

OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları

(Results of LİDAR Test Performed by OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560)

Abdullah KAYI, Mustafa ERDOĞAN, Oktay EKER

Harita Genel Komutanlığı 06240 Dikimevi, Ankara,
abdullah.kayi@hgk.msb.gov.tr

ÖZET:

Harita ve harita bilgisi üretimlerinde kullanılan LİDAR sistemlerinin ülkeye kazandırılması amacıyla, Harita Genel Komutanlığı'nın başkanlığını yürüttüğü Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu'nun (BHİKPK) Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonuna (BARKOK) 2014-2015 yılı döneminde "LİDAR Test Uçuşunun Gerçekleştirilmesi" görevi verilmiştir. Bu kapsamda 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemlerinin Türkiye temsilcisi NİK İnşaat ve SEZA Elektronik LTD.Şti.'lerinin aracılığıyla havadan "LİDAR Test Uçuşları" gerçekleştirilmiştir. İki farklı yükseklikte ve yoğunlukta alınan LİDAR test verisi firmaların kendi geliştirdikleri ve sırasıyla isimleri LMS (LIDAR Mapping Suite) ve RiProcess (Riegl Process) olan yazılımlar kullanılarak işlenmiş ve test bölgesine ilişkin nokta bulutları elde edilmiştir. Bu makalenin amacı, LİDAR test sürecinde yaşanan tecrübeleri paylaşmak, elde edilen nokta bulutu şeklindeki test verilerinin özelliklerini tanıtmak ve araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanmak isteyen kamu kurum kuruluşları ile üniversitelerdeki araştırmacıların bilgisine sunmaktır.

Anahtar Kelimeler : LİDAR, Optech, Riegl, Nokta Bulutu

ABSTRACT:

In order to bring in a LIDAR system to our country, the task of a LIDAR Test Flight was given to Scientific Research and Coordination Commission (BARKOK) of The Inter-ministerial Planning Board for GeoInformation of Turkey (BHİKPK) which is headed by General Command of Mapping in 2014-2015 term. In this context, two test flight was accomplished at Bergama test area between 23rd October and 06th November 2014 with two different flying height (1200m ve 2600m). Two LIDAR systems which are Optech and Riegl and represented by NİK and SEZA Companies in Turkey were used for test. LIDAR data acquired from two different altitude with two different density were processed by the own software of companies which are respectively LMS (LIDAR Mapping Suite) and RiProcess. In this paper, the experiences from LIDAR test are shared, specifications of acquired test data are presented and submitted to researchers of the state institutions and organizations and universities that want to use data for research and development studies.

Key Words: LIDAR, Optech, Riegl, Point Cloud

1. GİRİŞ

BARKOK kapsamında LİDAR ile ilgili çalışmalara 2013-2014 döneminde başlanmış ve 2014-2015 döneminde de sürdürülmektedir. Bu çalışmalar, 2013-2014 ve 2014-2015 dönemlerinde BARKOK' ta görev yapan kamu kurum kuruluşları ile üniversitelerin temsilcileri ve testlerin gerçekleştirilmesi sırasında görev yapan Harita Genel Komutanlığı personeli ve yerli-yabancı firma personellerinin değerli çalışmaları sonucunda gerçekleştirilebilmiştir.

Test çalışmalarının; motivasyon ve hazırlık çalışmaları, test bölgelerinin belirlenmesi ve test uçuşlarının gerçekleştirilerek sonuç ürünlerin alınması safhaları şeklinde değerlendirilmesi uygundur.

Bu açıdan değerlendirilerek motivasyon ve hazırlık, çalışmaları ile test bölgelerinin belirlenmesi çalışmaları birinci bölümde, gerçekleştirilen test uçuşlarına ilişkin bilgiler ikinci bölümde ve elde edilen sonuçlar ise son bölümde sunulmuştur.

a. Motivasyon ve Hazırlık Çalışmaları

20 Haziran 2013 tarihinde düzenlenen BHİKPK toplantısında BARKOK'a; LİDAR donanımlarının, farklı uygulamalara cevap verecek nitelikte teknik özelliklerinin araştırılması, kurum ihtiyaçlarının ve kullanım sıklıklarının belirlenmesi ve ortak veri kullanımı ve paylaşımı esaslarının çıkartılması hususlarının, kurumlardan gelecek katkılar paralelinde incelenmesi, değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması görevi verilmiştir (BHİKPK,2014).

