

SİMÜLASYON DESTEKLİ VARDİYA PLANLAMA MODÜLÜ GELİŞTİRİLMESİ

Halil İbrahim KORUCA

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, TÜRKİYE
koruca@mmf.sdu.edu.tr

(Geliş/Received: 18.06.2009 ; Kabul/Accepted: 14.06.2010)

ÖZET

İşgücü sayısı ve niteliğine bağlı olarak düzenlenen vardiya planlaması işletme verimliliğini doğrudan etkileyen faktörlerdendir. Küresel finans krizi sonucunda reel sektörde yaşanan talep daralması işletmelerin kısa çalışma süresi, üretime ara verme ve işçi çıkarma gibi farklı önlemler almalarına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, belirtilen muhtemel önlemlerin sonuçlarını simülasyon destekli olarak görebilmek ve kriz şartlarında farklı vardiya planlarında çalışma saatleri için doğru stratejiler ve uygulamalar belirleyebilmek için esnek bir simülasyon destekli vardiya planı modülünün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Fabrika Organizasyonu Simülasyon Yöntemi (Faborg-Sim) yazılımına vardiya planlama modülü geliştirilmiş ve kalorifer kazanı imal eden bir küçük ölçekli bir işletmede mevcut durumun belirlenmesi için iş etüdü ve veri toplama çalışması gerçekleştirilmiştir. İşletmenin mevcut veriler ve çalışma sürelerinden yola çıkılarak olası kriz ortamlarına uygun dört farklı vardiya planı senaryosu geliştirilmiştir.

Senaryolar Faborg-Sim'de modellenerek simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarından senaryoların performansıyla ilgili olarak; Kapasite kullanım oranları, dolaşım süreleri, süreçte bekleyen işler başarımı ve teslimat oranları elde edilmiştir. Sonuç olarak, kriz ortamında yeniden tanımlanan önlemleri dikkate alarak en uygun vardiya planları, bu çalışmada değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Çalışma süresi, vardiya planlama, faborg-sim, simülasyon

DEVELOPMENT OF A SIMULATION-BASED SHIFT PLANNING MODULE

ABSTRACT

The shift planning which is developed by using workforce capacity and competence is one of the main factors affecting system productivity. Companies take some serious actions as a result of global financial crisis such as shorter working hours than ever before, recession in production and laying-off workers.

In this study, it has been aimed to develop a shift planning module to decide useful strategies and applications about working hours in different shifts and to examine results of these measures during financial crisis by Faborg-Sim simulation software. In this scope, a shift planning module has been developed and integrated to Faborg-Sim software. The module has been tested in a heating manufacturing system where system data have been gathered by using work study applications. Four alternative shift planning scenarios for possible crisis have been investigated and modelled with company data by simulating on Faborg-Sim.

The workstation and personnel capacity utilization rates, lead times, work-in-process levels and delivery rates are evaluated and the results are discussed for the best efficiency shift plans.

Keywords: Working hours, shift planning, faborg-sim, simulation

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Üretim işletmelerinde işletmeler arası ulusal ve/veya uluslararası rekabet ile bölgesel ve küresel krizlerin etkisi sonucu personel yönetim anlayışında çevre şartlarına uygun olarak kısa vadede değişiklikler yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Son dönemde Amerika'da başlayan finansal kriz genel anlamda önce Avrupa olmak üzere tüm dünyayı ve özelde reel sektörü etkisi altına almıştır. Birçok sektörde olduğu gibi makine-imalat sektöründe de yüksek talep daralmalarına neden olmuştur. Bu olumsuz şartların altında üretim işletmeleri ilk olarak kısa çalışma süresi, işçi çıkarma ve üretime ara verme gibi çeşitli önlemlere yöneldikleri görülmektedir. Bu durumun etkisi ile işletmeler çalışma alışkanlıklarını değiştirmeye zorlanmakta, bu aşamada çalışma saatlerinin azaltılması ve yeni vardiya düzenlemeleri öne çıkmaktadır.

Vardiya ve iş gücü kapasitesi çizelgeleme/planlaması uygulamalarında genellikle tekli veya çoklu vardiya düzenleri üretim planlaması kapsamında dikkate alınmaktadır. Ayrıca alternatif vardiya düzenlemeleri ile işletmelerin maliyetten tasarruf yapmaya ve de verimliliklerini yükseltmeye çalıştıkları görülmektedir. Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde çalışma sürelerinin kısaltılması, işçi ve işveren tarafları arasında sürekli olarak tartışılan bir konudur. Toplu iş görüşmelerinde işçi sendikaları, işçi sağlığı ve iş güvenliğinin sağlanması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve çalışma hayatının çalışana göre düzenlenmesini istemektedirler. Bununla birlikte kriz ortamlarında işsizliğin engellenmesine ve talep daralmalarında verimliliğin artırılmasına yönelik bir tedbir olarak günlük, haftalık ve de aylık çalışma sürelerinin kısaltılması alınacak önlemler arasında yer alır.

Çalışma süresinin kısaltılması ile ilgili olarak, çıkarılan yasalar ve imzalanan toplu iş sözleşmeleri ile haftalık çalışma sürelerinin zaman içerisinde azaltıldığı görülmektedir. Örneğin; 1960 yılında Batı Avrupa ülkelerinde, imalat sanayinde ortalama haftalık çalışma süresi 46 saat iken, 1985 tarihinde bu rakam 40 saatin altına düşmüştür. Günümüzde, birçok sanayi ülkesinde haftalık çalışma süresi 40 saatin çekilmiştir. Örneğin, Almanya'da metal iş kolunda haftalık çalışma süresinin 35 saat olduğu bir gerçektir. Ancak 1970'lerden sonra meydana gelen ekonomik ve teknolojik gelişmeler, çalışma süresinin kısaltılmasına karşılık Çalışma Süresi Esnekliği (Working Time Flexibility) fikrini ön plana çıkarmıştır. Artık, işçi sendikalarının iş süresini kısaltma taleplerine karşılık işverenler talebe göre, gerekli durumda çalışma saatleri ve günlerinin esnekliğini önermektedir. İşverenler, iş yasalarının yumuşatılması ve esnekleştirilmesini talep etmektedirler. Günümüzde, çalışma süresinin esnekliği çalışma süresinin kısaltılmasından daha az tartışmalı bir konu haline

gelmiştir. Çalışma sürelerinin kısaltılması oldukça güçleşmiştir. Son olarak kamuda çalışan personelin de, esnek çalışma saatleri uygulanarak çalıştırılmasına olanak sağlayan düzenlemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada, "Fabrika Organizasyonu, Üretim Sistemi Yapılandırma ve Performans Ölçmeye Yönelik Simülasyon Yazılımı Geliştirilmesi (Faborg-Sim)" isimli TÜBİTAK destekli proje kapsamında SDÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilen Faborg-Sim simülasyon yazılımına "Vardiya Planlama" modülü eklenmiştir. Ayrıca modülün etkinliği; kriz ortamında farklılık gösteren çalışma düzenlerinin, kalorifer kazanı imalatı yapan küçük ölçekli işletmenin mevcut çalışma saatlerinden yola çıkarak alternatif vardiya planları ile simüle edilerek performansları ölçülmüştür. İşletmenin performans ölçütü olarak; Faborg-Sim Performans Değerlendirme modülünde yer alan; Personel ve İş istasyonu kapasite kullanım oranları, Dolaşım süreleri başarımları, Süreçte bekleyen işler başarımları ve Teslimat oranları belirlenmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları tartışılmıştır. Sonuç olarak, kriz ortamlarına uygun vardiya planları belirlenmesine ve işletmenin stratejik kararlarına katkı sağlamak amacıyla üretim yapan işletmelere yönelik simülasyon destekli esnek vardiya planlamaları yapabilecek bir modül geliştirilmiş ve örnek bir uygulama yapılmıştır.

