

**YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM**

**TANIMLAMA DOKÜMANI**

**(SSDD)**

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

## YAYIN ÇİZELGESİ

Tarih	Yayın No	Değişiklikler / Açıklama
Eylül 2019	1	İlk Sürüm

	İSİM	ÜNVAN	TARİH	İMZA
Hazırlayan	Barış DİNÇ		12.09.2019	
Onaylayan				

---

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

---

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

---

Sürüm 1.0

## İÇİNDEKİLER

<b>1. AMAÇ ve KAPSAM.....</b>	<b>7</b>
1.1 Amaç.....	7
1.2 KAPSAM.....	7
<b>2. DÖKÜMANA GENEL BAKIŞ.....</b>	<b>8</b>
2.1 İLGİLİ DOKÜMANLAR.....	8
2.2 TANIMLAR.....	8
2.3 KISALTLAMALAR.....	8
<b>3. SİSTEME GENEL BAKIŞ.....</b>	<b>11</b>
3.1 GENEL BİLGİLER.....	11
3.1.1 Yörünge Bilgileri.....	11
3.1.2 Doppler.....	16
3.1.3 Mevcut Amatör LEO Uyduları.....	18
3.2 Yer Kontrol İstasyonu Bileşenleri.....	19
3.3 TEMEL KAVRAMLAR VE GEREKSİNİMLER.....	21
3.3.1 İSTASYON BİNASI NOKTASININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	21
3.3.2 ALICI VERİCİ BİLEŞENİ (TELSİZ CİHAZI).....	24
3.3.3 BİLGİSAYAR VE BİLGİSAYAR YAZILIMLARI.....	27
3.3.4 ANTEN KONTROL ÜNİTESİ.....	28
3.3.5 TELEM TRE VE TELEKOMUT ARAYÜZÜ.....	31
3.3.5.1 MODEM KULLANIMI.....	31
3.3.5.2 SES ARABİRİMİ KULLANIMI.....	33
3.3.6 GÜÇ AMPLİFİKATÖRÜ (OPSİYONEL).....	34
3.3.7 ALICI PREAMPLİFİKATÖRLERİ.....	35
3.3.8 ANTENLER VE ANTEN KULESİ.....	37
<b>4. YER KONTROL İSTASYONU KURULUMU.....</b>	<b>40</b>
4.1 Yer Kontrol İstasyonu Bileşen SEÇİMİ.....	40
4.2 Yer Kontrol İstasyonu BileşenLERİNİN KURULUMU.....	41
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>50</b>

---

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

---

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

---

Sürüm 1.0

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1 –Yörünge Türleri.....	13
Tablo 2 –Haberleşme Bandları ve Frekansları.....	14
Tablo 3 –Koaksiyel Kablo Tipleri ve Kayıpları.....	23
Tablo 4 –Kenwood TS-2000 Menü Ayarları.....	48

**ŞEKİL LİSTESİ**

Şekil 1 Uydu Yörüngeleri.....	12
Şekil 2 Doppler Miktarının Hesaplanması.....	19
Şekil 3 Yer Kontrol İstasyonu İstasyon Odası Bileşenleri.....	21
Şekil 4 Yer Kontrol İstasyonu Çatı Bileşenleri.....	21
Şekil 5 Yaygın Olarak Kullanılan Uydu Telsiz Cihazları.....	27
Şekil 6 Yaygın Olarak Kullanılan Uydu Takip ve İstasyon Kontrol Yazılımları.....	29
Şekil 7 Yaesu G5500 Rotor Kontrol Birimi.....	30
Şekil 8 Yaesu G5500 için Bilgisayar Uyumlandırma Arabirimleri.....	31
Şekil 9 Yaesu G5500 Rotor Kontrol Kutusu Görünümü.....	31
Şekil 10 Alpha SPID Rotor ve Kontrol Kutusu Genel Görünümü.....	32
Şekil 11 Modem Bağlantısı.....	33
Şekil 12 Telsiz Ses Arayüzleri.....	35
Şekil 13 VHF-UHF Verici Güç Amplifikatörleri.....	36
Şekil 14 VHF-UHF Alıcı Pre-Amplifikatörler.....	37
Şekil 15 VHF-UHF Düşük Kazançlı Uydu Takip Antenleri.....	38
Şekil 16 Yüksek Kazançlı Stack Antenler ve Kule Görünümü.....	40
Şekil 17 TS-2000 DC Güç Kaynağı Bağlantısı.....	43
Şekil 18 TS-2000 Ses Arabirimi Bağlantısı.....	43
Şekil 19 TS-2000 Ses Arabirimi Bağlantı Şeması.....	44
Şekil 20 Ses Arabirimi Bilgisayar Bağlantısı.....	44
Şekil 21 Rotor Kumanda Kutusu Bağlantıları.....	45

---

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

Şekil 22 Rotor Kumanda Kutusu ile Bilgisayar Birimi Bağlantısı.....	45
Şekil 23 Rotor Kumanda Kutusu ile Rotor Bağlantısı.....	46
Şekil 24 Enten Stack Yapısı.....	47
Şekil 25 VHF Splitter ile Antenlerin Bağlantısı.....	47
Şekil 26 UHF Splitter ile Antenlerin Bağlantısı.....	48
Şekil 27 VHF Anten/Splitter ile Preamplifikatör Bağlantısı.....	48
Şekil 28 UHF Anten/Splitter ile Preamplifikatör Bağlantısı.....	48
Şekil 29 Telsiz ile VHF Preamplifikatör Bağlantısı.....	49
Şekil 30 Telsiz ile UHF Preamplifikatör Bağlantısı.....	49



## 1. AMAÇ VE KAPSAM

### 1.1 AMAÇ

Bu dokümanın amacı yörüngeye gönderilecek olan LEO (Low Earth Orbiting) küp uydularının takip edilebilmesi amacıyla kullanılacak yer kontrol istasyonunun genel gereksinimlerini tanımlamak ve örnek bir yer kontrol istasyonu kapsamında bulunması gereken yazılım ve donanım bileşemlerini tanımlamaktır.

### 1.2 KAPSAM

Bu doküman kapsamında temel olarak aşağıdaki konular ele alınacaktır;

- LEO Küp Uydular için Yer Kontrol İstasyonu temel gereksinimleri,
- Örnek bir Yer Kontrol İstasyonu için yazılım ve donanım bileşenleri,
- Yer Kontrol İstasyonu işletme talimatları,
- Uydu takip ve veri iletişimi yazılımlarının kullanımı.

## **2. DÖKÜMANA GENEL BAKIŞ**

### **2.1 İLGİLİ DOKÜMANLAR**

Kenwood TS-2000 Kullanıcı Kılavuzu

YAESU G-5500 Kurulum Kılavuzu

YAESU GS-232 Kurulum Kılavuzu

TAMSAT / AMSAT-TR Uydu İzleme Kılavuz Dokümanları

### **2.2 TANIMLAR**

Yoktur.

### **2.3 KISALTLAMALAR**

<b>Kısaltma</b>	<b>Açıklama</b>
AFSK	Audio Frequency Shift Keying
AM	Amplitude Modulation
APRS	Amateur Positioning Radio System
AX25	Amateur X.25
db	desibel

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

dBİ	desibel isotropic
dBm	desibel miliwatt
FM	Frequency Modulation
GEO	Geostationary Equatorial
GMSK	Gaussian Mean Shift Keying
ISS	International Space Station
kbps	kilobits per second
LEO	Low Earth Orbit
MEO	Medium Earth Orbit
MODEM	Modulator Demodulator
OBC	Onboard Computer
PSK	Phase Shift Keying
QSO	Two-way communication
RX	Receive

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

SSB	Single Side Band
SSTV	Slow Scan Television
TC	Tele Command
TM	Telemetry
TNC	Terminal Node Controller
TX	Transmit
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UHF	Ultra High Frequency
V/U	VHF/UHF
VHF	Very High Frequency

### **3. SİSTEME GENEL BAKIŞ**

#### **3.1 GENEL BİLGİLER**

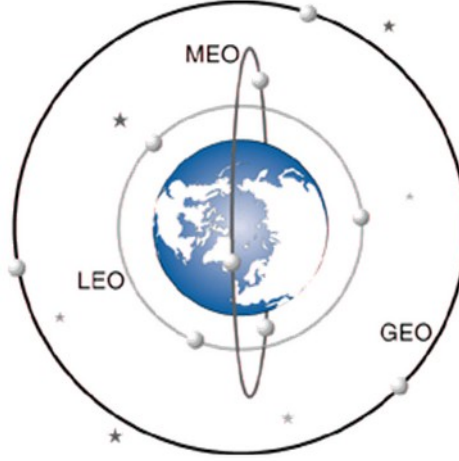
Küp uydular genelde 300 Km. özel yörüngede bulunan ISS'nin irtifası kadar ve bazen de 1000Km'ye kadar olan irtifalarda yer alırlar. Alçak Dünya Yörüngesi (LEO, Low Earth Orbiting)'daki uydular, ortalama 1,5 saatlik bir sürede dünya etrafında bir tur dönmektedir. LEO uydular her gün ortalama 11 (onbir) kez geçmekte olup bunlardan 2 (iki) tanesi aynı konum için yüksek geçiş olmaktadır.

Uydu sabit bir yörüngede dönüyor olsa da Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşü nedeniyle uydunun her geçişteki yer izi de sürekli değişime uğramaktadır.

##### **3.1.1 YÖRÜNGE BİLGİLERİ**

Gökbilimde yörünge kavramı “bir gökcisminin bir diğerinin kütleçekimi etkisi altında izlediği yol” olarak tanımlanmaktadır.

Yörüngelerin matematiksel özelliklerini Alman gökbilimci ve matematikçi Johannes Kepler (1571-1630) incelemiş ve gezegenlerin hareketlerini belirleyen temel kuralları ampirik olarak ortaya koymuştur.



**Şekil 1 Uydu Yörüngeleri**

Doğru bir uydu izleme çalışması için seçilen uydunun yörünge bilgilerinin ve o uydunun doğru geçiş zamanlarının bilinmesi gerekir. Bunun için kullanılabilecek yazılımlar sizin için hesaplamakta ve görsel olarak sunmaktadır.

Bir çok uydu türü (LEO, MEO, GEO, piko, nano, küp, vb.) vardır. Bu nedenle anlaşılması kolay olması için bu ayrımı yapı tiplerine (mikro, nano, piko vb.) göre değil de, uyduların Dünya'ya olan uzaklık ve konumlarına göre gruplamak işimizi biraz daha kolaylaştıracaktır.

