

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARS HABİTATLARININ YAPISAL AÇIDAN
İRDELENMESİ



Doğukan Hazar GÖNÜLAL

Eylül, 2022
İZMİR

MARS HABİTATLARININ YAPISAL AÇIDAN İRDELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı

Doğukan Hazar GÖNÜLAL

Eylül, 2022

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

DOĞUKAN HAZAR GÖNÜLAL, tarafından **PROF.DR. MÜJDE ALTIN** yönetiminde hazırlanan “**MARS HABİTATLARININ YAPISAL AÇIDAN İRDELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Müjde ALTIN

Yönetici

Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Koray Korkmaz

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim ve tez sürecimde yardımını ve desteğini esirgemeyen, deneyimleri, sabrı ve görüşleriyle her zaman bana yol gösteren çok değerli hocam Prof. Dr. Müjde ALTIN'a sonsuz teşekkür ederim. Eğitim sürecim boyunca, değerli bilgilerini ve desteklerini benden esirgemeyen Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON, Prof. Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU hocalarıma ayrıca teşekkür ederim.

Tezimi kendisine adadığım, desteği ve sevgisi ile her zaman yanımda olan çok değerli hayat arkadaşım Öykü PEKER'e sonsuz sevgimle teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca desteklerini ve sevgilerini her zaman yanımda hissettiğim canım annem Fatma GÖNÜLAL ve canım babam Ruhi GÖNÜLAL'a minnetim sonsuzdur.

Doğukan Hazar GÖNÜLAL

MARS HABİTATLARININ YAPISAL AÇIDAN İRDELENMESİ

ÖZ

1950’li yıllarda başlayan uzay görevleri, günümüze kadar devam etmiş ve günümüzde de gelişen teknoloji ile büyük ilerlemeler göstermiştir. İnsanoğlunun uzay koşullarını araştırması ve farklı gezegenlere yaptığı yolculuklar, insanlığın uzayda yaşayabilmesi için çeşitli koşullarla birlikte yeni sistemler geliştirilmesine olanak sağlamıştır. İnsanların kolonizasyonu genişletmek için bir sonraki varış noktasının Mars olacağı düşünülmektedir. Ancak bir yaşam alanı oluşturmak, mimarlığın vazgeçilmez bir parçası olduğu gibi birden fazla disiplinin ortak çalışmasını gerektirmektedir. Dünyadaki yapı inşaatına benzer şekilde, hammadde, ulaşım, kargo, uzay inşaat teknolojilerinin teknik sorunları, insan yerleşiminden önce ele alınmalıdır. Mars için düşünülecek bir üs için tüm koşullar ele alındıktan sonra insan faktörü de çalışmanın içine önemli bir girdi olarak yerleştirilmelidir. Çünkü bir üssün tasarımında ana faktör insan yaşamı ve yaşamın sürekliliğidir. Bu yüzden insanların uzun süreli bir uzay yaşamında insanlar için ne gibi faktörlerin önemli olduğu ele alınmalıdır.

Mars keşif misyonlarının geçmişine ve güncel Mars keşif sonuçlarına dayanan bu çalışmanın amacı; gelecekteki Mars keşifleri ve Mars'ta olası bir üs inşaatı için olası inşaat yöntemlerine ve aşırı çevredeki malzemeler için gereksinimlere genel bir bakış sağlamaktır. Mars'taki çevre ve arazi koşullarını tanıtmakta, Mars'ta bir üssün inşası için kullanılabilecek, dünyadaki yerel kaynakların ve Marstaki kaynakların araştırmasını gözden geçirmekte, insanların bir üs içinde konfor ve ergonomi koşullarını ele almakta, üs için kullanılabilecek enerji kaynaklarını incelemekte ve bazı yapısal uygulanabilir yapım sistemlerini ve malzemelerini incelemekte, çeşitli örnekler incelenerek, önerilerde bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Mars yapıları, mars yapı strüktürleri, uzay mimarisi, mars yapım sistemleri, mars yapı malzemeleri

EXAMINATION OF MARTIAN HABITATS FROM THE VIEWPOINT OF STRUCTURE

ABSTRACT

Space missions started in the 1950s and continue to progress, have shown great advances with today's developing technologies. Humankind's exploration of space conditions and their journeys to different planets have enabled the development of new systems with various conditions for humanity to live in space. It is thought that the next destination for humans to expand colonization will be Mars. However, creating a living space requires the collaboration of more than one discipline, as it is an indispensable part of architecture. Similar to construction processes on Earth, technical problems of raw materials, transportation, cargo, and space construction technologies must be addressed before human settlement. Considering all the conditions for a habitat on Mars, the human factor should be placed as an important input into the study because the main factor in the design of a habitat is human life and its continuity. Therefore, essential factors for humans in long-term life in space should be addressed.

Based on the history of Mars exploration missions and current Mars exploration results, the aim of this study is to provide an overview of possible construction methods and requirements for materials in the extreme environments for future exploration and potential habitat constructions on Mars. The study introduces the environmental and terrain conditions on Mars, reviews the research of resources on Earth and on Mars that can be used during the construction of a habitat on Mars, considers the comfort and ergonomics of humans in a habitat, examines the energy sources that can be used, examines some structurally viable constructions systems and materials by drawing from various examples, and offers suggestions for the future.

Keywords: Mars buildings, mars building structures, space architecture, mars construction systems, mars building materials

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Amacı	2
1.2 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi	3
BÖLÜM 2 - MARS VE İNSANLIK İÇİN UZAYA BAKIŞ.....	5
2.1 Mars Koşulları	8
2.1.1 Yer Çekimi.....	8
2.1.2 Radyasyon.....	8
2.1.3 Atmosfer	9
2.1.4 Sıcaklık	10
2.1.5 Rüzgâr.....	10

2.1.6 Su	11
2.1.7 Regolit.....	12
2.1.8 Yapı Fiziği	13
2.2.Arazi Koşulları	15
2.2.1 Volkanlar	15
2.2.2 Ovalar	17
2.2.3 Kanyonlar	17
2.2.4 Vadiler	18
2.2.5 Yamaçlar.....	20
2.2.6 Kraterler.....	21
2.2.7 Kanallar.....	22
2.2.8 Mars'ta Mimari Bir Üs İçin Yeryüzü Şekline Bağlı Mimari Çıkarımlar	23
2.3 Mars'ta İnsanlık İçin Hayatta Kalma Koşulları	26
2.3.1 Hayatta Kalma Sorunu.....	27
2.3.2 Yaşam Destek Sistemi	28
2.3.3 Yaşam Destek Sistemi Kaynakları	29
2.4 Konfor ve Ergonomi.....	30
2.5 Mars Yapıları İçin Enerji Kaynakları.....	32
2.5.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	33
2.5.2 Nükleer Kaynaklı Diğer Enerji Kaynakları	35
BÖLÜM 3 - AŞIRI KOŞULLARDA YAŞAM ALANLARI	37
3.1 Dünya Aşırı Koşullarında Yaşam Alanları	37
3.1.1 Kutupsal Habitatlar	37

3.1.2 Sualtı Habitatları.....	54
3.1.3 Yeraltı Habitatları	61
3.2 Uzay Koşullarında Yaşam Alanları.....	63
3.2.1 Yörünge Habitatları	64
3.2.2 Ay Habitatları	73
3.2.3 Mars Habitatları	75
BÖLÜM 4 - TEMEL MARS MİMARİSİ.....	76
4.1 Mars Arazisi Koşullarında Mimari Yerleşim.....	76
4.2 Mars Yapıları İçin Malzeme Seçimi	77
4.2.1 Dünya Kaynaklı Malzeme Seçimi	77
4.2.1.1 Çelik	78
4.2.1.2 Alüminyum	78
4.2.1.3 Titanyum	79
4.2.1.4 Cam	79
4.2.1.5 Membran	80
4.2.1.6 Plastik veya Plastik Kökenli Malzemeler	81
4.2.2 Mars Kaynaklı Malzeme Seçimi	82
4.2.2.1 Regolit	82
4.2.2.2 Kükürt Betonu	83
4.3 Mars Yapıları İçin Strüktür Tipleri	84
4.3.1 Metal ve Plastik Kaynaklı Yapılar.....	85
4.3.2 Genişleyebilir Özellikte Yapılar	86
4.3.3 Yeraltı İçin Delinerek Yapılacak Yapılar	86
4.3.4 Regolit ve Taş Kaynaklı Yapılar	88
4.3.5 Modüler Yapılar.....	89

4.5 Mars Yapılarında İç Mekan.....	93
4.5.1 İç Mekan Konstrüksiyonu	95
BÖLÜM 5 - EKSTREM KOŞULLARDAKİ BİR MARS KONSEPT VE PROJE ÖRNEKLERİ	98
5.1 Proje İncelemeleri.....	98
5.1.1 Hassel Mimarlık Stüdyosu Mars Habitati	98
5.1.2 Foster&Partners Mars Habitat Projesi	101
5.1.3 Mars Ice Home Projesi	104
5.1.4 Mars X–House V2	108
5.1.5 Mars Ice House Projesi	121
5.2.Mimari Çıkarımlar ve Strüktürlerin Karşılaştırılması	126
BÖLÜM 6 - SONUÇ	130
KAYNAKLAR	132

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Mars Keşfi İçin Strateji ve Görevler	6
Şekil 2. 2 Mars Olympus Mons Volkanı.....	16
Şekil 2.3 Olympus Mons Dağı ve Arizona Sınırı	17
Şekil 2.4 Şekil 2.4 Mars Aracı Insight'ın indiği Mars'ta Bir Ova Elysium Planitia..	17
Şekil 2.5 Valles Marineris Kanyonu ve A.B.D Ölçeği	18
Şekil 2.6 Chasma ve Catena'nın Perspektif Görünümü - Kuzeydoğu Görünüşü.....	19
Şekil 2.7 Medusa Fossae'nin Perspektif Görünümü - Güneybatı Görünüşü.....	19
Şekil 2.8 Tenuis Rupes Üst Görünümü.....	20
Şekil 2.9 Scylla Scopulus Üst Görünümü	20
Şekil 2.10 Üçlü Mars Kraterinin Perspektif Görünümü.....	21
Şekil 2.11 Mars'ta Oluklar ve Kanallar	23
Şekil 2.12 Peyzaj ile ilgili farklı mimari örnekler.....	23
Şekil 2.13 Bir yamaçta veya yamacın eteğinde giriş bulunan çok katlı arazi kavramları.....	25
Şekil 2.14 Bir tepede bulunan çok katlı arazinin ana hat kavramları.....	25
Şekil 2.15 Bir kraterde ve bir vadide bulunan üslerin ana hat kavramları.....	26
Şekil 2.16 Düzensiz bir arazide bulunan üslerin ana hat kavramları	26
Şekil 2.17 Kavramsal füzyon yüzey güç sistemi konfigürasyonu	36
Şekil 3.1 Bir iglo örneği ve havanın içerdeki hareketi.....	38
Şekil 3.2 Amundsen-Scott İstasyonu Vaziyet Planı.....	39
Şekil 3.3 Amundsen-Scott İstasyonu Jeodezik Kubbenin İç Görünümü	40
Şekil 3.4 Amundsen-Scott İstasyonu Jeodezik Kubbesi ve Skylab Bağlantısı.....	40
Şekil 3.5 Amundsen – Scottt South Pole İstasyonu	41
Şekil 3.6 Amundsen Scott South Pole İstasyonu 2018	41
Şekil 3.7 İstasyonun kubbesi sökölürken	42
Şekil 3.8 Halley 1 Yapının İnşası.....	43
Şekil 3.9 Halley 2 İstasyonu.....	43
Şekil 3.10 Halley 2 İstasyonu.....	44
Şekil 3.11 Halley 3 İnşası 1973	45
Şekil 3.12 Halley 3 Buz Falezi 1993.....	45
Şekil 3. 13 Halley 4.....	46

Şekil 3.14 Halley 5 Yapısı	46
Şekil 3.15 Halley 6 Yapısı	47
Şekil 3.16 Halley 6 Araştırma İstasyonu'nun Havadan Görünümü	47
Şekil 3.17 Halley 6 Hareketi İçin Hidrolik ve Kayak Sistemli Ayakları	48
Şekil 3.18 Şekil 3.18 Halley 6 İstasyonu İç Mekan ve Renkleri	49
Şekil 3.19 Georg Von Neumayer İstasyonu İç Mekan Görüntüsü /Dalgalı Çelik Levhalar	50
Şekil 3.20 Georg von Neumayer İstasyonu - Kar yüzeyinin altında yer alan tüp yapısının şematik diyagramı	50
Şekil 3.21 Tüplerin Enine Kesiti	51
Şekil 3.22 Neumayer II İstasyonu Şematik Diagram Gösterimi	52
Şekil 3.23 Neumayer Stations 1981 / Neumayer Stations II 1992	53
Şekil 3.24 Spid Yapısı	55
Şekil 3.25 Tektite habitatı	56
Şekil 3.26 Precontinent II Starfish Yapısı	57
Şekil 3.27 Precontinent II Rocket Yapısı	58
Şekil 3.28 Precontinent II Onion Yapısı	58
Şekil 3.29 Precontinent II Onion Habitatı'nın Kalan Hangarı	59
Şekil 3.30 Aquaris habitatı planı	59
Şekil 3.31 Aquaris habitatı	60
Şekil 3.32 Salyut 1 ve Soyuz 11 kenetlenme diyagram gösterimi	65
Şekil 3.33 Mir uzay istasyonu	67
Şekil 3.34 Uluslararası uzay istasyonu şematik diyagramı	68
Şekil 3.35 Skylab uzay istasyonu şematik diyagramı	70
Şekil 3.36 Space Shuttle şematik diyagramı	72
Şekil 3.37 Apollo Lunar modülü diyagramı	74
Şekil 4.1 Metal Konstrüksiyon Planları: Paketlenmiş ve Monte Edildikten Sonra ...	90
Şekil 4.2 İsimleri ve Kaynak	94
Şekil 4.3 İsimleri ve Kaynak	95
Şekil 5.1 Hassel Mimarlık Stüdyosu Mars Habitatı	98
Şekil 5.2 Habitatın kabuk, modüler birleşim ve modüllerin işlevleri aksonometrik görünüm	99

Şekil 5.3 Habitat dış ve iç görünümü	100
Şekil 5.4 Habitatların modüler olarak bir araya gelişi	100
Şekil 5.5 Foster&Partners Mars habitati	101
Şekil 5.6 Habitat dış görünümü ve inşa aşamaları	102
Şekil 5.7 Habitatların dış görünümü ve iç görünümü	103
Şekil 5.8 Modüler birleşim ve modüllerin işlevleri aksonometrik görünümü	103
Şekil 5.9 Mars ice home.....	104
Şekil 5.10 Habitatın kesiti ve yüzeye oturma şekli	105
Şekil 5.11 Habitat iç ve dış görünümü	106
Şekil 5.12 Habitatın planları ve iç mekan yerleşimi	106
Şekil 5.13 Habitatın kesiti 1	107
Şekil 5.14 Habitatın kesiti 2	107
Şekil 5.15 Mars X-House V2.....	108
Şekil 5.16 Mars X-House yapısal konsept 2	109
Şekil 5.17 Mars X-House yapısal konsept 3	109
Şekil 5.18 Mars X-House yapısal konsept 4	110
Şekil 5.19 Mars X-House yapısal konsept 5	111
Şekil 5.20 Yapısal konsept / Yapı & Güçlendirme malzemeler	111
Şekil 5.21 Radyasyon kalkanı 1	112
Şekil 5.22 Radyasyon kalkanı 2	112
Şekil 5.23 Radyasyon kalkanı ve malzeme 1	113
Şekil 5.24 Habitat dış görünümü ve habitatların bir araya gelişi	113
Şekil 5.25 Mekanik çekirdek 1.....	114
Şekil 5.26 Mekanik çekirdek 2.....	114
Şekil 5.27 Habitat dış görünümü ve uzay aracının habitata gelişi	115
Şekil 5. 28 Acil çıkış durumu.....	115
Şekil 5.29 Zemin seviye 1 laboratuvarlar, depolama ve operasyon alanı.....	116
Şekil 5.30 Seviye 2 hijyen odası ve mekanik sistemler	117
Şekil 5.31 Seviye 3 ve 4 yatak odaları ve yeşil alan	118
Şekil 5.32 Seviye 5 mürettebat ortak alanı ve operasyon alanı.....	119
Şekil 5.33 Habitat seviye 1 ve 3 iç mekan görünümleri	119
Şekil 5.34 Malzeme sistemi ve ISRU inşa edilebilirliği	120

Şekil 5.35 Mars X-House V2	121
Şekil 5.36 Mars Ice House 1. Kat planı	122
Şekil 5.37 Dikey bahçeler	122
Şekil 5.38 Mars Ice House 2.Kat planı	123
Şekil 5.39 Mars Ice House 3.Kat planı	123
Şekil 5.40 Mars Ice House 4. Kat planı	124
Şekil 5.41 Habitat çeperinin içten görünümü.....	124
Şekil 5.42 Wasibo aracı.....	125
Şekil 5.43 iBo aracı	125



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1 Mars ve dünya koşulları ve özellikleri karşılaştırılması.	14
Tablo 5.1 Hassel mimarlık stüdyosu Mars habitatı genel bilgileri	98
Tablo 5.2 Foster&Partners Mars habitat projesi genel bilgileri.....	101
Tablo 5.3 Mars Ice Home projesi genel bilgileri	104
Tablo 5.4 Mars X–House V2 genel bilgileri.....	108
Tablo 5.5 Mars Ice House projesi genel bilgileri.....	121
Tablo 5.6 Yapı değerlendirme tablosu.	128



KISALTMALAR

SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
ROSCOSMOS	: Rusya Federal Uzay Ajansı
ISS	: Uluslararası Uzay İstasyonu
AU	: Astronomik Birim
UV	: Ultraviyole
MPV	: Mars Basınçlı Aracı
LSS	: Yaşam Destek Sistemi
SHAB	: Yüzey Habitatı
PV	: Fotovoltaik
MER	: Mars Keşif Aracı
FSP	: Füzyon Yüzey Gücü
RPS	: Radyoizotop Güç Sistemleri
USAP	: Amerika Birleşik Devletleri Antarktika Programı
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
NOAA	: Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
STS	: Uzay Taşımacılığı Sistemi
LM	: Ay Modülü
CSM	: Komuta ve Hizmet Modülü
ETFE	: Etilen tetrafloroetilen
PTFE	: Politetrafloroetilen
MPA	: Mega Pascal
CC	: Kükürt Betonu
ISRU	: Yerinde Kaynak Kullanımı
SCCC	: Kükürt Beton Kontur Üretimi
AM	: Katmanlı Üretim
USACE	: Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisler Birliği
ECLSS	: Çevresel Kontrol ve Yaşam Destek Sistemi

MEP	: Mars Keşif Programı
EVA	: Araç Dışı Aktivite
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen Koruyucu
EDL	: Giriş Alçalması ve İniş
MMRTG	: Çok Amaçlı Radyoizotop Termoelektrik Jeneratör



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1950’li yıllardan beri insanlığın süregelen uzay merakı, günümüz teknolojisi ve çeşitli araştırmalarla daha fazla ilgi kazanmıştır. Yakın gelecekte Mars’a insanlı görevler ve habitat kurma planları yapılmaktadır. Mars’ta yaşam fikri şu anda uzay araştırmalarının ana konusu olarak yer almaktadır. Bilim insanları, Mars konusunda çeşitli araştırmalar, çalışmalar ve deneyler yapmaktadır. Günümüzde Mars’ta yarı-otonom robotlar gelecekteki insanlı görevler için çeşitli veriler toplamakta ve çalışmalar yapmaktadır.

Mars, insanın hayatta kalması için ihtiyaç duyulan birçok hammaddeyi sağlayabildiği için, insanların yerleşmeyi düşündüğü Dünya dışı ilk yaşam alanı olmuştur. Mars’a bir insan misyonunun birincil görevleri, gezegen jeofiziğinin ve aşırı koşulların incelenmesidir. Mars’ın yapısı ve koşulları anlaşılırsa üs kurma ve tasarlama görevi daha iyi anlaşılır. Böyle bir görevi tasarlarken, önemli mimarlık ve mühendislik amaçları, Dünya’dan destek malzemelerinin taşınmasını sağlamak ve böylece maliyetleri en aza indirmektir. Bir habitatın kurulumu için, herhangi bir görevin Dünya’dan geçici olarak kesilmesi durumunda, riski azaltmak için görevin kendi kendine yeterliliği tasarımcılar için önemli bir etmendir.

Mars’ta geçmiş yıllarda ve günümüzde çeşitli araştırmalar yapan robotlar bulunmaktadır. Bu robotların uzun yıllardır süregelen başarısı düşünüldüğünde, Mars’a gerçekleşecek bir görev için günümüz teknolojisinde robotların kullanılması ihtimali çok fazladır. Bu bağlamda, çalışma kapsamında Mars gezegeninin yapısının, aşırı yaşam koşullarının, arazi koşullarının, enerji sağlama ve bir üs kurulumu ve malzemeleri için gerekli olan; yapı türleri, yapım türleri, insanların konfor ve ergonomisi, aşırı koşullardaki yapı türlerinin anlaşılması amaçlanmıştır. Çalışmada çeşitli tasarımlar ve örnek projelerin incelenmesi ile elde edilen sonuçlar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

1.1 Araştırmanın Amacı

Uzay araştırmalarındaki 1950'lerden başlayan ve hala devam eden ilerlemeler ile yeni teknolojik gelişmeler Mars'a insanlığı bir adım daha yaklaştırmıştır. Gelişen roket kalkış ve iniş sistemleri, farklı gezegenlere gönderilen otonom ve yarı-otonom robotlar, yapılan yeni keşifler insanlığın Mars yolculuğunda önemli gelişmeler elde etmesini sağlamıştır. Mars'ta gelecekte kurulacak olan bir habitatın mimari sorunlarını incelemek ve araştırmak bu çalışmanın amacıdır.

Mars için bir habitatın fikir aşamasından başlayarak, bu çalışma için en önemli unsur olan, insanın barınma ihtiyacı için olacak mekanların ve habitatların kurulumu, insanların güvenilir, rahat bir şekilde bu habitatlarda yaşamaları bu çalışmanın temel araştırma konusunu oluşturur. Olası bir habitat, insan için bir yerleşme, yaşanılabilir şekilde tasarlanacak bir çevrede konumlanmalıdır. Mars habitatı insanların Mars'ta yaşayabileceği bir yer anlamına gelir. Mars habitatları, Mars'ın aşırı koşullarına dayanıklı olarak yapılmalı ve insanların uzun süreli yaşayabileceği bir ortam oluşturmalıdır.

Bir habitat, insanları Mars'ın aşırı koşullarından korumanın yanında, insanların veya araştırmacıların uzun süre maruz kalacağı olumsuz psikolojik etkileri de gözetmelidir. Bu yüzden yapılacak habitatların dış kabuğu kadar iç mekanları da çok önemlidir. Yakın gelecekte Mars'a insanlı görevler ve habitat kurma planları yapılmaktadır. Mars'ta oluşturulacak bir yaşam fikri şu anda uzay araştırmalarının ana konusu olarak yer almaktadır. Bilim insanları, Mars konusunda çeşitli araştırmalar, çalışmalar ve deneyler yapmaktadır. Yakın gelecekte ve günümüzde Mars'ta yarı-otonom robotlar gelecekteki insanlı görevler için çeşitli veriler toplamakta ve çalışmalar yapmaktadır. Bir habitat olarak Mars üssü kurulumu, yapı sistemi problemleri, yürütülen araştırmalar bu çalışmanın ana başlıklarını oluşturmaktadır.

1.2 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Bu tezde, Mars gezegeni ortamında yapılacak olan bir üssün veya yapının yapım süreci, tasarımı ve yapım sistemlerinin yere bağlı sorunları incelenerek, yapının kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma altı ana başlık altında incelenmiştir. Çalışmanın birinci bölümde konu genel hatları ile ele alınarak, uzay yolculukları ve Mars gezegeni için genel bir çerçeve oluşturulmuştur. Bölümün sonunda çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmaktadır.

İkinci bölümde Mars'ın arazi koşulları açıklanmış, Mars ile Dünya gezegenlerinin arazi koşulları karşılaştırılmıştır. Mars gezegeninin arazi koşulları hakkında açıklamalar ve çıkarımlar yapılmıştır. Yapılan çıkarımlar yardımıyla gelecekte kurulacak olan, olası bir Mars üssünün arazi ile ilişkisi grafikler üzerinden ele alınmıştır. Bir Mars üssü için ilk görev aşamasından kalıcı aşamaları da kapsayacak hayatta kalma koşulları açıklanmıştır. Bir habitat içinde yaşayacak insanlar için hayatta kalma sorunu, ve yaşam destek sistemleri anlatılmıştır. Habitatın konfor ve ergonomisi bu bölümde açıklanmıştır. Bu konfor ve ergonomi insanların bir Mars üssünde yaşamasına uygun koşulların sağlanması için önemlidir. Bir habitat için sağlanacak enerji kaynakları bu bölümde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde Dünya ve uzay koşullarındaki aşırı koşullardaki yaşam alanları incelenmiştir. İncelenen yaşam alanlarından çıkarımlar yapılarak potansiyel bir Mars üssünün nasıl olabileceği hakkında açıklamalar yapılmıştır.

Dördüncü bölümde Mars gezegeni mimari açıdan incelenmiştir. Muhtemel bir habitat yapısının araziye inşa aşamasından, strüktür tipi, inşa türü, kullanılabilecek potansiyel malzemeler, mimari form, iç mekân ve iç mekan konstrüksiyonu ele alınmıştır. Bu bölüm ile habitatlara mimari bakış derinleştirilmiştir. Önceki bölümlerden elde edilen verilerden çeşitli sonuçlar çıkarılmıştır.

Beşinci bölümde bugüne kadar yapılmış NASA, ESA gibi uzay programlarının planladığı yarışmalar veya özel olarak çeşitli ofislerin veya kişilerin yaptığı projeler incelenmiştir. Farklı yalıtım ve strüktür olanaklarını açıklayabilecek ve

inceleyebilecek şekilde seçilmiştir. Değerlendirmeler, bu bölümde tablo ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş ve açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, yapılan incelemeler sonucunda potansiyel bir Mars üssü hakkında değerlendirilmeler yapılmıştır.



BÖLÜM 2

MARS VE İNSANLIK İÇİN UZAYA BAKIŞ

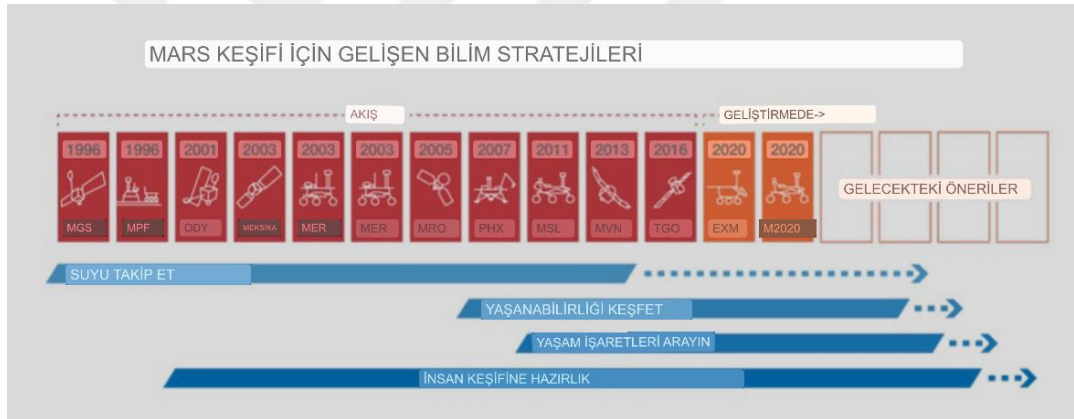
Uzay yolculuğunun başlangıcı 20.yüzyıl 1950'lerinde başlamaktadır. İlk insanlı uzay görevlerinin ise 1960'larda başladığı kabul edilmektedir. 1957 yılında SSCB (Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği)'nin Sputnik 1 yapay uydusunu dünya yörüngesine göndermesiyle insanlığın uzay macerasının başladığı kabul edilir. SSCB'nin bu adımının ardından, ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'de 1958'de Explorer I adlı ilk uydusunu dünyanın yörüngesine gönderir. SSCB ve ABD arasındaki uzay yarışı 1960'lı yıllarda derinleşerek, uzay yolculuklarının öneminin artmasını sağlamıştır. Yuri Gagarin' in 1961'de uzay aracıyla uzaya çıkarak Dünya yörüngesinde tur atmıştır. Böylece uzaya çıkan ilk insan Yuri Gagarin olmuştur. SSCB'nin bu adımının ardından ABD 1969 yılında Apollo 11 uzay aracı ile Ay'a ilk insanlı iniş olan görevini tamamlamıştır.

Günümüzde hala insanların indiği tek gezegenin, dünyanın doğal uydusu olan Ay olduğu bilinmektedir. Ay'ın, kuru, boş, herhangi bir atmosferden yoksun, elverişsiz bir yer gibi görünmesinin yanında, çok düşük yerçekimi hareket etmeyi çok zorlaştırmaktadır. Diğer gezegenlerde ve uydularda, insanlar için tamamen değişik çevre koşulları bulunur ve insanlar bu koşullara uygun değildir. Bu tür yerleri insanlar için uygun hale getirme olasılığı vardır, bu da uygun yaşam koşullarını sağlamak için bu gök cisimlerini yeniden şekillendirmek anlamına gelir (Kozicka, 2008a).

Bununla birlikte, süreç her zaman çok uzun, karmaşık ve tehlikelidir, ayrıca getirilen geçiş yani insanlar için uygun hale getirme süreci, bakir sahneyi geri dönüşü olmayan bir şekilde etkileyebilir. Bu durumda, insanların güvenle yaşayabileceği ve çalışabileceği yapay hermetik ekosistemler inşa edilmelidir. Bu ekosistemlerin boyutları muhtemelen bir şehrin büyüklüğü kadar olabilir. Ayrıca, mekanın kendisinde ve küçük gezegenlerin iç kısımlarında yerleşimler yaratma fikri de vardır. Günümüzdeki teknoloji ve imkanlarla ilgili olarak, en rasyonel karar Mars'ın kolonizasyonu gibi görünmektedir. Bunun çeşitli nedenleri vardır, en önemlileri, Dünya'nın yerçekimine, en çok benzeyen yerçekimidir. Bazı önemli yerel

kaynakların varlığı, suyun en önemlisi olarak sayılması gibi. Bunun yanında yapısal olarak kullanılabilecek çeşitli madenlerin varlığı. Bir üssün inşasında kullanılabilecek yerel malzemelerin varlığı önemli bir etmendir.

Günümüzde 2025-2030 yılları için Mars'a ilk insanlı görevler yapılması planlanmaktadır. Bu planlamalar roket teknolojileri ve marsta halen yapılan araştırmalara bağlı olarak daha yakın veya daha uzak tarihlerde gerçekleşebilir (Şekil 1.1). Mars keşfinin ilk planları, uzayda ilk insan yerleşimlerinin kurulması göz önünde bulundurularak çalışılmış olup, çeşitli ülkelerin uzay programları NASA, ESA, ROSCOSMOS gibi ve bilim adamları tarafından hazırlanmaktadır. Bu planlamalar birçok farklı bilim dalından araştırmacının bir araya gelmesiyle yapılmaktadır.



Şekil 2.1 Mars Keşfi İçin Strateji ve Görevler (Mars Exploration, t.y.)

Mars'a insanlı görevler için gerekli olan bilim ve mühendislik dalları arasında mimarlık da bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda Mars için fazla bilimsel kaynak ve katkı olmadığından dolayı, mimarlık alanı kızıl gezegen ile fazla ilişkilendirilemiyordu. Bazı sorunların çözümleri için çeşitli taslaklar ve teknolojik çözümler bulunmaktadır. Günümüzde Mars'a yapılacak bir üssün inşası için bilim insanları tarafından araştırmalar ve katkılar yapılmaktadır. Bu tür katkılar bireysel, mimari ofislerin yaptığı veya yarışmalar aracılığıyla yapılan katkılardır. Yarışmalar genellikle NASA tarafından açılan, habitat tasarım fikrini, habitatlarda yaşama fikrini, inşa etmeyi ve

kolonileşmeyi içeren projelerdir. Yarışmalarda yer alan projelerden bazıları bu çalışmanın 5.bölümünde yer almaktadır.

Mars'ın kolonileşmesinin olası seyrinin ne şekilde gerçekleşeceğini şu an belirlemek zordur. Bir misyon çeşitli aşamalar halinde gerçekleştirilebilir. Bu aşamalar yapılan çalışmalar ve örnekler üzerinden düşünülerek şu maddelerle açıklanabilir:

- İlk insanlı misyonlar için sadece birkaç kişinin kullanabileceği küçük habitat modülleri oluşturulabilir. Bu habitat modüllerini yüzeyde oluşturabilmek, inşa edebilmek için insanların çeşitli zararlı etkenlerden korunması sağlanmalıdır. Bu etkileri en aza indirmek için ilk ekibin gelişinden önce otonom veya yarı-otonom robotlar yardımıyla ve 3D teknolojisi kullanılarak bir yapı veya habitat oluşturulabilir.
- Koruyucu yapılar oluşturulduktan sonra, küçük modüller yapılır ve bu modüllerin birbirine bağlantıları yapılarak küçük bir üs oluşturulabilir.
- Büyük bir Mars üssünün inşası için birkaç düzine veya yüz kadar kişi için sabit veya uzun süreli olacak büyük bir bina inşa edilmelidir.
- Üssün kademeli olarak kentleşme düzeyine doğru ilerlemesi sağlanır ve sakinlerin sayısının artmasının önü açılır.

Üslerin inşa aşamasına gidecek ilk mürettebatın psikolojik dayanıklılığı için, yapılacak ilk üssün veya modüllerin mürettebatın rahatlığını en üst düzeyde sağlamak amacıyla yapılması önemlidir. Tüm aşamalar habitatın inşası için birbiriyle bağlantılı ve kaçınılmaz olmaktadır.

2.1 Mars Koşulları

Mars gezegeninin dünyaya olan yakınlığı 55 milyon kilometredir. Güneşe en yakın dördüncü gezegen olan Mars, yaklaşık 229 milyon kilometre mesafededir. Yüzeyindeki demir oksitten dolayı kıızımsı bir renge sahiptir. Dünya gibi yıl içerisinde güneşe yakınlaşır ve uzaklaşır. Mars'ta bir yılın uzunluğu 687 Dünya gününe eşittir. Bir günün uzunluğu ise 24 saat 37 dakikadır. Mars gezegeninin çapı yaklaşık 6800 km'dir (Çiçek, t.y.).

2.1.1 Yer Çekimi

Mars'taki yerçekimi sadece 3.69m/s^2 , yani yaklaşık $1/3g$: Dünya'nın yerçekiminin üçte biridir. Mars'ın kütlesi 6.4171×10^{23} kg, yani Dünya'nın kütlesinin 0.107 katıdır. Ayrıca, 0.532 Dünya yarıçapına kadar uzanan 3.389,5 km'lik ortalama yarıçapına sahiptir. Mars'ın yüzey yerçekimi bu nedenle matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir: $0.107 / 0.532^2$, buradan 0.376 değerini elde ederiz. Dünyanın kendi yüzey yerçekimine bağlı olarak, bu, saniyede 3,711 metrelik bir ivmeye karşılık gelir.

Temel olarak, Dünya normalinin üçte birinden biraz daha fazla olan yerçekimine uzun süreli maruz kalmanın etkileri, yaklaşan insanlı görevler veya kolonizasyon çabaları için herhangi bir planın önemli bir yönü olacaktır. Örneğin, Mars One gibi kitle kaynaklı projeler, katılımcıları için kas bozulması ve osteoporoz olasılığını hesaba katmaktadır. ISS (International Space Station - Uluslararası Uzay İstasyonu) astronotlarının yakın tarihli bir çalışmasına atıfta bulunarak, 4-6 ay arasında değişen görev sürelerinin maksimum % 30 kas performansı ve maksimum % 15 kas kütlesi kaybı gösterdiği kabul edilmektedir (M. Williams & Today, t.y.).

2.1.2 Radyasyon

Mars atmosferinin küçük yoğunluğu nedeniyle bulutlar nadiren bulunur ve güneş ışığının çoğu gezegene ulaşır. Beyaz ışığı güçlü bir şekilde yansıtan su buharı

bulutları bakımından zengin, kalın ve yoğun gaz kalkanı ile Dünya'da yörüngeye ulaşan radyasyonun daha küçük bir kısmı Dünya'nın yüzeyine ulaşabilir (Mieszkowski, 1975).

Atmosferde su buharından dolayı oluşan bulutlar çok azdır. Fakat yüzeydeki tozdan dolayı oluşan ince bir toz tabakası bulunur. Bu toz tabakası güneş ışığının yüzeye efektif gelişini engeller. Rüzgâr ne kadar güçlü olursa, yüzeyin üzerinde o kadar fazla toz parçacığı kalır. Mars yüzeyinde şiddetli bir toz fırtınası sırasında, alan karanlıkta kalır. Bazı fırtınalar aylarca bile sürebilmektedir. Bunun sonucu olarak, fırtınalar düşük miktarda görünür ışıkla sonuçlanmaktadır. Mars atmosferinde ultraviyole radyasyonunu durdurabilecek hiçbir ozon tabakası yoktur. Her ne kadar yoğunluğu, Güneş'ten gelen 1.5 AU (Astronomik Birim - Dünya ile güneş arası mesafedir)'lük mesafeden daha düşük olsa da yeterli bir şekilde 1 AU, ama Mars atmosferindeki ozon eksikliğinden dolayı, çok güçlü bir UV radyasyonu gezegenin yüzeyine ulaşır, bu insanlar için tehlikeli olandır. En tehlikeli radyasyon güneş radyasyonudur (Kozicka, 2008c).

2.1.3 Atmosfer

Mars, çoğunlukla karbondioksit, nitrojen ve argon gazlarından oluşan ince bir atmosfere sahiptir. Gözümüze göre, Dünya'da gördüğümüz tanıdık mavi renk yerine asılı toz nedeniyle gökyüzü puslu ve kırmızıdır. Mars'ın seyrek atmosferi, göktaşları, asteroidler ve kuyruklu yıldızlar gibi nesnelerin etkilerinden çok fazla koruma sağlamaz. Mars'taki sıcaklık 20 santigrat derece kadar yüksek veya yaklaşık -153 santigrat derece kadar düşük olabilir. Ve atmosfer çok ince olduğu için, Güneş'ten gelen ısı bu gezegenden kolayca yok olabilir (*In Depth Mars*, 2019).

Dünyadaki standart deniz seviyesinde hava basıncı 1.013 milibar'dır. Mars'ta yüzey basıncı yıl boyunca değişir, ancak ortalama 6 ila 7 milibardır. Bu, buradaki deniz seviyesi basıncının yüzde birinden azdır. Dünya üzerindeki bu baskıyı deneyimlemek için, yaklaşık 45 kilometre yüksekliğe çıkmak gerekmektedir. Mars'ın yüzey basıncı da yüksekliğe bağlı olarak değişir. Örneğin, Mars'ın en alçak yeri, "deniz seviyesinin" 7,2 km altındaki Hellas çarpma havzasında yer alır. Oradaki

basınç ortalama 14 milibardır. Ancak 22 km yüksekliğindeki Olympus Mons'un tepesinde, basınç yalnızca 0,7 milibar. Dünyanın atmosferik basıncı da rakıma göre değişir, ancak Mars'ta Dünya'da burada meydana gelmeyen mevsimsel bir basınç değişimi vardır. En yüksek basınçlar güney yaz aylarında, en düşük basınçlar ise kuzey yaz aylarında meydana gelir. Bu değişimi yönlendiren şey, kuzey ve güney kutup kışları boyunca farklı sıcaklıklardır. Kuzey kutup kışları nispeten ılık ve kısadır; güneydekiler uzun ve serttir. Sıcaklıklar -123° Celsius'un altına düştüğünde, CO_2 don, kar veya buz olarak donar. Bu, Mars'ın her yerinde hava basıncının %25 ila %30 oranında düşmesine neden olur (*Mars Education | Developing the Next Generation of Explorers*, t.y.-a).

Mars'ın atmosferinde Dünya'da olduğu gibi ozon tabakası yoktur. Bu, Güneş'ten gelen ultraviyole radyasyonun ve astronomik kaynakların engelsiz olarak yüzeye ulaştığı anlamına gelir. Bu radyasyon, maruz kalan organik bileşikler için zararlıdır. Ozon tabakasının olmaması, aynı zamanda Mars atmosferinin Dünya'nın stratosferine karşılık gelen sıcak bir tabakaya sahip olmadığı anlamına da gelmektedir. Toz fırtınalarına ek olarak, Mars'ta hem su buzu hem de CO_2 buzu parçacıklarından oluşan bulutlar vardır (*Mars Education | Developing the Next Generation of Explorers*, t.y.-a)

2.1.4 Sıcaklık

Mars'ta ortalama sıcaklık -60°C 'dir. Gezegenin yüzeyinde oluşan sıcaklık dalgalanmaları büyüktür; en soğuk kış aylarında sıcaklık -140°C 'ye düşebilir ve en sıcak yaz gününde sıcaklık 27°C 'ye yükselebilir. Gündüz ve gece arasındaki farklılık 100°C 'ye kadar çıkabilir (Mintus, 2019).

2.1.5 Rüzgâr

Dünya'da rüzgarları harekete geçiren kuvvet Güneş'ten gelen ısıdır. Mars'ta da aynı kuvvet bulunur. Ancak iki gezegenin farklı atmosferleri vardır. Atmosferik bileşimdeki farklılıkların yanı sıra, Dünya ve Mars yüzey malzemeleri bakımından

da farklılık gösterir. Örneğin, Dünya'nın yüzeyi büyük ölçüde okyanuslardır ve hava için hazır bir ısı ve su buharı kaynağı sağlar. Mars'ta açıkta su bulunmamakta ve atmosferde sadece su buharı izleri vardır. Dünya üzerindeki su, okyanuslar, göller, bulutlar, buhar, yağmur, kar, buz gibi çeşitli biçimlerinde dönüşürken, atmosferde çok fazla enerji taşır. Bu durumda büyük ve yıkıcı fırtınalar yaşanabilmektedir. Yalnızca bir su buharı izine sahip olan Mars atmosferi, çok daha az enerji taşır ve Dünya'ninkinden çok daha az dinamiktir (Mintus, t.y.).

Mars'ın yüzeyinde çok fazla kaya bulunmaktadır. Örneğin lav akıntıları, Mars'ın birçok bölümünü kaplar. Yine de nispeten az sayıda yer sadece sert kaya yüzeyi gösterir. Bunun yerine, toz, kum ve ince taneli tortular Mars'ın yüzeyinin çoğunu kaplar. Büyük ölçüde bulutsuz bir gökyüzü altında, bu çökeltiler gün geçtikçe ısınır ve geceleri hızla soğur. Mars'ta ekvator yakınındaki günlük sıcaklık aralığı 100 °C 'a ulaşabilir. Hava, sıcak toprakla ısıtıldığında yükselir ve hareket, yer seviyesinde daha soğuk havayı içeri çeker. Daha genel olarak, bir alan ile diğeri arasındaki sıcaklık farklılıkları, havanın aralarında akmasına ve rüzgar üretmesine neden olur (NASA Mars Education, t.y.-b).

Toz fırtınaları, bulut hareketleri ve rüzgar çizgileri üzerine yapılan araştırmalar, rüzgarların saatte 100 kilometreye kadar esebileceğini göstermektedir. Bu oran Mars'ın ince atmosferine rağmen Dünya üzerindeki deniz seviyesi basıncının yaklaşık % 1'idir. Bu, kum ve ince kaya parçacıklarını hareket ettirmek için fazlasıyla yeterlidir. Rüzgarın sürüklediği küçük parçacıklar, tuzlama adı verilen bir işlemle yüzeyde atlar, zıplar ve kayarak kayaları yontup aşındırır. Büyük miktarlarda gevşek toz parçacıkları kum tepeleri oluşturur(NASA Mars Education, t.y.-a).

2.1.6 Su

Mars'taki su sadece katı ve uçucu halde keşfedilmiştir. Mars'ın düşük basıncında, katı fazın sıvı fazı atlayarak doğrudan gaz haline dönüştürüldüğü süblimleşme meydana gelir. Bu etki, yapı bileşeninin üretim süreci üzerinde bir etkiye sahip olabilir. Ayrıca, buz halindeki su, mürettebat için yaşam destek sistemleri için temel

bir unsur olarak değerlidir. Uzay mimarisi için ideal olan, üretim süreci için su kullanma ihtiyacından kaçınmak olacaktır (Mintus, 2019).

Dünya ile karşılaştırıldığında, Mars gezegen çapında bir çöldür. Mars yüzeyinde kutup noktaları dışında hemen hemen nerde durursanız, ayağınızın altındaki yüzey Dünya'daki en kuru çölden çok daha kurudur. Bu, yıllık yağış ortalamasının 15 milimetreden az olduğu Şili'deki Atacama çölüdür (*Mars Education | Developing the Next Generation of Explorers*, t.y.-b).

