

## SIVI AYNALI TELESKOPLAR

S. Serkan DOĞRU<sup>1</sup> , Tunç ŞENYÜZ<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışmada, adından Türkiye’de çok bahsedilmeyen sıvı aynalı teleskoplar tanıtılmaktadır. Bilinen optik aynalarla çok büyük çaplı bir teleskop yapmanın maliyeti oldukça yüksektir. Sıvı aynalı teleskoplar ise maliyetleri bakımından diğer optik teleskoplardan daha ucuza mal edilebilirler. Ancak onların zenit noktası teleskobu olmaları, yapılabilecek astronomik çalışmaları oldukça sınırlandırmaktadır.

Bu çalışmada sıvı aynalı teleskopların tanıtılmasının yanında, onların yapım teknikleri, kullanım amaçları ve bilinen diğer optik teleskoplara göre avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

### Abstract

In this study, we presented Liquid Mirror Telescopes, which was unknown well in Turkey. The Conventional Telescopes are much more expensive than Liquid Mirror Telescopes. The Astronomical studies are quite limited with Liquid Mirror Telescopes due to they are Zenit Point Telescopes.

In addition to introduced of Liquid Mirror Telescopes, we discussed their construction techniques, usage targets and advantages or disadvantages according to other conventional optical telescopes.

### 1.1 Giriş

Parabolik bir platform üzerinde döndürülen sıvılar için yerçekimi ve merkezci ivme vektörlerinin toplamı sonucu, yüzey parabolik bir şekil alır. Optik teleskoplarda birincil aynalar parabolik aynalardır. Dolayısıyla döndürülen bu sıvılar, teleskoplar için birincil ayna olarak kullanılabilir.(Borra 1982)

Döndürülen bir sıvının mükemmel bir parabolit oluşturacağı fikrini ilk kez Sir Isaac Newton ileri sürmüştür. Daha sonralarda ise 1872 yılında Skey 35 cm.lik bir teleskop yapmış ve ilk detaylı hesaplamaları gerçekleştirmiştir. Bundan sonra 1909 yılında Robert Wood 51 cm.lik bir sıvı aynalı teleskop yapmıştır. Wood başarısına rağmen sıvı aynalı teleskoptan vazgeçmiştir. Çünkü bu teleskoplar sadece zenit gözlemi yapabilmekteydi.

Yakın tarihte ise Ermanno Borra 1982 yılında yayınladığı makalesi ile bu konuya yeniden ışık tutmuş ve gelişen teknoloji ile ilk seferinde 1,5 m.lik bir teleskop yapmıştır. Daha sonra ise ileride bahsedeceğim çalışmalar birbirini izledi.(Borra et al. 1992)

### 2.1 Sıvı Aynaların Tasarımı

Örnek olarak UBC/LAVAL Gözlemevindeki 2,7 m.lik teleskop ele alınmıştır;

#### 2.1.1 Mekanik Tasarım

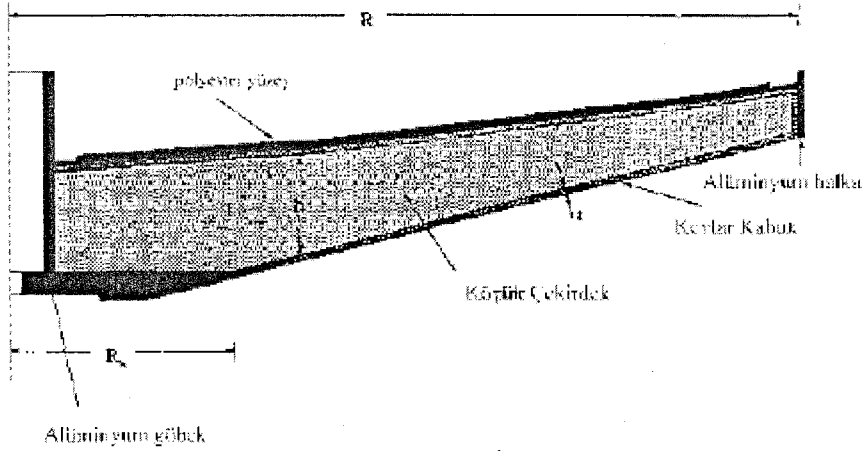
Temel yapı Şekil-1 deki gibidir. Aynanın birleşik yapısını tutan ve çekirdeği kuşatan bir alüminyum göbek vardır. Aynanın kenarlarında ise alüminyum halkalar bulunur. Bunlar civayı tutmaya yarar. Aynanın üst yüzeyinde civayı taşıyan 1 cm derinlikte polyester reçine kaplaması ile kaplanmıştır. Ve bu alüminyum göbek havalı mil yatağı ve motor sistemi ka-

