

**AŞIRI YORGUNLUK RİSK YÖNETİMİNİN
HAVAYOLU ŞİRKETLERİNDE UYGULAMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ
VE EKİP ATAMA PROBLEMİNE ETKİLERİNİN MODELLENMESİ**

Burcu ŞAHİNKAYA

DOKTORA TEZİ

Sivil Havacılık Yönetimi

Danışman: Doç. Dr. Hakan OKTAL

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ocak, 2020

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Burcu ŞAHİNKAYA'ın "Aşırı Yorgunluk Risk Yönetiminin Havayolu Şirketlerinde Uygulamasının Değerlendirilmesi ve Ekip Atama Problemine Etkilerinin Modellenmesi" başlıklı tezi 16 Ocak 2020 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca **Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı Anabilim Dalında, Doktora** tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : **Doç. Dr. Hakan OKTAL**

Üye : **Prof. Dr. Ferhan ŞENGÜR**

Üye : **Prof. Dr. Deniz TAŞCI**

Üye : **Doç. Dr. İnci SARIÇİÇEK**

Üye : **Doç. Dr. Hakkı AKTAŞ**

Dr.Öğr.Üy. B. İğberk TOSUNOĞLU
Anadolu Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler
Enstitüsü Müdür Vekili

ÖZET

AŞIRI YORGUNLUK RİSK YÖNETİMİNİN HAVAYOLU ŞİRKETLERİNDE UYGULAMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE EKİP ATAMA PROBLEMİNE ETKİLERİNİN MODELLENMESİ

Burcu ŞAHİNKAYA

Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ocak 2020

Danışman: Doç.Dr.Hakan OKTAL

Dünyadaki en güvenli ulaşım hizmetlerinden birini sağlayan havacılık endüstrisinde uçuş emniyetine etki edebilecek riskler etkin bir şekilde yönetilmelidir. 7/24 işleyen bir endüstride çeşitli şekillerde insan performansını düşürerek tehlikeli olaylara veya kazalara neden olabilecek risklerden biri aşırı yorgunluktur ve iyi yönetilmesi gerekmektedir. Son yıllarda, aşırı yorgunluk ile ilgili kazanımları, emniyet ve risk yönetimi süreçleriyle birleştirerek, “Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi” kavramı oluşturulmuştur.

Uçuş emniyeti ve maliyetler açısından havacılık sektöründe büyük öneme sahip diğer bir konu, etkin ekip planlamasıdır. Ekip çizelgeleme modelinde kısıtlarının fazlalığı, çözüme ayrılacak zamanın yetersizliği nedeniyle bu problemlerin çözümünde matematiksel modellerin kullanılması kaçınılmazdır. Havacılık kazalarının %70’den fazlasının insan hatasından kaynaklandığı ve aşırı yorgunluğun insan hatası ile doğrudan ilişkili olduğu göz önüne alındığında, havacılık operasyonlarında ekip atama modellerine Aşırı Yorgunluk Risk Yönetiminin dahil edilmesi büyük öneme sahiptir.

Üç aşamadan oluşan bu tez çalışmasının ilk bölümünde havacılık organizasyonlarında risk yönetiminin unsurları ve öneminden bahsedilmiştir. İkinci bölümde aşırı yorgunluk tanımı, takibi, neden ve etkileri ile aşırı yorgunluk risk yönetiminin unsurları hem literatürde kapsandığı şekilde, hem de Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı ve Avrupa Sivil Havacılık Emniyet Ajansı regülasyonları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Akademik çalışmalar ve regülasyon kıyaslamasına da yer verilerek hem havayollarındaki uygulamalara, hem de literatür çalışmalarına ışık tutulması hedeflenmiştir. Üçüncü ve son bölümde yer verilen literatür taramasında bu güne kadar çalışılan ekip atama problemlerinde aşırı yorgunluk unsurlarına yer verilmediği saptanmıştır. Bu kapsamda ekip atama problemine havacılıkta aşırı yorgunluk unsurlarının eklendiği, çıktıları farklı bir ölçüğe ihtiyaç duymadan değerlendirilebilen bir matematiksel model geliştirilmiştir. Böylelikle havayolu yöneticisinin gerekli ilave ekip sayısını kolaylıkla belirleyebilmesi, ekibin yorgunluk seviyesini değerlendirerek uçuş emniyetini artırması hedeflenmiştir. Bir başka deyişle geliştirilen model ile aşırı yorgunluk riskinin hem pratik hem de ekonomik bir şekilde yönetilmesi amaçlanmıştır. Üçüncü bölümün sonunda ise örnek havayolu işletmesinden alınan veri setinin geliştirilen modele girişi yapılmış ve uçuş ekibinin uçuş saatleri ile hissedilen aşırı yorgunluk değerlerinin kıyaslamasına yer verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Pilot Aşırı Yorgunluğu, Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi, Ekip Atama Problemi.

ABSTRACT

EVALUATION OF FATIGUE RISK MANAGEMENT PRACTICES IN AIRLINE COMPANIES AND MODELING THEIR EFFECTS IN CREW ROSTERING PROBLEM

Burcu ŞAHİNKAYA

Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, January 2020

Danışman: Doç.Dr.Hakan OKTAL

In the aviation industry, which is one of the safest transportation services in the world, risks that can affect flight safety need to be managed efficiently. Fatigue is one of those risks that can cause dangerous cases or accidents in this 24/7 service industry by decreasing human performance in different ways. Therefore; it has to be managed well. In recent years, the term Fatigue Risk Management System has been created by combining outcomes of fatigue with safety and risk management processes.

Another factor that has great importance for aviation sector in terms of flight safety and cost management is efficient crew planning. It is inevitable to use mathematical programming in crew scheduling model due to high number of limits and insufficient time to find solutions. Since more than 70 percent of accidents are caused by human error; incorporating Fatigue Risk Management elements into these programming languages has become a necessity in terms of flight safety.

This dissertation consists of three chapters. In the first chapter, risk management elements in aviation organizations and their importance have been explained. In the second chapter, the definition of fatigue; fatigue monitoring; reasons and effects of fatigue, and the elements of fatigue risk managements have been evaluated both within the frame of existing literature and the regulations of International Civil Aviation Organization and European Civil Aviation Safety Agency. It has been aimed at providing an insight to practices in airlines and to studies in the literature by including a comparison between academic studies and regulations. According to the literature review, which is given in the third and the last chapter, since there are no elements of crew fatigue in the crew rostering problems have been studied so far, a mathematical model has been developed in which elements of fatigue in aviation was added into crew rostering problem, and the outcomes could be evaluated without requiring a different measure. Thus; it has been aimed at increasing flight safety by evaluating the fatigue level of crew and making fatigue risk management practical and economic through enabling the airline manager to define additional crew number easily. At the end of the last chapter, the data set taken from the sample airway is inserted in the model developed, and the pilots' fatigue level has been compared.

Keywords: Pilot Fatigue, Fatigue Risk Management System, Crew Rostering Problem.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.



Burcu ŞAHİNKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. AŞIRI YORGUNLUK RİSK YÖNETİMİ.....	9
2.1. Aşırı Yorgunluk, Nedenleri ve Etkileri.....	9
2.2. Aşırı Yorgunluğa Karşı Tedbirler	11
2.3. Kuralcı Yaklaşım ile Aşırı Yorgunluk Yönetimi.....	12
2.4. Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi (FRMS).....	17
2.5. Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi Unsurları	18
2.5.1. İş yükü-personel dengesi	21
2.5.2. Vardiya/görev-dinlenme programı.....	21
2.5.3. Çalışanların aşırı yorgunluk eğitimi & uyku bozukluğu yönetimi.....	21
2.5.4. İşyeri ortamı tasarımı	22
2.5.5. Uyanıklık & göreve uygunluk	22
2.5.6. Aşırı yorgunluk yönetimi ekibi (Fatigue Safety Action Group, FSAG)	23
2.5.7. Politika ve dokümantasyon	23
2.5.8. Aşırı yorgunluk risk yönetimi süreçleri	24
2.5.9. Emniyet güvencesi süreçleri.....	26
2.5.10. Tanıtım süreci	26
2.6. Aşırı Yorgunluğun Takibi	27
2.7. Endüstri / Operatör Seviyesi Örgütsel Faktörler	29

2.8.	FRMS için Emniyet Performans Göstergeleri (SPI'ler)	30
2.9.	FRMS Zayıf Yönleri ve Uygulama Zorlukları.....	31
2.10.	Literatür ile Regülasyon Kıyaslaması	32
3.	EKİP ATAMA PROBLEMİNDE AŞIRI YORGUNLUK YÖNETİMİ.....	34
3.1	Araştırma Problemi	34
3.2	Araştırmanın Amacı	35
3.3	Araştırmanın Önemi	35
3.4	Kavramsal Temel	36
3.4.1.	Ekip atama modeli	36
3.4.2.	Aşırı Yorgunluk Parametreleri	37
3.4	Araştırma Yöntemi.....	44
3.5	Terimler, kısıtlar ve kabullerin açıklaması	46
3.6	Ekip Atama Problemi Matematiksel Modeli.....	49
3.7	Haftalık Veri Seti ile Uygulama.....	51
3.8	Aylık Veri Seti ile Uygulama	53
3.9	Değerlendirme	58
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	60
	KAYNAKÇA.....	63
	EK-1 Haftalık Uçuş Seti Ayrıntıları.....	67
	EK-2 EASA Uçuş Görev Süresi Kısıtlamaları (FTL) Tablosu	68
	EK-3 Matrisler	69
	EK-4 Aylık Uçuş Seti Ayrıntıları	72
	ÖZGEÇMİŞ	75

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Kuralcı yaklaşım ve FRMS arasındaki farklar	15
Tablo 3.1. Pilot bazında haftalık uçuş saati değerlendirmesi	52
Tablo 3.2. Pilot 1 aylık uçuş saati değerlendirmesi	55
Tablo 3.3. Pilot 2 aylık uçuş saati değerlendirmesi	56
Tablo 3.4. Pilot 3 aylık uçuş saati değerlendirmesi	57
Tablo 3.5. Aylık veri seti özet değerlendirmesi.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Risk Yönetimi Döngüsü	4
Şekil 1.2. Riske Dayalı Yönetim Metodolojisi ve Akışı.....	5
Şekil 1.3. Emniyet Yönetim Sisteminin Dört Sütunu.....	7
Şekil 2.1. Uçuş emniyeti temelli FRMS.....	20
Şekil 2.2. FRMS geri besleme döngüsü ve beş ana savunma hattı.....	21
Şekil 2.3. FRMS'in operasyonel aktiviteleri: FRM ve emniyet güvencesi süreçleri	24
Şekil 3.1. 2002-2011 yılları arasında gerçekleşen ölümlü kazaların ana sebepleri.....	36
Şekil 3.2. Günün değişen zamanlarındaki uyku periyoduna göre uyanıklık eğrisi.....	39
Şekil 3.3. Göreve başlamadan önceki uykunun günün farklı saatlerindeki süresi.....	39
Şekil 3.4. Aşırı yorgunluk düzeyleri üzerinde etkisi olan dört faktörün katkı yüzdeleri.....	40
Şekil 3.5. Günün zamanının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi	42
Şekil 3.6. Görev uzunluğunun aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi	42
Şekil 3.7. Bacak sayısının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi.....	42
Şekil 3.8. Ardışık gece uçuşlarının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi	43
Şekil 3.9. İş yükünün aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi	44
Şekil 3.10.. Haftalık uçuş setinin uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları	51
Şekil 3.11. Aylık uçuş setinin 3 uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları (1-15 Ağustos).....	53
Şekil 3.12. Aylık uçuş setinin 3 uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları (16-30 Ağustos).....	54

KISALTMALAR DİZİNİ

ATC	: Air Traffic Control / Hava Trafik Kontrolü
CAA	: Civil Aviation Authority / Birleşik Krallık Sivil Havacılık Otoritesi
CRM	: Crew Resource Management / Ekip Kaynak Yönetimi
EASA	: European Aviation Safety Agency / Avrupa Sivil Havacılık Emniyet Ajansı
FAA	: Federal Aviation Administration/ Federal Havacılık İdaresi
FTL	: Flight Time Limitations / Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları
FRM	: Fatigue Risk Management/ Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi
FSAG	: Fatigue Safety Action Group / Aşırı Yorgunluk Yönetimi Ekibi
GAMS	: General Algebraic Modelling System
HoW	: Hours of Work / Çalışma Saatleri
IATA	: International Air Transport Association / Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	: International Civil Aviation Organization / Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı
KSS	: Karolinska Sleepiness Scale/ Karolinska Uykululuk Skalası
PVT	: Psychomotor Vigilance Task / Psikomotor Dikkat Uygulaması
SPI	: Safety Performance Indicators / Emniyet Performans Göstergeleri
SMS	: Safety Management System / Emniyet Yönetim sistemi
TLX	: Task Load Index / Görev İşyükü İndeksi
Y/S	: Yerel Saat

1. GİRİŞ

Havacılık endüstrisi dünyadaki en güvenli ulaşım hizmetlerinden birini sağlıyor olsa da, emniyete etki edebilecek riskler etkin bir şekilde yönetilmelidir. Aşırı yorgunluk artık çeşitli şekillerde insan performansını düşürerek havacılıkta tehlikeli olaylara veya kazalara neden olabilecek bir risk olarak kabul edilmektedir. İnsan beyni ve vücudu geceleri düzenli uyku ile en iyi şekilde çalışmaktadır; 7/24 işleyen bir endüstride ise aşırı yorgunluk kaçınılmazdır. Bu nedenle, yorgunluk giderilemediğinden, mutlaka yönetilmesi gerekmektedir.

Bir operasyonda güvenilirlik seviyesi, aşırı yorgunluğun neden olduğu kazaların oranını da etkiler. Motorlu araç kazalarında yaklaşık %15-20 oranında sürücü yorgunluğu faktör iken; raylı sistem veya havacılık alanı gibi oldukça korumalı ve daha karmaşık sistemlerde, operatör yorgunluğu kaynaklı kazaların oranını belirlemek çok daha zordur. Örneğin, havacılıkta tahminler % 3.8 ile % 21 arasında değişmektedir. Bunun nedeni ultra emniyetli sistemlerde insan performansı ve kazalar arasındaki bağlantının daha az açık olmasıdır. Otomasyon, ekip çalışması ve prosedürler gibi çok sayıda operasyonel savunma bariyeri, daha önce yaşanmış bir nedenden ötürü bir kaza daha geçirme olasılığını azaltır. Bu karmaşık sistemlerde, aşırı yorgunluk, tipik olarak çoklu katkıda bulunan faktörlerden sadece biridir. Bundan dolayı da operatör yorgunluğunun karmaşık sistemlerde kazalara katkısını doğru bir şekilde değerlendirebilmek ve en önemlisi operatör yorgunluğunun güvenliği tehlikeye atabileceği koşulları ve bağlamları belirleyebilmek için bir analiz metodolojisinin geliştirilmesi gerekmektedir. (Gander, 2011)

Aşırı yorgunluğun giderek emniyeti daha fazla tehdit eden bir unsur olarak görülmeyle başlaması ile ilgili düzenlemelerde artış olmuştur. Konu ile ilgili en yaygın kontrol süreci, çalışma saatlerinin düzenlenmesidir. Ancak bu kuralcı yaklaşım sık kullanılmasına rağmen, bilimsel olarak zayıf temellere dayanması ve operasyonel esnekliği olamamasından dolayı aşırı yorgunluk tehlikesinin kontrolünde yetersiz kalmış, çalışma saatlerinin düzenlendiği kuralcı yaklaşım yerine Emniyet Yönetim Sistemi (SMS) çerçevesinde olaya yaklaşım alternatifini ortaya konmuştur. (Moore-Ede 2010)

Havacılıkta teknoloji ve ticaret baskılarındaki değişimlere yanıt olarak operasyonel talepler de değişmeye devam etmekte ancak, insan fizyolojisi değişmeden kalmaktadır. Hem aşırı yorgunluk yönetimi ile ilgili düzenlemeler hem de Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim, (Fatigue Risk Management, FRM), insan fizyolojisinin anlaşılabilir, havacılıktaki riskinin tanımlanması için bir fırsattır.

Havacılık sektöründe; 1920'lerde Lindberg, uzun çalışma saatlerinin (ve uzun uyanıklık dönemlerinin) uçuş performansına olumsuz sonuçlarını fark etmiş ve bilim adamları 1930'ların başlarında hızlı zaman dilimi geçişlerinin olumsuz etkisini değerlendirmeye almaya başlamışlardır. Bu bilgilerin ışığında uçuş ekibi görev ve uçuş saatlerini yönetmek üzere tasarlanan ve 1938 yılında hazırlanan ABD Sivil Havacılık Yasası problemin formülasyonunda önemli bir yer tutmuştur.

Son 20 yılda ise insan uykusu, aşırı yorgunluk ve sirkadyen ritimlerin (biyolojik uyku saat düzeni) bilimsel olarak anlaşılması önemli ölçüde artmıştır. Bu yeni bilginin modern ekip kaynak yönetimi uygulamalarına tam olarak entegrasyonu, en uygun ekip çizelgeleme rutinlerinin kurulmasını ve havacılıkta aşırı yorgunluğa karşı önlemlerin alınmasını kolaylaştırmaktadır. (Caldwell, 2004)

Hulínskál ve Kraus (2016)'a göre havayollarında aşırı yorgunluk riskini yönetme yolları farklıdır. Bunlardan biri, ekibe dinlenme için yeterli zaman verilerek yapılan planlama yaklaşımıdır. Bir başka yol da, herhangi bir nedenden ötürü bir ekip üyesinin göreve gelmemesini gerektirecek bir gönüllü raporlama sistemi yaratılmasıdır. Bu tür bir bilgi, operatör için çok değerlidir. Çünkü mürettebattan kolayca geribildirim alabilir ve ekiplerin kullanım düzeyini değerlendirebilirler. Ancak, bu seçenekler çalışanlar tarafından kolayca suistimal edilebilir.

Sonuç olarak emniyet için oluşturulan bir bariyerin delinmesi, diğer bir deyişle, koruma kalkanının bozulması, tam bir sistem arızasına olanak verir veya sistem arızasına yol açan olayların bir tetikleyicisi olarak ortaya çıkar. Etkili Emniyet Yönetim Sistemi, her bir faaliyeti belirli bir tehlikeye karşı güçlendirmek için kullanılan çeşitli koruyucu bariyerlerden, süreçlerden ve fazladan koruyucu tabakalardan oluşmalıdır. Çok katmanlı bir sistemde bir kazanın meydana gelmesi, ancak tüm koruyucu sistemlerin arızalanması durumunda gerçekleşebilir. Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi bu beton koruyucu bariyerlerden birini oluşturur.

Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi içeriğinin anlaşılmasına temel teşkil edecek risk yönetimi kavramları şunlardır:

Tehlike, insanların, donanımın ya da yapıların zarar görmesi, kaynakların kaybedilmesine neden olma ya da daha önceden tanımlanmış bir işlevin yerine getirilmesini engelleme potansiyeline sahip durum, nesne ya da faaliyettir. (Müller vd, 2014)

Risk, esas olarak gelecekteki potansiyel bir problem veya fırsattır. Alınan her karar veya eylem bazı risk unsurları içerir. Bu risk genel bir olasılığın veya bir tehlikenin neden olduğu

zararlı etkinin ortaya çıkma sıklığı ile bu etkinin ciddiyetinin kombinasyonu anlamına gelir. (Elkhewdi ve Elmabrouk, 2015) Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı ise; insanların, donanımın ya da yapıların zarar görmesi, kaynakların kaybedilmesine neden olma yada daha önceden tanımlanmış bir işlevin yerine getirilmesini engelleme ihtimalinin olasılığı ve etkisinin derecesi olarak tanımlar. (ICAO, 2013)

Riski hafifletme, riski makul bir seviyeye düşürme sürecidir. Risklere doğru hafifletme önlemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması için tanımlanması ve sınıflandırılması gerekmektedir. (ICAO, 2013)

Emniyet, kişilere veya mülke zarar görme riskinin kabul edilebilir bir düzeye indirildiği, bu düzeyin altında tutulduğu ve tehlike tanımlaması ile risk yönetiminin sürekli olarak devam ettiği bir durumdur. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı ise; kabul edilemez risk hasarının giderilmesi amacıyla gerekli önlemlerin alınması olarak tanımlar. (ICAO, 2013)

Kurum kültürü, insanların yaptıkları ve aldıkları kararlar ile tanımlanır. *Emniyet kültürü*, bir organizasyonun temel değerlerini ortaya çıkarır. Pozitif emniyet kültürü, ticari döngü ve finansal baskının belirgin olduğu resesyon zamanlarına rağmen, bir şirketi mümkün olan en yüksek güvenlik seviyesine taşıyacaktır. Olumlu bir emniyet kültürü dört farklı bileşene ayrılabilir: bilgilenme kültürü, raporlama kültürü, adil kültür ve öğrenme kültürü. (ICAO, 2013)

Emniyet kültürü, temel öğeler olarak öğrenmenin, bilgilenmenin, raporlamanın teşvik edilmesinin, uyumlu ve adil olunmasının operasyonel emniyeti sağlayacağını ve geliştireceğini kabul eden davranış biçimidir. Emniyet kültürü ile değişmeli olarak kullanılan, insanların emniyetle ilgili bilgileri güven içinde paylaşabildikleri, paylaşmak için teşvik edildikleri ve ödüllendirildikleri, kabul edilebilir ve edilemez davranışlar arasındaki ilkesel ayrımın bilinir hale getirildiği, emniyetli düşünmeyi, sorgulamayı, rehavete karşı direnci, kişisel sorumluluğu ve kurum içi otokontrolü kapsayan bir yaklaşıma adil kültür denir. (ICAO, 2013)

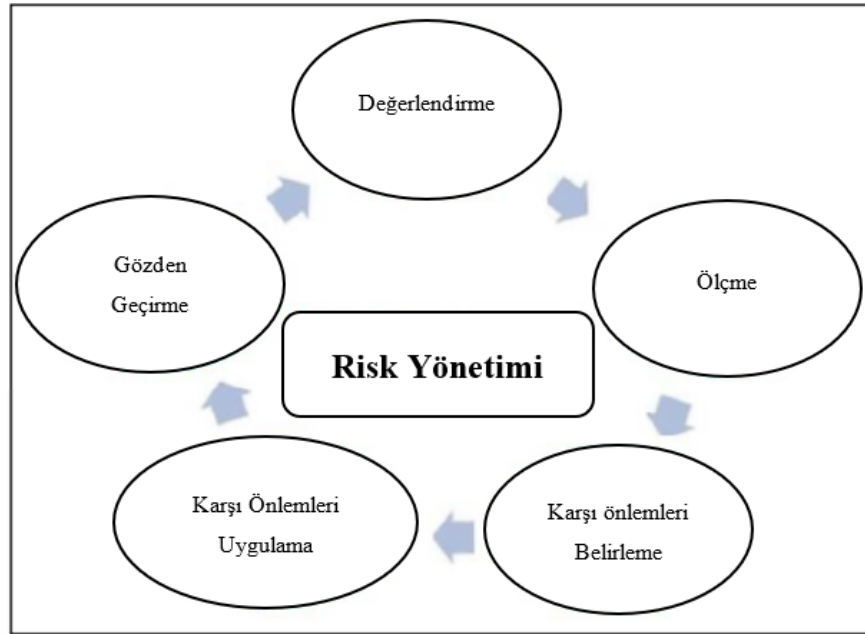
Risk Yönetimi, kurumun varlığı ve gelişimi ile ilgili her türlü riskin kalıcı ve sistematik olarak kaydedilmesi anlamına gelir. Kabul edilemez riskleri en aza indirmek için yeterli stratejik önlemleri tanımlamak ve uygulamakla birlikte, kabul edilebilir riskleri analiz etmeyi ve önceliklendirmeyi içerir. (Müller vd, 2014)

Her şirket farklı risklerle karşı karşıyadır. Ne yazık ki, riskler genellikle çok geç tespit edilir, bu nedenle potansiyel riskin gerçekleşmesinden kaynaklanan hasarı önlemek için ne yeteri kadar zaman ne de yeterli derecede önlem mevcut değildir. Bunu önlemek için, ileri görüşlü yönetim, olası riskleri tanımlamayı ve mümkün olan durumlarda, şirketin stratejik ve

operasyonel önlemleri olarak en tehlikeli olanları en aza indirmeyi amaçlar. Bu nedenle, bilinçli veya bilinçsiz olarak her organizasyon Risk Yönetimi uygular.