Bu görev çerçevesinde BARKOK tarafından 2013-2014 döneminde aşağıda sunulan çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

(1) Kamunun LİDAR ihtiyacının ve kullanım alanlarının belirlenmesi amacıyla bir anket düzenlenmiştir.

(2) LİDAR sistemlerinin kullanımı, veri işleme ve ürünlerine ilişkin BARKOK üyelerinin bilgilendirilmesi kapsamında, hali hazırda LİDAR sistemine sahip olan ve tüm İstanbul'un uçuş ve

veri işlemlerini gerçekleştiren İstanbul Büyükşehir Belediyesi BİMTAŞ, UVM Türkiye ve TUFUAB LİDAR Çalışma Grubu temsilcileri 12 Aralık 2013 tarihinde gerçekleştirilen BARKOK toplantısına davet edilmiştir. Toplantıda BİMTAŞ yetkilileri tarafından İstanbul'un LİDAR ile gerçekleştirilen uçuşu, veri işleme, ürünler ve ürünlerin kullanımı konusunda ve UVM Türkiye yetkilisi tarafından da 3B şehir modelleme uygulamaları konusunda bilgi verilmiştir.

(3) Piyasadaki mevcut LİDAR sistemleri ve teknik özellikleri incelenmiş ve komisyon üyelerine bilgi verilmiştir.

(4) LİDAR sistemlerinin kurum ihtiyaçlarını karşılamada yeterliliğini görmek ve farklı LİDAR sistemlerini karşılaştırmak amacıyla bir test yapılması planlanmış ve bu kapsamda hazırlık çalışmaları yapılmıştır. Teste piyasada yaygın olarak kullanılan ve havadan LİDAR uygulamaları gerçekleştirmeye elverişli sistemleri bulunan Leica, Optech, Riegl ve Trimble firmaları Türkiye temsilcileri vasıtasıyla davet edilmiş, Optech ve Riegl firmaları tarafından test daveti kabul edilmiştir.

(5) Test bölgesinde ne tür detayların bulunması gerektiği konusunda da bir anket yapılmış ve test bölgelerinin öncelikleri belirlenmiştir.

(6) İlk aşamada Mayıs-Haziran 2014 döneminde LİDAR testinin gerçekleştirilmesi ve verilerinin değerlendirilmesi planlanmıştır.

b. LİDAR Test Bölgelerinin Belirlenmesi

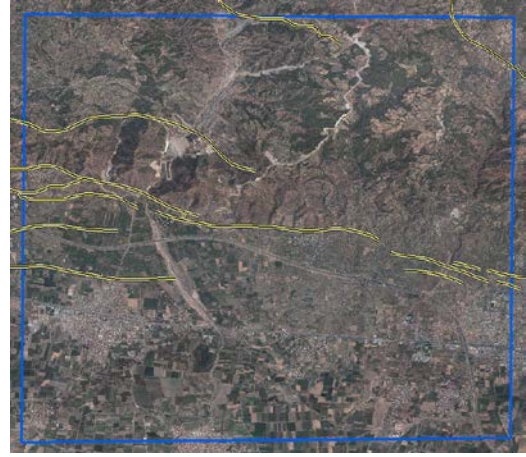
Hazırlık çalışmalarının tamamlanması sonucunda LİDAR sistemlerinin kurum ihtiyaçlarını karşılamada yeterliliğini görmeye ve farklı LİDAR sistemleriyle elde edilecek verilerin kurumların ihtiyaçları çerçevesinde karşılaştırılabilmesine olanak sağlayacak şekilde testin yapılabileceği test bölgelerinin belirlenmesi faaliyetleri başlatılmıştır.

Bu kapsamda öncelikle test bölgesinde ne tür detayların bulunması ve hangi özellikleri karşılaması gerektiği konusunda düzenlenen bir anket ile test bölgesi niteliklerinin belirlenebileceği bilgiler toplanmıştır.

Anket sonuçlarına göre belirlenen kriterlerin büyük çoğunluğunu içeren bölgeler araştırılmış, Bolu, Aydın ve Bergama'da yaklaşık 100 km² alanı kapsayan 3 adet alternatif test bölgesi belirlenmiştir (Şekil 1,2,3).



