

## PERFORMANSA DAYALI SEYRÜSEFER (PBN) VE DÜNYA UYGULAMALARI

Özlem ŞAHİN MERİÇ\*  
Anadolu Üniversitesi/  
Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi,  
Eskişehir

### ÖZET

*Gelişen teknoloji ile birlikte hava seyrüsefer hizmetleri için kullanılan teknoloji de gelişmektedir. Böylelikle günümüzde geleneksel seyrüsefer teknikleri yerini performansa dayalı seyrüsefer (PBN) tekniklerine bırakmaktadır. PBN, coğrafik olarak özellikle iniş ve kalkış operasyonlarını zorlayan bölgelerde hava sahasının optimum kullanımına imkan tanıyarak emniyetli uçuş sağlamaktadır. Bununla birlikte, direkt rota kullanımına imkan tanıyarak uçuşların daha verimli ve ekonomik olmasına izin vermektedir. Bu çalışmada, Performansa Dayalı Seyrüsefer kavramı detaylı olarak tanıtılarak, PBN'nin yararları incelenecek ve PBN son yaklaşma prosedürlerinden, RNP APCH ve RNP AR APCH prosedürlerinin dünya'daki uygulamalarına örnekler verilecektir.*

### GİRİŞ

Hava trafik talebinin giderek büyümesi, hava sahası kapasitesinin de ileri ki yıllarda yetersiz kalacağını öngörmektedir. Hava trafik talebinin karşılanması için uygulanabilecek yöntemlerden birisi hava sahasının optimum kullanılmasıdır. Hava sahasının optimum kullanımı uçuş prosedürlerinin en iyi şekilde tasarlanması da beraberinde getirmektedir. Geleneksel gerçekleştirilen seyrüsefer yöntemi ile trafiklerin yere dayalı seyrüsefer yardımcılarına bağımlı olmaları esnek olmayan uçuş prosedürlerini uygulama zorunluluğu yaratmaktadır.

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte uçaktaki ekipmanlarda gelişmektedir. Direkt uçuş rotalarına imkan tanıyan, çevresel ve operasyonel yetersizlikleri ortadan kaldırmaya yardımcı olan, verimli uçuş prosedürlerinin tasarlanması ile hava sahasının optimum kullanımını sağlayan, emniyetli ve ekonomik uçuşa imkan veren Performansa dayalı Seyrüsefer (PBN-Performance based Navigation) ortaya çıkmıştır.

PBN [ICAO9613, 2008], seyrüsefer yardımcılarında dayalı noktadan noktaya sağlanan geleneksel seyrüseferin, uçaktaki ekipman ve performansa dayalı teknoloji ile yapılan seyrüsefere olan değişimini ifade etmektedir. Seyrüsefer özellikleri, seyrüsefer altyapısı ve seyrüsefer uygulamaları olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır. Seyrüsefer özellikleri, saha seyrüsefer (RNAV-Area Navigation) sisteminin sahip olduğu seyrüsefer fonksiyonlarının doğruluk, bütünlük, mevcudluk ve süreklilik esaslarına göre performans gerekliliğini açıklamaktadır. Seyrüsefer özellikleri, RNAV

---

\*Yrd. Doç. Dr., Hava Trafik Kontrol Böl., E-posta: osahin5@anadolu.edu.tr

özellikler veya Gerekli Seyrüsefer Performansı (RNP-Required Navigation Performance) özellikleri olarak tanımlanabilir. RNP özellikleri RNAV özelliklerden ayıran tek fark, RNP de kokpit izleme ve ikaz sisteminin mevcut olmasıdır. Seyrüsefer altyapısı [Eurocontrol, 2010], yere veya uyduya dayalı seyrüsefer yardımcılarını ifade etmektedir.

Seyrüsefer uygulaması ise [ICAO9613, 2008]; seyrüsefer özellikleri ve seyrüsefer altyapısının hava trafik hizmet (ATS-Air Traffic Service) yolları, aletli yaklaşma prosedürleri ve belirlenen hava sahasına uygulanmasıdır. RNAV veya RNP standart kalkış yolları (SIDs) ve standart geliş yolları (STARs), RNAV veya RNP ATS yolları ve RNP yaklaşma prosedürleri seyrüsefer uygulaması kapsamında yer alan seyrüsefer özellikleri ve seyrüsefer altyapısının birlikte kullanımını göstermektedir.