Değişik yörüngelerin kullanılması; uydulardan beklenen görev misyonu ve bu uydulardan beklenen faydalı ömür ile doğru orantılıdır. Küp uydular kısa süreli ve özel deneysel görevler için genellikle LEO türü alçak yörüngeye yerleştirilirler ancak uydunun yeryüzündeki kapsama alanı oldukça düşüktür. Diğer yandan güçlü yerçekiminin etkisi nedeniyle konumlandırma güçlüğü ve bu nedenle yakıt ve enerji harcamaları da bu ömrü kısaltmaktadır. LEO'da minimum seviyede yörüngeye yerleştirilen deneysel uydular bir iki ay

içerisinde tutum kaybedip atmosfere girerek yanmaktadır. Bu tür kısa ömürlü uydular daha az maliyetle yaklaşık 300 km. irtifada bulunan UUI'den (ISS) robotik kollarla da fırlatılabilmektedirler.

Üst yörüngelere geçiş de, bir anlamda alçak yörüngeden yüksek yörüngeye geçiş şeklinde tamamlanmaktadır. Buna göre asıl yörüngesine yerleştirilecek uydu, taşıyıcı ile önce LEO'ya daha sonra ise burada ana taşıyıcıdan ayrılarak yardımcı sistemlerle görev yapacağı yörüngeye götürülebilmektedir. Yörüngelerin tanımları ve açıklamaları şu şekildedir.

**Tablo 1 –Yörünge Türleri**

Kısaltma	İngilizce Tanıtımı	Türkçe Açıklaması
LEO	Low Earth Orbit	Alçak Dünya Yörüngesi. Kutuplar üzerinden geçen yakın dairesel yörünge tipi olup ortalama yüksekliği 650-2000 km.dir. Uydular bir tur dönüşlerini ortalama 1,5 saatte tamamlarlar. Yörüngedeki uydu ömrü de-orbit işlemine tabi tutulmadığı sürece 4-7 yıla arasında değişmektedir.
MEO	Medium Earth Orbit	Orta Dünya Yörüngesi. Yörünge yüksekliği 10 bin Km olup bir dönüşünü 6 saatte tamamlar. Yörüngedeki uydu ömrü de-orbit işlemine tabi tutulmadığı sürece 10-15 yıla arasında değişmektedir.
HEO	High Elliptical Orbit	Yüksek Eliptik Yörünge. Adından da anlaşıldığı gibi yüksekliği birkaç yüz metre ile 40 bin km arasında değişen elips benzeri yörünge türüdür.
GEO	Geostationary Earth Orbit	Eşzamanlı Uydu Yörüngesi, diğer ismiyle "Clarke Yörüngesi". Dünya dönüşü ile senkronize olup genellikle 36 bin km yörünge uzaklığındadır ve sabit uydular ekvator eksenine enleminde konumlandırılır. TV, meteoroloji ve bazı askeri uydular bu yörüngede bulunmaktadır.
HEO	High Eliptic Orbit	Yüksel Eliptik Yörünge. Dünyaya olan uzaklığı geometrik şekilden dolayı değişmektedir. Elipsin yakın geçişi 500, uzak geçiş noktası 50.000 Km.dir. Rusların Tundra ve Molnya sistemleri tarafından kullanılmaktadır.
PEO	Polar Earth Orbit	Kutupsal Dünya Yörüngesi. Kutup bölgelerinde kapsama alanının geniş olduğu bir yörünge türüdür bu yörüngedeki uydular kutup bölgelerinden geçerler. Her seferinde farklı bir meridyenden geçtiği için harita yapımında da kullanılırlar. Ekvator düzleminden 90 derece eğimlendirilmiş yörünge düzlemine haizdir. Arama kurtarma uyduları genelde bu yörünge üzerinde bulunmaktadır.

Daha önce de değindiğimiz gibi, en çok çalışma yapılan ve tercih edilen yörünge grubu olan LEO yörünge grubundaki amatör uydulardır. Yörüngelerinde Dünya etrafında yaklaşık 96-100 dakika arasında



dönmektedirler. İnsan yapısı uydularla ilgili özel bir istisna olarak Uluslararası Uzak İstasyonu (UUI) öne çıkmaktadır.

Fırlatılacak her uydu için fırlatıcı ve İARU arasında yapılan görüşmeler ve frekans regülasyonu neticesinde kullanacağı band ve frekanslar belirlenmektedir. Bu frekans regülasyonunda kural öncelikle üreticinin bulunduğu ülkede amatör uydu organizasyonlarıdır ki bu konu için Türkiye’de TAMSAT – Amatör Uydu Teknolojileri Derneği ile iletişime geçilmesi gerekmektedir. Görev özelliğine göre band ve frekans kullanımı band ve frekans planı uyarınca yapılmakta olup, aralık değerleri aşağıda görüldüğü üzeredir.

**Tablo 2 –Haberleşme Bandları ve Frekansları**

<b>Band ve Frekanslar</b>	
<b>HF-Band</b>	1.8 - 30 MHz.
<b>VHF-Band</b>	50 - 146 MHz.
<b>P-Band</b>	0.230 - 1.000 GHz.
<b>UHF-Band</b>	430 - 1300 MHz.
<b>L-Band</b>	1.530 - 2.700 MHz.
<b>FCC's Digital Radio</b>	2.310 - 2.360 MHz.
<b>S-Band</b>	2.700 - 3.500 MHz.
<b>C-Band</b>	Downlink: 3.700 - 4.200 Uplink: 5.925 - 6.425 Standard US chart (yatay) Standard US chart (dikey)
<b>X-Band</b>	Downlink: 7.250 - 7.745 Uplink: 7.900 - 8.395
<b>Ku-Band</b>	(Avrupa) Downlink: FSS: 10.700 - 11.700 DBS: 11.700 - 12.500 Telecom: 12.500 - 12.750 Uplink: FSS&Telecom:14.000 - 14.800 DBS: 17.300 - 18.100
<b>Ku-Band</b>	(Amerika) Downlink: FSS:11.700-12.200 DBS: 12.200 - 12.700 Uplink:FSS: 14.000 - 14.500 DBS: 17.300 - 17.800
<b>Ka-Band</b>	has multiple acceptations...roughly: 18 - 31 GHz
<b>V-Band</b>	36 - 51.4 GHz

Herhangi bir cismin yörüngeye girdiği hıza “yörünge hızı” denir. LEO yörüngedeki uyduların hızı 680-800 km. yükseklikte ortalama 27.000 km/saat (saniyede 7,5 km/s) civarındadır. Yüksekliğin artmasıyla birlikte yerçekimi etkisi de azalmaktadır.

Uyduların sahip oldukları yüksek hızları ve bu hızı korumaları, yerleştirildikleri yörüngelerinde tutum için gereklidir. Fırlatma araçları ile yörüngeye yerleştirilmeleri esnasında elde edilen bu hız, hava sürtünmesinin olmadığından dolayı uydu ömrü boyunca korunur. En ince detayına kadar hesaplanan yörüngede, bu hızdan daha alçak hızlarda uydu iz üzerinde tutulumunu kaybederek atmosfere hızla girip tıpkı bir meteor gibi yanacak, tersi durumunda ise merkezkaç kuvvetinin etkisiyle de dış uzay boşluğuna doğru savrulacak ve yörünge izini kaybedecektir. Kontrolsüz bir şekilde yörüngesinden çıkabilecek uydunun diğer aktif uydular için her daim bir tehlikeli obje (uzay çöpu) niteliği taşıyacağı aşıkardır.

Yapay uyduların tümü hareket ekmek zorundadır. Bu tamamen uydunun yerleştirildiği yörüngenin türü ile ilgilidir. Çanak antenlerin konumunun değiştirilmemesi veya TV uyduları gibi eşzamanlı (GEO) yörüngedeki uydular nedeniyle bunlar sabit konumdaymış gibi algılansa da aslında Dünya çevresinde 24 saatte bir dönmektedir. “Sabitlik” kavramı pratikte; uydunun Dünya ile aynı açıda dönüş yaptığı için gözlemciye göre uydu konumunun değişmemesi (sabit kalması) olarak adlandırılmıştır.

LEO yörüngedeki uydular faydalı kullanım ömürleri sonunda kontrollü bir şekilde yörünge dışına çıkarma (de-orbit) işlemi ile kendi etrafında takla

atması sağlanarak dengesi ve dolayısıyla tutumu bozulur. Bir süre sonra da atmosfere hızla girerek yanar ve yok olur.

Tipik yörünge yükseklikleri baz alındığında LEO'daki uydular her 96-100 dakikada bir Dünya etrafında tur atarlarken, GEO'daki uydular bu turu 24 saatte tamamlarlar. GEO'daki uydular LEO'dakilere nazaran daha büyük hacimli ve genelde pahalı sistemlerdir. İçlerinde itici/konumlandırıcı mini itici motorlar için belirli miktarda yakıt barındırırlar.

Uydu yörüngesindeki sapmalar, periyodik olarak yılın belirli zamanlarında veya ihtiyaç duyulduğunda uydu çevresinde bulunan minik iticilerin çok kısa zaman aralıklarında ateşlenmesi ile giderilir. Bu iticilerin kullanımı da doğal olarak yakıtın harcanmasına ve zamanla de bitmesine sebep olmaktadır.

Kontrol edilebilir bu tür bir uydu sistemi, teknolojik gelişim ve fayda ömrü de düşünüldüğünde 10-12 yıl arasında veya biraz daha uzun sürelerde görevini sürdürmesi mümkündür. Depolanmış yakıtın kritik seviyeye düşmesi ve uydunun da faydalı ömrünü doldurduğuna karar verilmesi ile birlikte; uydu yer kontrol istasyonundan gönderilen komutlarla uydu kalan son yakıtını kullanarak motorlarını son bir kez daha ateşler. Ateşleme ile birlikte uydu yörüngesinden çıkar ve sonsuza kadar kalacağı “uydu mezarlığı” olarak da tabir edilen bir üst yörüngeye yerleşir. Uydu mezarlığı yörüngesine ulaştığında milyon dolarlık bu araçların aslında tüm sistemleri faal ve çalışıyordur ancak artık Yer'den kontrolsüzdür ve görevi sonlandırılmıştır.