2. VARDİYA PLANLAMASI (SHIFT PLANNING)

2.1 Kanun ve Yönetmelikler (Law and Regulations)

Vardiyalı çalışma sistemi eskiden beri kullanılan özellikle yüksek sıcaklıktaki fırınların çalışmasına uyum sağlamak amacıyla kesintisiz süreçlerin gerektiği demir çelik sektöründe uygulanmış ve daha sonraları diğer sanayi sektörlerinde giderek yaygınlaşmıştır [1].

Vardiyalı çalışma sistemi iş kanunlarından kaynaklanan birtakım kurallara ve sınırlamalara tabiidir. Bu kural ve sınırlamalar; haftalık ve günlük çalışma süreleri, dinlenme zamanları, fazla çalışma esasları, hafta tatili ve genel tatil vb. uygulamalarını düzenleyen genel nitelikte ama vardiya düzeninin organizasyonunda dikkate alınması gereken hukuksal düzenlemeleri kapsamaktadır [2].

Sanayi kuruluşlarında çalışma sürelerinin günde 8 saat, haftada 48 saat olarak sınırlandırılması hakkında Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO)1 sayılı sözleşmesi 13 Haziran 1921 günü yürürlüğe konulmuştur. ILO'nun çeşitli işlerde uygulanmak üzere kabul ettiği sözleşmelerde çalışma süreleri sınırlandırılmakta ve vardiya çalışmalarına ilişkin özel hükümler yer almaktadır. Bu sözleşmeler Türkiye tarafından onaylanmamıştır [3]. Avrupa Sosyal Şartı, 18 Ekim 1961 tarihinde imzalanmıştır. Bu şartlar arasında bulunan bazı hükümlerde "çalışma süresinin verimlilik artışı ile ilgili etkenlerin izin verdiği

ölçüde” tedricen azaltılmasını bir hedef olarak öngörülmektedir. Çocuk, genç ve kadın işçilerin korunmasına ilişkin düzenlemeler içermektedir. Vardiya ile ilgili olarak “gece çalışması, vardiya usulü çalışma ve çalışma düzenleri” ile ilgili sorunları gidermek amacıyla yürürlüğe konulan, Avrupa Birliği’nin (AB) 4 Kasım 2003 tarih ve 2003/88/EC sayılı Çalışma Sürelerinin Düzenlenmesine İlişkin Direktifi ile düzenlenmektedir [4].

Türkiye’de AB uyum sürecinin bir parçası olarak 2003 yılında yürürlüğe konulan 4857 sayılı İş Kanununun yürürlükten kaldırdığı 1475 sayılı İş Kanunuyla değiştirilen ve yaklaşık otuz yıllık bir döneme damgasını vuran endüstri ilişkileri sisteminde esaslı bir dönüşüm gerçekleştirilmiştir. 4857 sayılı İş Kanunu, küresel ölçekte giderek yaygınlaşan farklı istihdam biçimleri düzenleyerek; esnek çalışma uygulamalarının önündeki engelleri kaldırmıştır. ILO ve AB normları, 4857 sayılı Kanunla düzenlenen esnekliğin sınırlarını belirlemiştir [5]. 4857 sayılı İş Kanunu çalışma süreleri ve çalışma sürelerinin düzenlenmesine ilişkin olarak “çalışma süresi” başlıklı 63. maddesinde, genel olarak çalışma süresinin haftada en çok kırk beş saat olduğunu belirttiikten sonra, bu sürenin “aksi kararlaştırılmamışsa” işyerlerinde haftanın çalışılan günlerine eşit şekilde bölünerek uygulanacağını hüküm altına almıştır. 4857/63-1 maddesinde, tarafların anlaşması ile haftalık normal çalışma süresinin haftanın çalışılan günlerine; günde on bir saati ve iki aylık süre içinde de haftalık ortalama çalışma süresinin 45 saati aşmaması koşulu ile farklı şekillerde dağıtılabilmesi kabul edilmiştir. Denkleştirme süresi olarak adlandırılan bu iki aylık sürenin toplu iş sözleşmeleri ile dört aya kadar artırılabilmesi de öngörülmüştür [2].

İş kanunu, “günlük çalışma süresinin ortalama bir zamanında” bölgenin gelenekleri ve işin gereğine göre ayarlanmak suretiyle işçilere; “dört saat veya daha kısa süreli işlerde on beş dakika, dört saatten fazla ve yedi buçuk saate kadar (yedi buçuk saat dâhil) süreli işlerde yarım saat, yedi buçuk saatten fazla süreli işlerde bir saat” aralıksız olarak ara dinlenme süresi verilmesini kararlaştırmıştır. Bu sürelerin çalışma süresinden sayılmayacağını kabul etmiştir (4857/68-2, 3 ve 5). İşin niteliğine göre işin başlama ve bitiş saatleri işçiler için farklı şekilde düzenlenebilecek ve günlük çalışmanın başlama ve bitiş saatleri ile dinlenme saatleri işyerlerinde işçilere duyurulacaktır (4857/67) [1;2].

2.2. Literatür Araştırması (Literature Research)

Bir mamul ya da hizmet üretim sisteminde işgücü azaltılması sistemin toplam personel maliyetini düşürebilir, buna karşın mamul veya hizmet kalitesinin ise yetersiz kalmasına neden olabilir. Ters durumda ise işgücü fazlalığı ise personel maliyetlerini

yükseltirken gereksiz kaynak kullanımına neden olmaktadır. Bu aşamada iyi bir işgücü planlaması ve iş çizelgesi ile işlemlerin zamanlaması ve sıralanması gibi dengeler kurulmalıdır [6].

Vardiya planlama/çizelgeleme probleminin çözüm önerileri ile ilgili oldukça zengin bir literatür mevcuttur. Genellikle bir veya daha fazla vardiyalı çalışma düzenlerinin, çalışanların ve işletmenin performans göstergeleri açısından değerlendirilmesi ya da iş yükünün en küçüklenmesi gibi amaçlara yönelik gerçekleştirildiği görülmektedir.

Basit vardiya planlama problemi ilk kez Dantzig tarafından 1954 yılında tanımlanmış ve araştırmada doğrusal bir programlama modeli önerilmiştir. Vardiya planlama problemi NP-Zor (deterministik polinom zamanlı çözümü olmayan) problem sınıfına girdiğinden konuya olan ilgi azalmamıştır [6].

İşgücünün planlanmasında temel olarak iki yaklaşım kullanılmaktadır. Bunlar tek vardiya sistemi ve çoklu vardiya sistemleridir. Bu çözüm yaklaşımı farklı dört alt problem grubu için geçerlidir. Bu vardiya planlaması uygulama şekilleri, düzenli iş çizelgesi, sıkıştırılmış iş çizelgesi, hiyerarşik iş çizelgesi ve kısmi zamanlı iş çizelgesi şeklinde sıralanabilir [7].

Düzenli iş çizelgesinde haftalık toplam çalışma süresi günlere eşit olarak dağıtılır. Düzenli vardiya planı olarak genellikle haftada 5 günlük çalışma yapıldığı kabul edilir. Sıkıştırılmış veya hızlandırılmış iş çizelgesi haftalık çalışma saatinin daha az sayıda güne yayılmasından oluşur. Haftada 3 ya da 4 gün çalışma durumu bu şekilde düşünülebilir. Hiyerarşik çalışma düzeninde belirli bir işi belirli bir personelin altında başka personelin yapabilemesi ile iş rotasyonu sağlanır. Kısmi zamanlı iş çizelgesinde haftalık çalışma saatleri aynı olmamasına rağmen yıllık çalışma saati toplamda değişmeyecek şekilde düzenlenir.

Azmet ve Vidmer [7] gerçekleştirdikleri çalışmada, tek vardiyalı bir üretim sistemi için kısmi zamanlı çalışma ile minimum iş gücü kullanımını ve çalışanların kendi görevlerini daha iyi yerine getirebilmelerini sağlamak amacıyla iş gücü hesaplaması, fazla çalışma (ek mesai) yaklaşımı ve iş paylaşırma (dağıtma) aşamalarından oluşan bir algoritma geliştirmişlerdir. Toplam yıllık çalışma saatinin belirli olduğu kısmi zamanlı düzen için haftada 36 saatlik çalışma süresini, günlük 9 saat olmak üzere 4 gün/hafta ve günlük 7,2 saat olmak üzere 5 gün/hafta olarak test etmişler ve modelde İsviçre iş yasalarını dikkate almışlardır.