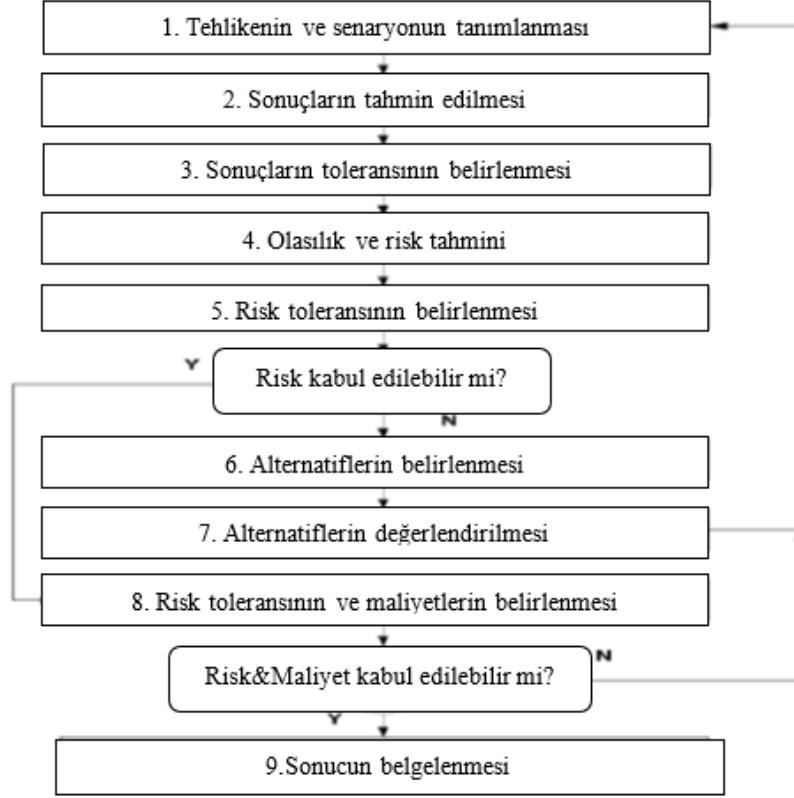
Risk, stratejik yönetimin vazgeçilmez bir unsuru olarak kabul edilmekte olup; birçok endüstri çalışmasında tartışılıp, kurum performansı ile ilişkilendirilmektedir. Özellikle kriz zamanlarında Risk Yönetiminin stratejik önemi ortaya çıkmaktadır. (Müller vd, 2014)

Risk yönetimi, riski tanımlamak, emniyet ile ilgili bir olay ile karşılaşılacak olursa etkisini değerlendirmek ve değerlendirme sonuçlarının nasıl ele alınacağı konusunda doğru finansal kararı vermekle ilgilidir. Aynı zamanda, kritik değerleri korumak ve mevcut önlemlerin etkinliği için sürekli olarak ölçme ve değerlendirmenin uygulanmasını içerir. Riski yönetmek tek seferlik bir etkinlik olmayıp devam eden bir süreçtir. Şekil 1.1.'de risk yönetimi döngüsü gösterilmiştir. (Elkhweldi and Elmabrouk, 2015) Döngü beş bölüme ayrılmıştır: Riskleri değerlendirmek, riskleri ölçmek, karşı önlemleri belirlemek, karşı önlemleri uygulamak ve son olarak gözden geçirmek ve takip etmek.



Şekil 1.1. Risk Yönetimi Döngüsü (Elkhweldi and Elmabrouk, 2015)

Millot (2014), hayati kritik operasyonlarda riske dayalı yönetimin metodolojisi ve akışını detaylı olarak Şekil 1.2.'de göstermiştir. Temel olarak yukarıda anlatıldığı gibi öncelikle sistemin tehlikelerini tanımlar ve bunları azaltmak için kararlarını sürekli olarak optimize eder veya ilişkili sonuçların olasılığını, yani ilgili riski sınırlar.



Şekil 1.2. *Riske Dayalı Yönetim Metodolojisi ve Akışı (Millot, 2014)*

Riskin değerlendirilip karar verilmesi aşamasında ihtiyaç duyulan rakamsal değer risk matrisi ile elde edilir. Bu matris riskin gerçekleşme olasılığı (çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük) ve ciddiyetinden (çok ciddi, ciddi, orta, hafif, çok hafif) oluşur. Bu amaçla farklı kriterler ve değerlendirmeler kullanılabilir. Bu yöntemle, riskler matris üzerinde buldukları noktalara göre puanlandırılır ve sıralanır. Matris üzerinde, ihtimal ve etki düzeylerinin bileşiminden oluşan noktalar genel olarak şu anlamları ifade eder ve işe olan etkisini detaylı olarak tanımlanmasını gerektirir:

Riskin yüksek olması kurum için çok önemli olduğunu ve bunlara karşı önlem alınmasının çok gerekli olduğunu belirtir. Aynı zamanda, konunun en üst yöneticinin mutlaka ilgilenmesi ve politika belirlenmesi gereken bir ciddiyete sahip olduğunu gösterir. Orta risk seviyesi göze alınabilen risk seviyesinden biraz yüksek olduğu durumdur. Düşük seviye ise önemlilik düzeyi düşük riskler için kullanılır.

Gander (2011) olay sayısı başına kaza olasılığına (ör: havacılıktaki kalkış-iniş sayısı gibi, sistemlerin “başlangıçlarının” sayısı) bağlı olarak üç sistem kategorisini tanımlar:

- Tehlikeli sistemler (1000 olay başına bir kaza - çoğunlukla profesyonel olmayan sistemlerdir);
- Düzenlenmiş sistemler (100.000 olay başına bir kaza, ör: karayolu taşımacılığı, kimya endüstrisi, vb.);
- Ultra emniyetli sistemler (1.000.000 olay başına bir kaza, ör: ticari havacılık, demiryolları, nükleer enerji endüstrisi).

Ultra emniyetli sistemleri ayıran en önemli özellik, herhangi bir ciddi operatör hatası olmadığında da kazaların meydana gelebilmesidir. Kazalar, her biri olayın gerçekleşmesi için tek başına yeterli olmayan ve dolayısıyla nispeten öngörülemeyen faktörlerin birleşiminden kaynaklanır. Daha az emniyetli sistemlerde (tehlikeli ve düzenlenmiş sistemler), kazalar genellikle önceki olayları veya kazaları yansıtır ve bu nedenle risk modelleri ultra emniyetli sistemlere göre daha öngörülebilir olabilir.

Bu fark emniyet yönetimi stratejilerini etkiler. Düzenlenmiş sistemlerde, emniyet yönetimi büyük ölçüde, benzer olayların veya kazaların meydana gelme olasılığını azaltmak için raporlamaya dayanır. Ultra emniyetli sistemlerde, bu reaktif güvenlik yaklaşımının, yalnızca raporlamaya değil aynı zamanda tehlike tanımlama ve risk azaltma stratejilerine de dayanan proaktif bir yaklaşımla tamamlanması gerekmektedir.

Ultra emniyetli sistemlerde emniyet yönetimi sadece hataların oluşmasına değil, aynı zamanda hataların meydana geldiği şartlara ve hataların emniyet ile ilgili sonuçlarını en aza indiren sistemlerin geliştirilmesine de odaklanır. İnsan performansının değişkenliğinin etkilerine karşı dirençlidir.

Emniyet Yönetim Sistemi (SMS -Safety Management Systems), operasyonel ve teknik sistemleri, finansal ve insan kaynakları yönetimi ile birleştiren bir dizi süreç veya bileşen olarak da tanımlanabilir. Bir Emniyet Yönetim Sistemini geliştirmek ve oluşmadan önce olası tehlikeleri belirlemek amacıyla şirket proaktif ve reaktif emniyet kültürüne duyarlı olmalıdır.

Performans ölçümü, süreç analizi ve şirketin yönetimi faaliyetleri kurumsal kültürünün ayrılmaz bir parçasıyken; SMS, emniyeti genel seviyede sürekli olarak iyileştirmeyi, emniyet risklerinin kontrolünü ve bunların kabul edilebilir bir düzeyde tutulmasını sağlamayı amaçlar.

Havacılık sisteminin hızla değişen operasyonel ortamı ve zorlu regülasyon düzenlemeleri ile karmaşıklığı göz önüne alındığında, havacılık işletmeleri finansal ve operasyonel açıdan daha fazla baskıya maruz kalmaktadır. Havacılık endüstrisindeki bu karmaşıklık ve hızlı değişim özellikleri, emniyeti yönetmek için sistematik bir yaklaşım gerektirmektedir.

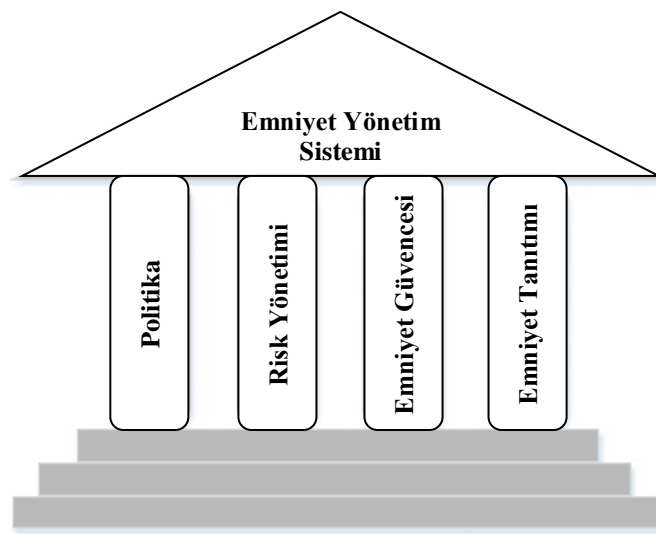
Bir Emniyet Yönetim Sisteminin temel bileşenleri, Şekil 1.3'te gösterildiği gibi “dört sütun” olarak sistemde yer almaktadır. SMS'nin etkili hale getirilmesi için bu yapılandırılmış unsurlar mevcut olmalı ve sağlam bir şekilde yürütülmelidir. (Müller vd, 2014)

Politika; bir havacılık işletmesinin yönetim politikası, şirketin niyetlerinin, felsefesinin ve emniyete olan bağlılığının yazılı bir ifadesidir. Genel olarak, ilgili personelin sorumluluklarını açıklar. Gerekli önlemleri alarak, emniyet hedeflerine ya da emniyet performans hedeflerine ulaşmaya odaklanır.

Risk yönetimi süreci, riskleri kabul edilebilir düzeyde kontrol etmek için temel görevdir ve emniyet yönetiminde kilit olarak görülebilir. Bu süreç, tehlikelerin tanımlanması, risklerin değerlendirilmesi, hafifletme önlemlerinin geliştirilmesi, emniyet risklerinin kontrol edilmesi ve emniyet eylemlerinin etkilerinin izlenmesinden oluşmaktadır.

Güvenlik güvencesi, bir ürünün, bir hizmetin, bir organizasyonun veya bir işlevsel sistemin kabul edilebilir veya kabul edilebilir bir emniyet sağladığına dair yeterli güvenin sağlanması için gerekli olan tüm planlı ve sistematik eylemleri ifade eder.

Emniyet kültürünü geliştirmek için, kurum sürekli olarak emniyet mükemmelliğine çaba göstermeli, tanıtımını sağlamalı ve temel değer olarak benimsemelidir. Kuruluşun Emniyet Yöneticisi ve komitelerin yanı sıra, hat çalışanları tarafından gerekli çalışmaların sağlanması için açıkça tanımlanmış düzenlemelere sahip olunması; bu düzenlemelerin ve alınan derslerin sistem başarısını arttırmak için tüm ilgili personele etkin bir şekilde aktarılması gerekmektedir. (Müller vd, 2014)



Şekil 1.3. Emniyet Yönetim Sisteminin Dört Sütunu (Müller vd, 2014)

Müler'in (2014) tanımına benzer şekilde; ICAO Doküman 9859'a göre işletmeler tarafından oluşturulacak olan Emniyet Yönetim Sistemi, aşağıda tanımlanan dört ana bileşeni ihtiva eder:

- Emniyet politikaları ve hedefleri.
- Emniyet risk yönetimi.
- Emniyet güvencesi.
- Emniyet teşviki.

Emniyet yönetim sistemi kurmakla yükümlü işletmeler, SMS kapsamını yürütmekte oldukları faaliyetlerin karmaşıklığına ve büyüklüğüne, türüne ve karşılaşılabilecekleri tehlikelere, risklere ve organizasyonlarının ölçeğine uygun şekilde oluştururlar.

2. AŞIRI YORGUNLUK RİSK YÖNETİMİ

2.1. Aşırı Yorgunluk, Nedenleri ve Etkileri

Aşırı yorgunluk, bozulmuş performans, daha yavaş reaksiyon süreleri ve kişiye özel yorgunluk duyguları gibi semptomların bir kombinasyonu olarak tanımlanır.

Bireysel, çevresel ve işle ilgili olmak üzere üç ana kategoriye ayrılabilen çok sayıda faktörden kaynaklanır. Bu faktörlerin çoğu, uyku süresini azaltıp, uyanıklık saatlerini uzatarak veya uyku ve uyanıklık zamanlamasını bozarak aşırı yorgunluğa neden olur.

Gander (2011)'e göre yorgunluk, çalışma saatlerinden sonra yeterli dinlenme süresi olmaması ve uyanırken yapılan diğer aktivitelerde eksik istirahat nedeniyle istenen seviyede performans gösterilememesidir. Akut yorgunluk, bir iş döneminde dinlenmek ve iyileşmek için yeterli zaman olmadığında ortaya çıkabilir. Kümülatif (kronik) yorgunluk, zaman içinde akut yorgunluğun yeterince iyileşmediği durumda gerçekleşir. Aşırı yorgunluğu atlama; yani fonksiyonların özellikle de bilişsel işlevlerin yeniden kazanılması, yeterli ve kaliteli bir uyku gerektirir.

Lerman (2012) yorgunluğa, artan uyku eğilimine yol açabilecek ve performansı etkileyebilecek şu faktörleri eklemiştir: uyku eksikliği, sirkadyan değişkenlik (biyolojik uyku saat düzeni), uyanık kalınan saat, sağlık faktörleri (uyku bozuklukları, ilaçlar, vb.), çevresel faktörler (ışık, gürültü, vb.), iş yoğunluğu. Ayrıca aşırı yorgunluk ve operasyonel görevleri yerine getirme yeteneğinin azalması durumunu; uyanırken yapılan tüm fiziksel ve zihinsel aktiviteler ile uyku gerektiren fiziksel ve zihinsel aktiviteler sonrası dinlenip tekrar toparlanma arasındaki dengesizlik olarak tanımlamıştır.

Aşırı yorgunluk temelinde su içmek, yemek yemek gibi insani bir gereksinim olan uyku yoksunluğundan kaynaklanmakla birlikte; Müller (2014) aşırı yorgunluğu neden olan faktörleri daha da açarak şöyle gibi sıralamıştır: mevcut birikmiş uyku da dahil olmak üzere bireysel uyku ihtiyacı, uyku miktarı, uyku kalitesi, sirkadyen ritim, mevcut ve önceki görev sürelerinin uzunluğu, vücudun güneş ışığı, aydınlatma, gürültü, titreşimler, ısı, hava basıncındaki değişiklikler gibi çevresel etkenlere maruz kalması, fiziksel ve zihinsel çaba, önceki tıbbi durumlar dahil, genel fizyolojik durum, beslenme, hem profesyonel hem de özel hayatta ortaya çıkan stres, saat dilimi ayarlamaları.

Fourie (2010) ise uyku eksikliği ve uzun süre uyanık kalmadan kaynaklı aşırı yorgunluk faktörlerini şu şekilde sınıflandırmıştır: kişisel faktörler (yaş, özel durumlar), çevresel faktörler (ortam sıcaklığı, gürültü seviyeleri), işle ilgili faktörler (çalışma programı, uzatılmış çalışma saatleri).

Müller (2014) farklı açıdan konuya açıklama getirmiştir. Bir önceki uzun süreli uykuya rağmen, uyanık olmanın on ikinci saatinden sonra ortalama performans azalmaya başlar ve on altıncı saatte bilişsel performans yaklaşık olarak kandaki alkol konsantrasyonu % 0.04 olan kişinininki ile aynıdır. Yirminci saatten sonra, reaksiyon süresi % 0.1'lik alkol seviyesine sahip kişinin duruma düşer. Genel olarak kandaki alkol seviyesi % 0.06 - 0.09 iken, kaza riski % 95 olasılıkla 1.36 - 3.3 kat daha artar.

Uyku yoksunluğu ve uzun süreli uyanıklık, yukarıdaki değişik sınıflandırılmış faktörler ile birleştiğinde, hemen ortaya çıkan aşağıdaki etkileri şunlardır: reaksiyon hızında % 50'ye varan oranda azalma, hafızada gerileme, dikkat kaybı, el-göz koordinasyonunda azalma, durumsal farkındalığın azalması, karar verme yeteneğinde düşüş, artan mikro uykular (anlık olarak başın düşmesi), uyandıktan hemen sonra uzun süreli uyku hali, asabılık, umursamazlık.

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı aşırı yorgunluğu: “Bir ekip üyesinin zindeliğini devam ettirebilmesini engelleyen, bir uçağı emniyetli bir şekilde işletme ya da emniyet ile ilgili görevleri yerine getirme yeteneğini bozabilen; uykusuzluk, uzun süre uyumama, biyolojik uyku saati düzeni veya aşırı iş yükü nedeniyle ortaya çıkan, zihinsel ya da fiziksel performans yeteneğinde azalmaya neden olan bir fizyolojik durum” olarak tanımlar. Bu tanım Gander, (2017) tarafında da alıntılanmıştır.

Aşırı yorgunluk seviyesini etkileyen faktörler ise literatürdeki kaynaklardan daha ayrıntılı olarak ICAO'nun 2015 yılındaki yayınında şöyle sınıflandırılmıştır:

- Yasal çerçeve: Emniyet raporlama sistemi, gizlilik,
- Ticari baskılar: İş sözleşmeleri, iflas,
- Personel sayısı: Hastalık, diğer sorunlar veya özel operasyon talepleri,
- Personel demografisi: Yaş, cinsiyet, eğitim seviyeleri, kültürel geçmiş, sağlık,
- Aşırı Yorgunluk Yönetimi için sorumluluğun paylaşımı: Politika geliştirme, tehlikeleri tespit etme,
- Aşırı Yorgunluk Yönetimi yapısı: Standart süreçler,
- Coğrafi konum: Topografya, hava durumu, işe giderken harcanan zaman,
- Görev süresi boyunca uçucu personelin izolasyon seviyesi: “misyonu” tamamlamak için ticari ve kişisel baskılar, acil destek ve denetim ekibinin ulaşılabilirliği,
- Çalışma koşulları: Dinlenme olanaklarının kalitesi, otomasyon seviyesi, yetki ve sorumluluk seviyesi, destek personelinin kullanılabilirliği, çevresel faktörler (gürültü, sıcaklık, aydınlatma), mevcut yiyecek ve içecek kalitesi,
- Düzensiz operasyonlar: Planlanmamış göreve atanma sıklığı,

- İş yoğunluğu: Hava trafik yoğunluğu, görev dağılımı,
- Diğer ekip üyeleriyle etkileşimler: Standart kalıpların kullanılması, birden fazla dilde iletişim kurulma ihtiyacı,
- Tecrübe seviyeleri: İşyükü seviyesi, deneyimsiz ekibin desteklenme ihtiyacı,
- Yaşam tarzı: Sosyal fırsatlar, kültürel farklılıklar.

2.2. Aşırı Yorgunluğa Karşı Tedbirler

Randolph (2015) aşırı yorgunluğun etkilerinin, birincil ve ikincil önleme stratejileri geliştirerek en aza indirilebileceğini savunur.

Birincil stratejiler; işyerinde aşırı yorgunluk yönetimi politikası geliştirmek, vardiya değişikliklerinin rotasyonlarını ve sıklığını belirlemek için çalışma programlarını gözden geçirmek, yönetimi, denetçileri, çalışanları ve aileleri sirkadiyen ritim hakkında eğitmek, yorgunluk risk faktörlerini en aza indirmek ve uyku hijyeni arttırmak için eğitimler yapmaktır.

Çalışanların yorgunluk algılarını ve yorgunluk belirtileri olup olmadığını değerlendirmek, potansiyel sorunları tespit etmek için devamsızlık oranlarını analiz etmek, yorgunluk riski altında olan veya yorgunluktan etkilenebilecek sağlık koşullarına sahip olan çalışanları takip etmek, etkili çalışanların etkin uykuya katkıda bulunma stratejileri konusunda danışmanlık yapmak ise ikincil önleme stratejilerini oluşturur. Aşırı yorgunluğun yönetilmesi ve farkındalığının artırılması tüm çalışanların sağlığını ve emniyetini arttıracaktır.

Lerman vd, (2012) aşırı yorgunluktan kaynaklanan hatalara karşı beş savunma seviyesi belirlemiştir: iş yükü ve personel arasındaki denge, vardiya planlaması, çalışanın aşırı yorgunluk eğitimi ve uyku düzensizliğini yönetimi, işyeri ortamı düzenlenmesi, aşırı yorgunluk ve uyanıklığın takibi.

Aşağıdaki münferit hafifletme stratejileri, uçuş ekibine aşırı yorgunluk eğitimlerinde verilebilir:

- Uyku düzeni için uygun beslenme,
- Ekip üyelerinin sirkadiyen ritimlerine aykırı veya potansiyel olarak aşırı yorgunluk yaratabilecek görevlerde uçuşta dinlenme prosedürlerini uygulaması,
- Uçuşta dinlenme kolaylıklarının değiştirilmesi,
- Kafein kullanımı,
- El kitabı ve çeklist kullanımına önem verilmesi,
- Aşırı yorgunluğun brifinglere dahil edilerek ekip üyelerine farkındalık kazandırılması,
- Otomasyon kullanımının artırılması,

- Ekip kaynak yönetiminin (CRM) kullanılması,
- Kokpitte kontrollü dinlenme,
- Gece görevine başlamadan önce öğleden sonra kestirme,
- Kokpitte elektronik tablet kullanımı,
- Uyku kalitesini arttırmak için kulak tıkacı, uyku maskeleri ve kendi yastığının kullanımı. (Müller vd, 2014)

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü, operatörlere aşırı yorgunluğun yönetilmesi amacıyla, bilimsel esaslara dayandırılan düzenlemeler oluşturmalarını zorunlu kılar. Düzenlemelerde dikkate alınması gereken temel ilkeler şöyle özetlenmiştir:

Uyku ihtiyacı: Uyanık olma periyotları sınırlandırılmalıdır. Düzenli ve yeterli uyku, beynin ve vücudun yenilenmesi için önemlidir.

Uykusuzluk ve tekrar toparlanma: Uykunun miktar ve kalitesindeki azalma, tek bir gece bile olsa, sonraki gün uyku halini arttırır, iş yapma kabiliyetini azaltır.

Uyku ve performans üzerinde sirkadyen etkiler: Sirkadyen vücut saati, uykunun zamanı ve kalitesini etkiler ve çeşitli görevler için günlük yüksek ve alçak performanslar yaratır.

İş yükünün etkisi: İş yükünün de kişinin aşırı yorgunluk seviyesine katkısı vardır. Yüksek iş yükü aşırı yorgun bir kişinin kapasitesini aşarken, düşük iş yükü fizyolojik olarak uyku hali yaratabilir.

Ayrıca genel emniyet konuları ile hedeflerinin bir parçası olarak, uçuş ekibinde yorgunluğun sınırlandırılması ve hesaplanması için düşünülmüş basit bir yöntem olarak; ekip ataması probleminde; uçuş, görev süresi limitleri, minimum dinlenme süreleri ve diğer kısıtlar toplu olarak Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları (Flight Time Limitations - FTL) başlığı altında toplanır.

2.3. Kuralcı Yaklaşım ile Aşırı Yorgunluk Yönetimi

Geleneksel olarak yorulmayı önlemek için genel uygulama, uçuş ve görev süresini sınırlamak üzere düzenlemeler yapmak olmuştur. Havacılıkta ve diğer endüstrilerde yaygın olarak kullanılan bu yaklaşımın, zihinsel yorgunluğun doğrusal bir şekilde birikmemesinden dolayı, etkinliği giderek daha fazla sorgulanır olmuştur. Örneğin, sirkadiyen ritim nedeniyle her dinlenme günü, dinlenme saatine bağlı olarak aynı geri kazanım değerine sahip olmayacaktır. Yani dinlenme zamanlaması süresinden daha önemlidir. Bu nedenle, yalnızca zaman sınırlamalarına dayalı bir kuralcı yaklaşım, çalışma saatlerine bağlı olan faktörlerin tüm

karmaşıklığını ve etkileşimlerini hesaba katamaz. Bu nedenle FRMS gibi kuralcı yaklaşıma alternatif sistemlerin geliştirilmesi giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. (Cabon, 2008)

Çalışma saati (HoW) sınırlamaları, yorgunluğun yönetildiği temel araçlardır ve bazı proaktif düzenleyiciler ve operatörler, çalışanlar için aşırı yorgunluk yönetimi eğitimi gibi ek stratejiler uygulamaktadır. Araştırmalar, HoW sınırlamalarının, bilimsel araştırmaya dayanmadığı ve operasyonun doğası gereği oluşan riskleri dikkate almadığından yorgunluk riskini yönetmek için her zaman etkili olmadığını göstermiştir.