2.1.7 Regolit

Mars regoliti, Mars yüzeyindeki çatlak kaya ve toprağın karmaşık dış tabakasıdır. Astronotları ve gezen araçları, Mars yüzeyinden hareket ederken destekleyecek olan malzeme budur. Regolitin toplu formu, Mars'ın arazisini oluşturur. "Arazi" terimi, dağlar, tepeler, vadiler ve kanyonlar gibi büyük ölçekli özelliklerin yanı sıra kraterler, kum tepeleri ve oluklar gibi daha küçük ölçekli özellikleri içerir. Mars'taki en küçük ölçekli arazi, kaya ve kaya tarlalarını içerir (*Safe on Mars*, 2002).

"Toprak" terimi, gezegenin yüzeyindeki ince taneli, büyük ölçüde birleştirilmemiş materyal birikintilerini tanımlar. "Toprak" kelimesinin gezegensel veya Dünya dışı kullanımı, toprağın organik bir bileşene sahip olması gerektiğini belirten karasal kullanımdan farklıdır. Mars toprakları, havadaki toz birikintilerinden ve daha kaba, kum büyüklüğündeki parçacıklardan kaynaklanan çok küçük parçacıkların karışımları olabilir. Toprağın kimyasal bileşimi, birbirinden binlerce kilometre aralıklarla ayrılmış üç uzay aracı iniş yerinde ölçülmüştür ve toprak analizi sonuçları benzerdir (Clark vd., 1982) (Rieder vd., 1997).

Mars toprağının mineralojisi, genellikle amorf ve zayıf kristalli killer, demir oksitler ve volkanik kayaların ayrışmasından oluşan diğer ürünlerin bir karışımı olan palagonite benzediği sonucuna varılmıştır (Bell vd., 2000). "Toz" ve "havada asılı toz" terimleri, Mars atmosferinde asılı duran ince parçacıkları tanımlamak için kullanılır. Multispektral görüntülemeye belirlenen havadaki tozun ortalama tane çapı 3,4 mikrondur (Tomasko vd., 1999). Manyetik deneyler bazı toz parçacıklarının

manyetik demir oksitler içerdığını göstermiştir. Kırmızı rengi, yüksek oksidasyon durumunu gösterir (Madsen vd., 1999).

2.1.8 Yapı Fiziği

Mars'ın yüzeyi topografik olarak Dünya'dakine benzer yeryüzü şekli formasyonlarına sahiptir. Bazıları Dünya'da bilinenlere benzeyen farklı oluşumlar vardır. Mars'taki arazi koşulları, Dünya'daki kadar çeşitli sayılabilir. Su bariyerleri, denizler veya nehir kesimleri yoktur. Mars'ın yeryüzü, şu anda olduğu haline gelmek için milyonlarca yıllık bir şekillenme süreci geçirmiştir. Sürecin ana faktörleri şunlardır: rüzgâr ve suyun işleyişi, volkan patlamaları ve meteorlar. Günümüzde Mars'ın yüzeyi değişime uğramamaktadır, sadece rüzgarlar, kum tepelerini hareket ettirmektedir. Marsta bulunan suyun tamamı şu anki bulgulara göre yıllar önce buharlaşmıştır. Yeryüzü istikrarlı olarak kabul edilebilir ve değişme olasılığı oldukça düşüktür (Kozicka, 2008b).

Tablo 2.1 Mars ve Dünya Kondisyonları ve Özellikleri Karşılaştırılması (Phoenix Mars Mission - Education - Mars 101 - Mars/Earth Comparison Table, t.y.).

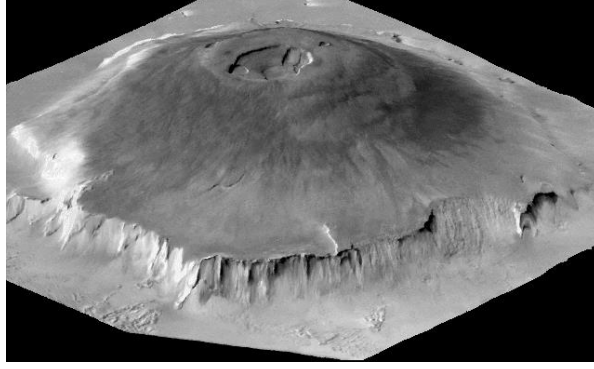
	Mars	Dünya
Yer Çekimi	Dünya'nın 0.375 katı 3.71 m/s ²	Mars'ın 2,66 katı 9.80665 m/s ²
Atmosfer (Kompozisyon)	Karbondioksit (% 95.32) Azot (% 2,7) Argon (% 1.6) Oksijen (% 0.13) Su buharı (% 0,03) Nitrik oksit (% 0.01)	Azot (% 77) Oksijen (% 21) Argon (% 1) Karbondioksit (% 0.038)
Atmosfer (Basınç)	7,5 milibar (ortalama)	1.013 milibar (deniz seviyesinde)
Sıcaklık	-153 °C / +20 °C (en az/en çok)	-88 °C / 58 °C (en az/en çok)
Yüzey Sıcaklığı (Ortalama)	63 derece °C	14 derece °C
Rüzgar	44.740 m/sn	4.47 m/sn
Su	İzleri bulunur.	%79
En Derin Kanyon	Valles Marineris 7 km (4.35 mil) derinlik 4.000 km (2.485 mil) genişlik	Büyük Kanyon 1,8 km (1,1 mil) derinlik 400 km (248,5 mil) uzunluğunda
Güneşe Uzaklık (Ortalama)	227.936.637 kilometre	149.597.891 kilometre
Ekvator Yarıçapı	3.397 kilometre	6.378 kilometre
Günün Uzunluğu (Kendi ekseninde tam dönüş yapmak için gereken süre)	24 saat, 37 dakika	24 saatin biraz altında
Yılın Uzunluğu (Güneş'in tam bir yörüngesini oluşturmak için gereken süre)	687 Dünya günü	365 Gün

2.2.Arazi Koşulları

Mars Keşif Araçlarından ve yörüngedeki uzay gemilerindeki spektrometrelerden elde edilen sonuçlar, eski ovaların bileşimsel olarak yeni ovalardan farklı olduğunu göstermektedir. Ovalardaki kayalar çoğunlukla tipik bazaltlardır ve kükürt, klor ve diğer uçucu elementler bakımından yüksek yalnızca ince alterasyon kabukları bulunur. Kabuklar, bazaltların asit sisleriyle etkileşimi sonucu oluşmuştur. Mars keşif aracı daha sonra kayaların çok farklı olduğu eski Columbia Tepeleri'ne gitmiştir. Çoğunlukla bazaltlar ve breşlerdir, ancak çoğu yaygın olarak değişmiştir ve sülfatlar hidratlı mineraller bakımından zengindir. Neredeyse tamamen sülfat veya silikadan oluşan topraklar da mevcuttur. Kayaların çoğuna sıcak volkanik sıvıların nüfuz ettiği veya sıcak yüzey koşullarının bir sonucu olarak aşındığı görülmektedir. Bu kaya ve toprak karışımı, genel olarak platolara özgü olabilir. Yörüngeden elde edilen sonuçlar da benzer sonuçlar vermektedir. Küresel olarak, ovalar çoğunlukla olivin ve piroksen gibi birincil, değişmemiş bazaltik minerallerden oluşmaktadır. Buna karşılık, kil gibi alterasyon mineralleri antik kraterli arazide yaygındır. Sonuçlar, yüzey koşullarının yaklaşık 3,7 milyar yıl önce çarpıcı biçimde değiştiğini göstermektedir (*Mars - Character of the surface | Britannica*, t.y.). Elde edilen verilere dayanarak, bu bölümde grafikler yardımıyla, oluşturulabilecek mimari habitatların Mars arazisinde nasıl konumlanabileceği anlatılmaktadır.

2.2.1 Volkanlar

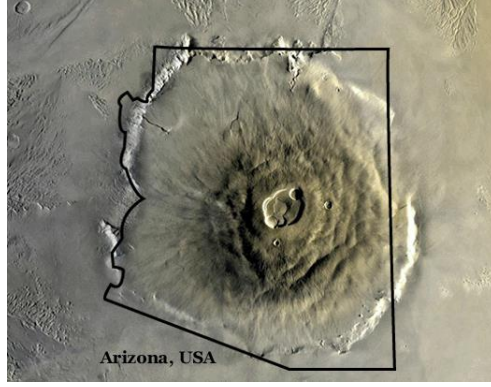
Dünya'daki yanardağlar gibi Marsta'da yanardağlar bulunmaktadır. Fakat Dünyadaki aktif yanardağlar gibi Marsta aktifleri bulunmamaktadır. Mars'ın aktif yanardağları varsa bile bilim insanları henüz bunu saptayamamıştır.



Şekil 2. 2 Mars Olympus Mons volkanı (Mars Exploration: Multimedia, t.y.)

Mars'taki volkanik özellikler, Dünya'da bulunanlara şekil olarak çok benzer, ancak ölçek olarak farklıdır ve muhtemelen benzer süreçlerle oluşmuşlardır. Volkanik faaliyetler, Mars tarihi boyunca önemli bir süreç olmuştur. Eski kraterli dağlık alanlarda ve onları çevreleyen genç volkanik ovalarda çok sayıda volkanik yer şekli bulunabilir. Bununla birlikte, en etkileyici volkanik yer şekilleri, Tharsis ve Elysium düzlüklerinin geniş, sıcak noktalarla ilgili yükselişleriyle ilişkilidir. Volkanik özellikler arasında dev merkezi volkanlar, peterae, tholi ve köksüz koniler bulunur (Camp, t.y.).

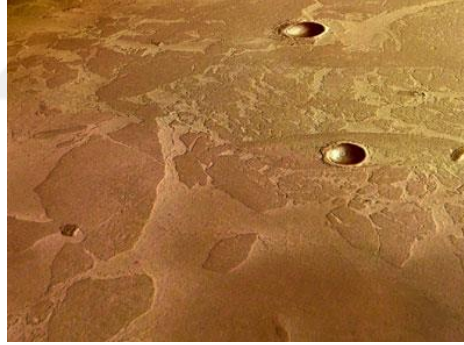
Bilim insanları, Mars yüzeyinin Dünya'dan daha fazla yanardağla ilgili kayalara ve özelliklere sahip olduğuna dikkat çekmektedir. Ek olarak, Mars güneş sistemindeki en büyük yanardağa ev sahipliği yapmaktadır(Şekil2.2): Olympus Mons, 600 km çapında, Arizona eyaletinin tamamı büyüklüğünde ve 21 km yüksekliğinde, yani iki Everest dağı yüksekliğindedir (Şekil 2.3) (NASA Mars Education, t.y.-c).



Şekil 2.3 Olympus Mons dağı ve Arizona sınırı (*Mars Exploration: Multimedia*, t.y.)

2.2.2 Ovalar

Mars'taki ovalar farklı yüksekliklerde yer almaktadır. Düşük seviyede bulunanlara planitia denir. Mars'taki ovalar çoğunlukla çok geniş ve geniş arazilerden oluşmaktadır (Şekil 2.4) (Kozicka, 2008b).



Şekil 2.4 Mars aracı Insight'ın indiği Mars'ta bir ova Elysium Planitia (Darling, t.y.)

2.2.3 Kanyonlar

Mars'ın en etkileyici tektonik özelliği kanyonlarıdır. Bunların başında Valles Marineris, Mariner Vadisi ve bunlarla ilişkili çok sayıda oyuk, vadi, çöküntü ve kanyon gelmektedir (NASA Mars Education, t.y.-d).



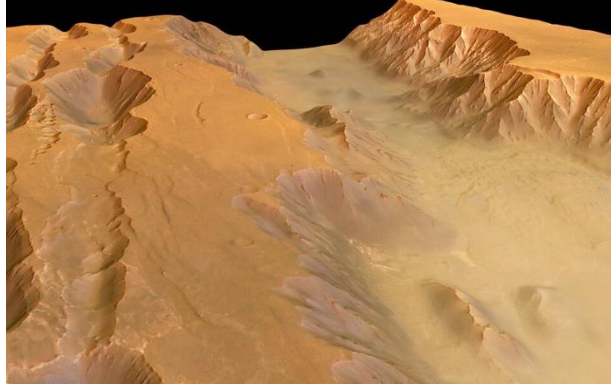
Şekil 2.5 Valles Marineris kanyonu ve A.B.D ölçeği (Valles Marineris, t.y.)

Güneş sistemindeki en büyük ve en uzun kanyon Mars'ta bulunur. Mars ekvatoru boyunca yaklaşık 4.000 kilometre boyunca, ekvatoru dilimleyerek, Amerika Birleşik Devletleri'ne yerleştirilirse New York City'den San Francisco'ya ulaşacak boyuttadır (Şekil 2.5). Kanyon tabanı, çevredeki düzlüklerin 11 km derinine ulaşmaktadır. Bu, Dünya'daki okyanusların en derin kısımları kadar derindir. Burası Valles Marineris veya Mariner Vadisi ve bu kanyonun batıdaki uzantısı olan, Noctis Labyrinthus'dır.

Dünya'nın Valles Marineris ile eşleşen jeolojik özelliği yoktur. Valles Marineris'in nasıl doğduğu, şekillendiği ve büyüdüğü sorusu kısmen çözülmüştür(NASA Mars Education, t.y.-d).

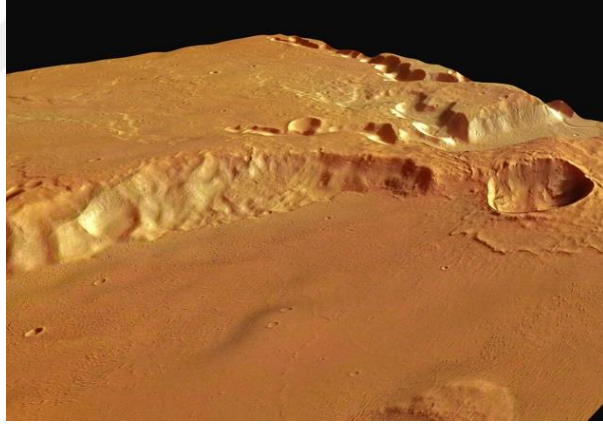
2.2.4 Vadiler

Vadiler, büyük olasılıkla Mars'ta geçmiş yıllarda faaliyet göstermiş suyun sonucudur. Dünya'nın yumuşak yamaçlardaki nehir vadilerine en çok benzeyen Mars vadilerine Valles denir. Marstaki diğer vadi isimleri Chasmata ve Fossae'dir. Chasma, Dünya'nın kanyonuna benzer şekilde dik yamaçları olan çok derin ve genişletilmiş bir vadidir. Fossa geniş ve oldukça sık bir vadidir (Şekil 2.7). Chasma bir vadinin en derin türüdür.



Şekil 2.6 Chasma ve Catena'nın perspektif görünümü - Kuzeydoğu görünüşü (ESA, 2005)

Tepelerle bölünmüş daha karmaşık, genellikle enine kesitli vadi sistemleri ve labirentler yaratır, örneğin Valles Marineris 7 km derinliğinde ve 200 km genişliğindedir. Genellikle dipleri kalın bir toz tabakasıyla kaplıdır. Yamaçlarında rüzgârlı heyelanlar oluşabilir. Bunların yanı sıra, Mars'ta yukarıda anlatılanlar kadar tehlikeli olmayan birçok küçük vadi bulunmaktadır (Kozicka, 2008b).

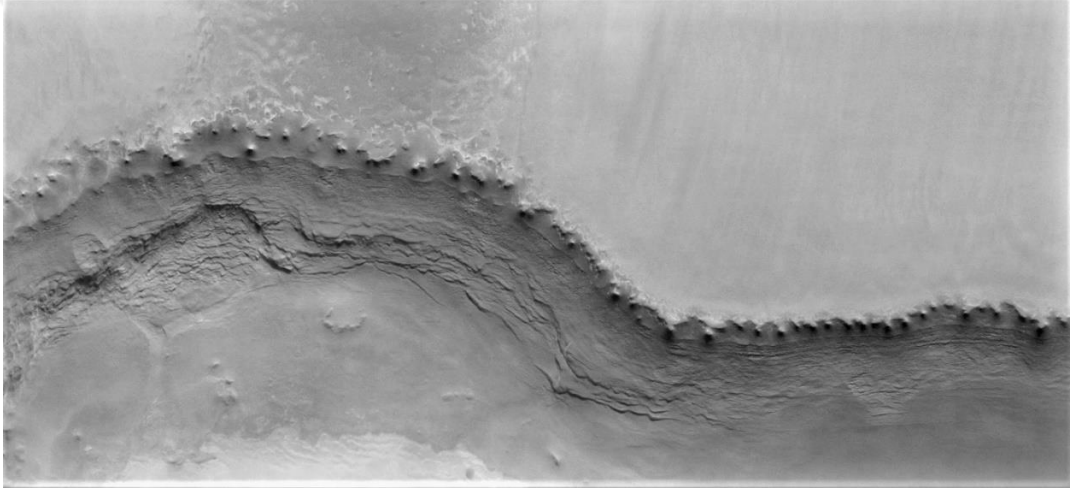


Şekil 2.7 Medusa Fossae'nin perspektif görünümü - Güneybatı görünüşü (ESA, 2005)

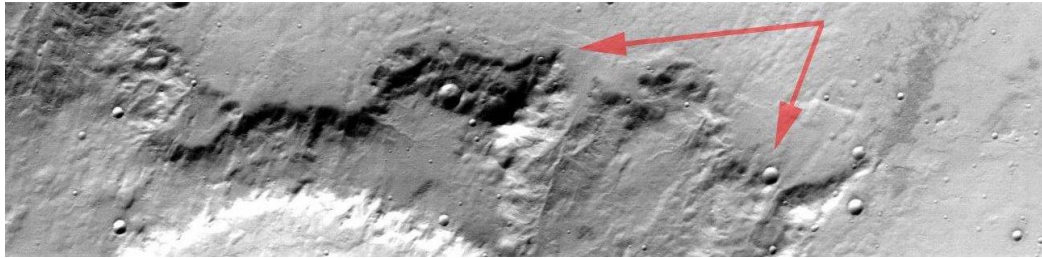
Chasma'nın çukuru, Şekil 2.6'nın kuzeyinde şeklin sağ tarafında görünmektedir ve yaklaşık 60 km ila 100 km genişliğindedir ve çevredeki ovaların 8-9 km altına uzanır. Catena, Chasma'ya paralel uzanır ve görüntünün güneyinde Şekil 2.6'nın solunda, birkaç kilometreden 22 km genişliğe ve 5 km derinliğe kadar değişen uç oluk olarak görülebilir. Bu oluklar, oluk duvarlarının üst kenarından uzanan lineer özelliklerle gösterildiği gibi erozyonla değişikliğe uğramıştır (ESA, 2005).

2.2.5 Yamaçlar

Mars'taki yamaçlar, yamacın kenar çizgisine bağlı olarak iki türe ayrılır: Ruplar, neredeyse dikey bir sırt, uçurumdur (Şekil 2.8). Scopulus ise yamacın düzensiz bir çizgi olarak devam etmesi şeklinde tanımlanır (Şekil2.9). Yerdeki bu ani ve dik çöküntüler, Dünya'nın tektonik oluşumlarına benzer. Kilometrelerce devam edebilirler. Tek başlarına veya diğer kara oluşumlarına yakın bulunurlar. Mensalar, uçurum benzeri yamaçlarla çevrili düz uçlu tepelerdir. Yamaçlar tepelerin parçaları olabilir. Bazen dik şekilde görülürler. Rüzgarın kolay işlemlerinden dolayı genellikle daha solgun, neredeyse düzleşmiş şekilde bir eğimle görülürler (Kozicka, 2008b).



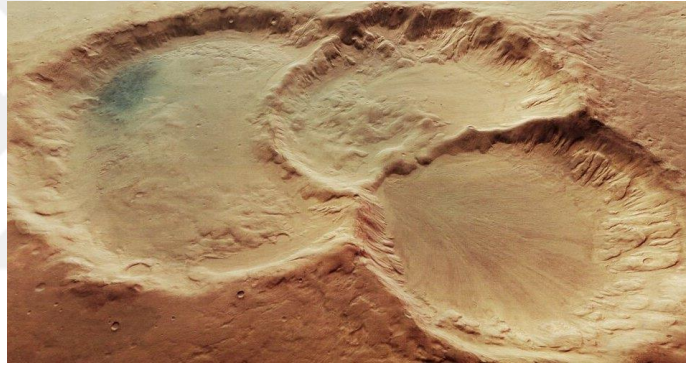
Şekil 2.8 Tenuis Rupes üst görünümü (NASA Jet Propulsion Laboratory, 2016)



Şekil 2.9 Scylla Scopulus üst görünümü (NASA Jet Propulsion Laboratory, 2004)

2.2.6 Kraterler

Kraterler Mars topraklarının çoğunu kaplar. Mars'ın güney yarımküresinde yaygın olarak bulunmaktadır. Göktaşlarının oluşturduğu bu yuvarlak çöküntüler, çok küçük boyutlardan, çok büyük olana kadar farklı çaplarda olabilirler. Büyük Mars kraterlerinin yatakları oldukça düz ve pürüzsüzdür, bir toz tabakasıyla kaplıdır. Daha küçük kraterler daha yuvarlak bir çapa sahiptir. Mars tepelerini, tek oluşumlar veya oluşum grupları ve sıradağlar oluşturabilir. Eğim bakımından çeşitli ve rüzgarlarla daha fazla veya daha az düzleştirilmiş eğimlere sahip olabilirler. Bazı bölgelerde rüzgarların bir yönünün hakim olduğu söylenebilir, çünkü bir dağ çeşitliliği bir tarafta yumuşak, diğer tarafta ise daha diktir ve daha az bozulmuşlardır (Kozicka, 2008b).



Şekil 2.10 Üçlü Mars kraterinin perspektif görünümü (ESA, 2020)

Tipik olarak iki süreçten birinin oluşturduğu, gezegen yüzeyindeki çanak şeklindeki çöküntüler kraterlerdir. Bunlar; çarpma kraterleri, bir meteorit, asteroit veya kuyruklu yıldız bir gezegenle çarpıştığında oluşur. Volkanik kraterler, bir yanardağın zirvesindeki volkanik faaliyet sonucu oluşan boşluk alanı tanımlar (Schmidt, 2020).

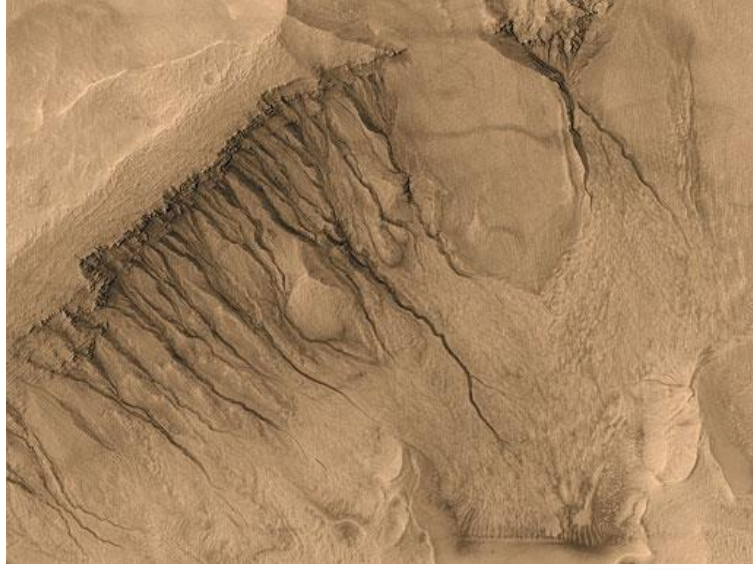
Tepeler, en çok büyük kraterlerin ve çöküntülerin diplerinde görülür. Yamaçlar nadiren kayalıktır. Bu, rüzgarların ve toz katmanlarının yamaçların ana hatlarını değiştirdiğini gösterir. Vadiler, genellikle düzensiz bir yapıya sahiptir. Nadiren tek bir vadi oluşumu görülür, bitişik vadiler, ayrı vadiler, kıvrımlı, genişleyen kısımları,

tepeleri veya tepecikleri olan gruplar halinde bulunurlar. Eğimleri bir tarafta dik ve düz, diğer tarafta ise basamaklı veya başka bir kısımda hafifçe eğimli olabilir. Düz alanlarda kraterler vardır, ancak bazen çöküntülere doğru genişlerler ve birbirleriyle örtüşerek daha karmaşık formlar oluşturabilirler (Şekil 2.10). Daha küçük kraterler daha düzenlidir ve çoğu zaman birbirine bitişik olan daha çok krater vardır (Kozicka, 2008b).

2.2.7 Kanallar

İlk kanallar 1972'de Mariner 9 yörünge aracı tarafından çekilen görüntülerde keşfedilmiştir. Ancak bilim insanlarının Mars'ta sıvı su oluşturan akış kanalları fikrini kabul etmeleri uzun yıllar almıştır. Günümüzün Mars ikliminde, sıvı su yüzeyde fiziksel olarak gözükmemektedir. Hava çok soğuk ve incedir. Su hızlı bir şekilde buharlaşır veya donar ve daha sonra neredeyse hızlı bir şekilde süblime olur (NASA Mars Education, t.y.-d).

Teknoloji uzaydaki cisimlerin görüntülemesi için, 1970'lerin başından beri büyük ölçüde gelişti ve daha fazla bilgi sahibi olan bilim insanları artık kanalları üç ana türe ayırmaktadırlar. Büyük kanallardan, küçük kanallara doğru tanımlanırsa bunlar; çıkış kanalları, vadi ağları ve oluklardır (Şekil 2.11). Bu kanal türlerinin her biri, bilim adamlarının kanalın nasıl oluştuğunu anlamalarına yardımcı olan karakteristik akış özellikleri göstermektedir. Mars'ta ek bir kanal türü daha bulunmaktadır. Bu tür, lav kanallarıdır. Suyun aşındırdığı kanallarla bazı benzer özellikleri paylaşırken, farklı bir süreçle oluşurlar (NASA Mars Education, t.y.-d).

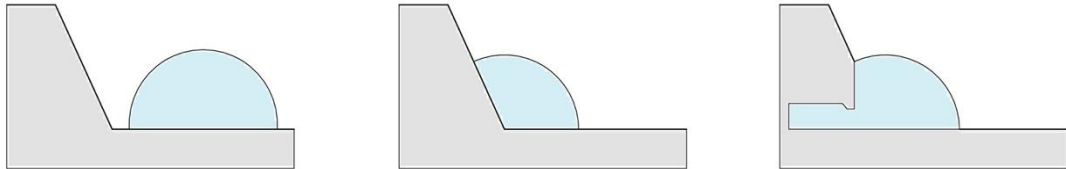


Şekil 2.11 Mars'ta oluklar ve kanallar(NASA, 2008)

2.2.8 Mars'ta Mimari Bir Üs İçin Yeryüzü Şekline Bağlı Mimari Çıkarımlar

Mimari, arazi oluşumlarıyla farklı şekilde ilişki kurabilir. Mars koşullarına göre bir Mars habitatu için çeşitli çıkarımlar yapılmıştır. Bu çıkarımların bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Arazinin baskın koşullarından bağımsız, topoğrafyaya müdahale etmeden kullanım.
2. Arazinin koşullarını kullanarak, topoğrafyaya müdahale etmeden fakat topoğrafyanın avantajını daha fazla kullanarak yapılan tasarım.
3. Yeryüzü şeklinin içinde onunla bütünleşmiş bir tasarım, topoğrafyaya müdahale ve değişim vardır.



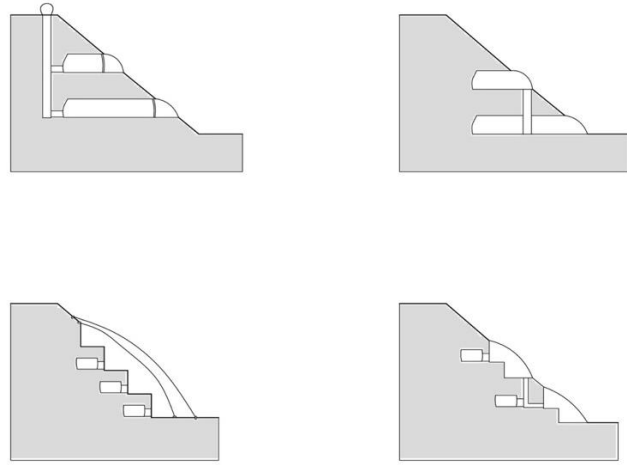
Şekil 2.12 Peyzaj ile ilgili farklı mimari örnekler (D.Hazar Gönülal, 2022)

Bir peyzajdan bağımsız yapı şekil 2.12, arazi şeklinden bağımsız olarak topoğrafya ile ilişki kurar. Bu grupta, Mars habitatını inşa etmek için projeyi belirli bir yerle sınırlama gerekliliği yoktur. Bazı durumlarda, bu grupta zemin çalışmalarına bile gerek duyulmadan, proje yerleştirilebilir. Gelişmiş teknolojinin avantajları ile bu üssün yerleşiminde, zengin proje fikirleri ortaya koyulabilir. Ancak bu grup için bir habitatın uygulanması daha fazla emek ve malzeme gerekliliğini ortaya çıkartır. Emek ve malzeme girdisi fazla olduğunda bu fikir sürdürülebilir olmaktan çıkarak, mali olarak uygulanabilir bir fikir olmaktan uzaklaşmaktadır.

Mevcut bir peyzaj içinde yer alan ve kısmen bütünleşmiş bir yapı (Şekil 2.12), habitatın kurulumu için arazinin var olduğu şeklinden faydalanmaktadır. Araziyi dönüştürmekten vazgeçmek, mali ve zamansal olarak tasarruf sağlayarak özel makine veya robotları araziye şekillendirmek için kullanmayı gerektirmez. Bununla beraber dezavantaj olarak, habitatın bazı bölümlerinde eksikliklere veya arazinin ergonomik olarak şekillendirilememesine sebep olur. Araziyi bu şekilde kullanmanın iyi örneklerinden biri, bir yanardağ yamacındaki bir lav tünelini bir üs için kullanılabilir.

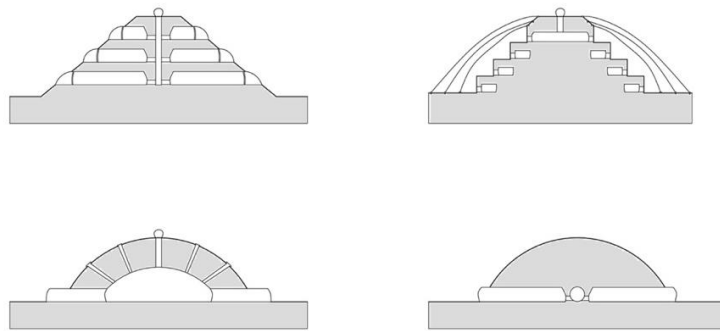
Biri dönüştürülmüş ve peyzaj ile tamamen bütünleşmiş bir yapı (Şekil 2.12), arazinin şeklinden pozitif şekilde faydalanır ve araziye birtakım müdahaleleri beraberinde getirir. Zeminin dönüşümü büyük ve küçük farklı ölçeklerde yapılabilir. Arazinin dönüşümü, habitatın genişlemesine fayda sağlayacağı için iç mekanlarda konfor ve ergonomiyi artırması bu sayede kolayca sağlanır. Habitatın formu, kesin olarak arazinin şeklinden dolayı belirlenmez. Böylece insan dostu, yönetim ve tasarımı kolay hale gelir.

Düz Arazide Üs: Böyle bir topoğrafya kısmen arazinin sert koşullarına bağlı olduğu kabul edilebilir, ancak yine de, onu arazinin büyük kısmının düz olduğu kuzey yarımkürede konumlandırmak çok daha kolay olacağı düşünülmektedir. Araziye bir temel inşa edilebilir veya yerin altında dikey olarak kazı yapılarak yerleşilebilir.



Şekil 2.13 Bir yamaçta veya yamacın eteğinde giriş bulunan çok katlı arazi kavramları (D.Hazar Gönülal, 2022)

Yamaçta Üs (Şekil 2.13): Bir tepenin şekline, eğim açısına ve yüksekliğine bağlı olarak, mimari, bir üs olarak tepeye inşa edilmesi durumunda çeşitlendirilebilir. Bir eğim, pencereler veya şeffaf koruyucu katmanlar inşa etmek için bir düzlük sunar ve aynı zamanda yamaçtan yararlanmak için tepe alanının içine yerleştirilmektedir. İlk önce bir girişin nereye planlanacağına karar verilecektir: tepenin eteğinde veya tepe noktasında olabilir. Bir eğim de genellikle yüzey pürüzsüz değildir ve çoğunlukla engebeli veya rüzgarların maruzu altında kalacaktır. Korunmak için rüzgar bariyeri yapılabilir, farklı yönlerden yeraltı odalarına ışıklık yapmak için yarıklar yapılabilir.



Şekil 2.14 Bir tepede bulunan çok katlı arazinin ana hat kavramları (D.Hazar Gönülal, 2022)

Tepe İçinde Üs (Şekil 2.14): Bir tepe seçilir, bu tepenin her iki tarafı da eğimli bir sıradağ oluşturuyorsa, yamaçlarda bir taban ile hemen hemen aynı şekilde tasarlanabilir. Mars'ta kubbe yamaçları bulunmaktadır. Genişletilmiş bir tepe

durumunda olduğundan daha merkez odaklı bir taban oluşturarak farklı şekilde organize edilebilmektedir.



Şekil 2.15 Bir kraterde ve bir vadide bulunan üslerin ana hat kavramları (D.Hazar Gönülal, 2022)

Bir Vadide veya Bir Kraterde Üs (Şekil 2.15): Bir vadi yeterince alçaksa veya bir kraterin çapı çok büyük değilse, tabanları eğimler arasında bağlantı kurmak için su ve hava geçirmez olabilir ve bunun sonucunda dış duvarlar yani koruyucu hale gelebilirler. Ya da yeraltında kullanılabilir odalar ve tüneller oluşturabilmektedirler.



Şekil 2.16 Düzensiz bir arazide bulunan üslerin ana hat kavramları (D.Hazar Gönülal, 2022)

Düzensiz Bir Arazide Üs (Şekil 2.16): Farklı yönlerde genişletilmiş birçok tepenin toplandığı düzensiz bir arazide çok modüllü bir üs oluşturulur.

Habitatın bir kısmı, kesişen vadilerde ve birçok tepeyi geçerek, iyi aydınlatılmış ve radyasyon geçirmez bir alan ağı oluşturarak yer alabilir.

2.3 Mars'ta İnsanlık İçin Hayatta Kalma Koşulları

Mars insanların yaşamasına elverişli bir gezegen değildir. İnsanlar Mars'a ulaşmadan önce, Mars'ın insanların yaşaması için uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu koşullar kısa süreli veya uzun süreli görev türlerine göre değişiklik gösterebilir. Bu bölümde insanların Mars'ta yaşayabilmesi için gerekli olan koşullar ele alınacaktır.

2.3.1 Hayatta Kalma Sorunu

Mars insanlar için yabancı bir gezegendir. Dünya'dakinden çok farklı koşulları olduğu için, insanlar Mars'ta yaşamaya alışık ve uygun değildir. Mars'taki zor koşulları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kozicka, 2008a):

- Atmosfer nefes almaya uygun olamayacak kadar ince ve oksijen oranı çok düşüktür
- Atmosferdeki nem eksikliği cildin hızla kurumasına neden olabilir
- Sıvı su eksikliği; doğrudan içme, yıkama ve kullanım tedarikini engeller
- Düşük sıcaklıklar ve genellikle kısa süredeki hızlı sıcaklık değişiklikleri, vücudun şiddetli üşümesine neden olabilir ve dayanıklılığını düşürür
- Atmosferdeki çok küçük tanecikli ve aşındırıcı etkisi olan Mars tozu, havayı solurken akciğere nüfuz edebilir ve iç organların hasar görmesine neden olabilir
- Toz fırtınaları sırasında, yüksek hızda hareket eden elektrikli toz parçacıkları ciltte aşınmalara ve istenmeyen elektrostatik etkilere neden olabilir
- Güneş fırtınaları sırasında yüzeyde kalmak, ölümcül dozda radyasyon veya radyasyon hastalığına neden olması nedeniyle hayati tehlike oluşturabilir
- Mars yüzeyindeki uzun süreli kozmik radyasyona maruz kalma (özellikle yüksek seviyeli arazide) radyasyon hastalığına neden olabilir ve kanser tehlikesini artırabilir (Kozicka, 2008b).

Mevcut araştırmalar bunu kanıtlamasa da Mars'ta kimyasal tehlike de olabilir (*Safe on Mars*, 2002). Ayrıca gezegende oluşabilecek yabancı yaşam(virüs veya bakteri gibi) formlarının tehlikesi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bir insanı yukarıda açıklanan tehlikeli etkilerden korumak için çeşitli düzeylerde güvenlik sağlayan çeşitli, farklı araçlar vardır (Kozicka, 2008b):

- Özel koruyucu kıyafet (Marslı kıyafeti)
- Personel aracı (MPV -Mars Pressurized Vehicle - Mars Basınçlı Aracı)
- Geçici barınma

- Küçük bir habitat (istasyon)
- Büyük bir habitat (üs)

2.3.2 Yaşam Destek Sistemi

Yaşam Destek Sistemi - LSS (Life Support System) bir insanın tüm yaşam fonksiyonlarını desteklemek için farklı araçların bir kombinasyonunu ifade eden Yaşam Destek Sisteminin kısaltmasıdır. Yaşam Destek Sistemi, çevredeki ortamın aşırı koşullarından uzak, hava geçirmez bir şekilde izole edilmiş bir yerde kullanılır. Bu nedenle, Mars üssü de dahil olmak üzere her türlü uzay habitatında çok önemli bir araç sistemidir (Kozicka, 2008a).

Yaşam Destek Sistemi, Dünya ekosisteminde yer alan ve bir insan organizmasının alışık olduğu mekanizmaları yapay olarak taklit eder. Sistem, bir insanın hayatta kalması için önemli olan her şeyi sağlar: yeterli hava, temiz su, yiyecek, bunun yanında çöp ve atıklarla ilgili de çalışır (Kozicka, 2008c).

LSS'nin bu dört işlevi nedeniyle dört alt sisteme bölünmüştür:

- Atmosfer Yönetim Alt Sistemi;
- Su Yönetimi Alt Sistemi;
- Gıda Yönetim Alt Sistemi;
- Atık Yönetimi Alt Sistemi.

Her alt sistem, ana amacı sürdürmek için farklı iş birliği araçlarından oluşur. Alt sistemler birbirleriyle iş birliği yaparlar ve birbirlerine bağımlıdırlar, çünkü hepsi bir habitatta yeterli yaşam ortamı yaratır. Dünyanın ekosistemi doğal olarak kendi kendine geri dönüştürülür: bazı organizmalar tarafından yaratılan atıklar, diğerleri tarafından kullanılır. LSS, bu mekanizmaları çok daha küçük bir küpte yapay olarak taklit eder. Ek olarak, değişik bir ortama uyum sağlamalıdır, örneğin Mars'ta 0.38g'lik bir ortamda verimli çalışması çok önemlidir (Kozicka, 2008a).

Önerilebilecek bir hacim, çoğunlukla görev süresine, mürettebat boyutuna ve görev türüne bağlıdır. Mars'a yapılacak ilk görevler için 6 kişilik mürettebatın hacmi en az 150m³ olmalıdır. İç mekân, çeşitli etkinlikler için alanlar içermelidir:

- Uyku, özel aktiviteler (Bölmeler)
- Hijyen
- Yemek
- Çalışma
- Egzersiz yapmak
- Çeviri portalları veya doğrudan geçiş
- Depolamak
- Bağlantı noktaları

Tüm bu faaliyetler kolayca erişilebilir olmalıdır, ancak aralarındaki ilişki de işlevsel planı belirler. Örneğin, özel mahaller, hijyen modüllerine yakın, en güvenli ve en korunaklı alanlar olmalıdır. Ancak, güvenlik, gürültü, koku vb. nedenlerle egzersiz ve çalışma alanı arasındaki bağlantı sınırlandırılmalıdır. Bu nedenle habitat için ideal konsept, bazı işlevlerin başka bir modülde ayrıldığı modüler bir konfigürasyondur (Mintus, 2019).

2.3.3 Yaşam Destek Sistemi Kaynakları

İnsan yerleşimi için güvenli bir ortam sağlamak, yeterli hava, gıda, su ve atık işleme sistemleri sağlayarak, yaşamı sürdürmek için gereken minimum seviyeden öteye geçer. Yaşanabilir ortam, fizyolojik ve duygusal stresleri en aza indirerek mürettebatın üretkenliğini en üst düzeye çıkarmaya da elverişli olmalıdır. Ortam, mikrobiyal veya fizyokimyasal toksinlerin varlığı açısından izlenmeli ve kontrol edilmelidir. Ortamın uygun sıcaklık, nem ve atmosferik bileşimi korunmalıdır (Drake, 2009).

Doğal olarak gıda, hava, su ve besinlerden yoksun yerlerde güvenilir yaşamı sürdüren bir ortam sağlamak ve bunu, Dünya'dan ekipman ve malzeme temininde

görev sınırlayıcı bir bağımlılığa maruz kalmadan yapmak büyük bir zorluktur. Bu maddeler olmadan keşif, ulaşma ve araştırma olamaz. Keşif için; yaşam destek sistemleri, keşif görevlerinin tüm aşamalarında şu aşamaları sağlayacaktır: Uzay transfer araçlarında seyahat etmek, Yüzey Habitatu (Surface Habitat - SHAB)'lerde yaşamak ve gezegen yüzeylerinde çalışmak. Bu sistemler, havayı yeniden canlandırma, su arıtma, gıda temini, atık işleme yeteneklerine, çevresel izleme ve kirlilik kontrolü, termal ve nem kontrolü ve yangın söndürme gibi sistemlere sahip olmalıdır. Buradaki en önemli faktör Dünya'dan taşınması gereken malzeme miktarında bir azalma ile birlikte, atıkları geri dönüştürmenin yanı sıra yiyecek de sağlayabilecek yenileyici yaşam destek sistemlerinin geliştirilmesi olacaktır. Bununla birlikte, entegre gıda üretimini içeren rejeneratif yaşam destek sistemlerinin uzun süreli çalışmasıyla ilişkili operasyonel özellikler ve riskler hakkında çok az şey bilinmektedir. Sistemin performansı, beslenme gereksinimlerinden çevre kalitesine kadar çeşitli standartları karşılamalıdır (Drake, 2009).

Mars habitatında yaşamı desteklemek için gerekli dört önemli kaynak vardır: depolama fiziksel-kimyasal, rejenerasyon, biyorejenerasyon ve yerel kaynakların yeniden işlenmesi. Bunların her birinin avantajları ve dezavantajları vardır. Her biri farklı kurallara göre çalışır; temelde mimari çözümleri etkilerler: işlevsel sistemi, odaların miktarı ve özellikleri gibi etkilerdir (Kozicka, 2008a).

2.4 Konfor ve Ergonomi

Yaşam kalitesi, yaşanabilirlik, insanların işleri yapma şeklini ve yaptıklarının kalitesini etkileyen yaşam çevresinin tüm unsurlarıyla bağlantılıdır. Bir şeyler yaparken daha fazla rahatlık ve bireyin ihtiyaçları ne kadar dikkate alınırsa, yaşam standartları da o kadar yüksek olur. İhtiyaçlarla ilgili olarak, rahatlık burada ikiye ayrılmıştır: Fiziksel düşük konfor, fiziksel yüksek konfor ve psikolojik konfor (Kozicka, 2008b).

Fiziksel düşük konfor, yalnızca nefes almak, içmek, yemek, dolaşmak, tuvaleti kullanmak ve vücudu en kolay şekilde temizlemek gibi temel insan ihtiyaçlarını sağlamak anlamına gelir. Şunlar sayesinde mümkündür:

- Nefes alınabilir atmosfer
- Atmosferin basıncı ve sıcaklığı insanlar tarafından tolere edilebilir
- İçilebilir su
- Hayatta kalmak için yiyecek
- Vücudu temizlemek için su ve banyo malzemeleri
- Minimum yaşam ve çalışma alanı
- Görmeye yetecek kadar ışık

Fiziksel düşük konfor, en düşük yaşam kalitesini sunmaktadır. Mars üssünde, insanların hayatta kalmasını sağlamak için yaratılan koşulların olduğu ve kullanacakları yerde (minimalist ergonomik) hareket edebilecekleri ve farklı operasyonlar gerçekleştirebilecekleri zaman garanti edilir (Kozicka, 2008b).

Fiziksel yüksek konfor, temel insan ihtiyaçlarını sağlamak için optimaldir. Bunlar:

- Bir insan için en iyi tolere edilen atmosfer (optimum sıcaklık, basınç, bileşim, nem);
- Geniş yaşam alanı;
- Optimum ergonomik ve rahat kullanım;
- Odaların iyi akustiği;
- Optimum ışık;
- Kirlerden ve istenmeyen kokulardan arındırılmış hava;
- İyi hijyen koşulları (örn. Banyo yapma imkânı).

Yüksek fiziksel konfor, oldukça iyi bir yaşanabilirlik sağlar. Mars üssünde kullanımı rahat olduğunda ve bireylerin fizyolojisine, boyutuna ve hareketlerine en uygun şekilde uyduğunda garanti edilebilir. Yüksek fiziksel konfor, ancak geniş bir alanın veya daha doğrusu, her bir kişi için daha geniş bir alanın kullanılması mümkün olduğunda mümkündür.