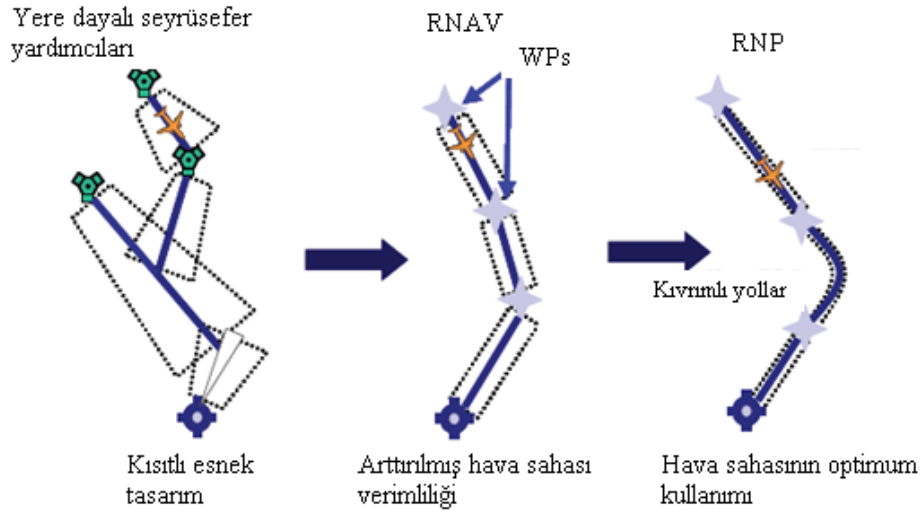
Çalışmanın ilk bölümünde PBN kavramını oluşturan RNAV ve RNP kavramları incelenecek ve uçuş safhalarına göre seyrüsefer özellikleri detaylandırılacaktır. Son bölümde ise PBN'nin dünya uygulamalarına örnekler verilecektir.

### **RNAV VE RNP SEYRÜSEFER ÖZELLİKLERİ**

RNAV sistemi [ICAO9997, 2013], yere dayalı, uyduya dayalı ya da uçaktaki sistemlerden (VOR, DME, INS, GNSS) aldığı bilgileri kullanarak uçağın pozisyonu, rota açısı, dikey uçuş açısı, manyetik sapması, tahmini varış saati, rüzgar yönü ve şiddetini hesaplayabilir. RNAV sistemler tek sensöre dayalı olabileceği gibi çoklu sensörlere de dayalı olabilir. RNAV sistemlerin çoğu çoklu sensöre dayalı (multi sensor) sistemlerdir. GNSS den veri alamadığı durumda otomatik olarak VOR/DME veya DME/DME den veri alır. RNAV sistem, uçakların yere dayalı seyrüsefer yardımcıları üzerinden uçuşuna gerek duymadan yol noktaları üzerinden uçuşuna imkan tanır.

RNP sistemi RNAV sistem ile benzer olup, tek farkı kokpitte izleme ve ikaz sisteminin yer almasıdır. Böylelikle, pilot seyrüsefer sistemin başarısız olduğu durumları saptayabilecektir. Bu doğrultuda, RNP sistemler, bütünlük garantisi sağlamaktadır; bunun yanında emniyet, verimlilik, kapasite ve diğer operasyonel yararları da beraberinde getirmektedir.

RNAV ve RNP [Şahin MeriçÖ., UsanmazÖ., 2012] seyrüsefer özelliklerinden oluşan PBN ile esnek uçuş prosedürleri ve uçuş rotaları tasarlanabilmektedir ve böylece hava sahasının optimum kullanımı sağlanmaktadır. Şekil 1'de yere dayalı seyrüsefer yardımcılara bağlı geleneksel seyrüsefer ile kısıtlanan rotalar ve performans dayalı seyrüseferin (hem RNAV hem RNP) özellikle rota muhafaza doğruluğu ve rota etrafındaki koruma alanlarının azalması konularında getirdiği yararlar ve esneklik gösterilmektedir.



Şekil 1: Geleneksel seyrüsefer, RNAV ve RNP [<http://www.bostonoverflight.com>]

RNAV ve RNP [ICAO9613,2008] tanımlanırken RNAV X, RNP X olarak ifade edilir. “X” ifadesi, hava sahası, yol veya prosedür içindeki uçağın uçuş süresinin en az %95 inde sağlaması beklenen deniz mili (NM) cinsinden yatay doğruluğu göstermektedir.