Aşırı yorgunluğu yönetmek için ek stratejiler kullanmanın yararları olsa da, pratikte bu stratejiler sistematik bir şekilde uygulanmaz, yorgunluk kapsamlı bir şekilde ölçülmez, çalışanların ve yöneticilerin aşırı yorgunluk yönetimindeki sorumluluğu göz ardı edilir, bu risk için açık bir hesap verme sorumluluğu yoktur ve çok gerekli olan savunma bariyerleri mevcut değildir. HoW sınırlamaları ve yorgunluğun yönetimi için düzenlenmiş önlemler yerine aşırı yorgunluğu yönetmeye yönelik sistematik bir yaklaşım gereklidir ve bu amaçla Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi (FRMS) geliştirilmiştir. (Fourie vd, 2010)

Havacılık alanında HoW sınırlamaları, Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları (Flight Time Limitations - FTL) olarak kullanılır. FTL'ler ekip çizelgeleme işlemini anlamak ve uygulamak için oldukça basit tanımlanır. İş sözleşmeleri ve diğer emniyet önlemleri ile birlikte, FTL'ler çoğu koşulda uyanıklığı korumak için oldukça kullanışlıdır. Bununla birlikte, FTL'ler son derece rijit ve işletim esnekliği ile verimliliği sınırlama eğilimindedir. FTL'lerin en sıkıntılı yanı ise, limitler dışında uçmanın emniyetsizliği ile limitler içinde uçmanın emniyetli olduğunu çok kesin bir şekilde işaret ederek yarattığı güvenlik yanılgısıdır. (Hellerström vd, 2010)

Aşırı yorgunluk riskinin bilimsel olarak yönetilmesi açısından, FTL'ler ve toplu iş sözleşmeleri (Labor Agreements - LBA) çeşitli nedenlerden dolayı tartışmaya açıktır. Çoğu FTL ve LBA modern yorgunluk bilimi temelinden yoksundurlar ve aşırı yorgunluğa sebebiyet veren bazı koşulları “yasallaştırmaktadırlar”. Aşırı yorgunluk riskinin de bu sınırlara sahip olduğu yanılımasını yaratabilirler. Örneğin, 8 saatlik görevden sonra oluşan aşırı yorgunluk riski; 8:10 saatten sonra oluşan riskten önemli ölçüde daha azdır. (Romig ve Klemets, 2009)

Çalışma saati ile ilgili düzenlemeler, özellikle ulaşım sektöründeki çalışanların, aşırı yorgunluktan ötürü maruz kaldıkları şu sorunları önleyememektedir: genellikle sirkadyen saatin günlük döngüsünü dikkate almazlar; biyolojik gece boyunca performans kapasitesi azaldığında daha fazla yorulma riski oluşurken, biyolojik gündüzde gerçekleşen uykuda toparlanma değeri düşüktür; görevin tekrar etmesinden dolayı oluşan, birikmiş uyku borcunun, performansa etkisi ve toparlanmanın daha uzun dinlenme gerektirmesini ele almazlar; genellikle, dinlenme zamanları hesaplanırken, iş dışı faaliyetler hesaba katılmaz. (Gander, 2011)

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı'nın da, operatörler ve operasyonel personelin aşırı yorgunluğunun emniyete etkileri için standart ve önerilen uygulamalar olarak belirttiği iki farklı yöntem mevcuttur: emniyet risklerini yönetmek için uygulanan SMS süreçlerini kullanarak aşırı yorulma riskini yöneten, operatörün otorite tarafından tanımlanan görev sürelerine (FTL) uymasını gerektiren kuralcı yaklaşım, operatörün otorite tarafından onaylanmış bir Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi (FRMS) uygulamasını gerektiren, performansa dayalı bir yaklaşım.

Literatürdeki çalışmalardaki ifadelerden farklı olarak kuralcı yaklaşım ve FRMS arasındaki farklar, otorite ve operatör açısından detaylandırılıp, Tablo 2.1.'de sunulmuştur:

Tablo 2.1. Kuralcı yaklaşım ve FRMS arasındaki farklar (IATA vd, 2011)

		KURALCI YAKLAŞIM	FRM YAKLAŞIMI
AMAC	Otorite	-Operatörlerin aşırı yorgunluk risklerini kabul edilebilir bir seviyeye getirmesini sağlar.	-Operatörlerin aşırı yorgunluk risklerini kuralcı bir yaklaşıma eşdeğer veya daha iyi düzeyde yönetmesini sağlar.
	Operatör	-Mevcut SMS süreçlerini kullanarak, öngörülen limitlerdeki yorgunluk risklerini yönetir.	-Otorite sınırları belirler, aşırı yorgunluk risklerini mutabık kalınan emniyet hedefleri dahilinde yönetir, onları FRM süreçleri aracılığı ile izler, sürekli olarak değerlendirir ve değiştirebilir.
POLİTİKA VE DOKÜMANTASYON	Otorite	-Tanımlanmış limitler hedefler değil, dış sınırlardır.	-FRM düzenlemelerini oluşturur ve onaylanması, denetlenmesi için süreçler geliştirir.
	Operatör	-SMS politikası aşırı yorgunluğu yönetilmesi gereken bir risk olarak tanımlar. -El kitaplarında görev ve dinlenme zamanı limitleri tanımlanmıştır (FTL). -Planlanan ve gerçekleşen çalışma süreleri kaydeder.	-Sorumlu yönetici tarafından imzalı bir FRM politikası vardır. -Her operasyon için maksimum çalışma, minimum dinlenme süreleri tanımlanır, bu sınırlar deneyimlere göre değiştirilebilir. -Süreçlerin, çıktıların ve eğitim kayıtların tamamlanması da dahil olmak üzere tam FRM dokümantasyonu geliştirir. -Aşırı yorgunluk için tanımlanmış raporlama prosedürü geliştirir. -FRM tarafından tespit edilen risklere karşı alınan kararlar ve uygulamaları belgeler. -Planlanan ve gerçekleşen çalışma sürelerini kaydeder.
FRM SÜREÇLERİ	Otorite	-Aşırı yorgunluk risklerini operasyonel bağlamda genel olarak tanımlar. -Genel bilgilere (bilimsel ilkeler, literatür taraması, en iyi uygulamalar) göre risk değerlendirmesi yapar.	-Operatörün her operasyon için tanımladığı maksimum çalışma, minimum dinlenme sürelerini gözden geçirir ve onaylar. -Operatörlerin aşırı yorgunluk risklerinin tanımlanma, değerlendirme ve hafifletme süreçlerini gözden geçirir ve onaylar.

		KURALCI YAKLAŞIM	FRM YAKLAŞIMI
	Operatör	<p>-Aşırı yorgunluk risklerini, mevcut emniyet raporlama mekanizmaları yoluyla toplanan veriler de dahil olmak üzere reaktif olarak tanımlar.</p> <p>-Tanımlanmış limitlere göre uçuş çizelgeleri planlanırken bilimsel prensipler göz önünde bulundurulur.</p> <p>-Aşırı yorgunluk kaynaklı risklerin değerlendirilmesi ve hafifletilmesinde SMS süreçleri kullanılır.</p>	<p>-Her operasyon için maksimum çalışma ve minimum dinlenme zamanı tanımlar.</p> <p>-Aşırı yorgunluğu tanımlamak için reaktif, proaktif ve prediktif süreçler geliştirir ve uygular.</p> <p>-Aşırı yorgunluk risk değerlendirme yöntemlerini geliştirir, uygular ve riski hafifletme stratejileri ekler.</p>
EMNİYET GÜVENCESİ	Otorite	<p>-Kurallara uygunlukları gözden geçirir.</p> <p>-Operatörlerin çizelgelerini bilimsel prensiplere göre yapıp yapmadıklarını kontrol eder.</p> <p>-SMS Emniyet Performans Göstergeleri (SPIs) otorite ve operatör tarafından kararlaştırılmıştır.</p>	<p>-Operatörün tanımladığı SPI'ları gözden geçirir ve kabul eder.</p> <p>-Operatör tarafından tanımlanan maksimum çalışma ve minimum dinlenme zamanlarının ayarlanmasını talep edebilir.</p>
	Operatör	<p>-SMS Emniyet Performans Göstergeleri (SPIs) otorite ve operatör tarafından kararlaştırılmıştır.</p> <p>-Operasyonel değişiklikleri ve aşırı yorgunluk riski üzerindeki etkilerini değerlendirir.</p>	<p>-FRMS SPI'larını tanımlar.</p> <p>-Operasyonel değişiklikleri ve aşırı yorgunluk riski üzerindeki etkilerini değerlendirir.</p>
EĞİTİM VE TANITIM	Otorite	<p>-Emniyet eğitimi ve aşırı yorgunluk hakkında tanıtım materyalleri için rehberlik eder.</p>	<p>-FRMS eğitimi ve tanıtım materyalleri için rehberlik eder.</p> <p>-Operatörlerin aşırı yorgunluk eğitim programını değerlendirir.</p> <p>-Denetçiler için FRMS onay ve gözetim eğitim programı geliştirir.</p> <p>-FRMS eğitim programının etkinliğini değerlendirir.</p>
	Operatör	<p>-SMS süreci kullanarak aşırı yorgunluk yönetimi eğitim ihtiyaçlarını değerlendirir.</p> <p>-Aşırı yorgunluk eğitimleri, emniyet eğitimlerinde kapsanır.</p> <p>-Emniyet eğitimi kayıtları tutulur.</p> <p>-Emniyet performansı raporlanırken aşırı yorgunluk göz önünde bulundurulur.</p> <p>-Emniyet ile ilgili bilgilendirmelerinde aşırı yorgunluk bilgilendirmesine yer verir.</p>	<p>-Eğitim, FRMS'in çalışma şekli ve personel rollerine özgü aşırı yorgunluğu içerir.</p> <p>-FRMS eğitim programının etkinliğini değerlendirir.</p> <p>-Emniyet eğitimi kayıtlarını tutar.</p> <p>-Aşırı yorgunluk ile ilgili sorunları bildirmek için geri bildirim süreci tanımlar.</p> <p>-Emniyet ile ilgili bilgilendirmelerinde aşırı yorgunluk başlığına yer verir.</p>

2.4. Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi (FRMS)

Son yıllarda, aşırı yorgunluk ve uyanıklık alanlarında bilimsel bilgi seviyesinin artırılması için önemli çaba harcanmaktadır. Aşırı yorgunluk ile ilgili kazanımları, emniyet ve risk yönetimi süreçleriyle birleştirerek, Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemi (Fatigue Risk Management System - FRMS) kavramı oluşturulmuştur. (Hellerström vd, 2010)

Lerman vd, (2012)'in tanımına göre; FRMS, çalışanların aşırı yorgunluk riskine maruz kalma düzeyine ve operasyonun niteliğine uygun esnek bir şekilde yöneten, belirlenmiş kurallara bağlı, bilimsel, veri tabanlı bir alternatiftir.

FRMS; uyku, davranış ve emniyet bilimlerindeki gelişmelerden ortaya çıkmış olup, insan hatalarının nedenlerinin ve bunların kazalardaki rolünün daha iyi anlaşılmasına ve risk değerlendirme ve yönetim uygulamalarındaki gelişmelere önderlik etmiştir.

FRMS'deki ana kavramlar şunları içerir: Kapasite insandan insana ve zaman içerisinde değişkenlik gösterir. Bu değişkenliğin bir kısmı uyku geçmişi ve sirkadyen ritme göre tahmin edilebilir. Emniyeti sağlayıp devam ettirmek için, aşırı yorgunluğu ve potansiyel sonuçlarını takip edip hafifletecek sistemlere gereksinim vardır. (Gander, 2017)

Fourie vd, (2010) çalışmalarında Lerman ile aynı tanıma yer verip; FRMS'nin, teorik olarak kuralcı yaklaşımla HoW sınırlamalarına kıyasla yorulma riskine karşı daha fazla koruma sağlayabildiğini şu nedenlere bağlamıştır: FRMS veri güdümlüdür, gerçek riskleri ölçer ve kontrol eder, aşırı yorgunluğun birden fazla nedenini ve bunlara karşı savunma tedbirlerini göz önüne alır, FRMS operasyonel esnekliği artırır, aşırı yorgunluk riskini yönetme sorumluluğu operatörlere aittir, FRMS, yorgunluk yönetimine sistematik ve dokümente edilmiş bir yaklaşımdır, FRMS proaktif ve reaktiftir.

Bir kişinin kendi aşırı yorgunluğunu ölçmesi zordur. Durum belirgin olsa bile kişinin göreve emniyetle devam edip edemeyeceğini değerlendirmesi mümkün olmayabilir. Tam olarak ölçülemeyen bir kavramı yönetmek son derece zor bir iştir. Yorgunluğun tamamen ortadan kaldırılması imkansızdır. FRMS'in amacı, gözlemlenen tüm seviyelerde aşırı yorgunluk riskini azaltmaktır. FRMS'in organizasyona doğru uygulanması, aşırı yorgunluğun performansı nasıl etkilediğini ve nasıl ortadan kaldırılacağını öğrenmeye yardımcı olabilir. Bu uygulama, kaza ve olayların sayısının azaltılması, emniyet artışı ve ilave masrafların azaltılması olarak geri dönebilir. (Hulínskal ve Kraus, 2016).

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı FRMS'i; ilgili personelin yeterli derecede uyanık olmasını sağlamayı amaç edinmiş; bilimsel prensip ve bilgilere, aynı zamanda operasyonel

tecrübeye dayanan; aşırı yorgunluğa bağlı emniyet risklerini sürekli olarak izlemek ve yönetmek için geliştirilmiş veriye dayalı bir araç olarak tanımlar. (ICAO, Doc 9966, 2016)

Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi'ne göre FRMS'in amacı; uçuş ekibinin uyanıklığını artırmak ve performans hatalarını azaltmak için aşırı yorgunluğun etkilerini yönetmek, izlemek ve hafifletmektir. (FAA, FRMS for Aviation Safety, 2013)

Aşırı yorgunluk riskinin etkin bir şekilde yönetilmesi için, hem bireylerin hem de çalıştıkları operatörlerin, aşırı yorgunluğu yönetmekten sorumlu olduklarının farkına varması ve önceki bölümde sıralanan nedenleri dikkate alması gerekir. Bununla birlikte, otorite ve operatörler, aşırı yorulmaya karşı koruma sağlamak için belirlenmiş çalışma saatleri gibi sınırlamalarına uyum sağlamaktadırlar.

Belirlenmiş çalışma saatlerinde oluşan kuralcı yaklaşım bir takım güçlü yönlere sahiptir. Kısıtlamalar genellikle uyulması gereken basit kurallardır. Personelin planlanmasına tutarlı ve net olan yönergeler sağlarlar ve izin verilen ve verilmeyen şeyleri belirterek çalışanları korurlar. Bununla birlikte, sektörde aşırı yorgunluk ile ilgili kazaların görülme sıklığı artmaya devam etmiş, sektörde bu yaklaşımın iyileştirme veya gözden geçirme ihtiyacı ile FRMS ortaya çıkmıştır.

Havacılık alanında aşırı yorgunluk, uçuş operasyonlarıyla ilgili tüm diğer riskler gibi, bir Emniyet Yönetim Sistemi (SMS) çerçevesinde ele alınmalıdır. Karmaşık bir risk olduğundan, FRMS olarak bilinen yorgunluğa özel bir alt SMS gereklidir. (Müller vd, 2014)

2.5. Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi Unsurları

Lerman vd (2012) tarafından yazılan aşağıdaki kavramlar, FRMS uygulamalarının başarısı için önemli faktörlerdir:

- Bilim tabanlıdır, hakemli bilim tarafından desteklenmelidir.
- Veri odaklıdır, verilerin toplanması ve objektif analizine dayalı kararlara dayanmalıdır.
- İşbirlikçidir, tüm paydaşlar tarafından birlikte tasarlanmalıdır.
- Tam uygulanır, tüm politika ve prosedürler sistem çapında kullanılmalıdır.
- Bütünleşiktir, kurumsal emniyet ve sağlık yönetim sistemlerine yerleştirilmelidir.
- Sürekli iyileştirme gereklidir, geri besleme, değerlendirme ve değişiklik yapılarak riski kademeli olarak azaltmalıdır.
- Bütçelenmiştir, geri dönüşü olan bir yatırım sağlar.
- Sahiplenme gerektirir, üst yönetim tarafından sorumluluğu kabul edilmelidir.

Bu özellikler FRMS'nin ana bileşenlerine çevrilebilir.

Konu ile ilgili farklı görüşler olmasına rağmen SMS'in altı unsuru: Emniyet Yönetimi politikası, Risk yönetimi, Raporlama, Olay incelemesi, Eğitim ve İç ve dış denetimdir.

FRMS aşağıdaki kavramları da içerir:

- Aşırı Yorgunluk Yönetimi Politikası,
- Aşırı Yorgunluk riski yönetimi, aşırı yorgunluk hakkında bilgi toplamak dahil olmak üzere, riski analiz etmek ve azaltmak için çalışmak,
- Aşırı Yorgunluk raporlama sistemi,
- Aşırı Yorgunluk olay incelemesi,
- Çalışanlar, yönetim ve aileler için Aşırı Yorgunluk Yönetimi eğitimi,
- Uyku bozukluğu yönetimi,
- FRMS'nin sürekli iyileştirme sürecine düzeltici işlemler sağlayan iç ve dış denetimler.

Yukarıdaki maddelerin altı tanesi SMS'in unsurları ile aynıdır; ancak uyku bozukluğu yönetimi sadece FRMS'e özgüdür. FRMS, üst düzey yöneticinin yorgunluk riskini yönetmek için nihai olarak sorumlu olmasını gerektirir. Ancak yine de tüm paydaşlar aktif olarak katılım sağlamalıdır. Çalışanların ve yöneticilerin birbirlerine güvendiği ve yorgunlukla ilgili bilgilerin açık bir şekilde bildirildiği kurum kültürü, FRMS'nin başarılı bir şekilde uygulanması açısından önemlidir. Bununla birlikte, tüm risklerin yönetiminde olduğu gibi, "herkese uyan" bir çözüm yoktur; FRMS, endüstrinin, regülasyonun ve uygulandığı organizasyonun ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde geliştirilmelidir. (Lerman vd, 2012)

Fourie vd (2010), FRMS ve SMS'i kuralcı standartlardan sonuç temelli yapıya geçen düzenlemelerin örnekleri olarak tanımlar. SMS'nin bir parçası olarak FRMS, emniyet kültüründe bulunması gereken aşırı yorgunluk riskini yöneten, organize, sistematik ve dokümente edilmiş bir yaklaşımdır. FRMS şu unsurları içerir fakat bunlarla limitli değildir: aşırı yorgunluk politikası, aşırı yorgunluğa odaklı risk yönetimi, aşırı yorgunluk raporlaması, olay incelemesi, aşırı yorgunluk farkındalığı, karşı önlemler eğitimi ve denetleme.

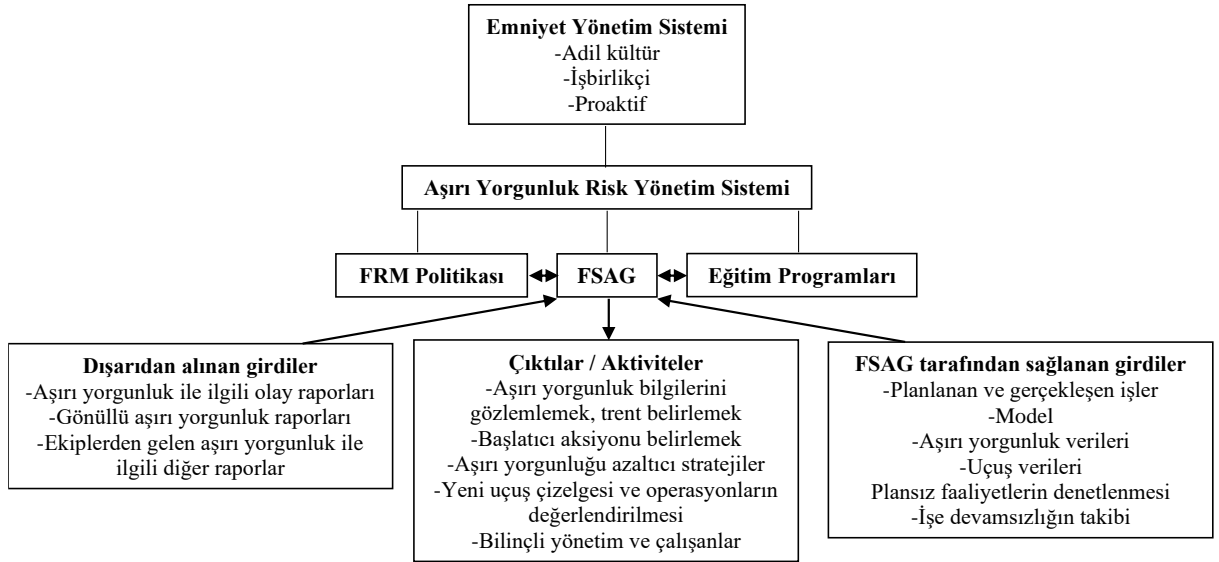
Yukarıdakilere ilave olarak; Randolph (2015), iş yerindeki aşırı yorgunluğu gidermek için uygulanabilecek FRMS'in, çalışanlar ve yönetim için Aşırı Yorgunluk Yönetimi eğitim programlarını, uyku bozukluğu yönetimi ve çalışma programı değerlendirmesini de içerebileceğini belirtmiştir.

Uçuş Emniyet Vakfı ise, FRMS'nin aşağıdaki temel bileşenleri içermesi gerektiğini önermektedir:

- İlgili yasal gerekliliklere ve endüstriyel anlaşmalara uyan Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi Politikası,

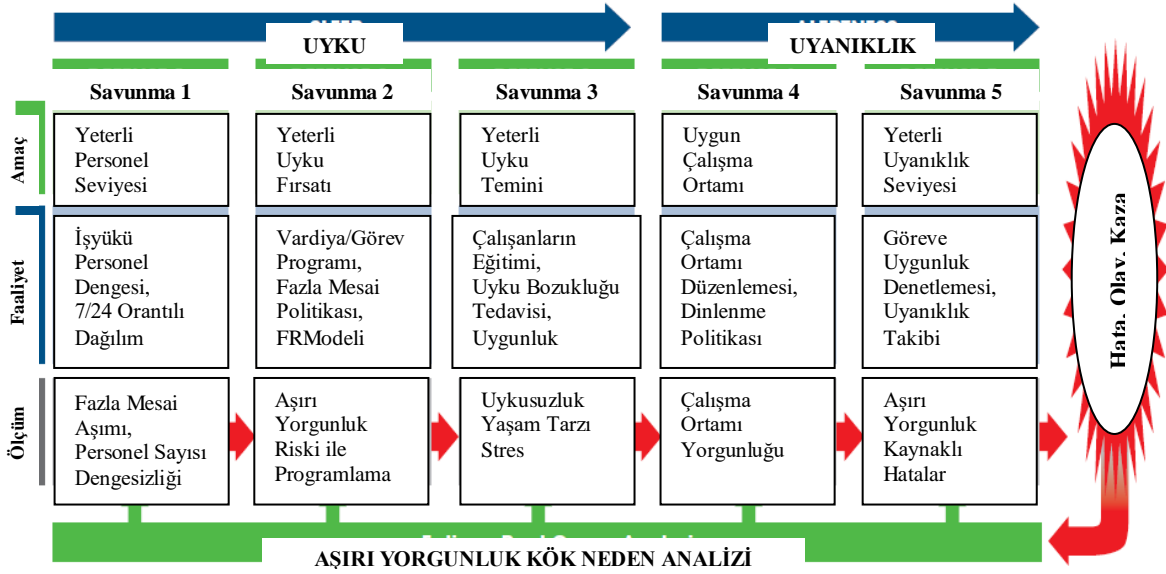
- Farkındalık eğitimi programları,
- Geribildirim yapılan ekip aşırı yorgunluğu raporlama mekanizması,
- Yorgunluk seviyelerini izlemek için prosedürler ve önlemler,
- Tamamen veya kısmen yorgunluk kaynaklı olayları raporlama, inceleme ve kayıt altına alma prosedürleri,
- Yorgunluk seviyeleri ve aşırı yorgunluk ile ilgili olaylarla ilgili verileri değerlendirmek, müdahaleleri yapmak ve bu müdahalelerin etkilerini değerlendirmek için süreçler.

Şekil 2.1., uçuş ekibi için bir FRMS olası yapısını önermekte olup diğer işkolları veya kuruluşlar için değişiklik gösterebilir. Aşırı Yorgunluk Yönetimi Ekibi, organizasyon içindeki tüm aşırı yorgunluk risk yönetimi faaliyetlerini koordine etmek için odak noktasıdır. (Gander, 2011).