Hertz vd. [8], kısmi çalışma zamanını dikkate alacak şekilde çoklu vardiyalı bir sistemde işgücü planlaması optimizasyonu için esneklik kazandırmaya yönelik karmaşık tamsayılı programlama modeli önermişlerdir. Narasimhan [9] yaptığı çalışmada, haftada yedi gün çalışan endüstri işletmelerinde tek

vardiya düzeninde hiyerarşik iş çizelgesinin elde edilmesi için yapılan iş karakteristikleri ve çalışan yeteneklerine göre ekonomik olarak vardiyalara görevlendirmeler yapmaya yönelik bir optimizasyon algoritması geliştirmiştir. Slomp ve Suresh [10]'un çalışmasında ise bir, iki veya üç günlük vardiyalı üretim sistemlerinde iki aşamalı bir hedef programlama yaklaşımıyla vardiya takımları ve bunların atama görevlendirmelerini gerçekleştirmişlerdir. Birinci aşamada vardiya sistemi, ikinci aşamada ise operatörlerin atanması üzerinde sayısal programlama modeli uygulamışlardır.

İşgücü vardiya planlamasında genellikle amaç, hedeflenen üretim seviyeleri için minimum iş yükünün hesaplanmasıdır. Bu çizelgenin oluşturulmasında problemin zorluk derecesine göre sezgisel algoritmalarında kullanıldığı görülmektedir.

Lagodimos ve Leopoulos [11] tarafından tekli ve çoklu vardiya düzenleri için Greedy sezgiseli kullanılmıştır. Fowler vd. [12] ise, işgücü vardiya yönetimini iki doğrusal programlama sezgiseli geliştirerek bilgisayar çözüm süresinin kısaltılmasını amaçladıkları çalışmalarında genetik algoritma (GA) sezgiseli ile çözüm zamanı performansını değerlendirmişlerdir. Sonuçta doğrusal programlama tabanlı sezgiselin daha iyi sonuç verdiğini belirlemiştir.

Jeong [13] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, işgücünün veya iş yükünü dağıtılması gibi belirli bir amacı optimize etmeyen çalışan simülasyon tabanlı bir sistem mimarisi geliştirilmiştir. Önerilen yapıya göre bir simülasyon modeli ile birden fazla alternatif çizelgenin belirlenen sonlandırma kriterleri ve amaçlanan performans göstergesinin eniyilenmesi hedeflenmiştir. Burada kullanılan sistem verileri ile veritabanına dayalı simülasyon uygulaması ve geliştirilen iş süreç sistemi, uçak tamiri bakım işletmesinde test edilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın gelecekte kesikli olay simülatörü geliştirilmesi için altyapı çalışması olduğu belirtilmektedir.

Lin vd. [14] işgücü planlamasına yönelik bir yönetim sistemi yapısını 24 saat hizmet veren müşteri çağrı merkezi için geliştirmişlerdir. Gerekli çalışan sayısı seviyesi ile hedeflenen işsizlik oranı arasında geliştirilen regresyon modeli kullanılarak simülasyon araştırması ve karmaşık tamsayılı programlama ile iş çizelgesini belirlenmiştir. Burns ve Carter [15] tarafından işgücü büyüklüğünün değişken talep altında tek vardiyalı sistemin çizelgenmesi için önerilen algoritmanın kullanılmasıyla elle oluşturulan çizelgelere göre daha erken bitirilerek toplam bitirme süresi kısaltılmıştır.

İşgücü planlama sürecinde farklı karar destek ve yönetim sistemlerinin uygulamadaki problemin çözümünde kullanılması zorluk derecesinin

yükselmesi ile simülasyon destekli çözümlere gerek duyulmaktadır. Ernst vd. [16] yaptıkları çalışmada, vardiya planlamada karşılaşılan karmaşık problemlerin sezgisel algoritmaların bilgisayarda programlanabilmesi sayesinde kolaylıklar çözülebileceğini belirtmişlerdir.

Huang vd. [17] tarafından geliştirilen SimMan simülasyon yazılımı ile işgücü kapasite planlaması için bir simülasyon modeli önermişlerdir. Birden fazla atama kuralını ve çizelge alternatifini bir arada etkin olarak çözmeye çalışan ve bilgisayar programlaması ile geliştirilen kesikli olay simülatörü sayesinde işgücü veritabanı ile işgücünün planlanması ve vardiya atama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.3. Araştırmanın Kapsamı ve Önemi (The Importance and Scope of Research)

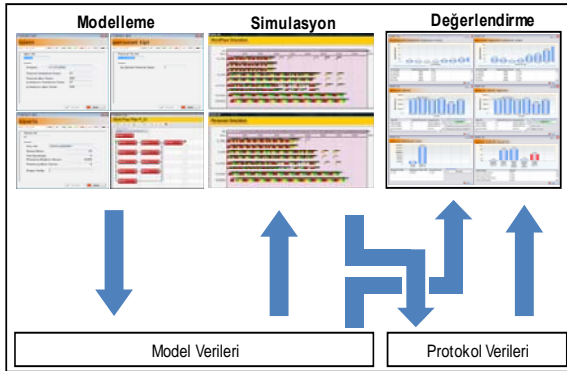
Üretim sisteminde çalışan personelin farklı çalışma süresi ve saatlerinde çalıştırılması üretim sisteminin performans ve verimlilik düzeyinin belirlenmesi amacıyla yönelik olarak vardiya planlama modülü Faborg-Sim yazılımına geliştirilerek eklenmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen modüle sistemdeki her bir personelin isteğine bağlı veya vardiya modeline bağlı olarak; çalışma ayları, haftaları, günleri uygun takvime göre, işe başlama ve iş bitiş saatleri ile çalışma süresi kısıt halinde personelin çalıştırılması mümkün hale gelmiştir. Çalışma, bu yönüyle literatürdeki araştırmalardan farklılık göstermektedir. Modülün Faborg_Sim'e entegre edilmesi sayesinde gerçek bir üretim sistemindeki gibi, birden fazla farklı vardiyaya sahip personelin modellenmesi, simüle edilebilmesi ve sistemin performans ölçme kriterleri ile değerlendirilebilmesini imkan sağlamıştır. Vardiya planlama modülü detaylı olarak Bölüm 3'te açıklanmıştır.

Vardiya planlama modülünün test edilmesine yönelik normal ve kriz şartlarındaki talep daralması düşünülerek kalorifer kazanı üretim işletmesinde mevcut durum ve alternatif vardiya plan senaryoları oluşturulmuştur. Senaryo modellerde, kısa çalışma süresi, vardiyalı çalışma ve işçi çıkarma uygulamaları dikkate alınarak simüle edilmiştir. Kriz ortamında hangi senaryo modellerinin performansları değerlendirilerek işletme için uygun vardiya planlarının belirlenmesi ve işletmenin geleceğine yönelik strateji ve önlemlerin geliştirilmesine çalışılmıştır.

3. FABORG-SİM SİMÜLASYON YÖNTEMİ (FABORG-SIM SIMULATION METHOD)

Simülasyon yönteminin üretim sistemlerinde uygulanması, verimliliğin artırılması ve süreçlerin iyileştirilmesi için dolaşım süresi ve üretim maliyetinin düşürülmesi gibi faydalarıyla birlikte, işletmeler açısından yeni bir yatırım yapmadan önce mevcut sistem kaynaklarının analizine imkân vermektedir [18].

