228.540878 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 40
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 228.540878 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 40
 228.650953 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 39
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.105299
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 228.650953 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 39

release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 228.650953 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 39
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 228.650953 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 39
 234.387487 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 41
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 234.387487 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 41
 234.756252 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 40
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.947868
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 234.756252 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 40
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 234.756252 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 40
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 234.756252 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 40
 240.330394 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 42
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 240.330394 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 42
 240.704120 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 41
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.908572
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 240.704120 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 41
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 240.704120 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 41
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 240.704120 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 41
 246.357028 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 43
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 246.357028 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 43
 246.612692 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 42
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.016212
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 246.612692 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 42
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 246.612692 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 42
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 246.612692 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 42
 252.298636 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 44
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 252.298636 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 44
 252.628904 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 43
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.891005
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 252.628904 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 43
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 252.628904 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 43
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000

252.628904 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 43
 258.278795 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 45
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 258.278795 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 45
 258.519909 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 44
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.797325
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 258.519909 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 44
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 258.519909 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 44
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 258.519909 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 44
 264.116125 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 46
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 264.116125 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 46
 264.317234 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 45
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.857858
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 264.317234 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 45
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 264.317234 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 45
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 264.317234 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 45
 269.982573 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 47
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 269.982573 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 47
 270.175092 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 46
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.941417
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 270.175092 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 46
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 270.175092 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 46
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 270.175092 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 46
 275.776973 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 48
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
 275.776973 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 48
 276.116509 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 47
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.986091
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
 276.116509 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 47
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
 276.116509 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 47
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
 276.116509 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 47
 281.802092 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 49
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

281.802092 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 49
282.102600 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 48
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.008186
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
282.102600 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 48
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
282.102600 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 48
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
282.102600 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 48
287.929485 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 50
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
287.929485 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 50
288.110786 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 49
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.214386
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
288.110786 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 49
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
288.110786 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 49
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
288.110786 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 49
294.012810 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 51
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
294.012810 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 51
294.325172 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 50
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.180611
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
294.325172 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 50
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
294.325172 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 50
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
294.325172 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 50
299.948145 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 52
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
299.948145 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 52
300.000000 CREATE ARIZA(NET_2.NET:16) Arrival of entity 2
release ACTIVITY (NET_2.NET:17) dur. 0.000000
300.000000 GOON (NET_2.NET:18) Arrival of entity 2
release ACTIVITY (NET_2.NET:19) dur. 0.000000
release ACTIVITY (NET_2.NET:20) dur. 0.000000
300.000000 PREEMPT KAYBEKAR(NET_2.NET:21) Arrival of entity 2
release ACTIVITY #2(NET_2.NET:22) dur. 26.318537
300.000000 COLCT VERTOPLAM4(NET_2.NET:33) Arrival of entity 51
release ACTIVITY (NET_2.NET:34) dur. 0.000000
300.000000 WRITE YAKAOL(NET_2.NET:35) Arrival of entity 51
release ACTIVITY (NET_2.NET:36) dur. 0.000000
300.000000 TERMINATE (NET_2.NET:37) Arrival of entity 51
300.000000 ACCUMULATE TOPLA(NET_2.NET:31) Arrival of entity 55

Warning (300.000000:55): Real value truncated to integer during expression evaluation.

File : NET_2.NET, Line : 31, Field : FR

305.907718 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 53
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

305.907718 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 53

305.907718 COLCT VERITOPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 53
 release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

305.907718 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 53

312.029710 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 56
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

312.029710 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 56

312.029710 COLCT VERITOPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 56
 release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

312.029710 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 56

317.921889 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 57
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

317.921889 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 57

317.921889 COLCT VERITOPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 57
 release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

317.921889 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 57

323.830747 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 58
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

323.830747 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 58

323.830747 COLCT VERITOPLAM2(NET_2.NET:13) Arrival of entity 58
 release ACTIVITY (NET_2.NET:14) dur. 0.000000

323.830747 TERMINATE (NET_2.NET:15) Arrival of entity 58

326.318537 FREE Serbest2(NET_2.NET:24) Arrival of entity 2
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.838052
 release ACTIVITY (NET_2.NET:25) dur. 0.000000

326.318537 COLCT VERITOPLAM3(NET_2.NET:26) Arrival of entity 2
 release ACTIVITY (NET_2.NET:27) dur. 0.000000

326.318537 WRITE ARZCIKT(NET_2.NET:28) Arrival of entity 2
 release ACTIVITY (NET_2.NET:29) dur. 0.000000

326.318537 TERMINATE ARIBITIS(NET_2.NET:30) Arrival of entity 2

329.818555 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 59
 release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000

329.818555 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 59

332.156589 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 52
 release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.058208

.....

release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.971401
 release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000

978.973389 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 168
 release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000

978.973389 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 168
 release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000

978.973389 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 168
984.692677 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 170
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
984.692677 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 170
984.944790 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 169
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 6.066027
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
984.944790 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 169
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
984.944790 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 169
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
984.944790 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 169
990.780750 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 171
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
990.780750 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 171
991.010816 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 170
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.978812
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
991.010816 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 170
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
991.010816 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 170
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
991.010816 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 170
996.880994 CREATE T_LEVHA(NET_2.NET:2) Arrival of entity 172
release ACTIVITY #5(NET_2.NET:3) dur. 0.000000
996.880994 AWAIT KABEKOL(NET_2.NET:4) Arrival of entity 172
996.989628 FREE SERBEST1(NET_2.NET:6) Arrival of entity 171
release ACTIVITY #1(NET_2.NET:5) dur. 5.909547
release ACTIVITY (NET_2.NET:7) dur. 0.000000
996.989628 COLCT VERITOP1(NET_2.NET:8) Arrival of entity 171
release ACTIVITY (NET_2.NET:9) dur. 0.000000
996.989628 WRITE URETVER(NET_2.NET:10) Arrival of entity 171
release ACTIVITY (NET_2.NET:11) dur. 0.000000
996.989628 TERMINATE ISSONU(NET_2.NET:12) Arrival of entity 171

File : NET_2.NET, Line : 31, Field : SR

Maximum number of entities concurrently in system is 9

0 total errors during execution

ÖZGEÇMİŞ

1971 senesinde Ordu'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 1989 yılında Ordu Lisesi'ni bitirdi. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 1993 yılında mezun oldu ve yine aynı yıl K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 1996 yılında mezun oldu ve aynı anabilim dalında doktora programına girdi. Doktora süresi içinde bir yıl yurt dışında bulundu. İngilizce ve başlangıç seviyesinde Almanca bilmektedir.