Şekil 2.1. Uçuş emniyeti temelli FRMS (Gander, 2011)

Bahsedilen tüm bu yaklaşımlarda benzer unsurlar göze çarpmakla birlikte; Moore-Ede (2010) farklı olarak son yirmi yıldır FRMS'yi tasarlama ve uygulama konusundaki deneyler doğrultusunda, yorgunluk riskini değerlendirmek ve yönetmek için aşağıdaki yolun takip gerekliliğini ortaya koymuştur. Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi, FRMS tarafından yönetilmesi gereken beş “savunma seviyesi” vardır. Bu seviyelerin ilk üçü uyku yönetimini etkiler, ancak son ikisi önemli ölçüde farklı bir sorun olan uyanıklık yönetimini sağlar:



Şekil 2.2. FRMS geri besleme döngüsü ve beş ana savunma hattı (Moore-Ede 2010)

2.5.1. İş yükü-personel dengesi

Fazla mesai, ortalama çalışma süresi ve çalışan yorgunluğu ile ilgili temel faktörlerin ana belirleyicisi mevcut program değil personel sayısıdır. Bu nedenle, ilk olarak görev yükü / iş akışı sorunlarını ele almak, yeterli personel seviyesini sağlamak ve iş yükünü 7 gün 24 saat boyunca dengelemek hayati önem taşımaktadır. (Moore-Ede 2010)

2.5.2. Vardiya/görev-dinlenme programı

Uygun personel sayısına sahip operasyonlarda bile, iyi tasarlanmamış vardiya programları, çalışanın işe gidip gelme zamanını hesaba katmayan dinlenme saatleri, fazla mesailer veya vardiya değişiklikleri çalışanların aşırı yorgunluğuna yol açabilir. Operatörler, riski en aza indirmek, limitleri aşmamak, gerçek (sadece planlanandan ziyade) çalışma-dinlenme modellerini ölçmek (belirli sayıda ardışık saatin ötesinde çalışmak veya üst üste belirli bir gün sayısından fazla çalışmak) ve müdahale etmek amacıyla aşırı yorgunluk risk modellerini kullanarak bu sorunu ele almalıdır. (Moore-Ede 2010)

2.5.3. Çalışanların aşırı yorgunluk eğitimi & uyku bozukluğu yönetimi

Çalışanların kişisel uyku ve yorulma risklerini daha iyi anlamak ve yönetmek için eğitilmesi FRMS'nin kritik bir unsurudur. Vardiyalı yaşam tarzı ile baş edememe, kişisel problemler (çocuğunun hasta olması, vb.), teşhis ve tedavi edilmemiş uyku bozuklukları gibi

faktörler, çalışanların yeterli uyku fırsatını sağlamak için planlanmış çalışma-dinlenme çizelgeleri olsa bile yeterli uyku almalarını engeller. (Moore-Ede 2010)

2.5.4. İşyeri ortamı tasarımı

Bir sonraki kritik savunma hattı, işyeri ortamının tasarımıdır. Işıkların yoğunluğu ve dalga boyu, ses seviyeleri, sıcaklık ve nem gibi temel faktörler, çalışanların uyanıklık seviyelerini korumak ve çalışanların işlevlerini yitirmesini önlemek için tasarlanmalıdır. (Moore-Ede 2010)

2.5.5. Uyanıklık & göreve uygunluk

Belirtilen dört savunmada hala delikler (peynir dilimlerindeki delikler – Yazar Notu: İsviçre Peyniri Modeli: birçok hatanın art arda yapılmasıyla meydana gelen hata modelidir.) mevcut olabilir. Bu nedenle, beşinci bir savunma hattı olması kritiktir. İşyerinde yorgunluğa bağlı risklerin azaltılması, hem çalışanların kendilerinin, hem de yöneticilerinin ve meslektaşlarının, aşırı yorgunluk işaret ve belirtilerini, odak noktaları olarak işyeri eğitim programları aracılığıyla tanınmasını gerektirmektedir. Buna ek olarak, uyanıklık monitörleri ve göreve uygunluk testleri gibi teknolojiler giderek daha güvenilir olup; vardiyalı çalışanlar ve yöneticileri için kullanılabilir hale gelmektedir. (Moore-Ede 2010)

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı'na göre FRMS yaklaşımı, aşırı yorgunluk yönetimine tahsis edilmiş ilave kaynak, geliştirilmiş bir süreç, kapsamlı bir eğitim ve iletişim gerektirir ve ikisi operasyonel, ikisi örgütsel odaklı olmak üzere dört bileşene sahiptir. Bu bileşenler Gander (2017) gibi literatürdeki pek çok kaynakta da kullanılmıştır;

- FRMS Politikası ve Dokümantasyonu (Örgütsel)
- FRMS Süreçleri (Operasyonel)
- FRMS Emniyet Güvencesi Süreçleri (Operasyonel)
- FRMS Tanıtım Süreçleri (Örgütsel)

Operasyonel faaliyetler olan FRMS süreçleri ve FRMS emniyet güvencesi süreçleri FRMS politikası tarafından yönetilir ve örgütsel bir faaliyet olan FRMS tanıtım süreci tarafından desteklenir. Dokümantasyon tüm aktiviteler için tutulmalıdır. Aşağıda bileşenlerin ayrıntılarına yer verilmiştir.

2.5.6. Aşırı yorgunluk yönetimi ekibi (Fatigue Safety Action Group, FSAG)

Operatörlerin FRMS aktiviteleri koordinasyonu için Aşırı Yorgunluk Yönetimi Ekibinin kurulması tavsiye edilmektedir. Aşırı yorgunluk yönetimi paylaşılmış sorumluluklara dayandığında etkili bir emniyet raporlama kültürü gerektirir. İlgili personelin bilimsel, istatistiksel ve tıbbi bilgilere erişimine sahip olmasını sağlamak için, FSAG içerisinde ilgili tüm grupların (yönetim, ekip çizelgeleme personeli, uçuş ekibi) temsilcisinin olması önemle tavsiye edilir.

FSAG, FRMS'in gelişimini denetler, FRMS'in uygulanmasına yardımcı olur, FRM süreçlerinin devam eden operasyonunu denetler, FRMS emniyet güvencesi süreçlerine katkıda bulunur, FRMS dokümantasyonunu sağlar, ve devam eden FRMS eğitim ve tanıtımından sorumludur. (ICAO, 2016)

2.5.7. Politika ve dokümantasyon

Dokümanlar, FRMS'in tüm unsurlarını tanımlar ve değişiklikler ile birlikte kayıtlarının tutulmasını sağlar. FRMS'in iç ve dış denetimleri için gereklidir. Dokümantasyon bir FRMS El Kitabında toplanabilir ya da gerekli bilgiler operatörün SMS El Kitabına dahil edilebilir. Bununla birlikte ilgili tüm personelin ve denetlemeler için otoritenin erişimine açık olması gereklidir.

Operatörün FRMS dokümantasyon ve kayıtları: FRMS politikası ve amaçları, FRMS süreç ve usulleri, bu süreç ve usuller için sorumluluklar ve yetkiler, yönetim, ekip üyeleri ve diğer ilgili personelin katılım mekanizmaları, FRMS eğitim programı, eğitim gereklilikleri, kayıtlar, sapmalar ve nedenleri ile birlikte, planlanan ve uygulanan uçuş saatleri, görev süreleri, dinlenme periyotları, toplanmış veriler, tavsiyeler ve alınan önlemler dahil olmak üzere FRMS çıktıları, ve FSAG görev tanımıdır.

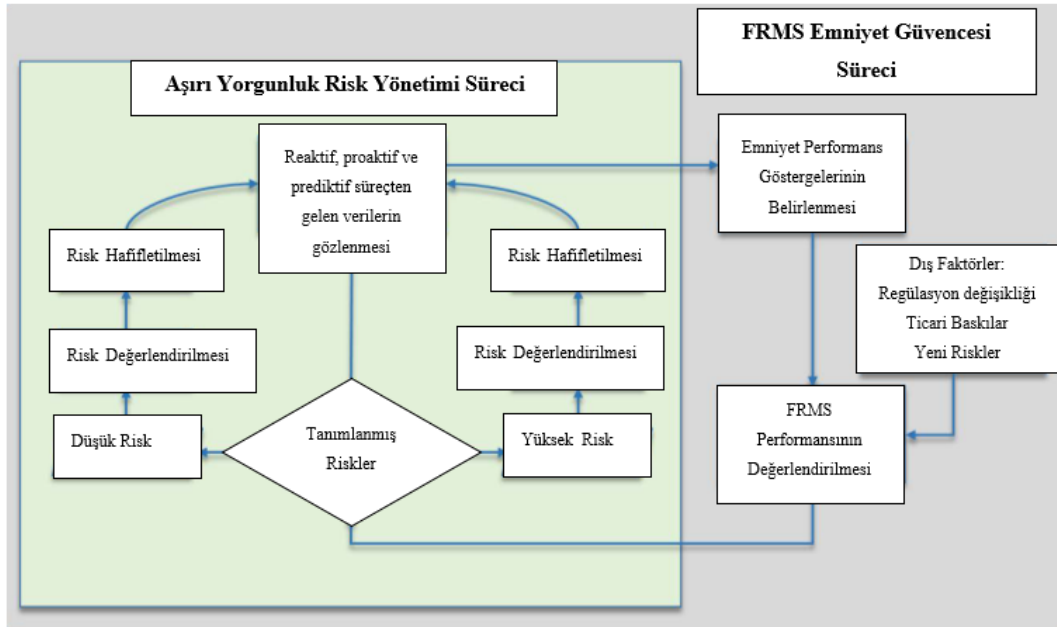
FRMS politikası, operatörün aşırı yorgunluk risklerinin yönetimine olan kararlılığını ve yaklaşımını açıkça belirtir ve operatörün FRMS'inin tüm unsurlarını tanımlar. FRMS politikasında olması gereken diğer gereklilikler:

- Yönetimin ve FRMS politikası kapsamında yer alan kişilerin ortak sorumluluğunu yansıtmalıdır,
- FRMS'in emniyet hedeflerini açık bir şekilde belirtmelidir,
- Operatörün sorumlu yöneticisi tarafından imzalanmalıdır,
- Operatörün tüm alan ve seviyelerine iletilmelidir,
- Etkin emniyet raporlanmasına yönetim taahhüdü belirtilmelidir. (ICAO, 2016)

2.5.8. Aşırı yorgunluk risk yönetimi süreçleri

FRM süreçleri, FRMS'in günlük işlemlerinin bir parçasıdır ve operatörün politikada tanımlanmış emniyet hedeflerine ulaşmasını sağlar. Aşırı yorgunluk seviyelerinin sürekli izlenmesi, aşırı yorgunluğun risk teşkil edebileceği durumların belirlenmesi, risk değerlendirmesi ve derektiğinde ilave risk hafifletmeye gidilmesi unsurlarını içermektedir. (ICAO, 2016)

Emniyet güvencesi süreçleri ile birlikte FRM süreçleri operasyonel faaliyetleri oluşturmaktadır. Süreç, Şekil 2.3.'te özetlenmiştir.



Şekil 2.3. FRMS'in operasyonel aktiviteleri: FRM ve emniyet güvencesi süreçleri (ICAO, 2016)

Şekil 2.3'teki dikdörtgen kutu FRM sürecini tanımlamaktadır; aşırı yorgunluk verileri ve risk azaltmalarının etkinliği değerlendirilerek süreç döngüsü tamamlanmaktadır. Bir organizasyonda farklı yorgunluk risklerinin farklı şekilde yönetilebileceğini vurgulamak için iki FRM süreç döngüsü mevcuttur. Örneğin, bazı yorgunluk riskleri günlük işlem süreçlerinde ele alınabilirken, operasyonel çıktıları daha fazla etkileyen yorgunluk tehlikeleri ise daha geniş SMS ekibinin katılımını gerektirmektedir.

Aşırı yorgunluk Emniyet Performans Göstergelerini (Safety Performance Indicator, SPI) oluşturmak için FRM süreci döngüsünde izlenen veriler kullanılır. Bunlar, FRMS'nin dışındaki

kaynaklardan gelen verilerle birlikte, FRMS'nin aşırı yorgunluk riskinin kabul edilebilir seviyede tutulup tutulmadığını kontrol eden FRMS Emniyet Güvencesi döngüsünde kullanılır. (ICAO, 2016)

Şekil 2.3'de gösterildiği gibi FRM süreçleri aşağıdakilerle kapalı bir döngü oluşturur: Aşırı yorgunluk seviyelerinin sürekli izlenmesi, aşırı yorgunluğun risk oluşturacağı durumların belirlenmesi, risk değerlendirmesi, ihtiyaç duyulduğunda ilave risk hafifletmesi, ve birinci adıma geri dönüş. FRMS risklerinin belirlenmesinde üç temel süreç mevcuttur:

- **Prediktif - Tahmin Süreci:** Ekip çizelgesi incelenerek uyku ve aşırı yorgunluğu etkileyen faktörler ve bunların performans üzerindeki etkileri doğrultusunda ortaya çıkan aşırı yorgunluk riskleri belirlenir. Deneyimler ve benzer operasyon türleri ile toplanan veriler, kanıta dayalı çizelgeleme uygulamaları ve biyomatematikselsel modeller, inceleme yöntemlerinden bazılarıdır.
- **Proaktif - Mevcut Operasyonun Gözlemlendiği Süreç:** Mevcut uçuş operasyonları içerisindeki aşırı yorulma seviyeleri ölçülerek riskler belirlenir. Aşırı yorgunluk risklerinin kendiliğinden raporlanması, ekip yorgunluk anketleri, ilgili uçuş ve kabin ekibinin performans verisi, mevcut emniyet veri tabanları ve bilimsel araştırmalar, planlanan zaman ile gerçek zaman karşılaştırmasının analizi ve uyku takibi inceleme yöntemlerinden bazılarıdır.
- **Reaktif - Olay Sonrası Süreç:** Aşırı yorgunluk risklerinin potansiyel olumsuz emniyet sonuçları ile ilgili raporlar ve olaylar değerlendirilerek riskler belirlenir. Süreç, aşırı yorgunluk raporları, gizli raporlar, denetim raporları, olaylar ve uçuş verileri analizleri ile tetiklenebilir.

Yukarıda belirtilen biyomatematikselsel modeller, sivil havacılıkta da yorgunluğa neden olan faktörlerin bilimsel bir anlayışa dayanarak, ekibin yorgunluk düzeylerini tahmin etmek için kullanılan araçlardır. Bunlar, daha geniş bir FRMS'nin isteğe bağlı bir parçasıdır. (CASA, 2014) FRM'in üç temel sürecinde de bu modellerden faydalanılabilir.

Yorgunluk tehlikesi tespit edildikten sonra, ortaya çıkardığı risk seviyesi değerlendirilmeli ve bu riskin azaltılmasının gerekip gerekmediğine dair bir karar alınmalıdır. Aşırı yorgunluk risk değerlendirmesi, SMS ilkelerini (risk olasılığını ve risk şiddetinin birleştirilmesini) takip eder. Yorulma tehlikesi nedeniyle yaralanma, ekipman hasarı veya kaybı olasılığını değerlendirir.

2.5.9. Emniyet güvencesi süreçleri

FRMS emniyet güvencesi işlemleri, FRMS'in ne kadar iyi çalıştığını izlemek için, operasyonel faaliyetlerinin ikinci kapalı çevrimini oluşturur. FRM süreçlerinde izlenen emniyet performans göstergelerinin (SPI) yanı sıra diğer kaynaklardan edinilen bilgi ve tecrübelerle FRMS emniyet güvencesi süreçlerinin üç ana işlevi vardır:

- FRMS'in, FRMS politikasında ve diğer düzenleyici gerekliliklerde tanımlanan emniyet hedeflerini karşılayan, kabul edilebilir düzeyde bir aşırı yorgunluk riski sunduğunu takip etmek,
- FRMS kapsamındaki operasyonlarda aşırı yorgunluk riskini etkileyebilecek operasyonel ortamdaki ve organizasyondaki değişiklikleri izlemek, ilgili değişikliklerden önce, FRMS performansını muhafaza edebilecek veya geliştirebilecek yollarını tanımlamak,
- FRM süreçlerinin ve diğer FRMS bileşenlerinin sürekli iyileştirilmesini için, geribildirimleri sağlamaktır.

Bir organizasyonda, FRMS emniyet güvencesi faaliyetleri için sorumluluk, FRMS kapsamındaki operasyonların sayısına, karmaşıklığına ve operatörün boyutuna bağlı olarak farklı şekilde dağıtılabilir. Genel olarak bu süreç SMS ekibinin sorumluluğunda iken, bazı süreçler FSAG tarafından üstlenilebilir. Bununla birlikte, FRM süreçlerinin iç denetimleri gibi bazı emniyet güvencesi faaliyetleri, uygulamadan sorumlu olanlardan farklı bir organizasyonel birim tarafından üstlenilmelidir.

Otorite, FRMS'in güvence fonksiyonunu, devam eden aşırı yorgunluk emniyet performans değerlendirmesi için kritik bileşen olarak düşünmeli ve denetimlerinde bu alana odaklanmalıdır. Eğer gerekli görürse operatör tarafından önerilenlere ek önlemler veya sınırlar belirleyebilir. Otoritenin FRMS denetimleri emniyet güvencesi çıktılarının gözlenmesini gerektirir. Bu çıktılar aynı zamanda operatörün FSAG ve SMS ekibinin verimliliğinin de göstergesidir. (ICAO, 2016)

2.5.10. Tanıtım süreci

FRMS politikası ve dokümantasyonu birlikte, FRMS tanıtım süreçleri operasyonel faaliyetleri desteklemektedir. Bu süreç FRMS'in vazgeçilmez bir bileşenidir çünkü FRMS, SMS gibi organizasyonun tamamında etkili iletişim kurar. Aslında FRM süreçleri ve emniyet güvencesi süreçleri FRMS'in motoru olabilirken, tanıtım süreçleri temelini oluşturur. Öte yandan FRMS'in, tüm paydaşlarla faaliyetler ve emniyet güvenlik performansı hakkında düzenli iletişimde olması gerekir.

Kuruluşun yapısına bağlı olarak FSAG, SMS ya da bu plandan sorumlu bir yönetici tarafından oluşturulabilir. Ayrıca uçuş ekipleri ve diğer paydaşlar, aşırı yorgunluk riskleri hakkında FSAG veya diğer ilgili yönetim ile kolay bir şekilde iletişim kurmak zorundadır. Tüm şartlarda paydaşların FRMS'deki rolleri hakkında gerekli bilince sahip olmaları gerekir. Etkili iletişim gereksinimi kapsamında FRMS tanıtım süreçleri, aşırı yorgunluk ile ilgili eğitim programları ve etkili bir FRMS iletişim planı uygulanmasını gerektirir. (ICAO, 2016)

2.6. Aşırı Yorgunluğun Takibi

Aşırı yorgunluğun takibi, uyku, yorgunluk, performans ölçümü ile yapılabileceği gibi, rutin takip ve biyomatematiksel modeller ile de yapılabilir.

Uyku Ölçümü: Uyku-uyanıklık geçmişi, yorgunluk durumu ile ilgili değerli bilgiler sağlar. Yetersiz uykunun uyanıklık işlevleri üzerinde, bazıları kişisel değerlendirmeler veya objektif performans testleri ile yakalanabilen, olumsuz etkileri vardır. Laboratuvarlarda yapılan saha çalışmalarında kısa süreler için uykuyu izlemekte değişik teknikler kullanılmıştır. Ancak, mevcut kayıt donanımı ve analitik prosedürler, katılımcılar için zaman alıcı olmakla birlikte, analizler de maliyetlidir.

Subjektif Uyku ve Yorgunluk Ölçümü: Havayolu sektörü için Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemlerinde kullanılmak üzere iki onaylı subjektif derecelendirme ölçeği önerilir. Karolinska Sleepiness Ölçeği'nde (KSS) katılımcılar mevcut uykululuk seviyelerini 1'den 9'a doğru derecelendirir. Samn-Perelli Crew Status Check ölçeğinde (aynı zamanda Samn-Perelli Yorulma Ölçeği olarak da bilinir), katılımcılar mevcut yorgunluk düzeylerini 1'den 7'ye kadar derecelendirirler.

Performans Ölçümü: Saha çalışmalarındaki performansın ölçülmesi için güçlü ve zayıf yönleri olan çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Psikomotor Dikkat Uygulaması (PVT) gibi onaylanmış laboratuvar çalışmaları akıllı telefonlarda kolayca uygulanabilir.

Rutin Takip: Bazı durumlarda, özellikle askeri operasyonlar veya diğer yüksek riskli ortamlarda, alandaki uyku-uyanıklık modellerini aktif olarak kullanarak kayıt altına almak uygun olabilir. Ancak ticari operasyonlarda, bu tarz rutin izlemeler gereksiz olabilir ve insanlar görev dışı da dahil olmak üzere, 7/24 izlenmeye karşı dirençli olabilirler. (Gander, 2017)

Biyomatematiksel Modelleme: Bilgisayar programları ile bütünleştirilmiş ticari modellerdir ve FRM'in üç temel sürecinden biri olan Tahmin Sürecinde kullanılabilirler. Çalışma saatleri, uyku ve performans arasındaki ilişkilere dair bilimsel verileri yansıtarak, farklı çalışma paternlerinin iş performansı üzerindeki etkilerini öngörmeye çalışır. Sivil havacılıkta da yorgunluğa neden olan faktörlerin bilimsel bir anlayışa dayanarak, ekibin yorgunluk

düzeylerini tahmin etmek için kullanılan araçlardır. Bunlar, daha geniş bir FRMS'nin isteğe bağlı bir parçasıdır. (CASA, 2014)

2.7. Endüstri / Operatör Seviyesi Örgütsel Faktörler

Endüstriler ve şirketler, gerekli emniyet standartlarını karşılamak için yürürlükteki mevzuat düzenleri içerisinde faaliyet göstermelidir. Yukarıda açıklandığı gibi, FRMS, yorgunluk riski yönetiminin sorumluluğunu düzenleyici kurumlardan işveren ve çalışanlara doğru kaydırmaktadır. Bu nedenle, etkin yorgunluk riski yönetimini etkileyen endüstri ve şirket seviyesindeki örgütsel faktörleri anlamak giderek daha önemli hale gelmektedir. (Gander, 2011)

Operasyonel karmaşıklık, güvenilirlik ve yorgunluk riski: Aşırı Yorgunluk Risk Yönetim Sistemleri genellikle daha geniş emniyet yönetim sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olarak düşünülmektedir. Bir şirketin SMS'inin yapısı sektöre bağlıdır ve gerekli emniyet seviyesinin bir fonksiyonu olarak değişecektir.

Kültür: Olgun bir “emniyet kültürünün” geliştirilmesi, emniyet yönetim sistemleri için hayati öneme sahiptir ve FRMS için de geçerlidir. Örgüt kültürüne ek olarak, ulusal ya da etnik kültür, FRMS'nin başarılı bir şekilde uygulanmasını etkileyen önemli diğer faktörlerdir.

Emniyetli davranışlar için Ödül & Ceza: Ticari havacılıkta, daha deneyimli pilotların aylık programları için teklif verme ve uzun süreli görevler için daha fazla fizyolojik zorlamada öncelikli olmaları yaygındır. Emeklilik geliri, kariyerin son yıllarındaki kazançlara bağlıysa, yorgunluk olasılığı eski bir pilotun uçuş planı seçiminin ana faktörü olmayabilir. Tersine, seçme hakkına sahip olma sırasının altındakiler genellikle daha gençtir ve yorgunluklarını en aza indiren ya da aile hayatının ihtiyaçlarını karşılayan uçuş programlarını seçmede çok az esnekliğe sahip olabilirler. Ulaşım sektöründe diğer bir konu, uçuş ekibi olarak görev yapmanın yanı sıra, idari veya ofis görevi olan çalışanlara verilen ek iş yüküdür.

Farklı şehirde yaşama: Havayolu şirketlerinde, ekip üyelerinin başka bir şehirde, hatta başka bir ülkede yaşaması nadir değildir. Bu durum işe gidiş geliştteki seyahat, toparlanma, uyku ve diğer tüm çalışma dışı aktiviteler için gerekli zamanı azaltır.

Uyku bozuklukları ve FRMS: Kapsamlı bir FRMS, kendileri ve başkaları için aşırı yorgunluk ile ilgili kaza riskini artıran kronik uyku problemleri olan çalışanların yönetimine yönelik politikaları içermelidir.

Emniyet Yönetim Sisteminin bir parçası olarak FRMS: Reaktif analiz raporlama sistemlerine dayalıdır; Proaktif analiz, anketleri veya rutin gözlemleri kullanarak normal aktivitenin analizini kapsarken prediktif analiz ise önemli bir değişiklik ile karşılaşıldığında kullanılır.

2.8. FRMS için Emniyet Performans Göstergeleri (SPI'ler)

Ticari havacılık operasyonları gibi ultra emniyetli sistemlerde, emniyet açısından kritik hatalar ve olaylar öngörülemez, nadir olaylardır. FRMS'lerde, operatör aşırı yorgunluğuna katkıda bulunan bir faktör olup olmadığını belirlemek için analiz edilmelidir. Bununla birlikte, nadir karşılaşıldığından, emniyet açısından kritik hatalar ve olaylar, yorulma düzeylerinin rutin izlenmesi ve potansiyel tehlikelerin tanımlanması için FRMS'lerde kullanılamaz. Her bir SPI için kabul edilebilir değerler veya aralıklar ile birlikte bir dizi SPI'nın tanımlanabileceği çeşitli ek veri kaynaklarına ihtiyaç vardır. Güçlü emniyet yönetimi için çoklu SPI kullanımı önerilir. Ticari havacılık için, iki farklı tipte SPI önerilmiştir: işten kaynaklanan aşırı yorgunluk nedenlerini izleyen operasyonel SPI'lar ve gerçek zamanlı ekip üyelerinin yorgunluğunu izlemeye dayalı SPI'lar.

Uyku öyküsüne ve sirkadyen ritme gösterdikleri duyarlılığa dayalı ölçümler, ticari havacılıkta FRMS'ler için emniyet performans göstergeleri (SPI'ler) olarak önerilmiştir; bunlar, uyku öyküsüne ve sirkadyen ritme gösterdikleri duyarlılığa dayanmaktadır. Çok sayıdaki zaman dilimini geçen çok uzun ticari uçuşların karmaşık ortamında, önerilen SPI'ların performans kapasitesinin bu önemli belirleyicilerini ne kadar güvenilir yansıttığına dair bir değerlendirme sunulmaktadır. Bu operasyonlarda, pilotların görev süreleri boyunca sadece bir bacak uçuş gerçekleştirirler ve uçuşta dinlenme fırsatına sahip olurlar. Uzun uçuş günlerinde uçuş sırasında uyku fırsatı olmayan çok bacaklı uçuşları içeren kısa mesafeli uçuşlarda daha fazla veri ortaya çıkabilir. Kısa mesafeli operasyonlar gece uçuşlarını içerebilir, ancak tipik olarak sadece bir veya iki zaman dilimini geçebilir.

Operasyonel SPI'ler rutin olarak toplanan verilerden, örneğin planlı ve gerçek programların karşılaştırılmasıyla elde edilebilir.