Şekil 1. Bolu LİDAR test alanı



Şekil 2. Aydın LİDAR test alanı



Şekil 3. Bergama LİDAR test alanı

Bu test bölgeleri Tablo 1'de gösterilen puanlama kriterlerine göre kurumlar tarafından değerlendirilmiş ve her bölge orman, yerleşim, su gibi içerdiği detayların test kriterlerini karşılama

oranına göre puanlanmıştır (Tablo 2). Bu puanlamaya göre test bölgeleri Bolu, Aydın, Bergama olarak önceliklendirilmiştir. Uçuş tarihindeki hava durumuna ve önceliklendirmeye göre testin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Tablo 1. Detay puanlama kriterleri

Not Değeri	Açıklama
3	"..." Test alanı ilgili ölçütü tam olarak içermektedir.
2	"..." Test alanı ilgili ölçütü büyük oranda içermektedir.
1	"..." Test alanı ilgili ölçütü az miktarda içermektedir.
0	"..." Test alanı ilgili ölçütü içermemektedir.

Tablo 2. Test bölgelerinin belirlenen kriterler ve detaylara göre puanlanması.

Test Alanı	Ener.Nakil Hat.	Orman	Yerleşim	Su	Tarım	Fay Hattı	Eğim ve yükseklik değişimi
Bolu	2	3	3	3	0	3	3
Aydın	2	3	3	3	3	3	3
Bergama	2	3	2	3	0	3	3

2. LİDAR TEST UÇUŞU

LİDAR test uçuşu, NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti.'nin Türkiye temsilciliğini yürüttüğü Optech firmasının Pegasus HA-500 LİDAR sistemi ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti.'nin temsilciliğini yürüttüğü Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemiyle 13 Ekim - 07 Kasım 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir (HGK, 2014). Bolu test bölgesinde meteorolojik koşullarının elverişsizliği, Aydın test bölgesinde ise hava trafiğinin uygun olmaması nedenleriyle uçuşlar Bergama test bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bergama ilçesini merkeze alacak şekilde, başta su, orman ve tarım alanları olmak üzere diğer detayları da kaplayan test bölgesinin alanı yaklaşık 156 km²'dir. Bölgede 51 adet yer kontrol noktası Tusaga-Aktif Uyumlu RTK GNSS alıcısı kullanılarak ölçülmüştür. Yer kontrol noktalarının seçiminde arazide her hangi bir işaretleme yapılmamış, sert ve eğimin az olduğu düz zeminlerde ölçüm yapılmıştır. Şekil 4'de görülen daire temsili olup arazide mevcut değildir. Yer kontrol noktasının ölçüm yapıldığı alanı ifade

etmektedir.



Şekil 4. Yer kontrol noktası örneği

a. Optech Pegasus HA-500

NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti.'nin Türkiye temsilciliğini yürüttüğü Optech firması LİDAR testine Pegasus HA-500 LİDAR sistemi ile katılmıştır. Pegasus HA-500 sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 3'de verilmiştir (Optech,2014).

Tablo 3. Optech Pegasus HA-500 teknik özellikleri.

Uçuş Yüksekliği	150-5000 m
Etkili lazer tekraralama hızı	100-500 kHz
Tarama Açısı	0-75° Ayarlanabilir
Doğruluk (KOH)	≤ 5-20 cm.
Tarama Mekanizması	Salınımlı

LİDAR sistemi Harita Genel Komutanlığına ait Beechcraft B200 uçağına 13-14 Ekim 2014 tarihlerinde monte edilmiştir. Kamera deliğinin altında bulunan camdan yansıyan lazerin doğrudan LİDAR cihazına gelerek sisteme zarar vermemesi ve veride gürültüye sebep olmaması amacıyla montaj sırasında uçakta mevcut delik ve LİDAR sistemi arasında, firma tarafından özel olarak üretilen belirli bir eğime sahip bağdaştırıcı kullanılmıştır. GPS anteni ile algılayıcı sistemin perspektif merkezi arasındaki mesafeyi ifade eden Lever-Arm ölçümleri elektronik açı mesafe ölçer ile gerçekleştirilmiş ve kalibrasyon uçuşu sonrasında POSPac GNSS/IMU işleme yazılımı

ile hassas olarak belirlenmiştir. FMS Planner 4.7.3 uçuş planlama yazılımı kullanılarak 1200 m uçuş yüksekliğinde testte talep edilene uygun olarak metrekarede en az 8 nokta olacak şekilde, %25 bindirmeli 32 kolon planlanmıştır. Bu yükseklik için tarama açısı 35° olarak ayarlanmış ve tarama genişliği 580 m olmuştur. İkinci uçuş 2600 m yükseklikten testte talep edilen 2 nokta/m² yoğunluğun uygun olacak şekilde planlanmış, tek geçişte bu talebin karşılanamaması sebebiyle %50 bindirmeli 18 uçuş kolonu planlanarak istenilen yoğunluk karşılanmıştır.