Daha yüksek insan ihtiyaçlarının gerçekleştirilmesini sağlamak için psikolojik rahatlık çok önemlidir. Psikolojik rahatlığı sağlamak şu durumlarda olur:

- Yüksek fiziksel rahatlık sağlanır;
- Renk ve aydınlatma kullanımı iyidir, yüzey dokusu iyi seçilmiş;
- Ayrıntılarla ilgilenilir;
- Habitat alanında sade bir atmosfer sağlanır;
- Mekânın işlevselliği sağlanır ve kullanımı insan dostudur;
- İşlevlerin, özellikle çalışma alanının yaşam alanından ayrılması sağlanır;
- Oda çeşitliliği;
- Alan hissi sağlanır ve geniş manzaralara bakma imkânı sağlanır;
- Etraftaki alanı kişiselleştirme imkânı sağlanır.

Bir üssün fiziksel konforu sağlarsa, insanlar için konforlu ve güvenli bir sığınak olarak kabul edilebilir (Kozicka, 2008b).

2.5 Mars Yapıları İçin Enerji Kaynakları

Uzaya yapılan görevlerde enerji sorunu büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzayda yaşamın temel şartı olacak olan enerji üretimi konusunda çalışmalar halen devam etmektedir. Günümüzde veya geçmiş yıllarda insanoğlu görevlerinde nükleer ve güneş enerjisi kullanmış, rüzgâr gibi alternatif enerji kaynakları için halen araştırma ve testler yapılmaktadır. Uzay görevlerinin gerçekleştirilebilmesi ve tasarımları açısından güç üretimi önemli bir etkidir. Geleneksel enerji üretim metodlarının, keşfedilen gezegenlerde kullanıma uygun olmaması, enerji kaynaklarının nakledilememesi, fosil yakıtların keşfedilen gezegenlerde bulunamaması enerji sorununu ortaya çıkarmaktadır.

Gelecek yıllarda Mars'a yapılması planlanan insanlı görevler için enerji büyük bir problem teşkil etmektedir. Mars'ta kurulması planlanan yaşam için enerji kaynaklarının yenilenebilir olması için çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuda düşünülen iki enerji kaynağı; yenilenebilir ve geleneksel olarak alttaki iki başlıkta incelenmiştir.

2.5.1 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Mars yapıları için yenilenebilir enerji kaynakları, güneş ve rüzgardır. Geçmişten günümüze kadar yapılan araştırmalar güneşin iyi bir kaynak olduğunu göstermiştir. Bunun yanında hala üzerinde araştırma ve çalışmalar devam eden rüzgâr enerjisi ise ikinci ve potansiyel bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Güneş, Dünya'nın yörüngesindeki birçok uydu için enerji kaynağıdır. Uydulardan bazıları enerjilerinin bir kısmını fotovoltaik teknolojiye sağlamaktadır. Son yıllarda fotovoltaik teknolojinin gelişmesi ile birlikte güneş ışığının kullanımı artmıştır. Bir Fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemi, bir dizi halinde yapılandırılmış ve tipik olarak bir enerji depolama cihazına bağlanmış güneş hücrelerini kullanır. Dizi güneş görmediğinde veya güç çıkışı yük gereksinimlerinin altında zayıfladığında güç sağlamak için enerji depolaması gerekir. Enerji depolama ayrıca en yüksek güç talebini de sağlar. Yüksek verimli güneş pilleri ile bile, bir insan görevi için gerekli güçleri üretmek için ihtiyaç duyulacak dizi alanları çok büyük hale gelir. Bu nedenle, bu önemli bir teknoloji alanı olarak gözükmektedir. Dağıtım ve geri çekme mekanizmalarının yanı sıra büyük dizileri etkili bir şekilde, kumdan ve oluşabilecek tozlardan korumak önemli bir görevdir (Drake, 2009).

Güneş enerjisi için önemli tasarım zorlukları aşağıda listelenmiştir:

- Toz birikimine bağlı güç kaybı (Toz azaltma teknikleri zorunludur)
- Geniş alanlar için dizi dağıtım yöntemleri
- Toz fırtınaları sırasında azalan çıkış gücü
- Fırtınaların büyüklüğü ve süresinin değişkenliği
- Toz fırtınaları için yüksek verimli, hafif açılır dizi

Güneş panellerinde oluşacak toz birikimi azaltılmalıdır. Bu tozu azaltma; robotlar, insanlı görevlerle veya kurulacak malzemenin yapısına bağlı olabilir. Beklenen Mars tozu birikimine uyum sağlamak için dizi alanında %10'luk bir güç kaybı hesaba katılmıştır. Mars Keşif Aracı - MER dizisi verileri, bu seviyeye (yani, %10'luk bir güç kaybının yaşandığı seviye) düşmenin tipik olarak 40 ila 50 gün sürdüğünü göstermektedir (Drake, 2009).

Marsın atmosferi çok incedir. Buna rağmen kızıl gezegende güçlü rüzgarlar meydana gelmektedir. Bu rüzgarlar bazen çok şiddetli hızlara ulaşabilmektedir. Yüksek hıza ulaşan rüzgarlar sebebiyle Mars yüzeyinde bulunan toz tabakası yerden kalkarak çok yükseklerle ulaşabilmektedir. Mars'ta rüzgarların oluşmasının temel nedeni, sıcaklıktaki değişiklikleri takip eden karbondioksitin süblimleşmesi ve yoğunlaşmasıdır. Rüzgarların oluşumu yüzey şekline bağlıdır. Gezegende, Dünya'da meydana geldiği gibi, kuvvetli rüzgarları durdurabilecek hiçbir su deposu yoktur. Küçük rüzgâr dalgalanmaları nedeniyle hava tahmin edilebilir hale gelir. Bunun bir sonraki sonucu, çok kuvvetli rüzgarların, neredeyse durdurulamaz muazzam mesafelere ulaşabilmesi ve tüm gezegeni bile kapsayan toz fırtınaları başlatabilmesidir. Sonuç olarak, böyle bir toz fırtınasının dinmesi birkaç, hatta daha fazla ay alabilir (Hille, 2015).

Rüzgar Mars için alternatif ve sürdürülebilir anlamda çok önemli bir enerji kaynağıdır. Fakat Mars'ta oluşan rüzgar fırtınaları sebebiyle mars tozunun birtakım olumsuz etkileri olabilmektedir. Mars'taki yüzey tozu yüzünden malzeme aşınımı, güneş panellerinin tozla kaplanması gibi olumsuz etkiler buna örnek gösterilebilir. Şu ana kadar uzay yolculuklarında rüzgar enerjisinden bir üretim sağlanmamış olsa da Mars'ta rüzgar enerjisini kullanabilmek için çeşitli araştırmalar ve testler yapılmaktadır.

Bir rüzgar enerjisi dönüştürme sistemi, hareket eden atmosferik parçacıkların kinetik enerjisinin bir kısmını faydalı elektrik, ısı veya mekanik enerjiye dönüştürür. Sistem, rüzgar kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için bir rüzgar türbini, türbini rüzgarda tutmak için bir kule, türbin mekanik enerjisini faydalı enerjiye dönüştürmek için bir dönüştürücü ve türbin ile dönüştürücü arasında dişli ve mil iletimi gerektirir (Haslach, 1989).

Kavramsal bir tasarımda bir rüzgar sisteminin iki ana bileşeni kule ve rüzgar türbinidir. Gereken tehlike, çaba, zaman ve ekipman nedeniyle, ilk görev personeli kuleyi inşa etmemelidir. Yatay eksen, dikey eksen, sürüklenme veya hibrit türbin seçimi, tam sistem için olanlara ek olarak aşağıdaki tasarım kriterlerine dayanmalıdır.

- Türbin güç katsayısı optimize edilmelidir. Mars atmosferinin düşük yoğunluğu ve diğer çevresel koşullar, bir türbinin Mars'ta Dünya'dakinden farklı bir güç katsayısı ile çalışmasına neden olabilir.
- Kütle başına güç çıkışını maksimize etmek için sistem kütlesinin kilogramı başına maksimum rüzgar süpürme alanı gereklidir.
- Türbin rüzgara bakmalıdır. Mars'taki rüzgar düzenleri Dünya'dakinden daha düzenli görünse de, hem günlük hem de mevsimsel olarak değişir.
- Bakım minimum düzeyde olmalıdır. Yağlanan tüm parçalar tozdan korunmalıdır. Yağlama, Mars'ın aşırı soğukunda etkili olmalıdır. Ayrıca, bıçak derisi ve diğer yüzeyler Mars fırtınalarının kum püskürtmesine dayanmalıdır (Haslach, 1989).

2.5.2 Nükleer Kaynaklı Diğer Enerji Kaynakları

Sürekli yüzey gücü sağlamak, Mars yüzeyinin gelecekteki keşfi için kritik öneme sahiptir. Füzyon Yüzey Gücü - Fission Surface Power (FSP) teknolojisindeki ilerlemeler, önceki faaliyetlerin üzerine inşa edilirken, genişliği reaktör ve kalkanla ilgili geliştirilmesi amaçlanmaktadır. FSP uygulamasına özel olarak izlenebilecek ek bileşen teknolojileri arasında reaktör yakıtları, yapısal malzemeler, birincil döngü bileşenleri, kalkan malzemeleri, yüksek güçlü Stirling dönüşümü ve yüksek voltajlı güç yönetimi ve dağıtımı yer alır (Drake, 2009).

Yedek güç ve mobilite gibi uygulamalar için düşünülebilecek ek bir güç sistemi konsepti, büyük ölçekli RPS'dir. Stirling motor teknolojisine dayanan büyük ölçekli RPS tasarımları, 10 kWe'ye kadar güç seviyelerinde geliştirilmektedir (Drake & Watts, t.y.).

Fisyon Yüzey Güç Sistemi - Fission Surface Power System (FSPS) tasarımı, ay mimarisi için düşük maliyetli, düşük sıcaklıkta çalışabilecek bir sistem geliştirmek için yapılan son çalışmalardan doğrudan alınmıştır. Bu güç sistemi tasarımının en önemli özelliklerinden biri, Ay yüzeyinde veya Mars yüzeyinde kullanıma uyarlanabilir olmasıdır. Ay için geliştirilen 40 kW'lık tasarımın bir taslağı şekil 2.17'de gösterilmektedir.

Yedek güç ve mobilite gibi uygulamalar için düşünülebilecek ek bir güç sistemi konsepti, büyük ölçekli RPS'dir. Stirling motor teknolojisine dayanan büyük ölçekli RPS tasarımları, 10 kWe'ye kadar güç seviyelerinde geliştirilmektedir (Drake, 2009).



Şekil 2.17 Kavramsal füzyon yüzey güç sistemi konfigürasyonu(Drake, 2009)

BÖLÜM 3

AŞIRI KOŞULLARDA YAŞAM ALANLARI

İnsanoğlu aşırı koşullarda hayatta kalmak için kendisine uygun barınma mekanları inşa etmiştir. Bu bölümde Dünya üzerinde inşa edilmiş aşırı koşullardaki yaşam alanları ve Dünya'daki farklı koşullara sahip aşırı ortamlar incelenmiş, Mars koşullarına benzeyenleri seçilmiştir. Uygun teknolojik ve insancıl çözümler belirlemek için bu tür ortamlardaki çeşitli habitatlar araştırılmıştır.

3.1 Dünya Aşırı Koşullarında Yaşam Alanları

Dünya'da koşulların normal ve yerleşilebilir olduğu alanlar vardır. İnsanoğlu çoğunlukla yerleşimlere en uygun olan alanlarda yerleşmiştir. Bununla birlikte, insanların hayatta zor kalabileceği yaşama daha az uygun alanlar da vardır. Böyle alanlar var olsa da insanoğlu yüzyıllar içinde bu alanlarda yerleşmeyi ve yaşamayı öğrenmiştir. Bu şartlar, insanoğlunun deneyimleri ve teknoloji sayesinde gerçekleşmiştir.

3.1.1 Kutupsal Habitatlar

Dünyanın en soğuk bölgeleri Arktik ve Antarktika olarak kabul edilir. Bu arazilerin çoğu, sürekli kışın etkisi altındadır, bazı kısımları kıta buzulları tarafından oluşmuştur. Herhangi bir bitki örtüsüne sahip değildir ve hiç ağaç yoktur. Antarktika'da, birkaç oyuktaki sıcaklıkların bir kış gecesinde -92°C altına düşebileceği yüksek bir sırttır. Kutupsal habitat örnekleri, Mars atmosferinin sıcaklık yönüyle benzer olduğu için iyi bir örnek oluşturmaktadır. Mars'taki sıcaklık -20°C kadar yüksek veya yaklaşık 153°C 'ye kadar düşük olabilir. Mars ne kadar dünyadan daha soğuk ve aşırı koşullara sahip olsa da, kutuplardaki bir yapının aşırı koşullara karşı dayanma kapasitesi Mars yapıları için iyi bir referans oluşturacaktır (Phillips, 2013).

Iglo: Kar evi veya kar kulübesi olarak da bilinen bir iglo, genellikle karın yapısı yapıyı oluşturmaya uygun olduğunda inşa edilen kardan yapılmış bir sığınak türüdür. Iglolarda, kar, içinde sıkışan hava cepleri onu yalıtkan yaptığı için kullanılır. Dışarıda, sıcaklıklar -45°C kadar düşük olabilir, ancak içeride, sıcaklık yalnızca vücut ısısıyla ısıtıldığında -7 ila 16°C arasında değişebilir (Şekil 3.1) (Holihan vd., 2003).



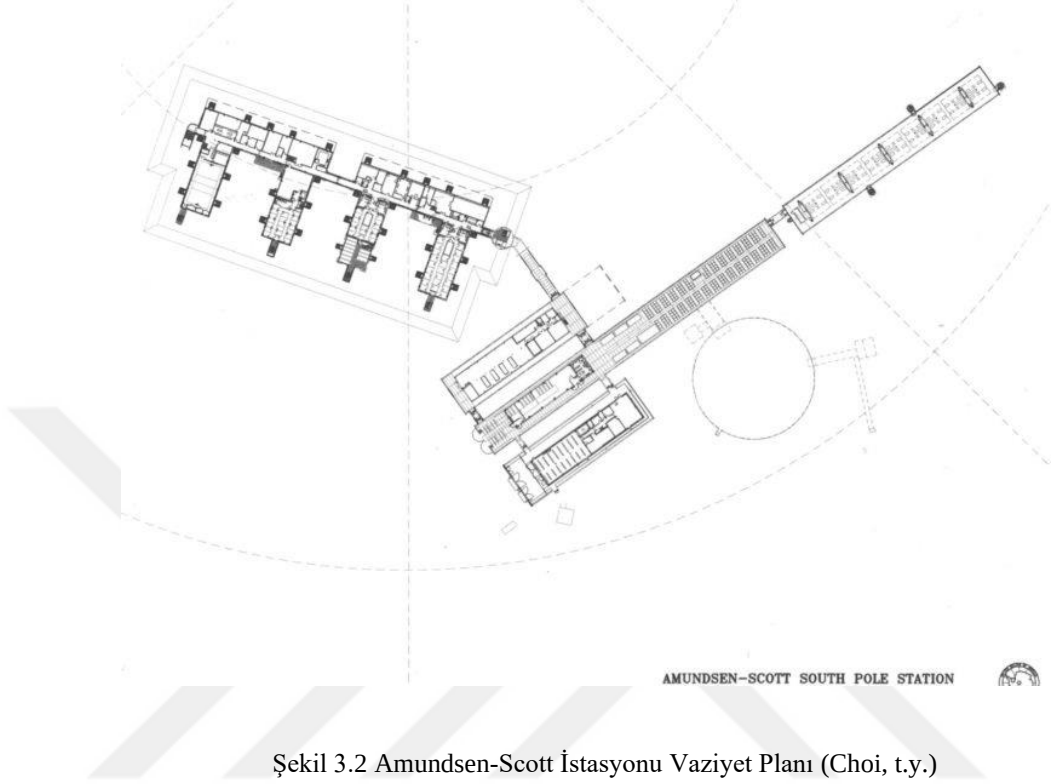
Şekil 3.1 Bir iglo örneği ve havanın içerdeki hareketi (Demara, 2020)

Kar igloları küresel değildir, ancak bir paraboloid'e daha yakından benzeyen bir şekil olan zincir eğrisinde inşa edilmiştir. Bu şekli kullanarak, yaşlandıkça ve sıkıştıkça karın gerilmelerinin, yapının yüzeyinin burkulmasına neden olma olasılığı daha düşüktür (Handy, 1973).

Mars koşullarında Iglo benzeri bir yapı oluşturmak, Mars malzemesi olan regolit ile mümkün olabilir. Regolitten yapılacak bir katman, içinde yaşayacak insanları radyasyondan, toz fırtınasından ve kısmen sıcaklığın olumsuz koşullarından koruyabilir. Regolit tek başına bir yapının dış ortamdaki zor koşullardan korunmasına yeterli olmasa da, başka teknolojik malzemelerle birleştirilerek kullanıldığında yapıya katkısı pozitif olacaktır.

Amundsen–Scott South Pole Station: Amundsen - Scott Güney Kutbu İstasyonu, Dünyanın Güney Kutbu'ndaki Amerika Birleşik Devletleri bilimsel araştırma istasyonudur. İstasyon, deniz seviyesinden 2.835 m yükseklikte Antarktika'nın yüksek platosunda yer almaktadır. Ulusal Bilim Vakfı'nın Kutup Programları Ofisi,

özellikle Amerika Birleşik Devletleri Antarktika Programı (USAP) tarafından yönetilmektedir(Rejcek, 2009a).



Orijinal Amundsen-Scott İstasyonu, Ocak 1957'den Haziran 1958'e kadar süren bir çaba olan Uluslararası Jeofizik Yılı'nın bilimsel hedeflerine olan bağlılığının bir parçası olarak, Kasım 1956'da Birleşik Devletler için inşa edilmiştir. Kasım 1956'dan önce, kutupta kalıcı bir yapay yapı yoktu ve Antarktika'nın iç kısmında neredeyse hiç insan varlığı bulunmamaktaydı. Altı aylık kutup gecesi boyunca, hava sıcaklıkları -73°C 'nin altına düşebilmekte ve kar fırtınası daha sık görülmektedir. Amundsen-Scott İstasyonunda bulunan bilimsel araştırmacıların ve destek personelinin sayısı her zaman mevsimsel olarak değişiklik göstermiş ve en yoğun nüfus Ekim'den Şubat'a kadar olan yaz işletim sezonunda yaklaşık 200'dür. Son yıllarda kış nüfusu yaklaşık 50 kişi olmuştur(Rejcek, 2009a).



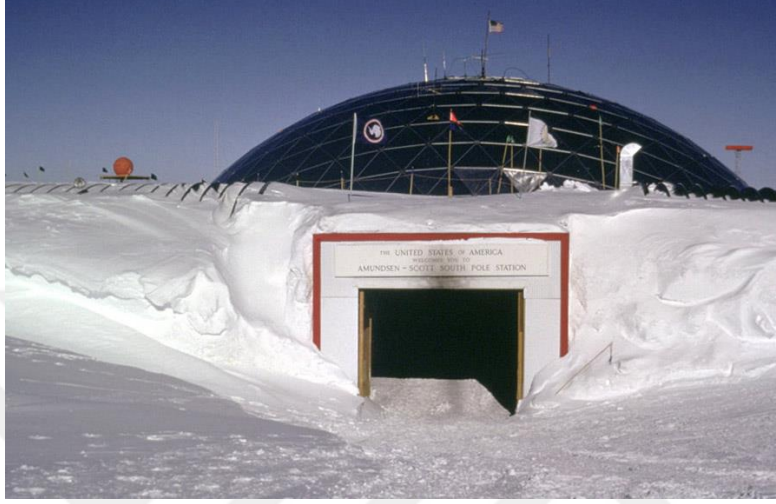
Şekil 3.3 Amundsen-Scott İstasyonu Jeodezik Kubbenin İç Görünümü(Mastroianni, t.y.)

İstasyon 1975 yılında, 50 metre genişliğinde ve 16 metre yüksekliğinde yeni inşa edilen Buckminster Fuller jeodezik kubbesine taşınmıştır. Kubbe içindeki bireysel binalar, üst ve alt atmosferi ve astronomi ve astrofizikteki sayısız diğer karmaşık projeleri izlemek için yurtlar, mutfak, eğlence merkezi, postane ve laboratuvarları içermektedir. İstasyon yapısı, istasyonun kubbe yapısından daha uzun olan turuncu kutu şeklinde bir kule olan Skylab'ı da içermektedir (Şekil 3.4). Skylab, kubbeye bir tünel ile bağlanmaktadır. Skylab, atmosferik sensör ekipmanı ve daha sonraki zamanlarda ise bir müzik odası barındırmıştır (Rejcek, 2009b).



Şekil 3.4 Amundsen-Scott İstasyonu Jeodezik Kubbesi ve Skylab Bağlantısı(Scot Jackson, NSF)

Güney Kutbu'nda, deniz seviyesinden 2.800 metre yükseklikte, yıllık ortalama sıcaklık -49°C , Ocak ayında yaklaşık -28°C ile yaklaşık -59.5°C arasında değişmektedir. Temmuz ayında -59°C . Kaydedilen en düşük sıcaklık -83°C , en yüksek sıcaklık ise -12°C 'dir (*Antarctica Climate*, t.y.).



Şekil 3.5 Amundsen – Scott South Pole İstasyonu(Wikimedia Commons, t.y.)

Kubbenin ana istasyon olarak hizmet verdiği dönemde, Amerika Birleşik Devletleri Güney Kutbu operasyonunda birçok değişiklik meydana gelmiştir. 1990'lardan itibaren Güney Kutbu'nda yapılan astrofizik araştırmaları, elverişli atmosfer koşullarından yararlanarak önemli bilimsel sonuçlar üretmeye başlamıştır.



Şekil 3.6 Amundsen Scott South Pole İstasyonu 2018(Warneck, 2018)

1988 kışında kubbede yüksek bir çatlama sesi olmuştur. Yapılan incelemede, temel halka kirişlerinin aşırı gerilme nedeniyle kırıldığı anlaşılmıştır. Kubbe 2009 sonlarında sökülüştür (Şekil 3.7). İstasyonun yeraltı yapıları, yeni istasyonun bir parçası olarak, yakıt depolama, kargo ve atık yönetimi için kullanılmıştır (Rejcek, 2009a).

Yapının arazi ile olan ilişkisi, Marsta yapılmak istenen bir habitat için referans niteliği oluşturmaktadır. Marsta yeryüzünün altında inşa edilecek habitatlar, atmosferin olumsuz koşullarından yapıyı ve insanları koruyabilecektir. Fakat insanların konforu ve psikolojisi için doğal ışığa ihtiyacı olduğundan yapının bir bölümünün, yeryüzünün kısmen üstünde olması insanların psikolojisi için iyi bir etki oluşturacaktır. Kubbedeki çatlama dünya ortamında büyük bir problem olarak görülmeyebilir. Fakat Mars ortamında yapının böyle bir zarar görmesi tüm insanların hayatını kaybetmesine neden olabilir. Bu yüzden yapının tasarlanması ve inşa edilmesi sürecinde bu aşamalara çok dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.7 İstasyonun kubbesi sökülürken(Amble, 2022)

Halley İstasyonu: Halley Araştırma İstasyonu, Antarktika'da Brunt Buz Sahanlığı üzerinde British Antarctic Survey (BAS) tarafından işletilen bir araştırma tesisidir. Üs, 1956'da Dünya'nın atmosferini incelemek için kuruldu. Halley'den yapılan ölçümler, 1985'te ozon deliğinin keşfini sağlamıştır (Martin & Rae, 2016).



Şekil 3.8 Halley 1 Yapının İnşası(Wayback Machine, 2013)

Halley araştırma istasyonu, bugünkü yapısına önceki beş farklı binasından sonra gelmiştir. Önceki binalar çeşitli sebeplerden kapatılmış veya sonlandırılmış, her kapanmadan sonra yeniden görevi üstlenecek yeni binalar yapılmıştır.



Şekil 3.9 Halley 2 İstasyonu(Wayback Machine, 2013)

Halley 1, ana yapının yapımı 1956 yılıdır. Daha sonrasında ana yaşam kulübesi 1961 ve sonrasında 1964 yılında yüzeye bir ofis bloğu inşa edilmiştir. Yapının strüktürü ağaç kerestelerinden yapılan bir kulübe olarak tanımlanmaktadır. Yapı 1968 yılında eskimesinden dolayı terk edilmiştir. Halley 2, ana yapı 1967’de inşa edilmiştir. Yapı bir dizi ahşap kulübeden ve ahşap elemanları destekleyen çelik desteklerden oluşmaktadır. Yapı 1973 yılında eskimesinden ve ömrünü doldurmasından dolayı terk edilmiştir. Halley 3, 1973 yılında Halley 2’den hemen sonra kurulmuştur. Yapı üzerinde biriken kar yüklerini kaldıracak şekilde tasarlanmış Armco çelik boru içine inşa edilmiştir. 10 yıl içinde taban, yüzeyin 12-15 metre altına gömülmüş ve erişim ve havalandırma sorunları nedeniyle 1983 yılında terkedilmiştir. Halley 4, 1983 yılında kurulmuştur. Yapı yüzeye erişim şaftları ile birbirine bağlı dört kontrplak tüpün içine inşa edilmiş iki katlı binalardan oluşmaktadır. Tüpler 9 metre çapında, kar ve buza gömülmenin basınçlarına dayanacak şekilde tasarlanmış yalıtımlı güçlendirilmiş panellerden oluşmaktadır. Yapı 1994 yılında terk edilmiştir (*Halley Station*, t.y.).



Şekil 3.10 Halley 2 İstasyonu(The Polar Connection, 2017)

Halley 5, yapısının inşası 1990 yılında tamamlanmıştır. Yapının ana binaları, onları kar yüzeyinin üzerinde tutmak için her yıl yükseltilebilen çelik platformlar üzerine inşa edilmiştir. Yapıda farklı işlevdeki binalar bulunmaktadır. Örneğin Drewry bloğu daha sonra Halley 6 üssüne katılmak üzere taşınmıştır. Yapı 2012 sonunda Halley 6 faaliyete geçtiğinde yıkılmıştır (Rose, 2014).



Şekil 3.11 Halley 3 İnşası 1973 (The Polar Connection, 2017)



Şekil 3.12 Halley 3 Buz Falezi 1993 (The Polar Connection, 2017)



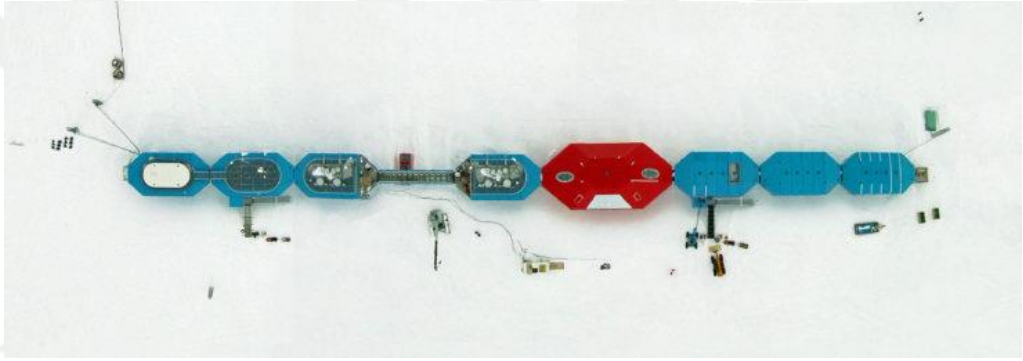
Şekil 3. 13 Halley 4(Saltner & Keij, 2022)



Şekil 3.14 Halley 5 Yapısı (The Polar Connection, 2017)



Şekil 3.15 Halley 6 Yapısı (The Polar Connection, 2017)



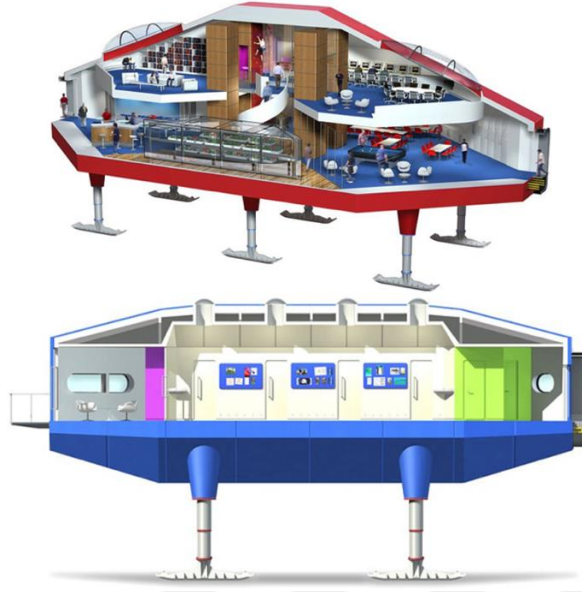
Şekil 3.16 Halley 6 Araştırma İstasyonu'nun Havadan Görünümü (British Antarctic Survey, t.y.)

Halley 6, resmi olarak 2013 yılında açılmıştır. Yapı modüllerden oluşur (Şekil 3.16). Yapıyı kar kütlesinin üzerinde tutmak için hidrolik ayaklar üzerine kaldırılan sekiz modülden oluşan bir dizidir (Şekil 3.17). Halley 5'ten farklı olarak, bu hidrolik ayakların alt kısmında, binanın gerekli durumlarda yer değiştirmesini sağlayan geri çekilebilir dev kayak ayakları bulunmaktadır (*British Antarctic Survey Photographic Database*, t.y.).



Şekil 3.17 Halley 6 Hareketi İçin Hidrolik ve Kayak Sistemli Ayakları (Amos, 2017)

Yeni mimarinin odak noktası, bilim adamlarının ve istasyondaki personelin yaşam koşullarını iyileştirme arzusudur. Çözümler arasında her yıl 100 günden fazla karanlığı dengelemek ve özel bir renk paleti oluşturmak için bir renk psikoloğuna danışmak, biyoritm sorunlarını gidermek için gün ışığı simülasyonu, lambalı çalar saatler, doğanın kokusunu almak ve eksikliği gidermek için özel ahşap kaplamaların kullanılması yer almıştır. Sosyal etkileşim ihtiyaçlarını ve izolasyonda yaşama ve çalışma konularını ele almak için aydınlatma tasarımı ve alan planlaması düşünülmüştür. Yapı inşaatının bir diğer önceliği, buz üzerinde mümkün olan en az çevresel etkiye sahip olmaktır. Yapı hidrolik ayaklar üzerinde olduğu için zeminle teması normal bir yapıya göre oldukça düşüktür. Ayrıca istenildiğinde hareket ettirilebilmektedir (The Economist, 2013).



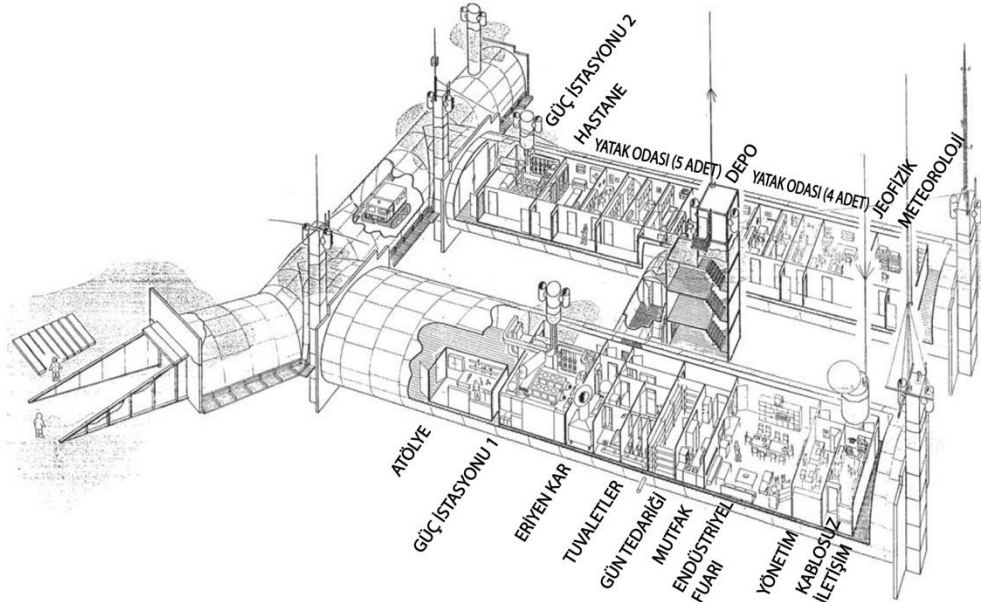
Şekil 3.18 Halley 6 İstasyonu İç Mekan ve Renkleri (Grozdanic, 2014)

Georg von Neumayer İstasyonu ve Neumayer II İstasyonu: Georg Von Neumayer Alman Arktik araştırma istasyonudur. Georg von Neumayer İstasyonu için iki konsept tasarlanmıştır. Konseptlerden birincisi; buzun içinde kar örtüsünün altında bir yapının yapılmasıdır. Buz ve kar kütlelerinin altındaki bir yapı, artan kar ve buz kütlelerinden dolayı yıllar içinde yapının deforme olup yok olmasına sebep olacaktır. İkinci konsept; kar ve buz yüzeyinin üzerinde, bölmelerin ve çalışma alanlarının yapılacağı bir platformdan oluşmaktadır. Birinci konseptin yapılmasına karar verilmiştir. Bu konseptle birlikte, platform sütunlarının yapının yerin altına gömülmemesi için sütunların yıllık olarak uzatılması gerekmektedir ve bu da yüksek personel maliyetlerine yol açmaktadır. Yıllar içinde eriyen ve yer değiştiren buz katmanlarından kaynaklanan deformasyonlar ve büyüyen kar örtüsünün artan basıncı nedeniyle istasyonun kısıtlı ömrüne rağmen yer altında yapılacak bir istasyon planlanmıştır (Kohlberg & Janneck, 2007).



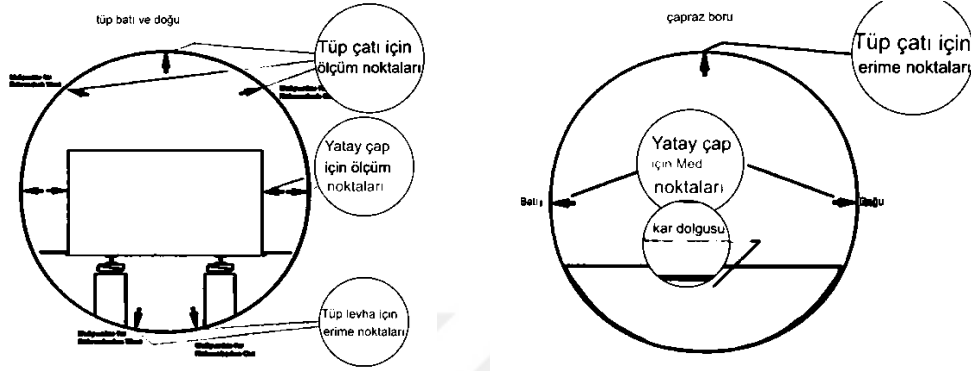
Şekil 3.19 Georg Von Neumayer İstasyonu İç Mekan Görüntüsü /Dalgalı Çelik Levhalar (Kohlberg & Janneck, 2007)

Georg Von Neumayer için binalar konteyner şeklinde tasarlanmıştır. Dalgalı çelik levhalardan yapılmış büyük tüplere yerleştirilmiş, bu nedenle atmosferik koşulların olumsuz etkisine karşı korunmuşlardır (Şekil 3.19). Çelik borular, kar basıncından kaynaklanan kuvvetleri karşılamışlardır. Yalıtım binaların dış yüzlerinde bulunmaktaydı. Binalar ve tüp duvarlar arasındaki hava boşluğu, binaların yalıtımına pozitif bir katkı sağlamıştır (Şekil 3.20) (Kohlberg & Janneck, 2007).



Şekil 3.20 Georg von Neumayer İstasyonu - Kar yüzeyinin altında yer alan tüp yapısının şematik diyagramı (D. Enss / Polarmar)

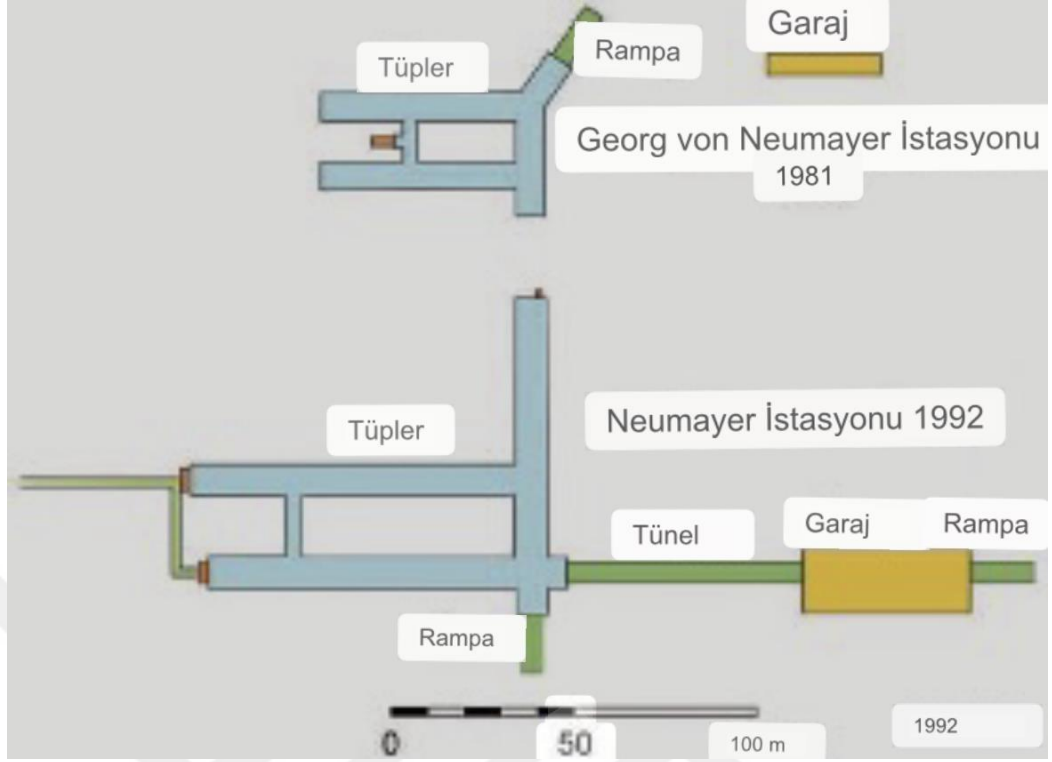
Bina modüllerinin korunması için 50 m uzunluğundaki silindirik çelik borular bombeli ve çinko kaplı dalgalı çelik levhalardan oluşmaktadır (Şekil 3.21). Her durumda 14 plaka yaklaşık 5 m çapında bir daireye monte edilmiştir; her plakanın ağırlığı 370 kg'a kadar çıkmaktadır (Kohlberg & Janneck, 2007).



Şekil 3.21 Tüplerin Enine Kesiti (Saltner & Keij, 2022)

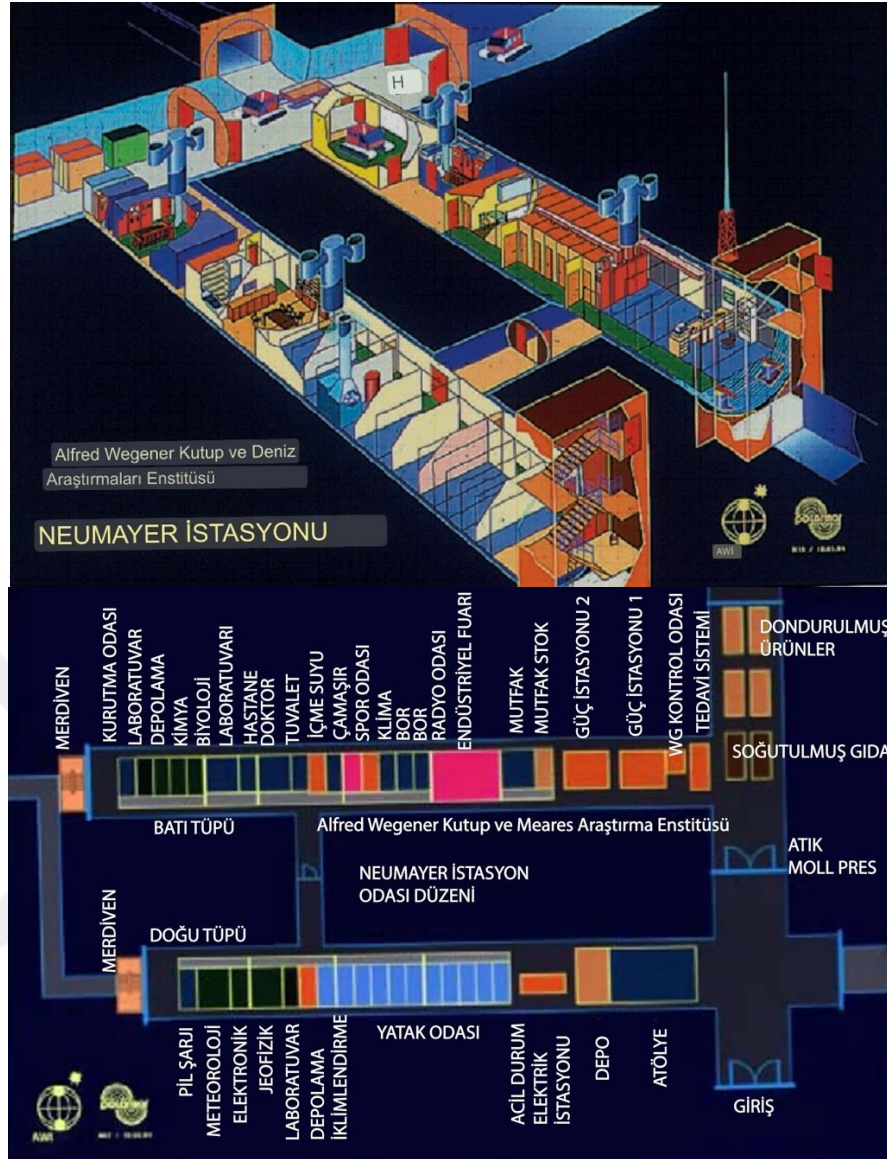
Bina modüllerinin boyutları, esas olarak nakliye nedenleriyle 6m ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü - International Organization for Standardization) konteynerleriyle sınırlandırılmıştır. İç uzunluk 5,81 m, iç genişlik 2,19 m ve açıklık 2,28 m' dir. Klima sistemi tesisatları konteynerlerin üzerine kurulmuştur. Her durumda 2 ila 4 konteyner bir blok halinde gruplanmıştır. Her blok, montaj sonrası buzun olası hareketlerini ayarlamak için ağırlığı iğler aracılığıyla alt konstrüksiyona aktaran çelik bir palet üzerine yerleştirilmiştir (Kohlberg & Janneck, 2007).

Neumayer II İstasyonu: En başından beri Georg von Neumayer İstasyonu'nun ömrünün sınırlı olduğu düşünülmüştür. İlk büyük hasarlar ezilmeler, bükülmüş kirişler ve çatlaklar 1989'da meydana gelmiştir. Hareket eden buzun yanal basıncı ve biriken kar yükünün artması nedeniyle iki ana boru bir muz şeklinde bükülmüştür. Ekip bir gecede, tek bir cıvatanın yüksek bir patlamayla kirişi kesmesiyle uyanmıştır. 1990 yılı sonunda ana boruların üst kenarı 9 m kalınlığında bir buzul kar/buz örtüsünün altında kalmıştır. Bilim insanları her şeyi oldukça doğru bir şekilde hesaplamış ve tahmin etmiştir. On yıllık varoluşunda, istasyon 1500 m'lik bir mesafe boyunca kuzey yönüne doğru hareket etmiştir (Kohlberg & Janneck, 2007).



Şekil 3.22 Neumayer Stations 1981 / Neumayer Stations II 1992 (Kohlberg & Janneck, 2007)

Neumayer II İstasyonu eski Georg von Neumayer İstasyonu'nun tüp konseptine göre temelde aynı bölmeye sahiptir. Yapıların dizaynı aynı tüp konseptinden yapılmış, yeni yapılan yapının boyutları eski yapıya göre artırılmıştır (Şekil 3.22). Tüplerin ve perdelerin H şeklindeki düzenlenmesi, güvenlik nedenleriyle istendiği gibi istasyonu farklı alanlara bölmeyi mümkün kılmıştır.



Şekil 3.23 Neumayer II İstasyonu şematik diyagram gösterimi (Kohlberg & Janneck, 2007)

Kış ekiplerinin sayısı değişmese de bilim adamlarına ve çalışma alanlarına daha fazla yer ayrılma ihtiyacı gerekmiştir. Biyolojik, kimyasal ve elektronik araştırmalar için beş ek laboratuvar eklenmiştir. Bilim adamları için George von Neumayer'e kıyasla %125 ek alan mevcuttur. Ancak diğer alanlarda da eskisinden daha fazla alan yaratılmıştır. Mutfak, yemekhaneler, idare ve revir ilave konteynerler yardımıyla genişletilmiştir. Her iki istasyonda da odaların boyutları 6m'lik ISO konteynırlarının boyutuyla ilişkilendirilmiştir. Eski istasyonda her amaca uygun 35 konteyner bulunmaktadır. Ancak yeni istasyonda 53 konteyner mevcuttur. Operasyonel ve

teknik yönler, bölmeleri planlamayı etkilemiştir. 90 m'den fazla toplam uzunluk, tüm odaların yanında, özel hava koşullarından bağımsız olarak korunan alanda en az üç araç için konteynerler, yakıt tankları, atölyeler ve park yeri sağlama isteğinden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.23) (Kohlberg & Janneck, 2007).