Uçuş safhasına göre seyrüsefer özellikleri ve ilgili seyrüsefer doğruluk değerleri Tablo 1’de gösterilmektedir. Uçuş safhalarına göre seyrüsefer özellikleri incelendiğinde okyanus aşırı, yol safhası veya terminal saha için kullanılan gerekli seyrüsefer doğruluk değeri göstergesi, son yaklaşma safhası için kullanılan göstergeden farklı olabilir. Tablo 1’de verilen rakamlar uçuş süresinin en az %95’inde sağlanması beklenen NM cinsinden doğruluk değerlerini göstermektedir. RNAV 5 yol sahası için kullanılır, STAR’ın ilk bölümünde 30 NM lik mesafede de kullanılabilir.

Seyrüsefer özellikleri	Okyanus yol safhası	Kıtalararası yol safhası	Geliş	Yaklaşma				Kalkış
				İlk	Orta	Son	Pas geçme	
RNAV 10	10							
RNAV 5		5	5					
RNAV 2		2	2					2
RNAV 1		1	1	1	1		1 <sup>b</sup>	1
RNP 4	4							
TEMEL RNP 1			1 <sup>a,c</sup>	1 <sup>a</sup>			1 <sup>a,b</sup>	1 <sup>a,c</sup>
RNP APCH				1	1	0,3	1	

Tablo 1: Uçuş safhasına göre seyrüsefer özellikleri ve değerleri [ICAO9613, 2008]

Tablo1'deki mevcut semboller aşağıda belirtilen şekilde ifade edilmektedir:

- a. Bu seyrüsefer uygulaması sadece STAR ve SID'lerde kullanım ile sınırlıdır.
- b. Uygulama alanı sadece pas geçme safhasının ilk tırmanma kısmından sonra kullanılabilir.
- c. Havaalanı referans noktasının (ARP-Airport Reference Point) 30NM sonrasında, uyarı için doğruluk değeri 2NM olur.

### **RNAV Seyrüsefer Özellikleri**

RNAV 10, RNAV 5, RNAV 1 ve RNAV 2 seyrüsefer özellikleri sağlanması gereken doğruluk değerleri ile birlikte detaylı olarak aşağıda açıklanmaktadır.

RNAV 10 [ICAO9997, 2013], okyanus aşırı uçuşlarda kullanılır. 50NM yanlamasına ve uzunlamasına mesafeye dayalı ayırma minimasına dayalıdır. PBN kavramının gelişiminden önce RNAV 10 operasyonları RNP 10 olarak yetkilendirilmiştir. RNP 10 un kokpitte performans izleme ve ikaz gerekliliğine ihtiyaç duymaması nedeniyle halen RNAV 10 olarak ifade edilmektedir. RNAV 10 yere dayalı seyrüsefer altyapısına ihtiyaç duymamaktadır. Okyanus aşırı ve kıtalar arası uçuşlarda kullanılması amaçlandığı için uzun menzilli seyrüsefer sistemlerine (INS, IRS, GNSS, GNSS/IRS) dayalıdır.

RNAV 5, PBN öncesinde Avrupa ve Doğu Avrupa'da Temel RNAV (B-RNAV) olarak bilinmektedir. RNAV 5 gereklilikleri B-RNAV a dayalıdır. RNAV 5 yol safhasında hava sahasındaki kullanıcıların hepsinde GNSS ekipmanının olmadığı ve DME/DME veya VOR/DME saha seyrüsefer operasyonlarına izin veren yere dayalı seyrüsefer yardımcılarının kapsama alanının kısıtlı olduğu yol safhasında (en route) kullanılması amaçlanmaktadır. Sistem gereksinimi olarak tek bir saha seyrüsefer sistemi gereklidir ayrıca, VOR/DME, DME/DME, INS/IRS, GNSS sensörleri kullanılabilir.

RNAV 1 ve RNAV 2, kıtalararası uçuşlar, SID ler, STAR'lar ve GNSS veya DME/DME kullanarak yaklaşma safhasına geçişlerdeki operasyonları desteklemektedir. RNAV 1 ve RNAV 2, Avrupa'nın Hassas RNAV (P-RNAV) gereklilikleri ile Amerika'nın RNAV (U.S.-RNAV) gerekliliklerini uyumlu hale gelmesini temsil etmektedir. Yol safhası dahil olmak üzere bütün ATS rotaları, SID ve STAR'lar, son yaklaşma fiksine/noktasına kadar olan aletli yaklaşma prosedürlerinde uygulanabilir. RNAV 1 ve RNAV 2 operasyonları DME/DME ye dayalı olabilir.