### **3.1.2 DOPPLER**

Uydu vericisinin alıcı ve verici frekans değeri aslında hiç değişmemesine (sabit kalmasına) rağmen, yerden takip edilmeye çalışıldığında Uplink/Downlink frekansındaki değişimin sebebi doppler etkisidir. Bu kayma etkisi sağlıklı bir haberleşme için hem uyduyu dinlemede (RX/Downlink) hem de uyduya göndermede (TX/Uplink) önemli bir ayrıntıdır. Bu sebeple önce doppler etkisinin sebebinin ne olduğunu anlaşılması ve nasıl tolere edileceğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Doppler etkisi (veya Doppler kayması), adını ünlü bilim insanı ve matematikçi Christian Andreas Doppler'den almakta olup, kısaca dalga özelliği gösteren herhangi bir fiziksel varlığın frekans ve dalgaboyunun hareketli (yakınlaşan veya uzaklaşan) bir gözlemci tarafından farklı zaman veya konumlarda farklı algılanması olayıdır. Aslında Doppler Etkisi'nde "etkilenen" asıl fiziksel değişken dalga boyudur. Elbette dalga boyu ile frekans ters orantılı olduğundan gözlemciye göre dalga kaynağının frekansı da değişiyor gibi görünür.

Uydu haberleşme sistemlerinde herkes tarafından sıklıkla teleffuz edilen "delay" "gecikme" kavramı da kullanılan yörünge ile doğrudan ilgilidir. Mesafe uzadıkça RF sinyallerinin boşlukta yapacağı yolculuğunda süresi uzayacaktır ve dolayısı ile farklı yörüngelerdeki uydular üzerinden gerçekleşen iletişim süreleri de birbirinden farklı olacaktır.

Uydudan Yer'e gönderilen sinyalin dalgaboyunun değişmesi sonucunda, yerdeki takipçi operatörün anteni aracılığı ile cihazına birim zamanda ulaşan

enerji miktarını değişmektedir. Bu durum, elektromanyetik dalganın frekansındaki değişim olarak algılanır.

Kabaca bir hesaba uydu sinyalinin anlık konumda Yer'deki operatörün antenine ne kadar zamanda ulaştığını (geciktiğini) hesaplayalım;

Işık Hızı : Saniyede 300.000 Km.

Uydu Yüksekliği : 800 Km.

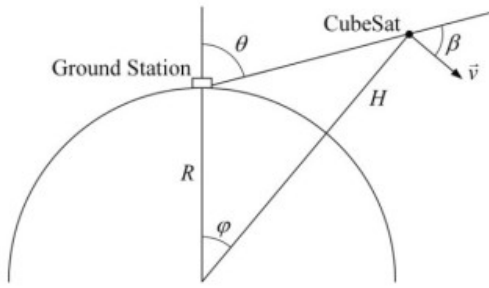
Sinyalin Yer'e Varış Zamanı:  $800/300.000=0,0026$  sn.

(benzer bir hesap GEO - 36.000Km - yörüngesi için yapıldığında oldukça yüksek bir değer çıkmaktadır)

Görüldüğü üzere LEO uydulardaki delay önemsenmeyecek kadar küçüktür, bu anlamda haberleşmenin gerçekzamanlı olacağı söylenebilir.

Ancak bu hesaba doğrudan katmadığımız ve asıl doppler etkisinin oluşmasına neden olan bir diğer faktör ise uydunun sahip olduğu yüksek hızdır.

LEO Uydular saniyede yaklaşık 7,3 Km hızla hareket etmektedir. Bu hız yaklaşan bir uydunun 144 Mhz'de (2 metre dalgaboyu) için oluşturacağı doppler yaklaşık 10Khz olacaktır.



$$\varphi = \frac{\sqrt{g \cdot R}}{(1 + H/R)^{3/2}} \cdot t$$
$$\delta F = \frac{F - F_0}{F_0} = \frac{1}{1 + \frac{v}{c} \cdot \cos(\beta)} - 1$$
$$\delta F = \frac{1}{1 + \frac{1}{c} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot R}{1 + H/R}} \cdot \frac{\sin(\varphi)}{\sqrt{(1 + H/R)^2 - 2 \cdot (1 + H/R) \cdot \cos(\varphi) + 1}}} - 1$$

**Şekil 2 Doppler Miktarının Hesaplanması**

Sabit uydu frekansının, Yer'deki gözlemci operatörün cihazında/izleme yazılımındaki frekans alanındaki değişimi, Yer'den uyduya çıkış (Uplink) esnasında da ise tersi bir etkiye neden olmaktadır. Bu durumda uydunun alıcı sistemi doppler etkisine maruz kaldığı için Yer'den gönderilen sabit frekansı takip edemez. Otomatik izleme sistemleri bu kaymayı tolere edecek şekilde gönderme (Uplink-TX) frekansınızı kaydırır.

Bilgisayar kontrollü cihazlarda bu işlem otomatik olarak tolere edilir. Bilgisayar hem rotor sistemini kontrol ederek antenlerin uydun azimuth ve elevasyon yüksekliğinde kalmasını hem de alma (Downlink -RX) ve gönderme (Uplink- TX) frekansının değişmesini sağlamaktadır.

### 3.1.3 MEVCUT AMATÖR LEO UYDULARI

İzlediğimiz amatör uydular yapılış ve kendilerinde beklenen görevlere göre değişik haberleşme sistem ve modları kullansa da öne çıkan seçenekler genellikle şunlardır;

- İşaretçi (beacon sinyalleri ve bazı basit telemetre verileri için) sürekli taşıyıcı dalga (Carrier Wave-CW),
- Resim aktarma için yavaş taramalı televizyon (Slow Scan TV-SSTV ve ISS’de HamVideo Digital TV 2395 MHz)
- Sayısal radyo modları (PSK31, GMSK, AFSK, APRS),
- Tek (Digitalker) veya çift yönlü (QSO) ses haberleşmesi, bazı işaretçi (beacon) uygulamaları (genellikle FM modunda).

Bunların dışında özendirme, deneysel ve özel çalışma altında çok kısa süreli, genellikle de Uluslararası Uzay İstasyonu’ndan bırakılan basit yapıli çalışmalarda mevcuttur. Bunlara örnek olarak içinde haberleşme sistemi bulunan SuitSat adı verilen boş astronot elbisesinin uzay boşluğuna bırakılması örnek olarak gösterilebilir.

### **3.2 YER KONTROL İSTASYONU BİLEŞENLERİ**

Küp uydular 2010 yılı ve sonrasında, özellikle eğitim kurumlarının yaptığı, uydu çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Uzay ortamı için geliştirilen teknolojilerin öncelikli, düşük maliyetli ve hızlı bir şekilde üretilebilmesi amacıyla; yüksek maliyetli ve yüksek yörüngeli büyük uydular yerine daha alçak yörüngelerdeki ve küçük uydularla gerçekleştirilmesi etkin olarak benimsenmiş bir yaklaşımdır.

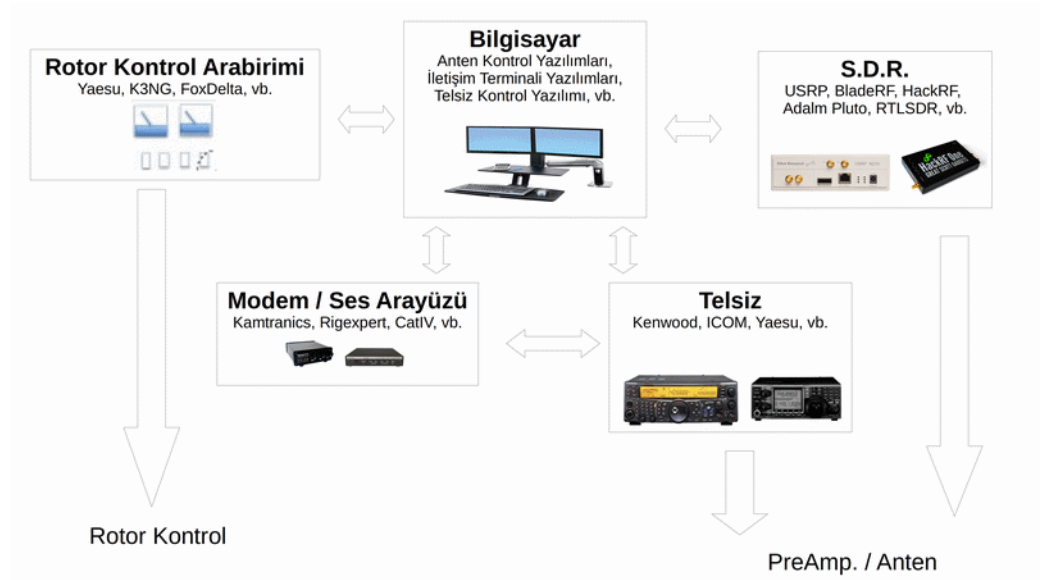
LEO uyduların takip edilebilmesi amacıyla kurulacak yer istasyonu kapsamında;

- Uydunun yönetilmesi için gerekli telekomut gönderme/alma işlemini yapabilecek birimler

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

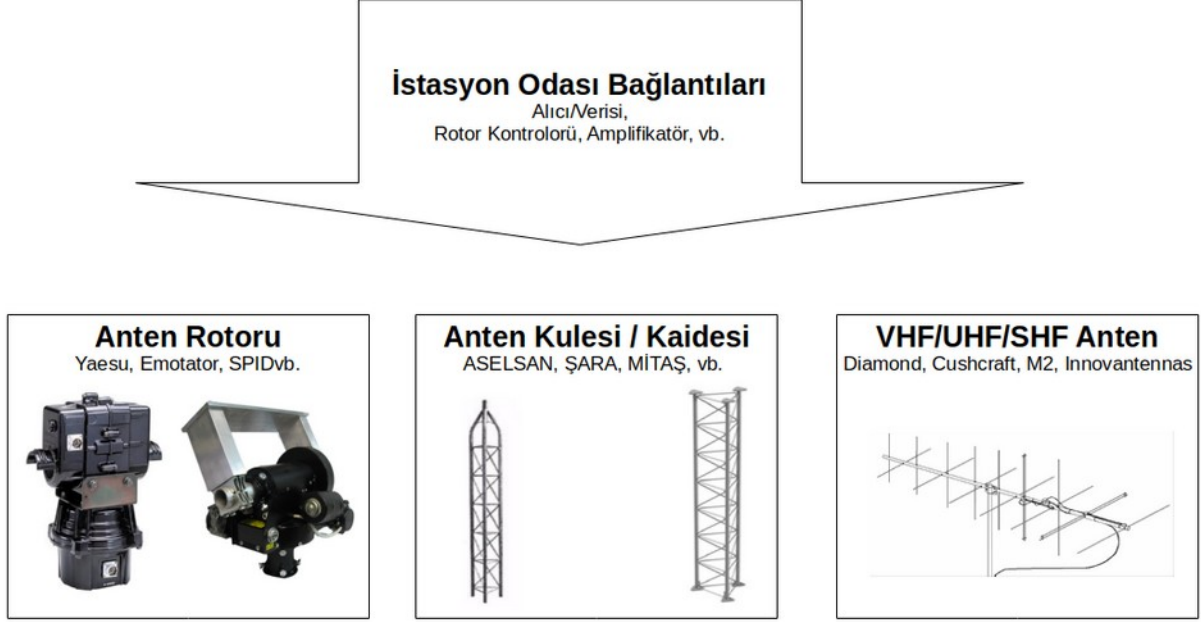
Sürüm 1.0

- Uydunun kendisi ve faydalı yükü ile ilgili olarak alınması gereken telemetre bilgilerini alabilecek birimler
- Anten ve yönlendirme birimleri
- Ve tüm bu sistemleri yöneten yazılım bileşenleri yer alır.