FRMS'lerde önemli bir aşırı yorgunluk izleme verisi kaynağı, personel tarafından gönüllü raporlama yapılmasıdır. (Gander, 2017)

Gander, 2014 yılındaki yayınında konuyla ilgili düzenlemelerden bahseder. Ona göre "Emniyet Performans Göstergesi" terimi, veri odaklı olacak şekilde özel bir anlama sahiptir. Olası emniyet tehlikelerinin tanımlanması ve genel emniyet sisteminin önceden belirlenmiş emniyet hedeflerine göre ne kadar iyi çalıştığına dair bir ölçüm sağlanması rutin olarak izlenebilecek temel önlemlerdir. Aşırı yorgunluk yönetimi için, bunların FRMS politikasında yazılması gerekmektedir.

2.9. FRMS Zayıf Yönleri ve Uygulama Zorlukları

Mevzuat ve düzenleyici bağlam, FRMS'lerin uygulanmasında kilit bir faktör olup; ülkeler ve sektörler arasında farklılık gösterir. FRMS'ler, emniyet konusundaki sorumluluk alanını düzenleyiciden, işveren ve çalışanlara doğru kaydırır. Bu yaklaşım, işletmenin kendi kendini düzenlemesine izin verir, emniyet konusunu daha fazla sahiplenmeyi teşvik eder ve riski yaratanların bunu yönetmesine olanak sağlar. (Gander, 2017)

Uçuş emniyeti ve aşırı yorgunluk: Aşırı yorgunluk araştırması yapmak ve performansı ölçmek için basit testler kullanan laboratuvar çalışmaları geliştirilmiştir. Bununla birlikte, endüstri bazlı son araştırmalar, yorgunluk ve emniyet arasındaki ilişkinin doğrusal olmayabileceğini göstermektedir (Folkard ve Akerstedt, 2004). Yorgunluk seviyeleri en yüksek olduğunda risk en yüksek seviyede olmayabilir. Ancak daha az dikkat gerektiren görevlerde oluşan orta dereceli yorgunluk seviyelerinde daha yüksek risklere maruz kalınabilir.

Bilgi tabanı: FRMS tartışmalı bir şekilde danışmanlar için bir niş pazar haline gelmektedir. Düzenleyicilere ve sektöre sunulan tavsiyelerin kalitesi ve maliyeti dengeli değildir. FRMS ile tanışan şirketler, toplu olarak sunulan sistemlerin yeterince sağlam olup olmadıklarına dair güvensizlik hissedebilirler. HoW yönetmeliklerinden ayrılmak, onların yorgunluk risklerini yönetmek için sistemi geliştirmelerini ve bunu iş baskıları ve işgücü istekleriyle dengelemelerini gerektirir. Bununla birlikte sunulan “uzman” tavsiyenin kalitesi çok önemlidir.

Düzenleyiciler için zorluklar: FRMS'yi göz önünde bulunduran, uygulatan, ulaşım sektörü düzenleyicileri arasında, FRMS alternatif bir uyum aracı olarak görülmekte ve HoW gereklilikleri yerine geçecek şekilde kullanılmamaktadır.

Uygulama: FRMS, operasyonda bazı uygulamaları zorlaştırabilir. İç ve dış uygulama gerekliliklerinin dengesi, FRMS'nin kuralsızlaşmamış gibi görülüp, olası kötüye kullanımını önlemede kritik bir faktördür.

Maliyet: FRMS'nin mevzuata uyum maliyetlerini arttırdığı, regülasyon maliyetini otoriteden işletmecilere kaydıracağı yönünde bir endişe vardır. Sektörel açıdan bir diğer endişe ise, kendi FRMS'lerini geliştirmeye çalışan şirketler için etkili düzenleyici desteğin olmamasıdır.

İşin büyüklüğü ve karmaşıklığı: Emniyetin geliştirilmesi, FRMS'nin uygulanması ve çalıştırılması maliyetleri, FRMS'nin daha büyük şirketlere rekabet avantajı sağlayacağından, bazı küçük operatörler için eşitliğe aykırı ve engelleyici olabilir. (Gander, 2017)

FRMS değerlendirmesi: FRMS'nin uygulanması için bir diğer önemli zorluk, aşırı yorgunluğun emniyet üzerindeki olumsuz etkisini azaltmadaki etkinliğinin değerlendirilmesidir. Bu zorluk, kurumların mevzuata uyumlu, fakat yine de emniyetsiz olabileceği Emniyet Yönetim Sistemleri ve kuralcı yaklaşımlarda da mevcuttur. İdeal olarak, FRMS'nin etkinliği, benzer işletmelerde FRMS olmadan aşırı yorgunluk yönetimi ile karşılaştırılarak değerlendirilebilir. (Gander, 2011)

Aşırı yorgunluk raporlama sistemi: Etkili bir emniyet raporlama kültürü, politikaların veya prosedürlerin kasıtlı ihlali ile aşırı yorgunluğa bağlı ihlal ve hatalar arasındaki farkların açık bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. (Gander, 2017)

Yetersiz hazırbulunuşluluk: Aşırı yorgunluk konularının anlaşılmaması, bununla ilgilidir. Elbette yönetimin kararlarını dayandırdığı ekonomik göstergelerin değerlendirilmesi gereklidir. Ancak aşırı yorgunluk, özellikle düşük maliyetli havayolları arasında yönetilmesi gerekli olmayan bir risk olarak kabul edilir.

Belirsiz emniyet politikası: Havacılık organizasyonlarının belirsiz emniyet politikası, yukarıdaki maddede belirtilenlerle yakından ilişkilidir. Genellikle, tüm emniyet politikası bilinmemektedir. İşletmeci, belirsizlik ve yetersiz kontrol nedeniyle düzenlemelere uymaz ve takip etmez.

Adil kültür: Çalışanların, emniyete etkisi olan veya olabilecek herhangi bir durumu rapor etmelerini teşvik eden bir şirket politikasıdır. Bu tür raporlamayı gerçekleştiren hiç kimsenin cezalandırılmaması esastır. (Hulínská ve Kraus, 2016).

2.10. Literatür ile Regülasyon Kıyaslaması

FRMS aslında yeni bir kavram olmayıp, 20 yılı aşkın bir süredir gelişerek operasyonel olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda FRMS çalışmalarının sayısı oldukça artmış ve uluslararası alanda kabul görek, idarecilerin, endüstrinin ve akademik çevrenin dikkatini çekmiştir.

Regülasyonda ve birkaç örnek hariç literatürde; ultra emniyetli sistem olan havacılıkta Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi, uçuş operasyonlarıyla ilgili tüm diğer riskler gibi, temelinde Risk Yönetimini barındıran Emniyet Yönetim Sistemi (SMS) paralelinde ele alınmıştır. Bu kapsamda kullanılan FRMS unsurları aynı olup, içeriklerinde farklılıklar göze çarpmaktadır. Bu farklılıklar şunlardır;

- Literatürde aşırı yorgunluk nedenleri bireysel, çevresel ve işle ilgili faktörler olmak üzere üç genel kategoriye ayrılırken; Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı aşırı yorgunluk seviyesini etkileyen faktörleri ondört başlık altında detaylandırmıştır.

- Regülasyon tamamıyla SMS unsurları üzerine FRMS unsurlarını kurgulamıştır. Literatürde ise ‘uyku bozukluğu yönetimi’ farklı unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Son yıllarda havacılık sektöründe önem kazanan tahmine dayalı yaklaşım regülasyonda mevcut olmasına rağmen, literatürde yeterince yer almamaktadır.
- Randolph (2015)’un aşırı yorgunluğun etkilerini ikincil önleme stratejileri arasında bulunan; ‘etkili çalışanların etkin uykuya katkıda bulunma stratejileri konusunda danışmanlık yapması’ hususuna regülasyonda yer verilmemiştir.
- Eğitim unsuru regülasyonda çalışanlar ve yönetim ile sınırlı olmakla beraber; Lerman (2012) ailelere de farkındalık verilmesini gündeme getirmiştir.
- ICAO, Aşırı Yorgunluk Yönetim Ekibine büyük önem verirken, literatürde bu ekibi sadece tek bir kaynak odak noktasına almıştır.
- Kuralcı yaklaşım (HoW veya FTL) literatürde de kapsanmış olmakla birlikte, ICAO detaylı bir tablo ile FRMS’nin farklarını belirterek anlaşılmasını kolaylaştırmıştır.
- Operatör seviyesi organizasyonel faktörler pek az kaynak tarafından detaylı olarak ele alınmıştır. Ancak otoritelerin bu faktörlere yönelik farkındalığı önemlidir. Zira aynı ülkedeki operatörler, farklı özelliklere sahip olsalar dahi, aynı regülasyona tabi tutulmakta olup, zaman zaman operatörler arası adil olmayan durumlar ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca regülasyonun hazırlandığı ulusal ve etnik kültür ile operatörün kültür farklılığı uygulamada aksaklıklara yol açabilir.
- FRMS’in zayıf yönleri ve uygulama zorlukları literatürde detaylı olarak yer bulmuş olmakla birlikte regülasyonda yer almamaktadır. Uygulamaya geçiş veya karar aşamasında operatörün göz önünde bulundurması gereken önemli başlıkları kapsamaktadır. Bunlar bilgi tabanının oluşturulmasında oluşabilecek zorluklar, artacak maliyetler, uygulanan iş modelinin boyutu, raporlama sisteminin işlememesi, vb. şeklinde sıralanabilir.
- Moore-Ede (2010) ise SMS paralelindeki FRMS’den çok farklı bir bakış açısıyla aşırı yorgunluk yönetimine yaklaşmıştır. Beş ana savunma hattı ile aşırı yorgunlukla ilgili hataları ve olayları analiz eden, risk temelli, performansa dayalı ve sürekli iyileştirme ile savunmaları güçlendiren bir döngüsel model tasarlamıştır. Emniyet Yönetim Sistemine sahip olmayan ya da FRMS uygulamasının ilk aşamasında olan operatörler için basit, kullanışlı, anlaşılır bir yapıdır.

3. EKİP ATAMA PROBLEMİNDE AŞIRI YORGUNLUK YÖNETİMİ

3.1 Araştırma Problemi

Bir havayolu için, gelecekteki ekip ve uçak planlamasını içeren, uçuş çizelgelemesi, iş stratejisi ve rekabetçi pozisyonunun belki de en önemli göstergelerinden biridir. Havayollarının uçak ve ekip çizelgelerini tasarlamadaki zorlukları karşılamaının temelinde yöneylem araştırması teknikleri yardımcı olur (Barnhart, 2009). Kohl ve Karisch (2004)'e göre, yakıt sonrasında ekip maliyetleri şirketlerin ikinci büyük masrafını oluşturduğundan maliyet etkin ekip planlaması havayolları için büyük önem taşır. Küçük yüzdeli bir maliyet azalımı, büyük şirketler için yıllık on milyonlarca dolar tasarruf sağlar. Problem kısıtlarının fazlalığı, çözüme ayrılacak zamanın yetersizliği nedeniyle bu problemlerin çözümünde matematiksel programlama dillerinin kullanılması kaçınılmazdır.

Havayolu çizelgeleme sorunlarının doğası gereği çok büyük ölçekli olmasından dolayı birkaç alt probleme bölünmüştür. Bunlar:

- Uçuş Çizelgeleme Problemi
- Filo Atama Problemi
- Bakım Rotalama Problemi
- Ekip Planlama Problemi
 - ✓ Ekip eşleştirmesi
 - ✓ Ekip ataması

Yayınlanan çalışmaların çoğu ekip eşleştirme ile ilgilidir. Bunun nedeni, maliyet avantajlarının çoğunun, gideri en aza indirgeyen verimli eşleştirme ile elde edilebilmesidir. Ekip atamada ise masrafların en aza indirilmesi önemlidir, ancak ekibin yaşam kalitesi ve en önemlisi yorgunluk seviyesi dikkate alınmak zorundadır.

Uçuş ve görev süresi sınırlamaları çeşitli nedenlerden ötürü ekibin aşırı yorgunluk seviyesini problemin çözümüne dahil etmekte yetersiz kalmaktadır. Uçuş emniyeti yöneticilerin konuya yönelik ilave tedbirler almasını gerektirir.

3.2 Araştırmanın Amacı

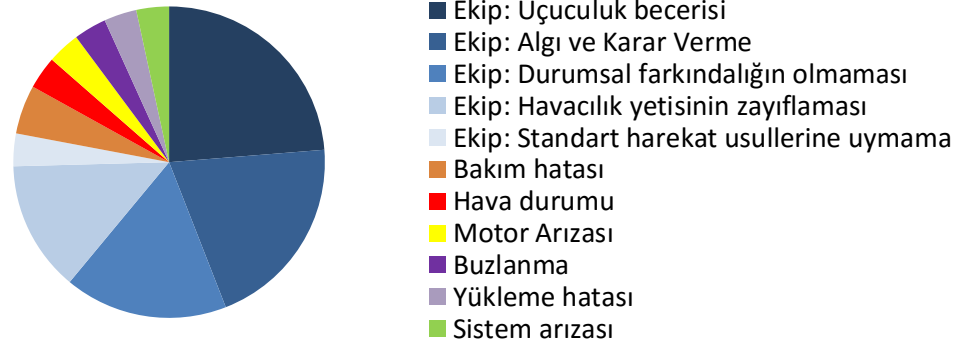
Araştırmanın amacı:

- Aşırı Yorgunluk Yönetimi (FRM) uygulanan bir havayolunda yöneticiye değerlendirme kolaylığı sağlayacak matematiksel veriler sunmak,
- Bu verileri uçuş ve görev süresi sınırlamaları (FTL) dahilinde hazırlanmış ekip atama modellerine ilave edilebilir hale getirmek,
- Sonucunda, gerekli ilave ekip sayısının kolaylıkla belirlenmesini sağlayıp, ekibin yorgunluk seviyesini değerlendirerek uçuş emniyetini arttırmak ve aşırı yorgunluk riskinin yönetilmesini pratik ve ekonomik hale getirmek olarak belirlenmiştir.

3.3 Araştırmanın Önemi

“Gelişmekte olan ‘Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi’ bilimi, tıp, kaynak yönetimi, biyoloji, bilişsel psikoloji, matematik ve bilgisayar gibi birçok disiplini bir araya getirir. Uykusuzluğun etkisi altında yatan nörobiyoloji tam olarak anlaşılammakla birlikte son on yılda belirgin ilerleme kaydedilmiştir. Aşırı yorgunluğa ilişkin riskleri yönetmeye yardımcı olmak üzere geliştirilen modeller çeşitli iş programlarında yorulma riskini tahmin etmek, yorulmayı azaltan programlar planlamak, insan hatasını en aza indirmek, üretkenliği ve güvenliği arttırmak için kullanılabilir.” McCauley’in 2009 yılında yaptığı bu değerlendirmeden son yıllara gelene kadar, sivil havacılık ekip atama problemine, Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi süreci gereklilikleri dahil edilmemiştir.

Oysaki havacılık kazalarının %70’den fazlasının insan hatasından kaynaklandığı ve aşırı yorgunluğun insan hatası ile doğrudan ilişkili olduğu göz önüne alındığında, havacılık operasyonlarında ekip atama problemlerine Aşırı Yorgunluk Risk Yönetiminin dahil edilmesi büyük öneme sahiptir. Şekil 3.1’de 2002-2011 yılları arasında gerçekleşen ölümlü kazaların ana sebepleri verilmiştir.



Şekil 3.1. 2002-2011 yılları arasında gerçekleşen ölümlü kazaların ana sebepleri (CAA, 2013)

Bu çalışma ile literatürde genellikle ayrı ayrı çalışılan, havacılık sektörü için çok önemli bu iki kavram, FRM kapsamında, beraber değerlendirilecek ve sonuçları gerçek uçuş ve ekip setlerinin mevcut olduğu örnek havayolu üzerinde denenecektir.

Böylelikle ekip atama modellerinde mevcut kısıtların yeterliliği, aşırı yorgunluğa sebebiyet verme ihtimali tartışmaya açılacak, probleme maliyet minimizasyonu haricinde yeni bir bakış açısı kazandırılacak ve dünya havacılığında son yıllarda daha çok dikkate alınan “Aşırı Yorgunluk Yönetiminin” literatürde hak ettiği yeri almasına katkıda bulunulacaktır.

3.4 Kavramsal Temel

3.4.1. Ekip atama modeli

Havayolu ekip çizelgelemesi ve ekiplerin uçuşlara atanması, birçok havayolunun aylık olarak düzenlediği, önemli ve zor bir planlamadır. Bir sorunun çözümü, çeşitli ön atamaları (eğitim ya da gözlemci uçuşları gibi) yanı sıra ekip taleplerini (tercih edilen uçuşlar gibi) dikkate alan bireyselleştirilmiş programların oluşturulmasını içerir (Dawid vd, 2001). Literatürde sadece havayolu ekip ataması başlığı altında çalışılan; kısıtları örnek havayoluna benzer ve havacılıkta aşırı yorgunluk kavramının konuşulmaya başladığı 2000’li yılların başından itibaren kurulan bazı modeller aşağıda verilmiştir:

- Havayolu Ekip Atama Probleminde Bulanık Küme Teorisi Yaklaşımı, Dusan Teodorovic, Panta Lucic (1998),
- Çok Amaçlı Havayolu Ekip Atama Problemi için Tavlama Benzetimi, Panta Lucic, Dusan Teodorovic (1999),
- Havayolu Ekipleri için Gelişmiş Ekip Atama Modeli, Herbert Dawid, Johannes König, Christine Strauss (2001),

- Havayolu Ekip Atama Problemini Çözmek için Akılcı bir Yaklaşım, Walid El Moudanis, Carlos Albert Nunes Cosenza, Felix Mora-Camino (2001),
- Havayolu Ekip Atama Problem Tipleri Modellemesi ve Optimizasyonu, Niklas Kohl, Stefan E. Karisch (2004),
- Birleştirilmiş Havayolu Ekip Eşleme ve Atama Problemi için Genetik Algoritma Bazlı Yaklaşım, Nadia Souai, Jacques Teghem (2008),
- Havayolu Endüstrisinde Kişiselleştirilmiş Ekip Atama için Hibrit Dağılım, Sezgisel, Broos Maenhout, Mario Vanhoucke (2010),
- Çin'deki Büyük bir Havayolundaki Ekip Atama Sorunu için Sezgisel, Qiao Chen, Andrew Lim, Wenbin Zhu (2011),
- Partikül Swarm Optimizasyonu Kullanarak Havayolu Ekip Atama Problemi, V.Limlawan, B.Kasemsontitum, C.Jeenanunta (2011),
- Garuda Endonezya Dosyası Havayolu Ekip Atama Problemi için Optimizasyon Modeli, Rieske Hadianti, Khusnul Novianingsih, Saladin Uttunggadewa, Kunjtoro A. Sidarto, Novriana Sumarti, Edy Soewono, (2013),
- İki Aşamalı Ayırıştırma Algoritmasının Fairing Çalışma zamanı için Havayolu Ekip Atama Probleminde Uygulanması, Tsubasa Doi, Tatsushi Nishi (2016).

3.4.2. Aşırı Yorgunluk Parametreleri

Literatür özetinde görüldüğü üzere; FRM uygulaması dahilinde uluslararası regülasyon gereği, operatörlere gece görevleri ile ilgili düzenleme yapma zorunluluğu getirilmiş olup henüz literatürdeki modellere aktarılmamıştır. Ekip atama problemlerinde kısıtlar, her havayolu veya her örnek olay için farklılık göstermekle birlikte; hemen hemen tüm modellerde, ekip aşırı yorgunluğu sadece FTL dahilinde kapsanmış, ötesine geçilmemiştir.

Kuralcı yaklaşımdan FRM yaklaşımına geçişte örnek havayolu emniyet yönetim sistemi verilerinin yanı sıra; uluslararası düzenlemeler ve yorgunluk raporlarından elde edilen verilere göre farklı kısıtlar eklenmesi kaçınılmaz hale gelmiştir.

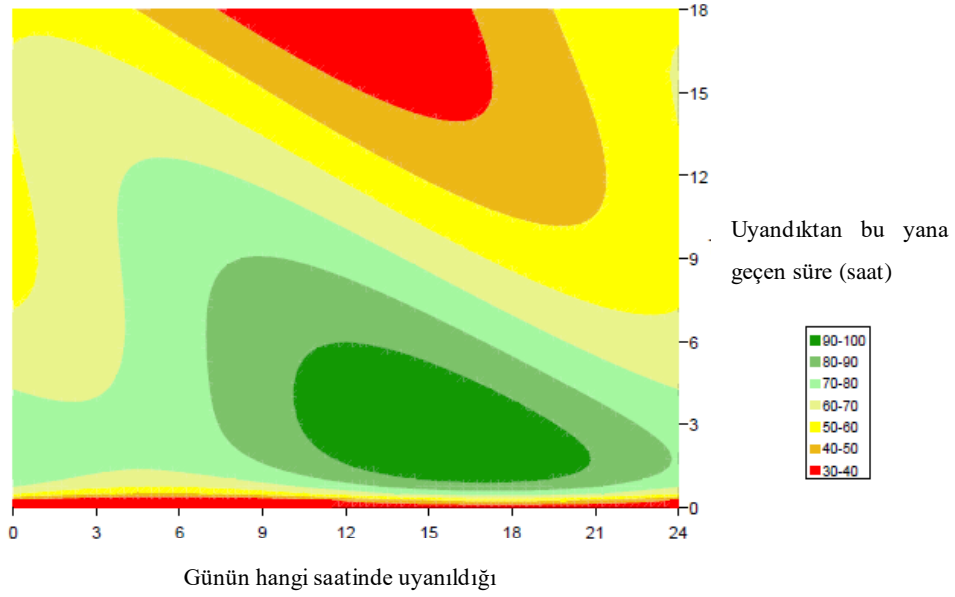
Bu kısıtlar eklenirken:

- Uyanmadan bu yana geçen süre,
- Çalışmaya başlama zamanı,
- Dinlenme süreleri, (Williamson vd, 2011)

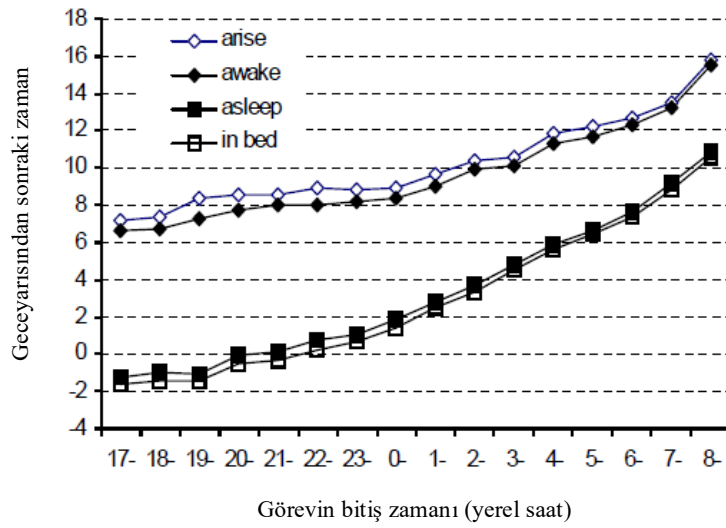
- Sirkadyen biyolojik saatin günlük döngüsü; biyolojik gece boyunca performans azaldığından aşırı yorgunluk riskinin arttığı, biyolojik gün boyunca da uyku olanaklarının azaltılmış olduğundan toparlanma değerinin azalacağı,
- Uykusuzluğun kümülatif olarak birikerek performansı etkileyeceği;
- Uykusuzluktan tamamen kurtulmanın en az iki ardışık gece sınırsız uyku gerektirebileceği ve
- İşyükü göz önünde bulundurulmalıdır (Gander, 2011).

2005 yılında, İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi tarafından charter şirketlerin uyku paternlerinin değerlendirilmesi amacıyla uçuş ekiplerinin uyku logları ile takibine başlanmıştır. Hedeflenen 18 şirketin 14'ünden gelen 175 log ve 2732 bireysel görev periyodu değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen çıktılar şöyledir:

- Uçuşun sonunda yorgunluk seviyeleri üzerindeki en güçlü etki, o uçuşla ilişkili günlük düzeyidir.
- Günün farklı saatlerinde başlayan görev dönemlerindeki uyanıklık eğilimi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Buna göre 08:00'da başlayan bir görev süresi için uyanıklık 12 saatten fazla bir süre için nispeten yüksek bir seviyede kalır. Bunun nedeni, uykudan bu yana geçen bozulmaların artan sirkadiyen eğilimi ile karşılanmasıdır. Ancak, görev akşamları başladığında, her iki bileşendeki eğilim aşağı yönlüdür ve uyanıklık birkaç saat sonra hızla düşer.
- Gecenin ilerleyen saatlerinde tamamlanan görevlerin ardından uyku saatinde azalma olmaktadır. Örneğin, 00.00 ile 02.00 arasında sona eren görevlerden sonra ortalama uyku 6,4 saat olup; 03.00-05.00 arasında biten görevler için 5,3 saate, 06.00-08.00 arasında 4,4 saate düşer (Şekil 3.3.).