### **RNP Seyrüsefer Özellikleri**

RNP seyrüsefer özellikleri sağlanması gereken doğruluk değerleri ile birlikte detaylı olarak aşağıda açıklanmaktadır.

RNP 4 [ICAO9997, 2013], okyanus aşırı veya uzak hava sahasında 30NM yanlamasına ve uzunlamasına mesafeye dayalı ayırma minimalarını desteklemektedir. RNP 4, herhangi yere dayalı bir seyrüsefer yardımcısına gerek duymamaktadır. RNP 4 destekleyen temel seyrüsefer sensörü tek veya çoklu sensör sistemleri ile GNSS'dir.

RNP 2 ve Geliştirilmiş RNP (A-RNP- Advanced RNP) [ICAO9613, 2008] ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.

RNP 1 [ICAO9997, 2013], sadece GNSS kullanarak geliş ve kalkış prosedürlerini desteklemeyi amaçlamaktadır. GNSS'e olan gereksinimi dışında RNAV 1 ve RNAV 2 den önemli bir farkı yoktur.

RNP APCH [<http://www.faa.gov>], PBN yaklaşma prosedürlerinden yetki gerektirmeyendir. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO-International Civil Aviation Organization) tarafından

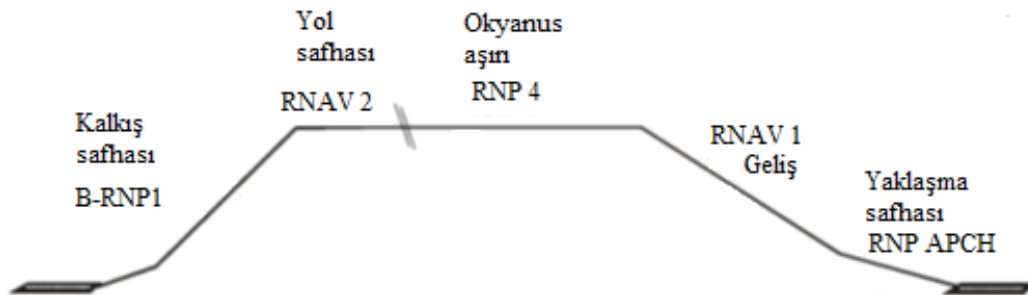
RNP Yaklaşması (RNP APCH- RNP Approach), Federal Havacılık Otoritesi (FAA-Federal Aviation Authority) tarafından RNAV GPS olarak kullanılır.

RNP APCH prosedürleri [ICAO9613, 2008] destekleyen temel seyrüsefer sistemi GNSS dir. Pas geçme safhasında geleneksel seyrüsefer yardımcılarını kullanabilir. Yayımlanmış chart larda [ICAO EUR,2012] başlık RNAV (GNSS) olarak ilan edilir. RNP APCH seyrüsefer özellikleri, RNAV yaklaşımlar ile aynıdır. İlk yaklaşma, son yaklaşma ve pas geçme safhasında kullanılır. Minimalar belirtilirken RNP APCH, dikey rehberlik hizmeti sağlayan (LNAV/VNAV, LPV) ve dikey rehberlik hizmeti sağlamayan (LNAV, LP) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Yatay seyrüsefer (LNAV-Lateral Navigation), GNSS ve/veya Uydu Tabanlı Destek Sistemlerini (SBAS-Satellite based Augmentation Sytem) kullanarak sadece yatay seyrüsefer hizmeti sağlayan hassas olmayan yaklaşımdır. Lokalizer Performans (LP-Localizer Performance), SBAS a dayalı olup sadece yatay seyrüsefer sağlayan hassas olmayan yaklaşımdır. Yatay/Dikey seyrüsefer (LNAV/VNAV-LNAV/Vertical Navigation) ve Dikey Rehberlikli Lokalizer Performans (LPV-Localizer Performance with Vertical Guidance) hem yatayda hem de dikeyde rehberlik hizmeti sunmaktadır. LNAV/VNAV yatay seyrüsefer için [Ataş ve ark. 2014] GNSS ve/veya SBAS kullanırken, dikey seyrüsefer için barometrik altimetre veya SBAS kullanılmaktadır. LPV ise, yatay ve dikey rehberlik için SBAS kullanılmaktadır.