Simülasyon yöntemi yardımıyla bir üretim işletmesinde mevcut sisteminin modellenmesi ve simüle edilmesi sonucu elde edilen performans ölçme kriterlerine göre sonuçlar değerlendirilebilir [19]. Sonuçlara göre geliştirilen alternatif organizasyon yapıları veya vardiya planlarının simülasyon koşullarında elde edilen sonuçlardan en uygun organizasyon yapısı veya vardiya düzenlemeleri belirlenebilir. Bu amaçlara yönelik geliştirilen Faborg-Sim simülasyon yazılımı modelleme, simülasyon ve değerlendirme modüllerinden oluşmakta ve Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Faborg-Sim simülasyon yazılımının genel yapısı (The general structure of Faborg-Sim software)

Faborg-Sim Modelleme Modülü; giriş parametreleri; işlem, işleme ait hazırlık ve operasyon süreleri, iş istasyonu, personel, çalışma süresi, iş akış planı, ürün, sipariş ve müşteri tanımlamalarını nicel değerler ile veri tabanına kaydeder. Ayrıca personel, fonksiyon (işlem grubu), iş istasyonu ve işlem arasındaki görevlendirmeler ile personel-çalışma saatleri arasındaki atamalar modelleme modülünde tanımlanmaktadır.

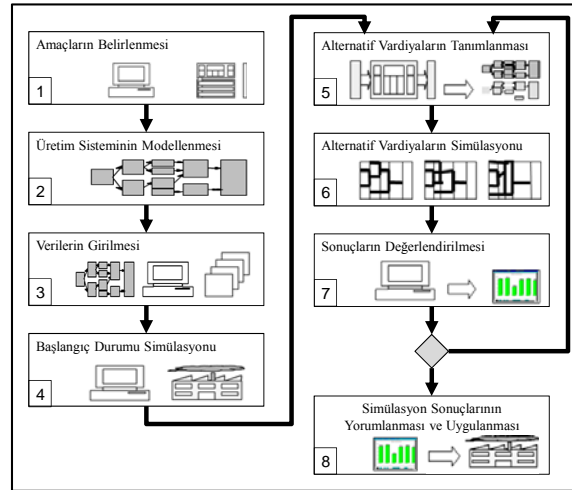
Faborg-Sim Simülasyon Modülü; modelleme menüsünde tanımlanmış ve veritabanına kaydedilmiş tüm sistem verileri iş istasyonu, personel ve üretim kaynaklarının paralel kapasitelerini de dikkate alacak şekilde üretim sisteminin simülasyonu gerçekleştirilebilir. İş akış planları, tanımlanmış ürünleri, sisteme girilen siparişleri parti büyüklükleri, planlanmış sipariş başlama zamanlarını da dikkate alacak şekilde istenilen inceleme periyodu için simüle etmekte ve sonuçları iş istasyonu ve personel Gantt şemalarında göstermektedir. Simülasyon koşumu sırasında simülasyon tarafından zamana bağlı protokol verileri sürekli kaydedilmektedir.

Faborg-Sim Değerlendirme Modülü; simüle edilen model için, modellenen üretim sistemlerinin kapasite kullanım oranı, dolaşım süresi ve dolaşım süresi sapması, süreçte bekleyen/geciken iş yükü, teslim kabiliyeti ve toplam lojistik başarımları performans ölçme değerleri belirlenebilmektedir. Bu sayede

oluşan darboğazların elimine edilmesi, teslim oranlarının yükseltilmesi, dolaşım sürelerinin kısaltılması için birtakım önlemlerin alınması mümkün hale gelir [19].

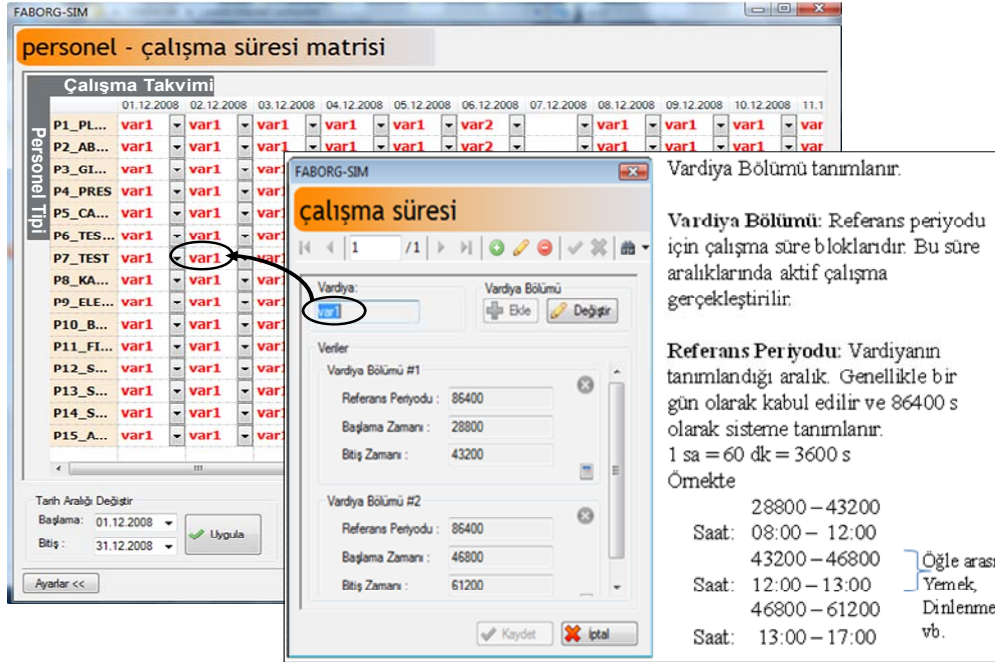
3.1.Faborg- Sim Vardiya Planlama Modülü (Faborg-Sim Shift Planning Module)

Simülasyon destekli vardiya planlamasına vardiya sisteminin amaçlarının belirlenmesi ile başlanır (Şekil 2). Belirlenen amaçlar doğrultusunda mevcut üretim sisteminin modellenmesi için sistem verilerinin toplanması ve başlangıç durum simülasyonu koşullarının gerçekleştirilmesi ile devam edilir. Elde edilen simülasyon sonuçları önceden belirlenen amacı geliştirmeye/ iyileştirmeye yönelik olarak alternatif vardiya düzenleri tanımlanır. Bu alternatif vardiya düzenlerinin simülasyon sonuçları ve diğer sonuçlar performans ölçme kriterleri ile değerlendirilerek incelenen üretim sistemi için hedeflere uygun vardiya planının üzerinde karar kılınır veya uygun alternatif senaryolarının daha fazla iyileştirilmesine devam edilir. Yeterli ve uygun sonuçlar elde edildiğinde en uygun vardiya planı gerçek sistem üzerinde uygulanır.



Şekil 2. Simülasyon destekli vardiya planlaması aşamaları (Steps of simulation based shift planning)

Geliştirilen Faborg-Sim modülü ara yüzü, çalışma saati ve süreleri ve personel vardiya planlaması ile ilgili veriler Şekil 3’te gösterilmektedir. Geliştirilen vardiya planlama modülünde, işletmeler için, molalar, dinlenmeler, yemek vb. üretime ara verme süreleri tanımlanabilmekte ve programa iş takvimi boyunca gün, ay, yıl olacak şekilde kısa ve uzun vadeli planlama yapılabilmektedir. Bu özelliği ile geliştirilen vardiya planlama modülü işe başlama zamanı ve iş süresi esnekliğine sahiptir. Sistemde yer alan tüm personel istenilen tarihte işe başlayabilmekte ve öngörülen süre kadar çalışabilecek şekilde modellenmektedir.



Şekil 3. Başlangıç Durumu Personel – çalışma süresi matrisi (A0 Modeli) (Personnel-shift planning assesment matrix for initial situation (Model A0))

4.KALORİFER KAZANI ÜRETİM İŞLETMESİNDE SİMÜLASYON DESTEKLİ VARDİYA PLANLAMASI (SIMULATION BASED SHIFT PLANNING IN A HEATING MANUFACTURING SYSTEMS)

4.1. Üretim Sistemi Analizi (Analyze of Manufacturing System)

Isıtma sistemleri sektöründe faaliyet gösteren ve merkez fabrikası Isparta'da bulunan uygulama işletmesi, Kat Kaloriferi (KK), Merkezi Kalorifer Kazanı (MK) ve kalorifer suyu sıcaklığında kullanılabilir su depolamaya yarayan Boyler (BY) olmak üzere katı, sıvı ve gaz yakıtlı ürünler imal etmektedir. İşletmenin mevcut çalışma koşullarının modellenenbilmesi için sistem analizi ve iş etüdü çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında işletmenin ürün satış oranları dikkate alınarak en fazla satılan altı farklı ürün modellenmiştir (Tablo 1). Modellenen ürünlerin iş akış planları Faborg-Sim Esnek İş Akış Planı Editörü modülünde oluşturulmuştur. Ürün iş akış planları ekran görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir.