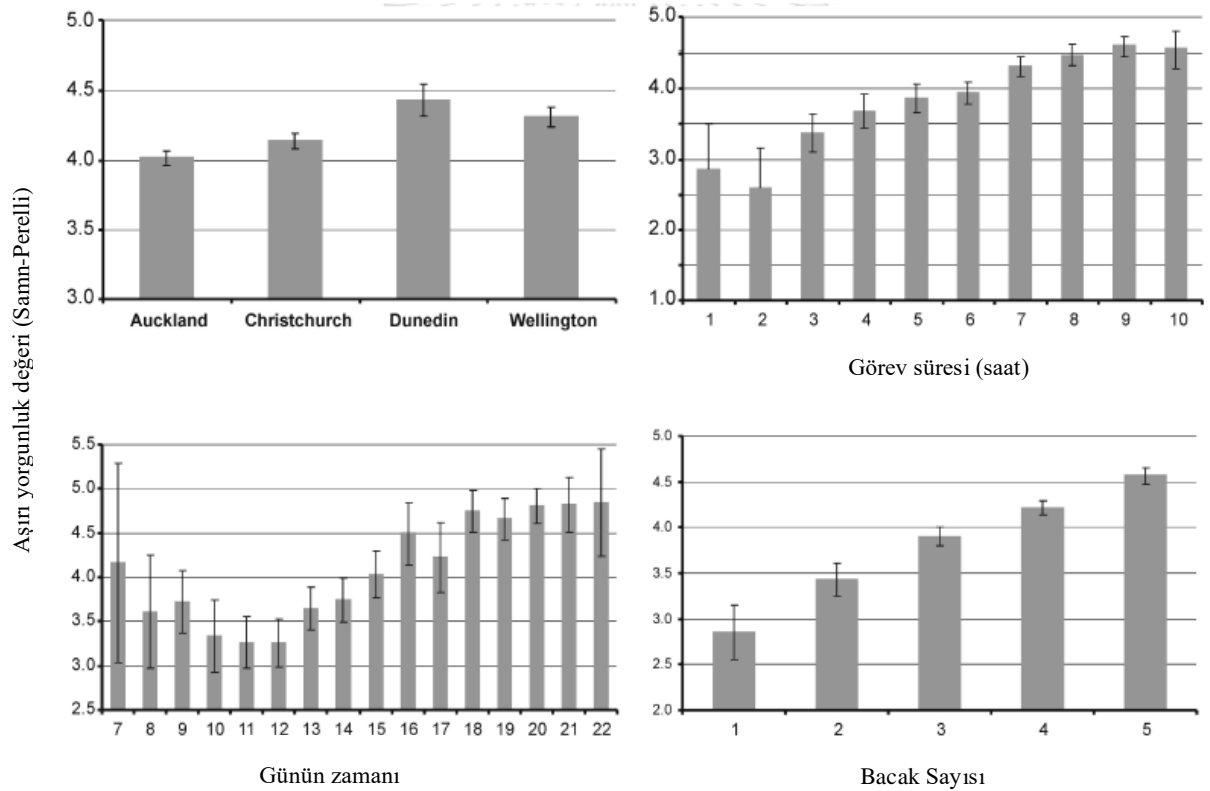
Şekil 3.2. Günün değişen zamanlarındaki uyku periyoduna göre uyanıklık eğrisi (UK CAA, 2007)



Şekil 3.3. Göreve başlamadan önceki uykunun günün farklı saatlerindeki süresi (UK CAA, 2007)

İş yükünün aşırı yorgunluk üzerine etkisi de şu genellemeler kapsamında ele alınabilir: gerçekleştirilen görevin doğasındaki farklılıklar, daha sonraki iş saatlerinde daha az işle sonuçlanan görevler. Düşük iş yükü durumlarında aşırı yorgunluk oranı 4 saate kadar nispeten değişim göstermeyebilirken, yüksek iş yükünde devamlı 2 saat çalışmayı takiben aşırı yorgunluk seviyesinde ani bir artış görülebilir (Gander, 2011).

Yeni Zelanda Havayolları Boeing 737 filosunda yapılan bir araştırmadan elde edilen sonuçlara göre aşırı yorgunluk faktörlerinin katkı yüzdeleri: bacak sayısı (%33,3); görev uzunluğu (%33,0); günün zamanı (%12,6); kalkış/iniş havaalanı (% 3,2); ve görev süresi ile günün saati arasındaki etkileşim (% 1.4) olarak belirtilmiştir (Şekil 3.4.).



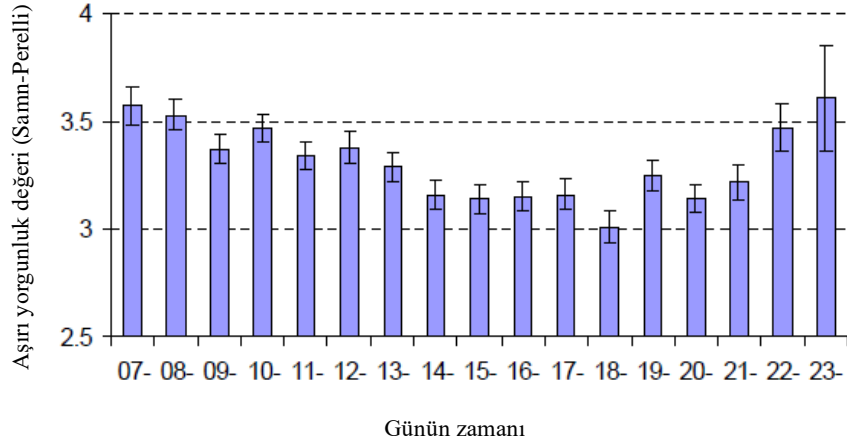
Şekil 3.4. Aşırı yorgunluk düzeyleri üzerinde etkisi olan dört faktörün katkı yüzdeleri (Powell vd, 2007)

Pek çok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da değerler 7 puanlık Samn-Perelli Ölçeğine göre derecelendirilmiştir: 1: Oldukça Uyanık, 2: Canlı, hızlı tepkiler, ancak en yüksek düzeyde değil, 3: Orta düzey zindelik, 4: Biraz yorgun, zinde değil, 5: Orta düzey yorgunluk, 6: Oldukça yorgun, odaklanma güçlüğü, 7: Tamamen yorgun, işini etkin şekilde yapamıyor.

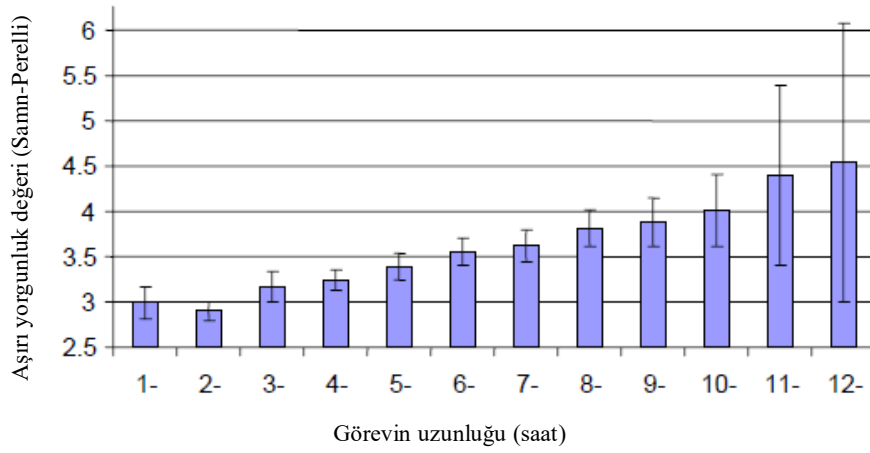
İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi tarafından 2004 yılında uçuş ekipleri üzerinde yaptırılan uyku ve uyanıklık araştırma sonuçlarına göre oluşturulan modelin (QinetiQ Aletness Model) matematiksel sonuçları da paralellik göstermektedir.

- 09: 00'dan önce başlayan görevlerde, uçuş ekibi erken başlangıç telafi etmek için erken uykuya geçmediği için uçuş öncesi uyku süresi kısaldır.
- Uyku kaybı, görev süresinin 05:00 - 09:00 arasında başladığı her saat için yaklaşık 30 dakikadır. Ardışık erken uçuşlar olduğunda ise uyku açığı birikir.

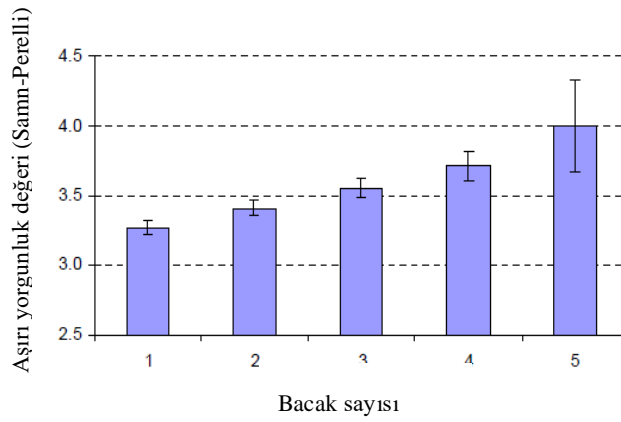
- 07: 00'dan daha erken başlayan görevler, görev süresini yaklaşık üç saat kadar artırır.
- Gece görevlerini içeren programlarda gündüz uyku süresi normalden yaklaşık 2,5 saat azdır ve ekipler bir sonraki görev periyoduna hazırlanırken gün içinde kısa uykuya ihtiyaç duyarlar.
- 14 saatin üzerindeki bir dinlenme süresiyle karşılaştırıldığında: 11 ila 12 saat arasındaki dinlenme süresi 40 dakikalık bir uyku kaybı; 10 ila 11 saat arasındaki dinlenme süresi bir saatlik uyku kaybı; 10 saatin altındaki dinlenme ise neredeyse iki saatlik uyku kaybına neden olmaktadır.
- Günün zamanın etkisi son derece önemlidir, laboratuvar koşullarındaki en düşük yorgunluk seviyesinin akşamüstü olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.5.). Görev süresindeki değişiklikler de oldukça önemlidir (Şekil 3.6.) ve zaman ile doğrusal bir ilişkidir. Her görev saati, Samn-Perelli ölçeğinde 0.17'lik bir artışla gösterilir.
- Uçulan bacak sayısı da aşırı yorgunluğu artırır. Bu araştırmada bir ile iki bacağına sahip uçuşlar arasındaki yorgunluk açısından bir fark gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, bacak sayısı ikiyi aştığında, her bir ilave bacak, 80 dakikalık bir ek görev ile üretilene benzer bir yorgunluk artışı ile ilişkilendirilmiştir. Bir ile dört bacakta artış, görevdeki ek 2.77 saate eşittir (Şekil 3.7.).
- Ardışık günlerdeki görevler, günde yaklaşık 20 dakika ekstra göreve eşdeğer bir yorgunluk artışıyla ilişkilendirilmiştir.
- Ardışık erken saatte başlayan her görev, günde 40 dakikalık ilave göreve eşdeğer olan yorgunluk bir artışla ilişkilendirilmiştir.
- Ayrıca, ardışık geç saatte sona eren görevler de aşırı yorgunluk seviyesini artıran etkiye sahiptir (Şekil 3.8.).



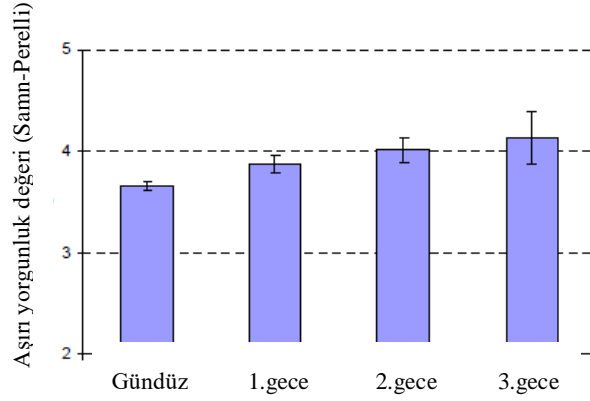
Şekil 3.5. Günün zamanının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi (UK CAA, 2007)



Şekil 3.6. Görev uzunluğunun aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi (UK CAA, 2007)



Şekil 3.7. Bacak sayısının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi (UK CAA, 2007)



Şekil 3.8. *Ardışık gece uçuşlarının aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi (UK CAA, 2007)*

2012 yılında NASA ve Easy Jet Havayolları işbirliğinde yapılan İnsan Faktörünü Gözleme Çalışması'nda; NASA Görev İşyükü İndeksi (TLX-Task Load Index) kullanılarak pilotların uçuş esnasında mental, fiziksel ve geçici olarak yaşadığı zorluklar ile harcanan efor ve performans, görev sonu hissedilen gerginlik ve stres seviyesi ölçülmüştür.

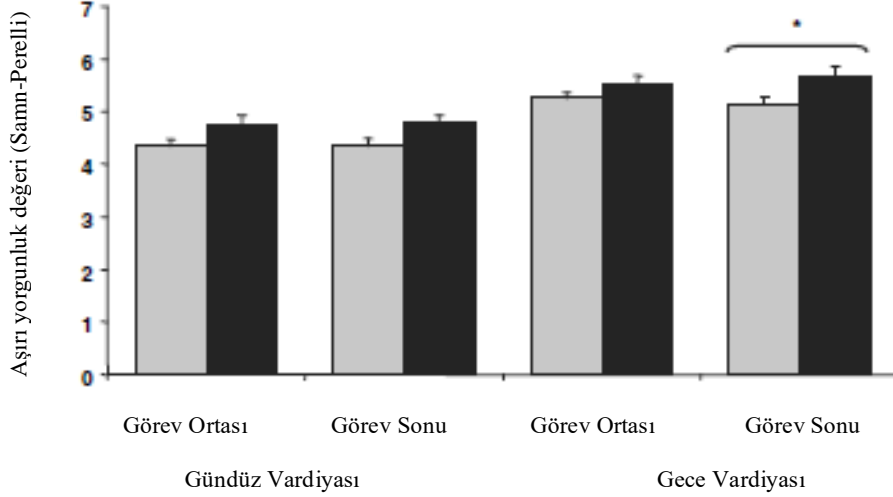
Bu detaylı çalışmanın bir parçası olarak pilotların uçuşta yorgunluk seviyesini etkileyecek iş yükü faktörleri şöyle sıralanmıştır:

- Havaalanı özellikleri (Planlama aşamasında dahil edilebilir)
- Hava Trafik Kontrolü (ATC) (Planlama aşamasında dahil edilebilir)
- Hava durumu (Uçuş sonu pilot raporu ile ilave edilir)
- Uçağın teknik durumu (Uçuş sonu pilot raporu ile ilave edilir)
- Eğitim uçuşları (Planlama aşamasında dahil edilebilir)
- Son anda yapılan ekip, uçak, vb. planlama değişiklikleri, (Uçuş sonu pilot raporu ile ilave edilir)
- İnsan Faktörü (Ekip içi veya yolcu ile ilgili problemler, tecrübe, vb.) (Uçuş sonu pilot raporu ile ilave edilir)
- Diğer

Bu faktörlerden bazıları planlama aşamasında öngörülebilirken, bazıları ise uçuş esnasında pilotların karşısına çıkabilmektedir.

İşyükü ve aşırı yorgunluk ilişkisi ile ilgili vardiyalı çalışan farklı sektörlerde de çalışmalar yapılmıştır. Baulk vd., tarafından 2007 yılında metal işçileri üzerinde iş yükündeki farklılıkların yorgunluğa etkisine yönelik araştırmada çalışanlar; gündüz ve gece vardiyalarında, düşük ve

yüksek işyükü altında, görevlerinin ortası ve sonunda NASA Görev İşyükü İndeksi (TLX) kapsamında değerlendirmeye tabii tutulmuşlardır (Şekil 3.9.). Testin çıktıları işyükü ile yorgunluk arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermekle birlikte Şekil 3.4. ve Şekil 3.7. uçulan sektör sayısına bağlı yorgunluk skoru ile uyumludur.



Şekil 3-9. İş yükünün aşırı yorgunluk üzerindeki etkisi (Baulk vd., 2007)

Aralık 2017 Şubat 2017 arasındaki 68 günlük periyotta Tayvan’da hava trafik kontrolörleri üzerine yapılan incelemede de benzer sonuçlara varılmıştır. Samn-Perelli Ölçeğine göre derecelendirilen çalışmada ana problem olarak vardiya değişimleri ve düzensiz çalışma saatleri olarak belirlenmiştir. Yüksek aşırı yorgunluk değerlerine neden olan ikinci büyük problem ise sirkadyen saate aykırı gece vardiyaları olmuştur. Testin çıktuları işyükü ve ardışık gece vardiyaları ile yorgunluk arasında da düşük değerli fakat doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir. (Chang vd.,2019)

3.4 Araştırma Yöntemi

Araştırmada iki paket gerçek veri seti kullanılmıştır. Birinci set eşlemesi yapılmamış haftalık uçuşlardan oluşurken; ikinci set üç ayrı pilota atanmış ve gerçekleşmiş aynı ayın uçuş görevlerinden oluşmaktadır.

İlk olarak, eşlemesi yapılmamış haftalık uçuş verileri iki aşamada işlenmiştir. Öncelikle FTL limitlerinin dahil edildiği ekip atama problemi modeli ile uçuşları kuralcı yaklaşıma göre gerçekleştirmek için gerekli en az ekip sayısı bulunmuş; takiben Aşırı Yorgunluk Yönetimi kısıtları kurulan yeni model ile probleme dahil edilerek değerlendirilmesi yapılmıştır:

- İlk bölümün çözülebilmesi için; diğerlerine göre daha çok ve zorlayıcı, ayrıca örnek havayolunun sahip olduğuna benzer kısıtların bulunduğu, 2013 yılında Garuda Endonezya Havayolları için oluşturulmuş ekip atama modeli örnek alınmıştır. Garuda Endonezya Havayolları, Endonezya'nın ulusal ve bayrak taşıyıcı havayolu şirketi olup çift koridorlu, büyük gövdeli uçaklar dahil olmak üzere, 134 uçak ile çok geniş bir uçuş ağına sahiptir. Uymak zorunda olduğu uluslararası, ulusal ve bölgesel düzenlemelerin çokluğu nedeniyle ekip atama problemi oldukça karmaşıktır. Baz alınan bu çalışmanın örnek havayoluna uyarlanması: doğrusal programlama modelinden faydalanılmış; kısıt olarak 01 Ocak 2019 tarihinde Türk Sivil Havacılığında da yürürlüğe giren (SHT-FTL) Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklilikleri kullanırken; amaç fonksiyonu uçuş ekibi sayısı en küçükleme olarak değiştirilmiştir.
- Uçuş seti örnek havayolunun gerçek uçuş çizelgesinden alıntılanmış 32 bacak, 12 uçuş görevinden oluşmuştur (Ek-1).
- EASA Uçuş Görev Süresi Kısıtlamaları (FTL) Tablosu Ek-2'de sunulmuştur.
- Her uçuşun toplam süresi, kapsadığı gün; günlere göre uçuş süresi, uçuşların ardışıklık olasılıkları olmak üzere dört adet matris oluşturulmuştur (Ek-3).
- Modelin çözümünde The General Algebraic Modeling System (GAMS) kullanılmıştır.
- İlk bölümün çözümünden elde edilen en küçük ekip sayısı ile gerçek uçuş verilerini Amchart Java Programlama diline aktarıp Gantt şeması oluşturulmuş; takiben FRM kısıtları olarak tanımlanmış CAA Paper 2005/05 ve Yeni Zelanda Havayolları Boeing 737 filosundan elde edilen uçuş saati cinsinden kısıtlar dahil edilmiştir.
- Tanımlanan FRM kısıtlarından gelen ilave saatlerin her pilot için ve kümülatif toplamı alınarak, pilotları aşırı yorgunluk değerleri dakika cinsinden gösterilmiş ve aynı görevleri aşırı yorgunluk riski olmaksızın icra edebilmek için gerekli ilave pilot sayısına ulaşılabilir hale getirilmiştir.

Aylık olan ikinci veri setinin modellenmesinde ise; GAMS her ne kadar haftalık 12 uçuş görevini kapsayan problemin çözümünde yaklaşık 2 saniye içerisinde sonuç vermiş olsa da, modelleme sürecinin uzunluğu, değişikliklere dinamik çözümler sunamaması, havayolu sektörü için yeterli esnek yapıya sahip olmaması ve hataya açık olması nedeniyle kullanılmamış, örnek hava yolunda zaten eşlemesi yapılmış olarak modele aktarılmıştır.

- Uçuş seti örnek havayolunun gerçek uçuş çizelgesinden alıntılanmış üç farklı pilotun yüksek sezona ait aynı aydaki görevlerinden oluşmuştur. (Ek-4)

- Uçuş verileri Amchart Java Programlama diline aktarılıp Gantt şeması oluşturulmuş; Uçuşların görev sürelerine FRM kısıtları olarak tanımlanmış CAA Paper 2005/05 ve Yeni Zelanda Havayolları Boeing 737 filosundan elde edilen uçuş saati cinsinden kısıtlar dahil edilerek uçuşların yorgunluk faktörü hesaplanmıştır.
- Uçuşların gerçekleşmiş görev sürelerine yorgunluk faktörü ilave edilip, FTL'e göre maksimum görev süresini geçip geçmediği değerlendirilmiştir.
- Maksimum görev süresini aşan uçuşlar ayrı bir sütunda belirtilerek yöneticiye karar verme kolaylığı sağlamak amaçlanmıştır.

3.5 Terimler, kısıtlar ve kabullerin açıklaması

Model içerisinde bahsi geçen teknik terimlerin Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü FTL Talimatındaki açıklamaları aşağıdaki gibidir:

Görev, uçuş görevi, idari görevler, eğitim vermek veya almak ve kontrolleri gerçekleştirmek, konumlandırma ve bir takım nöbet unsurları dâhil olmak üzere, ekip üyesinin işletici için icra ettiği herhangi bir göreve genel olarak verilen addır. (SHT-FTL).

Görev Süresi, herhangi bir ekip üyesinin işletici tarafından bir görev için görev yerine intikal etmesinin veya göreve başlamasının gerekli görüldüğü anda başlayan ve söz konusu kişinin, uçuş sonrası görevi de dâhil olmak üzere tüm görevlerden muaf olduğu anda sona eren süredir.

Sektör/Bacak, uçuş görev süresinin bir parçası olarak, hava aracının kalkış amacıyla ilk hareketinden itibaren, iniş sonrasında tayin edilmiş park pozisyonunda tamamıyla duruncaya kadar geçen uçuştur.

Uçuş Görev Süresi (UGS), herhangi bir ekip üyesinin göreve başlamasının gerekli görüldüğü anda başlayan, bir bacak veya bacaklar serisini kapsayan ve söz konusu ekip üyesinin görevli ekip üyesi olarak hareket ettiği son bacağın sonunda hava aracının nihai olarak durduğu ve motorların kapatıldığı anda sona eren süredir.

Erken Saatte Başlayan Görev, 05.00 ile 08.59 arasındaki sürede başlayan görevdir.

Geç Saatte Sona Eren Görev, 00.00 ile 01.59 arasındaki sürede sona eren görevdir.

Gece Görevi, ilgili ekip üyesinin intibak edildiği zaman diliminde 02.00 ile 04.59 arasındaki sürenin herhangi bir kısmına giren görevdir.

Dinlenme Süresi, ekip üyesinin tüm görevlerden, nöbetten ve rezerv'den muaf olduğu, görev sonrasındaki veya görev öncesindeki, sürekli ve kesintisiz süredir.

Yerel Gece, yerel saatle 22.00 ila 08.00 arasına tekabül eden 8 saatlik süredir.

Yerel Gün, yerel saatle 00.00'da başlayan 24 saatlik süredir.

Kuralcı yaklaşım kapsamında modele dahil edilecek Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ise şöyledir: (Görev, boş gün, dinlenme süreleri, sağlık muayenesine ilişkin kısıtlar 01 Ocak 2019 tarihinde Türk Sivil Havacılığında da uygulanmaya başlanmış olan EASA FTL kurallarından alıntılanmıştır.)

- Herhangi bir ekip üyesinin görevlendirildiği toplam görev süresi:
 - ✓ Birbirini izleyen herhangi 7 gün içerisinde en fazla 60 görev saati,
 - ✓ Birbirini izleyen herhangi 14 gün içerisinde en fazla 110 görev saati,
 - ✓ Birbirini izleyen herhangi 28 gün içerisinde en fazla 190 görev saati, o süre boyunca uygulanabildiği ölçüde eşit oranda yayılmış olacaktır.
- Boş günler:
 - ✓ Her bir takvim ayı için asgari 7 yerel gün boş verilir.
- Dinlenme periyodu:
 - ✓ Ana üs'te başlayan herhangi bir Uçuş Görev Süresinin (UGS) öncesinde sağlanan asgari dinlenme süresi en azından 12 saat olacaktır.
- Sağlık Muayenesi:
 - ✓ Her uçuş ekibi (60 yaş altı) yılda bir gün sağlık muayenesine girer
- Yedek görevli:
 - ✓ Her çizelgede bir ekip üyesi yedek olarak tanımlanır.
- Yıllık izin:
 - ✓ Her uçuş ekibi yıllık izin kullanır.
- Eğitim:
 - ✓ Her uçuş ekibi yılda iki kez ikişer gün simülatör eğitimi,
 - ✓ Beş gün tazeleme eğitimi alır.

Aşırı yorgunluk parametrelerinden modele dahil edilmek üzere tanımlanmış FRM kısıtları şöyledir:

- Literatür özetinde görev başlangıç zamanı 07.00'dan erken başlayan görevler ile ilgili kısıt günümüz FTL tanımlarına göre gece görevi olarak değerlendirilmiş ve uçuşun herhangi bir bölümü gece görevi tanımına (02.00-04.59) giren görevler için 180 dakika eklenmiştir.
- 05:00-09:00 arası başlayan görevlerde; erken her saat için, bir önceki dinlenme süresi 30 dakika kısaldığından hissedilen yorgunluğa 30 dakika eklenmiş,
- 1 bacadan her bir fazla bacak için görev süresine 80 dakika eklenmiş,

- İlave işyükü faktörü olması durumunda da 80 dakika eklenmiş (öngörülemeyen faktörler için varsa görev sonu pilot raporuna göre değerlendirme yapılmalıdır),
- Ardışık görevlerde takip eden her görev süresi için 20 dakika eklenmiş,
- Ardışık erken saatte başlayan görevlerde takip eden her görev süresi için 40 dakika eklenmiş,
- Ardışık gece görevlerinde takip eden her görev süresi için 60 dakika eklenmiştir.