Şekil 3 Yer Kontrol İstasyonu İstasyon Odası Bileşenleri





**Şekil 4 Yer Kontrol İstasyonu Çatı Bileşenleri**

Doküman içerisinde ilgili bölümlerde bu alt birimler için önerilen cihazların marka ve modelleri, birbirleri ile karşılaştırmaları, avantajları/dezavantajları ile birlikte genel işletim esasları da ele alınacaktır.

### 3.3 TEMEL KAVRAMLAR VE GEREKSİNİMLER

Doküman içerisinde ilgili bölümlerde bu alt birimler için önerilen cihazların marka ve modelleri, birbirleri ile karşılaştırmaları, avantajları/dezavantajları ile birlikte genel işletim esasları da ele alınacaktır.

#### 3.3.1 İSTASYON BİNASI NOKTASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

İstasyonun kurulacağı noktanın temel olarak aşağıda belirtilen özellikleri taşıması önerilir;

- İyi bir anten kalkış çıkışına (take-off angle) sahip olmalıdır. Yani her yönde ufuk hattını görmeli ve ufuk hattı ile olan açısı olabildiğince düşük olmalıdır. Bu bağlamda istasyon noktasının çukur içinde bulunan bir bölge ya da bir dağ yamacı yerine mümkün olabildiğince her yönü açık bir tepe veya dağ üzerinde yer alması gözlem ve iletişim süresini arttıracaktır. Ufuk açısının yatay eksenle yaptığı açıdaki her bir derecelik değişim (en uzun geçişte, 15 dakika) yaklaşık 10 saniyelik bir fark ve mesafe olarak 70 km daha uzaktan dinlemeye başlama şansı verecektir. Ortalama olarak dağ yamacındaki bir istasyon ile tepe üzerindeki bir istasyonun toplam haberleşme süresinde %50'ye yakın farklılıklar oluşabilmektedir.
- İstasyon noktası GSM baz istasyonları, TV vericileri, Orta ve Yüksek gerilim dağıtım trafoları, yüksek gerilim hatları, Kablo TV aktarma kuruları, Telekomünikasyon (DSL, VDSL, vb) bağlantı noktaları gibi enterferans oluşturabilecek bileşenlerden olabildiğince uzak bir noktada yer almalıdır. İstasyon binasındaki ışıklandırmaların balast kullanan floresans sistemler veya inverter/adaptör kullanan led aydınlatma sistemlerine sahip olması durumunda mutlaka bir enterferans analizi yapılması gerekmektedir.
- İstasyon binasının çatısında veya bahçesinde anten kulesinin kurulabileceği en az 100 metrekare (10mX10m) bir boş alanın olması tercih edilmelidir. Antenlerin ortalama 6-8 metre uzunluğunda olması ve en yakın cisme dalga boyunun iki katından fazla mesafede olması gereksinimi için minimum 10m mesafesinin yeterli olacağı değerlendirilmelidir.
- Antenlerin kurulacağı nokta ile istasyon odası arasındaki mesafenin kısa olması iletim kablolarında yaşanacak kayıpları azaltacağı için önem arzedecektir. Antene gelen sinyallerin alıcıya ulaştırılması ve vericide üretilen sinyallerin antene ulaştırılmasında kullanılan iletişim bileşenleri %50 ile %90 arasında kayıplara sebep olabilmektedir. Aşağıdaki tabloda farklı anten kablosu modelleri için kayıp oranları verilmiş olup yaklaşık 30 metrelik bir iletim hattında yaklaşık yarı yarıya güç kaybı olacağına dikkat

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

edilmelidir. Bu nedenle profesyonel sistemlerde alıcı ve vericiler (ya da preamplifikatörler ve amplifikatörler) olabildiğince anten sistemleri ile bütünleşik olarak kurulurlar;

Tablo 3 –Koaksiyel Kablo Tipleri ve Kayıpları

Nominal attenuation of 30.5 metres (100ft)						
Cable Type	70-85 MHz	148-174 MHz	400-520 MHz	800-960 MHz	2.4-2.45 GHz	5.8-5.85 GHz
RG178B/U	12.4 dB	17.0 dB	30.4 dB	40.8 dB	–	–
RG179	9.2 dB	11.5 dB	17.0 dB	22.3 dB	–	–
RG174/U	7.8 dB	10.8 dB	19.2 dB	26.9 dB	–	–
RG58C/U	4.6 dB	7.1 dB	13.5 dB	18.2 dB	–	–
CELLFOAM™	4.1 dB	5.6 dB	9.8 dB	13.2 dB	–	–
CELLFOIL™	2.8 dB	4.2 dB	6.9 dB	9.8 dB	–	–
RG142B/U	3.3 dB	4.9 dB	8.9 dB	12.0 dB	–	–
RG223/U	4.2 dB	5.7 dB	10.0 dB	13.7 dB	–	–
RG59B/U	3.1 dB	4.9 dB	9.0 dB	13.2 dB	–	–
RG62A/U	2.3 dB	3.4 dB	5.9 dB	8.0 dB	–	–
RG11/U	1.8 dB	2.5 dB	4.8 dB	6.6 dB	–	–
RG213/U	2.0 dB	2.6 dB	5.0 dB	7.4 dB	–	–
RG214/U	1.9 dB	2.6 dB	5.0 dB	7.4 dB	–	–
100-FB Type	0.9 dB	1.2 dB	2.4 dB	3.1 dB	–	–
RG8 Type	1.2 dB	1.7 dB	3.1 dB	4.5 dB	7.0 dB	10.6dB
1/4" Superflex	1.3 dB	2.2 dB	4.2 dB	5.6 dB	9.9 dB	15.8dB
3/8" Superflex	1.1 dB	1.5 dB	2.8 dB	3.8 dB	6.9 dB	10.9dB
1/2" Superflex	0.8 dB	1.3 dB	2.4 dB	3.4 dB	5.9 dB	10.2dB
1/4" HELIAX®	1.1 dB	1.5 dB	2.7 dB	3.6 dB	5.8 dB	11.2dB
3/8" HELIAX®	0.9 dB	1.3 dB	2.3 dB	3.3 dB	5.7 dB	9.5dB
1/2" HELIAX®	0.6 dB	0.8 dB	1.6 dB	2.2 dB	3.7 dB	5.9dB
7/8" HELIAX®	0.3 dB	0.5 dB	0.9 dB	1.3 dB	2.3 dB	–
7/8" HELIAX®	0.3 dB	0.4 dB	0.8 dB	1.1 dB	2.0 dB	–
7/8" HELIAX®	0.3 dB	0.4 dB	0.9 dB	1.2 dB	2.1 dB	–
13" HELIAX®	0.2 dB	0.3 dB	0.6 dB	0.9 dB	1.6 dB	–
1e" HELIAX®	0.2 dB	0.3 dB	0.5 dB	0.7 dB	1.4 dB	–

Örnek : UHF’de RG58 kablo kullanması durumunda verici çıkışındaki 100Watt (50dBm) gücün sadece 5 watt’ı antene ulaşabilmekte 95 watt’ı (%95) kabloda kaybolmaktadır, çünkü kabloda 30 metrede 13.5dB zayıflama olmaktadır. Aynı sinyal heliax kablo ile taşındığında kayıp sadece 0dB olup antene yaklaşık 90 watt (sadece %10 kayıp) ulaştırılabilmektedir. Bu hesap uyarında ya çok kaliteli ve az kayıplı anten kabloları kullanılmalı ya da kablonun boyunun minimum tutulması sağlanmalıdır.

### 3.3.2 ALICI VERİCİ BİLEŞENİ (TELSİZ CİHAZI)

İstasyonun ana amacı haberleşme sağlamak olacağı için sinyal alma ve gönderme işlemini yapacak ve istasyonun en önemli bileşeni görevini üstlenecek olan bileşen telsiz cihazı (alıcı verici bileşeni) dir.

Kullanılacak telsiz bileşenin temel özelliklerinin en az aşağıdaki gibi olması önerilmektedir;

- VHF ve UHF frekanslarında alıcı ve verici olarak çalışabilmelidir,
- Tercihan All-Mode (CW, AM, FM, SSB, FSK, vb.) bir cihaz olmalıdır,
- VHF ve UHF için farklı anten girişlerine sahip olmalıdır,
- Frekans değiştirme adımları küçük olmalıdır (tercihan 1Hz),
- Split mode çalışabilmelidir (örn: VHF’den alma yaparken UHF den gönderme yapabilme veya tersi)
- Tek başına veya bir amplifikatör ile 100 Watt çıkış yapabilmelidir,
- Çıkış gücü ayarlanabilir olmalıdır,
- Bilgisayar kontrol arayüzüne sahip olmalıdır,

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

- Tercihan satellite (uydu) çalışma modu olmalıdır,
- Tecihan anten amplifikatörü (alıcı preamplifikatörü) cihazlarını coazial anten hattı üzerinden kapatıp açma özelliğine sahip olmalıdır,
- Modem arayüzü için sabit genlikli ses giriş, ses çıkış ve ptt kontrol arayüzüne sahip olmalıdır,
- Harici demodülatörlerle kullanılmak üzere IF çıkışı olması tercih edilmelidir,
- Harici güç yükselticileri kontrol edecek arayüzlere (PTT out, ALC, vb) sahip olmalıdır

Yukarıda belirtilen özelliklere sahip ve uydu haberleşmesi için sıklıkla kullanılan birkaç marka ve model için aşağıdaki örnekler verilebilir, bu cihazların birbirlerine göre farklı yetkinlikleri bulunmaktadır;

- ICOM IC-820/821H
- ICOM IC-910H
- ICOM IC-7100
- ICOM IC-9100
- ICOM IC-9700
- YAESU FT-847
- KENWOOD TS-2000

Yukarıdaki en günceliş kullanılan cihazlar listesine ek olarak geçmişte çok yoğun kullanılan ama artık kolay temin edilemeyen aşağıdaki cihazlar da uydu haberleşmesi için kullanılabilirler;

- ICOM IC-201
- ICOM IC-202/402/502
- ICOM IC-211/215/245

- ICOM IC-251/451
- ICOM IC-271/471
- ICOM IC-275/475/575
- ICOM IC-505
- ICOM IC-975
- KENWOOD TM-255/455
- KENWOOD TR-751/851
- KENWOOD TR-9000/9130/9500
- KENWOOD TS-600/700
- KENDOOWD TS-780/790
- YAESU FT-221
- YAESU FT-225/625
- YAESU FT-290/690
- YAESU FT-480/680/780

Yukarıdaki konvansiyonel telsiz cihazları yanısıra günümüzde uydu haberleşmesinde, pek çok haberleşme alanında da olduğu gibi, SDR Software Defined Radio (Yazılım Tabanlı Radyo) cihazlarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu cihazların etkinlikleri ve avantajları başka bir doküman kapsamında ele alınacaktır.