15 Ekim 2014 tarihinde Ankara üzerinde sistem kalibrasyonu ve kamera deliğinin altında bulunan camın LİDAR verisi üzerindeki bozucu etkisini görmek amacıyla bir test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Test sonucunda belirli bir eğimle yerleştirilen sistemin sorunsuz çalıştığı ve veride sadece % 3'lük bir kaybın yaşandığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar uçaktaki camın LİDAR'ın performansına oldukça kısıtlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir. 20-21 Ekim 2014 tarihleri arasında Bergama bölgesinde planlandığı şekilde iki farklı yükseklikte test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Uçuşlara ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Optech Pegasus HA500 LİDAR sistemi test uçuşu.

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	20	150	≥2	18	%50
1200m	35	150	≥8	32	% 25

Uçak üzerindeki uçuş esnasında kaydedilen GNSS/IMU verileri, test bölgesine 65 km uzaklıkta bulunan AYYL ve 45 km uzaklıkta olan KİKA Tusaga-Aktif istasyonlarının 1 sn aralıklı RINEX formatındaki verilerine göre POSPac MMS yazılımı ile işlenmiştir. LİDAR verileri LMS yazılımı ile işlenmiş ve 51 adet kontrol noktasının 26 adeti kontrol noktası, 25 adedi ise denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Denetleme noktalarına göre karesel ortalama hata ± 0.07 m olarak hesaplanmıştır (Optech, 2014-a).

b. Riegl LMS-Q1560

SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti.'nin temsilciliğini yürüttüğü Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemi ile teste katılmıştır. RIEGL LMS-Q1560

sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 5'de verilmiştir (Riegl,2004).

Tablo 5. Riegl LMS-Q1560 teknik özellikleri

Uçuş Yüksekliği	400-4700 m
Efektif Lazer Frekansı	200-800 kHz
Tarama Açısı	58/60 °
Doğruluk	2 cm (250 metrede)
Tarama Mekanizması	Döner

LİDAR sistemi Harita Genel Komutanlığı'na ait Beechcraft-200 uçağına 21-22 Ekim 2014 tarihlerinde monte edilmiştir. Bu sistem de Optech firması gibi, kamera deliğinin altında bulunan camdan yansıyan lazerin doğrudan LİDAR cihazına gelerek sisteme zarar vermemesi ve veride gürültüye sebep olmaması amacıyla firma tarafından geliştirilen belirli bir eğime sahip bağdaştırıcıyla monte edilmiştir. Lever-Arm ölçümleri elektronik açı mesafe ölçer (Total station) ile gerçekleştirilmiş ve kalibrasyon uçuşu sonrasında POSPac GNSS/IMU işleme yazılımı ile hassas olarak belirlenmiştir. TrackAir uçuş planlama yazılımı kullanılarak 1200 m uçuş yüksekliğinde metrekarede en az 8 nokta olacak şekilde % 50 bindirmeli, 35° tarama açısıyla 29 kolon planlanmıştır. 2600 m yükseklikte metrekarede en az 2 nokta gelecek şekilde %30 bindirmeli 11 uçuş kolonu planlanmıştır. Sistem kapasitesinin 1200m yükseklikten metrekarede 6 nokta elde etmesi nedeniyle istenilen ölçüt (m² de 8 nokta) bindirme oranı ile karşılanmıştır.

23 Ekim 2014 tarihinde Ankara üzerinde sistem kalibrasyonu ve kamera deliğinin altında bulunan camın LİDAR verisi üzerindeki bozucu etkisini görmek amacıyla test uçuşu gerçekleştirilmiş ve test sonucunda belirli bir eğimle yerleştirilen sistemin sorunsuz çalıştığı ve daha önce test edilen sisteme benzer şekilde veride % 3'lük bir kaybın yaşandığı tespit edilmiştir. 03-05 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama bölgesinde iki farklı yükseklikte test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Uçuşlara ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6. Riegl LMS-Q1560 LİDAR sistemi test uçuşu

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	30	150	≥2	11	%30
1200m	30	150	≥8	29	% 50

GNSS\IMU verileri test bölgesine 65 km uzaklıkta bulunan AYYL ve 45 km uzaklıkta olan KİKA Tusaga-Aktif istasyonlarının 1 sn aralıklı rinex formatındaki verileriyle POSpac MMS yazılımı ile işlenmiştir. LİDAR verileri ise RiProcess yazılımı ile işlenmiştir. Ölçümü yapılan LİDAR yer kontrol noktaları alan detay olmadığından dolayı Riegl sisteminde etkin olarak kullanılamamış, arazide yükseklik değişimini olmadığı varsayılarak noktalar 2x2 boyutunda alan detaylara dönüştürülmüş fakat sağlıklı olarak test edilememiştir. Tüm verinin bağıl standart sapması 0.03m olarak hesaplanmıştır (RIEGL,2014-a).