Ayrıca, Faborg-Sim yöntemi modelleme modülünde işlem, iş istasyonu, ürün, ürün iş akış planları, işlem-iş istasyonu atamaları, sipariş sayıları tanımlanmıştır. Sistem analizi ve iş etüdü çalışmalarından üretim sistemindeki iş istasyonları ve personel atamaları gerçek sisteme uygun, eş zamanlı (paralel) olarak çalışmaktadır. Burada hangi işlemlerin yapıldığı iş istasyonları ve bu işstasyonlarında görevli olan personel tipleri Ek-1'de verilmiştir. 15 farklı iş

istasyonu tipi bulunmakta ve personel tipi için paralel birimlerin sayısı ile toplam 27 adet iş istasyonu ve personel çalışmaktadır. M3_ÇATIM ve M8_KAYNAK iş istasyonlarında sırası ile 6 ve 8 paralel iş istasyonu ve personel görev yapmaktadır. Diğer iş istasyonlarında ise paralel istasyon bulunmayıp birer personel görevlidir. Benzer şekilde, iş istasyonlarında ürün üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin detayları Ek-2'de olarak verilmiştir. İş-zaman etüdü çalışmasında her bir ürünün operasyonları (işlemleri) için hazırlık ve işlem süreleri üçer defa 2 aylık periyotlarla tekrarlanarak personel ve iş istasyonlarına göre ölçülmüş ve ölçülen değerlerin ortalamaları simülasyon modeline hazırlık ve işlem süresi olarak girilmiştir.

4.2. Başlangıç ve Alternatif Model Bilgileri (Initial and Alternative Simulation Models)

Mevcut başlangıç vardiya planına göre (A0 modeli) normal ortamda ve mesai olarak çalışılmaktadır. Plan A1 senaryo modelinde mesai kaldırılmış olmakla birlikte normal dönem olduğu düşünülmüştür. Diğer alternatif vardiya planlarda (A2, A3 ve A4) kriz durumlarında karşılaşılan talep daralmaları, kısa çalışma süreleri ve personel çıkarma önlemleri dikkate alınmıştır. Plan senaryolarında kullanılan çalışma süreleri iş kanununda belirtilen çalışma sürelerine uygundur.

Tablo 1. Ürün Bilgileri (The Product's Information)

Ürün No	Ürün Adı	Ürün Kodu	Yakıt Tipi	Üretim Yüzdesi
1	45 Bin Kcal/h KK	KK045KY	Katı	
2	80 Bin Kcal/h KK	KK080KY	Katı	% 70 - 80
3	160 Bin Kcal/h Stokerli KK	KK160KS	Katı	
4	250 Bin Kcal/h MK	MK250KY	Katı	
5	250 Bin Kcal/h MK	MK250SY	Sıvı	% 20 - 30
6	60 Lt Boyler	BY060DP	-	% 5 - 10

**Şekil 4.** Ürün İş Akış Planları (The Product's Work-Flow Diagrams)

Simülasyon plan senaryo modellerinin özellikleri aşağıda **verilmiştir**:

- **A0:** *Başlangıç vardiya planı modelinde*, işletme hafta içi 10 saat ve cumartesi günü 6 saat olmak üzere haftada toplam 56 saat çalışmaktadır. Ayrıca incelenen ürünlere ait satış yüzdeleri dikkate alınarak ürünlere göre dağıtılan ve bir aylık periyot için sisteme gelen sipariş sayısı 300 olarak alınmıştır.

- **A1:** *Alternatif-I vardiya planı modelinde*, işletme hafta içi 9'ar saatlik tek vardiya olmak üzere haftada toplam 45 saat çalışmaktadır. Burada mevcut duruma göre hafta sonu çalışma ortadan kaldırılmış ve sadece hafta içi 45 saatlik çalışma sistemine dönülmüştür.

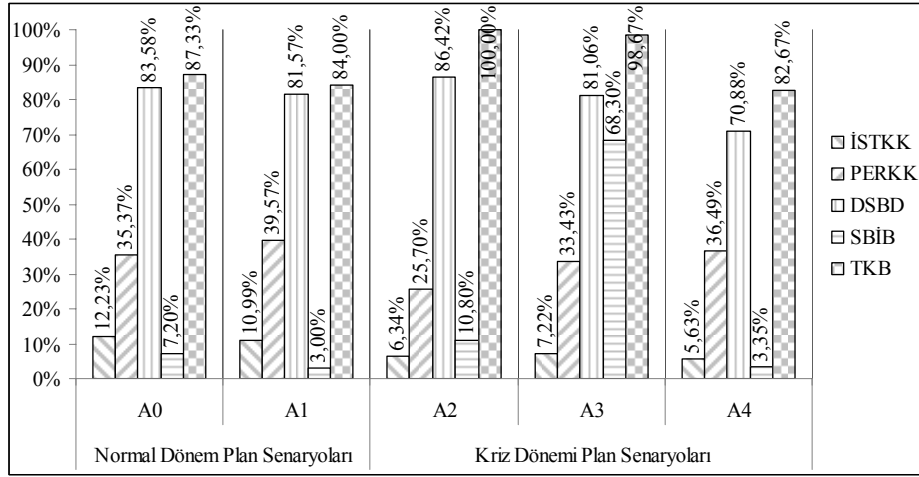
- **A2:** *Alternatif-II vardiya planı modelinde*, işletme hafta içi 8'er saatlik tek vardiya olmak üzere haftada toplam 40 saat çalışmaktadır. Burada kriz dönemleri

olduğu kabul edilerek çalışma süresi kısaltılmıştır. Sisteme gelen sipariş sayısı 150 alınarak %50 oranında kriz kaynaklı talep daralması durumunda sistem performansının nasıl olabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

- **A3:** *Alternatif-III vardiya planı modelinde*, işletme haftada 5 gün ve günde 7 saatlik tek vardiya olmak üzere haftada toplam 35 saat çalışmaktadır. Yine kriz dönemi olduğu kabul edilerek kısa süreli çalışma ve de sisteme gelen sipariş sayısı 150 alınarak %50 oranında talep daralmasının etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bu modelde P5_CATIM personel sayısı altıdan üçe düşürülerek üç personel ve P8_KAYNAK personel sayısı sekizden dörde düşürülerek dört personel azaltılmıştır. Toplam yedi personelin işten çıkarıldığı kabul edilmiştir. İşten çıkarmanın performansa etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 2. Normal ve Kriz Plan Senaryo Model Bilgileri (Model Information of Initial Situation and Financial Crisis)

	Normal Plan Senaryoları		Kriz Plan Senaryoları		
	A0	A1	A2	A3	A4
Haftalık iş saati (h)	56	45	40	35	25
Personel sayısı	27	27	27	20	27
Haftalık sipariş sayısı/ miktarı	300	300	150	150	150

**Şekil 5.** Simülasyon Sonuçları (The simulation results)

- **A4:** Alternatif-IV vardiya planı modelinde, işletme hafta içi 5'er saatlik tek vardiya olmak üzere haftada toplam 25 saat çalışma gerçekleştirilmektedir. Sisteme gelen sipariş sayısı 150 alınarak diğer modellerdeki gibi %50 oranında talep daralması durumunda (kriz ortamı) çalışma süresi kısaltılmıştır.

Yukarıda belirtilen mevcut durum ve alternatif senaryolar model bilgileri Tablo 2'de verilmiştir.