RNP AR APCH ise [ICAO9997, 2013], PBN yaklaşma prosedürlerinden ilave izleme, kontrol ve yetkilendirme gerektiren prosedürdür. ICAO tarafından [http://www.faa.gov, ICAO9613,2008], Yetki gerektiren RNP yaklaşması olarak ifade edilirken (RNP AR APCH-RNP Authorization Required Approach) FAA tarafından Özel Uçak Ve Uçuş Mürettebatı Gerektiren Operasyonlar (RNP SAAAR-RNP Special Aircraft And Aircrew Authorization Required) veya RNAV RNP olarak kullanılmaktadır. Ana seyrüsefer sistemi [ICAO9613,2008], olarak GNSS desteklemektedir. DME/DME bireysel kullanıcılar için gerekli performans altyapısının sağlandığı yerlerde kullanılabilir. RNP AR APCH, GNSS sinyallerinin karıştığı bilinen sahalarda kullanılmamalıdır. Yayımlanmış chart larda başlık RNAV (RNP) olarak ilan edilir.

Tablo 1'de PBN operasyonlarında RNAV ve RNP uygulamasının kullanımında belirli bir sıranın mümkün olabileceği gösterilmiştir. Bu durum ATS rotaları ve aletli prosedürlerde RNAV ve RNP özelliklerinin uygulanması Şekil 2'de açıklanmaktadır.



Şekil 2: Uçuş safhaları ve seyrüsefer özellikleri [ICAO9613,2008]

## PERFORMANSA DAYALI SEYRÜSEFER (PBN)

PBN, RNAV ve RNP den oluşmaktadır. RNAV ve RNP özelliklerin, daha esnek rotalar ve terminal prosedür tasarımına imkan tanıması ile hava sahasının verimliliğini arttırarak optimum kullanımı sağlamaktadır.

PBN ile [NakamuraD, 2014 ve [www.icao.int](http://www.icao.int)] geliş, kalkış ve yaklaşma prosedürlerinde uçakların yatay ve dikeydeki rota muhafaza doğruluğu geleneksel seyrüsefer yardımcıları ile sağlanana göre daha doğru ve güvenilirdir. RNP ve RNAV prosedür kullanımı ile ilgili herhangi bir kaza yaşanmamıştır. Buna karşın özellikle arazideki kontrollü uçuşlar (CFIT-Controlled Flight into Terrain) kategorisine dahil edilen kazaların %60ı geleneksel seyrüsefer kullanılarak yapılan hassas olmayan yaklaşımlarda meydana gelmiştir. PBN aynı zamanda operasyonel hatalara karşı uçuş mürettebatının risklerini de azaltmaktadır. PBN, uçuşun her safhası için emniyeti arttırmaktadır.

PBN, terminal hava sahasında yeni ve paralel offset rotaların kullanımını sağlayarak, yoğun terminal sahalarında giriş/çıkış noktalarını ilave ederek, hava sahasındaki prosedürlerin arasındaki ayırmaları minimuma indirgeyip gecikmeleri ve tıkanıklık yaratan noktaları azaltabilir. Böylelikle kapasitenin verimli kullanımına imkan tanır.

Aynı zamanda PBN, yakıt tasarrufu sağlayarak emisyon salınımını azaltır. Optimum alçalma profillerine olanak sağlayarak gürültü seviyesini minimuma indirmektedir. Kötü hava şartlarından dolayı uçakların farklı havaalanlarına yönlendirilmesini önlemektedir. Kötü hava ve arazi şartları nedeniyle trafik operasyonlarının zorlandığı havaalanlarında emniyetli operasyonların gerçekleşmesine imkan tanımaktadır.

## PBN YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİNİN DÜNYA UYGULAMALARI

Günümüzde geleneksel seyrüseferden uyduya dayalı seyrüsefere hızlı bir geçiş olması nedeniyle, PBN dünya uygulamaları araştırılırken SBAS a dayalı olan LPV yaklaşma prosedürleri dikkate alınmıştır.

### Avrupa'da LPV Uygulaması

Şubat 2014 [<http://www.essp-sas.eu>] tarihinden itibaren Avrupa'da 98 adet LPV prosedürü 71 tane havaalanına hizmet vermektedir (Tablo 2).

ÜLKE	HAVAALANI-LPV	LPV PROSEDÜR SAYISI
FRANSA	47	61
İSVİÇRE	4	4
GUERNSEY	1	2
ALMANYA	9	14
İTALYA	4	7
İSPANYA	1	2
FİNLANDİYA	1	2
AVUSTURYA	2	2
ÇEK CUMHURİYETİ	2	4
<b>TOPLAM</b>	<b>71</b>	<b>98</b>

Tablo 2: LPV prosedür uygulayan Avrupa ülkeleri ve LPV prosedür sayısı (Şubat-2014)

İspanya [<http://ec.europa.eu>], ilk olarak 2013 yılında Santander havaalanı ile LPV prosedürleri uygulamaya başladıktan sonra birçok havaalanı için RNP APCH prosedür tasarımları için projelerine devam etmektedir.