Şekil 5 Yaygın Olarak Kullanılan Uydu Telsiz Cihazları

Telsiz cihazları genellikle 13.8 Volt ve yaklaşık 20 Amper güç beslemesinde ihtiyaç duymakta olup, istasyon içerisinde bu gücü sağlayabilecek bir DC güç besleme ünitesinin olması önem arz etmektedir.

DC adaptör ünitesi olarak SwitchMode bir güç kaynağı kullanılması durumunda , telsiz cihazının alıcıları için enterferans oluşturup oluşmadığı ve gerekli DC filtrelere sahip olup olmadığına mutlaka dikkat edilmelidir. Bu durum genel olarak cihaza anten bağlı değilken sinyal göstergesinde görünen sinyaller olması ile farkedilebilir olup, kullanılacak cihaz için önerilen güç kaynağı ile çalıştırılması alıcı hassasiyetiniz için oldukça önem arz etmektedir.

### 3.3.3 BİLGİSAYAR VE BİLGİSAYAR YAZILIMLARI

İstasyonda yer alacak bilgisayar kullanılarak aşağıdaki işlemler gerçekleştirilebilecektir;

- Telsiz cihazının uzaktan kumadası, alma gönderme frekansı ve benzeri parametrelerinin ayarlanması,

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

---

Sürüm 1.0

- Alıcı ve verici frekanslarında ihtiyaç duyulan doppler frekans kaymalarının hesaplanması ve alıcı/verici frekanslarına uygulanması
- Keppler bileşenleri kullanılarak uydunun bize göre gök yüzündeki konumunun doğma batma zamanlarının hesaplanması,
- Hesaplanan uydu pozisyonlarına uygun anten bileşenlerinin yenlendirilmesinin yapılması,
- Dekoder/enkoder yazılımları ile telemetri sinyallerinin çözülmesi ve/veya modem yazılımları için terminal bileşenlerinin çalıştırılması,
- İstasyon kayıtlarının (log) tutulması,

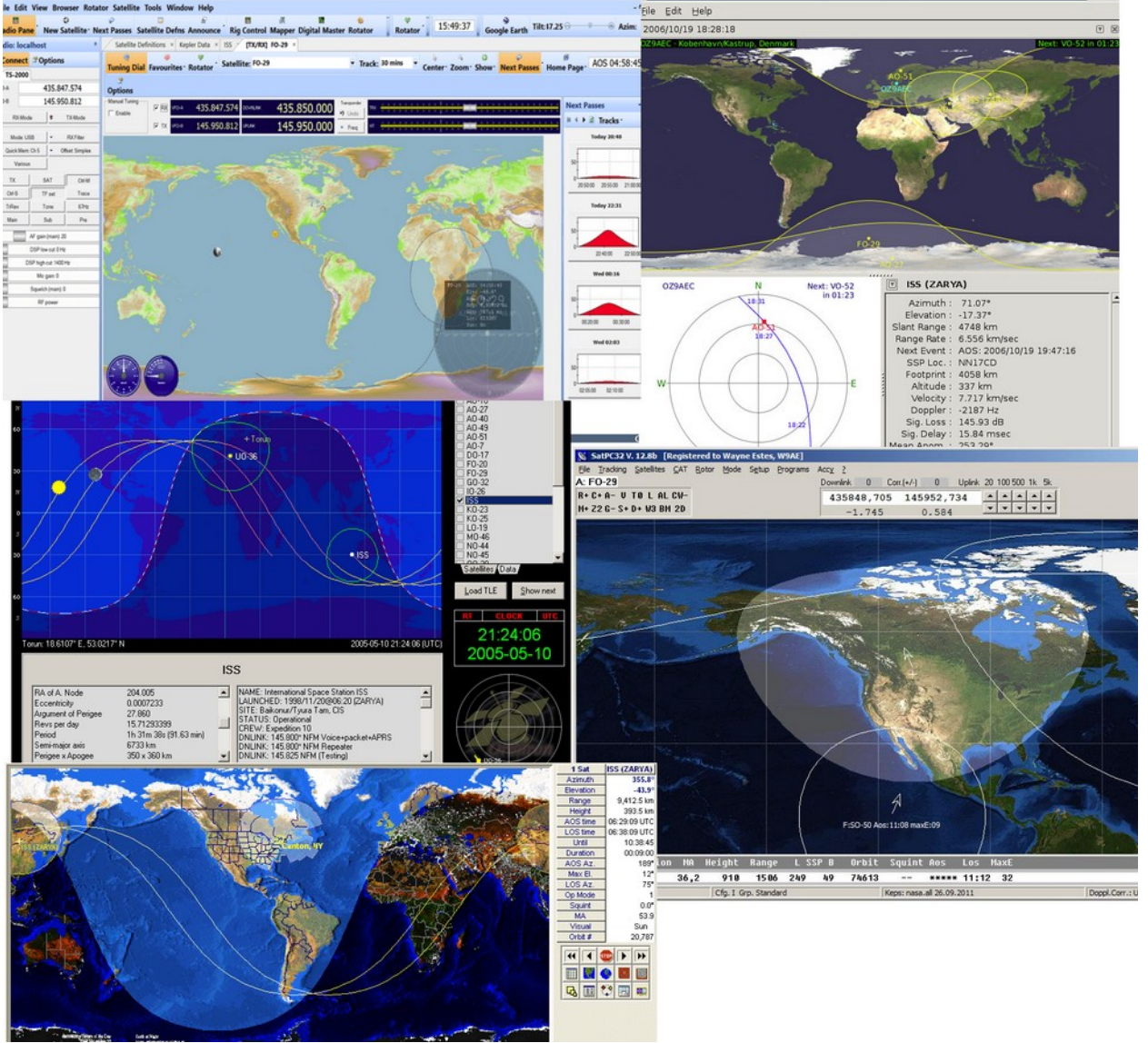
Uydu haberleşme çalışmalarında yoğunlukla kullanılan yazılımlar aşağıdaki gibidir;

- Ham Radio Deluxe (HRD)
- Gpredict
- Nova
- SatPC
- Orbitron



# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0



Şekil 6 Yaygın Olarak Kullanılan Uydu Takip ve İstasyon Kontrol Yazılımları

### **3.3.4 ANTEN KONTROL ÜNİTESİ**

İstasyon içerisinde yer alan bir diğer önemli bileşen ise anten yönlendirmesini kontrol edecek olan rotor kontrol ünitesidir. Yaygın olarak temin edilecek rotor sistemi ile birlikte bir kontrol ünitesi geliyor olmakla birlikte, rotorun sistemin diğer bileşenleri ile (uydu takip yazılımı, telsiz cihazı) eşgüdümlü çalışabilmesi için rotorun kendi anten kontrol sisteminin diğer bileşenler ile entegrasyonu önem arz etmektedir.

Rotor sistemi ile birlikte genel yönetim kutusu kendi başına çalışan bir donanım bileşeni olabilir. Örneğin Yaesu G5500 sistemi uydu haberleşmesinde yoğun olarak kullanılan bir rotor sistemi olup bu sistemin mevcut kontrol bileşeni aşağıdaki gibidir;



**Şekil 7 Yaesu G5500 Rotor Kontrol Birimi**

Bu sistemlerin bilgisayarla uyumlandırılması için YAESU nun seri arabirimi olan GS-232B veya alternetifi olabilecek (K3NG rotator, Alpha, FoxDelta,vb) arabirimlerden biri kullanılmalıdır.

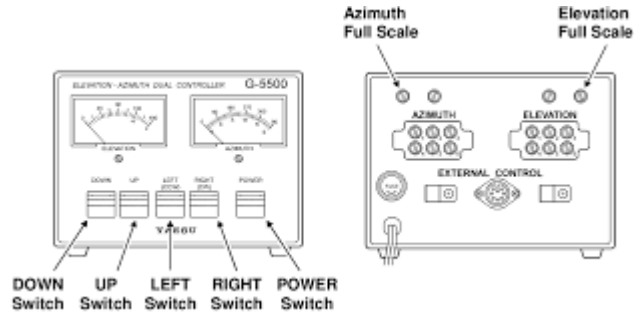
# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0



Şekil 8 Yaesu G5500 için Bilgisayar Uyumlendirme Arabirimleri

Yaesu G5500 ile birlikte gelen kontrol arabiriminin ön yüzündeki yönlendirme tuşları ile manuel yönlendirmeler yapılabilir ve arkasında bulunan arayüzleme bağlantı noktası ile de rotor kumanda kutusu ile bilgisayar uyumlendirme birimi birbirlerine bağlanabilir;



Şekil 9 Yaesu G5500 Rotor Kontrol Kutusu Görünümü

YAESU G5500 kadar yaygın olmasa da fiyatlarının uygun seviyelere gelmesi ile birlikte Alpha SPID rotorları da uydu takibi için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kendi PC yönetim arayüzü ve kontrol kutusu ile birlikte satılan Alpha SPID rotorlarının genel görünümü aşağıdaki gibidir;



**Şekil 10 Alpha SPID Rotor ve Kontrol Kutusu Genel Görünümü**

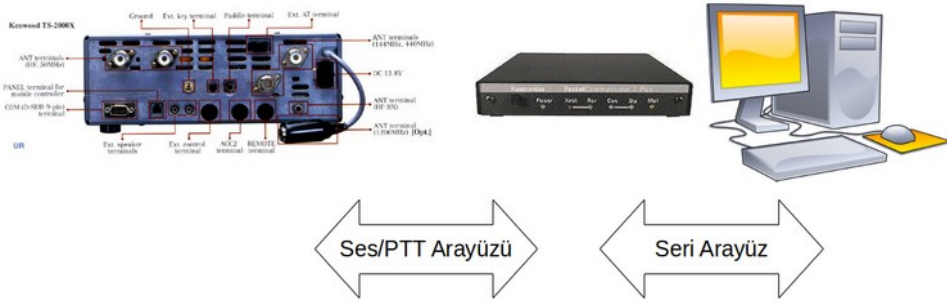
### 3.3.5 TELEMETRE VE TELEKOMUT ARAYÜZÜ

Yer Kontrol İstasyonundan yapılacak en önemli haberleşme telekomut ve telemetre işlemleri olacaktır. Bu amaçla yukarıda anlatılan sistemlere ek olarak sayısal verilerin modüle edilmiş sinyal üzerinden ayrıştırılması için bir modem ve/veya ses arayüzü ve bilgisayar yazılımları kullanılması gerekecektir.