4.3. Simülasyon Sonuçları (Simulation Results)

Başlangıç modeli ve geliştirilen alternatif plan senaryoları simülasyon destekli performans değerleri: İş istasyonu kapasite kullanım oranı (İSTKK), personel kapasite kullanım oranı (PERKK), Dolaşım süresi başarı derecesi (DSBD), Süreçte bekleyen işler başarı oranı (SBİB), ve Teslim kabiliyeti başarı oranı (TKB) yüzdelik değerleri Şekil4'de verilmiştir.

Vardiya plan senaryoları değerlendirmeleri;

- A1 modelinde, (A0'a göre) personel kapasite kullanım oranının ~%4 arttığı ve iş yükü başarı ~%4 düştüğü görülmektedir. Teslimat oranında ise sadece %2,5 düşüş meydana gelmektedir. İşletmenin haftalık çalışma süresi 11 saat kısaldığı halde teslimat oranında önemli sayılacak bir düşüş olmamıştır. Buradan %2,5'lük üretim artışı için haftalık 11 saat mesai yaptırılması tartışılabilir.

Kriz dönem plan senaryoları değerlendirmeleri;

- A2 modelinde, özellikle kriz ortamında talep daralması (müşteri sipariş sayısı %50 azaltılarak, 150'ye düşürülmüştür) sonucu haftalık çalışma süresi 40 saate indirilmiş ve 150 siparişin tamamı imal edilmiştir. Teslim kabiliyeti %100'dür. Doğal olarak iş istasyonu ve personel kapasite kullanımında önemli bir düşüş yaşanmaktadır.

- A3 modelinde ise, A2 modelindeki iş istasyonu ve personel kapasite kullanım oranlarının çok düşük olması nedeniyle, hem çatım ve kaynak prosesinde çalışan 7 personelin işten çıkarılması, hem de haftalık çalışma süresinin 35 saate düşürülmesiyle kapasite kullanım oranının yükselebileceği düşünülmüştür. Tüm bu sistem kapasite azaltmalarına rağmen teslim kabiliyetinde önemli bir düşüş (sadece ~% 1,5) görülmemiştir.

A4 modeli değerlendirildiğinde, firma kriz sonrasında söz konusu proseslerde çalışacak kalifiye elemanı tekrar bulmakta zorluk çekebileceği göz önünde bulundurularak, işçi çıkarmanın bir önlem olarak görülmediği, ancak haftada 25 saatlik kısa çalışma süresi önerilmiştir. Bu durumda personel kapasite kullanım oranlarının yükselmesine karşın süreçte bekleyen iş yükü başarı derecesinin düştüğü ve teslim kabiliyeti oranının ~%14 da azaldığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlar dikkate alınarak işletme kendi stratejik hedefleri uygun vardiya planını seçebilir veya daha farklı alternatif vardiya plan senaryolarını geliştirebilir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Küresel finans krizi sebebiyle üretim sektörü işletmelerinin çalışma düzenleri etkilenmiştir. Bu çalışmada, işletmelerde vardiya planlaması/düzenlemesi için geliştirilen Faborg-Sim simülasyon yazılım modülü gerçek bir işletmenin değerleri kullanılarak test edilmiştir. Geliştirilen vardiya planlama modülünde, çalışma sisteminde yer alan molalar, dinlenmeler, yemek vb. üretime ara verme süreleri tanımlanabilmektedir. Ayrıca, çalışma takvimi boyunca gün, ay, yıl olacak şekilde kısa ve uzun vadeli vardiya planları da yapılabilmektedir. Bu özelliği ile geliştirilen vardiya planlama modülü önemli bir esnekliğe sahiptir. Bu durum kullanıcıya işe başlama ve çalışma süresinin gerçek iş yaşamındaki gibi farklı vardiyalı üretim sistemlerinin modellenebilmesi imkânı sunulmaktadır.

Faborg-Sim Vardiya modülü yardımıyla imalat aölyesi modellenmiş ve küresel krizlerin neden olduğu kısa çalışma süresi, talep daralması ve işçi çıkarma uygulamalarını kapsayan alternatif plan senaryo modeller simüle edilmiştir. Faborg-Sim yazılımı değerlendirme modülü ile vardiya plan senaryolarının performansları tespit edilmiştir.

Başlangıç durumu ve alternatif model senaryoları Faborg-Sim yazılımı simülasyon sonuçları incelendiğinde; özellikle kriz ortamında talep daralması sonucu kısa çalışma süresi ile personel kullanım oranlarının yükseltilip istihdamın devam ettirilebileceği görülmektedir. Devam eden küresel kriz ortamlarına uygun simülasyon destekli alternatif kısa çalışma süreli vardiya plan senaryolarının Faborg-Sim Vardiya modülü desteği ile geliştirilmesi mümkündür. Vardiya planlama modülü ileriye yönelik çeşitli araştırmalar için bir başlangıç sayılabilir. Özellikle çalışan personelin simülasyon destekli fizyolojik ve psikolojik faktörlerinin modellenebilmesi, işletme maliyetleri ve ürün maliyetine etkisinin belirlenmesi ile daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, 104M377 nolu TÜBİTAK Araştırma Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Projeye desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a, uygulama işletmesi ÜNMAK Ltd. Şti.'ye teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Şafak, C., "Üçlü Vardiya Organizasyonu", İnternet Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2009.

2. İş Kanunu, 4857 sayılı İş Kanunu, <http://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k4857.html>, 22.05.2003, İnternet Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2009.
3. Arıcı, K., "Çalışma Sürelerinin Hukuki Gelişimi ve Yeterliliği Açısından 1475 Sayılı İş Kanunu'nda Çalışma Süreleri", **Kamu-İş, Kamu İşletmeleri İşverenleri Sendikası**, Ankara. 1992.
4. AB Direktifleri, Çalışma Sürelerinin Düzenlemesinde Asgari Sağlık Ve Güvenlik Gereksinimleri Avrupa Birliği Konseyi Direktifi, Direktif No 3003/88/EC - Yayın Tarihi: - 04.11.2003.
5. ILO Sözleşmeleri; 30, 43, 46, 47, 49, 51, 61, 67 161, No.lu Sözleşmeler, <http://www.ilo.org/public/turkish/region/eurpro/an kara/sozlesme/onaylanan.htm>, İnternet Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2009.
6. Seçkiner, S. U., Kurt, M., "Bütünleşik Tur-Rotasyon Çizelgeleme Yaklaşımı İle İşyükü Minimizasyonu", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, Cilt 20, No 3, 161-169, 2005.
7. Azmat, C. S., Widmer, M., "A case study of single shift planning and scheduling under annualized hours: A simple three-step approach", **European Journal of Operational Research**, 153, 148-175, 2004.
8. Hertz, A., Lahrichi, N., Vidmer, M., "A flexible MILP model for multiple-shift workforce planning under annualized hours", **European Journal of Operational Research**, 200, 860-873, 2010.
9. Narasimhan, R., "An algorithm for single shift scheduling of hierarchical workforce", **European Journal of Operational Research**, 96, 113-121, 1996.
10. Slomp, J., Suresh, N. C., "The shift team formation problem in multi-shift manufacturing operations", **European Journal of Operational Research**, 165, 708-728, 2005.
11. Lagodimos, A. G., Leopoulos, V., "Greedy heuristic algorithms for manpower shift planning", **Int. J. Production Economics**, 68, 95-106, 2000.
12. Fowler, J. W., Wirojanagud, P., Gel, E. S., "Heuristics for workforce planning with worker differences", **European Journal of Operational Research**, 190, 724-740, 2008.
13. Jeong, K.-Y., "Conceptual frame for development of optimized simulation-based scheduling systems", **Expert Systems with Applications**, 18, 299-306, 2000.
14. Lin, C. K. Y., Lai, K. F., Hung, S. L., "Development of a workforce management system for a customer hotline service", **Computers & Operations Research**, 27, 987-1004, 2000.
15. Burns, R.N. and Carter, M.W., "Work force size and single shift schedules with variable

- demands”, **Management Science**, 31(5), 599-607, 1985.
16. Ernst, A.T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., Sier, D., “Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models”, **European Journal of Operational Research**, 153, 3–27, 2004.
 17. Huang, H.-C., Lee, L.-H., Song, H., Eck, B. T., “SimMan—A simulation model for workforce capacity planning”, **Computers & Operations Research**, 36, 2490-2497, 2009.
 18. Klingstam, P., Gullander, P., “Overview of Simulation Tools for Computer-aided Production Engineering”, **Computer in Industry**, 38, 173-186, 1999.
 19. Koruca, H. I., Ozdemir, G., Aydemir, E., Cayirli, M., “The Simulation-Based Performance Measurement in An Evaluation Module for Faborg-Sim Simulation Software”, **Proceedings of 6th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems**, IMS 2008, Sakarya, Turkey. Oct 14-17, 2008.