2014 yılında Almeria, Sevilla ve Valencia havaalanları için yeni RNP APCH prosedürlerinin tasarlanması beklenmektedir. Bu havaalanları için her iki pist sonları için RNP APCH LNAV, LNAV/VNAV ve LPV minimaları ilan edilecektir.

2014 yılında RNP APCH çalışmaları [Aena, 2013] devam edecek olan diğer havaalanları ise Palma De Mallorca, Bilbao, Alicante, Girona ve Asturias'dır.

Bu havaalanları için şu an yayımlanmış bir chart bulunmamaktadır. Kanarya adalarındaki Lanzarote ve La palma havaalanlarında RNP AR APCH onaylama uçuşları yapılması planlanmaktadır. Tablo 3'te verilen havaalanları için RNP APCH prosedürleri tasarlanmış fakat resmen ilan edilmemiştir.

Havaalanı adı	RNP APCH minima
Almeria	LNAV, LNAV/VNAV ve LPV
Cuatro Vientos	LNAV ve LPV
Córdoba	LNAV ve LPV
Gerona	LNAV, LNAV/VNAV ve LPV
Granada	LPV
El Hierro	LNAV ve LPV
La Palma	LNAV ve LPV
Málaga	LNAV ve LPV
Salamanca	LPV
San Sebastián	LNAV ve LPV
Valencia	LNAV ve LPV
Vigo	LNAV ve LPV

Tablo 3: RNP APCH prosedürü tasarlanan havaalanları [<http://sherpa.essp-sas.eu>]

Avrupa'da [<http://www.gsc-europa.eu>] LPV prosedür uygulamasına Çek Cumhuriyeti, Avusturya, Finlandiya ve Fransa'daki 5 havalimanı 2014 yılında katılmışlardır.

#### Amerika'da LPV Uygulaması

Amerika'da [<http://www.faa.gov>] LPV prosedür uygulaması 2006 yılında başlamış olup, 6 şubat 2014 tarihinden itibaren 3375 adet LPV yaklaşma prosedürü 1665 havaalanına hizmet vermektedir.

#### RNP AR APCH Prosedürleri Uygulaması

RNP AR APCH prosedürleri özel uçak, özel uçuş mürettebatı gerektirmektedir. Bu prosedürler özellikle kötü hava şartları ve zorlu coğrafik şartlar nedeniyle trafik operasyonlarının yapılamadığı bölgelerde uygulanmaktadır.

RNAV RNP yaklaşması [<http://www.boeing.com>] (ICAO tanımı RNP AR APCH) ilk defa 1996 yılında Alaska havayolları tarafından Juneau Uluslararası havalimanında gerçekleştirilmiştir. Bu havaalanının 08/26 konfigürasyonunda tek bir piste sahiptir. 08 pisti düşük görüşten dolayı devamlı gecikmelere ve karmaşaya sebep olmaktadır aynı zamanda rüzgarın yön değiştirmesi durumunda 08 pistine operasyon yapılması güçleşmekte hatta imkansız hale gelmektedir. 26 pisti ise yaklaşma ve iniş yardımcılarının mevcut olmaması ve ilgili prosedürlerinde eksikliği nedeniyle kullanılmamaktadır. Juneau havaalanı'nın her iki pist başı için RNAV RNP yaklaşması tasarlanarak, RNP'nin sağladığı emniyet ve güvenilir rota muhafaza doğruluğu ile düşük görüş ve coğrafik şartlardan dolayı yaşanan zorluklar çözüme ulaşmıştır.

RNP AR APCH prosedürleri Amerika'da 9 ocak 2014 tarihinden itibaren 120 havaalanında uygulanmakta olup, yayımlanan 683 RNP prosedür miniması bulunmaktadır. Sadece 2013 yılında RNP AR APCH uygulamasına başlayan havaalanları Tablo 4'te verilmiştir.