---

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü, 17100, Çanakkale, Tel: +90-2862180018/1816, e-posta: dogru@comu.edu.tr

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü, 17100, Çanakkale, Tel: +90-2862180018/1811, e-posta: tunc\_senyuz@yahoo.com

üzerinde aynanın merkezlenmesini sağlamaktadır. Aynanın gerilebilen ve sıkıştırabilen kabuk örtüsü fiberden ibarettir. Kuvvetlendirici fiber olarak kullanılabilen birkaç madde vardır. Bunlar Grafit, Kevlar veya Cam liflerdir. Büyük aynalar için Grafit kullanılabilir fakat maliyet yüksek olduğundan dolayı küçük aynalar için Kevlar daha uygun olabilir.



Şekil-1: Aynanın Yapısı

2,7 m.lik bu teleskopta, aynanın alt ve üst kabukları birbirine göre  $22,5^\circ$  yönlenmiş dört kat Kevlar tip 281 çift dokumadan oluşmuştur. Bu dokumalar aynanın kenarında 10 cm ve alüminyum göbeğin üzerinde 5 cm kalınlığı oluşturacak şekilde üst üste yerleştirilmiştir.

Çekirdek ise makas gerilimli hafif bir maddeden oluşur. Küçük aynalar için Dow köpük uygundur. Ama büyük aynalar için daha yüksek makas kullanılmalıdır.

Şekil-1 den de görülebileceği gibi, aynanın teknesi konik bir şekle sahiptir. Bu şekil minimum ağırlığı koruduğu sürece sertliğin artmasını sağlar. Ayrıca bu konik biçim aynanın kalınlığını, üst yüzeyinin parabolik biçiminden dolayı yaklaşık olarak sabit kılar ki, bu yapısal analizi kolaylaştırır.

PARAMETRE	DEĞER
Yarıçap (R)	1,33 m
Göbek Yarıçapı ( $R_h$ )	0,20 m
Çekirdek Kalınlığı(h)	0,12 m
Kabuk Kalınlığı (t)	2 mm
Odak Uzaklığı	5,00 m
Ağırlık (boşken)	120 kg
Ağırlık (2 mm kalınlıkta civa yüklü iken)	270 kg
Saçılma Katsayısı ( $\zeta_{max} / t_{Hg}$ )	0,13
Dipol Eğrilik Katsayısı ( $\gamma^1$ )	0,22
Rezonans Frekansı	18 Hz

Tablo 1: UBC/LAVAL 2,7 m.lik sıvı aynalı teleskopun mekanik özellikleri

### 2.1.2 Yapım Teknikleri

Aynanın üretimi birleşik yapıların standart tekniklerini izler. 2,7 m.lik geniş sıvı aynanın çekirdek kısmı, tel kesici kullanılarak köpük bloklardan kesilmiştir. Kesme işleminden sonra, kesilen ayrı parçalar aynı hizaya getirilir ve iki bileşen köpük polyurethane reçine ile zamlanır. Bu zamlama işleminden sonra köpük çekirdek alüminyum göbeğe bağlanır. Tüm çekirdek mil yatağı üzerinde döndürülürken sıcak bir tel aynanın kenarında dikey bir konuma yerleştirilir. Yerleştirilen bu sıcak tel dönen köpük çekirdeğin kenarlarına dairesel bir şekil verir.(E.Borra &B.K.Walker 1994)

Kevlar köpük örtüsünün yaprak biçiminde katmanlaştırılma işlemi alt yüzeye başlar. Kabuk örtüsünün bağlanabilmesi için ayna ters çevrilir ve çekirdekte bulunan herhangi küçük çukur ve çatlaklar polyurethanla kaplanır. Sonra hem metal göbek hem de çekirdeğin kenarları ile bütün alt yüzleri kumlanarak hazırlanır.

Alt Kevlar kabuk örtüsü kurutulurken ayna mil yatağı üzerine yerleştirilir. Köpük çekirdeğin üst kısmı tam bir parabol oluşturarak şekillendirilir. Sonra aynanın üst yüzeyi ile alt yüzeyi aynı Kevlar köpük ile kaplanır ve hazırlanır. Kenarı sağlam bir şekilde bağlamak için son bir Kevlar parçası ile metal kenarın üzerine sürülerek üst yüzeye yapıştırılır.