3. SONUÇ

20 Haziran 2013 tarihinde düzenlenen Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) toplantısında BARKOK'a; LİDAR donanımlarının, farklı uygulamalara cevap verecek nitelikte teknik özelliklerinin araştırılması, kurum ihtiyaçlarının ve kullanım sıklıklarının belirlenmesi, ortak veri kullanımı ve paylaşımı esaslarının çıkartılması hususlarının, kurumlardan gelecek katkılar paralelinde incelenmesi, değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması görevi verilmiştir. Bu görevin devamı niteliğinde ve görevin tam olarak gerçekleştirilebilmesi amacıyla 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında, belirlenen 3 adet alternatif test bölgesinden biri olan Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikte (1200m ve 2600m) Optech Pegasus HA-500 ve Riegl LMS-Q1560 LİDAR sistemleri ile planlanan "LİDAR Test Uçuşları" başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Testler sonucunda 1200m yükseklikten uçuş ile 8 nokta/m² ve 2600m yükseklikten uçuş ile 2 nokta/m² yoğunluğunda nokta bulutları elde edilmiştir. Elde edilen tüm veriler BARKOK üyesi kurum, kuruluşlar ve üniversitelerle paylaşılacaktır. Verilerin kurumların ihtiyaçlarına yönelik ayrıntılı analizleri kurumların kendisince ve üniversitelerce gerçekleştirilecektir.

Verilerin daha iyi analiz edilebilmesi için LİDAR GNSS\IMU verilerinin PPP(Point Precise Position) çözümü ile tekrardan işlenmesi gerekmektedir. Test sonrası verilerin işlenmesi esnasında bu veri henüz servis edilmediğinden işlem yapılamamıştır.

LİDAR yer kontrol noktaları nokta detay olduğu için Riegl sisteminde kontrol amaçlı kullanılamamıştır. Bu kapsamda, arazide alan bazlı yer kontrol noktası ölçümünün yapılması, müteakibinde her iki sistemin aynı yer kontrol

noktaları ile tekrar işlenerek doğruluklarının karşılaştırılması gerekmektedir.

Yapılan test sayesinde son yıllarda çeşitli disiplinler tarafından değişik uygulamalarda yoğun olarak kullanılmaya başlanan LİDAR sistemlerine yönelik bir test verisi elde edilmiştir. Ülkemiz açısından değerli olan bu verinin tüm kamu kurumları ve üniversitelerle ücretsiz olarak paylaşılması ve verilerin analiz edilmesi sonucu, kurumların LİDAR ihtiyaçları daha açık olarak belirlenecek, LİDAR sistemleri ve kullanımı alanındaki bilinç ve deneyim artacaktır. Yapılan test uçuşu ile ayrıca üniversitelerin araştırma çalışmalarında kullanabilecekleri ve kontrol amaçlı başka birçok veriye daha kolaylıkla ulaşabilecekleri ülkemize ait bir LİDAR verisi elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu testin gerçekleştirilmesinde büyük emekleri ve katkıları olan NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti'ne, 2013-2015 yılları arasındaki tüm BARKOK üyelerine ve Harita Genel Komutanlığı personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

BHİKPK, (2014), **Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulunun Bilimsel Araştırma ve koordinasyon Komisyonu 2013-2014 Faaliyet Raporu**

HGK, (2014) **LİDAR Test Uçuş Programı**, <http://www.hgk.gov.tr> [Erişim: 14 Aralık 2014]

Optech,(2014),<http://www.Optech.Com/Specification> [Erişim: 14 Aralık 2014]

Optech, (2014-a), **LİDAR Test Report of TURKEY**

RIEGL, (2014), <http://www.Riegl.com/Specification> [Erişim: 14 Aralık 2014]

RIEGL, (2014-a), **LİDAR Test Report of TURKEY**