Mimari Çıkarımlar: Kutup habitat yapılarının incelenmesi sonucunda, Mars koşullarına benzer aşırı yaşam koşullarında iyi performans gösterebilecek yapı türlerini; iglo, buz katmanının altında oluşturulan tüneller, konteynerden yapılan binalar ve piloti ayakların üzerindeki yapılar olarak sıralayabiliriz. Bu çözümleri Mars'ta oluşacak bazı ihtiyaçlar için uyarlamak mümkündür. Buz yapıları (iglo) ve buz içinde inşa edilen tüneller (Amundsen-Scott, Halley, Neumayer İstasyonları) eski zamanlarda, Dünya'da aşırı koşullarda kullanılmaktaydı. Yaşam ve çalışma mekanları olarak, işlevlerini iyi bir şekilde yerine getirmekteydiler. Mars tabanındaki bazı elementler ve Mars toprağını kullanarak benzer sığınma habitatları oluşturulabilir.

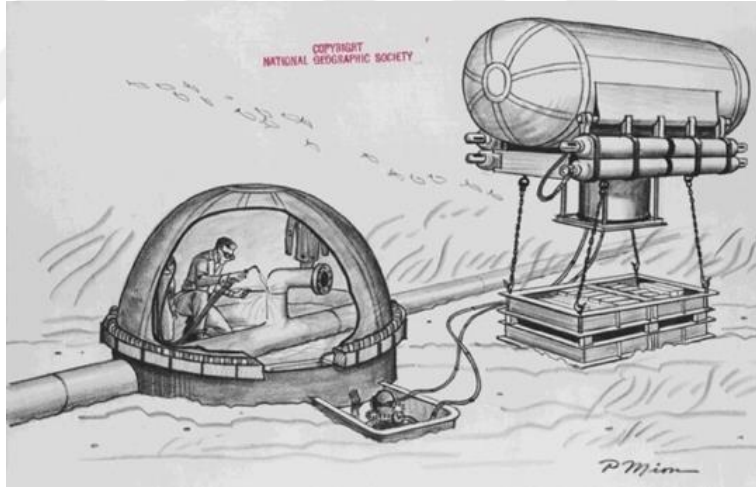
Bir Arktik yapısında kar zorlayıcı bir koşul olabilir ve yapıyı kısa zaman içinde tamamen yerin altına gömebilir. Mars'ta da benzer bir şekilde ele alınabilecek olan Mars tozu bulunur. Mars tozu bir fırtınanın başlamasından itibaren geçen sürede çok uzun bir zaman sürekli devam edebilir. Toz bir habitata tanecikli yapısından dolayı yapılara zarar verebilir, mars tozundan dolayı yapıya ekstra yük yüklenmesine ve yapının yerin altına gömülmesine neden olabilir. Bu Mars tozu örneğinde, bir habitat inşa edilirken, strüktürel olarak veya yapının malzemesinin seçimi sırasında, dünyadaki koşullar ve deneyimlerden mimari sonuçlar çıkartılabilir.

3.1.2 Sualtı Habitatları

Su hava ortamından tamamen farklıdır. İnsanların hava ortamında olduğu kadar rahat olmadığı, aşırı ve zorlu bir ortamdır. Okyanuslarda ve denizlerde ani değişiklikler olabilmektedir, aynı zamanda suda az miktarda oksijen bulunur, güneş

ışığı suyun derin noktalarına ulaşamaz ve derinlerde sudaki basınç artar ve sıcaklık azalır. Bu da sualtı yapılarını insanlar için aşırı ve zorlu bir hale getirmektedir. Mars'ta da su altında olduğu gibi özgürce hareket etmek ve nefes almak imkansızdır. Her iki yerde soğuk hava etkisi vardır. Su altında bir miktar oksijen bulunsa da, bu miktar insanların nefes alabilmesi için uygun değildir. Mars koşullarına bakıldığında, Mars'ın atmosferi de su altında olduğu gibi insanların nefes almasına uygun değildir. Her iki ortam da soğuktur. Ayrıca insanlar için basıncın uygun olması gereklidir. Bu koşullardan yola çıkarak, Mars koşullarının su altı yapılarıyla benzerlikleri vardır. Dünya'da inşa edilmiş su altı yapılarına bakılarak mimarlar, mühendisler ve araştırmacılar için Mars'ta gelecekte inşa edilecek habitatların çıkarımları yapılabilir.

Spid: Şişirilebilir habitatın kısaltılmış adıdır. Edwin Link tarafından tasarlanan, suya batırılabilir taşınabilir şişme konuttur. Spid, oval uçlu, yatay olarak monte edilmiş dikdörtgen bir silindirdir (Kozicka, 2008b).



Şekil 3.24 Spid Yapısı(A.Link, t.y.)

Deniz tabanına bir balast ile sabitlenen çelik çerçeveye bağlanmıştır. 1.3m x 2.5m içinde bir dar oda vardır. Sadece iki kişinin uyuyabileceği ve iki sandalye ve bir masa koyabileceği kadar yer vardı. Spid, tüplü dalgıçlar için bir evdir. Dalış elbisesi olmadan güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için, deniz tabanına kenar tarafından bağlanan şişme kubbenin altında çalışmışlardır (Şekil 3.24).

Tektite 1 Habitatı: ABD Deniz Kuvvetleri, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, İçişleri Bakanlığı Departmanı, General Electric Company ve diğer birçok katılımcı kuruluş, Tektite I projesinde bir araya getirilmiştir (Pauli & Cole, 1970).

Tektite habitatı, Tektite I ve II programları sırasında dalgıçlara ev sahipliği yapan bir sualtı laboratuvarıdır. Tektite programı, ulusal çapta desteklenen ilk denizde bilim insanı programıdır. Habitat, silo çifti: 3.81 m çapında ve 5.49m yüksekliğinde, esnek bir tünelle birleştirilmiş ve 13.1 m su derinliğinde dikdörtgen bir taban üzerine yerleştirilmiş iki beyaz metal silindirden oluşmaktadır (Wolfle, 1970) (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Tektite habitatı(OAR/National Undersea Research Program, 1969)

NASA'nın Tektite I'deki ilgisinin nedeni, uzun süreli uzay uçuşlarında insanın davranışını anlama ve tahmin etmede kullanım için yüksek nitelikli bilim adamlarının stres koşulları altındaki performansının incelenmesidir (Pauli & Cole, 1970).

Precontinent II Habitatı: Precontinent, ünlü bilim insanı Jacques Cousteau'nun ekibi tarafından tasarlanan ve daha sonra iskan edilen su altı habitatlarının bir adıdır.

Yaşam alanları ayrıca sualtı dünyasını keşfetmek ve projeyi finanse eden petrol endüstrisi için araştırma yapmak için inşa edilmiştir. Proje, okyanusla kaplı bir kıtanın kenarları olan kıta sahanlığı anlamına gelen Fransızca kelime için précontinent olarak adlandırılmıştır (Preston, 2016). Precontinent II, tarihteki ilk su altı alt bölümüydü. Habitatta üç bina vardı: The Starfish, The Rocket and The Onion.

Starfish'in dış tabakaları perçinli sacdan yapılmıştır. Starfish 10m su altında demirlenmiştir. Merkezi bir parça ve dört adet uzanan silindirik koldan oluşmaktadır. Merkezde ana bölüm, yemek odası olarak da hizmet veren ortak salon ve kontrol merkezi vardır. Kolların iki tanesi özel kabinler, bir tanesi laboratuvar ve tuvalet içermektedir. Sonuncusu, suya açık bir girişi olan ıslak oda ve tüplü dalgıçlar için giyinme odasıdır. Starfish'te beş kişinin kalmasına yetecek kadar yer vardır. İçerideki sıcaklık 21°C ve nem %85' i dir.

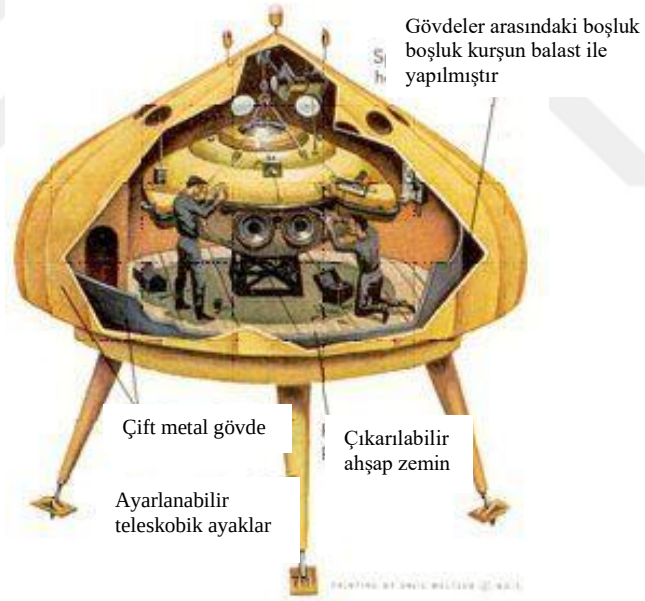


Şekil 3.26 Precontinent II Starfish Yapısı(Cortesi, 2013)

Rocket Yapısı, Starfish'e göre biraz daha derine, 26 m su altında demirlenmiştir. Rocket Yapısının iç mekanı 3 seviyeye bölünmüş dikey bir silindirdir. En üstte özel bir kabin, ortada dışarı çıkan bir ıslak oda ve en alt katta köpekbalıklarından korunmak için kafesli bir oda vardır. Kafesli odadan, insanlar özel bir dalış gemisiyle 110 metreye kadar su altına dalabilmekteydi (Şekil 3.27)



Şekil 3.27 Precontinent II Rocket Yapısı(Preston, 2016)



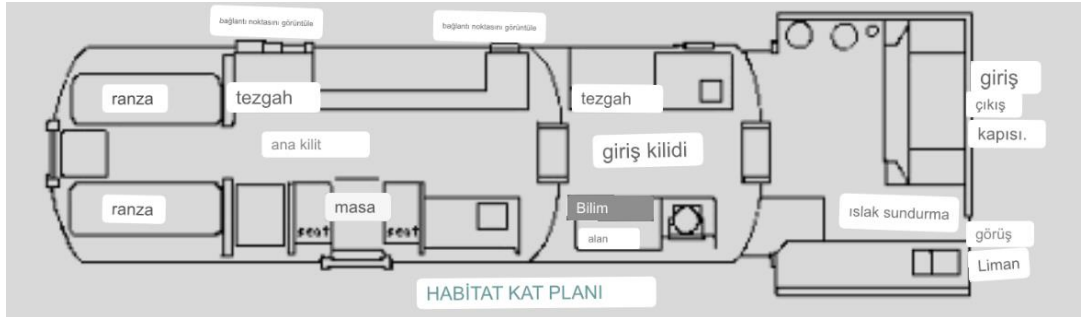
Şekil 3.28 Precontinent II Onion Yapısı (Preston, 2016)

Onion Yapısı (Şekil 3.28), soğan şeklinde kubbeye benzerlik gösteren küçük bir modüldür, bu yüzden bu şekilde adlandırılmıştır. Dört adet geri çekilebilir ayak üzerinde deniz tabanına yerleştirilmiştir (Şekil 3.29) (Kozicka, 2008b).



Şekil 3.29 Precontinent II Onion Habitatı'nın Kalan Hangarı (Preston, 2016)

Aquarius Habitatı: Aquarius, dünyadaki tek denizaltı laboratuvarıdır. Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ya ait ve NOAA'nın Ulusal Denizaltı Araştırma Programı tarafından yönetilmektedir. Tesis, Wilmington'daki Kuzey Karolina Üniversitesi'ndeki Ulusal Denizaltı Araştırma Merkezi tarafından işletilmektedir. Bilim adamlarının deniz tabanında uzun süre kalmalarına izin veren uzun vadeli bir araştırma platformu ve denizaltı yaşam alanları sağlamaktadır.



Şekil 3.30 Aquaris habitatı planı (Wright, 2006)

Aquarius, 1986'da Teksas, Victoria'da inşa edilmiştir. Başlangıçta ABD Virgin Adaları'nda konuşlandırılmış, daha sonra Florida Keys Ulusal Deniz Koruma Alanı'ndaki Key Largo'dan 9 km uzaktaki şu anki yerine taşınmıştır. Yüzeyin 19 m altında derin mercan resiflerinin yanında durmaktadır. Aquaris, ortam basıncına

sahip bir habitattır; bu, iç atmosfer basıncının çevredeki su basıncına eşit olduğu anlamına gelir. Sundurmadaki ana girişi okyanusa açıktır ve su, içerideki eşdeğer hava basıncıyla dışarıda tutulur, tıpkı ters çevrilmiş bir camın içindeki hava cebinin suya daldırıldığında suyun tamamen dolmasını engellemesi gibidir.



Şekil 3.31 Aquaris habitatı (UNCW, 2022)

Pinnacle geçiş istasyonu taban plakası, yaklaşık 14 m derinlikte tabana monte edilmiş habitatla birlikte yaklaşık 19 m derinlikte bulunmaktadır, sahadaki gelgit aralığı 60 ila 90 cm arasındadır. Bu çalışma derinliğine "tarama derinliği" denir. 14 m deniz suyundaki basınç, deniz seviyesinde bulunan atmosferik basınçtan yaklaşık 2,5 kat daha fazladır. Bu derinlik ve basınçta, Aquaris'i ziyaret edenlerin, dekompresyona bağlı hastalık yaşama riskini almadan önce kalışlarını tamamlamak ve yüzeye dönmek için sadece 80 dakikaları vardır. Bununla birlikte, "aquanotlar" olarak bilinen Aquaris'in misyon sakinleri, Aquaris'den yaptıkları tüplü dalışlar sırasında süresiz olarak kalabilir ve neredeyse sınırsız dip zamanına sahip olabilirler. Bir görevin sonunda, aquanotlar, Aquaris'in kendi içinde, yürütülen 17 saatlik bir dekompresyona tabi tutulmaktadır. Dekompresyonun sonunda, aquanotlar Aquaris'den çıkar ve tekrar yüzeye tüplü dalış yaparlar (Wright, 2006).

Mimari Çıkarımlar: Dünya'daki denizlerdeki derin su koşulları ile Mars'taki bazı aşırı koşullar arasında benzerlikler bulunmaktadır. Her iki gezegende ve koşullarda bir habitatın inşası aşırı ve zorlu koşulları karşılayabilmelidir. Her habitat, özel bir proje türünü gerektirmektedir. Dünya'nın %70'ini oluşturan su, oldukça ıssız ve farklı koşullar içermektedir. Bu yüzden sualtında inşa edilecek bir habitat, dünyanın geri kalanından izole edilmiş olacaktır. Dünya'da inşa edilmiş sualtı yapılarının çoğu

genellikle kısa bir süre için iskan edilmiştir. Yapılan habitatların analizleri mimarlar için, bir Mars üssü tasarlamak için yardımcı olacaktır. Mars'ta yapılacak bir üs içinde atmosfer ve Mars arazi koşulları için çeşitli zorluklar mevcuttur.

3.1.3 Yeraltı Habitatları

İnsanoğlu, evlerini, yaşam alanlarını genellikle güneş ışığı kullanabilecek şekilde inşa eder. Bazı istisnai durumlarda yerleşim için yeraltını seçerler. Yeraltı habitatları, bazı etmenlere karşı son derece etkili bir korunma alanı sağlar. İnsanlığın eski zamanlarında, değişken ve zorlu hava koşulları, vahşi hayvanlar ve düşmanlar insanoğlu için yeraltı habitatlarını avantajlı hale getirmektedir. Bu yüzden eski zamanlarda, yeraltı habitatları düşman istilalarından kaçan, saklanmak isteyen insanların korunması için avantajlı yerler sayılmıştır. Bir yeraltı sığınağı, yeryüzünün fazla derininde olmasa bile sıcaklık değeri yıl boyunca fazla dalgalanmalar olmaksızın aynı kalabilmektedir. İklim koşullarının yeraltı habitatlarını olumsuz etkileme ihtimali çok azdır.

Eski zamanlardan beri, sıcak mevsime sahip coğrafyalarda halk, yeraltı evlerini kullanarak evlerinde iyi sıcaklık değerlerine sahip olabileceklerini anlamışlardır. Ancak olumlu etkilere sahip olsa da insanoğlu penceresiz, güneş ışığı olmayan ortamlarda rahatsız olmaktadır. Bu rahatsızlık ruhsal problemlere neden olabilmektedir. Günümüz teknolojinde ışık tüpleri yardımıyla yapıya doğal ışık sağlanabilir.

Özet olarak yeraltı koşulları, olumsuz iklim koşullarından korunmak için iyi bir barınma imkanı sağlamaktadır. Ancak insanoğlu için günümüz şartlarında, iyi bir konfor imkanı sağlamamaktadır. Rahatlık ve ruhsal olarak rahat olmak insanlar için önemli bir etkidir. Kutup ve yeraltı habitatları ile kıyaslandığında, en son seçenek olsa da, zorlu koşullardan korunmak için tercih edilebilir bir barınma imkanı olabilmektedir. Eski çağlarda, insanlar önceleri mevcut mağaraları kullansa da, zaman ilerledikçe yeraltı yapılarını inşa etmeyi ve daha karmaşık şekilde tüneller yapmayı ve yapılarını birbirine yeraltından bağlamayı öğrenmişlerdir. Günümüz

teknolojisi ve yapım yöntemleri sayesinde, zorlu iklim koşulları için barınabilecek yapılar yapılabilir.

Mağaralar, doğanın şekillendirdiği tüneller olarak da bilinmektedir. Mağaralar, çeşitli doğa olaylarının sonucunda oluşabilmektedir. İnsanoğlunun keşifleri, eski zamanlarda insanların barındığı ve yaşadığı mağaraları ortaya çıkartmıştır. Dünyanın çeşitli yerlerinde, birçok mağara keşfedilmiştir. Günümüzde bazılarını erişilmekte ve gezilebilmekte, bazıları ise halk erişimine kapalıdır. Doğal doğa olayları sonucunda oluşmuş mağaralar ve tüneller sayesinde insanoğlu hayatta kalmayı başarmış ve barınabilmiştir.

Kapadokya Yeraltı Habitatları: Şu anki Türkiye sınırları içinde olan Kapadokya, 60 milyon yıl önce Erciyes, Hasandağı ve Göllüdağ'ın püskürttüğü lav ve küllerin oluşturduğu yumuşak tabakaların milyonlarca yıl boyunca yağmur ve rüzgâr tarafından aşındırılmasıyla ortaya çıkan bölgedir. Tüf tabakasının üzeri yer yer sert bazalttan oluşan ince bir lav tabakası ile örtülmüştür, bazalt çatlayıp parçalara ayrılmıştır. Yağmurlar çatlaklardan sızıp yumuşak tüfü aşındırmaya başlamış, ısınan ve soğuyan hava ile rüzgârlar da oluşuma katılmıştır. Böylece sert bazalt kayasından şapkaları bulunan koniler oluşmuştur (Bilgili, 2018).

Bölge tüf kaya yapısında olduğu için kayayı işlemek nispeten kolaydır. Bu yüzden bazı ilkel araçlar ve teknolojileri, eski insanların kayayı işlemesi ve şekillendirmesi için yeterli olmuştur. Tüf kayasının yapısı aynı zamanda dayanıklıdır, bu nedenle bu yapılar günümüze kadar ulaşabilmiştir. Sıradan birimlerdir ve düzensiz olmalarına rağmen her birim şekil olarak birbirinden farklı ve değişiktir.

İnsanoğlu, doğanın şekillendirdiği bu yeraltı yapılarına kendi katkısını da ekleyerek şekillendirmiş ve barınmak için yaşam alanları oluşturmuştur. Yeraltı yapıları, insanlığın eski zamanlarında iyi bir barınma alanı olarak görülmüştür. Fakat günümüz şartlarında, insanlığın ferah ve ılık alan mekanlara ihtiyaç duyması yeraltı yapıları insanlar için uygun mekanlar değildir. Fakat bir Mars misyonunda, yolculuğun ilk aşaması ve yerleşimin ilk aşaması olarak, yeraltı habitatları iyi bir alternatiftir. İlk aşamada yarı otonom veya otonom robotlar yardımıyla, insanların yerleşebileceği ve geçici korunabileceği bir yapı oluşturulabilir. Çalışmanın 2.2.8

bölümünde örnek verildiği gibi, yeraltı yapıları gelişen teknoloji ile toprağın altında farklı alanlar oluşturma imkanı sağlamaktadır. Bu yüzden herhangi bir Mars görevinde iklim ve atmosferim olumsuz koşullarından korunmak için yarı-otonom robotlar ile yapılabilecek bir yeraltı habitatu Mars için uygun olabilecektir.

Mimari Çıkarımlar: Yeraltına bir yerleşim habitatu yapmanın, yeraltında yaşamanın farklı yolları vardır. Yapım şekliyle, doğal oluşmuş veya insanın kendi teknolojik çözümleriyle oluşturduğu yapılar olabilir. Bir kayalık alandaki yeraltı şehri, uzun yıllar boyunca bozulmadan kalabilir. Mars'ta da yer kabuğundaki doğal çöküntülerde yaşamak veya yer altında yaşanabilir yapılar inşa etmek için bazı imkanlar bulunur. Bu tür habitatlarda, benzer yeraltı ortamı koşulları nedeniyle, dünyadakilere benzer koşullar oluşturulabilir. Bu yapıların, dünyadakilere benzer şekilde avantajları ve kullanım imkanı olması gereklidir. Dünyada bulunan yeraltı habitatları, zeminin jeolojik yapısına bağlıdır. Yeryüzünün doğal formlarında bulunurlar veya tüf yapısında olan yeryüzü şekillerine, tüneller şeklinde oyulmuşlardır. Dünyadaki örneklerle bakıldığında, Mars'ta özel olarak seçilecek bir arazide yeraltı habitatları inşa edilebilir; seçilecek yerlerin inşa için uygun mağaralar ya da araziler üzerinde konumlanması bir yeraltı habitatının kurulumu için büyük kolaylık sağlayacaktır.

3.2 Uzak Koşullarında Yaşam Alanları

İnsanların yaşaması için uygun olan koşulların olduğu tek gezegen dünyadır. Uzay insanın adapte olamadığı değişik bir ortamdır. Uzaya yapılan görevlerde insanlar, yaşama uygun habitatlarda konaklamışlardır. Gelişen teknoloji ile insanlı görevlerin yanında otonom ve yarı-otonom robotlar yardımıyla uzay araştırmaları ve görevleri yapılmaya başlanmıştır.

Gelecekte Mars'a yapılacak bir insanlı görevde, insan yaşamına en uygun yapıların araştırılması halen devam etmektedir. Bu bölümde geçmiş yıllarda, Ay'daki yörüngesel bazı uzay habitatları ve Mars habitatlarının prototipleri açıklanmıştır.

3.2.1 Yörünge Habitatları

Uzay neredeyse tamamen boş ve yoğunluğu çok düşüktür. Sıcaklık sadece -270°C civarındadır. Atmosfer yoktur, bu yüzden insanlar uzayda nefes alamaz. Yerçekimi yoktur, hareket etmek için itici bir kuvvet bulunmamaktadır. Radyasyon dışında hiçbir şey yoktur. Dünya'ya yakın Güneş Radyasyonu, uzayda yüzen cismin güneşli yüzeyini çok yüksek, 200°C'ye kadar ısıtacak kadar güçlüdür. Uzay Radyasyonu orada mümkün olan tüm yönlerde yayılmıştır, çünkü galaksinin farklı bölümlerinden gelmektedir. Güneş fırtınalarına eşlik eden güneş radyasyonu da durmaksızın uzayda yayılır. Bazen meteorlar ve mikro meteorlar oluşur. İnanılmaz derecede nadir olarak bulunurlar, ancak o kadar çok hız kazanırlar ki, yollarına uzayda yüzen herhangi bir nesne çıktığında kolayca zarar verebilirler (Kozicka, 2008b).

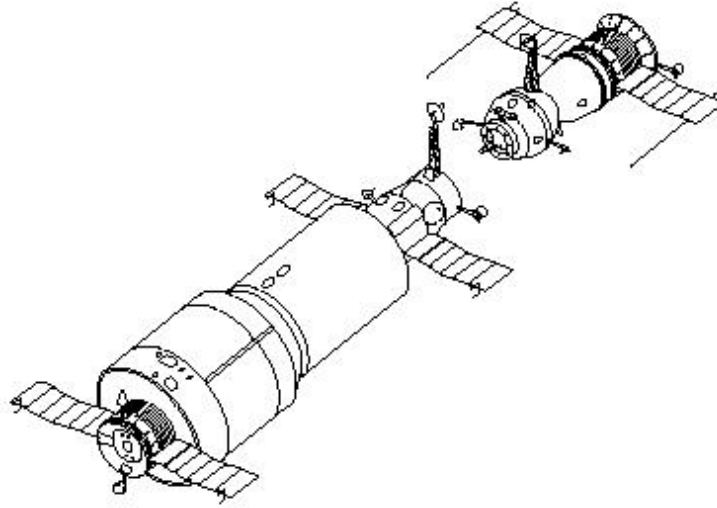
Habitat sistemleri, yaşam desteği, çevresel kontrol, radyasyondan korunma, egzersiz ve sağlık bakımı ve insanları uzun derin uzay görevlerinde güvenli, sağlıklı ve üretken tutmak için gereken diğer faktörleri içermektedir. Mars sınıfı görevler için bu süre, en az dört mürettebat üyesi için 1.100 gündür(Mahoney, 2016).

İki tür uzay habitatı vardır: Yörünge istasyonları ve uzay mekikleri. Bu habitatlar sert metal yapılardan yapılmaktadır. Yörünge istasyonları, tek başına veya yörüngede birbirine bağlı ve ayrı ayrı gönderilen modül gruplarından oluşmaktadır, uzaya gönderilen tek, bitmiş modüllerdir. Parça olarak gönderilir ve birleştirilerek bir araya getirilirler. Böyle bir kompleksin içinde habitatı oluşturan bir veya birkaç unsur bulunmaktadır. Uzay Mekiği, roketin bir parçası olarak Dünya'dan başlayan ve sıradan uçakların yaptığı gibi iniş yapabilen bir uzay gemisidir. Yolcu uçağına benzerler. Bununla birlikte, yapımı çok daha karmaşık ve yapımı için kullanılan malzemeler uzay koşullarına karşı olağanüstü dirençlidir. Çapı da daha büyüktür, çünkü içinde tüm yörünge ekipmanının ve silindirik laboratuvar modüllerinin yüklendiği büyük bir kargo alanı vardır (Kozicka, 2008b).

Çalışmanın bu bölümünde geçmişten günümüze kadar görev yapmış olan ve hala görev yapan yörünge habitatları incelenecektir.

Salyut: 1971 ve 1982 yılları arasında başlatılan ve yaşam alanları, bilimsel laboratuvarlar veya askeri keşif platformları olarak hizmet veren bir dizi Sovyet uzay istasyonlarına denir (Harland, 2005b).

1971'de başlatılan proje, kasıtlı olarak Pasifik Okyanusu'na çarpmadan önce, uzayda geçirdiği 175 gün boyunca Dünya'nın etrafında yaklaşık 3.000 kez dönmüştür. Silindirik şeklinde olan Salyut 1, astronotlar için üç basınçlı bölmeye ve motorları ve kontrol ekipmanını içeren bir basınçsız alana sahiptir. İstasyon yaklaşık 20 m uzunluğunda ve en geniş noktasında 4 m çapındadır. Her iki uçta bölmelerin dış tarafında kanatlar gibi uzanan iki çift güneş paneli seti bulunmaktadır (Tillman, 2012).

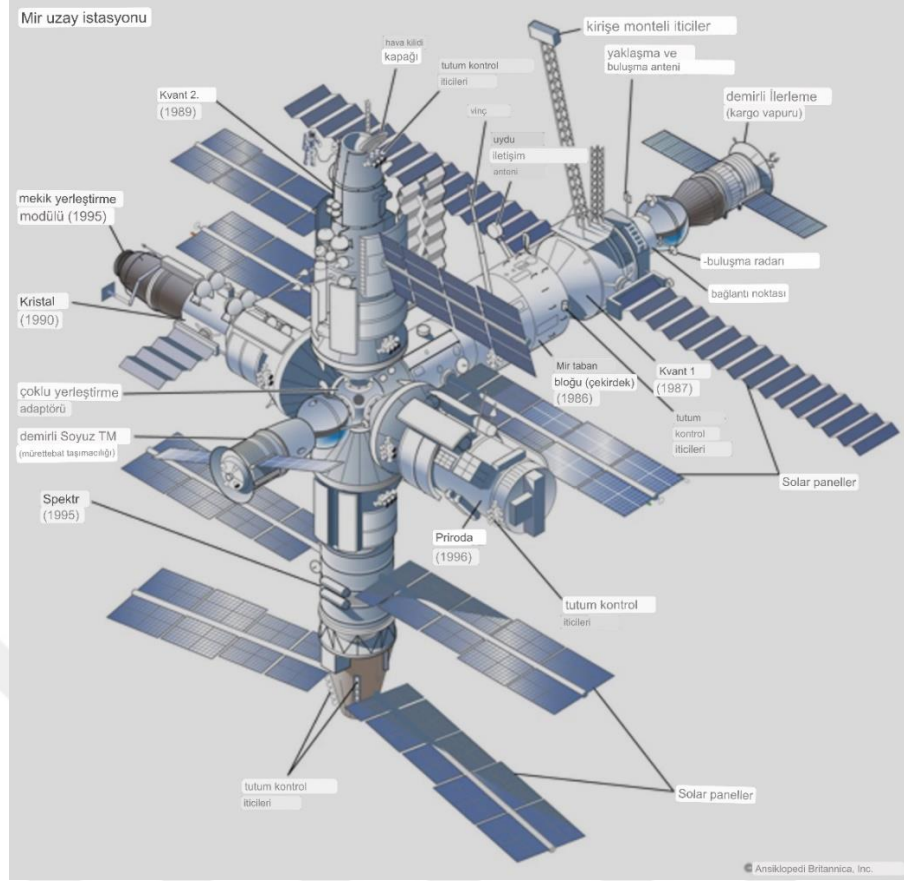


Şekil 3.32 Salyut 1 ve Soyuz 11 kenetlenme diyagram gösterimi (NASA)

Sovyet mühendisleri, istasyonu, uzun süreli uzay uçuşlarına insan adaptasyonunu incelemek için deneyler, güneş ve astronomik gözlemler için çeşitli teleskoplar ve Dünya'yı gözlemlemek için aletler dahil olmak üzere bilimsel ekipmanla donatmıştır. Büyük bir buzdolabı ve yiyecek ısıtıcısı, ekiplerin önceki uzay gemilerine göre daha geniş menü öğelerine sahip olmasını sağlamıştır. Soyuz 11 görevinde mürettebat, Salyut'a başarıyla kenetlenmiş ve dünyanın ilk uzay istasyonunu kurarak Salyut'a transfer olmuşlardır (Şekil 3.32). Mürettebat, astrofizik, biyoloji, Dünya gözlemleri ve teknolojiye bir dizi deney gerçekleştirmiş ve uzun vadeli yer çekimsiz ortamın,

insan vücudu üzerindeki etkilerini incelemek için test denekleri olarak görev yapmıştır (Mars, 2021).

Mir Uzay İstasyonu: Mir, Sovyet/Rus modüler uzay istasyonu, çekirdek modülü (temel bloğu) 1986'da SSCB tarafından Dünya yörüngesine fırlatılmıştır. Sonraki on yıl içinde, ek modüller ayrı fırlatma araçlarıyla havaya gönderilmiş ve çekirdek birime bağlanmıştır. 14 yıldan fazla bir süredir çok yönlü bir uzay laboratuvarı olarak hizmet veren büyük bir yaşam alanıdır. Mir, Sovyetler Birliği tarafından geliştirilen üçüncü nesil uzay istasyonlarıdır. Çekirdek modülü, Salyut serisindeki daha basit öncüllerine benzemekteydi, ancak yalnızca bir dizi insanlı uzay aracı ve kargo taşımalarını barındırmakla kalmayıp, aynı zamanda bilimsel araştırma için donatılmış, kalıcı olarak takılan genişletme modüllerini de barındıran ek yerleştirme bağlantı noktalarına (toplam altı) sahiptir. Mir'in çekirdek modülü 20 Şubat 1986'da piyasaya sürülmüştür. En geniş noktasında yaklaşık 13 m uzunluğunda ve 4,2 m çapında kademeli bir silindir şeklindedir. Modülün her iki ucunda bir yerleştirme bağlantı noktası ve ön ucunda radyal olarak yerleştirilmiş dört bağlantı noktası vardır. 13 Mart 1986'da kozmonotlar Leonid Kizim ve Vladimir Solovyov, Mir ile buluşmak ve ilk yolcuları olmak için bir Soyuz T uzay aracıyla gönderilmiştir. Mart 1987 ile Nisan 1996 arasında, çekirdek birime beş genişleme modülü eklenmiştir; bir astrofizik gözlemevi olan Kvant 1 (1987); ek yaşam destek ekipmanı ve büyük bir hava kilidi içeren Kvant 2 (1989); bir malzeme bilimleri laboratuvarı olan Kristall (1990); ve Spektr (1995) ve Priroda (1996), Dünya'nın ekolojik ve çevresel çalışmaları için uzaktan algılama araçlarını içeren iki bilim modülüdür (Şekil 3.33). İlk yolcuları dışında, Mir'in kozmonot ekipleri, geliştirilmiş Soyuz TM uzay aracıyla istasyon ve Dünya arasında seyahat etmişlerdir ve malzemeler robotik ilerleme kargo yöntemiyle taşınmıştır.



Şekil 3.33 Mir uzay istasyonu (Encyclopedia Britannica, t.y.)

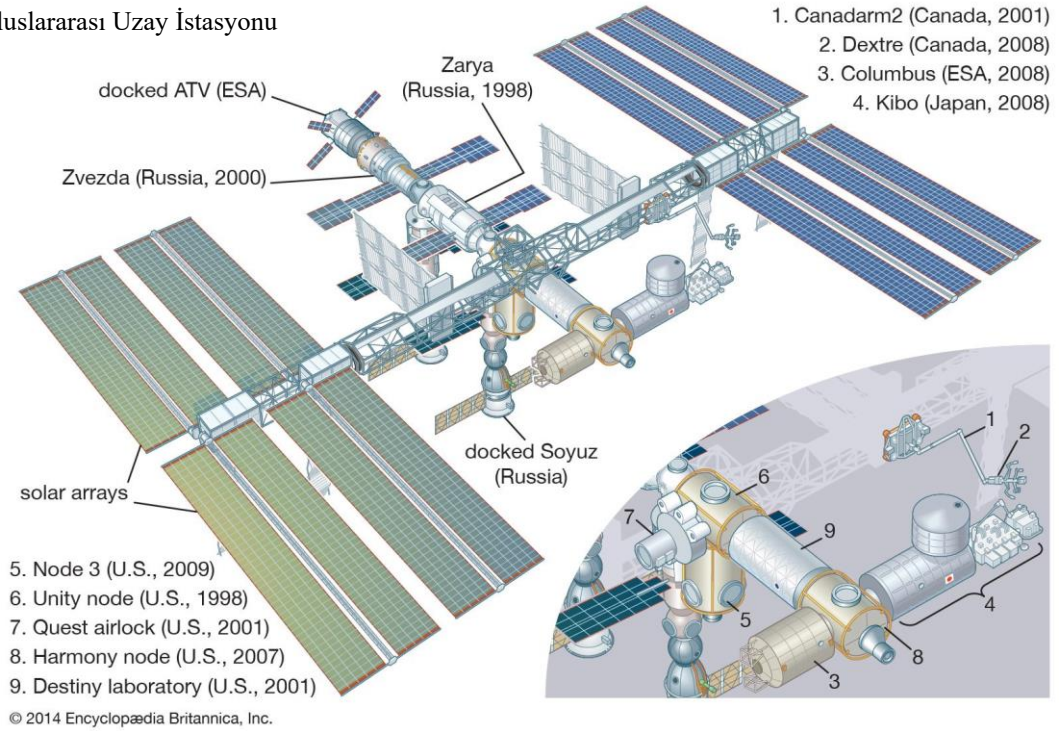
Mir, 14 Mart 1986'dan 15 Haziran 2000'e kadar, neredeyse 10 yıllık kesintisiz bir doluluk dahil olmak üzere insan yerleşimini desteklemiştir. Mir-uzay mekiği işbirliği çabasının bir parçası olarak 1995-98 yıllarında bir dizi ABD astronotu da dahil olmak üzere 12 ülkeden 100'den fazla kişiyi ağırlamıştır. Ocak 1994 ile Mart 1995 arasında, Mir kozmonot-doktoru Valery Polyakov, uzayda 438 sürekli günlük bir dayanıklılık rekoru kırmıştır; bu, Mars gezegenine mürettebatlı bir yolculuk için tahmin edilen yaklaşık dokuz aydan daha uzun bir süredir (Harland, 2005a).

ISS (International Space Station): Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS), çok uluslu bir konsorsiyumdan gelen yardım ve bileşenlerle, büyük ölçüde Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya tarafından Dünya yörüngesinde bir araya getirilen uzay istasyonudur.

Uluslararası Uzay İstasyonu'nun (ISS) montajı, 20 Kasım 1998'de Rus kontrol modülü Zarya'nın ve bir sonraki ay ABD uzay mekiği astronotları tarafından

yörüngeye bağlanan ABD yapımı Unity bağlantı noktasının fırlatılmasıyla başlamıştır. 2000 yılının ortalarında, bir habitat ve kontrol merkezi olan Rus yapımı modül Zvezda eklenmiş ve o yılın 2 Kasım'ında ISS, Rus kozmonotlar Sergey Krikalev ve Yuri Gidzenko ile Amerikalı astronot William Shepherd'dan oluşan ilk yerleşik ekibini almıştır. Destiny ve diğer elementler adlı bir NASA mikrogravite laboratuvarı daha sonra istasyona katılmış ve genel plan; birkaç yıl boyunca, büyük güneş enerjisi dizilerini ve termal radyatörleri tutan dört üniteyi destekleyen uzun bir kafes tarafından geçen bir laboratuvar ve habitat kompleksinin montajıdır. ISS inşası sırasında, hem mekikler hem de Rus Soyuz uzay aracı, insanları istasyona ve istasyondan dünyaya taşımıştır ve bir Soyuz, her zaman bir “cankurtaran botu” olarak ISS'ye kenetlenmiş halde kalmıştır (Harland, 2008) (Şekil 3.34).

Uluslararası Uzay İstasyonu



Şekil 3.34 Uluslararası uzay istasyonu şematik diyagramı (Encyclopedia Britannica, t.y.)

Uluslararası Uzay İstasyonu'nun tasarımı on yıldan fazla bir süre içinde gelişmiştir. ABD'nin katkısı istasyonun modülerliği ve boyutunu, Japon ve Avrupa'nın katkı unsurları, Uzay Mekiğinin birincil fırlatma aracı olarak

kullanılmasını ve sistem bileşenlerinin uzun yıllar boyunca bakımı yapılabilir ve değiştirilebilir hale getirilmesi gerekliliğini sağlamıştır (NASA, 2010).

Ruslar 1993 yılında programa katıldığında, mimarileri büyük ölçüde daha önce inşa ettikleri Mir ve Salyut istasyonlarına dayanmaktaydı. Rus uzay aracı tasarım felsefesi her zaman otomatik operasyon ve uzaktan kumandayı vurgulamıştır. ABD, Avrupa ve Japon unsurlarının iç tasarımı dört özel ilke tarafından belirlenmiştir: Modülerlik, sürdürülebilirlik, yeniden yapılandırılabilirlik ve erişilebilirlik. İç modüler donanım rafları ve yardımcı programlar, ihtiyaçlara veya yıla göre değiştirilebilir. Mürettebat tercihleri, modül içlerinin farklı zeminler, tavanlar ve duvarlarla düzenlenmesini gerektirmiştir (NASA, 2010)

Skylab: Proje, astronotları aya indirme çabası için orijinal olarak geliştirilen donanımı kullanarak bilime dayalı insan uzay misyonları geliştirme hedefiyle 1968'de Apollo Uygulamaları Programı olarak başlamıştır.

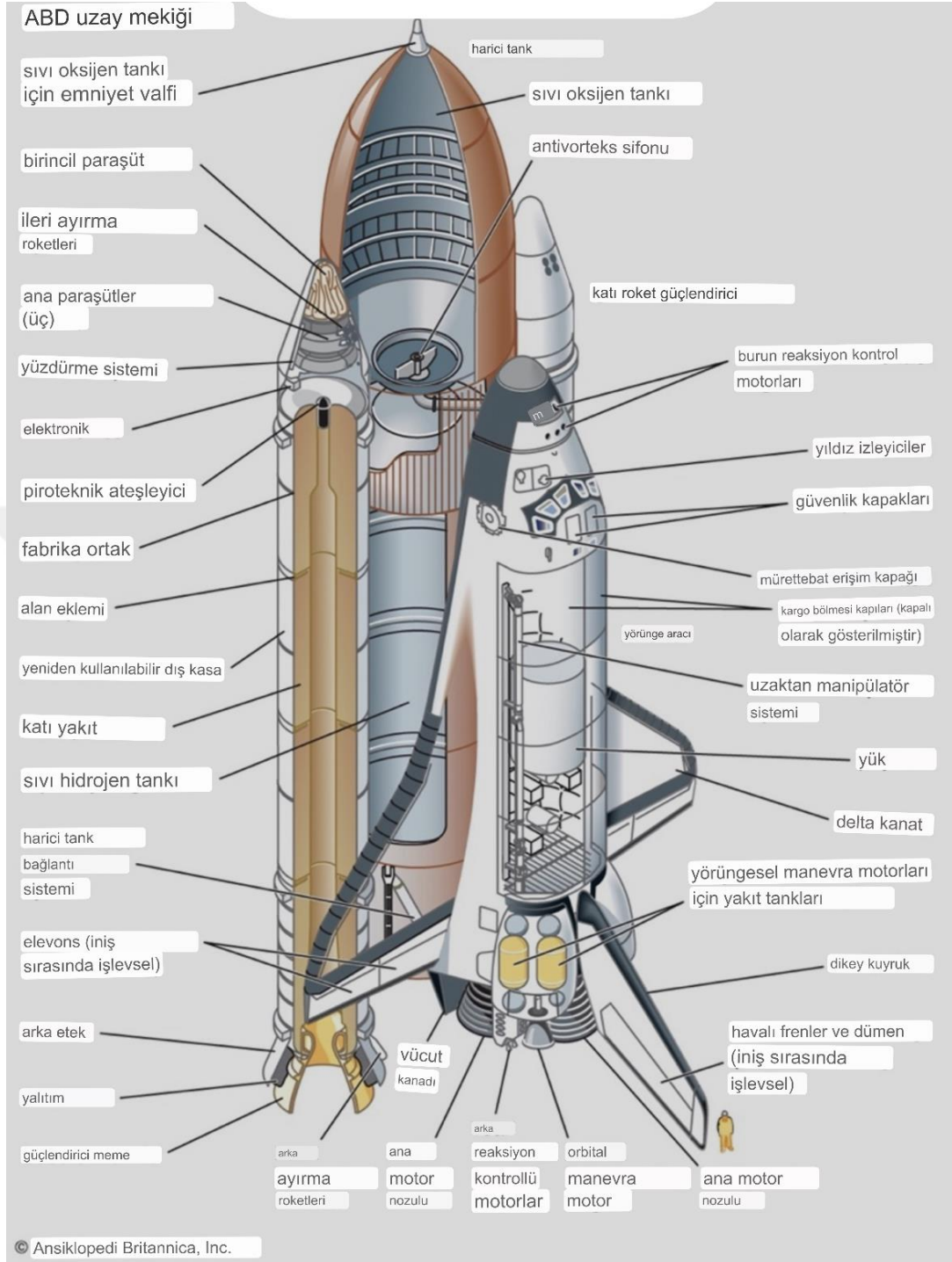
Skylab 1973'ten 1979'a kadar Dünya'nın yörüngesinde kalmıştır 169.950 kiloluk uzay istasyonunda bir atölye, bir güneş gözlemevi, bir çoklu yerleştirme adaptörü ve üç ekibin uzayda 84 güne kadar kalmasına izin veren sistemleri vardır (Granath, 2015).

kadardır. Böyle bir gaz karışımının solunmasıyla ilgili herhangi bir sorun yoktur. İç sıcaklık 21°C dir (Kozicka, 2008b).

Space Shuttle: ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından Uzay Ulaştırma Sistemi olarak da adlandırılan uzay mekiği, Dünya etrafında yörüngeye girmek, insanları ve kargoları yörüngedeki uzay aracına ve uzay aracından taşımak ve Dünya yüzeyine geri döndüğünde iniş yapan bir piste süzölmek için tasarlanmış kısmen yeniden kullanılabilir roketle fırlatılan araçtır. Resmi olarak Uzay Taşımacılığı Sistemi (STS) olarak adlandırılan bu sistem, ilk kez 12 Nisan 1981'de uzaya çıkmış ve 2011'de program sona erene kadar 135 uçuş gerçekleştirmiştir. ABD uzay mekiği üç ana bileşenden oluşmaktadır: Hem mürettebatı hem de kargoyu taşıyan kanatlı bir yörünge; yörünge aracının üç ana roket motoru için sıvı hidrojen (yakıt) ve sıvı oksijen (oksitleyici) içeren harici bir tank; ve bir çift büyük, katı yakıtlı, kayışa bağlı güçlendirici roketler (Loff, 2015).