Aynanın son yüzü Hexel tip polyurethane reçine ile kaplanır. Reçine ve sertleştirici hava kabarcıkları oluşturmayacak şekilde döndürülerek bir seferde uygulanır.(E.Borra & P.Hickson 1999)

### 3.1 Teleskopun Yapısı Ve Donanım Özellikleri

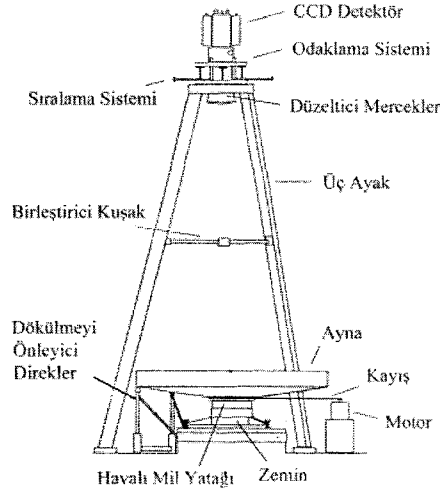
Teleskopun en kritik elemanı birincil aynasıdır. Bu ayna minimum bükülme ve titreşimle taşıdığı ağır civayı sarsmamalıdır. Milimetrenin küçük bir kesri kadar hatalı bir parabolik şeklinde elde edilen yüzey 2 mm kalınlıklı bir civa tabakası ile örtülür. Bu 2,7 m.lik teleskop için yaklaşık 150 kg civa anlamına gelir. Bu koşullar altında yüzey sapması 0,3nm'den daha az olur. Dönme dakikada 6 devirde iken odak uzaklığı 5,00 m ve odak oranı 1,89 olur. Ayna tüm ekipmanlarla beraber toplam 270 kg ağırlındadır. Şekil-2 de teleskopun bir krokisi gösterilmiştir.

Bunlara ek olarak donanım için UBC gözlem evindeki 2,7 m.lik teleskopta 5 parçadan

oluşan düzeltici mercek ve bunun üzerinde 2048\*2048 piksel çözünürlükteki Loral CCD kamera kullanılmaktadır.

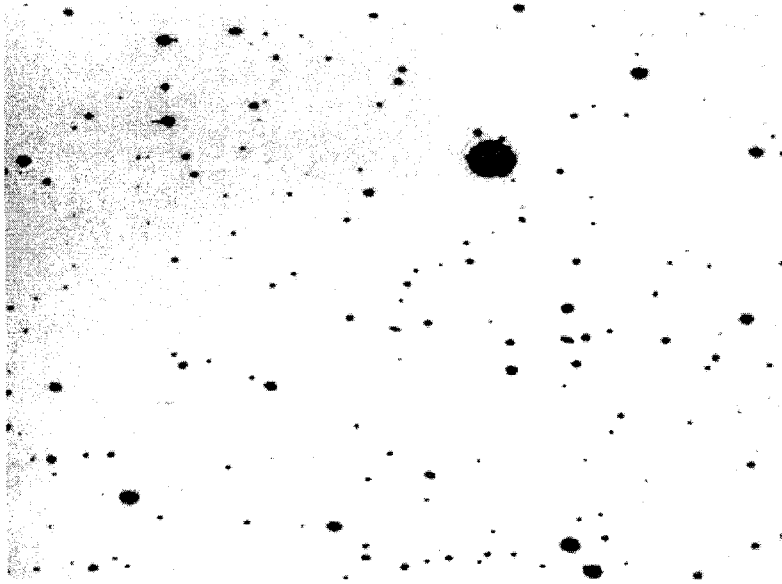
Bu teleskop yarım derece açıyla gökyüzünü 21' bir bantta tarayabilmektedir. Gecelik veriler 2 gigabyte in üzerindedir. Bu verilerde bir ağ sistemi üzerinden kayda girmektedir.

Ayna ayrıca bir lazer sıralama sistemi içerir. Bu sistem aynanın asal eksenine paralel lazer ışınları gönderir, ışınlar aynadan yansdıktan sonra aynanın odağında toplanırlar. Bu sayede aynanın asal ekseninin durumunu ve odaklama sistemini kolayca kontrol edilebilir.(E.Borra &P.Hickson 1999)



Şekil-2: 2,7 m.lik teleskopun krokisi

### 3.1.2 Teleskopun Performansı



Şekil -3: 15<sup>sa</sup>29<sup>dk</sup> + 49°14' dar bant TDI görüntüsü. Görüntüdeki en parlak yıldız SAO 045572 dir. En sönük yıldız ise 21<sup>m</sup> dir. Görüntü 129sn poz süresi ile elde edilmiştir.

#### 4.1 Sıvı Aynalı Teleskoplar İle Optik Teleskoplar Arasındaki Farklar

Sıvı aynalar için yansıtıcı eleman sıvı cıvadır. Sıvı cıva ışığın yansıtılması için mükemmel bir yüzeydir. Dalga boyuna göre cıvanın yansıtıcılık sıralaması  $3100 \text{ \AA}$  da % 79,  $13000 \text{ \AA}$  da ise % 90 şeklindedir. O halde cıva özellikle tayfın kırmızı bölgesinde alüminyum ile rekabet halindedir. Cıvanın alüminyuma göre başlıca özellikleri vardır. Bunların başında sıvı cıvanın yüzeyinin düzenli temizlenmesi gelebilir. Bu sayede cıva yüksek yansıtıcılığını koruyabilir. Oysa geniş alüminyumlu aynalar yılda birkaç kez sırlanabiliyor. Bunun yanı sıra cıvanın en büyük dezavantajı cıva buharının zehirli oluşudur.