## 3.3.5.1 MODEM KULLANIMI

Eğer yapılacak haberleşme bilinen standartlara uygun bir protokol ile (AX25, APRS, UI, RTTY, SSTV, vb.) yapılacak ise bu protokollerle çalışabilen bir modem kullanılarak ve bu modemin telsiz ile arayüzlendirilmesi yeterli olacaktır.

Aşağıda örnek bir modem kullanımı senaryosu gösterilmektedir;



Şekil 11 Modem Bağlantısı

Yukarıdaki örnek senaryo için telsiz cihazından ses bilgisi modeme gönderilmekte, modem tarafından çözümlenen uygun protokoldeki sayısal veri seri arayüz ile bilgisayara aktarılmaktadır. Aynı şekilde, ters yönlü olarak, bilgisayar ortamından seri arayüz ile modeme aktarılan veri modem tarafından ses sinyallerine çevrilmekte ve bu ses bilgisi telsiz cihazı üzerinden yayınlanmaktadır.

Modem kullanımı durumunda PC yazılımı olarak herhangi bir terminal yazılımı (pğutty, realterm, coolterm, vb.) kullanılabileceği gibi, modemler KISS denilen saydam bir moda geçirilip alınan sayısal sinyallerin PC tarafındaki yazılımla çözümlenmesi de sağlanabilmektedir.

Özellikle standard olmayan bir protokol ile haberleşilecekse, ya da mevcut protokolda bazı değişiklikler yapılmışsa modemlerin KISS modunda kullanılması önerilir.

**ÖNEMLİ UYARI :** Bazı telsiz cihazları ve modemler üzerinde bulunan TNC (Terminal Node Controller)'ın özelliği belirlenen protokoldeki tüm haberleşmeyi (bağlanma, mesajlaşma, kopma, posta alıp gönderme, duyulan istasyon listeri biriktirme, vb.) yönetebilen bir yazılım olmasıdır. Bu durumda PC tarafında çalıştırılacak yazılımdan beklentiler tamamen azalmakta tüm haberleşmenin yükünü TNC yürütmektedir. PC bağlantısı olmasa dahi TNC yazılımı modem bağlantılarını yönetebilmekte ve bağlantı isteklerine ya da posta işlerine cevap verebilmektedir.

Ne yazık ki TNC modu telemetre ve telekomut işlemleri için uygun değildir. Bu nedenle telsiz cihaz ı içerisinde bulunan TNC (örn : Kenwood TS-2000 TNC) veya modem üzerinde bulunan TNC yazılımları kullanılmamalı sadece modem arayüzü olarak kullanılarak telemetre telekomut işleri PC yazılımları aracılığı ile yapılmalıdır.

Tabii ki bu durum standard arayüz kullanan uydu bileşenleri (örnek: ISS AX25 ve APRS istasyonları) için geçerli değildir.

### 3.3.5.2 SES ARABİRİMİ KULLANIMI

Bazı durumlarda uydu telemetre ve telekomut sinyal yapısı standarda birebir uyumlu olmayabilir, bu durumda mevcut hazır modemlerin haberleşme amacıyla kullanılması olası değildir. Ya da modemlerin doppler etkisi ile oluşan sinyal bozulmalarını kompanze edebilmeleri mümkün olmayabilmektedir. Bu durumlarda PC üzerinde bulunan işlemci gücü yardımı ile DSP işlemleri yapabilmek amacıyla telsiz cihazının demodülatör çıkışındaki ses arayüzlerinin PC üzerinde işlenmesi yaygın olarak kullanılan alternatif bir modem çözümüdür.

Genel olarak bu arayüzler PC üzerinde bulunan ses kartları, harici ses kartları veya bu iş için özel olarak üretilmiş telsiz ses arayüz cihazlarıdır.

Aşağıda bu amaçla kullanılabilecek birkaç alternatif ses arayüzü görülmektedir;



Şekil 12 Telsiz Ses Arayüzleri

### 3.3.6 GÜÇ AMPLİFİKATÖRÜ (OPSİYONEL)

Kullanılan telsiz cihazının çıkış gücü genellikle uydu haberleşmeleri için yeterli olmaktadır. Ancak uydu tarafının duyma hassasiyetini kaybetmesi ve benzeri zor koşul şartlarında uyduya telekomut gönderebilmek amacıyla verici çıkış gücünün arttırılmasına ihtiyaç olabilir. Bu amaçla kullanılabilecek 100 – 1000 Watt aralığında pek çok güç amplifikatörü opsiyonları bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus güç amplifikatörlerinin VHF ve UHF için ayrı olmaları, dual-band amplifikatörlerin bulunmuyor olmasıdır.

En yaygın kullanılan güç amplifikatörlerinden bazıları şunlardır;

- BEKO HLV-1100,



- BEKO HLV-1400,
- BEKO HLV-1470,
- HENRY C-500,
- HENRY C200D10B,
- TAJFUN 1000,
- OM 1002+,



Şekil 13 VHF-UHF Verici Güç Amplifikatörleri

### 3.3.7 ALICI PREAMPLİFİKATÖRLERİ

Başlangıcında bile oldukça düşük güçte olan ve aradaki ortamda serbest uzay kayıpları, polarizasyon farkları gibi etkenlerle algılanması daha da zorlaşan uydudan sinyallerini alabilmek amacıyla düşük gürültü özelliğine sahip alıcı preamplifikatörlerinin kullanılması önerilmektedir.



Çalışmalar kapsamında kullanılacak amplifikatörlerin anten kulelerine monte edilebilir (mast-mount) preamplifikatörler olması verimi arttıracaktır. Keza zaten anten kablosu boyunca fazlaca zayıflayan ve gürültü/sinyal oranı düzen sinyalleri istasyon içerisinde güçlendirmek çok yüksek başarımlı performansı sağlamamaktadır. Bu nedenle hemen antenlerin bulunduğu ortamda, kablo zayıflamalarına ve dış etken gürültülerine maruz kalmadan alıcının sinyalleri güçlendirilmesi ve iletim hattının bozunum etkilerini de minimize edebilecek şekilde istasyon içerisindeki alıcı sistemlerine indirilmelidir.

Bu amaçla kullanılan preamplifikatörlerin genel kazançları +15dB ile +25dB arasında yer almakta olup, normal şartlar altında alıcı hassasiyeti -120dBm olan standard bir alıcının dinleme hassasiyetini (bozunum yaratmadan) -135, -145dBm seviyelerine çıkarabilmektedir. Bunun üzerine anten kazançları da eklendiğinde çok düşük güçteki uydu sinyallerinin algılanması sağlanabilmektedir.

Aşağıda bazı VHF/UHF anten preamplifikatörleri için örnekler ve resimleri görülmektedir, kullanılacak cihazın koaksiyel kablo üzerinden kontrol yeteneği olması durumuna göre direk koaksiyel üzerinden besleme kabul eden ve/veya harici enerji uygulaması gerektiren preamplifikatörlerin uyumlu olacak şekilde seçilmesi gerekecektir;

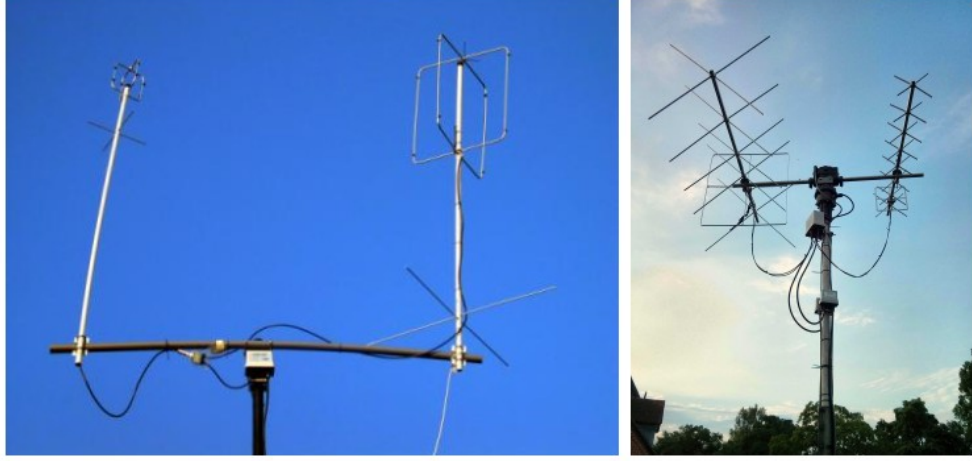
- Advanced Research MSP144, MSP432
- ICOM AG25, AG-35
- SSB SP-200, SP-70
- G0MRF



Şekil 14 VHF-UHF Alıcı Pre-Amplifikatörler

### 3.3.8 ANTENLER VE ANTEN KULESİ

Basit bir uydu izleme istasyonu için düşük kazançlı antenler (IIO, EggBeater, Arrow, vb.) yeterli olabileceken bu tür sabit veya düşük kazançlı antenlerin küp uydu izleme ve kontrol istasyonu için yetersiz olacağı değerlendirilmelidir.