Tamamen hazır haldeki bir mekik 56m boyunda ve 2.041.000 kg ağırlığındadır. Gövde 4.5 m çapında ve 18 m uzunluğundadır. Mekiğin yörüngedeki hızı yaklaşık 17.500 mildir. Mekiğin üç ana unsuru vardır; yörünge aracı, ikiz katı roket güçlendiriciler ve harici tank. Orbiter ve katı roket güçlendiriciler tekrar uçurulabilir, ancak dış tank, mekiğin fırlatılmasının ardından Dünya atmosferine yeniden giriş sırasında yanar (Wilson, 2006).

Uzay mekiği, uzayda konuşlandırılmak üzere uyduları ve diğer araçları yörünge aracının kargo bölmesinde taşıyabilir. Ayrıca, astronotların hizmet vermesine, ikmal yapmasına veya gemiye binmesine veya Dünya'ya geri dönmek üzere geri almasına izin vermek için yörüngedeki uzay aracıyla buluşabilir. Yörüngede, deneyler yapmak ve Dünya ve kozmik nesneler üzerinde yaklaşık iki hafta boyunca gözlem yapmak için bir uzay platformu görevi görebilmektedir. Bazı görevlerde, mekik mürettebatının ağırlıksız koşullarda biyolojik ve fiziksel araştırmalar yürüttüğü, Spacelab adlı Avrupa yapımı bir basınçlı tesisi taşımaktaydı (Brittanica, 2021).



Şekil 3.36 Space Shuttle şematik diyagramı (Encyclopedia Britannica, t.y.)

Mimari Çıkarımlar: Yörünge istasyonları modüler yapılardan oluşmaktadır. Uzay mekikleri yörünge istasyonlarına kenetlenir. Modüler olarak, yörünge habitatlarına uzay araçları kalıcı veya geçici olarak kenetlenir. Modülerlik kavramı Mars'ta oluşturulacak bir yapı için önemli bir etkidir. Bir habitat yapısı

modülerlik kavramı ile ihtiyaçlara göre genişletilebilir. Ciddi hasar durumunda küçük modüller kolay bir şekilde yenileri ile değiştirilebilir. Modüller farklı planlara göre bağlanabilir ve taşınmaları oldukça kolay olacaktır. Tabanın geliştirilmesi kolay olacaktır ve yalnızca yeni modüllerin bağlanmasını gerektirecektir.

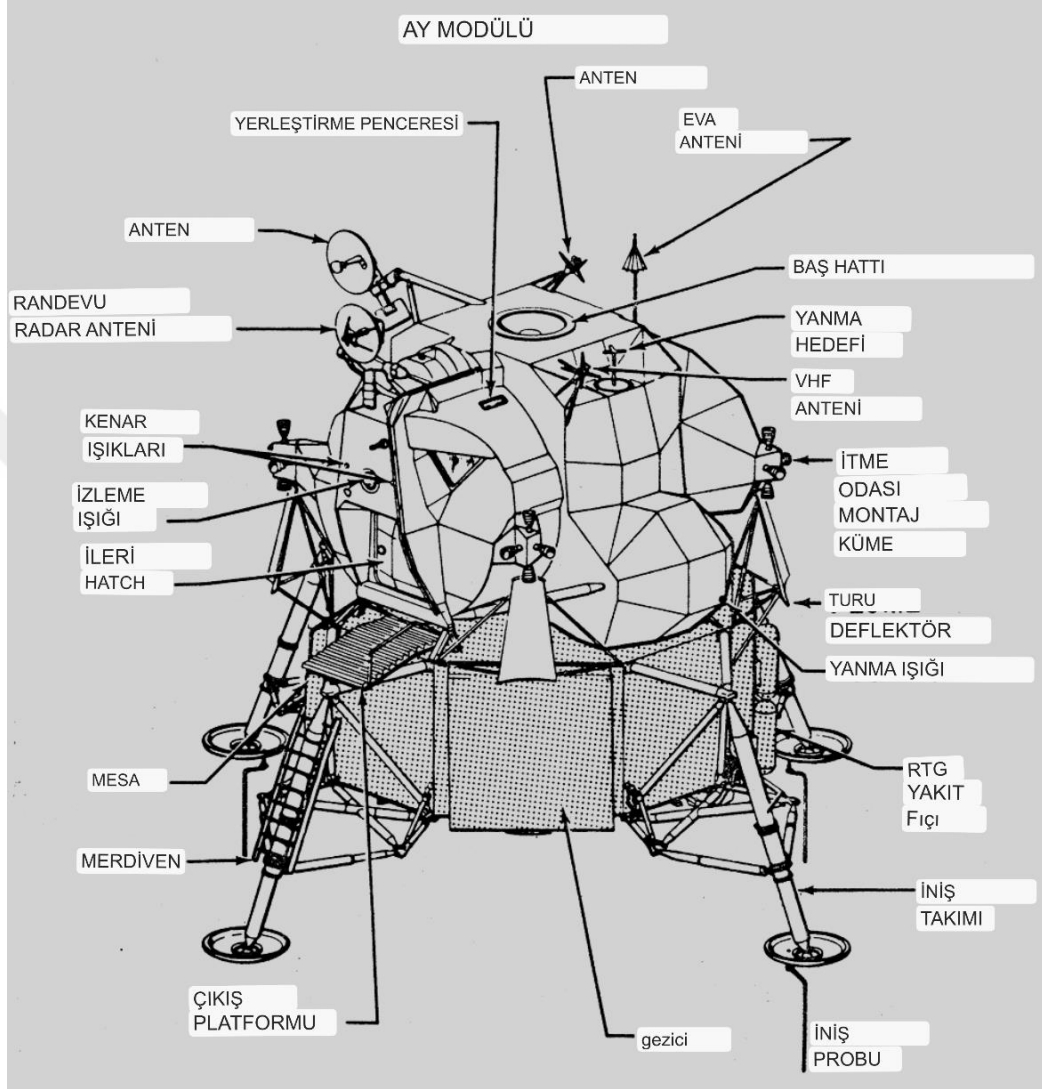
3.2.2 Ay Habitatları

Ay'da atmosfer vardır, ama bu o kadar azdır ki, yüzeyin hemen üzerinde sadece ince bir tabaka oluşturmaktadır. Bir insanın nefes alabileceği bir atmosfer yok ve uzayda olduğu gibi çok soğuktur. Ayrıca Uzay ve Güneş Radyasyonuna veya UV'ye karşı koruyucu bir katman yoktur. Ay'da bir anakara vardır, ancak fauna veya flora ve sıvı su yoktur. Burası boş bir arazi ve üzeri keskin bir toz tabakasıyla kaplıdır. Herhangi bir hareket tozun yukarıya çıkmasına neden olmaktadır. Toz tanecikleri o kadar küçüktür ki en küçük açıklıklara ve köşelere girebilir. Solunduğu takdirde akciğerlere zarar verebilir. Yerçekimi, Ay'ın küçük kütlesinin bir sonucu olarak, Dünya'ninkinin 1/6'sı kadardır. Bu koşullarda hareket etmek çok zordur, düşmek kolaydır ve tekrar ayağa kalkmak çok zordur. Dünya'nın uydusunda günler ve geceler çok uzundur. Bir gün, bir Dünya gününün 29.5'i kadar sürer. Bu bir insan için garip bir gündüz ve gece döngüsüdür(Erdem, 2012).

İnsanlar Ay'a ulaşmışlar ve orada bazı araştırmalar yapmışlardır. Bu görevler için, astronotların çalışmasını ve dinlenmesini mümkün kılan Apollo 11 Lunar Modülü tasarlanmıştır. Apollo 11 Lunar Modülü (LM), Ay'a inen ilk mürettebatlı araçtı. Apollo 11 mürettebatı, Neil Armstrong, Michael Collins ve Edwin (Buzz) Aldrin'dir(ESA, 2009).

Apollo 11 Lunar Modülü: Şimdiye kadar, yalnızca Amerikan görevi olan Apollo için bir Ay yaşam alanı inşa edilmiştir. Buna Ay Modülü - LM adı verilmiştir. Düzensiz bir şekle sahip iki elemanlı bir metal modülüdür (Şekil 3.37). Modül iki ana unsurdan oluşmaktadır: Ay'a inecek bir kısım ve yüzeyinden havalanmak için olan bir kısım. Alt kısım, cismi iniş pistinde sabitlemek için dört ayakla donatılmış bir tür platform olarak inşa edilmiştir. Üst kısımda iki pilot için bir konut ve çalışma bölümü vardır. Pilotların Ay'da sadece birkaç gün kalması gerektiği için habitatın

konforu fazla dikkate alınmamıştır. İlk hedef, maliyetleri mümkün olan minimuma indirmektir, bu yüzden habitat mümkün olduğu kadar küçük tasarlanmıştır.



Şekil 3.37 Apollo Lunar modülü diyagramı (NASA History Office, t.y.)

Ay modülü, Ay'ın yakınında ve üzerinde uzay operasyonları için tasarlanmış iki aşamalı bir araçtı. 15103 kg'lık uzay aracı kütlesi, itici gazlar (yakıt ve oksitleyici) dahil olmak üzere LM çıkış ve iniş aşamalarının toplam kütlesiydi. Yükseliş aşamasının kuru kütlesi 2445 kg idi ve 2376 kg itici gaz taşıyordu. İniş aşaması kuru kütlesi (istiflenmiş yüzey ekipmanı dahil) 2034 kg idi ve başlangıçta gemide 8248 kg itici vardı. LM'nin çıkış ve iniş aşamaları, çıkış aşamasının komuta ve hizmet

modülü (CSM) ile buluşma ve kenetlenme için tek bir uzay aracı olarak işlev gördüğü aşamaya kadar bir birim olarak çalıştı. İniş aşaması uzay aracının alt kısmını oluşturuyordu ve 4,2 metre genişliğinde ve 1,7 m kalınlığında sekizgen bir prizmaydı. İniş sahnesinin yan taraflarına yuvarlak ayaklı dört iniş ayağı monte edildi ve sahnenin tabanını yüzeyden 1.5 m yukarıda tuttu. Karşılıklı iniş ayaklarındaki ayak pedlerinin uçları arasındaki mesafe 9,4 m idi. Bacaklardan birinde küçük bir astronot çıkış platformu ve merdiveni vardır. Sahnenin altından bir metre uzunluğunda konik inişli motor eteği çıktı. İniş aşaması, iniş roketini, iki aerozin 50 yakıt tankı, iki nitrojen tetroksit oksitleyici tankı, su, oksijen ve helyum tankları ve ay ekipmanı ve deneyleri için depolama alanını ve Apollo 15, 16 ve 17 durumunda içeriyordu. , ay gezgini. İniş aşaması, çıkış aşamasının başlatılması için bir platform görevi gördü ve Ay'da geride kaldı (D. R. Williams, t.y.).

3.2.3 Mars Habitatlari

Mars'ta şimdiye kadar herhangi bir fiziksel yaşam alanı inşa edilmemiştir. Sadece insansız görevler için uzay araçları gönderilmiştir. Bu araçlar, Curiosity, Insight, Perseverance, Zhurong'dır. Mars'ta bir yaşam fikri oluşması ile birlikte, araştırmacılar, mimarlar ve mühendisler bir yaşam habitatu tasarlamak için çalışmalar yapmaya başlamışlardır. 1960'lı yıllardan beri Mars çalışmaları devam etmektedir.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünde Mars'taki bir habitatu için uygun olabilecek strüktür, malzeme, arazi ve yerleşim gibi temel özelliklerden bahsedilmiştir.

BÖLÜM 4

TEMEL MARS MİMARİSİ

Mars'ta bir yaşam alanı oluşturmak, birden fazla disiplinin ortak çalışmasını gerektirir. Kentsel inşaata benzer şekilde, hammadde geliştirme, uzay inşaat teknolojisi ve akıllı bakım gibi teknik konular, insan yerleşiminden önce ele alınmalıdır. Çalışmanın bu bölümünün amacı, Mars'ta habitat inşası için arazi yerleşim koşulları, Mars veya Dünya kaynaklı malzeme, strüktür tipleri ve yapım yöntemleri için araştırmaları incelemektir.

4.1 Mars Arazisi Koşullarında Mimari Yerleşim

Mars'taki ilk kalıcı yerleşimler için seçilen alan bir dizi kritere dayanacaktır. Gelecekteki görevlerde robotlar ve insanlar tarafından kullanılmaya uygun olacaktır. Kesin sahanın kaynaklara erişim sağlaması gerekecek, öncelikle oksijen ve yakıt üretimi için su, bilimsel ilgi çeken jeolojik katmanlara yakınlık, yörüngeden göreceli erişim kolaylığı ve aşırı Mars koşullarının ortamından korunabilecek şekilde olmalıdır. Her ihtimalde ve gerçekte, seçilen alan, halihazırda yüzeyde bulunan mevcut altyapıyı kullanan yerleşimin inşasını kolaylaştırmak için Mars Referans Misyonuna yakın bir yerde yer alacaktır. Referans görevinin yeri, henüz tasarlanacak veya gezegene gönderilecek robotik sondalar ve geziciler tarafından belirlenecek, ancak yukarıda açıklanan temel saha gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir. Bu kadar çok değişken ve bilinmeyenle, bir proje için Mars'ta gerçek bir yer seçmek için bazı varsayımlar ve kararlar almak önemli olacaktır. Bir yerleşim, ilk kalıcı Mars yerleşimleri için prototipik bir model olarak tasarlanmaktadır ve modüler yaklaşımın arkasındaki teori ve mantık, bir dizi konfigürasyonun farklı saha koşullarına uyum sağlamasına izin vermektir. İnsanlar Mars'a kalıcı olarak yerleşecekse, seri üretimin getirdiği ekonomi ve güvenilirlik gerekli olacaktır.

4.2 Mars Yapıları İçin Malzeme Seçimi

Mars ortamında inşa edilecek bir habitat için kullanılacak malzemelerin Mars aşırı koşullarına dayanıklı olması gerekmektedir. Mars'taki aşırı koşullar, habitatı ve sakinlerini farklı zararlı faktörlerden koruyacak, farklı türde bariyer malzemeleri gerektirmektedir: Zararlı radyasyon, ince atmosfer, düşük basınç, düşük sıcaklıklar ve sıcaklık dalgalanmaları gibi. Bu faktörlerin dışında malzemelerin, nakliyesi, maliyeti ve elde edilmesi gibi faktörler de malzeme seçiminde önemli unsurlardandır.

Bir Mars habitatının inşasında dünya kaynaklı kullanılacak malzemelerin ve hammaddelerin dışında, Mars kaynaklı malzeme seçimi de işgücü, nakliye gibi etkenlerde maliyet için önemlidir. Buradan yola çıkarak, Mars tozundan elde edilecek regolit, yapının ana yapı malzemelerinden birini oluşturur ve Mars gezegeninde bulunan, yeryüzünün kayalık yapısından elde edilecek taşlar bir habitatın inşasında malzeme olarak kullanılabilecektir.

Yapılacak olan herhangi bir projede bu bilgiler göz önüne alındığında, maliyet ekonomik ve inşa süreci açısından, uygun malzeme seçimi önemli bir etmendir. Dünya'da yapılarak hazır olarak götürülmesi gereken malzemelerin hatasız olması, nakliyenin sınırlı kapasite de olması ve depolamanın önemi projeler için oldukça fazladır.

Yapılacak yapıların fiziksel boyutlarının fırlatma roketinden büyük olması strüktürler de yeniden yapılanmaya gidilmesini doğurur. Yeniden yapılandırmada amaç; nakliye sürecinin zorluklarını aşarken bunun yanında Mars ortamında inşasını ve montajını da kolaylaştırmaktır.

4.2.1 Dünya Kaynaklı Malzeme Seçimi

Dünya üzerindeki yapısal olarak kullanılan bazı malzemeler, Mars ortamı için de kullanılabilirler. Uzun yıllardır uzay görevlerinde (uzay mekikleri, araştırma araçları) dünya kaynaklı malzemeler kullanılmışlardır ve halen uzay görevlerinde

kullanılmaktadırlar. Çalışmanın bu bölümünde Mars'ta kullanılabilecek malzemeler incelenecektir.

4.2.1.1 Çelik

Çeliğin ısıl işlemlere karşı duyarlı olması, korozyon, yüksek sıcaklığa dayanımı, istenen sertlikte yapılabilmesi gibi özellikleri sebebiyle iyi bir yapı malzemesi olarak kabul edilmektedir. Çeşitli işlemler sonucunda istenilen şekle getirilebilen bir malzemedir. Çelik, kimyasal bileşimine göre üç ana başlıkta incelenmektedir.

- Karbon çeliği
- Alaşımli çelik
- Paslanmaz çelik

Yaklaşık %0.05 ila %0.26 karbon içeren yumuşak (düşük karbonlu) çelik, düşük maliyeti ve malzeme özelliklerinin yapısal çelik dahil birçok uygulamaya uygun olması nedeniyle en yaygın çelik türüdür. Çeliğin yüksek özgül ağırlığından dolayı, Mars'a taşınması nakliye açısından dezavantajlı ve yüksek maliyetli olacaktır. Ancak bu malzemenin uzun yıllardır, yapısal olarak kullanılıyor olması ve biliniyor olması bu malzemenin avantajını artırmaktadır (Moss, 2006).

4.2.1.2 Alüminyum

Alüminyum çok yönlü bir metaldir ve bilinen herhangi bir biçimde dökülebilir. Haddelenebilir, damgalanabilir, çekilebilir, eğrilebilir, yuvarlanarak şekillendirilebilir ve dövülebilir. Metal, çeşitli şekillerde ekstrüde edilebilir. İşleme sürecinde tornalanabilir, frezelenabilir ve delinebilir. Alüminyum perçinlenebilir, kaynaklanabilir, lehimlenebilir veya reçineyle yapıştırılabilir.

Aşırı yüksek sıcaklıklarda (200-250°C) alüminyum alaşımları, mukavemetlerinin bir kısmını kaybetme eğilimindedir. Bununla birlikte, sıfırın altındaki sıcaklıklarda, sünekliklerini korurken güçleri artar ve alüminyumu son derece kullanışlı bir düşük

sıcaklık alaşımı haline getirmektedir (Ruess vd., 2006). Alüminyum, uzay giysileri vb. gibi uzay endüstrisinde kullanılması sebebiyle, uzay araştırmacıları tarafından bilinen ve kullanılan bir malzemedir. Bu nedenle habitatların, yapısal olarak veya malzeme olarak çeşitli kısımlarında potansiyeli olan ve kullanılabilecek bir malzemedir.

4.2.1.3 *Titanyum*

Titanyum çelikten %40, alüminyumdan %60 daha hafiftir. Yüksek mukavemet ve düşük ağırlık kombinasyonu, titanyumu çok kullanışlı bir yapısal metal yapar. Uçak gibi ağırlığın önemli olduğu ürünler de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılır.

Titanyumun daha kırılgan hale gelmesine neden olan oksijen, nitrojen ve hidrojen safsızlıklarına karşı duyarlılığı nedeniyle titanyumun üretilmesi oldukça zordur. Bu gazların titanyuma difüzyonunu önlemek için özel koşullar altında yüksek sıcaklıkta işleme kullanılmalıdır. Ticari olarak üretilen titanyum ürünler aşağıdaki değirmende işlenmiş formlarda yapılır; levha, boru, levha, tel, ekstrüzyon ve dövme. Titanyum, reaktif yapısı nedeniyle bir vakum fırınında yapılması gereken döküm de yapılabilir. İmalattaki tüm problemler titanyum ürünleri oldukça pahalı hale getirmektedir. Ancak daha düşük özgül ağırlığı, nakliye maliyetleri hesaba katıldığında çelikle rekabet etmesini sağlayabilir (Ruess vd., 2006).

4.2.1.4 *Cam*

Cam, plastik gibi diğer şeffaf malzemelere göre uzayda kullanım için birçok optik fayda sağlamaktadır. Örneğin cam, atomik oksijenden gelen saldırılara karşı nispeten geçirimsizdir. Çoğu plastik, uzay ortamına maruz kalırsa atomik oksijen saldırısından birkaç gün içinde bulanıklaşmaktadır. Ultraviyole etkisi genellikle plastiklerin gevrekleşmesine neden olur. Cam böyle bir bozulma yaşamaz.

Cam, yapı malzemesi olarak kullanıldığında istenmeyen birçok özelliğe sahiptir. Statik yorgunluk yaşar, kırılğan yapıya sahiptir ve gücü çok küçük hasarlarla kolayca azalabilir. Mars/Ay ortamı, cama olası her türlü zorlu koşula neden olur. Bu, nemli bir ortamı, camın sürekli gergin bir şekilde yüklenmesini, uzun beklenen tasarım ömrünü ve hem iç hem de dış yüzeylerdeki etki ortamlarını içerir.

Uygun tasarım, bu dezavantajlı koşulları göz önünde bulundurarak camın istenilen kullanım ömrü boyunca güvenliğini ve yapısal bütünlüğünü sağlamaktadır. Örneğin, Uluslararası Uzay İstasyonu pencere tasarımı, bölmeleri içerir. Pencerenin dış tarafına, sadece basınç camlarını darbelerden korumak amacıyla bir cam yerleştirilmiştir. Kalkan görevi görecektir şekilde tasarlanmış tamamen boş bir bölmedir. Benzer bir bölme, Uluslararası Uzay İstasyonu pencerelerinin iç kısmına yerleştirilmiştir. Bu cam, basınç camını hasardan korur ve camın buğulanmasını önleyen bir ısıtıcı sağlar (Benaroya, 2010).

Cam nakliye imkanı olarak göreceli dezavantajlı olsa da, habitatta yaşayacak mürettebat veya insanlar için önemli bir psikolojik pozitif etkidir. İnsanlar için iç mekan konforunda iyileştirme sağlar.

4.2.1.5 Membran

Mimari membran kumaşlar, folyolar vb. malzemeleri, iyi malzeme özellikleri, ayarlanabilir bina performansı, ve makul yük taşıma kapasitesi nedeniyle ilgi gören bir malzeme çeşididir. Değişik formlara uygun olarak üretilebilen, hafif ve göreceli olarak dayanıklı olan bir malzemedir. Çok geniş açıklıktaki binalarda bile performans gösterebilen, kar, yağmur ve rüzgar gibi yüklere maruz kaldığında iyi direnç gösterebilen bir malzemedir.

Bina ve yapılarda kullanılan membran malzemeleri kompozit ve homojen formlarda tasarlanabilmektedir. Kompozit membran malzemeleri, ETFE folyoları gibi homojen malzemelere kıyasla yüksek mukavemet ve stabilite nedeniyle geniş açıklıklı mühendislik yapılarında yaygın olarak kullanılırlar (Hu vd., 2020a). Membran malzemelerinin eğilme/sıkıştırmaya karşı direnci ihmal edilebilir

düzeydedir ve bu nedenle yapısal formların, yükleri gerilim altında taşıyacak şekilde uygun şekilde tasarlanması gerekir. Diğer geleneksel bina yapılarından farklı olarak, membran yapılarının analizi, tipik gerilmiş ve şişirilebilir membran yapıları için form bulma, yükleme analizi ve kesme modelinden oluşur. Yükleme analizi için temel bir parça olan form bulma, iç basınç, ön gerilim ve eğrilik ile belirlenir (Hu vd., 2020b).

Membranlar, Mars habitatlarında yapının dış koruyucu katmanı için, regolit gibi malzemelerle karma olarak kullanılabilecek potansiyelde bir yapı malzemesidir. Membran kumaşları, örneğin, elyaf kullanılarak üretilir; sonunda koruma için kaplanır. Tekstil yapımında kullanılan lifler arasında polyester, cam, politetrafloroetilen (PTFE), naylon ve kevlar lifleri bulunur. Kevlar, düşük öz ağırlıkla birlikte en yüksek mukavemete sahip olduğundan, ay ve mars uygulamaları için en uygun olanıdır. Nihai kumaş özellikleri, özellikle yırtılma direnci, zincir yönlerinin iç içe geçme şekline bağlıdır. Kaplama için ağırlıklı olarak polivinilklorür ve PTFE kullanılmaktadır. Polietilen membranlar, bir yangın kazası durumunda zehirli gazlar çıkardıkları için büyük olasılıkla kullanılamayacaktır. Katmanlı membran yapısı, yalnızca yapısal değil, güvenlik ve yalıtım sorunlarını da ele alarak gelecekte marsta kurulacak bir habitat için umut verici ve potansiyel bir malzeme olarak görülmektedir (Ruess vd., 2006).

4.2.1.6 Plastik veya Plastik Kökenli Malzemeler

Fiber takviyeli plastikler, fiber kompozit malzemeler grubuna aittir. Bir matris malzeme içinde yer alan takviye edici elyaftan oluşurlar. Böyle bir kombinasyon, tipik olarak tek bileşenlerden farklı özelliklere sahip yeni bir malzeme ile sonuçlanır. Bu yeni malzemenin özellikleri, yaygın yapısal malzemelere oldukça etkili ve hafif bir alternatif oluşturacak şekilde değiştirilebilir.

Karbon nanotüpler, çok yeni bir araştırma alanıdır. Bu sistemler, silindirlere sorunsuz bir şekilde sarılmış grafit katmanlardan oluşur. Çapı yalnızca birkaç nanometre olmasına rağmen bir milimetre uzunluğa sahip olduğundan uzunluk-genişlik en boy oranı son derece yüksektir. Bu boyuttaki makroskopik cihazlar için gerçekten moleküler bir doğa emsalsizdir. Buna göre, hem özel hem de büyük ölçekli

uygulamaların sayısı sürekli artmaktadır. Sonuç olarak, düşük öz ağırlığa sahip borular yönünde son derece yüksek mukavemetler elde edilir ve daha önce imkansız olduğu düşünülen yapıları mümkün kılarak mühendisliğin tüm alanlarında devrim yaratabilir (Ruess vd., 2006).

Günümüzde üretilen plastikler çok daha iyi direnç özelliklerine sahiptir. Kompozit elemanlar oldukça hafiftir ve metal elemanlara çok benzer şekilde veya daha fazla dirençlidir. Bu nedenle, Marslı habitatının sağlam bir inşası için etkili bir şekilde kullanılabilir. En dirençli polimer lifler, polimerlerin modifikasyonu ile üretilir ve liflerle güçlendirilir. Polimer modifikasyonları, bu üretim için kullanılan polimerlerden çok daha iyi özelliklere sahip olan kopolimerlerin üretimini sağlar. Polimer lifleri, polimerlerin mekanik direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ruess vd., 2006).

4.2.2 Mars Kaynaklı Malzeme Seçimi

Mars'ta inşa edilecek bir habitat için alternatif bir malzeme kaynağı yerel malzemelerle inşa yapmaktır. Bu yöntem dünyadan taşınacak malzemelere göre çok daha hızlı ve ekonomiktir. Bu bölümde, Mars için yerel kaynaklı malzeme seçimleri açıklanacaktır.

4.2.2.1 Regolit

Regolit, Mars'ın mevcut olan en yaygın malzemelerinden biridir. Regolit habitatları radyasyondan, meteorit etkisinden, fırlatma enkazından korumak için kullanılacaktır. Regolit çok dik yamaçlara sıkıştırılabilir. Ancak, yüksek eğim açlarına sıkıştırıldığında kırılgan bir malzemedir. Hafif dinamik yüklerden aniden bozulabilir ve tepki açısına (yaklaşık 40°C) kadar düşebilir. Bu, sıkıştırılmamış zeminin sabit bir eğimi için maksimum açıdır. İşlenmemiş regolitin yapısal kullanımları çok sınırlı kalır.

Gevşek regolit toplanabilir, formlara yerleştirilebilir, sıkıştırılabilir ve malzemeyi sinterlemek veya kaynaştırmak için mikrodalgalar veya güneş enerjisi ile ısıtılabilir. Tuğlalar, bloklar ve diğer şekiller gibi ortaya çıkan ürünler, inşaatta karasal duvar işçiliğine benzer bir şekilde kullanılabilir. Uygun kilitleme ve güçlendirme ile tuğlalar basınçlı ortamlarda bile kullanılabilir. Ön gerilme ile, kirişler ve döşemeler üretmek mümkün olabilir. Ancak ön gerilme çok hassas bir işlemdir ve sinterlenmiş regolite uygulanması zor olmaktadır.

Sinterlenmiş regolit benzeri, genellikle düşük ve oldukça değişken mekanik dayanıma sahiptir. Malzeme oldukça heterojendir ve özellikleri tam olarak karakterize etmek zordur. Kopma modülü için bildirilen değerler 9-18 MPa arasında değişmektedir. Basınç dayanımları yaklaşık olarak aynıdır. Mars ortamında hala yarı-otonom robotlar yardımıyla araştırmalar sürmektedir. Toprak yapısında ilerleyen yıllarda edinilebilecek yeni bilgiler ile regolitin yapısı ve yapısal bir malzeme olarak kullanılabilmesi daha iyi anlaşılacaktır. Sinterlenmiş regolit hakkında şu anda bilinenlere dayanarak, sofistike yapısal tasarımı mümkün değildir. Sinterlenmiş bloklar, radyasyon kalkanı ve fırlatma enkaz bariyerleri ve yapının dış kabuğunda radyasyondan koruyan bir bariyer gibi kullanımlar için iyi adaylar olabilir (Ruess vd., 2006).

4.2.2.2 Kükürt Betonu

Kükürt beton ürünleri, kükürt ve sıcak agrega karıştırılarak üretilir. Kükürt bağlayıcı önce monoklinik kükürt ($S\beta$) olarak kristalleşir ve daha sonra kükürt kararlı ortorombik polimorfa ($S\alpha$) dönüşürken karışım soğur ve güvenilir bir yapı malzemesi elde edilir (Wan vd., 2016).

Kükürt betonu, Contour Crafting (CC) aracılığıyla bazı Ay ve Mars yapılarının inşası için NASA'nın Yerinde Kaynak Kullanımı (ISRU) gereksinimlerini karşılayabilecek yüksek potansiyelli bir kompozit malzemedir. Kükürt betonunun performansı, bileşenlerine ve malzemenin uygulanması için kullanılan termal işlemdeki değişkenlere duyarlıdır. Mars ve Ay yüzeylerinde doğal olarak bulunan

kükürt malzemesinden yararlanan Kükürt Beton Kontur Üretimi (SCCC), yerinde kaynak kullanımı (ISRU) teknolojisi olarak kabul edilir.

SCCC'nin biriktirme sürecinde, temel konu, termal özellikler, hareketlilik sorunları, pompalanabilirlik sorunları, şekillendirilebilirlik ve bitirilebilirlik zorluklarını içeren kükürt beton işlenebilirlik kontrolüdür (Yuan vd., 2016).

Kükürt bazlı mars betonu, kolay kullanımı, hızlı kürlenmesi, yüksek mukavemeti, geri dönüştürülebilirliği ve kuru ve soğuk ortamlarda uyarlanabilirliği nedeniyle Mars'ta inşaat için uygun gözükmektedir. Mars yüzeyinde kükürt bol miktarda bulunmaktadır ve Mars regoliti simulantının yüksek mukavemetli karışım sağlamak için iyi derecelendirilmiş parçacık boyutu dağılımına sahip olduğu bulunmuştur. Mars'taki hem atmosferik basınç hem de sıcaklık aralığı, kükürt beton yapıları barındırmak için yeterlidir (Wan vd., 2016).

4.3 Mars Yapıları İçin Strüktür Tipleri

Atmosferik bileşim, Dünya'nın yoğunluğunun kabaca %1'i kadar olduğu için, Mars mimarisinin karşılaştığı en büyük zorluk, Dünya'nın yüksek irtifalarında bulunan basınçlı bir uçağa benzer şekilde, basınçlı bir yapının patlamasını veya patlamasını nasıl önleyeceğidir. Yaklaşık 1/3'e'lik Mars yerçekimi, daha hafif bir yapısal tasarıma izin verir, ancak mimari kabuğun bir zar olarak fikri, basınçlı kapağın sakinlerini korumada ek bir rol üstlenir. Günümüzde bu tür bir senaryo için düşünülen araştırma ve önerilerin çoğu, sert metal yapıların kullanımı ile birlikte şişirilebilir veya teleskopik yapıların kullanımını içerir. Bunlar en büyük hacim-kütle oranlarını sağlar ve güvenilir bir muhafaza aracı oldukları kanıtlanmıştır. Bu tür sistemlere hem ulaşım hem de basitlik ve inşaa kolaylığı açısından ek avantajlar vardır. Şişirilebilir bir yapının doğasında bulunan tehlike, mikro meteoritlerden gelen etkilere karşı savunmasızlığı ile ilgilidir. Dünya'ya çarpan nesnelerin çoğu, yüzeye çarpmadan önce atmosferde yanarken, Mars'ın ince atmosferi nedeniyle bu koruma katmanı yoktur. Şişirilebilir bir konutun mimarisinin psikolojiyi nasıl etkilediği henüz incelenmemiştir ve gelecekteki araştırmalarda kilit noktadır. Bu projenin amacı doğrultusunda, dolaşım, seralar ve sosyal alanlar olarak hizmet veren

şışirilebilir yapılar ile metal yapılar, yaşam alanı modülleri ve yerleşimin hayatta kalması için kritik olan diğer yaşam destek alanları olarak hizmet edebilecektir (Trover, 2009).

4.3.1 Metal ve Plastik Kaynaklı Yapılar

Uzay görevlerinde kullanılan, tüm uzay habitatları metal konstrüksiyon olarak yapılmıştır. Dış mekan koşullarında defalarca ve başarılı bir şekilde kullanılmışlardır ve bu yüzden en güvenilirleri olarak kabul edilmektedirler. Metal konstrüksiyonun en büyük dezavantajı büyük kütlesi olmasıdır. En ağır çelik konstrüksiyondur, bu nedenle Uzay yapıları için çelik, alüminyum ve titanyum-alüminyum ile değiştirilir. Titanyum metaller arası alaşımlar arasında en hafif malzemedir, fakat aynı zamanda en pahalıdır. Çünkü üretim ve endüstriyel işlem teknolojisi çok zordur (Kozicka, 2008b).

Mars'ta ayrıca, çelik üretmek için gerekli tüm temel alaşım elemanlarının bulunabilir olduğu görülmektedir. Bu elemanların doğru orantılarını seçerek, ihtiyaç duyulan her türlü karbon çeliği ve paslanmaz çeliği elde etmek mümkündür. Alüminyum üretiminin Mars'ta da yapılabilmesi mümkün gözükmemektedir, çünkü alüminyum bulunur. Mars'ta yerçekimi düşük olduğundan, üretilebilecek alaşımlar çok daha iyi özelliklerle karakterize edilebilir, çünkü işlem sırasında elementleri daha iyi karışabilir ve daha homojen materyal üretilebilir (Stefanescu vd., 1998).

Günümüzde üretilen plastikler çok daha iyi direnç özelliklerine sahiptir. Kompozit elemanlar oldukça hafiftir ve metal elemanlara çok benzer şekilde veya daha fazla dirençlidir. Bu nedenle, bir Mars habitatının sağlam bir inşası için etkili bir şekilde kullanılabilir. En dirençli polimer lifler, polimerlerin modifikasyonu ile üretilir ve liflerle güçlendirilir. Polimer modifikasyonları, bu üretim için kullanılan polimerlerden çok daha iyi özelliklere sahip olan kopolimerlerin üretimini sağlar. Polimer lifleri, polimerlerin mekanik direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bir Mars habitatı için üretilecek plastik, kompozit temelli malzemeler inşa ve nakliye özellikleri açısından da, metal bir malzemeye göre daha avantajlı olabilir.

Kompozit üretim Mars'ta teorik olarak mümkündür. Bununla birlikte, karmaşık bir süreçtir ve yüksek kalitede materyal üretmek oldukça zor görünmektedir (Zubrin vd., 2011).

4.3.2 Genişleyebilir Özellikte Yapılar

Genişleyebilir yapılar, hacmi genişletilebilen veya küçültülebilen yapılardır. Genişleyebilir özellikteki yapıları şu şekilde sınıflayabiliriz: Katlanır yapılar, şişirilebilir yapılar, şişirilebilir sertleştirilebilir yapılar ve şekil hafızalı yapılar. Genişleyebilir yapılar, geleneksel yapılardan farklıdır, genişletildikten sonra tekrar tekrar katlanabilen ve kolayca genişletilebilen hazır yapılar oluştururlar. Böyle bir yapı katlandıktan sonra dar bir kargo alanına sığabilir ve daha sonra taşınması kolaydır ve yine de kübikleri diğer yapılardan önemli ölçüde daha büyüktür. Bu yapılar son derece hafiftir ve kübikle kütle ilişkileri düşüktür. Bu yüzden uzay bilimlerinde tavsiye edilirler (Kozicka, 2008b).

Genişleyebilir yapılar çok elemanlı yapılardır. Sert çubuk elemanlarla ve bazen plastik veya metalden yapılmış çok taraflı elemanlarla oluşturulabilirler. Basit bağlantılar ile birbirine bağlanırlar. Hareketli ve rijit bağlantılara sahip farklı çubuk ve çok taraflı eleman konfigürasyonları oluşturarak, çeşitli katlanır düz ve yapısal yapılar inşa edilebilir: daireler, kareler, küreler, kubbeler, perdeler, bölmeler, çadırlar gibi. Açıldıktan sonra yapılar sağlam ve dayanıklıdır. Paneller, ağlar, kumaşlar, membranlar veya folyolarla kaplanabilirler. Mars'taki üssün bütün bir binasını inşa etmek için ya da bir tane inşa etmek için modüller kullanılabilir.

4.3.3 Yeraltı İçin Delinerek Yapılacak Yapılar

En yaygın olarak kullanılan delme teknikleri, oluşumun fiziksel olarak parçalandığı ve kesiklerin bir dizi yolla kaldırıldığı mekaniktir; gaz da düşünülmüş olsa da, gezegensel kullanım için en yaygın olanı burgudur. Küçük matkaplar çoğunlukla döner bir hareket kullanır ve hem portatif hem de fiksürle monte edilebilir türleri içerir. Darbeli matkaplar, malzemelerin delinmesi için çeşitli

frekanslarda darbe hareketi kullanırken, ucun dönüşü ve olukların kullanımı kesimleri çıkarma mekanizması sağlar. Büyük darbeli matkaplar, özellikle pnömatik olarak çalıştırılanlar, hareketlerinde kabadır ve her darbeye iletilen enerji oldukça değişkendir. Döndürme ve çekiçlemenin birleşik eylemi, yalnızca döndürme veya yalnızca çekiçleme kullanımına göre matkabın çalışmasını önemli ölçüde artırır ve bunlar sert kayaların, betonun ve duvarın delinmesinde çok etkilidir. 2011'de piyasaya sürülen Mars Bilim Laboratuvarı Misyonu'nda kullanılmak üzere döner hareket için bir aktüatör ile vurmali çalgı için bir ses bobinini birleştiren bir döner darbeli matkap geliştirilmiştir. Sert kaya delmek için yüksek ön yük veya ağırlığa ihtiyaç vardır (Bar Cohen & Zacny, 2010).

Madencilik ve inşaat, büyük miktarlarda malzemenin hareketini ve dolayısıyla bir tür yük boşaltma veya diğer hafriyat ekipmanının kullanılmasını gerektirmektedir. Dünyadaki zorlu ortamlarla uğraşırken, madencilik ekipmanı buna göre değiştirilmelidir. Ay veya Mars'ta kullanılmak üzere geliştirilmekte olan kazı sistemleri, genellikle karasal hafriyat sistemlerinin bazı türevlerini içerir. Bunlara bekolar, kepçe tekerlekli ekskavatörler, kepçe merdivenli ekskavatörler ve diğerleri dahildir. Mars'taki gelecekteki maden, büyük olasılıkla, Dünya'daki yarı-otonom veya tamamen otonom sistemler kullanan fütüristik madenlere dayalı olarak tasarlanacaktır. Özellikle, delme ve patlatma tekniklerini kullanan birçok yerüstü madeni, şu anda sondaj ve cevher taşıma işlemlerini otomatikleştirmektedir. Bu mayınların geliştirilmesinden ve işletilmesinden öğrenilen dersler, şüphesiz Mars'ta gelecekteki mayınların tasarlanmasına yardımcı olacaktır. Mars'ta otonom hale getirilmesi gereken madencilik operasyonları, tüm madencilik ve işleme adımlarını içermelidir: örneğin yerinde kaynak değerlendirmesi, delme, patlatma, yükleme, çekme, kırma, zenginleştirme ve işleme vb. (Bar Cohen & Zacny, 2010).

Kaya kütlelerinde bir delik açmak, kaya ortamı içindeki gerilimlerde değişikliklere neden olabilmektedir. Kaya kütlelerinin bir parçası kaldırıldığında, kaya kütlelerinin geri kalanı yeni koşullara uyum sağlar. Mars'ta kazılan tabanın dayanıklı bazalt kayalardan inşa edileceği göz önüne alınırsa, herhangi bir ek takviye gerektirmeyen kendi kendine yeten yapı çeperi elde etmek mümkün olabilecektir. Böyle bir maden kazısındaki kayalar kendilerini bir destek kemeri şekline gelir. Kayaların daha

kararsız olduğu veya laminasyonlarının elverişsiz olduğu yerlerde, bir tür habitat çok önemlidir. Muhafaza bir destek ve bir kasadan oluşur. Destek, kayaya bitişik olan ve stabilitesinin güçlendirilmesinden sorumlu olan elementtir. Kasa, genellikle içindeki destek için estetik son dokunuş olan maden kazısının içinde ayrı bir bina yapısıdır. Destek her zaman kasadan hava boşluğu, strafor, keçe vb. ile ayrılır (Kozicka, 2008b). Böyle bir yapısal kasa yerel bir malzeme kullanılarak yapılacak Mars betonu veya regolitten yapılabileceği gibi, Dünya kaynaklı bir malzeme kullanılarak da yapılabilir. Delinerek yapılacak bir yapı için günümüz teknolojisinde yarı otonom robotlar kullanmak mümkündür.

4.3.4 Regolit ve Taş Kaynaklı Yapılar

Regolitten yapılacak bir yapı, Dünya'da inşa edilen topraktan yapılan kerpiç yapılara benzetilebilir. Benzer malzemeden yapılabilirler. Toprak malzemesi çok kırılgandır ve sadece basınç altında çalışır. Yapıda gerilim stresinden kaçınılmalıdır. Yalnızca sıkıştırma yapısının formu, genellikle bu sorun için ideal olan baş aşağı katener şekline yakındır. Yalnızca sıkıştırmaya dayalı yaygın yapılar tonozlar, kubbeler ve serbest biçimli kabuk yapılarıdır (Mintus, 2019).

Regolit ile bir yapım şekli, regolitin blok haline getirilmesi veya özel bir kabın veya torbanın içine konularak yığma yapım metoduyla yapılmasıyla mümkündür. Veya benzer şekilde yığma yapım metodu ile Mars kaynaklı taşların kullanımıyla bir yapı inşa edilebilir.

Mars'ta mevcut olan üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve güvenilir olması gerekmektedir. Gelişen teknolojik imkanlarla, Mars'taki bina tasarımlarının çoğu, en iyi seçenek olarak 3D baskıya odaklanmaktadır. Bu yüzden, yerinde kaynak kullanımı ile regolit ile bir yapım metodu yarı-otonom veya otonom robotlar tarafından yapılabilecektir. Bir robot yardımıyla toplanan Mars toprağının veya taşının işlenmesiyle, inşaya uygun bir malzeme haline getirilmesi sağlanabilir. Ayrıca bu sayede ekonomik olarak, bir habitatın inşasında büyük avantajlar sağlanabilir.

3D baskı, birçok disiplini (robotik, ağlar, algılama vb.) birleştiren ve sahada bireysel yapısal elemanlar veya modüller geliştirmek için yerli toprak malzemesini (regolit) kullanmayı amaçlayan öncü ve gelecek vaat eden bir süreç oluşturmaktadır. Yerli malzemelerle dünya dışı yaşam alanları üretmek için gerekli temel teknolojilerin geliştirilmesini hedefleyen NASA, 3D baskı tekniklerine büyük ilgi göstermektedir. Dünya dışı ortamlarda en etkili AM üretim yöntemi, yerel malzemelerin sinterlenmesine dayanmaktadır. Sinterleme, gözenekli bir malzemenin belirli bir sıcaklığa (erime noktasının altında) kadar ısıtılması olup, bu da parçacıklarının gözeneklerinde eş zamanlı bir azalma ile birbirine bağlanmasına izin vermektedir (Kalapodis vd., 2020).

4.3.5 Modüler Yapılar

Modüler uzay araştırma sistemleri geçmişte inşa edilmiş ve bugün halen kullanılmaktadırlar. Apollo ve Soyuz uzay araçları ile başlayan bu sistemlerin çoğu, çeşitli fiziksel uzay aracı modüllerine üst düzey işlevler atar ve bunları doğrusal bir yığın halinde birleştirir. Bu tür sistemler için kullanılan yapı şekli silindirik geometrilerdir. Gelecekteki habitatların ve uzay araştırma sistemlerinin yeniden yapılandırılabilir olması ve bu nedenle ek yerleştirme portları, yeniden yapılandırma seçenekleri ve geliştirilmiş yapısal ve hacimsel verimlilik gerektirmektedir (de Weck vd., 2005).