Bu teleskopların bize diğer bir getirisi ise maliyet bakımındandır. Bu teleskopların maliyeti optik teleskopların maliyetinin çok çok altındadır. 2,7 m.lik sıvı aynalı teleskopun maliyeti yaklaşık 120000\$ civarındadır. Oysa böyle bir optik teleskop için maliyet çok daha yüksektir.

Sıvı aynalı teleskoplar gerek maliyet gerekse yansıtıcılık bakımından yüksek olsalar bile bunların zenit teleskopu olması çok büyük bir dezavantajdır.

#### 5.1 Son Yıllardaki Gelişmeler

Son yıllarda kurulan bir çok sıvı aynalı teleskop vardır. Bunların başlıcaları: (J.A.Magnuson 1999)

- NASA ORBITAL DEBRIS OBSERVATORV--- 3,0m
- LIQUID MIRROR TELESCOP AT UBC----- 2,7m
- LMs AT UNIVERSITE LAVAL----- 2,5m
- HIPAS LIDAR NEAR FAIRBANKS----- 2,7m
- PURPLE CROW LIDAR AT UWO-----2,7m
- CENTRE SPATIAL de LIEGEL-----4,0m

Bu teleskoplar için ayrıca son yıllarda geliştirilen birçok proje vardır. Bunların birkaçı başarısızlıkla sonuçlanmış olsa bile özellikle kozmolojik alanda yeterince ilerleme kaydedilmiştir. Sıvı aynalı teleskoplarla çalışılabilecek başlıca konuları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

Yakın galaksi kümeleri yada absorpsiyon sistemli quasarlar; galaksilerin parlaklık fonksiyonlarının evrimi; galaksilerin evrimi; evrenin geniş ölçekli yapısı (kızıla kayma); süpernova ölçümleri; kümelerin ve geniş ölçekli yapıların çekimsel potansiyeli;...(P.Hickson 1999)

Bu konular hakkında çalışmalar hala sürmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber kurulan 4m teleskop ve buna adapte edilen  $4096 \times 4096$  piksel çözünürlükteki CCD ile  $29''$  lik yıldızlar gözlenebilmiştir.

Diğer bir kullanım alanı ise LIDAR teknolojisi ile evreni taramaktır. Teleskop çapı çok büyük olduğundan dolayı bu alanda çok ilerleme kaydedil inebilir.(R.J.Sica &P.S.Argall &E.Borra 1995)

### Kaynakça

- [1] Borra, E. F. Content, R. Drinkwater, M.J. Szapiel, S. 1989. "A Diffraction Limited  $f/2$  1,5 Meter Diameter Liquid Mirror" The Astrophysical Journal Vol 346, S L41
- [2] Gibson, B.K. Hickson, P. Hogg, D.W. 1993. "Large Astronomical Liquid Mirrors" Publications of the Astronomical Society of Pacific, Vol. 105, S. 501
- [3] Borra, E. F. Cabanac, R. Content, R. Gibson, B.K. Walker, G.A. H. 1994. "UBC/LAVAL 2,7 Meter Liquid Mirror Telescope". The Astrophysical Journal, Vol. 436, S. L201
- [4] J.A. Magnuson, D.C. Watson, R.J. States 1999. "Space Based Liquid Ring Mirror Telescope (SBLRMT)".
- [5] R.J. Sica, S. Sargoytchev, P.S. Argall, E.F. Borra, L. Girard 1995. "Lidar Measurements Taken With a Large-Aperture Liquid Mirror." Optical Society of America.
- [6] E.F. Borra 1995 "The Need For A Paradigm Shift In Optical Astronomy: A Solution Given By Liquid Mirrors And Examples of Their Applications To Cosmology"
- [7] E.F. Borra, "The Liquid Mirror Telescope As A Viable Astronomical Tool". Journal of the Royal Astronomical Soc. Of Canada 76, 245-246 (1982)
- [8] E.F. Borra, R. Content, L. Girard, "Optical Shop Test of a  $f/1.2$  2,5 Meter Diameter Liquid Mirror," Astrophysical Journal 418, 943-946 (1993)
- [9] D. Mitsouras, R. Branderberger, P. Hickson "Topological Statistics and The Liquid Mirror Telescope Galaxy Redshift Project". Astron. Soc. 305, 19-27 (1999)