**Şekil 15 VHF-UHF Düşük Kazançlı Uydu Takip Antenleri**

Yer Kontrol İstasyonunuzdaki her bileşen önemlidir, ancak anten bileşeninin herşeyden çok daha fazla yüksek bir önemi olduğunu belirtmekte fayda var. Tüm istasyonun verimi üzerinde önemli etkisi olan bir bileşen olan anten bileşeni için öneriler ve özellikler aşağıdaki gibidir;

- Anten kazançları en az 10dBi tercihen 15dBi veya üzerinde olmalıdır,
- Antenler cross-polarize (X veya + formunda) ya da circular polarize (RHCP – Right Hand Circular Polarized, LHCP – Left Hand Circular Polarized) olmalıdırlar
- Anten kazancını arttırmak amacıyla stack'leme yapılabilir, stack yapılması durumunda antenler arasında uygun stack mesafesinin bırakıldığından emin olunmalıdır,
- Antenlerin stack'lenmesi durumunda uygun anten combiner/splitter leri kullanılmalıdır,
- Antenlerin F/B (front-to-back) kazanç oranları yüksek olmalıdır,
- Anten kulesi bakım amacıyla yatırılabilir ve menteşeli olarak tasarlanmalıdır,
- Antenlere hızlı bakım amacıyla kafes direkler tercih edilmelidir,

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

- Antenlerin besleme kabloları boom üzerinden değil antenlerin arka kısmından dolaşmalıdır,
- Anten ağırlıkları gergilerle dengelenmelidir

Anten bileşeni en kolay imal edilebilecek bileşen olup hazır alınması için tercih edilebilecek ve deneyimlenmiş başlıca anten markaları şunlardır;

- Cushcraft,
- Innovative Antennas,
- M2 Antennas

Aşağıdaki resimde örnek bir Yer Kontrol İstasyonu (TURKSAT 3USAT Yer Kontrol İstasyonu) için anten kulesi ve anten dizilimi (2 adet 2x11 eleman -22 eleman- VHF Yagi, 2 adet 2x22 eleman – 44 eleman UHF Yagi) gösterilmiştir;

# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0





**Şekil 16 Yüksek Kazançlı Stack Antenler ve Kule Görünümü**

## **4. YER KONTROL İSTASYONU KURULUMU**

Bu bölümde örnek bir yer kontrol istasyonu için bir önceki bölümde anlatılan bileşenlerden örnek bir istasyon için seçimler yapılacak ve bu seçimler doğrultusunda istasyonun faal edilmesi için yapılması gerekenler anlatılacaktır. Kurulacak olan istasyonun amacı VHF ve UHF frekanslarında çalışan uyduların ilk fırlatma sonrasındaki aktivasyonu dahil olmak üzere uyduların telekomut işlemlerin yapılması, telemetri verilerinin alınması ve çözülmesi, ses veya veri haberleşmesine izin veren uydular üzerinden haberleşme gerçekleştirilmek olacaktır.

Bu bölümde yapılacak donanı, yazılım seçimleri ve konfigürasyonları olabildiğince erişilebilirlik ve kolay ayağa kaldırılabilirlik gibi kriterlerle belirlenecek olup benzeri sistemler

(yazılım veya donanım) için küçük konfigürasyon değişiklikleri ile bölümde aktarılabilecek bilgilerin uyumlandırılabilmesi hedeflenmiştir.

## 4.1 YER KONTROL İSTASYONU BİLEŞEN SEÇİMİ

Bu doküman kapsamında kurulumu anlatılacak istasyonumuzda aşağıdaki bileşenlerin kullanılması planlanmıştır;

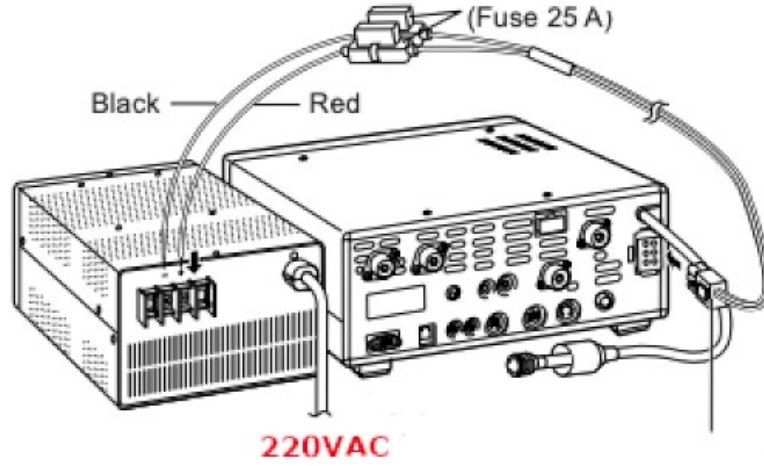
- Alıcı verici telsiz sistemi olarak en yaygın kullanılan Kenwood TS-2000 modeli tercih edilmiştir,
- Bilgisayar olarak standard bir x86 tabanlı bilgisayar kullanılması tercih edilmiştir,
- Bilgisayar üzerinde işletim sistemi olarak Linux kullanılması tercih edilmiştir,
- Bu çalışmada bilgisayar üzerinde çözümleme işlemleri yapabilmek amacı ile modem yerine Rigexpert Standard USB ses arayüzü kullanılması tercih edilmiştir, çözümleme işlemleri için hıddiği yazılımı kullanılması tercih edilmiştir,
- Rotor sistemi olarak YAESU G-5500 Az/El sistemi tercih edilmiştir,
- Rotor bilgisayar arabirimi olarak YAESU GS-232 tercih edilmiştir,
- Uydu takip, telsiz ve rotor kontrol yazılımı olarak (doküman yazarı TA7W Barış Dinç'in de geliştiricisi olduğu) GPREDICT yazılımı tercih edilmiştir,
- Anten kablosu olarak LMR-400 tercih edilmiştir (LMR-400 VHF/UHF frekanslarında düşük kayıplıdır, kolay temin edilebilir, konnektörleri kolay bulunabilir, heliax kabloya göre esnekliği ve kıvrılabilirliği daha yüksektir)
- 13.8V DC güç kaynağı olarak Kenwood PS-60 kullanılması tercih edilmiştir,
- Anten kulesi olarak MİTAŞ/ASELSAN kuleleri tercih edilmiştir,
- Anten olarak M2 Antennas 2MXP22A VHF ve 436CP30 UHF antenlerinden 2'şer adet kullanılması tercih edilmiştir,
- VHF combiner/splitter olarak M2 Antennas 2M-2PRTPD tercih edilmiştir,

- UHF combiner/splitter olarak M2 Antennas 70CM-2PRTPD tercih edilmiştir,
- VHF Anten preamplifikatörü olarak SSB Electronics SP-200 kullanılması tercih edilmiştir,
- UHF Anten preamplifikatörü olarak SSB Electronics SP-70 kullanılması tercih edilmiştir.

## 4.2 YER KONTROL İSTASYONU BİLEŞENLERİNİN KURULUMU

Yer Kontrol İstasyonumuzun yapılan bileşen seçimleri doğrultusunda kurulumu aşağıdaki adımlar çerçevesinde gerçekleştirilir;

- Kenwood TS-2000 telsiz ile adaptör arasındaki bağlantı aşağıdaki şekilde yapılarak adaptör 220VAC/50Hz şehir cereyanına bağlanır,



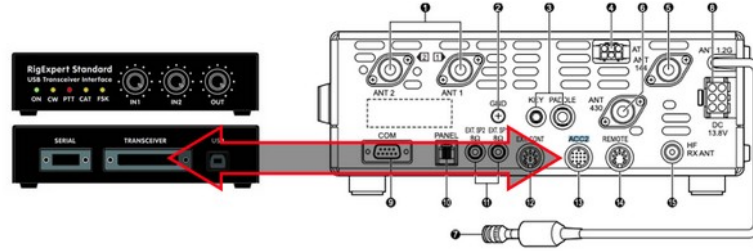
Şekil 17 TS-2000 DC Güç Kaynağı Bağlantısı

- Kenwood TS-2000 ile Rigexpert ses uyulama arabirimi arasında aşağıdaki ACC-2 bağlantısı yapılır