4.4 Mars Yapılarında Yapım Sistemleri

Marsta inşa edilecek bir habitatının dış formu, tabanın içindeki kalın, yapay atmosfer ile tabanın dışındaki çok ince Mars atmosferi arasındaki basınç farkları tarafından belirlenir. İçeride hapsedilen gaz yapının duvarlarına basınç yapacaktır. Mars üssündeki herhangi bir optimal basınç dağılımı, aerodinamik formlarla sağlanabilir. Diğer durumlarda, başka şekillerde, farklı yerlerde, yapının ve malzemelerin, yarıkların vb. yıpranmasına neden olabilecek eşit olmayan basınçlar oluşacaktır. Bu nedenle Mars üssü için uygun olabilecek formlar: Alternatif olarak küre, silindir, torus. Ve bu biçimlerin kesimleri: kubbe, kemer gibi.

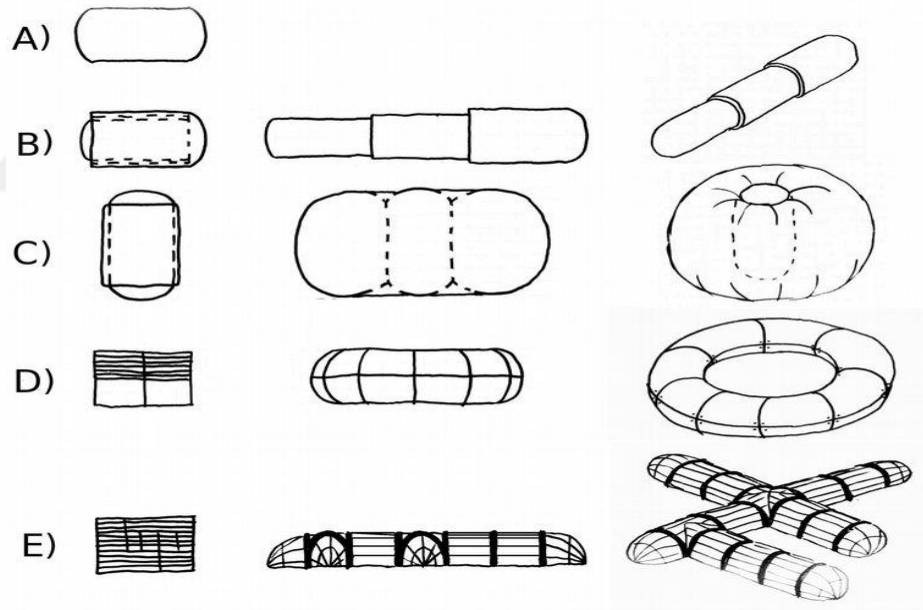
Mars’da bir üs inşa etmek için iyi bir seçim olabilecek beş tür yapı türü incelenmiştir: Tek elemanlı modüller, ayrılabilir modüller, hibrit modüller, montajlı çok elemanlı yapılar ve iskelet yapı inşaatları.

Mars’da yapılacak projelerin inşası için 3 farklı yapım sistemi önerilmektedir (Kozicka, 2008c).

a) Konvansiyonel Yapım Sistemi: Hemen kullanıma hazır, önceden entegre edilmiş, ancak boyutları fırlatma aracının kapasitesiyle sınırlı modüllerden oluşan yapım sistemi.

b) Prefabrik Yapım Sistemi: Alanda birleştirilebilen ve boyut sınırı olmayan prefabrike parçalardan oluşan yapım sistemi.

c) Mars Kaynaklarıyla Yapım Sistemi: Yerel malzemelerin kullanıldığı yapım sistemi.



Şekil 4.1 Metal konstrüksiyon planları: Paketlenmiş ve monte edildikten sonra(Kozicka, 2008c)

Bu bölümde, Mars’da bir üs inşa etmek için iyi bir seçim olabilecek beş tür sabit yapıya işaret edilmektedir: Tek elemanlı modüller, ayrılabilir modüller, hibrit modüller, montajlı çok elemanlı yapılar ve iskelet yapılar.

Tek elemanlı modüller (Şekil 4.1A), önceden oluşturulmuş uzay habitatlarının klasik örneğidir. Bu tür bir modül şekil ve boyut olarak hazırlanmış, tamamlanmış bir yapıdır. Ayrıca şekilleri sabittir, serttir. Bu nedenle, boyutları, roketin kargo alanı ile sınırlıdır. Bu tür yapılar sınırlı konut alanı sunabilmektedir. Böyle bir yapı Dünya'da inşa edilirken her parçanın tam olarak hazırlandığından emin olunabilir ve dahası uzaya gönderilmeden önce test edilebilir ve yapının planlara göre hareket ettiğinden emin olunabilir.

Ayrılabilir modüller, tek elemanlı modüllere benzer kübik yapıdadır. Ayırma metodolojisi farklı teknolojik çözümlerle planlanabilir. Modülün tamamı ayrılabilir, yalnızca bir parçası veya elemanların bazıları, aynı zamanda tüm modül nihai olarak hazırlanmış bir yapı olduğunda: tüm elemanlar, herhangi bir ek yardım olmaksızın açıldıktan sonra, hava sızdırmazlığını korumak için parçalar bir araya getirilerek bağlanır. Teleskopik ayırma modülü yöntemiyle ayrılabilir (Şekil 4.1B).

Hibrit modüller, sabit bir metal veya plastik parçadan oluşan ve farklı bir teknoloji ile oluşturulmuş sökülebilir modüllerdir. Çekirdeğin bir tür halka oluşturarak şişirilebilir bir kaplama ile birleştirilmesine ilişkin örnek bir çözüm gösterilmektedir (Şekil 4.1C). Yapının açılmadan önceki küpü, standart tek elemanlı modül ile aynıdır. Dışa açılan kısım yapının toplam alanının birkaç kez büyütülmesine olanak sağlar. Tek elemanlı modüller, açıldıklarında bile taban oluşturabilecek kadar büyük değildir. Bununla birlikte, bağlantılı çok elemanlı yapı oluşturmak için bir gruba veya bir komplekse bağlanabilirler. Bir grup modül, ayrı bir modülden birkaç kat daha büyük bir toplam yaşam alanı oluşturur. Montaj işlemi yerinde gerçekleşir. Modüller, kapasitelerine göre veya mimar tarafından tasarlanan plana göre isteğe bağlı olarak bağlanabilir.

Montajlı çok elemanlı yapılar, bağlantılı panellerden yapılabilir (Şekil 4.1D). Malzemeler, roketin kargo alanında paketlenmiş olarak Dünya'dan ayrı ayrı taşınır. Montaj yerinde yapılır. Montajdan sonra yapı bitirilir, hazırlanır ve elemanlarından birinin çıkarılması yapının zarar görmesine neden olur. Birleştirilmiş çok elemanlı yapılar fikri, panellerin kolay kullanımı ile geniş, ferah bir yaşam alanı inşa etme konseptini getirmektedir. Panelleri bağlama yöntemi, tüm yapının direncini ve hava geçirmezliğini sağlamak için kolay ve etkili bir yöntemle yapılmalıdır. Bağlantı

noktaları için, kendinden sızdırmaz bağlantıların değişik yöntemleri önerilebilir. Bu bağlantılar, contalı veya değişik sızdırmazlık metotları düşünülerek tasarlanmalıdır. Gelecekte böyle bir yapıyı yarı-otonom robotların inşa edebileceği düşünülürse, buna uygun olarak kolay bir araya getirilme de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür yapıların Mars ortamında montajı zor olacaktır ve vinç gibi bazı özel yapısal makinelerin yardımı gerekebilir.

İskelet (çerçeve) yapılar (Şekil 4.1E), Dünya üzerinde inşa edilen yaygın yapılara benzerler. Yapı, bir çerçeve kirişi ve kapatıcı bir güvenlik kaplaması ile oluşturulmaktadır. İskelet monte edilebilir veya açılabilir: Monte edilmiş çerçeve, projeye göre yerinde birbirine bağlanması gereken birçok düz modüler elemandan yapılabilir. Katlanmış bir çerçeve, tüm yapının ulaşım için nakliye yükünü azaltacak ve açıldıktan sonra geniş bir yaşam alanı oluşturacak hareketli bağlantı noktalarıyla önceden hazırlanmış ve bağlanmış birçok elemandan inşa edilebilir. İskelet için aerodinamik bir yapı oluşturmalı ve bu nedenle çubuk elemanlardan yapılmış bir Fuller kubbesi veya kemer kaburga şeklindeki silindir kesimleri olarak planlanabilir. Bu sayede yapı Mars'taki aşırı koşullara karşı iyi bir dayanıklılık gösterebilecektir.

3D Baskı Yapım, 3D baskı teknolojisi, 1970'lerde icadından bu yana geçen on yılda gelişmiş ve bina yapılarının üç boyutlu olarak basılmasıyla eklemeli konstrüksiyon yerine getirilmiştir. NASA ve Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisler Birliği (USACE), sırasıyla gezegensel yüzey altyapı elemanları ve beton temel konut ve bariyerler için ilave inşaat çalışmaları yürütmektedir. Bu nedenle, uzayda insan yerleşimi inşa etmede 3D baskı büyük önem taşımaktadır. 2014 yılında, NASA ve mikro yerçekiminde kullanılmak üzere üç boyutlu yazıcıların mühendisliği ve üretiminde uzmanlaşmış ABD merkezli bir şirket olan Made In Space Inc. dünyanın ilk uzay 3D baskısını elde etmek için işbirliği yapmıştır (Liu vd., 2022).

Mars'ın zorlu koşulları göz önüne alındığında robotlar, tam otomatik inşaat ve mühendislik sistemleri (ekipmanları) geliştirmek mümkün olabilir. Bu inşaat sistemlerinin araştırma yapabilmesi, yapısal tasarımı güncelleyebilmesi ve inşaatla ilgili gerçek zamanlı kararlar alabilmesi gerekmektedir. Mars'taki inşaat görevleri için akıllı otonom robotların kullanılması, zorlu uzay ortamının insanlara yönelik

tehlikelerini azaltmak için çok önemlidir. Ayrıca, bir robot sürüsünün, özellikle farklı özel işlevsellğe sahip heterojen robotların kullanılması, Dünya'daki insanı taklit etmenin makul ve doğal bir yolu olabilir (Liu vd., 2022).

Şu anda, dünyadaki modern mühendislik inşaatı, inşaat makinelerinin yer tespiti, hafriyat inşaatının akıllı kontrolü, akıllı asfaltlama ve yolların sıkıştırılması vb. dahil olmak üzere, temel olarak makinelerin otomatik kontrolünü gerçekleştirebilir. Bu teknolojilerin uzay ortamında uygulanabilmesi için daha ileri düzeyde olması beklenmektedir.

4.5 Mars Yapılarında İç Mekan

Bir uzay habitatının tasarımı, iç düzen söz konusu olduğunda, yaşanabilir hacmin yanı sıra alan(yüzey alanı) da dikkate alınır. NASA, bu ortamlar için gerekli alanları yaklaşık olarak belirlemek için belirli kriterler ve hesaplamalarla belirlemiştir. Yaşanabilir hacim, görev uzunluğuna, mürettebat üyesi sayısına ve belirlenen görevlere göre değişmektedir.

Kullanıcının seçebileceği, gerektiğinde birden fazla işlevi yerine getirebilecek esnek bir ortam tasarlanmalıdır. Mürettebat için esneklik sağlamanın en iyi yolu, modüler ve/veya hareketli mobilya ve ekipmanların kullanılmasıdır. Bu aynı zamanda, yapının sakinlerine içinde bulundukları çevre üzerinde sınırlı ancak etkili bir kontrol derecesi sağlayacaktır. Bu, hapsedilme ile başa çıkmaya yardımcı olabilir ve bina sakinleri üzerindeki stresi azaltabilir. Sirkülasyon alanları da esnek olmalı ve mevcut işlevlere entegre edilebilmelidir (Diker, 2017).

Uzay habitatlarının değerlendirmelerini karasal iç mekanlardan farklı kılan çeşitli özellikleri vardır. En önemli değişiklik, uzay habitatlarının bir görev boyunca mikro yerçekimi, kısmi yerçekimi veya ikisinin bazı kombinasyonları için tasarlanması gerektiğidir. Mikro yerçekimi, tavanlar ve zeminler de dahil olmak üzere bir habitat içindeki tüm yüzeylerin mürettebat görevleri ve ilgili donanımlar için erişilebilir ve kullanışlı olmasını sağlar. Mikro yerçekimi ve kısmi yerçekimi, insan vücudunun

dinlenme pozisyonları ve hareketi normal Dünya yerçekiminden çok farklı olduğu için revize edilmiş antropometrik ve biyomekanik ilişkiler gerektirmektedir.

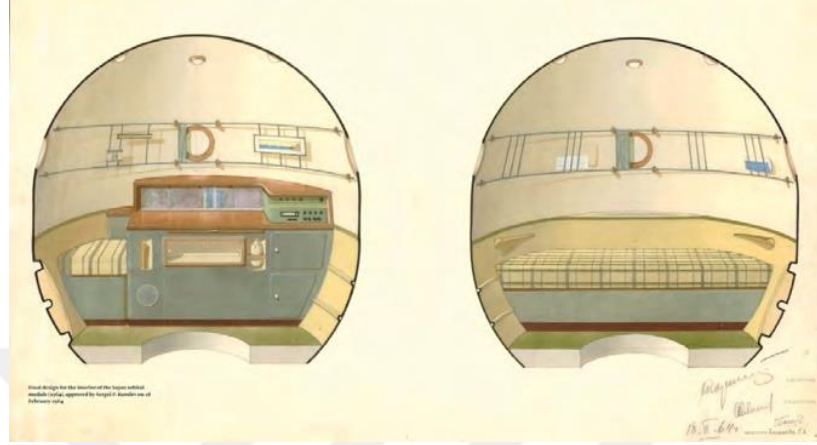
Karasal ve uzay mimarisi, habitatı arasındaki bir diğer önemli fark, mürettebatı uzun süre desteklemek için gereken tüm işlevlerin, basınçla kapatılmış hapsetme, bir veya birden fazla basınçlı kaptan oluşan tek bir yerleşim sistemi içinde entegre edilmesi gerektiğidir. Bu, benzersiz insan faktörleri ve zamanlama kısıtlamaları ile benzersiz bir erişilebilirlik sorunu yaratır. Ek olarak, uzay uçuşu işlevleri için benzersiz donanım (örneğin, kapalı döngü yaşam desteği, termal donanım, bilim donanımı, vb.), çoğu karasal uygulamada bulunmayan ek uzay uçuşu benzersiz ilişki kısıtlamaları getirir. Son olarak, tehlikeli, yüksek riskli bir çevrede uzun süreli izolasyon ve hapsedilmenin benzersiz stresleri, uzay habitatlarının benzersiz psikolojik ve yaşanabilirlik hususları göz önünde bulundurularak tasarlanmasını gerektirir. Özetle, uzay habitatı değerlendirme yöntemini karasal mimari tasarım yöntemlerinden ayırt etmeye yetecek kadar özgün düşünce vardır ve bu, uzay mimarisi ve mars habitatı pratiğinde, tasarım değerlendirmesi için birçok özel yöntemin yaratılmasına yol açmaktadır (Matthew, 2016).



Şekil 4.2 ISS modülü (NASA)

İç mekan tasarımında diğer bir önemli etken renktir. İzole ve kapalı ortamlarda yaşamanın olumsuz psikolojik etkileri üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. İnsanların çevrelerinden oldukça kolay etkilenebileceğini bilmekteyiz. Hem olumsuz

hem de olumlu etkiler, çevremizdeki küçük ayrıntılara bağlanabilir, bazıları pek çok insan tarafından hemen görülmeyebilir, ancak eğitimli bir gözlemci için bu sorunlar oldukça açık hale gelir. Bu tür ortamlarda renk kullanımı bu sorunlardan biridir.



Şekil 4.3 Uzay aracı iç mekan çizimleri ve renk gösterimi(Galina Balashova Archives, 2015)

Bir uzay aracına baktığınızda, renk tasarımının öncelikli bir tasarım endişesi gibi görünmeyebilir, ancak ortamın renk paletinin, uzay aracının mürettebatın sağlığı ve performansı üzerinde büyük bir etkisi olduğuna dair birçok kanıt bulunmaktadır. Bu etkilerden yararlanmak için uzun süre bu araçların içinde kilitli kalan ekiplerin moralini ve verimliliğini artırmak için bazı çabalar gösterilmiştir (Şekil 4.3). Yalıtılmış ve kapalı ortamların tasarımıyla ilgili belirli olumsuz etkiler, yapılı çevre yoluyla rengin etkin kullanımıyla minimuma indirilmediği takdirde üstesinden gelinebilir. Bunlardan bazıları; monotonluk, mekânsal hacmin algılanması, mekana aşinalık hissi, okunabilirlik vb. (Diker, 2017).

4.5.1 İç Mekan Konstrüksiyonu

Dünya üzerinde yapılan yapılar genellikle geleneksel olarak kübik olarak tasarlanmaktadır. Bu tür formların seçilmesinin nedeni genellikle, oluşturma'nın kolaylığı ve düşük inşaat maliyetleri ile ilgili olabilir. Günümüze kadar yaygın olarak

yapılan bu geometrik formlar sonucu, iç mekanlarda kullanılan mobilyaların formları da yapıya uyum sağlayarak benzer formlarda gelişmiştir.

Mimarinin formunun çeşitli etkilere dolaylı eğrisel formlarda olması gerekmektedir. Bu nedenle iç mekânın tasarımının, küre, silindir gibi dış formların eğrilerine uygun olması gerekecektir. Bu nedenle bir Mars habitatında iç mekanların düzenlenmesi için ana sorun eğriler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir habitat için tüm faktörler ele alındığında, iç mekan tasarımının çeşitli çözümlerle ele alınması mümkün olacaktır. Çözümlerden ilki, iç mekan yapısını, dış kaplamanın altına inşa etmek ve temel form eğrilerinin bağımsız olmasını sağlamaktır. İkinci çözüm, dış mekanın içinde, dış forma bağlı olarak çerçeveler oluşturmaktır. Bu yöntemle, eğriler düzleştirilebilir ve kübik alanlar yaratılabilir. Üçüncü çözüm, dış formdan içe yansıyan eğrileri iç tasarımın bir parçası olarak yok etmektir. Örneğin; birçok kürenin bir araya gelerek oluşturacağı küre formların, kesişim noktalarını kaybederek büyük ve temiz açıklıklı bir alan yaratmaktır. Son çözüm ise, iç mekanda standartlarda olmayan elemanlar kullanarak iç mekan tasarımı yapmaktır (Imhof, 2007).

Yukarıdaki paragrafta bahsedilen iç mekan çözümlerinde, her çözümün avantajları veya dezavantajları bulunmaktadır. Birinci çözümde, dış formdan ayrı olarak çalışmak mümkün olacaktır. Bu sayede geleneksel tarzda iç mekan tasarımı yapılabilir. Bu sayede çoğu standart malzemenin kullanımı da sağlanmış olacaktır. Ancak, bu tarz bir tasarımda dış formun hacminin sağladığı iç mekan hacmini, avantajlı bir şekilde kullanamayız ve yaratılan iç mekanda çok fazla hacim kaybı olacaktır. İkinci çözüm birinci çözüme çok benzer. Ancak kaybedilen alan hacmi, birinci çözüme göre daha az olacaktır. Bu alanlarda ise yapının tesisat boruları gizlenebilir. Bu çözüm, atıl kalan o hacmin pozitif olarak kullanılmasını sağlayacaktır. Ayrıca bu çözüm dış mekan formuyla bağımsız çalışmadığı, dış formla bağlantılı olduğu için, taşıyıcı özellikte kullanılması, veya montaj kolaylıkları sağlaması gibi avantajla sağlayabilir. Üçüncü çözümde, hala çözülmesi gereken bazı eğriler bulunur. Bu nedenle sorun aynı kalır, ancak alan düzenlemesini çok daha az etkiler. Bu iç tasarımın hacminde daha az yaşanabilir alan kalır, ancak doldurulacak ek elemanlara veya ek yapı elemanlarına gerek kalmaz. Bu çözümde çok fazla katın

olmadığı büyük dikdörtgen yapılar ve çok modüler temeller için önerilebilir. Son çözümde ise, bir tasarımın zorluğu olarak, iç mekanda kullanılacak mobilya ve eşyaların mekanda kullanımını zorlama ihtimalidir. Hatta birçok standart mobilya bu tarz bir tasarıma uygun olmayabilir. Bir başka dezavantaj olarak, duvarların inşa edilmesi zor ve uzun bir süreç alacaktır. Bu tasarım çeşidi bir organik tasarım oluşturacağı için aktif olarak uzayda kullanımı kolay olmayacaktır. Bu tür bir çözüm, güçlendirme konstrüksiyonunu desteklemeye yardımcı olabilir ve insanların daha hızlı çalışmasına izin verir, çünkü iç ve dış konstrüksiyonun montajı aynı anda yapılabilir. Ancak inşası yapılacak bir habitat hızlı inşa edilse de, ekonomik ve yapısal malzemelerin üretimi kolay olmalıdır. Bu sebeple bu çözüm uzay için gerçekçi gözükmemektedir.

Yukarıda iç mekân konstrüksiyon ve tasarım çözümlerinde, bu çalışmanın bütününden çıkarımlar yapılarak iç mekân tasarlanırken dikkate alınacak çözümler anlatılmıştır. Gelişen teknoloji, yeni yapı malzemeleri ve araştırmalar gelecekte yeni çözümleri ortaya çıkarabilecektir.

BÖLÜM 5

EKSTREM KOŞULLARDAKİ BİR MARS KONSEPT VE PROJE ÖRNEKLERİ

5.1 Proje İncelemeleri

5.1.1 Hassel Mimarlık Stüdyosu Mars Habitati

Tablo 5.1 Hassel mimarlık stüdyosu Mars habitati genel bilgileri (D.Hazar Gonulal, 2022)

MÜŞTERİ	NASA	
YER	Mars	
DURUM	Yarışma - Geçici	
YIL	2018	
EKİP	Xavier De Kestelier, Jonathan Irawan, Shawn Wu, Xuanzhi Huang, Nikolaos Argyros, David Brown	
EKİP İŞBİRLİĞİ	Eckersley O'Callaghan	Şekil 5.1 Hassel Mimarlık Stüdyosu Mars Habitati (Hassel Studio, 2018)
GENEL ÖZELLİKLER & EKİP AÇIKLAMASI	Hassel Mimarlık Ofisi'nin NASA için tasarladığı Mars Habitati (Şekil 5.1). Tasarım ofisinin tasarım için yola çıkış noktası ve projeyi tanımlaması şu şekilde açıklanmaktadır; Yerel Mars regolitinden yapılmış bir dış kabuk, Mars'ta iş ve yaşam için her şeyi içeren bir dizi şişirilebilir 'bölme' önceden otonom robotlar tarafından inşa edilecektir.	

Tablo 5.1 devamı

STRÜKTÜR VE YAPIM ÖZELLİKLERİ	Regolitten bir dış yapı kabuğu oluşturulmuştur. Bu kabuk, yaşam için kullanılacak iç yapıları Mars'ın aşırı koşullarından koruyacaktır. Bir alt katmanda, modüllerin bir araya geldiği şişirilebilir yapılar bulunmaktadır. Bu katman insanların içinde bulunacağı ana dış kabuğu oluşturmaktadır. En dış kabuğun dayanamadığı aşırı koşullar için şişirilebilir modüller bulunmaktadır. Modüllerin içerisinde ise dünyadan taşınan yapı elemanları ile oluşturulan iç mekanlar bulunmaktadır (Hassel Studio, 2018).
--	--



Şekil 5.2 Habitatın kabuk, modüler birleşim ve modüllerin işlevleri aksonometrik görünüm (Hassel Studio, 2018)

En üstte yapıyı yani koruyucu örtüyü oluşturan, regolitten yapılmış bir kabuk bulunmaktadır. Bu kabuk keşif ekipleri Mars'a gitmeden önce robotlar tarafından oluşturulacaktır. Alt bölümde bulunan modüler mekanlar robotlar tarafından şişirilecektir. İç mekanlar bu aşamalar bittikten sonra, dünyada hazırlanan parçaların taşınması ile keşif ekipleri tarafından yapılacaktır (Şekil 5.2).



Şekil 5.3 Habitat dış ve iç görünümü (Hassel Studio, 2018)

Habitatın, dış modelleme görüntüsü regolitle kaplanmış dış koruma katmanı ve arazide yerleşimi ve iç mekan tasarımı şekil 5.3'de gösterilmiştir. İç mekan tasarımında görüldüğü üzere, planlanan mekanın, insanlar için konfor ve ergonomi şartlarının ne kadar önemli olduğunu anlayabiliriz.



Şekil 5.4 Habitatların modüler olarak bir araya gelişi (Hassel Studio, 2018)

Yapısal modüllerin nasıl bir araya geldiği şekil 5.4'de gösterilmektedir. Bu modüllerde yaşam alanları, araştırma birimleri, enerji üniteleri, giyinme ve göreve hazırlık gibi bölümler bulunmaktadır. Modüllerin içlerindeki yapısal elemanların Dünya'dan taşınarak Mars'a götürülmesi planlanmıştır.

5.1.2 Foster&Partners Mars Habitat Projesi

Tablo 5.2 Foster&Partners Mars habitat projesi genel bilgileri (D.Hazar Gonulal, 2022)

MÜŞTERİ	NASA	
YER	Mars	
DURUM	Yarışma	
YIL	2015	
EKİP	Foster & Partners	
EKİP İŞBİRLİĞİ	Irene Gallou, Marc Guberman	Şekil 5.5 Foster&Partners Mars habitatı (Foster+Partners, 2015)
GENEL ÖZELLİKLER	Foster + Partners, Mars'ta 3 boyutlu basılmış modüler bir habitat için NASA destekli bir yarışma üzerinde çalışmıştır (Şekil 5.5). Mars Habitatının tasarımı, astronotların kalıcı gelişinden önce belirli bir planda, önceden programlanmış, yarı otonom robot tarafından inşa edilen bir yerleşim planının ana hatlarını oluşturmaktadır. Endüstriyel ve akademik çalışma ekipleriyle işbirliği içinde oluşturulan habitat, regolit kullanılarak inşa edilmiş, dört astronot için sağlam ve güvenilir bir 3D olarak yazdırılmış bir yapı öngörülmektedir. Öngörü, teslimat ve dağıtımdan inşaat ve operasyonlara kadar projenin birçok yönünü ele almaktadır. Habitatın, astronotların gelişinden önce iki aşamada teslim edileceği düşünülmektedir. İlk olarak, yarı otonom robotlar inşa bölgesini seçip, 1,5 metre derinliğinde bir krater kazmaktadır. Sonrasında yerleşimin çekirdeğini oluşturmak için krater içine oturan şişirilebilir modüllerin ikinci aşaması yapılmaktadır. Yeryüzünden uzaklığı ve ardından gelen iletişim gecikmeleri göz önüne alındığında,	

Tablo 5.2 devamı

	konuşlandırma ve inşaat, yakından tanımlanmış talimatlardan ziyade kurallara ve hedeflere dayalı olarak minimum insan girdisi ile gerçekleşecek şekilde tasarlanmıştır. Bu, sistemi değişime ve beklenmedik zorluklara karşı daha uyumlu hale getirir.
STRÜKTÜR VE YAPIM ÖZELLİKLERİ	Modüllerin koruma kalkanı, yarı otonom robotlar tarafından regolitten oluşturulmuştur. Bu kabuğun içerisinde yine aynı robotlar tarafından oluşturulan modüler yerleşim habitat birimleri bulunmaktadır. Modüler birimler, yer yüzeyi 1.5 metre kazılarak oluşturulan boşluğa yerleştirilmektedir(Foster+Partners, 2015).



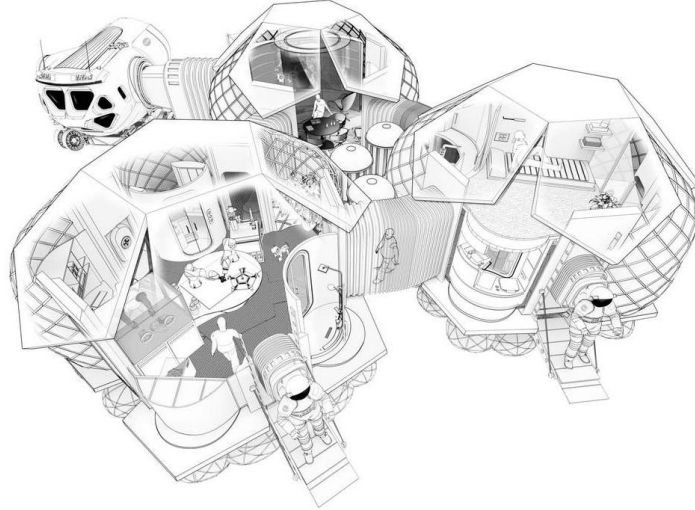
Şekil 5.6 Habitat dış görünümü ve inşa aşamaları (Foster+Partners, 2015)

Robotların inşa yapılacak alana inmesi ve bölgeyi seçmesi aşaması ilk aşamadır. Bölgeye inen robotlar koruyucu seyahat katmanlarından çıkarak, kazı yapılacak alanda kazı çalışmalarına başlarlar. İnşa için seçilen bölgede kazı çalışmaları bittikten sonra, alan habitat için uygun inşa alanı haline gelir. İkinci aşamada modüller alana indirilir. İndirilen modüllerin inşaatı, alanda yarı otonom robotlar tarafından tamamlanmaktadır. Şekil 5.6'da ilk aşamadan ikinci yani habitatların kurulduğu aşamaya kadar olan süreç ifade edilmiştir.



Şekil 5.7 Habitatların dış görünümü ve iç görünümü (Foster+Partners, 2015)

Yarı otonom robotlar tarafından inşa edilmiş modüller, ekibin gelişi için hazır hale gelmiştir. Şekil 5.7’de alanın ve kullanıma hazır modüllerin dıştan bir görüntüsü bulunmaktadır. Sağ taraftaki görselde ekibin modülün içinde araştırma ve çalışma yaptığı ortak alan gösterilmektedir.

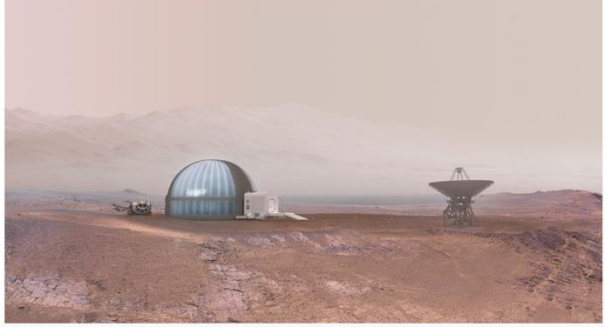


Şekil 5.8 Modüler birleşim ve modüllerin işlevleri aksonometrik görünümü (Foster+Partners, 2015)

Şekil 5.8’de yapının modüler olarak bir araya gelişi ve modüllerin iç mekan görünümü bulunmaktadır. Koruyucu regolit katmanlarının altında modüllerin iç yapısal bölümleri vardır. Modüler birimler yaşam alanı, çalışma alanı, ortak alanlar ve göreve hazırlama ve görev aracı alanlarından oluşmaktadır. Şekil 5.9’daki kesit modüllerin, yarı otonom robotlar tarafından kazılan krater içine nasıl yerleştirildiğini göstermektedir. En üstte koruma regolit katmanı, altında ise otonom olarak açılması planlanan yapısal beşgen formdaki yapı katmanları bulunmaktadır.

5.1.3 Mars Ice Home Projesi

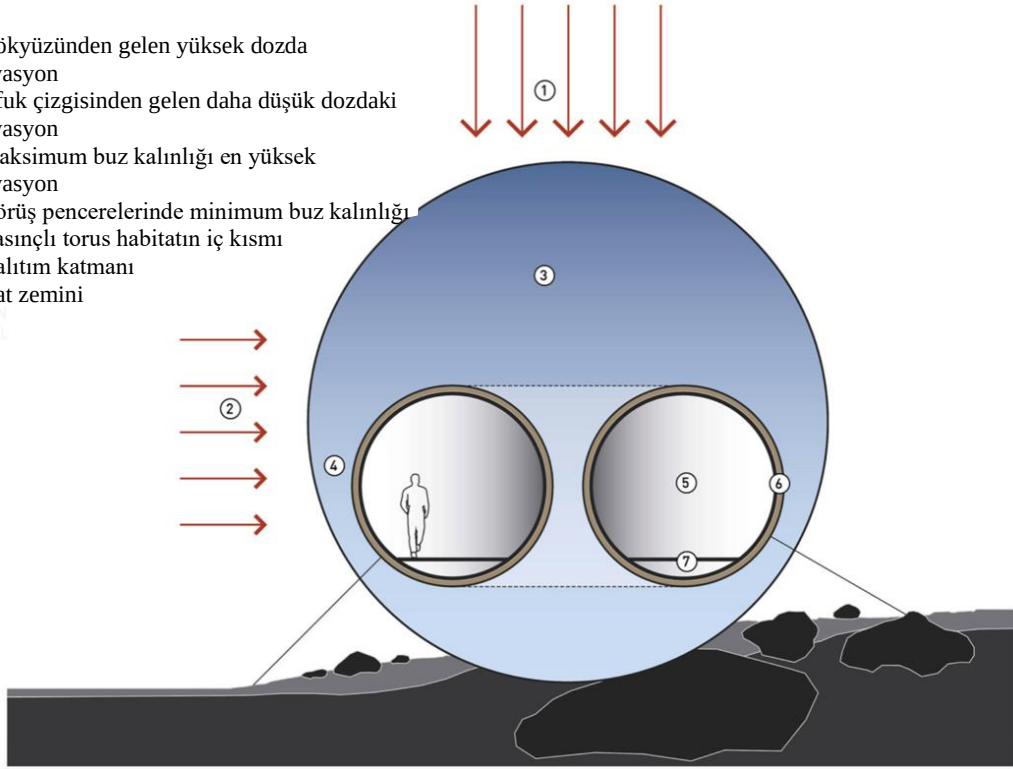
Tablo 5.3 Mars Ice Home projesi genel bilgileri (D.Hazar Gonulal, 2022)

MÜŞTERİ	NASA	
YER	Mars	
DURUM	Yarışma	
YIL	2016	
EKİP	Clouds AO	
EKİP İŞBİRLİĞİ	SEArch+	Şekil 5.9 Mars ice home (Clouds AO, 2016)
GENEL ÖZELLİKLER	Clouds AO, NASA Langley Araştırma Merkezi ve uzmanlardan oluşan bir ekiple birlikte, konuşlandırılabilir bir Mars habitat konsepti olan Mars Ice Home için bir konsept tasarımı ve fizibilite çalışması geliştirmek için çalışmıştır (Şekil 5.9). Galaktik kozmik radyasyon, uzun süreli Mars yüzey görevlerinde insan sağlığı için önemli bir sorundur. Mars Ice Home radyasyon kalkanı ve yapısal bir bileşen olarak su ve buz kaynaklı yerinde kaynak kullanımı içeren şişme bir yapıya dayalı konuşlandırılabilir bir mars habitat konseptidir. Bu projede suyun, Mars kaynaklı olarak bulunup kullanılacağı varsayılmıştır. Ice Home ayrıca Mars'taki bir insan toplanma merkezinin uzun vadeli görevi için kritik olacak önemli aktivitelerin çoğu için kullanılabilecek büyük, esnek ve uygun maliyetli bir çalışma alanı sağlamaktadır.	

Tablo 5.3 devamı

STRÜKTÜR VE YAPIM ÖZELLİKLERİ	Mars Ice Home üç temel unsurdan oluşmaktadır: Şişirilebilir Yapı Elemanı, Açılma Sistemleri Elemanı ve Erişim, Dağıtım Elemanı. Mars kaynaklı su, buz ile kaplı olan yarı saydam cepleri doldurmak için kullanılacaktır. Bu cepler, Mars Buz Evi'nin ekvatorial enlemlerde konuşlandırılmasını sağlar. Habitatın iç kısmı torus şeklinde tasarlanmıştır, Mars atmosferinden kolayca çıkarılabilen hücresel bir karbondioksit tabakası ile buzdan izole edilecektir (Şekil 5.10) (Clouds AO, 2016).
--	--

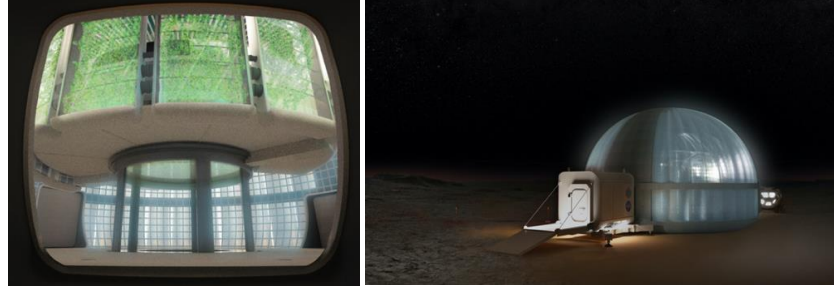
- 1.Gökyüzünden gelen yüksek dozda radyasyon
- 2.Üfuk çizgisinden gelen daha düşük dozda radyasyon
- 3.Maksimum buz kalınlığı en yüksek radyasyon
- 4.Görüş pencerelerinde minimum buz kalınlığı
- 5.Basınçlı torus habitatın iç kısmı
- 6.Yalıtım katmanı
- 7.Kat zemini



Şekil 5.10 Habitatın kesiti ve yüzeye oturma şekli (Clouds AO, 2016)

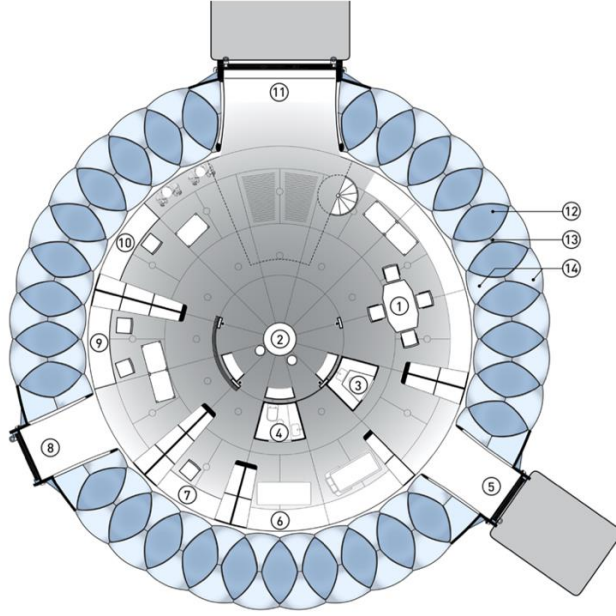
Mars Ice Home, insanlı Mars görevinin bir parçası olacaktır. Mars misyon mürettebatı üyeleri için yüksek düzeyde radyasyon koruması ile çift katlı esnek bir çalışma ve yaşam alanı sağlamak için bir veya daha fazla ek yerleşim alanına bağlanmaktadır. Harici ISRU(In-Situ Resource Utilization - Yerinde Kaynak

Kullanımı), güç, komuta ve kontrol ve ECLSS (Environmental Control and Life Support Systems - Çevresel Kontrol ve Yaşam Destek Sistemi) sistemleri ile etkileşime girmektedir.



Şekil 5.11 Habitat iç ve dış görünümü (Clouds AO, 2016)

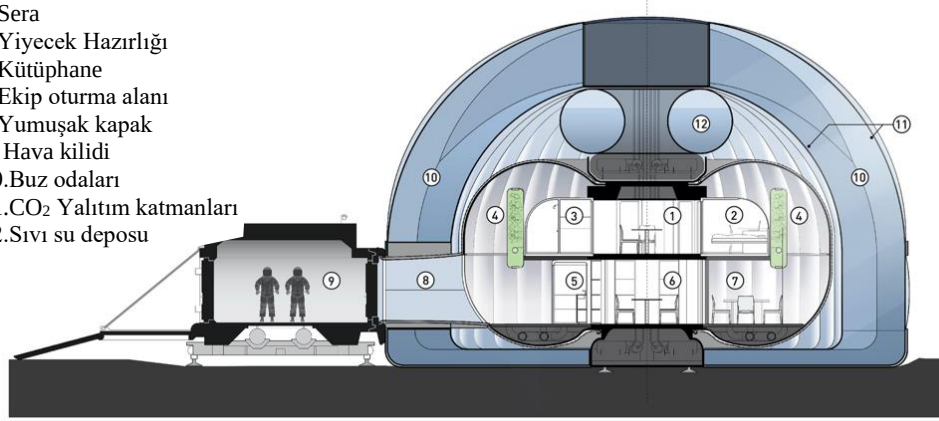
- 1.Ekip oturma alanı
- 2.Kütüphane
- 3.Yemek hazırlama
- 4.Hijyen ünitesi
- 5.Kapak 1
- 6.Egzersiz ve revir
- 7.Mekanik oda
- 8.Kapak 2 (Çıkış)
- 9.Bilim Laboratuvarı
- 10.Bakım ve onarım
- 11.Kapak 3
- 12.Buz odaları
- 13.Görme pencereleri
- 14.CO₂ yalıtım katmanları



Şekil 5.12 Habitatın planları ve iç mekan yerleşimi (Clouds AO, 2016)

Mars kaynaklı su ve buz, kaplı olan yarı saydam cepleri doldurmak için kullanılacaktır. Bu cepler, Mars Ice Home'un ekvatorial enlemlerde konuşlandırılmasını sağlar (Şekil 5.12).

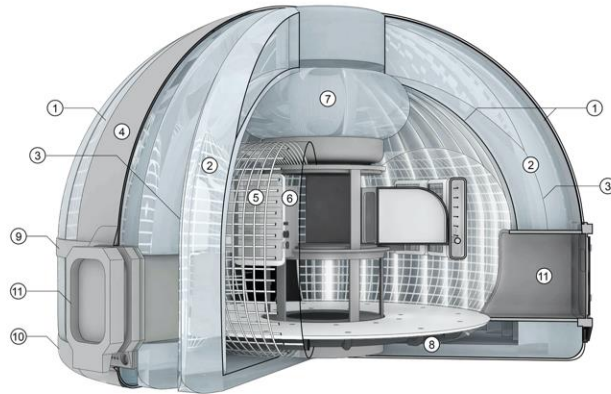
- 1.Mürettebat mahalleri
- 2.Mürettebat birimi
- 3.Hijyen ünitesi
- 4.Sera
- 5.Yiyecek Hazırlığı
- 6.Kütüphane
- 7.Ekip oturma alanı
- 8.Yumuşak kapak
9. Hava kilidi
- 10.Buz odaları
- 11.CO₂ Yalıtım katmanları
- 12.Sıvı su deposu



Şekil 5.13 Habitatın kesiti 1 (Clouds AO, 2016)

Mars yüzeyinde uzun süreli konaklamalar, fırlatma kütlelerini ve maliyetini azaltan habitatlar gerektirirken, görev ekibi üyeleri için galaktik kozmik ışıklardan yüksek düzeyde koruma sağlayan etkili bir çalışma ortamı sağlar. Yarı saydam buz önemli bir tasarım unsurudur. Doğal ışığın habitatın iç kısmına nüfuz etmesine izin vererek, insan biyo ritimlerini etkileyen günlük döngülere bağlı tutar (Şekil 5.11).

- 1.CO₂ yalıtım katmanı
- 2.Buz odası
- 3.Görme pencereleri
- 4.Dikey destek
- 5.Kısıtlama katmanı
- 6.İç kese ve koruyucu tabaka
- 7.Sıvı su deposu
- 8.Havalandırma zemine gizlenmiş
- 9.Yapısal yatay kirişler
- 10.Base takviye tabakası
- 11.Kapak/Çıkış



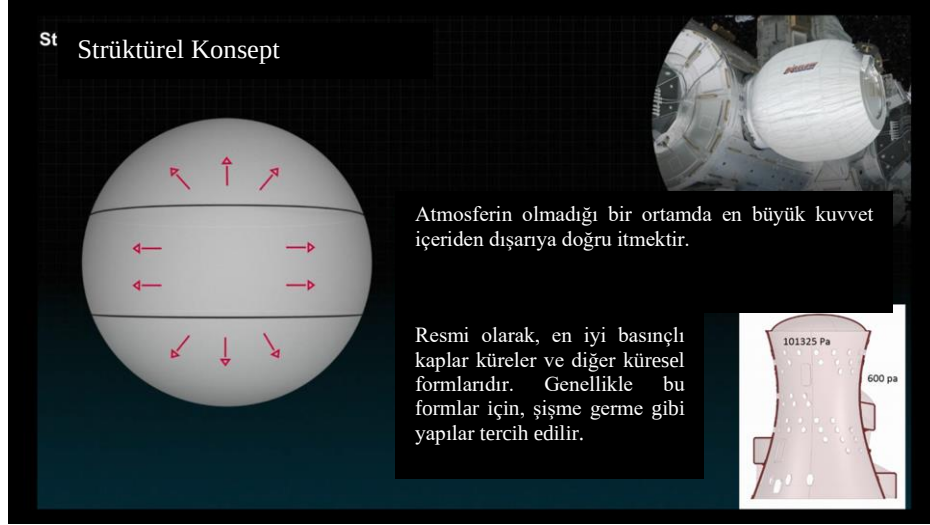
Şekil 5.14 Habitatın kesiti 2 (Clouds AO, 2016)

Şeffaf pencereler, zihinsel sağlık ve mürettebatın işlevselliği için önemli olan çevredeki manzaraya bakılmasına olanak tanır. Buz, etkili bir radyasyon kalkanıdır. Tepeden gelen ışınlar radyasyonun en tehlikeli geldiği yön olduğundan, enine kesit, en fazla buzu sağlamak için sivriltilmiştir. Bu yüzden kesitte en tepeye doğru buz tabakası iyice kalınlaştırılmıştır (Şekil 5.14).