HAVAALANI ADI
SAN FRANCISCO INTL
FREMONT COUNTY
RONALD REAGAN WASHINGTON NATIONAL
JACKSONVILLE INTL
CHICAGO MIDWAY INTL
BALTIMORE/WASHINGTON INTL THURGOOD MARSHALL
LAMBERT-ST LOUIS INTL
TRENTON MERCER
ALBUQUERQUE INTL SUNPORT
SYRACUSE HANCOCK INTL
PULLMAN/MOSCOW RGNL
SEATTLE-TACOMA INTL
GENERAL MITCHELL INTL
YEAGER

Tablo 4: RNP AR APCH prosedürü uygulayan Amerika'daki havaalanları [<http://www.faa.gov>]

Avrupa'da [ICAO EUR Meeting, 2013] RNP AR APCH prosedürleri 2005 yılında ilk olarak Avusturya'nın dağlarla çevrili Innsbruck havaalanı için yayımlanmıştır. İkinci RNP AR prosedürü ise Salzburg havaalanı için gerçekleştirilmiştir. Avusturya 2016 yılına kadar aletli pistlerinin %80 ini için RNP APCH ve RNP AR APCH prosedürlerini uygulamaya başlamayı planlamaktadır.

Hong Kong Uluslararası Havaalanı [ICAO Asia/Pasific meeting,2012] 2010 yılında RNP AR APCH prosedürlerini uygulamaya başlamıştır. Çevresel ve operasyonel verimliliği arttırmak amacıyla yeni RNP AR APCH prosedürlerini geliştirmeye devam etmektedir. Aynı zamanda pasifik ülkesi olan Yeni Zelanda'nın Rotorua Havaalanında da [<http://www.caa.govt.nz>] RNP AR APCH prosedürleri uygulanmaktadır.

## SONUÇ

PBN, seyrüsefer yardımcılara dayalı noktadan noktaya sağlanan geleneksel seyrüseferin, uçaktaki ekipman ve performansa dayalı teknoloji ile yapılan seyrüsefere olan değişimini ifade etmektedir. PBN, RNAV ve RNP kavramlarından oluşmaktadır. RNAV ve RNP arasındaki en temel fark, RNP'nin uçuş mürettebatına kokpit içinde izleme ve ikaz hizmetini sağlamasıdır. PBN prosedürlerinden özellikle son yaklaşma safhası için kullanılan prosedürler daha güvenilir ve doğru rota muhafaza doğruluğu sağlayan RNP APCH ve RNP AR APCH prosedürleridir. RNP APCH prosedürleri, aletli yaklaşma chartlarında RNAV GNSS olarak adlandırılır. LNAV, LNAV/VNAV, LP ve LPV olmak üzere alt bölümlere ayrılmaktadır. LNAV sadece yatay seyrüsefer hizmeti olup hassas olmayan yaklaşımdır. LP, SBAS a dayalı olup sadece yatay seyrüsefer sağlayan hassas olmayan yaklaşımdır. LNAV/VNAV ve LPV hem yatayda hem de dikeyde rehberlik hizmeti sunmaktadır. RNP APCH chartlarında minimalar bu değerlere göre verilir. RNP AR APCH ise, aletli yaklaşma chartlarında RNAV RNP olarak adlandırılır. Minimalar RNP (x) değeri olarak ilan edilir.

PBN prosedürler, kötü meteorolojik şartlar ve yüksek dağlık alanlarda operasyon zorluğu yaşanması ya da havaalanı etrafında tahditli sahaların olması durumunda, güvenilir ve doğru rota muhafaza doğruluğu sağlayarak emniyetli uçuşlara imkan vermektedir. Ayrıca birbirine yakın havaalanlarının operasyonlarının birbirini etkilemesi durumunda PBN prosedürler ile daha esnek



rota tasarımı sağlanabilir. Bununla birlikte yere dayalı seyrüsefer yöntemi olmaması nedeniyle daha kısa rota tasarımı sağlayarak direkt rotada uçuşlar gerçekleşecektir. Böylelikle zaman ve yakıttan tasarruf sağlayacaktır.

RNP APCH yaklaşma prosedürleri için LPV prosedür uygulayan havaalanları incelendiğinde, bu çalışmanın hazırlandığı tarihe kadar, Avrupa'da 71 havaalanı ve yayımlanmış 98 LPV prosedürü olduğu görülmüştür. Amerika'da ise, 1665 havaalanı için mevcut 3375 prosedür bulunmaktadır.