EK-1 İŞLEM – İŞ İSTASYONU – PERSONEL TABLOSU
(TABLE OF PROCESSES-MACHINES-PERSONNEL)

Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)	Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)
Ürün 1 - KK045KY	01.010	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	13	102	Ürün 2- KK080KY	02.010	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	13	140
	01.020	M2 ABKANT	P2 ABKANT	26	217		02.020	M2 ABKANT	P2 ABKANT	27	122
	01.030	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	8	36		02.030	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	8	36
	01.040	M2 ABKANT	P2 ABKANT	7	18		02.040	M2 ABKANT	P2 ABKANT	8	14
	01.050	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	22	62		02.050	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	32	83
	01.060	M2 ABKANT	P2 ABKANT	11	57		02.060	M2 ABKANT	P2 ABKANT	12	53
	01.070	M4 PRES	P4 PRES	61	230		02.070	M4 PRES	P4 PRES	47	247
	01.080	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	13	80		02.080	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	16	95
	01.090	M2 ABKANT	P2 ABKANT	13	83		02.090	M2 ABKANT	P2 ABKANT	13	90
	01.100	M4 PRES	P4 PRES	65	228		02.100	M4 PRES	P4 PRES	69	267
	01.110	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	2	5		02.110	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	4	5
	01.120	M4 PRES	P4 PRES	6	53		02.120	M4 PRES	P4 PRES	8	55
	01.130	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	6	38		02.130	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	6	40
	01.140	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	2	4		02.140	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	3	6
	01.150	M6 TESTERE	P6 TESTERE	11	125		02.150	M6 TESTERE	P6 TESTERE	14	147
	01.160	M5 CATIM	P5 CATIM	323	2150		02.160	M5 CATIM	P5 CATIM	355	2252
	01.170	M6 TESTERE	P6 TESTERE	16	290		02.170	M6 TESTERE	P6 TESTERE	20	301
	01.180	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	51	1025		02.180	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	59	1377
	01.190	M7 TEST	P7 TEST	143	1261		02.190	M7 TEST	P7 TEST	211	1390
	01.200	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	11	68		02.200	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	12	92
	01.210	M2 ABKANT	P2 ABKANT	30	168		02.210	M2 ABKANT	P2 ABKANT	40	224
	01.220	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	55	896		02.220	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	117	1105
	01.230	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	13	79		02.230	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	21	110
	01.240	M2 ABKANT	P2 ABKANT	7	37		02.240	M2 ABKANT	P2 ABKANT	10	52
	01.250	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	19	155		02.250	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	23	191
	01.260	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	19	155		02.260	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	26	217
	01.270	M2 ABKANT	P2 ABKANT	22	134		02.270	M2 ABKANT	P2 ABKANT	31	177
	01.280	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	32	1089		02.280	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	34	1451
	01.290	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	10	85		02.290	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	15	115
	01.300	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	30	144		02.300	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	40	192
	01.310	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	30	37		02.310	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	33	37
01.320	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	11	74	02.320	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	14	97		
01.330	M2 ABKANT	P2 ABKANT	11	86	02.330	M2 ABKANT	P2 ABKANT	17	107		
01.340	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	11	74	02.340	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	14	97		
01.350	M2 ABKANT	P2 ABKANT	7	73	02.350	M2 ABKANT	P2 ABKANT	9	104		
01.360	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	56	468	02.360	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	73	570		
01.370	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	95	1016	02.370	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	121	1040		
01.380	M7 TEST	P7 TEST	89	897	02.380	M7 TEST	P7 TEST	143	942		
01.390	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	128	392	02.390	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	157	404		
01.400	M9 ELEKTRİK	P9 ELEKTRİK	56	1278	02.400	M9 ELEKTRİK	P9 ELEKTRİK	78	1250		
01.410	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	39	82	02.410	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	40	104		
01.420	M11 FIRIN	P11 FIRIN	45	83	02.420	M11 FIRIN	P11 FIRIN	63	188		
01.430	M13 SONMONTAJ	P13 SONMONTAJ	69	331	02.430	M13 SONMONTAJ	P13 SONMONTAJ	161	630		
01.440	M14 SONKONTROL	P14 SONKONTROL	19	243	02.440	M14 SONKONTROL	P14 SONKONTROL	27	285		
01.450	M15 AMBALAJ	P15 AMBALAJ	31	311	02.450	M15 AMBALAJ	P15 AMBALAJ	41	305		

EK-1 İŞLEM – İŞ İSTASYONU – PERSONEL TABLOSU (DEVAMI...)
(TABLE OF PROCESSES-MACHINES-PERSONNEL – CONTINUE...)

Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)	Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)
Ürün 3- KK160KS	03.010	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	16	173	Ürün 4- MK250KY	04.010	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	39	154
	03.020	M2 ABKANT	P2 ABKANT	33	146		04.020	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	19	76
	03.030	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	11	46		04.030	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	41	164
	03.040	M2 ABKANT	P2 ABKANT	9	21		04.040	M2 ABKANT	P2 ABKANT	88	351
	03.050	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	43	112		04.050	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	197	788
	03.060	M2 ABKANT	P2 ABKANT	13	65		04.060	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	27	106
	03.070	M4 PRES	P4 PRES	63	337		04.070	M2 ABKANT	P2 ABKANT	66	263
	03.080	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	17	123		04.080	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	138	552
	03.090	M2 ABKANT	P2 ABKANT	15	121		04.090	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	22	87
	03.100	M4 PRES	P4 PRES	93	372		04.100	M2 ABKANT	P2 ABKANT	52	207
	03.110	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	5	6		04.110	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	178	709
	03.120	M4 PRES	P4 PRES	10	73		04.120	M5 CATIM	P5 CATIM	3116	12464
	03.130	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	6	53		04.130	M6 TESTERE	P6 TESTERE	16	65
	03.140	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	5	8		04.140	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	6771	27086
	03.150	M6 TESTERE	P6 TESTERE	19	190		04.150	M7 TEST	P7 TEST	1056	4225
	03.160	M5 CATIM	P5 CATIM	455	3195		04.160	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	62	249
	03.170	M6 TESTERE	P6 TESTERE	27	491		04.170	M2 ABKANT	P2 ABKANT	64	263
	03.180	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	77	1809		04.180	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	9	36
	03.190	M7 TEST	P7 TEST	258	1895		04.190	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	1246	4924
	03.200	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	18	124		04.200	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	75	298
	03.210	M2 ABKANT	P2 ABKANT	53	315		04.210	M2 ABKANT	P2 ABKANT	195	779
	03.220	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	106	1620		04.220	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	116	463
	03.230	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	24	138		04.230	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	1976	8368
	03.240	M2 ABKANT	P2 ABKANT	14	66		04.240	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	1	5
	03.250	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	30	240		04.250	M2 ABKANT	P2 ABKANT	12	50
	03.260	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	26	273		04.260	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	6	24
	03.270	M2 ABKANT	P2 ABKANT	37	239		04.270	M11 FIRIN	P11 FIRIN	14	57
	03.280	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	50	212		04.280	M9 ELEKTRİK	P9 ELEKTRİK	208	833
	03.290	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	18	148		04.290	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	477	1908
	03.300	M3 GIYOTIN	P3 GIYOTIN	51	248		04.300	M4 PRES	P4 PRES	42	168
	03.310	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	45	71		04.310	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	96	386
	03.320	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	20	129		04.320	M11 FIRIN	P11 FIRIN	102	409
	03.330	M2 ABKANT	P2 ABKANT	24	152		04.330	M13 SONMONTAJ	P13 SONMONTAJ	527	2106
	03.340	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	19	129		04.340	M14 SONKONTROL	P14 SONKONTROL	50	199
	03.350	M2 ABKANT	P2 ABKANT	12	98		04.350	M15 AMBALAJ	P15 AMBALAJ	72	290
	03.360	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	91	615						
	03.370	M8 KAYNAK	P8 KAYNAK	146	1239						
	03.380	M12 STOKER	P12 STOKER	120	1737						
	03.390	M1 PLAZMA	P1 PLAZMA	28	100						
	03.400	M12 STOKER	P12 STOKER	100	1700						
	03.410	M7 TEST	P7 TEST	174	1291						
	03.420	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	219	531						
	03.430	M9 ELEKTRİK	P9 ELEKTRİK	93	1852						
	03.440	M10 BOYAMA	P10 BOYAMA	61	135						
	03.450	M11 FIRIN	P11 FIRIN	81	268						
	03.460	M13 SONMONTAJ	P13 SONMONTAJ	212	989						
	03.470	M14 SONKONTROL	P14 SONKONTROL	33	370						
	03.480	M15 AMBALAJ	P15 AMBALAJ	47	337						