5.1.4 Mars X–House V2

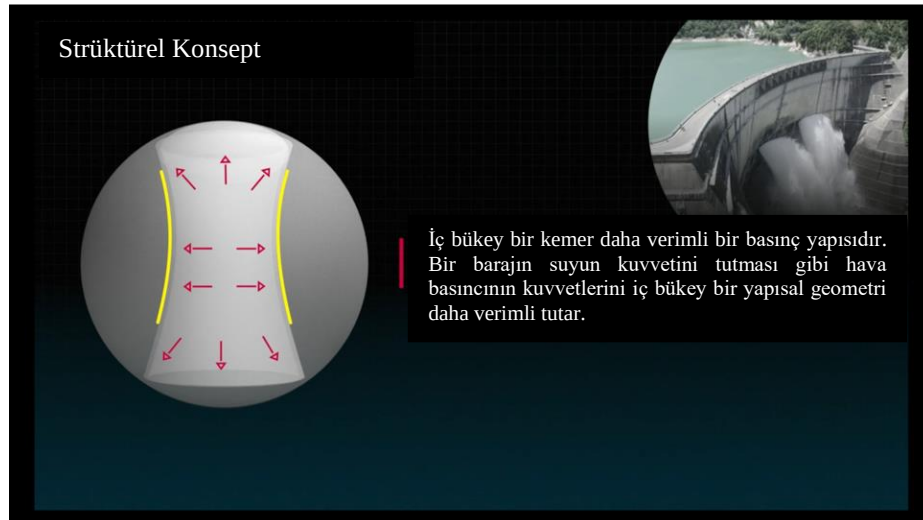
Tablo 5.4 Mars X–House V2 genel bilgileri (D.Hazar Gonulal, 2022)

MÜŞTERİ	NASA	
YER	Mars	
DURUM	Yarışma	
YIL	2018	
EKİP	SEArch+	
EKİP İŞBİRLİĞİ	Apis Cor	Şekil 5.15 Mars X-House V2 (Yashar, 2018)
GENEL ÖZELLİKLER	Mars X-House, dört kişilik bir mürettebatın bir Dünya yılı boyunca Mars'ta yaşaması ve çalışması için gelecekteki bir habitatın inşa edilebilmesi için tasarlanmıştır (Şekil 5.15). X-House, Mars'a bir misyonun kısıtlamaları dahilinde uygulanan 3D baskıda gerçekleştirilebilir, inşaat yeniliklerini ve kırmızı gezegende insan yaşamının gelişmiş niteliğindeki bir vizyonunu tanıtmak için ISRU(In-Situ Resource Utilization - Yerinde Kaynak Kullanımı) üretilebilirliği araştırmalarıyla birleştirmektedir (SEArch, 2018).	
STRÜKTÜR VE YAPIM ÖZELLİKLERİ	İç bükey formda tasarlanan yapının dış çeperi basınç kuvvetlerine, hiperboloit formundan dolayı dayanıklıdır. Mars X-House'ta hem radyasyon kalkanı hem de yapısal basınç tutma katmanı olarak regolit kullanılmıştır. Bu yeni kısıtlamaya yanıt vermek için 3D baskılı katmanın işlevi gerektiğinden, daha kalın bir tabaka HDPE ile daha ince bir regolit koruyucu tabaka içeren katmanlı bir duvar bölümü kullanılmıştır (Yashar, 2018).	



Şekil 5.16 Mars X-House yapısal konsept 2 (Yashar, 2018)

Mars'ın düşük atmosfer basıncını dengelemek, önemli bir tasarım faktörüdür. Özellikle Dünya yerçekimine oranı 1/3 yerçekiminde en büyük kuvvet, içeriden dışarıya doğru iten kuvvettir. Genellikle basınçlı kaplar, balonlar veya şişme gibi gerilme yapılarını veya alüminyum gibi gerilim alan malzemeleri tercih edilir. Yapı, habitat içindeki normal (Dünya bazlı) atmosferik basınç varsayılarak tasarlanmış ve değerlendirilmiştir. Bu nedenle yapı 100,7 kPa'ya yakın bir iç basınç yaşayacaktır (Şekil 5.16) (Yashar, 2018).

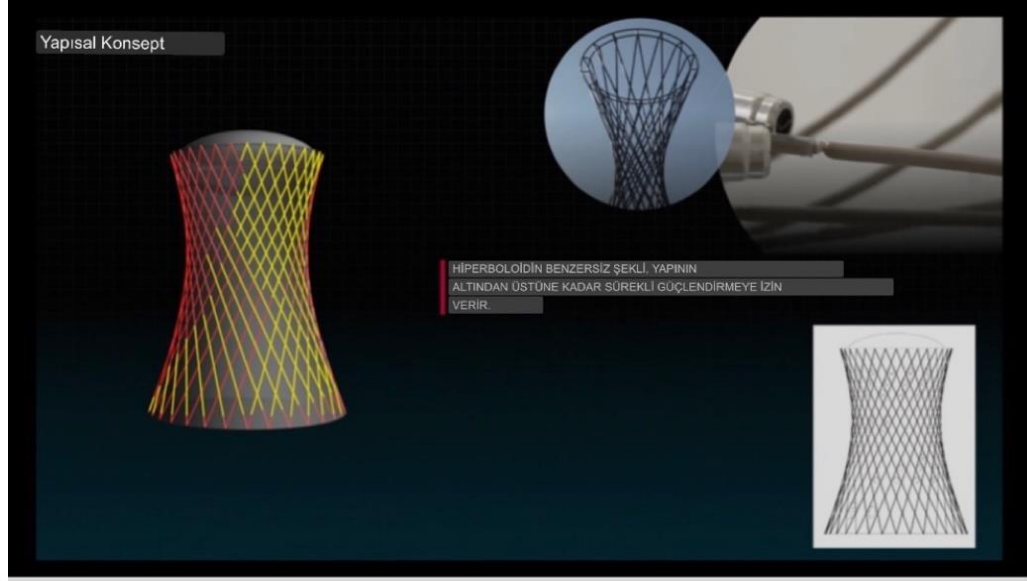


Şekil 5.17 Mars X-House yapısal konsept 3 (Yashar, 2018)

Çapraz ve çevresel çember (yatay) bazalt takviyesi, ayrıca, hiperboloit etrafında bir çevre kiriş yapısı olarak hareket ederek, gerilme kuvvetlerine direnmek için hareket eder (Şekil 5.17). Yükseltide düzenli aralıklarla konumlandırılan pencere geçişlerinin hemen altına ve üstüne çevresel çember takviyesi yerleştirilmiştir. Polimer malzemenin genişmesini ve büzülmesini tahmin etmek için HDPE ile regolit-beton kabuk arasında tek bir genişleşebilir polietilen köpük tabakası uygulanır. Genişletilebilir bir poliüretan köpük tabakası, farklı genişleme ve büzülme modülüne sahip malzemeler arasında bir genişleme boşluğu görevi görür.

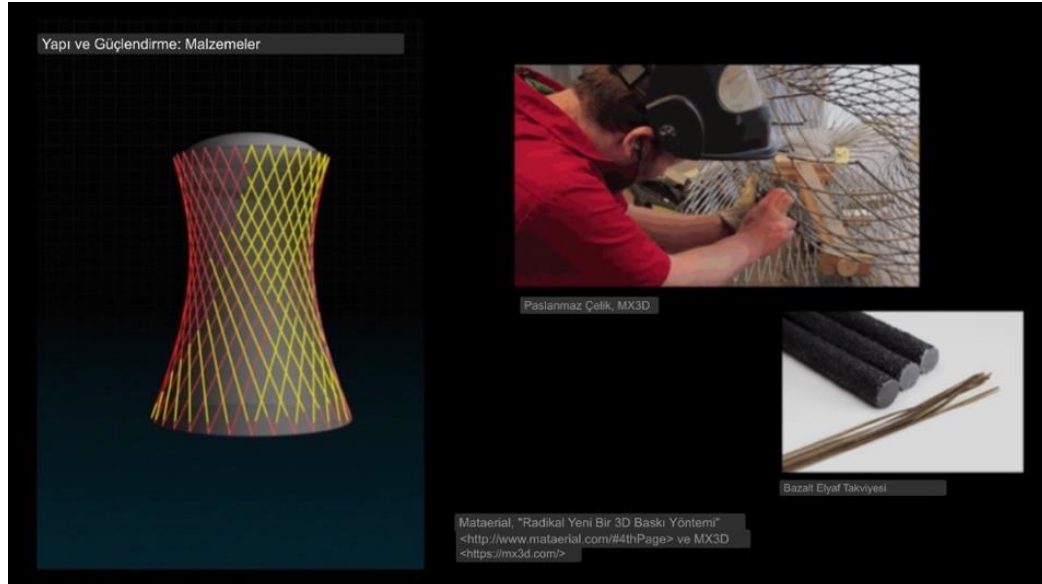


Şekil 5.18 Mars X-House yapısal konsept 4 (Yashar, 2018)

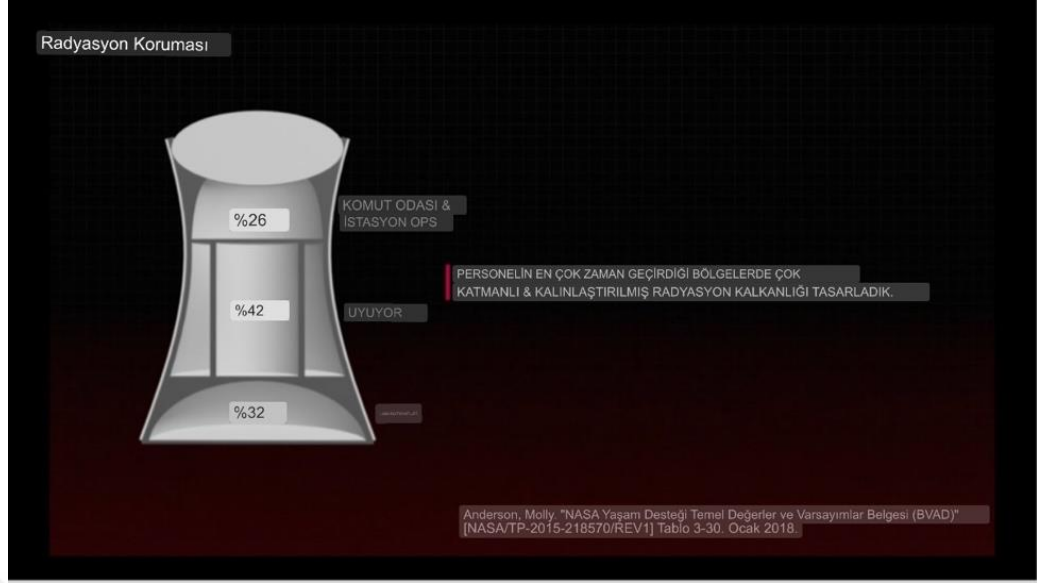


Şekil 5.19 Mars X-House yapısal konsept 5 (Yashar, 2018)

X-House, astronotların habitat düzeninin tasarımındaki programlarını hesaba katarak, astronotları habitatın en çok zaman geçirdikleri kısımlarında korur (Şekil 5.21).

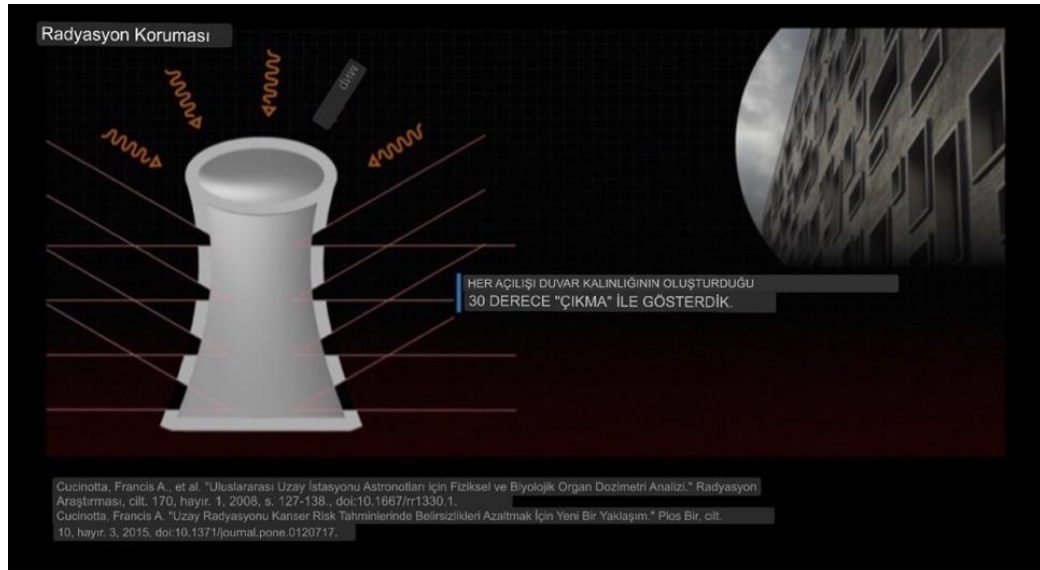


Şekil 5.20 Yapısal konsept / Yapı & Güçlendirme malzemeler (Yashar, 2018)

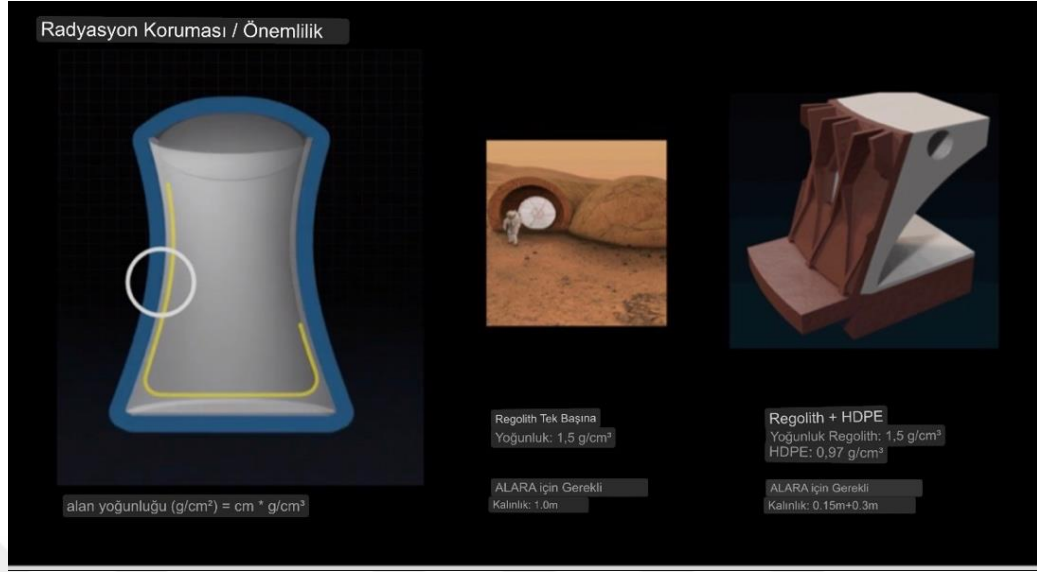


Şekil 5.21 Radyasyon kalkanı 1 (Yashar, 2018)

X-House, her pencerede pasif radyasyon “çıkıntıları” oluşturmak için duvar yapısının kalınlığından yararlanacak şekilde tasarlanmıştır ve her açıklığı 30° 'den fazla eğimli ışınlar karşı etkili bir şekilde gölgelendirir (Şekil 5.22). Ek olarak X-House’da, mürettebatın günlük programlarına göre en çok zaman geçirdiği tahmin edilen habitat bölümlerinde daha kalın kalkanlar kullanılacaktır (Şekil 5.23).



Şekil 5.22 Radyasyon kalkanı 2 (Yashar, 2018)

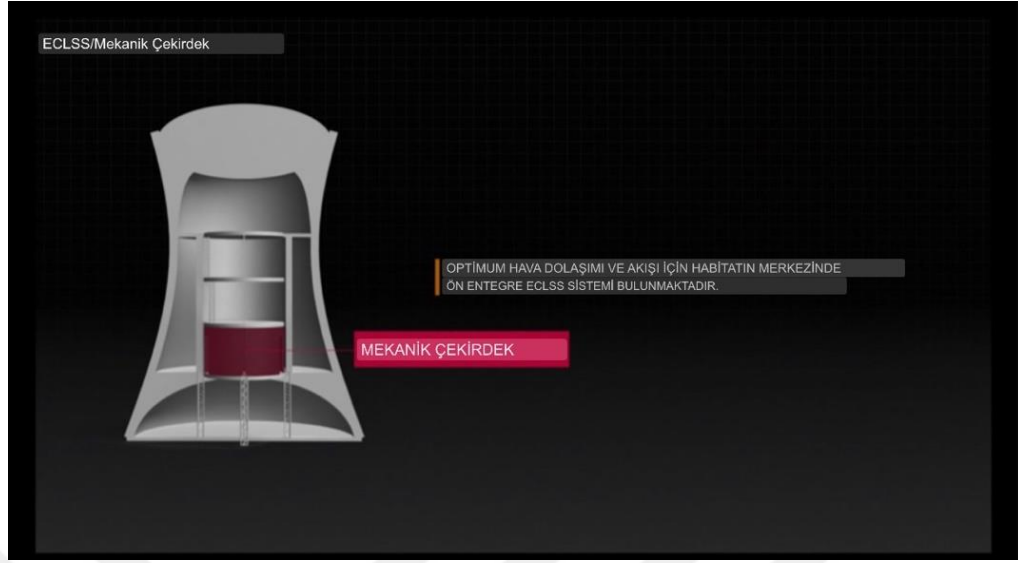


Şekil 5.23 Radyasyon kalkanı ve malzeme 1 (Yashar, 2018)

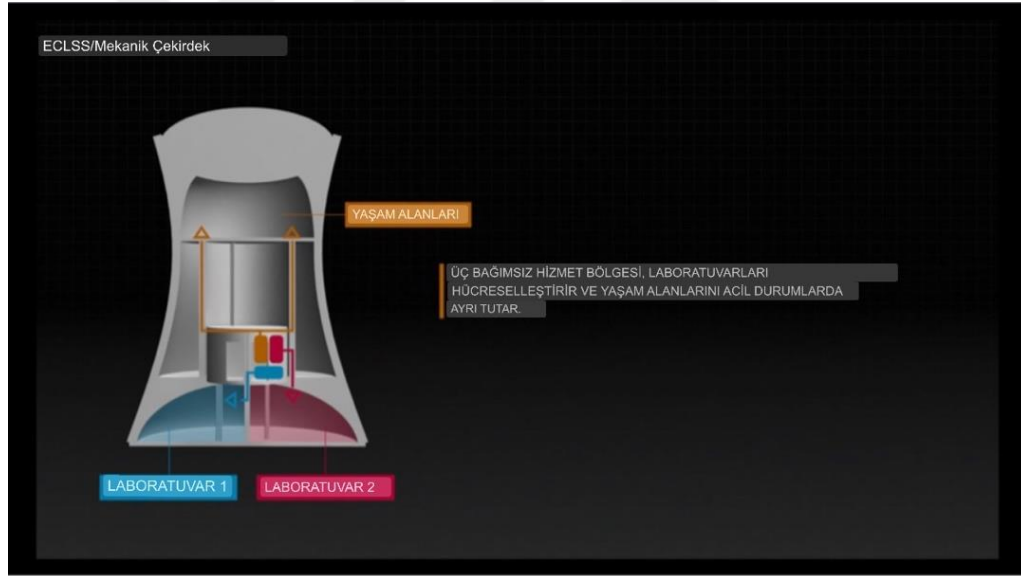


Şekil 5.24 Habitat dış görünümü ve habitatların bir araya gelişi (SEArch, 2018)

İki mobil yazıcıyı desteklemek için bir mobil teleskopik platform geliştirilmiş ve baskı teknolojisi için aşırı yüksek bir portal sistemi geliştirmede yer alan risk ve maliyetleri en aza indirmiştir. Mekanik çekirdek, habitatın ikinci ve üçüncü seviyelerine teleskopik olarak dağılır (Şekil 5.25). Su kesesi için hassas olarak üretilmiş şişirilebilir membran, mekanik çekirdeğin en yüksek plakasından dağılan bir ters şemsiye mekanizmasından güç alır.



Şekil 5.25 Mekanik çekirdek 1 (Yashar, 2018)



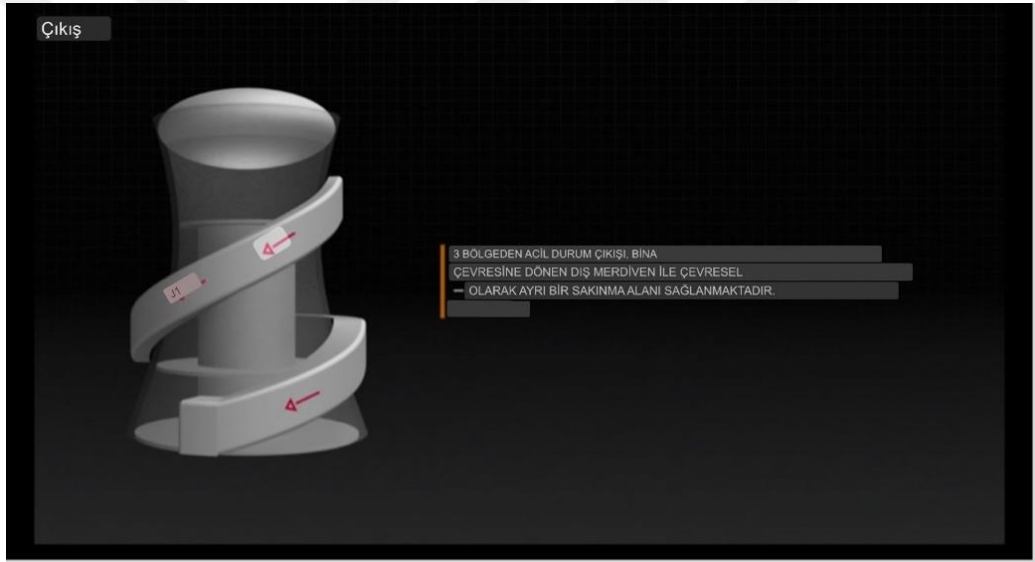
Şekil 5.26 Mekanik çekirdek 2 (Yashar, 2018)

MEP (Mars Keşif Programı) ve ECLSS (Çevresel Kontrol ve Yaşam Destek Sistemi) dahil olmak üzere habitat sistemleri, habitat için ıslak bir çekirdek olarak işlev gören önceden entegre edilmiş bir mekanik çekirdeğe yerleştirilmiştir. Önceden entegre edilmiş bir ECLSS sistemi, ikincil iç dikey duvarlardan habitata hizmet eder. Üç bağımsız servis bölgesi, zemin kattaki iki laboratuvar alanını ve acil durumlarda

yaşam alanlarını güvenli ve hücresel hale getirir. Hava kilitleri, her laboratuvarı çevresel olarak habitatın geri kalanından ayırır.



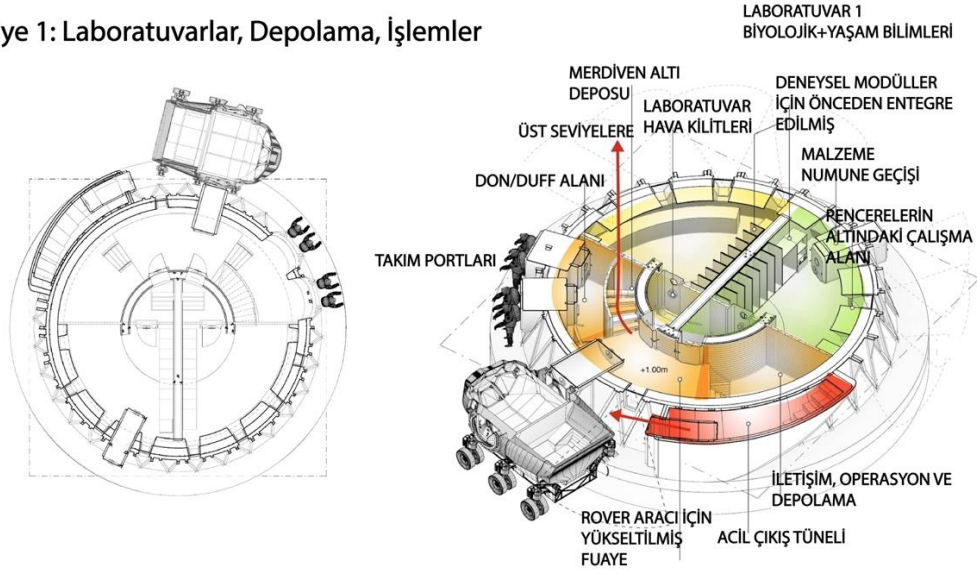
Şekil 5.27 Habitat dış görünümü ve uzay aracının habitata gelişi (Yashar, 2018)



Şekil 5. 28 Acil çıkış durumu (Yashar, 2018)

Acil çıkış, binanın dışındaki bir dış merdiven tarafından sağlanmaktadır ve merdiven sistemi, ana yapıdan çevreye ayrı bir sığınak alanı olarak işlev görür ve mürettebatın ekstra araç aktivitesi gerçekleştirmeden veya binayı tamamen boşaltmadan önce seçenekleri planlamasını ve strateji oluşturmasını sağlar (Şekil 5.28). Mürettebatın karşılaşılabileceği acil durum türleri arasında bir yangın, kimyasal dökülme veya oksijende bir patojen haline gelen bir mikrop sayılabilir. Çıkış yolları ve yüksek riskli bölgelerin selülarizasyonu yine habitat için birincil tasarım itici güçleridir (Yashar, 2018).

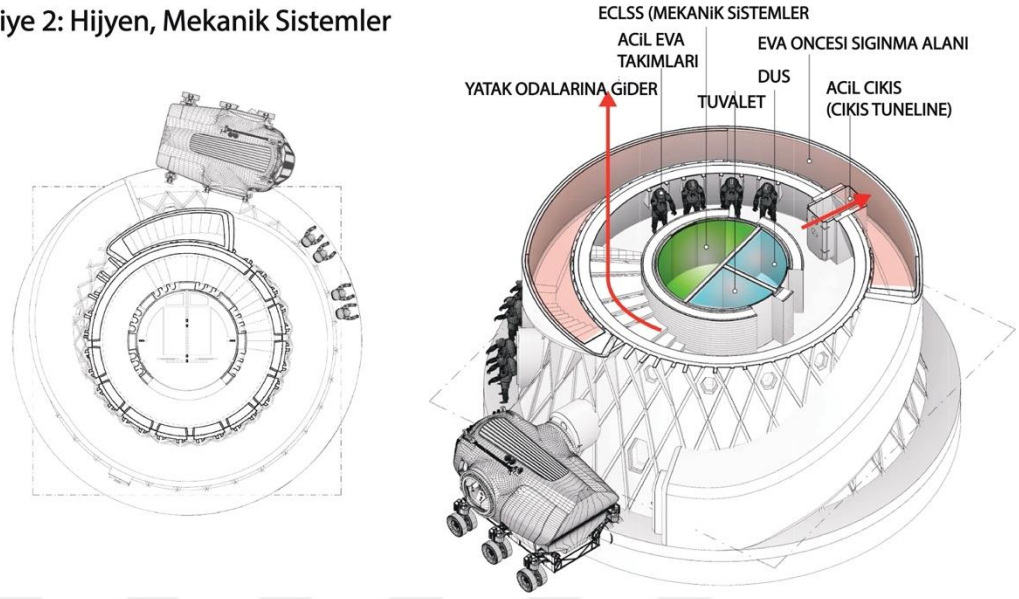
Seviye 1: Laboratuvarlar, Depolama, İşlemler



Şekil 5.29 Zemin seviye 1 laboratuvarlar, depolama ve operasyon alanı (Yashar, 2018)

Zemin Kat, habitatın ana güç hatlarına (alt kat içinde), aynı zamanda gezici araç yükleme alanına yükseltilmiş erişim sağlayan iletişim ve operasyonlar için bir alana sahiptir (Şekil 5.29). Gıda da dahil olmak üzere kritik öğelerin işlenmesi için istifleme, habitatın ana merdiveninin altında ve alt katın içinde yer almaktadır. Gelecekteki bir Mars görevinde, astronotlar, yaşam tespiti, meteoroloji, vb. için gezegen yüzeyindeki örnek kayaları ve toprakları analiz etmeye aktif olarak katılacaklar. Yabancı gezegen dışı materyalin analizi son derece tehlikelidir ve mürettebatın potansiyel olarak ölümcül patojenlerden korunmasını sağlamak için her adım atılmalıdır. Bu nedenle, her iki laboratuvarın da hava kilitleri ile özel ve kamusal yaşam alanlarından çevresel olarak ayrı olması ve ayrı ve bağımsız havalandırma sistemlerine sahip olması çok önemlidir. Laboratuvar 2, habitat için bir mühendislik, onarım ve tıbbi tedavi merkezi olarak tasarlanmıştır. Laboratuvar, tıbbi teşhis, ilaç ve tıbbi üretim için deneysel modüller içerir. Laboratuvar ayrıca 3D baskı parçaları, aletler, donanım onarımı ve habitat mühendisliğinin diğer unsurlarını korumak için geniş, açık bir çalışma alanına sahiptir.

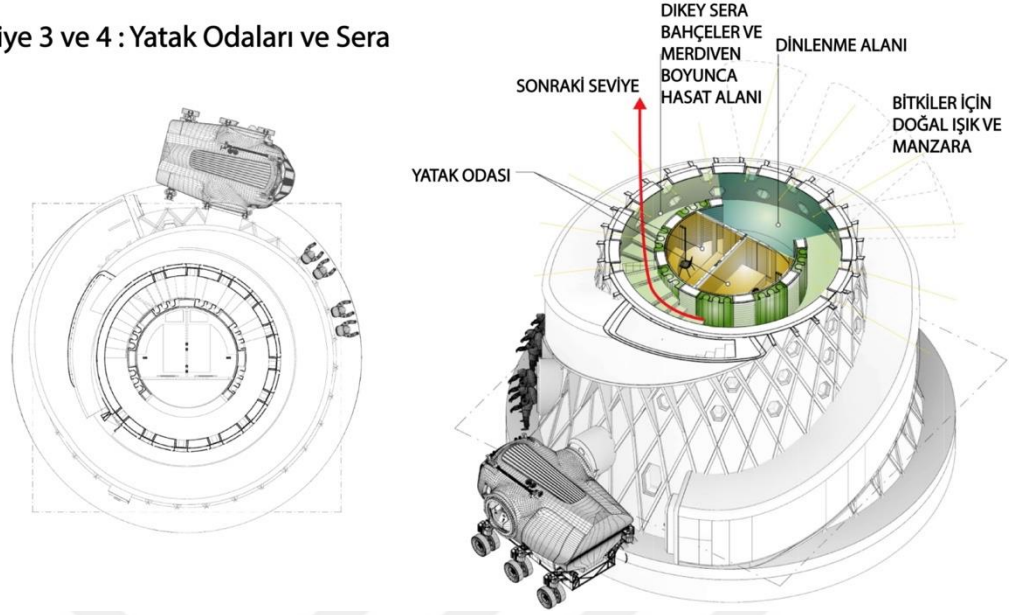
Seviye 2: Hijyen, Mekanik Sistemler



Şekil 5.30 Seviye 2 hijyen odası ve mekanik sistemler (Yashar, 2018)

Seviye 2, hijyen programına (tuvalet ve duş) ek olarak tüm ECLSS donanımına sahip önceden entegre edilmiş mekanik çekirdeğe erişim sağlar. Seviye 2 ayrıca, acil bir çıkış tüneline genişletilmiş inişine, acil bir durumda bir sığınak ve planlama alanı olarak kullanılmak üzere erişim sağlar (Şekil 5.30). Zemin seviyesinde merkezin dışına yerleştirilmiş olan arka giriş kıyafeti bağlantı noktalarının tehlikeye girmesi durumunda ek EVA takımları sağlanır.

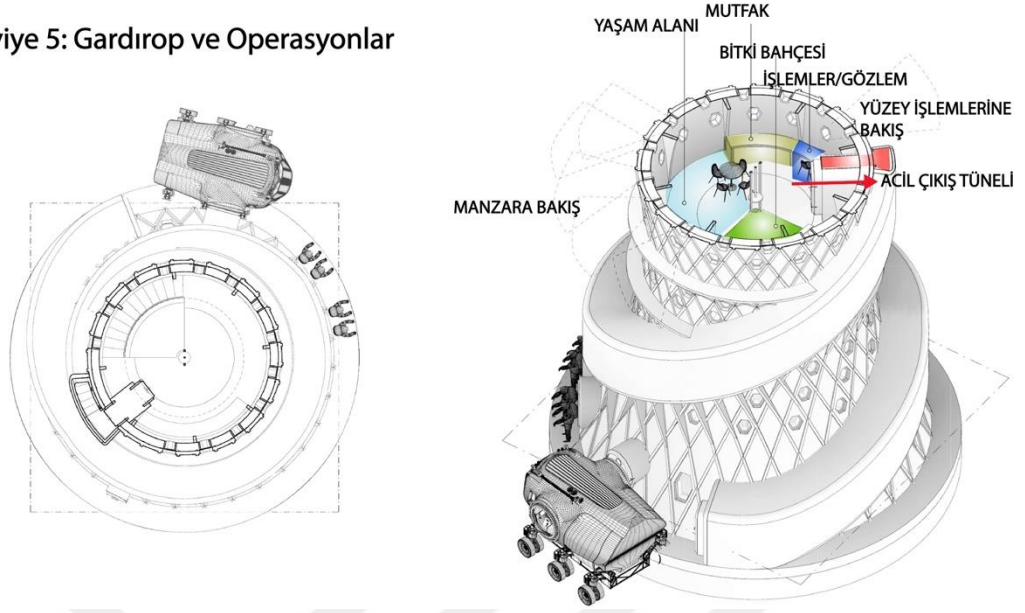
Seviye 3 ve 4 : Yatak Odaları ve Sera



Şekil 5.31 Seviye 3 ve 4 yatak odaları ve yeşil alan (Yashar, 2018)

3. ve 4. seviyeler, her bir katta, mürettebat için iki yatak odası sunmaktadır (Şekil 5.31). Yatak odaları, NASA standart minimum yaşam alanlarının standartlarına göre boyutlandırılmıştır. Her seviyedeki yatak odası giriş oyuğu, bahçenin ve Mars manzarası için uyku öncesi, sonrası aktiviteler için bir alan sağlar. Mürettebat zamanlarının çoğunu yatak odasında geçirdiğinden, ikinci bir iç duvarın içinde bulunurlar ve bu nedenle radyasyondan daha fazla korunurlar. Bu duvarlar aynı zamanda 3D baskılı yivli duvarlarında hava beslemesine ve geri dönüşüne ev sahipliği yapan MEP duvarları olarak da hizmet vermektedir.

Seviye 5: Gardirop ve Operasyonlar



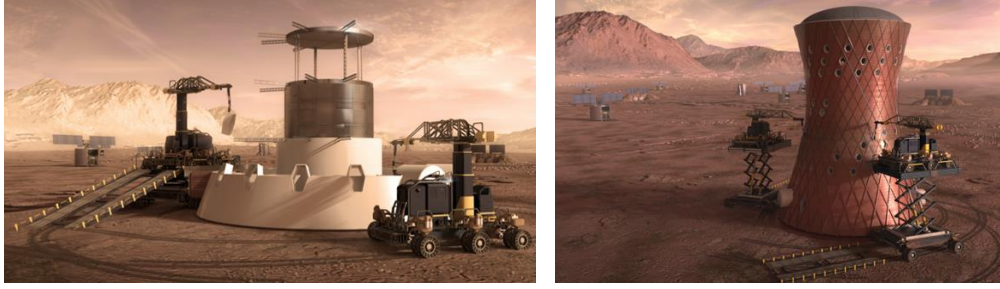
Şekil 5.32 Seviye 5 mürettebat ortak alanı ve operasyon alanı (Yashar, 2018)

Seviye 5, bir yaşam ve ortak alan, bir mutfak ve yemek hazırlama alanının yanı sıra, geniş Mars manzarasına bakan, manzaralardan yararlanılacak misyon operasyonları için bir iş istasyonuna sahiptir. Küçük bir bahçe alanı, mutfak için şifalı bitkiler yetiştirilen bir alan bulunur (Şekil 5.32).



Şekil 5.33 Habitat seviye 1 ve 3 iç mekan görünimleri (Yashar, 2018)

Şekil 5.33'de birinci ve üçüncü seviyelerdeki araştırma alanı ve ortak bir alanın canlandırmaları bulunmaktadır. Habitatın dördüncü seviyesindeki özel odalarından birinin ve beşinci seviyedeki ortak alanın canlandırması şekil 5.33'de gösterilmiştir.



Şekil 5.34 Malzeme sistemi ve ISRU inşa edilebilirliği (Yashar, 2018)

Önce regolit temel, ardından 1. seviyede HDPE zemin basılır. Laboratuvar deney modülleri için mekanik çekirdek ve raf sistemi daha sonra habitat içinde konumlandırılır. Diyagonal bazalt donatı diyagridinden veya çevresel çember donatıdan önce tek bir beton regolit katmanı basılır. Acil durum çıkış tüneli, stabiliteyi sağlamak ve yapının devrilmesini önlemek için birincil hiperboloit formu ve takviye tamamen basıldıktan sonra yazdırılır(Yashar, 2018).

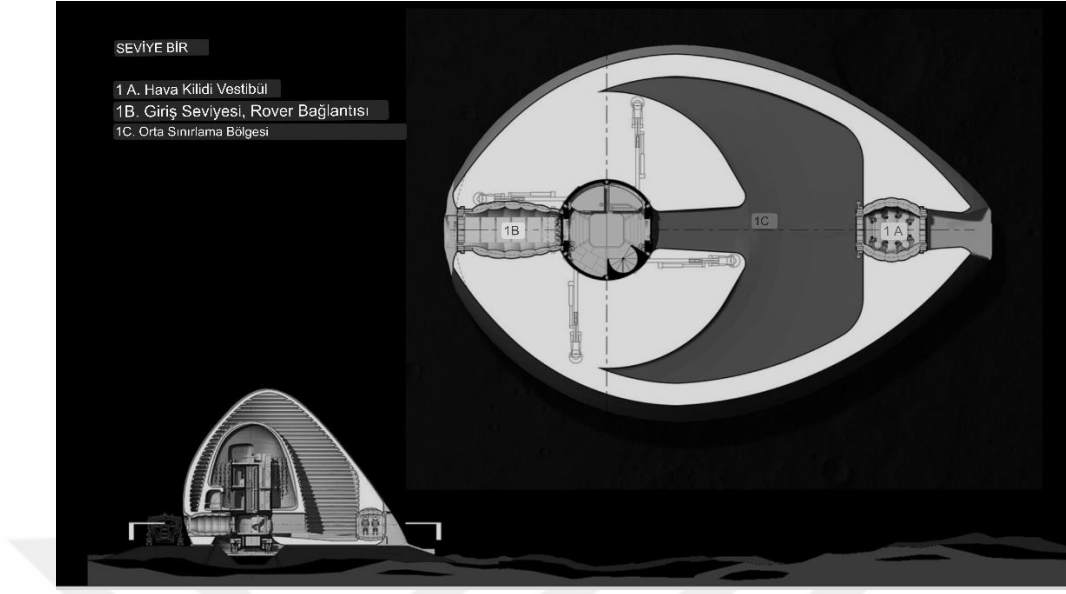
Habitatın yapısal analizleri iki yük durumunda gerçekleştirilmiştir. Regolit beton kabuğun basınçlandırılması ve mekanik çekirdek su kesesinin performansı. Regolit beton kabuk üzerindeki analiz, kubbe yapısı içindeki sürekli çapraz donatıların uç noktalarına dik olarak uzanan ek donatıları dahil etmek için kritik bir tasarım kararını sağlamıştır.

X-House, misyonun başarısı için çok önemli olan önceden var olan Mars altyapı unsurlarından yararlanan öncü bir habitat olarak tasarlanmaktadır, ancak aynı zamanda habitat tasarımının ölçeklenebilirliği için inşaat araçlarını ve yöntemlerini çeşitlendirmek için yeni ISRU malzeme çıkarma ve işleme yöntemleri de sunmaktadır. NASA'nın İnsan Görevleri için Tasarım Referans Mimarisini takiben, EDL ve ISRU uzmanlarıyla yapılan görüşmelerde, NASA'nın ISRU su edinimi, itici üretimi, güneş enerjisi, MMRTG ve yakıt hücresi yedek güç kaynağı seçeneklerine ek olarak otonom bir yüzey tesisi kurma planı kullanılmıştır (Şekil 5.34).

5.1.5 Mars Ice House Projesi

Tablo 5.5 Mars Ice House projesi genel bilgileri (D.Hazar Gonulal, 2022)

MÜŞTERİ	NASA	
YER	Mars	
DURUM	Yarışma	
YIL	2015	
EKİP	SEArch+	
EKİP İŞBİRLİĞİ	Clouds AO	Şekil 5.35 Mars X-House V2 (SEArch, 2015)
GENEL ÖZELLİKLER	Mars Ice House, 5 cm kalınlığında yapısal bir kabuk ve radyasyon bariyeri oluşturmak için yeraltı buzundan robotik olarak inşa edilen, Mars'ın yeryüzündeki regolitinin altına gömülü olanın aksine, yer üstünde bir yaşama öncelik vermektedir (Şekil 5.35). Habitatın dikey organizasyonu, ışığın içeriye geçişini en üst düzeye çıkarmakta ve buzun yarı saydamlığı, çevredeki manzarayla görsel bağlantılar sağlamaktadır.	
STRÜKTÜR VE YAPIM ÖZELLİKLERİ	Ice House habitatı ile buzun güneş ışınlarını filtreleme ve radyasyona karşı koruma özelliğinden yararlanarak yer üstünde bir yaşam önerilmektedir. Yarı saydam dış kabuk, dünya dışı habitatların iç mekanı çevreleyen araziden ayıran görsel olarak aşılmaz bariyerler gerektirdiğine dair ortak varsayımlara meydan okuyarak, içten dışa eğimlerin karasal konseptini yeniden ortaya koyuyor. Yapının kalbi basınç altında korunan yaşam alanları ve iç mekânlardır, yapının en önemli kısmı insanların yaşadığı iç mekândır. Radyasyon bariyeri buz çevresine doğru dışarıya doğru hareket edildiğinde, dış mekanı mekânsal çevre ile bütünleştirerek, entegre bitki yaşamına ve Mars manzaralarına doğru bir geçiş olur (Yashar, 2015).	



Şekil 5.36 Mars Ice House 1. Kat planı (SEArch, 2015)

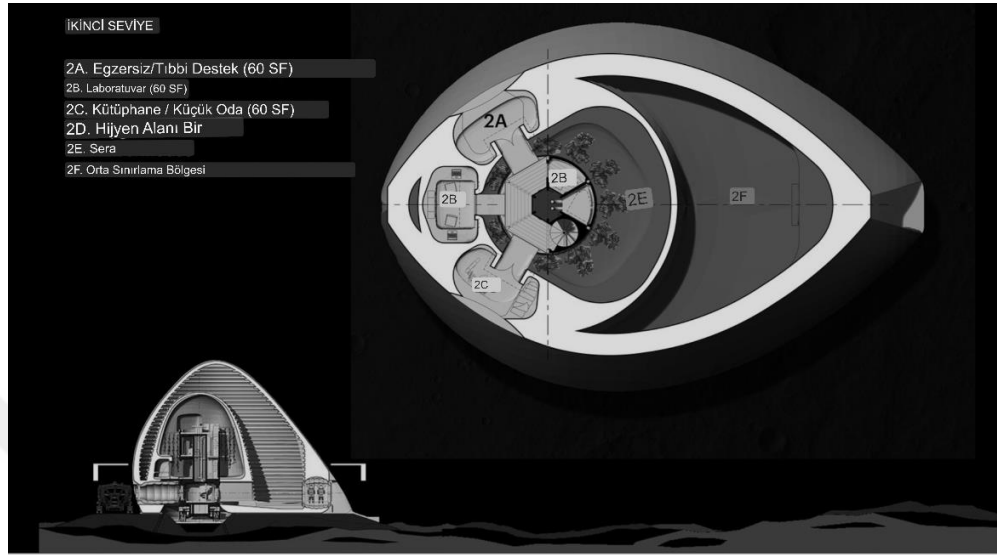
Dört kişilik bir ekip için çok seviyeli bir konut olarak tasarlanan Mars Ice House, yaşanabilir programları iniş modülünün etrafına ve iki buz kabuğundan ilkinin içine yerleştirir ve içindeki kabuk insan ve bitki yaşamı için radyasyon bariyerleri görevi görür (Şekil 5.36). Dış kabuk, habitatı ince Mars atmosferinden ayıran basınç hacminin sınırını güçlendirirken, aynı anda dikey hidroponik bahçelerin büyümesi için buz habitatı ile arazi arasında boşluk sağlar (Şekil 5.37).