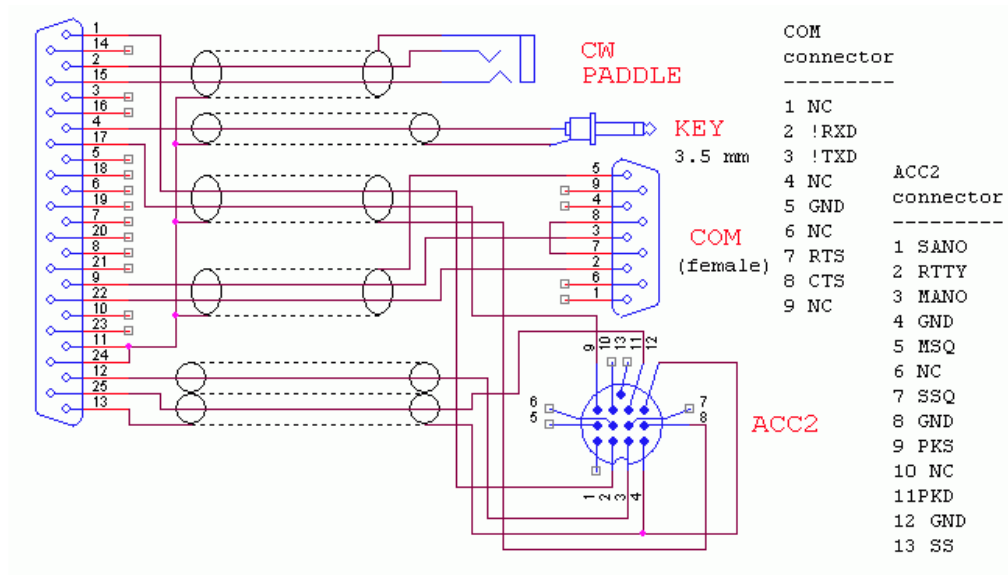


# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

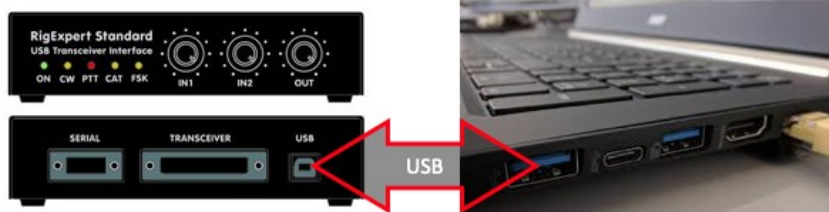


Şekil 18 TS-2000 Ses Arabirimi Bağlantısı



Şekil 19 TS-2000 Ses Arabirimi Bağlantı Şeması

- Rigexpert ses uyumlama arabirimi ile bilgisayar USB bağlantısı yapılır

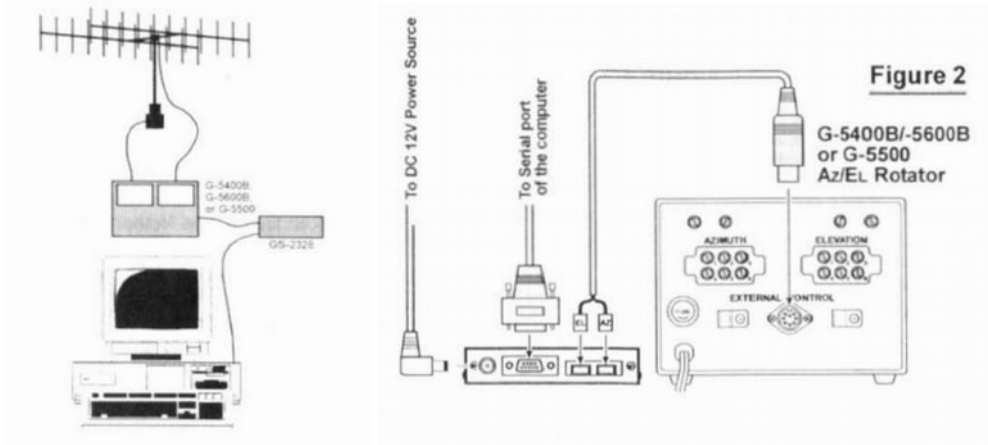


# YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

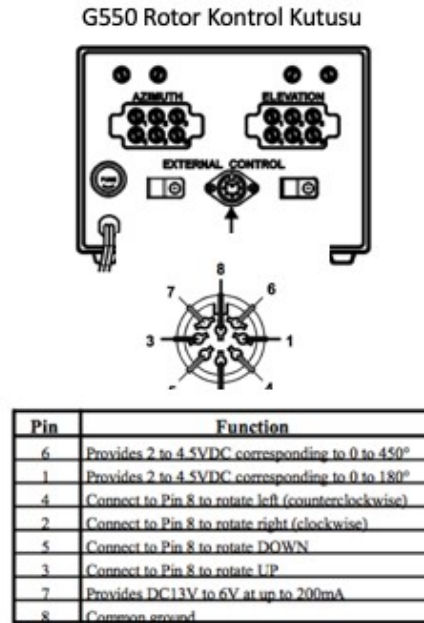
Sürüm 1.0

Şekil 20 Ses Arabirimi Bilgisayar Bağlantısı

- YAESU GS-232 ile PC arasındaki seri bağlantı bir USB-Seri çevirici kullanılarak yapılır ve YAESU GS-232 ile G5500 rotor kumanda kutusu arasındaki bağlantı aşağıda gösterilen bağlantı noktaları üzerinden yapılır,

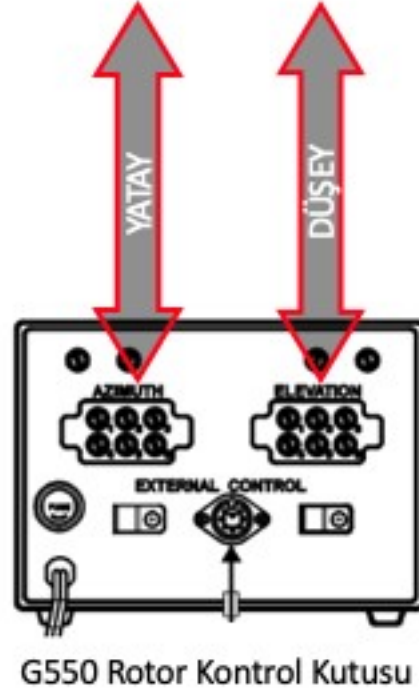


Şekil 21 Rotor Kumanda Kutusu Bağlantıları



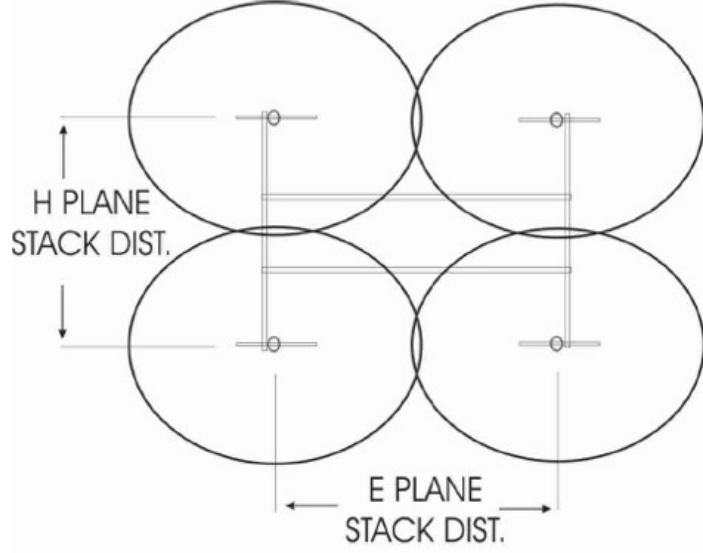
Şekil 22 Rotor Kumanda Kutusu ile Bilgisayar Birimi Bağlantısı

- G5500 rotor kumanda kurutu ile rotor arasında aşağıda gösterşlen konnektörler üzerinden 2x6 kablo bağlantısı yapılır,



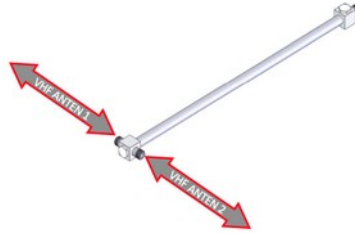
Şekil 23 Rotor Kumanda Kutusu ile Rotor Bağlantısı

- Antenlerin kurulumu VHF antenler arasında en az 3 metre, UHF antenler arasında en az 1,5 metre olarak çekilde ve UHF ile VHF antenler arasındaki mesafe en az 3 metre olacak şekilde yapılır,



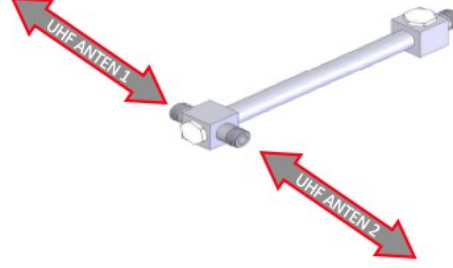
**Şekil 24 Enten Stack Yapısı**

- VHF antenleri 2 veya 4 metrelik LMR-400 kablosu ile splitter/combiner'in kenar uçlarına bağlanır,



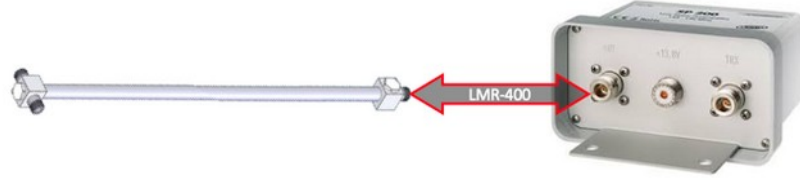
**Şekil 25 VHF Splitter ile Antenlerin Bağlantısı**

- UHF antenleri 1,75 veya 3,5 metrelik LMR-400 kablosu ile splitter/combiner'in kenar uçlarına bağlanır,



**Şekil 26 UHF Splitter ile Antenlerin Bağlantısı**

- VHF splitter/combiner'in çıkış ucu preamplifikatörün anten portuna bağlanır,



**Şekil 27 VHF Anten/Splitter ile Preamplifikatör Bağlantısı**

- UHF splitter/combiner'in çıkış ucu preamplifikatörün anten portuna bağlanır,



**Şekil 28 UHF Anten/Splitter ile Preamplifikatör Bağlantısı**

- VHF pre-amplifikatörünün çıkış ucu istasyon içerisinde yer alan Kenwood TS-2000 telsizinin VHF konnektörüne bağlanır,



Şekil 29 Telsiz ile VHF Preamplifikatör Bağlantısı

- UHF pre-amplifikatörünün çıkış ucu istasyon içerisinde yer alan Kenwood TS-2000 telsizinin UHF konnektörüne bağlanır,



Şekil 30 Telsiz ile UHF Preamplifikatör Bağlantısı

- Yukarıdaki bağlantılar tamamlandıktan sonra son olarak cihazlar üzerinde aşağıdaki ayarlar gerçekleştirilir;

Tablo 4 –Kenwood TS-2000 Menü Ayarları

Menü No	Fonksiyon	Değer
16	Speaker Output	1
20	DSP RX Equalizer	OFF
21	DSP TX Equalizer	OFF

---

## YER KONTROL İSTASYONU SİSTEM TANIMLAMA DOKÜMANI

Sürüm 1.0

---

22	DSP Fiter	2.4Khz
41	Mic Gain for FM	HIGH
46	TNC	SUB Band
47	Data Transfer internal TNC	9600
55	Packet Comm. Mode	OFF
56	Com Port Speed	57600

- o SATL basılı
- o Trace veya Trace-R seçili
- o VFO-A'da downlink frekansı ayarlı
- o SUB'da uplink frekansı ayarlı
- o Modülasyon türü seçili
- o Güç (Power) maksimum a ayarlı

## **5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu doküman kapsamında istasyon bileşenlerinin seçiminde dikkat edilecek hususlar belirtilmiş, örnek bir donanım ve yazılım konfigürasyon seçimi için yapılması gereken bağlantılar ve ayarlar anlatılmıştır.

Bu doküman kapsamında V/UHF frekanslarında çalışan bir küp uydu için istasyon ihtiyaçları belirlenmiş olup, her istasyonun kendi dinamikleri olacağı ve izlenecek uydu türüne göre kullanılacak donanımların farklılık göstereceği unutulmamalıdır.

Doküman kapsamında belirtilen teknik gerekliliklere ek olarak aşağıdaki hususların da dikkate alınması önerilir;

- İstasyonu işletecek kişilerin becerileri ve tecrübeleri,
- Enerji sistemlerinin yedekliliği ve devamlılığı,
- Hem anten hem de elektrik topraklama sistemlerinin uygunluğu,
- Yıldırım koruma tedbirleri, vb.