EK-1 İŞLEM – İŞ İSTASYONU – PERSONEL TABLOSU (DEVAMI...)
(TABLE OF PROCESSES-MACHINES-PERSONNEL – CONTINUE...)

Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)	Ürün Adı	İşlem Kodu	İş İstasyonu	Personel	Hazırlık Süresi (s)	İşlem Süresi (s)
Ürün 5- MK250SY	05.010	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	57	227	Ürün 6- BY060DP	06.010	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	1	4
	05.020	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	22	88		06.020	M2_ABKANT	P2_ABKANT	13	52
	05.030	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	64	256		06.030	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	127	507
	05.040	M2_ABKANT	P2_ABKANT	78	312		06.040	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	1	4
	05.050	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	180	717		06.050	M2_ABKANT	P2_ABKANT	30	121
	05.060	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	5	18		06.060	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	39	157
	05.070	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	56	223		06.070	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	45	180
	05.080	M2_ABKANT	P2_ABKANT	55	220		06.080	M4_PRES	P4_PRES	27	107
	05.090	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	140	559		06.090	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	198	791
	05.100	M5_CATIM	P5_CATIM	1287	5146		06.100	M7_TEST	P7_TEST	71	286
	05.110	M6_TESTERE	P6_TESTERE	14	56		06.110	M10_BOYAMA	P10_BOYAMA	40	162
	05.120	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	5829	23315		06.120	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	2	8
	05.130	M7_TEST	P7_TEST	868	3743		06.130	M4_PRES	P4_PRES	28	113
	05.140	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	56	222		06.140	M2_ABKANT	P2_ABKANT	26	102
	05.150	M2_ABKANT	P2_ABKANT	85	340		06.150	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	1	3
	05.160	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	4	18		06.160	M10_BOYAMA	P10_BOYAMA	28	111
	05.170	M4_PRES	P4_PRES	24	97		06.170	M11_FIRIN	P11_FIRIN	73	292
	05.180	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	856	3423		06.180	M13_SONMONTAJ	P13_SONMONTAJ	85	339
	05.190	M1_PLAZMA	P1_PLAZMA	70	282		06.190	M14_SONKONTROL	P14_SONKONTROL	25	101
	05.200	M2_ABKANT	P2_ABKANT	122	524		06.200	M15_AMBALAJ	P15_AMBALAJ	46	183
	05.210	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	6	23						
	05.220	M8_KAYNAK	P8_KAYNAK	836	3344						
	05.230	M3_GIYOTIN	P3_GIYOTIN	1	5						
	05.240	M2_ABKANT	P2_ABKANT	11	43						
	05.250	M10_BOYAMA	P10_BOYAMA	4	18						
	05.260	M11_FIRIN	P11_FIRIN	40	159						
	05.270	M9_ELEKTRIK	P9_ELEKTRIK	199	797						
	05.280	M10_BOYAMA	P10_BOYAMA	446	1785						
	05.290	M4_PRES	P4_PRES	47	186						
	05.300	M10_BOYAMA	P10_BOYAMA	98	390						
	05.310	M11_FIRIN	P11_FIRIN	88	352						
	05.320	M13_SONMONTAJ	P13_SONMONTAJ	480	1921						
	05.330	M14_SONKONTROL	P14_SONKONTROL	50	199						
	05.340	M15_AMBALAJ	P15_AMBALAJ	89	355						

EK-2 İŞ İSTASYONLARINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN İŞLEMLER
(PROCESSES ON WORKSTATIONS/MACHINES)

İŞ İSTASYONU	GERÇEKLEŞTİRİLEN İŞLEMLER
M1_PLAZMA	Ocak (İç Gövde), U Parça, Z Parça, Z Yeri Parçası, Manto Ön-Arka, Yan ve Üst Sacları, Kesme ve Delme işlemleri, ayrıca Baca Sandığı Gövde ve Yan Kısımları, Üst-Alt ve Fitol Kapakların Kesme, Köşe Çıkarma, Gözetleme ve Kol Yeri Delme İşlemleri.
	Ön-Arka Ayna Sacı, Külhan Sacı, Su Ceket, Brülör Sacı, Manto Ön-Arka, Yan ve Üst Sacları, Türbilatör Sacı, Kesme ve Delme işlemleri, ayrıca Baca Sandığı Gövde ve Yan Kısımları.
M2_ABKANT	Sac Levhaların Bükülmesi ve Kıvrılması
M3_GİYOTİN	Köşebent ve bazı U Sacları, Baca Çemberi Sacı, Temizleme Kapağı Sacı, Ray, Taban Sacı, Hava Kanalı, Türbilatör Sac Kesme
M4_PRES	Mantolarda Markalama ve Bombeleme ile Temizleme Kapağı Bombeleme
M5_ÇATIM	Ocak-U Montaj, Z-Z Yeri-Köşebent Montaj, Manto Montaj, Takviye Atma, Alın Sacı Montaj İşlemlerinden Oluşan Genellikle Çatım Adı Verilen Birleştirme
M6_TESTERE	2. ve 3. Geçiş Boruları, Izgara Mili Kesme
M7_TEST	Çatımdan Çıkan Yarı Mamul halde Sızdırmazlık ve Basınç-Sızdırmazlık Testi
	Son ürün Boyama ve Son Montaj Öncesi Yarı Mamul Halde Sızdırmazlık ve Basınç-Sızdırmazlık Testi
M8_KAYNAK	Bombe doldurma, Baca Sandığı-Çemberi Montajı, Ray Montajı, Izgara Montajı, Lama Montajı, Kapakların Gövde Montajları ve Stoker Sac Kaynak Birleştirme
M9_ELEKTRİK	Elektrik Pano İmalatı
M10_KAPORTA	Kaporta İmalatı
M11_BOYAMA	Yaş ve Toz Boyama
M12_FIRIN	Toz Boyama Fırınlama
M13_STOKER	Stoker İmalatı (Otomatik Katı Yakıt Besleme Ünitesi)
M14_KAPAK	Büyük, Temizleme Kömür Doldurma ve Boşaltma Kapak İmalatı
M15_SONMONTAJ	Kaporta, Pano, Kapak Fitilleri ve Yardımcı Malzemelerin Montajı Modele Göre Kül Teknesi, Stoker ve Redüktör Montajı
M16_SONKONTROL	Teslimat Öncesi Son Kontrol işlemi
M17_AMBALAJ	Ürün Tüm Aşamaları Tamamlanmış Olarak Teslimata Hazırlama ve Teslimat Tipine Göre Ambalajlama