Şekil 5.37 Dikey bahçeler (SEArch, 2015)

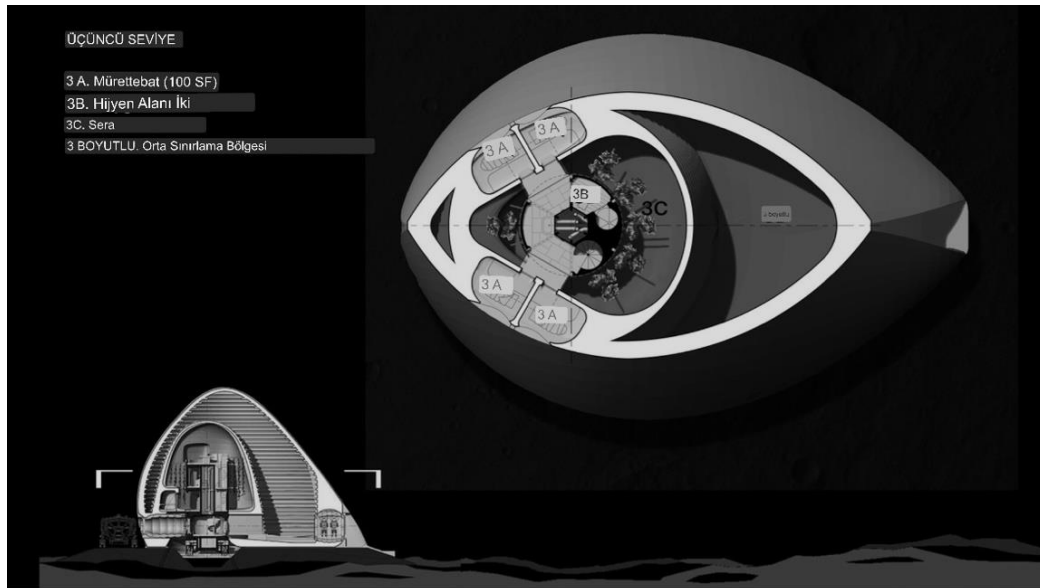
Habitatın genel basınç zarı, Dyneema ile güçlendirilmiş şişirilebilir bir ETFE'dir. Dyneema, ultra yüksek moleküler ağırlıklı bir polietilendir. Ekstra güçlü moleküller arası bağlara sahip uzun molekül zincirlerinde bulunur. Dünya'da hassas bir şekilde

üretilmiştir ve Mars yüzeyine indikten sonra kurulur. iBo (Buz Baskı Botu), buz kabukları boyunca ilave gerilme mukavemeti için buz basılırken silika lifleri biriktirir.

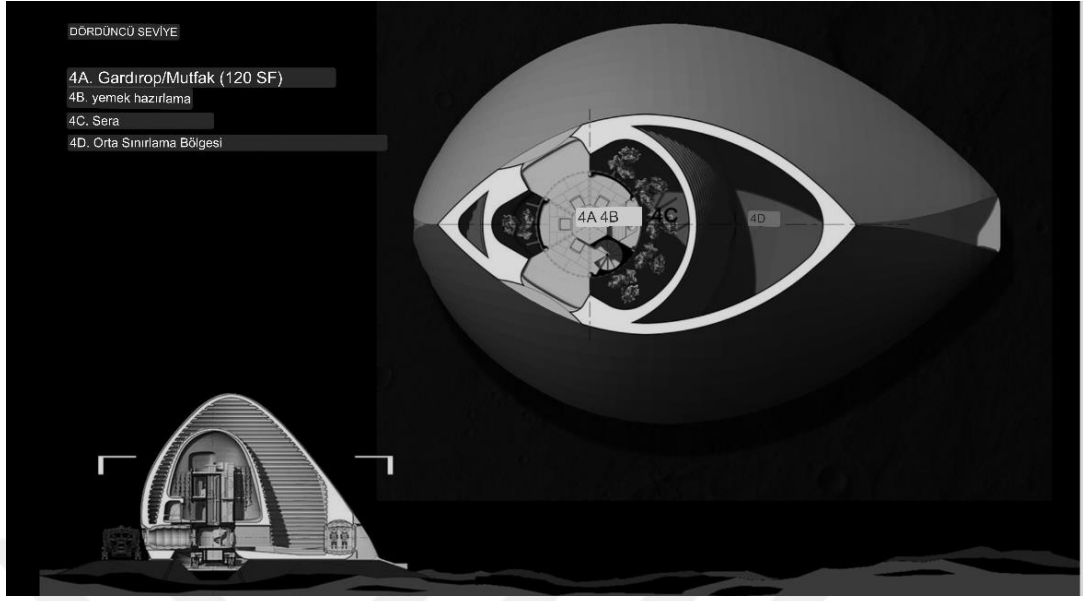


Şekil 5.38 Mars Ice House 2.Kat planı (SEArch, 2015)

Yapının ikinci seviyesinde egzersiz alanı, tıbbi alanlar, laboratuvarlar, kütüphane, hijyen alanı ve sera mekânları bulunur (Şekil 5.38). Üçüncü seviyede ise mürettebat odaları, hijyen alanı ve sera bulunur (Şekil 5.39).



Şekil 5.39 Mars Ice House 3.Kat planı (SEArch, 2015)



Şekil 5.40 Mars Ice House 4. Kat planı (SEArch, 2015)

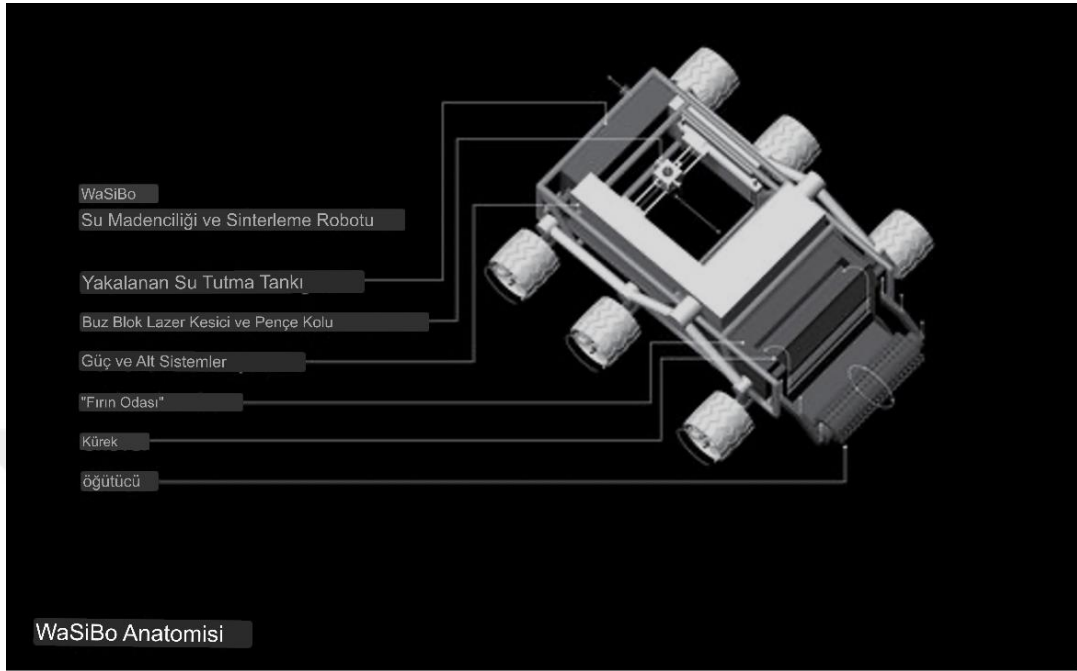
Mürettebatın yaşam alanlarındaki termal konforunu sağlamak için buz kabuğunun iç kısmına yüzeylere bir aerojel yalıtım tabakası uygulanır (Şekil 5.41).



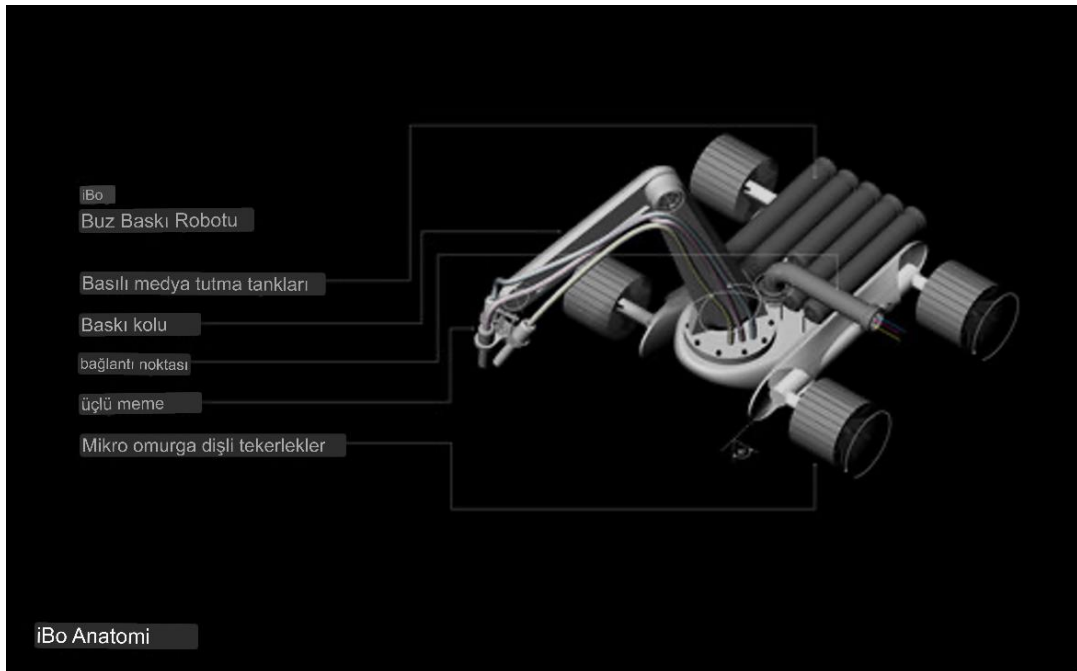
Şekil 5.41 Habitat çeperinin içten görünümü (SEArch, 2015)

Wasibo ve iBo, buz kabuğunu 3D basmak için robotik mekanizmalar olarak önerilmiştir (Şekil 5.42) (Şekil 5.43). WaSibo, habitatın dışında çalışırken iBo, habitat içindeki regolitin kirliliğini azaltarak iç kısımda çalışır. WaSibo, iniş aracının temel hava kilidi aracılığıyla Mars ortamına indirilir. Dışarıdayken, WaSiBo iki modda çalışır: Temel Sinter Modu ve Su Madenciliği Modu. iBo, yörüngenin ortasında donan herhangi bir suyun, etkisinin enerjisiyle (bir temas kaynağı) anında

erimesini ve yeniden donmasını sağlayan düşük hacimli, yakın mesafeli bir ağızlıkla buz katmanlarını biriktirmek için tasarlanmıştır (SEArch, 2015).



Şekil 5.42 Wasibo aracı (SEArch, 2015)



Şekil 5.43 iBo aracı (SEArch, 2015)

5.2.Mimari Çıkarımlar ve Strüktürlerin Karşılaştırılması

Tasarlanacak bir Mars habitatu ve strüktür seçimi için bazı mimari çıkarımlar, yapılan araştırmalar ve incelemeler sonucunda aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Habitatın yapılacağı arazi seçimi ve mars koşullarının yapıya etkisi: Mars arazilerinin değişik şekilleri çalışmada tanımlanmıştır. Bu tanımlamalara bakarak, tasarlanıp, inşa edilecek bir üs için en iyi yere karar verilebilir. Karar verici tasarımcıların arazileri için belirli etmenleri göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Bu etmenlerden bazılarını, ulaşım kolaylığı, ekonomik yapım, yapının olumsuz şartlardan doğal olarak korunumu ve dolayısıyla dayanımı, yapıda ışık kullanımı, rüzgar, radyasyon etkisi, toz aşınımı gibi etmenler olarak açıklayabiliriz.
- Enerji kaynağı seçimi: Uzay görevlerinde enerji ve güç üretimi her zaman büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mars'ta gelecekte kurulacak bir habitatın enerji problemi tasarımcılar tarafından düşünülmesi gereken önemli bir etmendir. Çalışmanın 2. bölümünde ele alındığı gibi, Mars'ta ve uzay görevlerinde kullanılabilecek çeşitli enerji türleri vardır. Bu enerji türlerini, güneş, rüzgar ve nükleer enerji olarak tanımlayabiliriz. Günümüzde Uluslararası Uzay İstasyonu ve çeşitli uzay araştırma görevlerinde kullanılan araçlarda güneş panelleri ve güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bunun yanında uzay görevlerinin en önemli diğer enerji kaynağı nükleer enerjidir. Rüzgar enerjisi için ise hala çalışmalar devam etmektedir.
- Yapı geometrisinin belirlenmesi: Bir Mars habitatu için yapı şeklinin belirlenmesinde en büyük zorluklar, dış zorlu koşullar ve iç ortamın gereksinimleridir. Dış ortamın zorlu atmosfer koşullarına karşı uzun yıllar sağlam durması gereken bir yapı, aynı zamanda iç mekanda yaşayacak ekibin ve insanların konforunu da göz önünde bulundurmalıdır. Bu yüzden yapı geometrisi çalışmanın bazı bölümlerinde ele alınan çeşitli kriterler gözetilerek yapılmalıdır. Çalışmanın 5. bölümünde çeşitli örnekler mevcuttur. Bu örneklerin çeşitli formlarda tasarlanmasının sebepleri göz önüne alınmalıdır.

- Yapım sistemi ve strüktür seçimi: Mars'ta inşa edilecek bir habitatın, Dünya'dakinden farklı koşulları olduğu için yapım sistemi seçimi önemlidir. Yapının maruz kalacağı yükler ve etkiler Dünya'ya göre çok farklıdır. Yerçekimi, radyasyon, mars tozu vb. gibi etmenler yapım sistemi seçiminde önemli rol oynayacaktır. Bunun haricinde bir habitatın yapımı için nakliye koşulları, maliyet, üretim ve yapım süreci, malzeme, bakım ve onarım gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmanın 4.4. bölümünde yapım sistemleri ile ilgili incelemeler bulunmaktadır. Tasarımcı zorlu koşulları göz önünde bulundurarak kendisine en uygun yapım sistemini seçmelidir.

Bir habitatın strüktürü ise uzun süreli görevlere dayanabilmeli, insanları tüm olumsuz etkilere karşı korumalı ve insanların konforundan ödün vermemelidir. Çalışmanın 4. bölümünde strüktür tipleri açıklanmıştır. Her strüktürün avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Tasarımcı Mars'ın aşırı koşullarına ve yapacağı tasarım girdilerine göre kendi projesi için en uygun strüktür tipini seçmelidir. Bu seçim yapılırken, nakliye, strüktürün kurulum veya inşa kolaylığı, dayanıklılığı, büyütülebilirliği, erişilebilirliği gibi faktörler önemlidir. Tasarımcı tüm bu tasarım girdilerini göz önünde bulundurmalıdır.

- Malzeme seçimi: Mars koşullarında yapılacak bir habitat için kullanılacak malzemelerin bazı koşullara dayanıklı olması gerekmektedir. Malzemelerin Dünya'da kullanılanlardan daha farklı ve özel olması gerekmektedir. Bu yüzden malzemelerde bazı özellikler aranır. Bu özellikleri dayanıklılık, sertlik, yüksek mukavemet, delinmeye ve aşınmaya karşı dirençli özellikler olarak sıralayabiliriz.

Bunun yanında çalışmanın 4. bölümünde de incelendiği gibi seçilecek malzeme yerel ya da Dünya kaynaklı malzemeler olabilir. Dünya kaynaklı malzemelerde, nakliye, ağırlık, maliyet ve işletme gibi özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Yerel kaynaklar kullanılarak üretilen malzemeler, gelişen teknoloji sayesinde yarı otonom ya da otonom robotlar yardımıyla yapılabilir. Yerinde ve yerel malzemelerle üretim hız,

maliyet, süreklilik açısından daha avantajlı olacaktır. Bu girdiler dikkate alındığında uygun malzeme seçimi, üretim sürecinin verimliliği ve maliyeti büyük oranda etkileyecektir.

Tablo 5.6 Yapı değerlendirme tablosu (D.Hazar Gonulal, 2022)

Yapı Adı	Form	Yapım Malzemesi	Yapım Sistemi	Yalıtım	Yatay/Düşey Büyüme	Arazi Yerleşimi
Hassel Habitatı	Organik Kabuk form	Regolit kabuk-Şişme membran	Robotik-Prefabrik yapım	Regolit	Yatay	Arazi Yüzeyi
Foster & Partners Habitatı	Beşgen form	Regolit-Dünya kaynaklı yapısal malzeme	Robotik yapım	Regolit	Yatay	Arazide oyuk
Mars Ice Home	Kubbesel form ve torus	Şişme membran-Dünya kaynaklı yapısal malzeme	Konvansiyon el yapım	CO ₂ yalıtım-buz odaları yalıtım katmanı	Tekil Yapı	Arazi yüzeyi
X-House V2	Hiperbol oit-silindir	Regolit-paslanmaz çelik	3D baskı yapım sistemi	HDPE-Regolit	Tekil Yapı	Arazi yüzeyi
Mars Ice House	Organik	Dünya kaynaklı yapısal malzeme	3D Baskı yapım sistemi, robotik	ETFE-buz kabuğu (iç kısmı arojel yalıtım)	Tekil Yapı	Arazide oyuk

Tablo 5.6’da Mars için yapılan projeler incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. İncelenen örneklerin çoğunluğunda organik ve eğri formlar kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak yapılarda çoğunlukla regolit tercih edilmiştir. Yerel ve ulaşılabilir olması regoliti avantajlı bir malzeme haline getirmektedir. Başka bir yerel malzeme olan Mars suyu, bu su kullanılarak oluşturulacak buz katmanları ve CO₂ yalıtımıdır. Bunun dışında dünya kaynaklı şişme membran, paslanmaz çelik, ETFE, aerojel yalıtım gibi çeşitli yalıtım malzemeleri de tercih edilmiştir. Yapım sistemlerine bakıldığında, projelerde farklı sistemler karşımıza çıkmaktadır. Örneklerin seçim aşamasında tercih edilen kriterlerden biri olan, farklı yapım sistemleri, örnekler için birbirlerinden değişik yapım sistemleri olarak seçilmiştir. Bu sistemlerde; robotik, prefabrik, konvansiyonel, 3D baskı olarak incelenmiştir. Yapıların arazi yerleşimleri genel olarak benzerlik gösterse de 2 farklı arazi yerleşim şekli görmekteyiz. Bu yerleşimlerden biri, araziye müdahale etmeden en uygun alanı seçer ve bu araziye inşa edilir. Diğer yerleşim şekli ise seçilen arazide bir oyuk açarak, yapıyı açılan oyukun içine yerleştirmektir. Bu yerleşim tipinde araziye koruyucu bir tabaka gibi kullanmak amaçlanmıştır. Yapılan büyüme ve çoğalma metotları tabloda değerlendirilen kriterlerden bir başkasıdır. Yapılar tekil yapı veya yatay yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Teki yapılar kendi başına bir bölgeye inşa edilen ve bitmiş bir yapı olarak kabul edilir. Yatay yapılar yapıldığı bölgede modüler şekilde büyüme özelliğine sahiptir.

BÖLÜM 6

SONUÇ

1950’li yıllarda başlayan uzay araştırmaları, günümüzde halen devam etmektedir. Gelişen teknoloji sayesinde her gün yeni ilerlemeler kaydedilmektedir. Yeni gezegenlere gönderilen yarı otonom robotlar sayesinde birçok bulgu elde edilmektedir. Bu sayede özel olarak araştırılmak istenen bir gezegen için daha iyi yapısal zemin hazırlayabilecek sonuçlar elde edilmektedir.

Uzun yıllardır Mars gezegenine duyulan ilgi, mimarları, mühendisleri ve çeşitli bilim insanlarını bu gezegen üzerinde çalışmaya teşvik etmiştir. Bu çalışma, gelecek yıllarda Mars’ta inşa edilecek bir üs için çıkarımlar yapmaktadır. Uzay araştırmalarının temelinden başlayan çalışma, Mars gezegenin yapısını ve koşullarını inceleyerek, bir mimarın tasarım ve inşa için gerekli bilgileri elde etmesini amaçlamıştır. Bu bilgileri elde ederken bir kılavuz olması gibi planlanan çalışma, Mars fikrine mimari açıdan bakarken, her bilim dalından araştırmaları göz önünde bulundurmıştır. Güncel ve çeşitli araştırma dallarından literatür incelemesinden elde edilen bilgiler incelenerek çeşitli mimari sonuçlar elde edilmiştir. Bir habitat tasarımındaki kritik noktaların anlaşılması, tasarım ve inşa için tüm konuya bir bütün olarak bakılması amaçlanmıştır. Bu sayede tüm bilim dallarının birlikte çalıştığında ilerlemelerin daha hızlı ve kesin sonuçlar verdiği anlaşılmıştır.

Tasarlanacak bir Mars habitatu için, bu çalışmanın sonucunda çeşitli kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerden birisi olan arazi seçimi ve Mars koşullarının etkisi, tasarlanacak bir üs için önemli girdilerdir. Mars arazilerinin değişik formları çalışmada tanımlanmış ve incelenmiştir. Tasarımcılar, yapıları için arazilerini belirlerken çeşitli etmenleri göz önünde bulundurmalıdır. Bu etmenler, yapının olumsuz şartlardan doğal olarak korunabilmesi, ekonomik yapım, radyasyonun olumsuz etkisi, toz aşınımı, ulaşım kolaylığı gibi etmenlerdir. Kriterlerden bir diğeri, enerji kaynağı seçimidir. Enerji problemi uzay görevlerinde her zaman bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecekte kurulacak bir Mars üssü için enerji sorununun tasarımcılar ve bilim insanları tarafından düşünülmesi gerekmektedir. Çalışmada ele alındığı gibi Mars ve uzay görevlerinde kullanılabilecek çeşitli enerji

türleri mevcuttur. Bu enerji türleri, güneş, rüzgar ve nükleer enerji olarak tanımlanır. Günümüzdeki uzay görevlerinde güneş enerjisi ve nükleer enerji aktif olarak kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi için çalışmalar halen devam etmektedir. Yapı geometrisinin belirlenmesi, tasarımcıların ilgilenmesi gereken diğer etmenlerden biridir. Yapı geometrisinin belirlenmesi için Mars'ın dış ortam ve iç ortam koşulları iyi anlaşılmalıdır. Yapının dış ortamı, atmosfer koşullarına karşı uzun yıllar dayanmalı ve aynı zamanda iç mekanda yaşayacak ekibin ve insanların konforu göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmada çeşitli örnekler üzerinden açıklanmış, tasarlanacak veya inşa edilecek bir yapı için uygun geometriler belirlenmiştir. Bir diğer etmen olan, yapım sistemi ve strüktür seçimi Mars'ta inşa edilecek bir habitat için oldukça önemlidir. Dünya'dakinden farklı koşullara sahip olan bir gezegen olan Mars'ta yapılacak bir yapının maruz kalacağı yükler ve etkiler çok farklı olacaktır. Radyasyon, yer çekimi, mars tozu gibi etmenler yapım sistemi seçiminde önemli rol oynamaktadır. Bu etmenlerin haricinde, bir habitatın yapım sürecinde nakliye koşulları, üretim ve yapım süreci, malzeme, maliyet, bakım ve onarım gibi koşullar da göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımcı bu etmenleri ve koşulları göz önünde bulundurarak en uygun yapım sistemini seçmelidir. Tasarımcının seçeceği yapı strüktürü ise uzun süreli görevlere dayanmalı ve insanları tüm olumsuz etkilerden korumalıdır. Tasarımcıların diğer dikkat etmesi gereken etmen ise malzeme seçimidir. Seçilecek malzemelerin Mars koşullarına dayanıklı olması gerekmektedir. Dünya'daki koşullardan farklı koşullar altında malzemelerin davranışları farklı olacaktır. Bu yüzden seçilmesi gereken malzemelerde bazı özel koşullar aranmalıdır. Bu özellikler; dayanıklılık, yüksek mukavemet, sertlik, aşınmaya ve delinmeye karşı dirençliliklerdir. Malzeme seçimi, üretim sürecinin maliyeti ve verimliliğini önemli bir ölçüde etkilemektedir.

Bir Mars projesi yapımında dikkat edilmesi gereken bazı çıkarımlar yapılmıştır. Bu çıkarımları şu şekilde sıralayabiliriz; arazi, strüktür sistemleri seçimi, malzeme seçimi, yapının yalıtımı. Bu çalışmanın amacı, gelecekteki Mars mimarisinde belirli strüktür kavram ve fikirlerin geliştirilip kullanılmasıdır. Gelişen teknoloji ve strüktür sistemleri, Mars'ta ve uzayda insanların yakın gelecekte rahat ve konforlu bir şekilde yaşamasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

A.Link, E. (07 Ağustos 2022). *Sketch of SPID*. Binghamton University Libraries.

<https://digitalprojects.binghamton.edu/s/edwin-link-exhibit/item/1741>

Amble. (02 Haziran 2022). *Amundsen–Scott South Pole Station*, Wikipedia.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9031240>

Amos, J. (31 Ekim 2017). UK’s Halley Antarctic base set for second closure. *BBC*

News. <https://www.bbc.com/news/science-environment-41819509>

Antarctica Climate. (02 Haziran 2022). Climates to Travel / World Climate Guide.

<https://www.climatestotravel.com/climate/antarctica>

Bar Cohen, Y., & Zacny, K. (2010). Drilling and Excavation on Mars for

Construction and In Situ Resource Utilization (ISRU). *Earth and Space 2010*,

1074-1083. [https://doi.org/10.1061/41096\(366\)99](https://doi.org/10.1061/41096(366)99)

Bell, J. F., McSween, H. Y., Crisp, J. A., Morris, R. V., Murchie, S. L., Bridges, N.

T., Johnson, J. R., Britt, D. T., Golombek, M. P., & Moore, H. J. (2000).

Mineralogic and compositional properties of Martian soil and dust: Results from Mars Pathfinder. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 105(E1), 1721-1755.

Benaroya, H. (2010). *Turning dust to gold: Building a future on the Moon and Mars*.

Springer ; published in association with Praxis Publishing.

Bilgili, B. (2018). Kapadokya Bölgesi Nevşehir Yöresi Kültürel Varlıklarının

Bozulmalarına Neden Olan Etmenler. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*.

<https://doi.org/10.17100/nevbiltek.329311>

British Antarctic Survey. (07 Ağustos 2022). *Halley VI Research Station—British Antarctic Survey*. <https://www.bas.ac.uk/polar-operations/sites-and-facilities/facility/halley/#about>

British Antarctic Survey Photographic Database. (12 Aralık 2021).
<http://www.photo.antarctica.ac.uk/external/guest/detail/search/10009451/101/20>

Britannica, T. E. of E. (2 Kasım 2021). *Space shuttle | Names, Definition, Facts, & History | Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/space-shuttle>

Camp, V. (12 Kasım 2021). *How Volcanoes Work—Volcanism on Mars*. Volcanism on Mars. http://sci.sdsu.edu/how_volcanoes_work/mars.html

Choi, F. (03 Nisan 2022). *Elevated Station Design for the South Pole Redevelopment Project at Amundsen-Scott South Pole Station – Ferraro Choi*.
<https://ferrarochoi.com/publications/elevated-station-design/>

Clark, B. C., Baird, A. K., Weldon, R. J., Tsusaki, D. M., Schnabel, L., & Candelaria, M. P. (1982). Chemical composition of Martian fines. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 87(B12), 10059-10067.

Clouds AO. (2016). *Mars Ice Home*. Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2022
<https://cloudsao.com/MARS-ICE-HOME>

Cortesi, M. (2013, Mayıs 27). Remains of an Underwater Habitat left by 1960s Sea Dwellers. *Messy Nussy Chic*.
<https://www.messynussychic.com/2013/05/27/remains-of-an-underwater-habitat-left-by-1960s-sea-dwellers/>

Çiçek, A. (16 Ocak 2021). *Mars ve Dünya Kıyaslamaları*.

<https://bilimseven.tr.gg/Mars-ve-Due.nya-K%26%23305%3Byaslamalar%26%23305%3B.htm>

Darling, D. (24 Kasım 2021). *Elysium Planitia*.

http://www.daviddarling.info/encyclopedia/E/Elysium_Planitia.html

De Weck, O., Nadir, W., Wong, J., Bounova, G., & Coffee, T. (30 Ocak 2005).

Modular Structures for Manned Space Exploration: The Truncated Octahedron as a Building Block. 1st Space Exploration Conference: Continuing the Voyage of Discovery, Orlando, Florida.

<https://doi.org/10.2514/6.2005-2764>

Demara, F. (2020, Şubat 11). *Snow: Brick and Mortar of the Arctic Circle | Mother*

Earth News. <https://www.motherearthnews.com/diy/buildings/snow-brick-mortar-arctice-circle-ze0z2002znad>

Diker, B. (2017). *A Center For The Future of Space Habitation* [Boston Suffolk

University]. <https://library.law.suffolk.edu/record=b4420714~S6>

Drake, B. G. (2009). *Human Exploration of Mars Design Reference Architecture 5.0 Addendum*. 406.

Drake, B. G., & Watts, K. D. (t.y.). *Human Exploration of Mars Design Reference*

Architecture 5.0 Addendum #2. 598.

Encyclopedia Britannica. (07 Ağustos 2022). *Space Station Summary*

<https://www.britannica.com/summary/space-station>

Erdem, N. S. (2012). *Ay yapılarının yapım sistemlerinin araştırılması*. [Yüksek

Lisans Tezi], Dokuz Eylül Üniversitesi.

ESA. (2005, Mart 29). *The Medusa Fossae formation on Mars.*

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/The_Medusa_Fossae_formation_on_Mars

ESA. (2009, Temmuz 16). *The Apollo 11 Crew.*

https://www.esa.int/About_Us/ESA_history/The_Apollo_11_crew

ESA. (2020, Ekim 29). *An ancient crater triplet on Mars.*

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/An_ancient_crater_triplet_on_Mars

Foster+Partners. (2015). *Mars Habitat | Foster + Partners.*

<https://www.fosterandpartners.com/projects/mars-habitat/>

Galina Balashova Archives, D. J. (2015, Ağustos 18). The Soviet Architect Who

Drafted the Space Race. *Vice*. <https://www.vice.com/en/article/ae3beg/the-soviet-architect-who-drafted-the-space-race>

Granath, B. (2015, Mart 2). *Skylab Paved Way for International Space Station*

[Text]. NASA. <http://www.nasa.gov/content/40-years-ago-skylab-paved-way-for-international-space-station>

Grozdanic, L. (2014, Şubat 1). Halley VI Antarctic Research Station Hugh

Broughton Architects. *Inhabitat - Green Design, Innovation, Architecture, Green Building | Green Design & Innovation for a Better World.*

<https://inhabitat.com/halley-vi-the-worlds-first-modular-research-station-in-antarctica-can-climb-through-snow/halley-vi-antarctic-reasearch-station-hugh-broughton-architects-6/>

Halley Station. (02 Haziran 2022). British Antarctic Survey. <https://www.bas.ac.uk/>

- Handy, R. L. (1973). The Igloo and the Natural Bridge as Ultimate Structures. *ARCTIC*, 26(4), 276-281. <https://doi.org/10.14430/arctic2926>
- Harland, D. M. (2005a, Şubat). *Mir | Description, Launch, History, & Facts | Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/Mir-Soviet-Russian-space-station>
- Harland, D. M. (2005b, Mayıs 12). *Salyut | History & Facts | Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/Salyut>
- Harland, D. M. (2008). *International Space Station | Facts, Missions, & History | Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/International-Space-Station>
- Haslach, J., Henry. (1989). Wind Energy: A Resource for a Human Mission to Mars. *Jbis-journal of The British Interplanetary Society - JBIS-J BR INTERPLANET SOC*, 42.
- Hassel Studio. (2018). *Hassell | NASA 3D Printed Habitat Challenge*. <https://www.hassellstudio.com/project/nasa-3d-printed-habitat-challenge#0>
- Hille, K. (2015, Eylül 18). *The Fact and Fiction of Martian Dust Storms* [Text]. NASA. <http://www.nasa.gov/feature/goddard/the-fact-and-fiction-of-martian-dust-storms>
- Holihan, R., Keeley, D., Lee, D., Tu, P., & Yang, E. (2003). *how warm is an igloo*. 28.
- Hu, J., Chen, W., Qu, Y., & Yang, D. (2020a). Safety and serviceability of membrane buildings: A critical review on architectural, material and structural performance. *Engineering Structures*, 210, 110292. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110292>

- Hu, J., Chen, W., Qu, Y., & Yang, D. (2020b). Safety and serviceability of membrane buildings: A critical review on architectural, material and structural performance. *Engineering Structures*, 210, 110292. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110292>
- Imhof, B. (2007). [Interior] Configuration options, habitability and architectural aspects of the transfer habitat module (THM) and the surface habitat on Mars (SHM)/ESA's AURORA human mission to Mars (HMM) study. *Acta Astronautica*, 60(4-7), 571-587. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2006.12.001>
- In Depth Mars*. (2019, Aralık 19). NASA Solar System Exploration. <https://solarsystem.nasa.gov/planets/mars/in-depth>
- Kalapodis, N., Kampas, G., & Ktenidou, O.-J. (2020). A review towards the design of extraterrestrial structures: From regolith to human outposts. *Acta Astronautica*, 175, 540-569. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.038>
- Kohlberg, E., & Janneck, J. (2007). *Georg von Neumayer Station (GvN) and Neumayer Station II (NM-II) German Research Stations on Ekström Ice Shelf, Antarctica*. 11.
- Kozicka, J. (2008a). Low-cost solutions for Martian base. *Advances in Space Research*, 41(1), 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.10.007>
- Kozicka, J. (2008b). Low-cost solutions for Martian base. *Advances in Space Research*, 41(1), 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.10.007>
- Kozicka, J. (2008c). *Architectural problems of a Martian base design as a habitat in extreme conditions* [Doktora tezi], Gdańsk University of Technology. http://janek.kozicki.pl/phdthesis/kozicka_2008_PhD_en_lowres.pdf

- Liu, J., Li, H., Sun, L., Guo, Z., Harvey, J., Tang, Q., Lu, H., & Jia, M. (2022). In-situ resources for infrastructure construction on Mars: A review. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.02.001>
- Loff, S. (2015, Mart 10). *Space Shuttle Era* [Text]. NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/flyout/index.html
- Madsen, M. B., Hviid, S. F., Gunnlaugsson, H. P., Knudsen, J. M., Goetz, W., Pedersen, C. T., Dinesen, A. R., Mogensen, C. T., Olsen, M., & Hargraves, R. B. (1999). The magnetic properties experiments on Mars Pathfinder. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 104(E4), 8761-8779.
- Mahoney, E. (2016, Nisan 18). *Deep Space Habitation Overview* [Text]. NASA. <http://www.nasa.gov/deep-space-habitation/overview>
- Mars Education | *Developing the Next Generation of Explorers*. (15 Ocak 2021). Atmosphere. <https://marsed.asu.edu/mep/atmosphere>
- Mars Education | *Developing the Next Generation of Explorers*. (15 Ocak 2021). Water. <https://marsed.asu.edu/mep/water>
- Mars Exploration. (16 Mayıs 2022). NASA. <https://mars.nasa.gov/programmissions/overview/>
- Mars Exploration: *Multimedia*. (24 Kasım 2021). <https://mars.nasa.gov/gallery/atlas/olympus-mons.html>
- Mars, K. (2021, Nisan 19). *50 Years Ago: Launch of Salyut, the World's First Space Station* [Text]. NASA. <https://www.nasa.gov/feature/50-years-ago-launch-of-salyut-the-world-s-first-space-station>

Mars—Character of the surface | Britannica. (22 Mayıs 2022).

<https://www.britannica.com/place/Mars-planet/Character-of-the-surface>

Martin, M. A., & Rae, J. (2016). *A Brief History of the Research Stations and Refuges of the British Antarctic Survey and Its Predecessors*. 21.

Mastroianni, E. (07 Ağustos 2022). *Inside the geodesic dome, Amundsen Scott South Pole Station by Ernie Mastroianni*. P Base.

<https://pbase.com/emastroianni/image/111273065>

Matthew, S. (2016). *Evaluation and automation of space habitat interior layouts*. , [Doktora tezi], Georgia Institute of Technology.

Mieszkowski, Z. (1975). *Elementy Projektowania Architektonicznego*. Wydawn. Arkady.

Mintus, A. (2019). *Building with Martian Regolith*. Mimarlık Mezuniyet Projesi. University of Arizona. Amerika.

<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:7316f980-440b-4a03-9041-1dbaea09c239/datastream/OBJ/download>

Moss, S. (2006). *Steelmaking on Mars*. Conference: Mars Society Conference 2006 Australia.

NASA. (2008, Nisan 8). *NASA - Unusual Gullies and Channels on Mars*. [Image Feature]. Brian Dunbar.

https://www.nasa.gov/mission_pages/mars/images/mgs-image_feature_016.html

NASA (Ed.). (2010). *Reference guide to the International Space Station* (Assembly complete ed). National Aeronautics and Space Administration.

NASA History Office. (07 Ağustos 2022). *NASA - NSSDCA - Spacecraft—Details*.

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1969-059C>

NASA Jet Propulsion Laboratory. (2004, Ağustos 27). *Scylla Scopulus*. NASA Jet

Propulsion Laboratory (JPL). <https://www.jpl.nasa.gov/images/scylla-scopulus>

NASA Jet Propulsion Laboratory. (2016, Mayıs 12). *Tenuis Rupes*. NASA Jet

Propulsion Laboratory (JPL). <https://www.jpl.nasa.gov/images/tenuis-rupes>

NASA Mars Education a. (16 Ocak 2021). *Mars Education | Developing the Next*

Generation of Explorers. <https://marsed.asu.edu/mep/wind>

NASA Mars Education b. (22 Ocak 2021). *Mars Education | Developing the Next*

Generation of Explorers. <https://marsed.asu.edu/mep/water>

NASA Mars Education. c (27 Ocak 2021). *Mars Education | Developing the Next*

Generation of Explorers. <https://marsed.asu.edu/mep/volcanoes>

NASA Mars Education. (t.y.-d). *Mars Education | Developing the Next Generation*

of Explorers. <https://marsed.asu.edu/mep/tectonics/volcanic-dikes>

OAR/National Undersea Research Program. (1969, Ocak 1). *Tektite habitat—*

Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Tektite_habitat#Habitat

Pauli, D. C., & Cole, H. A. (1970). *Summary Report on Project Tektite I*. OFFICE

OF NAVAL RESEARCH Washington, D.C.

Phillips, T. (2013, Aralık 10). *The Coldest Place in the World | Science Mission*

Directorate. https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/09dec_coldspot

Phoenix Mars Mission—Education—Mars 101—Mars/Earth Comparison Table. (17

Ocak 2021). <http://phoenix.lpl.arizona.edu/mars111.php>

Preston, W. (2016, Eylül 28). *Précontinent II*. Atlas Obscura.

<http://www.atlasobscura.com/places/precontinent-ii>

Rejcek, P. (2009a, Aralık 11). *The Antarctic Sun: News about Antarctica—
Deconstruction of the Dome (page 1)*.

<https://antarcticsun.usap.gov/features/1984>

Rejcek, P. (2009b, Aralık 11). *The Antarctic Sun: News about Antarctica—
Deconstruction of the Dome (page 2)*.

<https://antarcticsun.usap.gov/features/1985>

Rieder, R., Economou, T., Wänke, H., Turkevich, A., Crisp, J., Brückner, J.,
Dreibus, G., & McSween, H. Y. (1997). The Chemical Composition of
Martian Soil and Rocks Returned by the Mobile Alpha Proton X-ray
Spectrometer: Preliminary Results from the X-ray Mode. *Science*, 278(5344),
1771.1-1774. <https://doi.org/10.1126/science.278.5344.1771>

Rose, M. (2014, Aralık 22). *Halley VI*.

[https://web.archive.org/web/20141222204451/http://www.antarctica.ac.uk/liv
ing_and_working/research_stations/halley/halleyvi/?m=201301](https://web.archive.org/web/20141222204451/http://www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/?m=201301)

Ruess, F., Schaenzlin, J., & Benaroya, H. (2006). *Structural Design of a Lunar
Habitat*. 19(3), 133-157. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0893-
1321\(2006\)19:3\(133\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0893-1321(2006)19:3(133))

*Safe on Mars: Precursor Measurements Necessary to Support Human Operations on
the Martian Surface* (s. 10360). (2002). National Academies Press.

<https://doi.org/10.17226/10360>

Saltner, C., & Keij, W.-D. (2022). *Analysis of Lifetime of a Tubular Research
Structure on Antarctica*. 248.

Schmidt, L. J. (2020, Temmuz 22). *In Search of Martian Craters* | *Earthdata*.

<https://earthdata.nasa.gov/learn/sensing-our-planet/in-search-of-martian-craters/>

SEArch. (2015). *Mars Ice House*. MARS ICE HOUSE.

<http://www.marsicehouse.com>

SEArch. (2018). *Mars X-House V2*. Space Exploration Architecture.

<http://www.spacearch.com/mars-xhouse-v2>

Stefanescu, D. M., Grugel, R. N., & Curreri, P. A. (1998). In Situ Resource

Utilization for Processing of Metal Alloys on Lunar and Mars Bases. *Space* 98, 266-274. [https://doi.org/10.1061/40339\(206\)32](https://doi.org/10.1061/40339(206)32)

The Economist. (2013, Mart 13). Resorting to skis. *The Economist*.

<https://www.economist.com/babbage/2013/03/13/resorting-to-skis>

The Polar Connection. (2017, Mart 23). From Shelter to Showpiece: The Evolution of Halley. *The Polar Connection*. <https://polarconnection.org/halley-history/>

Tillman, N. T. (2012, Temmuz 26). *Salyut 1: The First Space Station*. Space.Com.

<https://www.space.com/16773-first-space-station-salyut-1.html>

Tomasko, M. G., Doose, L. R., Lemmon, M., Smith, P. H., & Wegryn, E. (1999).

Properties of dust in the Martian atmosphere from the Imager on Mars

Pathfinder. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 104(E4), 8987-9007.

Trover, C. A. (2009). *Martian Modules: Design of a Programmable Martian Settlement*. 112.

UNCW. (07 Ağustos 2022). *Aquarius, Watson College of Education*,.

<https://uncw.edu/ed/aquarius/index.html>

Valles Marineris. (24 Kasım 2021). *Valles Marineris: The Grand Canyon of Mars*.
NASA Solar System Exploration.

<https://solarsystem.nasa.gov/resources/683/valles-marineris-the-grand-canyon-of-mars>

Wan, L., Wendner, R., & Cusatis, G. (2016). A novel material for in situ construction on Mars: Experiments and numerical simulations. *Construction and Building Materials*, 120, 222-231.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.046>

Warncek, J. (2018, Ocak 3). *Antarctica Photo Library*.

<https://photolibrary.usap.gov/PhotoDetails.aspx?filename=3Jan2018-South-Pole-Aerial-station-arches.jpg>

Wayback Machine. (2013a, Mayıs 20). *Wayback Machine*.

https://web.archive.org/web/20130520123505/http://www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/halleyii.jpg

Wayback Machine. (2013b, Mayıs 20).

https://web.archive.org/web/20130520123452/http://www.antarctica.ac.uk/living_and_working/research_stations/halley/halleyvi/images/rsigyhut.jpg

Wikimedia Commons. (02 Haziran 2022). *Amundsen-Scott South Pole Station | NSF - National Science Foundation*.

<https://www.nsf.gov/geo/opp/support/southp.jsp>

Williams, D. R. (31 Mayıs 2022). *NASA - NSSDCA - Spacecraft—Details*.

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1969-059C>

Williams, M., & Today, U. (19 Mayıs 2022). *How strong is the gravity on Mars?*

<https://phys.org/news/2014-12-strong-gravity-mars.html>

Wilson, J. (2006, Mart 5). *NASA - Shuttle Basics* [Feature Articles]. Brian Dunbar.

https://www.nasa.gov/returntoflight/system/system_STS.html

Wofle, D. (1970). After Earth Day. *Science*, 168(3932), 657-657.

<https://doi.org/10.1126/science.168.3932.657>

Wright, J. (2006, Mart 28). *About Aquarius*. NASA; Brian Dunbar.

http://www.nasa.gov/mission_pages/NEEMO/facilities.html

Yashar, M. (2015). *Mars Ice House: A 3d-Printed Ice Habitat*. Melodie Yashar.

<https://www.melodieyashar.com>

Yashar, M. (2018). *Mars X-House: Winner of NASA's Phase 3 3D-Printed Habitat*

Challenge in Final Design. Melodie Yashar. <https://www.melodieyashar.com>

Yuan, X., Zhang, J., Zahiri, B., & Khoshnevis, B. (2016). *Performance of Sulfur*

Concrete in Planetary Applications of Contour Crafting. 13.

Zubrin, R., Wagner, R., & Clarke, A. C. (2011). *The Case for Mars: The Plan to*

Settle the Red Planet and Why We Must. Free Press.

<https://books.google.com/books?id=6HcN23RJ7L4C>