Model kapsamında yapılmış kabuller ise şunlardır:

- Örnek havayolunda 60 yaş üstü pilot sayısı %1 seviyesinde olduğundan göz ardı edilmiştir.
- Her pilotun takvim yılı içerisinde 1 gün sağlık muayenesi, 2 gün simülator, 5 gün tazeleme eğitimi, 20 gün yıllık izin kullandığı varsayılarak toplam 28 gün uçuş yapmadığı kabul edilmiş; çizelgede bir de yedek pilot atanması planlanmış; sonuç olarak her ay bu gereklilikler kadar ilave pilot ihtiyacı öngörülerek bu kısıtlar modele tek tek dahil edilmemiştir.
- Örnek havayolunda görev süresi uçuşun standart kalkış saatinden bir saat öncesi ile iniş saatinden yarım saat sonrasını kapsadığından; uçuşun kalkış ve iniş zamanının kullanıldığı tablolarda EK-2'de verilmiş olan maksimum görev süreleri 01:30 kısaltılmıştır. Kısaltılan değerler tablolarda yıldız (*) ile belirtilmiştir.
- Tüm zamanlar yerel saat olarak tanımlanmıştır.
- Pilotlar arası kişiye özel olabilecek farklılıklar göz ardı edilmiştir.
- Örneklem sadece kısa mesafe (short haul) operasyonu gerçekleştirmektedir.

3.6 Ekip Atama Problemi Matematiksel Modeli

FTL limitlerinin dahil edildiği ekip atama problemi matematiksel modelinde kullanılan semboller, karar değişkenleri, parametreler, amaç ve kısıt fonksiyonları aşağıda tanımlanmıştır.

Eşlemesi yapılmış uçuş seti n ve uçuş ekibi seti m olarak tanımlanmıştır.

Her ayda DM kadar gün olduğu farz edilmiştir.

Eğer i uçuşu j ekibi ile birleşirse 1 aksi takdirde 0 değeri alır.

Semboller:

$$\begin{aligned} I &= \text{Uçuş seti kümesi } (1, \dots, n), & i \in I \\ J &= \text{Uçuş ekibi kümesi } (1, \dots, m), & j \in J \\ L &= \text{Uçuş günü kümesi } (1 \dots DM), & l \in L \end{aligned}$$

Karar değişkenleri:

$$\begin{aligned} x_{ij} &= \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ uçuş seti } j \text{ ekibine atandıysa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \\ y_j &= \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ uçuş ekibine uçuş planlandıysa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \end{aligned}$$

Parametreler:

$$\begin{aligned} C_{i,l} &= \begin{cases} 1, & \text{eğer uçuş } l \text{ gününü kapsıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \\ S_{i,i+1} &= \begin{cases} 1, & \text{eğer } i+1 \text{ uçuşu } i \text{ 'nin dinlenme süresinden önce başlıyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \\ ft_i &= i \text{ uçuşunun toplam görev saati.} \\ t_i &= i \text{ uçuşu tarafından kapsanan gün sayısı.} \\ ft_{il} &= i \text{ uçuşunun } l \text{ 'nci gündeki görev saati.} \end{aligned}$$

Amaç Fonksiyonu:

Tanımlı uçuş seti için atanan uçuş ekibinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır.

$$\text{enk } z = \sum_j y_j \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^m x_{i,j} = 1 \quad \forall i \text{ için, } i = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

$$x_{i,j} \sum_i x_{i,j} S_{i,i+1} = 0 \quad \forall i \text{ için, } i = 1, \dots, \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} \sum_l^{l+6} f t_{i,l} \leq M1 \quad (60 \text{ saat}) \quad j= 1, \dots, m, l= 1 \dots DM \quad (3.4.1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} \sum_l^{l+13} f t_{i,l} \leq M2 \quad (110 \text{ saat}) \quad (3.4.2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} \sum_l^{l+27} f t_{i,l} \leq M3 \quad (190 \text{ saat}) \quad (3.4.3)$$

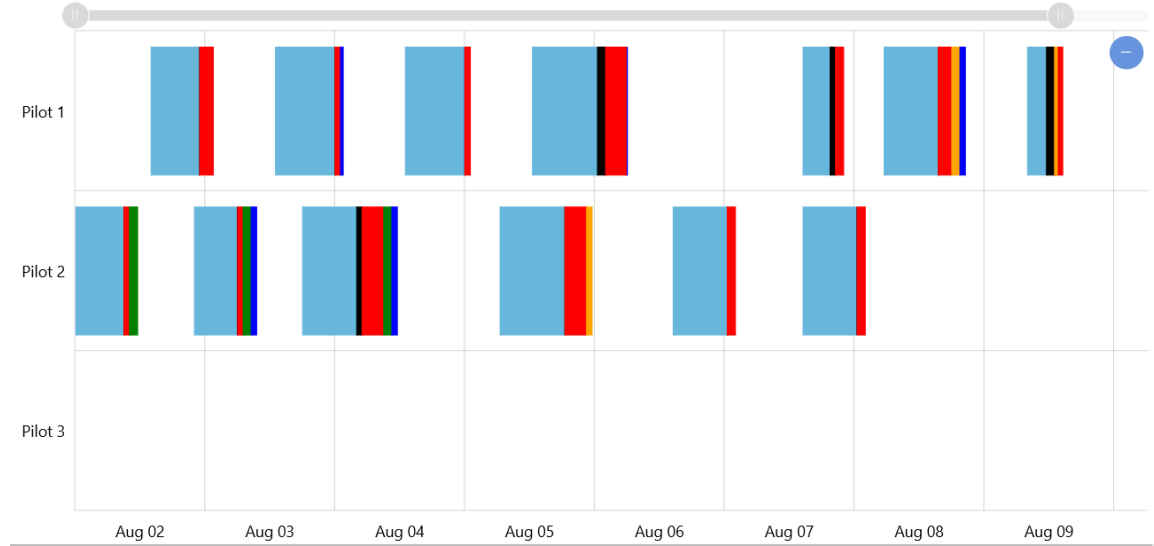
$$\sum_{i=1}^n x_{i,j} t_j \leq DM - 7 \quad \forall j \text{ için} \quad j= 1, \dots, m \quad (3.5)$$

(3.2) nolu kısıt, her uçuşa bir ekip atanmasını garantiler. Bir uçuş ekibine atanan iki uçuş arasında bindirme olmaması ve önceki uçuşun dinlenme zamanından sonra ardışık uçuşun atanması (3.3) nolu kısıt ile sağlanır. (3.4) nolu kısıtlar her uçuş ekibinin belirli bir periyot için tanımlanmış uçuş saati toplamının belirlenen maksimum değerin üzerinde olmamasını, (3.5) ayda en az 7 boş gün planlanmasını sağlar.

Örnek uçuş setinin (Ek-1), tanımlanan model kapsamında oluşturulan GAMS kodları ile çözümü için öncelikle Ek-3'de belirtilen, uçuşların kapsadığı günler, uçuş süresi, günlere göre uçuş süresi ve uçuşların ardışık olma matrisleri hazırlanmıştır. Takiben matrisler sisteme aktarılarak program koşturulmuştur. Programın bu veri setleri ile problemi çözüm süresi yaklaşık iki saniyedir. Bu çözüm sonucunda mevcut uçuşları, belirtilen FTL kısıtları dahilinde, minimum ekip ile gerçekleştirebilmek için gerekli kaynak 2 pilot olarak bulunmuştur.

3.7 Haftalık Veri Seti ile Uygulama

Matematiksel modelin GAMS ile çözümünden elde edilen ekip sayısı amchart Java Programlama diline aktarılıp Gantt şeması oluşturulmuş; takiben FRM kısıtları ilave edilmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan çizelge ve renk kodlarının açıklaması Şekil 3-10'da verilmiştir:



Şekil 3.10. Haftalık uçuş setinin uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları



Şekil 3.10'daki renk kodlarıyla ve toplam saat cinsinden değer olarak belirtildiği üzere; icra ettikleri görevin niteliğinden kaynaklı, Pilot 1'in yaklaşık 16, Pilot 2'nin yaklaşık 22 olmak üzere her iki pilotun üzerinde toplam 38 saatlik yorgunluk faktörü oluşmuştur. Bu yorgunluk faktörünün EASA Uçuş Görev Süresi Limitlerine göre değerlendirilmesi Tablo 3.1'de verilmiştir:

Tablo 3.1. Pilot bazında haftalık uçuş saati değerlendirmesi

	Uçuş No	Planlanan Uçuş Görev Süresi	Maksimum Görev Süresi	Limit Aşımı	Uçuş Görev Süresi + Aşırı Yorgunluk Faktörü	Limit Aşımı
Pilot 1	i1	10:00	12:00	-	11:40	-
	i2	12:00	13:00	-	12:40	-
	i3	11:00	13:00	-	12:40	-
	i4	11:50	12:00	-	17:30	05:30
	i5	04:50	12:15	-	07:30	-
	i6	10:00	12:00	-	15:02	03:02
	Toplam	59:40			-	75:02
Pilot 2	i7	09:00	11:00	-	11:50	00:50
	i8	08:00	11:00	-	11:50	00:50
	i9	10:00	10:00	-	17:50	07:50
	i10	11:50	12:00	-	16:52	04:52
	i11	10:20	12:15	-	11:20	-
	i12	10:20	12:15	-	11:20	-
	Toplam	59:30			-	81:02

Tablo 3.1'de üç husus ön plana çıkmaktadır;

- Birbirini izleyen herhangi 7 gün içerisinde 60 görev saati limiti,
- Günlük görev limiti,
- İki pilotun uçuş sayısı, saati ve yorgunluk değerlendirmeleri.

FRM uygulanmadan önce yapılan planlamada her iki pilot hem günlük hem haftalık limitlerin içinde uçuş planlamalarına sahip iken; FRM kısıtları modele eklendikten sonra:

- Pilot 1'in haftalık saat limitinin 15 saat 02 dakika üzerine çıktığı ve iki uçuşunda günlük görev saati limitini toplam 08 saat 32 dakika aştığı,
- Pilot 2'in ise haftalık saat limitinin 21 saat 02 dakika üzerine çıktığı ve dört uçuşunda günlük görev saati limitini toplam 14 saat 22 dakika aştığı gözlenmiştir.

Her iki pilot da aynı sayıda uçuş gününe sahiptir. Pilot 1'in haftalık toplam uçuşu Pilot 2'den fazla olmasına rağmen icra edilen görevlerin nitelik farklarından ötürü, hafta tamamlandığında Pilot 2'nin yorgunluk katsayısı daha fazla olacaktır.

3.8 Aylık Veri Seti ile Uygulama

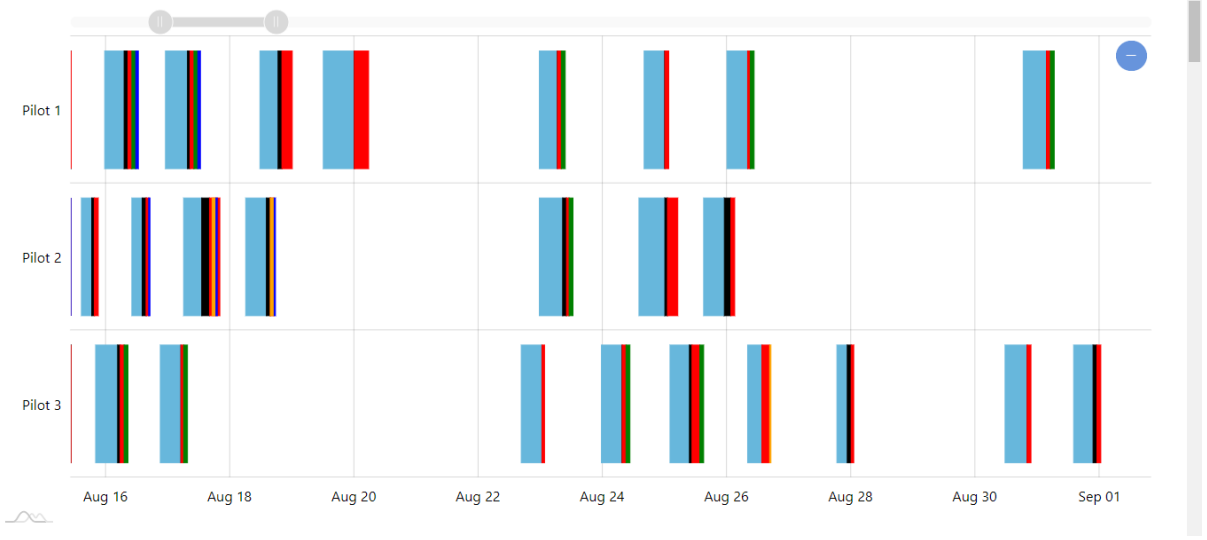
Hava yolu şirketlerinin ekip çizelgelerini aylık yayınladığı göz önünde bulundurulduğunda modelin aylık veri seti ile çalışabilirliğinin denenmesi ve bu periyottaki görevlerin aşırı yük faktörünün etkisinin gözlemlenmesi amacıyla aylık veri seti ile de uygulama yapılmıştır.

Veri setinin büyüklüğü nedeniyle kuralcı yaklaşım kapsamında minimum ekip sayısının GAMS ile çözümü uygulanmamıştır. Bunun yerine örnek havayolunun en az pilot kullanarak ve kuralcı yaklaşım (FTL) kısıtları dahilinde hazırlanmış olduğu çizelgeler kullanılmıştır. Bu çizelgeler seçilirken farklı aylık toplam uçuş saatine sahip üç kaptan pilotun, yüksek (yaz) sezonda aynı aya ait çizelgesi olmasına dikkat edilmiştir.

Her üç veri seti Java Programlama diline aktarılıp Gantt şeması oluşturulmuş; takiben FRM kısıtları ilave edilmiştir. Bunun sonucunda ortaya çıkan çizelge ve renk kodlarının açıklaması Şekil 3.12'da verilmiştir:



Şekil 3.11. Aylık uçuş setinin 3 uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları (1-15 Ağustos)



Şekil 3.12. Aylık uçuş setinin 3 uçuş ekibine dağılımına FRM etkisi ve renk kodları (16-30 Ağustos)

Tablo 3.2’de detayları verildiği üzere, Pilot 1 belirtilen periyot içerisinde toplam 122 saat 39 dakika uçuş görev süresi gerçekleştirmiştir. İcra ettiği uçuşların Ek-4’de verilen özellikleri nedeniyle her uçuş sonu oluşan toplam aşırı yorgunluk faktörü 47 saat 12 dakika olarak modelden hesaplanmıştır. Her iki değer toplandığında pilotun ay sonunda hissettiği yorgunluk değeri 169 saat 51 dakika olmuştur.

Her uçuş görevi için EASA FTL maksimum görev süresi değerlerinin üzerine çıkan süreler limit aşımı olarak belirtilmiştir. Pilot 1, belirtilen ay sonunda, yorgunluk faktörü eklendiğinde toplam 23 saat 6 dakikalık limit aşımı gerçekleştirmiştir. Tablo 3.2’de 1-13 numaralı 4 bacaklık uçuşta görevlendirme yapılmadan 5. bacak uçuş ile eve dönüş planlandığı için en fazla limit aşımı yaşanmıştır.

Tablo 3.2. Pilot 1 aylık uçuş saati değerlendirmesi

Pilot 1					
Uçuş No	Uçuş Görev Süresi	Uçuşun Aşırı Yorgunluk Faktörü	Uçuş Görev Süresi + Aşırı Yorgunluk Faktörü	Maksimum Görev Süresi*	Limit Aşımı
1-1	00:57	00:15	01:12	10:45	0
1-2	06:57	05:25	12:22	09:00	03:22
1-3	09:30	01:35	11:05	10:30	00:35
1-4	07:39	03:15	10:54	11:00	0
1-5	04:00	01:35	05:35	11:30	0
1-6	08:56	01:38	10:34	11:30	0
1-7	08:37	03:04	11:41	11:30	00:11
1-8	07:03	02:50	09:53	09:30	00:23
1-9	01:10	00:00	01:10	11:30	0
1-10	07:48	04:05	11:53	09:30	02:23
1-11	08:35	04:05	12:40	09:30	03:10
1-12	06:58	04:15	11:13	10:30	00:43
1-13	12:10	05:20	17:30	10:00	07:30
1-14	07:16	02:50	10:06	09:30	00:36
1-15	08:00	01:20	09:20	10:00	0
1-16	07:48	02:50	10:38	09:30	01:38
1-17	09:15	02:50	12:05	09:30	02:35
Toplam	122:39	47:12	169:51	-	23:06

Tablo 3.3’de detayları verildiği üzere Pilot 2 öğretmen pilot olup, belirtilen periyot içerisinde toplam 102 saat 16 dakika uçuş görev süresi gerçekleştirmiştir. İcra ettiği uçuşların Ek-4’de verilen özellikleri nedeniyle her uçuş sonu oluşan toplam aşırı yorgunluk faktörü 44 saat 17 dakika olarak modelden hesaplanmıştır. Her iki değer toplandığında pilotun ay sonunda hissettiği yorgunluk değeri 146 saat 33 dakika olmuştur. Limit aşımı ise 17 saat 03 dakikadır.

Tablo 3.3. Pilot 2 aylık uçuş saati değerlendirmesi

Pilot 2 (Öğretmen Pilot)					
Uçuş No	Uçuş Görev Süresi	Uçuşun Aşırı Yorgunluk Faktörü	Uçuş Görev Süresi + Aşırı Yorgunluk Faktörü	Maksimum Görev Süresi*	Limit Aşımı
2-1	08:00	03:06	11:06	11:15	0
2-2	07:18	01:35	08:53	11:30	0
2-3	07:30	03:05	10:35	09:30	01:05
2-4	07:20	01:35	08:55	09:30	0
2-5	07:10	01:35	08:45	09:30	0
2-6	08:00	03:05	11:05	09:30	01:35
2-7	04:00	01:35	05:35	11:45	0
2-8	04:00	01:55	05:55	11:30	0
2-9	06:56	06:48	13:44	10:30	03:14
2-10	08:23	04:02	12:25	11:30	00:55
2-11	08:55	03:05	12:00	09:30	02:30
2-12	09:46	04:15	14:01	10:00	04:01
2-13	07:46	01:50	09:36	10:30	0
2-14	07:12	06:46	13:58	10:15	03:43
Toplam	102:16	44:17	146:33		17:03

Tablo 3.4’de detayları verildiği üzere, Pilot 3 belirtilen periyot içerisinde toplam 127 saat uçuş görev süresi gerçekleştirmiştir. Pilot 3 için toplam aşırı yorgunluk faktörü 45 saat 50 dakika olarak modelden hesaplanmıştır. Pilotun ay sonunda hissettiği yorgunluk değeri 172 saat 50 dakika ve belirtilen ay sonunda, yorgunluk faktörü eklendiğinde oluşan limit aşımı 20 saat 40 dakikadır.

Tablo 3.4. Pilot 3 aylık uçuş saati değerlendirmesi

Pilot 3					
Uçuş No	Uçuş Görev Süresi	Uçuşun Aşırı Yorgunluk Faktörü	Uçuş Görev Süresi + Aşırı Yorgunluk Faktörü	Maksimum Görev Süresi*	Limit Aşımı
3-1	09:26	02:40	12:06	11:00	01:06
3-2	08:37	02:50	11:27	09:30	01:57
3-3	07:59	02:18	10:17	11:30	0
3-4	07:12	06:31	13:43	10:15	03:28
3-5	01:10	00:10	01:20	11:30	0
3-6	07:50	04:20	12:10	09:30	02:40
3-7	09:27	03:20	12:47	09:30	03:17
3-8	09:38	01:35	11:13	10:30	00:43
3-9	08:12	03:05	11:17	09:30	01:47
3-10	08:01	02:50	10:51	09:30	01:21
3-11	07:51	01:20	09:11	09:45	0
3-12	08:00	02:50	10:50	09:30	01:20
3-13	07:36	04:25	12:01	09:00	03:01
3-14	05:46	03:06	08:51	11:00	0
3-15	04:00	01:35	05:35	09:30	0
3-16	08:29	01:20	09:49	11:30	0
3-17	07:46	01:35	09:21	11:00	0
Toplam	127:00	45:50	172:50		20:40

3.9 Değerlendirme

Halihazırda ülkemizde de uygulamada olan EASA limitlerine göre, minimum maliyetle örnek uçuş setindeki toplam 12 adet uçuş görevinin 2 pilotla icra edilmesi tamamen limit içi ve yasal kabul edilmektedir. Ancak FRM çerçevesinden bakıldığında, erken saatte başlayıp, geç saatte biten, ardışık, çok bacaklı ve ilave iş yükü faktörüne sahip uçuşlardan ötürü bu pilotların sahip olacağı aşırı yorgunluk faktörü hissedilen uçuş saatlerini limit dışına çıkarmaktadır.

Sunulan modelde, oluşan bu fark pilot bazında, farklı ölçek veya limit değerlerine ihtiyaç duymadan, operatörlerin el kitaplarındaki yönetici ve personelin alışık olduğu limitler kapsamında, uçuş saati baz alınarak hesaplanmaktadır. Ayrıca görevin tamamlanmasından sonra, planlama aşamasında ön görülemeyen durumlar, pilot raporu veya yönetici kararı ile modele geriye dönük ilave edilebilmekte, böylece haftalık veya aylık kümülatif değerlendirmeler daha gerçekçi hale gelmektedir.

Bu nedenle aylık veri seti ile yapılan uygulamada planlanan yerine gerçekleşen uçuş saatleri ile değerlendirme yapılmıştır. Sonuçlar özet olarak Tablo 3.5’de sunulmuştur.

Tablo 3.5. *Aylık veri seti özet değerlendirmesi*

	Pilot 1	Pilot 2	Pilot 3
Toplam Uçuş Görev Sayısı	17	14	17
Toplam Uçuş Görev Süresi	122:39	102:16	127:00
Toplam Aşırı Yorgunluk Faktörü	47:12	44:17	45:50
Uçuş Görev Süresi ve Aşırı Yorgunluk Faktörü Toplamı	169:51	146:33	172:50
Limit Aşımı Toplamı	23:06	17:03	20:40

Buna göre Pilot 1 ve Pilot 3 aynı sayıda uçuşa sahip olup Pilot 1 daha az uçuş saati gerçekleştirirken aşırı yorgunluk faktörü yapılan görevlerin özelliğinden ötürü daha yüksek çıkmıştır. Pilot 2 Pilot 3’e göre 3 gün ve 25 saat az uçmuş olmasına rağmen, yine icra edilen görevlerin özelliklerinden ve öğretmen pilot olarak yapılan eğitim uçuşlarından ötürü toplan aşırı yük faktörü yaklaşık aynı çıkmıştır.

Tablo 3.5 ile sadece uçuş süresine göre yapılan değerlendirmelerin yanıltıcılığı göz önüne serilerek, görevin tipi, uçulan bacak sayısı, görevin başlangıç ve bitiş zamanı, ardışık görevler ve işyükü faktörünün mutlaka değerlendirmeye alınması gerekliliği gösterilmiştir.

Limit dışına çıkan saatlerin, şirket SMS kültürü ve Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi unsurları kapsamında ilgili yöneticiler tarafından mutlaka takibinin yapıp, hafifletici

önlemlerin uygulanması gerekmektedir. Aksi takdirde insan hatası kaynaklı uçuş emniyeti ihlallerinin oluşması kaçınılmazdır. Örneğin; Tablo 3.1'deki haftalık değerlendirmede, pilotların günlük saat limitlerinin çok üzerine çıktığı i4, i6 ve i9 uçuşları için üçüncü bir pilotun çizelgeye dahil edilmesi; kaynak durumuna göre i7 veya i8 ile i10'un ise dördüncü bir pilot tarafından icrası tüm pilotlar için yorgunluk seviyesini kabul edilebilir düzeye çekilmesini sağlayacaktır. Çizelgeye dahil edilen pilotların yorgunluk seviyesi artmadan ilave görevler uçabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu uçuş seti için genel değerlendirme olarak; öngörülen minimum ekip sayısının yaklaşık 1,5 katına çıkıldığında, yorgunluk faktörü eklenmiş uçuş saatlerinin FTL içerisinde kalabildiği söylenebilir.

Aylık değerlendirmede ise pilotların günlük saat limitlerinin iki saat üzerine çıktığı görülmekte olup, 1-10, 1-11, 1-13, 1-17, 2-9, 2-11, 2-12, 2-14, 3-4, 3-6, 3-7, 3-13 görevleri için aşırı yorgunluk riskini kabul edilebilir seviyeye çekecek önlemlerin alınması gerekmektedir. Çizelgeye ilave pilot dahil edilmesi, görevli pilotlara yüksek aşırı yorgunluk faktörüne karşı farkındalık yaratılması, iş yükü faktörü yüksek görevlerin yine iş yükü faktörünü arttıran havaalanlarına planlanmaması, gece uçuşlarında uçulan bacak sayılarının azaltılması, aşırı yorgunluk faktörü yüksek görevlerin sonuna ekibin eve dönüşü amaçlı ilave bacak eklenmemesi gibi çözümler üretilerek, şirket SMS politikası kapsamında risk yönetimi yapılmalıdır.