RNP AR APCH yaklaşma prosedürleri incelendiğinde ise, ilk olarak Amerika'nın bu prosedürü uygulamaya geçirdiği görülmektedir. 2014 yılında 120 havaalanı için 683 RNP prosedürün ilan edildiği görülmektedir. Avrupa'da ise, Innsbruck ve Salzburg havaalanları RNP AR APCH uygulamaktadır. Aynı zamanda Asya kıtasında yer alan Hong Kong uluslararası havaalanında 2010 yılında RNP AR APCH uygulaması başlamış olup, operasyonel ve çevresel etkileri minimize etmek için yeni prosedürler için çalışmalara devam edilmektedir. Pasifik ülkelerinden Yeni Zelanda'da yer alan Rotorua havaalanında da RNP AR APCH prosedürleri uygulanmaktadır.

### Kaynaklar

Aena 2013. PBN Implementation Status in Spain, First Combined ICAO PBN TF and RAISG, Paris 11 September.

AtaşS., KoçO., ÇiftçiBaşıM.E., KılınçM., AltınD., ÖzdemirB.G., YeşilyurtA., 2014. *Yaklaşma İniş Sistemlerinde İleri Teknolojiler*, 3. Ulusal Havacılıkta İleri Teknolojiler Konferansı (HITEK 2014), Hava Harp Okulu, İstanbul.

[http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero\\_12/navigation\\_alaska.html](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_12/navigation_alaska.html) (erişim:2014)

[http://www.bostonoverflight.com/docs/2009\\_FAA\\_PBN\\_Brochure.pdf](http://www.bostonoverflight.com/docs/2009_FAA_PBN_Brochure.pdf) (erişim:2014)

[http://www.caa.govt.nz/pbn/AR\\_Mtg/airways.pdf](http://www.caa.govt.nz/pbn/AR_Mtg/airways.pdf) [http://www.caa.govt.nz/pbn/AR\\_Mtg/airways.pdf](http://www.caa.govt.nz/pbn/AR_Mtg/airways.pdf) (erişim:2014)

[http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item\\_id=7019&lang=en](http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=7019&lang=en)

[www.essp-sas.eu/downloads/iqumocjy/listegnos\\_basedproceduresforweb12\\_02\\_2014.pdf](http://www.essp-sas.eu/downloads/iqumocjy/listegnos_basedproceduresforweb12_02_2014.pdf)

Eurocontrol Airspace Concept Handbook for The Implementation of Performance Based Navigation (PBN) Edition 2.0, 2010

[http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/approaches/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/approaches/) (erişim: Mayıs, 2014)

[http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/avs/offices/afs/afs400/afs470/pbn/media/RNAV1\\_RNP1\\_RNAV2/movie.swf](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/afs/afs400/afs470/pbn/media/RNAV1_RNP1_RNAV2/movie.swf) (erişim:2014)

<http://www.gsc-europa.eu/news/egnos-approach-procedures-available-in-three-more-countries> (erişim:2014)

ICAO EUR Performance Based Navigation Task Force & Eurocontrol Raisg Meeting (ICAO EUR PBN TF & EUROCONTROL RAISG), 2013. First Meeting Paris, France, 11-13 September.

ICAO EUR RNP APCH Guidance Material, 1. Baskı, 2012.

International Civil Aviation Organization (ICAO) Doc 9613, *Performance –Based Navigation (PBN) Manual*, 3. Baskı, 2008.

International Civil Aviation Organization (ICAO) Doc 9997, *Performance –Based Navigation (PBN) Operational Approval Manual*, 1.Baskı, 2013.

<http://www.icao.int/safety/pbn/Pages/default.aspx> (erişim:2014)

NakamuraD. [www.boeing.com/commercial/aeromagazine](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine) (erişim:2014)

[http://sherpa.essp-sas.eu/system/files/10.%20SHERPA-Aena-panish%20Case\\_Dubrovnik\\_v1.pdf](http://sherpa.essp-sas.eu/system/files/10.%20SHERPA-Aena-panish%20Case_Dubrovnik_v1.pdf)

Şahin MeriçÖ., UsanmazÖ., 2012. *RNAV Rota Yapısında Yenilikçi Bir Metot: Toplama Noktası Sistemi*, Mühendis ve Makine, Cilt 54, Sayı 636, Syf 46-53.

ŞAHİN MERİÇ

UHUK-2014-056

The European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), 2010. *Introducing Performance Based Navigation (PBN) And Advanced Required Navigation Performance (RNP)* – March.

The Ninth Meeting of The ICAO Asia/Pasific Performance Based Navigation Task Force (PBN/TF/9) Bangkok, Thailand, 27-30 March, 2012