Bu çözümler mali açıdan şirkete külfet getirmekle birlikte; aşırı yorgunluğa bağlı uçuş emniyeti ihlali nedeniyle meydana gelebilecek bir kaza veya uçak kaybının maliyeti ile kıyaslandığında önemi daha kolay anlaşılacaktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Gelişmekte olan ‘Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi’ bilimi, tıp, kaynak yönetimi, biyoloji, bilişsel psikoloji, matematik ve bilgisayar gibi birçok disiplini bir araya getirir. Uykusuzluğun etkisi altında yatan nörobiyoloji tam olarak anlaşılammakla birlikte son on yılda belirgin ilerleme kaydedilmiştir. Aşırı yorgunluğa ilişkin riskleri yönetmeye yardımcı olmak üzere geliştirilen modeller çeşitli iş programlarında yorulma riskini tahmin etmek, yorulmayı azaltan programlar planlamak, insan hatasını en aza indirmek, üretkenliği ve emniyeti arttırmak için kullanılabilir.” McCauley’in 2009 yılında yaptığı bu değerlendirmeden günümüze kadar, sivil havacılık ekip atama problemine, Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimi süreci gereklilikleri dahil edilmemiştir. Oysa ki havacılık kazalarının yüzde yetmişinden fazlasının insan hatasından kaynaklandığı (CAA, 2013) ve aşırı yorgunluğun insan hatası ile doğrudan ilişkili olduğu göz önüne alındığında, havacılık operasyonlarında ekip atama problemlerine Aşırı Yorgunluk Risk Yönetiminin dahil edilmesi hayati öneme sahiptir.

Bu çalışmada öncelikle havayolu şirketlerinde Aşırı Yorgunluk Risk Yönetimine temel oluşturan risk yönetimi ve emniyet yönetim sistemi unsurlarından bahsedilmiştir. Risk yönetimi, riski tanımlamak, emniyet ile ilgili bir olay ile karşılaşılacak olursa etkisini değerlendirmek ve değerlendirme sonuçlarının nasıl ele alınacağı konusunda doğru finansal kararları vermekle birlikte aynı zamanda, kritik değerleri korumak ve mevcut önlemlerin etkinliği için sürekli olarak ölçme ve değerlendirmenin uygulanmasını içerir. Emniyet Yönetim Sistemi (SMS -Safety Management Systems), operasyonel ve teknik sistemleri, finansal ve insan kaynakları yönetimi ile birleştiren bir dizi süreç veya bileşendir. Bir Emniyet Yönetim Sistemini geliştirmek ve oluşmadan önce olası risk ve tehlikeleri belirlemek amacıyla şirket proaktif ve reaktif emniyet kültürüne duyarlı olmalıdır.

Düzenlenmiş sistemlerde, emniyet yönetimi büyük ölçüde, benzer olayların veya kazaların meydana gelme olasılığını azaltmak için raporlamaya dayanır. Ultra emniyetli sistemlerde ise bu reaktif güvenlik yaklaşımının, yalnızca raporlamaya değil aynı zamanda tehlike tanımlama ve risk azaltma stratejilerine de dayanan proaktif bir yaklaşımla tamamlanması gerekmektedir. Ultra emniyetli sistemlerde emniyet yönetimi sadece hataların oluşmasına değil, aynı zamanda hataların meydana geldiği şartlara ve hataların emniyet ile ilgili sonuçlarını en aza indiren sistemlerin geliştirilmesine de odaklanır.

Ayrıca bu çalışmada literatürde genellikle ayrı ayrı çalışılan, havacılık sektörü için çok önemli ekip atama problemi ve aşırı yorgunluk riski, risk yönetimi unsurları oluşturulan

matematiksel modelde beraber değerlendirilmiş ve sonuçları gerçek uçuş setlerinin mevcut olduğu örnek veri setleri üzerinde uygulanmıştır.

Havacılık sisteminin hızla değişen operasyonel ortamı ve zorlu regülasyon düzenlemeleri ile karmaşıklığı göz önüne alındığında, havacılık işletmeleri ve yöneticileri finansal ve operasyonel açıdan daha fazla baskıya maruz kalmaktadır. Havacılık endüstrisindeki bu karmaşıklık ve hızlı değişim özellikleri, emniyeti yönetmek için sistematik bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu yaklaşımın sağlanması için hava yolu şirketlerinin kullanmış oldukları ekip planlama programlarına ilave olarak çalışmada sunulan matematiksel modeli kullanmaları emniyet yönetiminde sistem yaklaşımına destek vermektedir. Geliştirilen model uçuş ekibi yorgunluğuna neden olan faktörlerin bilimsel bir anlayışa dayanarak düzeylerini tahmin etmek için kullanılabilir ve bu değerler FRMS'in önemli bir parçasını oluşturur.

Güçlü emniyet yönetimi için çoklu emniyet performans göstergesi (SPI) kullanımı önerilir. Ticari havacılık için, iki farklı tipte SPI önerilmiştir: işten kaynaklanan aşırı yorgunluk nedenlerini izleyen operasyonel SPI'lar ve gerçek zamanlı ekip üyelerinin yorgunluğunu izlemeye dayalı SPI'lar. Bu çalışmada sunulan model, birinci grup emniyet göstergelerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Aşırı yorgunluk risklerinin belirlenmesi için tahmin sürecinin bir parçası olarak kullanılabilir, her operatörün benzer operasyon türlerinden deneyimlerine ve el kitaplarına göre kolaylıkla uyarlanabilecek bir model oluşturulmuştur. Ekip çizelgesi verileri doğrudan kullanılarak uyku ve aşırı yorgunluğu etkileyen faktörler ile yeniden hesaplamaya tabi tutulmuş, EASA FTL bakış açısı ile sonuçlara ulaşılmıştır. Model, yöneticiler ve ekip planlama çalışanlarına farklı yorgunluk ölçekleri yerine otoritelerinin belirlemiş olduğu limitlere göre risk yönetimi yapma ve karar verme kolaylığı sağlanmaktadır. Mevcut operasyonun gözlemlendiği ve sonrası süreçlerde de aşırı yorgunluk ve denetim raporları, anketler, performans ve uçuş veri analizleri sonucunda güncellemeye olanak vermektedir.

Bu çalışmanın yayımlanması ile ekip atama modellerinde mevcut kısıtların yeterliliği, aşırı yorgunluğa sebebiyet verme ihtimali tartışmaya açılacak, probleme maliyet minimizasyonu haricinde yeni bir bakış açısı kazandırılacak ve dünya havacılığında son yıllarda daha çok dikkate alınan "Aşırı Yorgunluk Yönetim Sisteminin" literatürde hak ettiği yeri almasına katkıda bulunulacaktır.

Modelde kullanılan veri setinin büyüklüğü ve elle girişlerin hataya neden olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmanın devamında, havayolu şirketinin ekip planlama

yazılımındaki değerlerin modele girişlerinin bir ara yüz vasıtasıyla otomatik olarak yapılması sağlanabilir.

Geniş gövdeli uçaklar ile deniz ařırđ görev icra eden ya da az yolcu kapasitesi ile bölgesel uçuşlar geręekleřtiren havayollarđ için oluşabilecek farklı değer ve kısıtlara bu modelde yer verilmemiştir. Ancak işletmelerin deneyimleri veya pilotlarına uygulanacak anket çalışmalarıyla elde edilecek veriler modele kolaylıkla dahil edilebilir.

KAYNAKÇA

- Barnhart C. (2009), Airline Schedule Optimization, Belobaba P., Odoni A., Barnhart C. The Global Airline Industry, 183-213, Wiley
- Baulk S.D., Kandelaars K.J., Lamond N., Roach G.D., Dawson D., Fletcher A., (2007) Does variation in workload affect fatigue in a regular 12-hour shift system? University of South Australia, Sleep and Biological Rhythms; S: 74–77
- Cabon, P., Mollard, R., Debouck, F., Chaudron, L., Grau J.Y., Deharvenget, S. (2008) From Flight Time Limitations to Fatigue Risk Management Systems, LAA –EA 4070- Université Paris Descartes.
- Caldwell J. (2004), Fatigue in Aviation, 85-96, Aviation Sustained Operations Team, Fatigue Countermeasures Branch, Air Force Research Laboratory, USA
- Chang Y., Yang H., Hsu W., (2019) Effects of work shifts on fatigue levels of air traffic controllers, Journal of Air Transport Management, 76, 1-9
- Chen Q. Lim A. Zhu W. (2011) A Greedy Heuristic for Airline Crew Rostering: Unique Challenges in a Large Airline in China, IEA/AIE, Part II, LNAI 6704, 237–245
- Civil Aviation Authority (CAA), (2013), CAP 1036, Global Fatal Accident Review 2002 to 2011, TSO
- Civil Aviation Safety Authority (CASA), 2014, Biomathematical Fatigue Models Guidance Document, Australia
- Commission Regulation (EU) No 965/2012 on Air Operations and Related EASA Decisions, (2017), Air Ops.
- Dawid H. König J. Strauss C. (2001) An Enhanced Rostering Model For Airline Crews, Computers & Operations Research 28, 671-688, University of Southern California, USA, University of Vienna, Austria
- Dawson D. Noyb Y.L. Härmä M. Akerstedt T, Belenky G. (2011), Modelling Fatigue and The Use of Fatigue Models in Work Settings, Accident Analysis and Prevention 43, 549-564
- Dawson D., McCulloch K. (2005) Managing fatigue: It's about sleep, Centre for Sleep Research, University of South Australia, Basil Hetzel Institute, The Queen Elizabeth Hospital, Woodville Road, Woodville, SA 5011, Australia Sleep Medicine Reviews (2005) 9, 365–380
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi, Havacılık Terimleri Sözlüğü (2011)

Doi T. Nishi T. (2016) Application of Two-Phase Decomposition Algorithm To Practical Airline Crew Rostering Problem for Fair Working Time, *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing* Vol.10, No.3

Elkhweldi M., Elmabrouk S., (2015) Aviation Risk Management Strategies, *Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dubai, United Arab Emirates (UAE)

FAA (2013), *Fatigue Risk Management Systems for Aviation Safety*, Advisory Circular, 120-103A, U.S.A

Folkard S., Åkerstedt T., (2004), Trends in the Risk of Accidents and Injuries and Their Implications for Models of Fatigue and Performance, *Aviation Space and Environmental Medicine*

Fourie C., Holmes A., Bougrine S.B., Hilditch C., Jackson P. (2010) *Fatigue Risk Management Systems: A Review of the Literature*, Department for Transport, London.

Gander F. (2001) *Fatigue Management in Air Traffic Control: The New Zealand Approach*, *Transportation Research*, Part 4 49,62

Gander P.H., Hartley L, Powell D., Cabon P., Hitchcock E., Mills A., Popking S. (2011), *Fatigue Risk Management: Organizational Factors at The Regulatory and Industry/Company Level*, *Accident Analysis and Prevention* 43, 573–590

Gander P.H., Mangie J, Van Den Berg M.J., Smith A.A.T., Mulrine H.M., Signal T.L., (2014), *Crew Fatigue Safety Performance Indicators for Fatigue Risk Management System*, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 85, No. 2.

Gander P.H., Wu L.J., Van Den Berg M., Lamp A., Hoeg L., Belenky G., (2017) *Fatigue Risk Management Systems*, *Occupational Sleep Medicine*, Chapter 73, Part II, Section 10.

Hadianti R. Novianingsih K. Uttungadewa S. Sidarto K.A. Sumarti N. Soewono E. (2013) *Optimization Model for an Airline Crew Rostering Problem: Case of Garuda Indonesia*, *J. Math. Fund. Sci* Vol. 45, No. 3, 218-234

Hellerström D. Eriksson H. Romig E. Klemets T. (2010), *Flight Time Limitations and Fatigue Risk Management: A comparison of three regulatory approaches*, *Flight Safety Foundation*, Boeing

Hulinská S., Kraus J., (2016), Fatigue Risk Management System in Aviation, Grant Agency of the Czech Technical University, Prague.

IATA, ICAO, IFALPA (2011) Fatigue Risk Management Systems (FRMS) – Implementation Guide for Operators, 1st Edition

IATA, ICAO, IFALPA (2015) Fatigue Management Guide for Airline Operators, 2nd Edition

ICAO (2013) Safety Management Manual (SMM), Doc 9859

ICAO (2016) Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches, Doc 9966, Second Edition

Kandelaars K. Dorrian J. Fletcher A , Roach G.D. Dawson D. (2005) A Review Of Bio-Mathematical Fatigue Models: Where To From Here? Sixth International Conference on Fatigue Management in Transportation, Seattle, Washington, USA

Kohl N. & Karisch S.E. (2004) Airline Crew Rostering: Problem Types, Modeling and Optimization, Annals of Operations Research 127, 223–257

Lerman S.E., Flower D.J., Gerson B., Hursh S.R., (2012), Fatigue Risk Management in the Workplace, JOEM Volume 54, Number 2.

Limlawan V. Kasemsontitum B. Jeenanunta C. (2011) Airline Crew Rostering Problem Using Particle Swarm Optimization, 978-1-4577-0628-8/11, IEEE

Lucic P. Teodorovic D. (1999) Simulated Annealing For The Multi-Objective Aircrew Rostering Problem, Transportation Research Part A 33, 19-45

Maenhout B. Vanhoucke M. (2010) A Hybrid Scatter Search Heuristic For Personalized Crew Rostering in The Airline Industry, European Journal of Operational Research 206, 155–167

McCauley P. J. (2009) Fatigue Risk Management: Modeling the Sleep/Wake-Based Dynamics of Performance, Theses, Dissertations, Professional Papers. Paper 432, University of Montana

Millot P., (2014) Risk Management in Life-Critical Systems, British Library. London.

Moore-Ede M., M.D., (2010) Evolution of Fatigue Risk Management Systems: The “Tipping Point” of Employee Fatigue Mitigation, Circadian 7/24 Workforce Solutions, USA.

Moudanis W. Cosenza C.A.N, Mora-Camino F. (2001), An Intelligent Approach for Solving the Airlines Crew Rostering Problem, 73-79, Toulouse, France

Müller R., Wittmer A., Drax C., (2014) Aviation Risk and Safety Management Methods and Applications in Aviation Organizations, Springer International Publishing, Switzerland

Powell D.M.C. Spencer M.B. Holland D. Broadbent E. Petrie K.J., (2007) Pilot Fatigue in Short-Haul Operations: Effects of Number of Sectors, Duty Length, and Time of Day, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 78, No. 7

Randolph S.A, Faaohn, C., (2015), Fatigue Risk Management, Current Topics, Vol.63, No.5, USA.

Romig E. Klemets T. (2009) Fatigue Risk Management in Flight Crew Scheduling, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 80, No. 12, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, WA, Jeppesen Systems AB, Göteborg, Sweden

Sivil Havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi Yönetmeliği (SHY-SMS), (2012)

Souai N, Teghem J, (2008) Genetic Algorithm Based Approach for The Integrated Airline Crew-Pairing And Rostering Problem, European Journal of Operational Research 199, 674–683, Mons, Belgium

Srivistava A.N, Barton P., (2012) Second Interim Report, NASA - EasyJet Collaboration on the Human Factors Monitoring Program (HFMP) Study, National Aeronautics and Space Administration Ames Research Center Moffett Field, California,

Teodorovic D. Lucic P. (1998) A Fuzzy Set Theory Approach To The Aircrew Rostering Problem, Fuzzy Sets and Systems 95, 261-271

Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklilikleri Talimatı (SHT – FTL), (2016), Revizyon 1.

Uçuş ve Görev Süresi Sınırlamaları ile Dinlenme Gereklilikleri Talimatı (SHT – FTL), (2018), Revizyon 2.

UK CAA PAPER 2005/04 (Issue 2 December 2007) Aircrew Fatigue: A Review of Research, Undertaken on Behalf of the UK Civil Aviation Authority

Van Dongen H.P.A, Belenky G. (2012) Model-based Fatigue Risk Management, The Handbook of Operator Fatigue

Williamson A, Lombardi D.A, Folkard S, Stutts J, Courtney T.K, Connor J.L (2011) The Link Between Fatigue and Safety, Accident Analysis and Prevention 43, 498–515

EK-1 Haftalık Uçuş Seti Ayrıntıları

HAFTALIK UÇUŞ SETİ AYRINTILARI									
Uçuş No	Nereden	Nereye	Başlangıç Saati (Y/S)	Bitiş Saati (Y/S)	Bacak	*Meydan Kategorisi	Eğitim Uçuşu	*ATC	İşyükü Faktörü
i1	AYT	SOF	02.08.2018 14:05	03.08.2018 00:05	3	A	H	H	0
i2	AYT	HAM	03.08.2018 13:00	04.08.2018 00:00	2	A	H	H	0
i3	AYT	HAM	04.08.2018 13:00	05.08.2018 00:00	2	A	H	H	0
i4	AYT	TLV	05.08.2018 12:55	06.08.2018 00:45	4	A	H	E	1
i5	AYT	DLM	07.08.2018 14:40	07.08.2018 19:30	2	B	H	H	1
i6	AYT	BRU	08.08.2018 05:35	08.08.2018 15:35	3	A	H	H	0
i7	AYT	HAM	02.08.2018 00:05	02.08.2018 09:05	2	A	H	H	0
i8	AYT	VIE	02.08.2018 22:00	03.08.2018 06:00	2	A	H	H	0
i9	AYT	IKA	03.08.2018 18:00	04.08.2018 04:00	4	A	H	E	1
i10	AYT	SOF	05.08.2018 06:55	05.08.2018 18:45	4	A	H	H	0
i11	AYT	BRU	06.08.2018 14:40	07.08.2018 01:00	2	A	H	H	0
i12	AYT	BRU	07.08.2018 14:40	08.08.2018 01:00	2	A	H	H	0

*Örnek havayolu el kitabından alınmıştır. Operatörler arası farklılık gösterebilir.

EK-2 EASA Uçuş Görev Süresi Kısıtlamaları (FTL) Tablosu

Günlük Yapılabilecek En Fazla Görev Süresi									
Görev Başlangıç Saati	Bacak Sayısı								
	1-2	3	4	5	6	7	8	9	10
06:00 – 13:29	13:00	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00
13:30 – 13:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00
14:00 – 14:29	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00
14:30 – 14:59	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00	9:00
15:00 – 15:29	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00	9:00
15:30 – 15:59	11:45	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00	9:00	9:00
16:00 – 16:29	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00	9:00	9:00
16:30 – 16:59	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00	9:00	9:00	9:00
17:00 – 04:59	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
05:00 – 05:14	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00	9:00
05:15 – 05:29	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00	9:00
05:30 – 05:44	12:30	12:00	11:30	11:00	10:30	10:00	9:30	9:00	9:00
05:45 – 05:59	12:45	12:15	11:45	11:15	10:45	10:15	9:45	9:15	9:00

EK-3 Matrisler

UÇUŞLARIN KAPSADIĞI GÜNLER								
	02.08.2018	03.08.2018	04.08.2018	05.08.2018	06.08.2018	07.08.2018	08.08.2018	09.08.2018
	11	12	13	14	15	16	17	18
i1	1	1	0	0	0	0	0	0
i2	0	0	1	1	0	0	0	0
i3	0	0	1	0	0	0	0	0
i4	0	0	0	1	1	0	0	0
i5	0	0	0	0	0	1	0	0
i6	0	0	0	0	0	0	1	0
i7	1	0	0	0	0	0	0	0
i8	1	1	0	0	0	0	0	0
i9	0	1	1	0	0	0	0	0
i10	0	0	0	1	0	0	0	0
i11	0	0	0	0	1	1	0	0
i12	0	0	0	0	0	1	1	0

UÇUŞ SÜRESİ												
i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11	i12	TOPLAM
600	720	660	710	290	600	540	480	660	710	740	620	7330

GÜNLERE GÖRE UÇUŞ SÜRESİ								
	02.08.2018	03.08.2018	04.08.2018	05.08.2018	06.08.2018	07.08.2018	08.08.2018	09.08.2018
	11	12	13	14	15	16	17	18
i1	595	5	0	0	0	0	0	0
i2	0	0	660	60	0	0	0	0
i3	0	0	0	660	0	0	0	0
i4	0	0	0	665	45	0	0	0
i5	0	0	0	0	0	290	0	0
i6	0	0	0	0	0	0	600	0
i7	540	0	0	0	0	0	0	0
i8	120	360	0	0	0	0	0	0
i9	0	360	300	0	0	0	0	0
i10	0	0	0	710	0	0	0	0
i11	0	0	0	0	680	60	0	0
i12	0	0	0	0	0	680	60	0

UÇUŞLARIN ARDIŞIKLIK OLASILIĞI												
	i1	i2	i3	i4	i5	i6	İ7	İ8	İ9	i10	i11	i12
i1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
i2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
i3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
i4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
i5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
i6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
i7	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
i8	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
i9	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
i10	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
i11	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
i12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

EK-4 Aylık Uçuş Seti Ayrıntıları

Pilot 1 Aylık Uçuş Seti Ayrıntıları									
Uçuş No	Nereden	Nereye	Uçuş Tarihi Başlangıç Saati	ve Bacak Sayısı	Meydan Kategorisi	Eğitim Uçuşu	ATC	İş Yüğü Faktörü	
1-1	AYT	ASR	2018-08-01 14:40	2	B	H	H	1	
1-2	ASR	BJV	2018-08-02 03:52	2	B	H	H	1	
1-3	BJV	FRA	2018-08-03 15:00	2	A	H	E	1	
1-4	FRA	AYT	2018-08-04 13:01	3	A	H	E	1	
1-5	IFTC	IFTC	2018-08-07 09:00	2	A	E	H	1	
1-6	AYT	DUS	2018-08-09 08:25	2	A	H	H	0	
1-7	AYT	FRA	2018-08-10 08:02	2	A	H	E	1	
1-8	AYT	NUE	2018-08-11 23:45	2	A	H	H	0	
1-9	AYT	SAW	2018-08-15 09:40	1	A	H	H	0	
1-10	SAW	ASR	2018-08-15 23:38	2	B	H	H	1	
1-11	SAW	ASR	2018-08-16 23:01	2	B	H	H	1	
1-12	SAW	HTY	2018-08-18 11:53	4	B	H	H	1	
1-13	SAW	AYT	2018-08-19 12:05	5	A	H	H	0	
1-14	AYT	NUE	2018-08-22 23:33	2	A	H	H	0	
1-15	AYT	HAM	2018-08-24 16:27	2	A	H	H	0	
1-16	AYT	HAJ	2018-08-26 00:21	2	A	H	H	0	
1-17	AYT	OSL	2018-08-30 18:32	2	A	H	H	0	

Pilot 2 Aylık Uçuş Seti Ayrıntıları								
Uçuş No	Nereden	Nereye	Uçuş Tarihi ve Başlangıç Saati	Bacak Sayısı	Meydan Kategorisi	Eğitim Uçuşu	ATC	İş Yüklü Faktörü
2-1	AYT	LYS	2018-08-02 05:59	2	A	E	H	1
2-2	AYT	GDN	2018-08-05 10:58	2	A	E	H	1
2-3	AYT	POZ	2018-08-07 02:19	2	A	E	H	1
2-4	AYT	TXL	2018-08-08 17:40	2	A	E	H	1
2-5	AYT	STR	2018-08-09 18:07	2	A	E	H	1
2-6	AYT	FMO	2018-08-13 22:40	2	B	E	H	1
2-7	IFTC	IFTC	2018-08-15 14:30	2	A	E	H	1
2-8	IFTC	IFTC	2018-08-16 10:15	2	A	E	H	1
2-9	AYT	SAW	2018-08-17 06:24	4	A	E	H	1
2-10	AYT	BLL	2018-08-18 06:06	2	A	E	H	1
2-11	AYT	CGN	2018-08-22 23:53	2	A	E	H	1
2-12	AYT	SAW	2018-08-24 14:15	4	A	E	H	1
2-13	AYT	FRA	2018-08-25 15:24	2	A	E	E	2
2-14	AYT	ESB	2018-08-07 05:58	4	A	E	H	1

Pilot 3									
Uçuş No	Nereden	Nereye	Uçuş Tarihi ve Başlangıç Saati	Bacak Sayısı	Meydan Kategorisi	Eğitim Uçuşu	ATC	İş Faktörü	Yükü
3-1	AYT	ADA	2018-08-01 09:22	3	A	H	H	0	
3-2	ADA	CGN	2018-08-03 04:05	2	A	H	H	0	
3-3	AYT	HAM	2018-08-06 07:03	2	A	H	H	0	
3-4	AYT	ESB	2018-08-07 05:58	4	A	H	H	0	
3-5	AYT	ESB	2018-08-09 08:40	1	A	H	H	0	
3-6	ESB	KCM	2018-08-09 23:37	2	C	H	H	2	
3-7	ESB	KCM	2018-08-10 23:48	2	C	H	H	2	
3-8	AYT	CDG	2018-08-14 15:12	2	A	H	E	1	
3-9	AYT	CGN	2018-08-15 20:26	2	A	H	H	0	
3-10	AYT	FMO	2018-08-16 21:07	2	B	H	H	1	
3-11	AYT	DUS	2018-08-22 16:43	2	A	H	H	0	
3-12	ADB	CGN	2018-08-23 23:55	2	A	H	H	0	
3-13	AYT	IKA	2018-08-25 02:00	3	B	H	E	1	
3-14	ADA	AYT	2018-08-26 08:09	3	A	H	H	0	
3-15	IFTC	IFTC	2018-08-27 18:45	2	A	E	H	1	
3-16	AYT	DUS	2018-08-30 11:58	2	A	H	H	0	
3-17	AYT	ZRH	2018-08-31 14:05	2	B	H	H	1	